יסודות הפיזיקה א 20113

תוכן העניינים

1. הקדמה מתמטית לקורס 1
2. מבוא 4
3. קינמטיקה - תנועה בקו ישר 11
4. וקטורים 31
5. נפילה חופשית וזריקה אנכית 47
6. תנועה יחסית- לרפרף 55
7. תרגילים לחזרה עד לחלק זה 58
8. חום והחוק הראשון של התרמודינמיקה 60
9. החוק השני של התרמודינמיקה 79
10. דינמיקה - תנועה בהשפעת כוחות (חוקי ניוטון) 94
11. כוח ציפה 124
12. עבודה ואנרגיה 125
13. תרגילים לחזרה עד עבודה ואנרגיה כולל 150
14. מתקף ותנע 156
15. מומנט התמד - ..... (ללא ספר)
16. מומנט כוח - 169
17. מרכז מסה - 178
18. תנועה מעגלית 180
19. כבידה 188
20. תנע זוויתי - 197
21. תנועה הרמונית (פשוטה) 202
22. מבוא למבנה החומר ..... (ללא ספר)
23. הכוח החשמלי- חוק קולון 216

תוכן העניינים

24. השדה החשמלי 220
25. חוק גאוס 223
26. תנועה בשדה חשמלי אחיד 226
27. מוליכים 228
28. חומרים דיאלקטריים 231
29. מתח, פוטנציאל ואנרגיה פוטנציאלית חשמלית 233
30. זרם מתח ותנגדות 243
31. אנרגיה והספק במעגל החשמלי 251
32. חיבור נגדים וחוקי קירכהוף 256
33. קבלים 265
34. טמפרטורה התפשטות תרמית וחוק הגז האידיאלי 280

יסודות הפיזיקה א 20113

פרק 1 - הקדמה מתמטית לקורס

תוכן העניינים

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

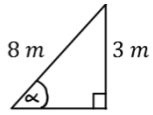
פונקציות טריגונומטריות:

שאלות:

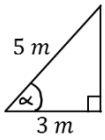
1) חישוב אלפא

חשב את הזווית אלפא במקרים הבאים:

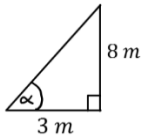
א.



ב.



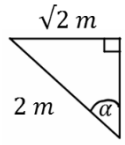
ג.



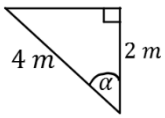
2) משולשים שמסורטטים אחרת

חשב את הזווית אלפה במקרים הבאים:

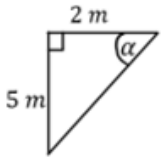
א.



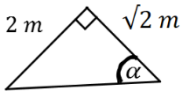
ב.



ג.



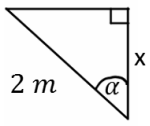
ד.



3) מציאת ניצבים

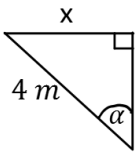
חשב את x במקרים הבאים:

א.



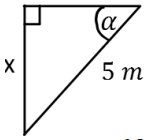
$\alpha = 30^0$

ב.



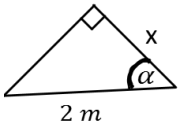
$\alpha = 45^0$

ג.



$\alpha = 60^0$

ד.



$\alpha = 40^0$

תשובות סופיות:

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

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

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

משוואת הקו הישר:

שאלות:

1) משוואת הישר משתי נקודות

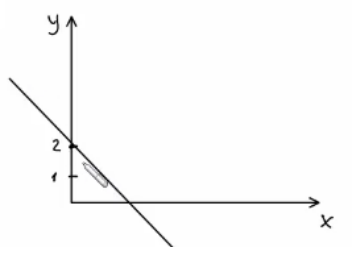
א. מצא את משוואת הקו הישר העובר דרך שתי הנקודות: $(4,-2),(-1,3)$.

ב. שרטט איור עבור הקו על גבי מערכת צירים.

תשובות סופיות:

1) א. $y=-x+2$

ב.



הפרבולה:

שאלות:

1) נתונה הפרבולה הבאה: $y=-x^2+2x+3$.

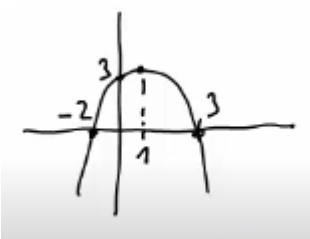
א. מצא את נקודות החיתוך עם הצירים ואת נקודת הקודקוד של הפרבולה.

ב. קבע האם הפרבולה מחייכת או עצובה, ושרטט איור מקורב של הפרבולה לפי הנתונים שקיבלת.

תשובות סופיות:

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

ב. עצובה.



יסודות הפיזיקה א 20113

פרק 2 - מבוא

תוכן העניינים

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

יחידות פיזיקאליות:

שאלות:

1) תרגיל

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

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

א. $\frac{A}{B}+CA$

ב. $\frac{AC}{B}+D$

ג. $\frac{C}{D}A+B$

תשובות סופיות:

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

מעברים בין יחידות:

שאלות:

1) דוגמה 1 - מעברים של יחידות לא בסיסיות

נתון: $A=2km\ ,\ B=10gr$.

מצא את $C=A\cdot B$ ביחידות של m.k.s.

2) דוגמה 2 - מעברים של יחידות לא בסיסיות

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

חשב את הגדלים הבאים ביחידות של m.k.s:

א. $D=2\cdot A$

ב. $E=\dfrac{5\cdot B\cdot C}{A}$

3) מעבר יחידות בחזקות

מצא את הגדלים הבאים, ביחידות של ס"מ:

א. $A=1m^2$

ב. $B=1m^3$

4) סנטימטר בשלישית

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

א. $5\cdot 2m^3$

ב. $320mm^3$

ג. $0.0054km^3$

5) ליטר - דוגמה

הבע את הגדלים הבאים ב-liter.

א. $5m^3$

ב. $5mm^3$

תשובות סופיות:

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

2) א. 4m^2 ב. $37.5\cdot10^{-5}\frac{\text{sec}\cdot\text{kg}}{\text{m}}$

3) א. 10^4cm^2 ב. 10^6cm^3

4) א. $5.2\cdot10^6\text{cm}^3$ ב. 0.32cm^3 ג. $5.4\cdot10^{12}\text{cm}^3$

5) א. $5\cdot10^3\text{liter}$ ב. $5\cdot10^{-6}\text{liter}$

צפיפות:

שאלות:

1) דיסקה עם חור

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

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

תשובות סופיות:

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

הערכת סדרי גודל:

שאלות:

1) נשימות

הערך את מספר הנשימות של אדם בחייו.

תשובות סופיות:

1) $N = 10^9$

תרגילים:

שאלות:

1) מסע של האור

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

א. חשב את המרחק שעובר האור בשנתיים.

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

2) צפיפות אטום המימן

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

3) שלג על הירח

הנח שעל הירח יורד שלג, השלג יורד בקצב שבו כל חצי שניה פוגע פתית שלג בפני הירח. הערך תוך כמה זמן יכוסה הירח כולו בשכבת שלג בגובה 2 מטר (הנח שהשלג לא נמס). רדיוס הירח: $1.74 \cdot 10^6 m$, רדיוס פתית שלג הוא: $2c.m$.

4) אטומים בגרגיר חול

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

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

5) כדורי פינגפונג בחדר

הערך כמה כדורי פינגפונג ניתן לדחוס בחדר ממוצע

תשובות סופיות:

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

2) $3.71\cdot10^{13}$

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

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

5) 750,000

יסודות הפיזיקה א 20113

פרק 3 - קינמטיקה - תנועה בקו ישר

תוכן העניינים

1. העתק 11
2. תנועה במהירות קבועה 12
3. מהירות ממוצעת 16
4. תאוצה 18
5. תרגול 23
6. מהירות רגעית ותאוצה רגעית 28
7. מהירות רגעית ותאוצה רגעית -אינטגרלים 30

העתק:

שאלות:

1) כדור

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

2) דני ודנה

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

3) העתק ודרך

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

תשובות סופיות:

1) -3m

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

3) העתק: $\Delta x=0$, דרך: $s=200$.

תנועה במהירות קבועה:

שאלות:

1) יוסי מאחר לשיעור

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

2) מיקומו של גוף

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

3) תנועה ביחס ל-A

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

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

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

4) גוף חולף דרך שתי נקודות

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

א. מהי מהירות הגוף?

ב. היכן יהיה הגוף ברגע $t=0$?

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

ד. מתי יהיה הגוף בראשית הצירים?

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

5) גוף נע שמאלה

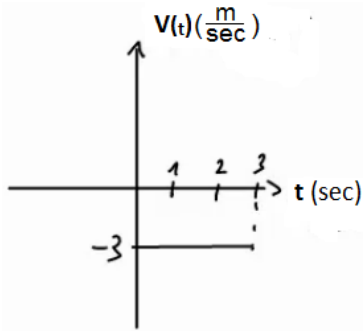
גוף נע בקו ישר במהירות קבועה שגודלה $6\frac{\text{m}}{\text{sec}}$. ברגע $t=0$ מיקום הגוף הוא: $x=50\text{m}$.
בחר את כיוון ציר ה- x ימינה והנח שהגוף נע שמאלה.

א. מהו מיקום הגוף כתלות בזמן?

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

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

6) מהירות שלילית



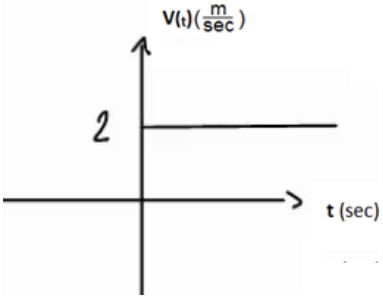
נתון הגרף הבא של מהירות של גוף כתלות בזמן.

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

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

ג. שרטט גרף מקום כתלות בזמן של הגוף.

7) מיקום שלילי

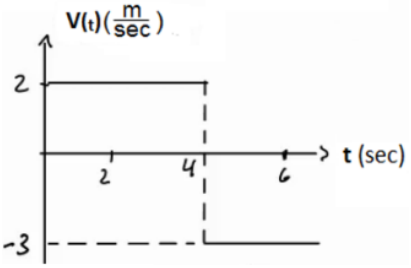


נתון הגרף הבא של מהירות של גוף כתלות בזמן.

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

ב. שרטט גרף מקום כתלות בזמן של הגוף.

8) מהירות מתחלפת



נתון הגרף הבא של מהירות של גוף כתלות בזמן.

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

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

ג. שרטט גרף מקום כתלות בזמן של הגוף.

9) שתי מכוניות זו לקראת זו

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

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

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

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

ב. מתי המרחק בין המכוניות יהיה 40 מטר?

10) מכונית נוסעת מת"א לירושלים

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

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

ב. רשום נוסחת מקום-זמן של תנועת המכונית.

ג. שרטט גרף מהירות-זמן.

11) אופנוע ומכונית מת"א לאילת

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

א. הגדר ציר מיקום עבור תנועת האופנוע והמכונית.

ב. כתוב נוסחת מיקום-זמן עבור תנועת האופנוע.

ג. כתוב נוסחת מיקום-זמן עבור תנועת המכונית.

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

תשובות סופיות:

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

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

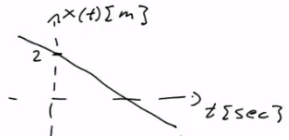
3) א. $x(t=8)=40\text{m}$, $x(t=2)=10\text{m}$ ב. $t=40\text{sec}$

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

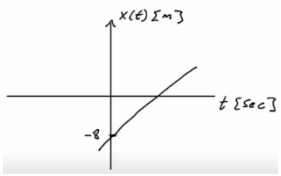
5) א. $x(t)=50-6t$ ב. $x(t=2)=38\text{m}$, $x(t=3)=32\text{m}$

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

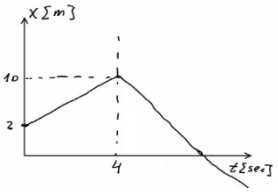
6) א. $S=-6\text{m}$ ב. $x(t)=2-3t$ ג.



7) א. $x(t)=-8+2t$ ב.



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

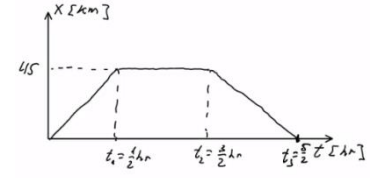


9) א. חולפות ב- $t=10\text{sec}$, ומיקומן הוא $x_{a,b}(t=10)=60\text{m}$.

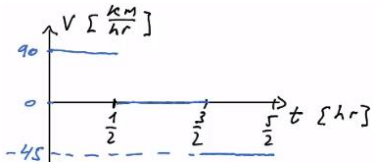
ב. $t_1\approx 7.78\text{sec}$ או $t_2\approx 12.22$.

10) א. השיפועים מייצגים מהירות.

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



ג.



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

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

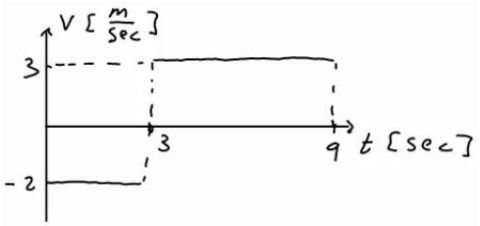
מהירות ממוצעת:

שאלות:

1) דני נוסע מחיפה לטבריה

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

2) מהירות ממוצעת מתוך גרף



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

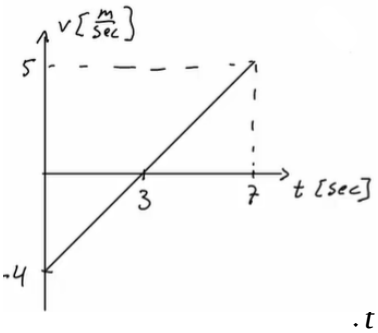
3) מת״א לב״ש דרך חיפה

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

א. מצא את המהירות הממוצעת של אורי (velocity).
ומצא את ממוצע גודל המהירות של אורי (speed).

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

4) מהירות ממוצעת בגרף לינארי



מהירותו של גוף נתונה בגרף הבא:

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

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

תשובות סופיות:

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

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

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

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

תאוצה:

שאלות:

1) מטוס מאיץ בתאוצה קבועה
מטוס מתחיל להאיץ ממנוחה בתאוצה קבועה.
לאחר 10 שניות הגיע המטוס למהירות 150 מטר לשנייה.
מהי תאוצת המטוס?

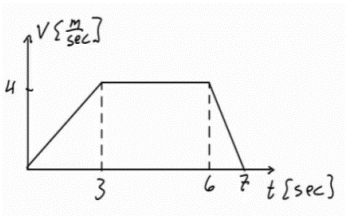
2) משאית מאיצה
משאית נוסעת במהירות של 72 קמ״ש ומאיצה תוך 10 שניות למהירות של 90 קמ״ש.
מהי תאוצת המשאית?

3) אופנוע מאיץ ממנוחה
אופנוע מתחיל את נסיעתו ממנוחה, בתאוצה של 2 מטר לשנייה בריבוע.
א. מצא את נוסחת מהירות-זמן עבור האופנוע.
ב. מה תהיה מהירותו לאחר 7 שניות?
ג. מתי תהיה מהירותו 20 מטר לשנייה?

4) אופנוע מאיץ אחרי מכונית
מכונית נוסעת במהירות קבועה של 20 מטר לשנייה.
ברגע מסוים מתחילה המכונית להאיץ בתאוצה קבועה של 2 מטר לשנייה בריבוע.
אופנוע מתחיל את תנועתו שנייה לאחר המכונית ומאיץ בתאוצה של 3 מטר לשנייה בריבוע, ממנוחה.
מתי תהיה מהירות האופנוע שווה למהירות המכונית?

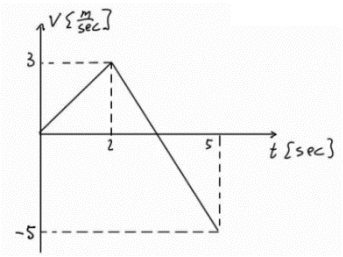
5) תאוטה
לפניך מספר מקרים בהם רכב משנה את מהירותו. מצא בכל מקרה את תאוצת הרכב וציין האם הרכב האיץ או שהרכב נמצא בתאוטה:
א. רכב משנה את מהירותו ממהירות של 20 מטר לשנייה,למהירות של 10 מטר לשנייה, תוך 5 שניות.
ב. רכב משנה את מהירותו ממהירות של 20 מטר לשנייה למהירות של 10 מטר לשנייה, תוך 4 שניות.
ג. רכב משנה את מהירותו מ-5 מטר לשנייה ל-15 מטר לשנייה תוך 2 שניות.
ד. רכב משנה את מהירותו מ-5 מטר לשנייה ל-15 מטר לשנייה תוך 5 שניות.
ה. רכב משנה את מהירותו מ-10 מטר לשנייה ל-5 מטר לשנייה, תוך 4 שניות.

6) גרף מהירות



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

7) גרף מהירות שלילית



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

8) דנה רצה בתאוצה קבועה

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

א. מצא את המהירות של דנה לאחר 1 , 2 ו-3 שניות.

ב. מצא את המיקום של דנה לאחר 1 , 2 , 3 ו-4 שניות.

ג. שרטט על גבי ציר את המיקום של דנה בכל אחד מהרגעים.

9) אופנוע משיג מכונית

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

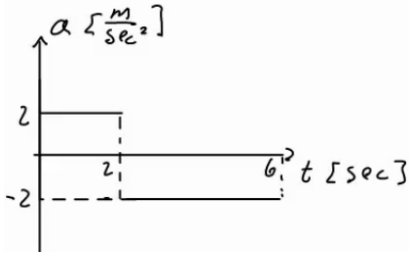
10) דני ודנה רצים זה לקראת זו

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

א. מתי והיכן יפגשו דני ודנה?

ב. מה מהירות כל אחד מהם ברגע המפגש?

11) גרפים של תאוצה, מהירות ומיקום



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

א. מצא נוסחת מהירות–זמן עבור הגוף.

ב. מצא נוסחת מיקום–זמן עבור הגוף.

ג. שרטט גרפים עבור המהירות והמיקום, כתלות בזמן.

12) מסלול המראה של סיסנה

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

13) מרחק בלימה

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

14) עומר עוצר לפני רמזור

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

א. מהי המהירות הממוצעת במהלך העצירה?

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

תשובות סופיות:

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

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

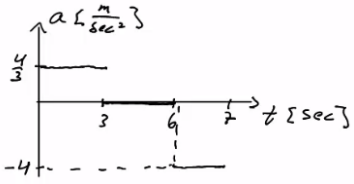
3) א. $V(t)=2\cdot t$ ב. $14\frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ג. $t=10\text{sec}$

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

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

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

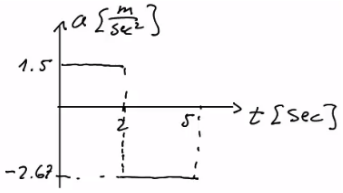
6) חלק 1 - כאשר $0\leq t\leq 3$ אז $a_1=\frac{4}{3}\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ - מאיץ. שרטוט:



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

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

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

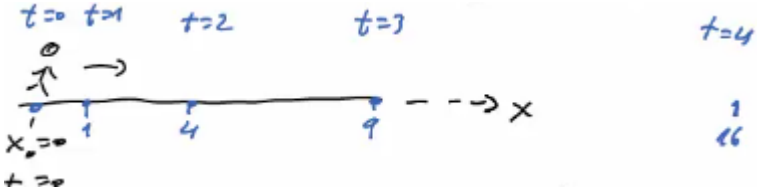


חלק 2 - כאשר $2\leq t\leq 5$ אז $a_2=\frac{-8}{3}\approx -2.67\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$:
כשהמהירות חיובית – בתאוטה $(V\geq 0)$,
וכשהמהירות שלילית – בתאוצה $(V<0)$.

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

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

ג.



9) $t_1=18.79$

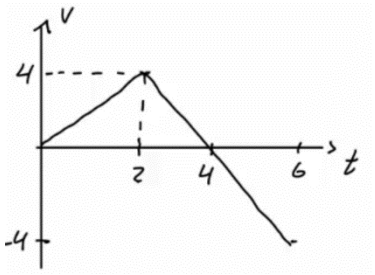
10) א. הזמן : $t=8.16\sec$, המיקום : 16.65m.

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

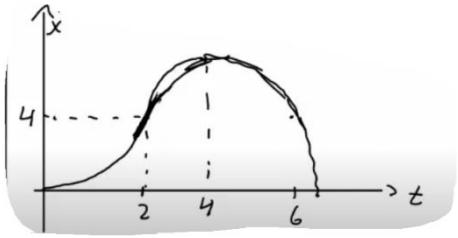
11) א. כאשר $0<t<2$, הנוסחה היא : $V\left(t\right)=2t$; כאשר $2<t<6$, הנוסחה היא : $V\left(t\right)=8-2t$.

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

ג. שרטוט עבור מהירות :



שרטוט עבור מקום :



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

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

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

תרגול:

שאלות:

1) מאפס לארבעים בעשר שניות

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

א. מהי תאוצת המכונית?

ב. מצא את ההעתק שביצעה המכונית בזמן ההאצה.

ג. מהי המהירות הממוצעת של המכונית בזמן ההאצה?

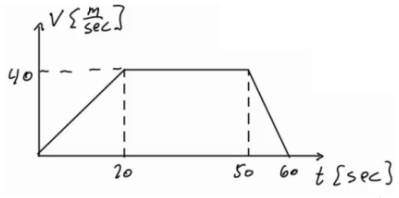
ד. האם ההעתק שמבצעת המכונית בחמש השניות הראשונות גדול, קטן או שווה להעתק בחמש השניות האחרונות?

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

ו. מהי מהירות המכונית לאחר שעברה 60 מטרים?

2) גרף של מהירות אופנוע בזמן

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



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

ב. מצא את תאוצת האופנוע כתלות בזמן.

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

ד. מצא את מיקום האופנוע באותם רגעים של סעיף ג'.

3) דני שכח את הפלאפון

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

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

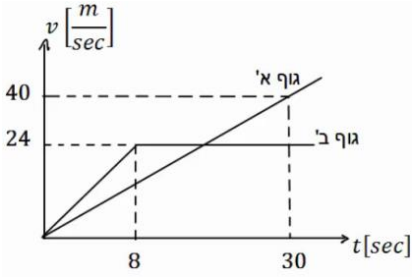
ב. מתי מהירותו של יוסי שווה לזו של דני? האם הוא משיג את דני ברגע זה?

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

ד. מתי ישיג יוסי את דני? כמה מרחק עבר יוסי עד אז?

4) גרף מהירויות של שני גופים

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



א. תאר את תנועתו של כל גוף.

ב. רשום נוסחת מקום זמן לכל גוף.

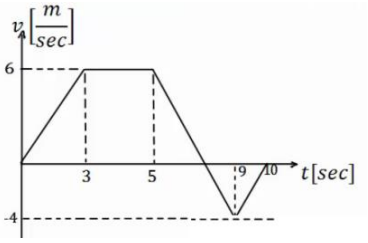
ג. מצא את המרחק בין הגופים ברגעים: $t = 3sec,\ 24sec$,
וציין מי מקדים את מי.

ד. מתי מהירויות שני הגופים שוות?

ה. 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.



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

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

ג. מהו המרחק הכולל שעבר הגוף?

ד. מהו ההעתק הכולל שעשה הגוף?

ה. מהי המהירות הממוצעת של הגוף בתנועה?

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

ז. מתי נמצא הגוף במרחק 12 מטרים מהראשית?

ח. שרטט גרף של מיקומו של הגוף כתלות בזמן.
אין צורך לסמן ערכים בציר האנכי של הגרף.

6) שני נתונים בזמנים שונים

גוף נע בקו ישר בתאוצה קבועה.
ב-$t = 2sec$ מהירותו היא 15 מטרים לשנייה ומיקומו 5 מטרים מהראשית,
בכיוון החיובי. ידוע גם שב-$t = 4sec$ מהירותו היא 21 מטר לשנייה.

א. מצא את תאוצת הגוף.

ב. מצא נוסחת מיקום זמן של הגוף.

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

ד. מצא נוסחת מהירות זמן עבור הגוף.

ה. מהי המהירות בה הגוף התחיל את התנועה (מהירות ב-$t = 0$)?

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 $2\frac{m}{sec^2}$. המהירות המקסימלית של הניידת היא 180 קמ״ש.

א. באיזה מרחק מתחילת התנועה יתפוס השוטר את המכונית?

ב. שרטטו על אותה מערכת צירים את הגרפים של המהירות כתלות בזמן של המכונית והניידת מהרגע בו חולפת המכונית ליד הניידת.

8) זמן מינימלי לסיים מסלול**

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

9) כמה זמן הרכבת נסעה במהירות קבועה**

רכבת יוצאת מיישוב א׳ אל יישוב ב׳.
בשליש הראשון של הדרך הרכבת מאיצה בתאוצה קבועה.
בשליש של הדרך הרכבת נוסעת במהירות קבועה.
בשליש האחרון של הדרך הרכבת מאטה בקצב קבוע עד לעצירתה בישוב ב׳.
זמן הנסיעה הכולל הוא T.
כמה זמן נסעה הרכבת במהירות קבועה?

תשובות סופיות:

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

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

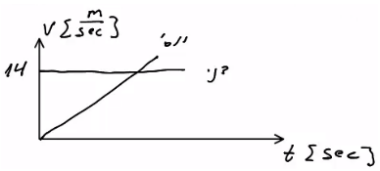
2) א. כאשר $0\le t\le 20$ (חלק I), התאוצה חיובית וקבועה, והמיקום הולך וגדל.
כאשר $20\le t\le 50$ (חלק II), המהירות קבועה (אין תאוצה) והמיקום גדל.
כאשר $50\le t\le 60$ (חלק III), התאוצה קבועה ושלילית - תאוטה - והמיקום הולך וגדל.

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

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

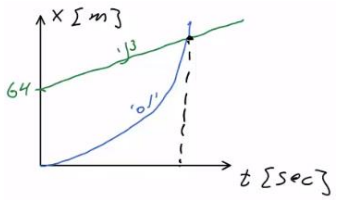
ד. $x(t=15)=225\text{m}$, $x(t=40)=1,200\text{m}$, $x(t=55)=1,750\text{m}$

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



ב. $t=1.75\text{sec}$; לא.

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



ד. ב- $t=6.12$, המרחק: 149.82m.

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

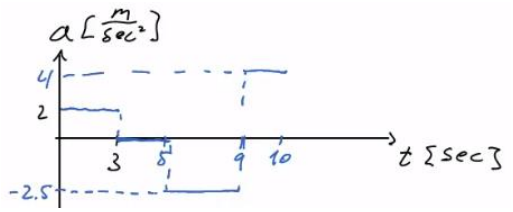
ב. גוף א': $\frac{2}{3}t^2$, גוף ב': כאשר $0\le t\le 8$, כמו גוף א'.
כאשר $8\le t\le\infty$, $x(t)=96+24(t-8)$.

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

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

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

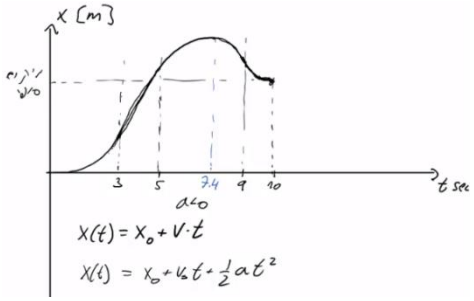
ב. $a=\begin{cases}2\frac{\text{m}}{\text{sec}^2} & 0<t<3\\ 0 & 3<t<5\\ -2.5\frac{\text{m}}{\text{sec}^2} & 5<t<9\\ 4\frac{\text{m}}{\text{sec}^2} & 9<t<10\end{cases}$ גרף:



ג. בזמן: 7.4sec ; המרחק: 28.2m.

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

ח. $t=3.5\text{sec}$ ט.

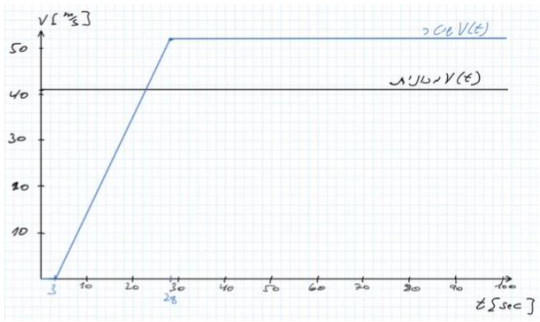


6) א. $a=3\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ ב. $x(t)=5+15(t-2)+\frac{1}{2}3(t-2)^2$

ג. $x(t=0)=-19$; $x(t=1.65)=0$

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

7) א. 3877m ב.



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

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

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- $t=7\sec$?

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

2) מיקום עם קוסינוס

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

א. חשב את המהירות והתאוצה של הגוף כתלות בזמן.

ב. שרטט את המיקום, המהירות והתאוצה של הגוף כפונקציה של הזמן עבור מרווח הזמן: $0\le t\le 2\pi$ ועבור המקרים: $\omega=1$, $\omega=2$ ו- $\omega=0.5$.

ג. מתי התאוצה מקסימלית ומתי היא מתאפסת?

ד. הראה שמתקיים: $a(t)=-\omega^2 x(t)$.

ה. אם מודדים את t בשניות, מה היחידות של ω?

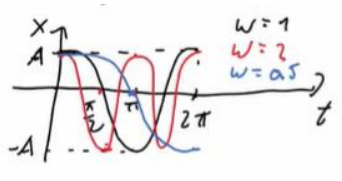
תשובות סופיות:

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

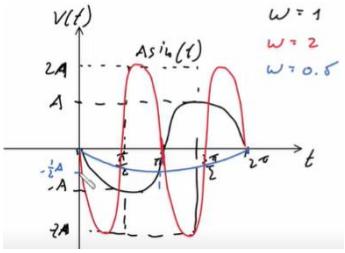
ד. $182\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$, $62\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$

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

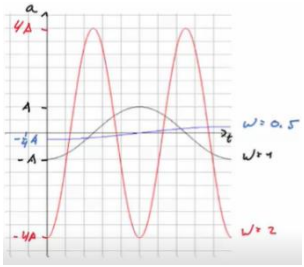
ב. מיקום:



מהירות:



תאוצה:



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

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

מהירות רגעית ותאוצה רגעית - אינטגרלים:

שאלות:

1) מצא מהירות ומיקום

גוף נע בתאוצה של: $a=4t^3$.

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

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

תשובות סופיות:

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

יסודות הפיזיקה א 20113

פרק 4 - וקטורים

תוכן העניינים

1. הגדרות סימונים והצגות 31
2. פעולות בין וקטורים 35
3. מכפלה סקלרית 38
4. וקטור יחידה 41
5. חיבור וחיסור וקטורים בשיטת המקבילית 42
6. תרגילים נוספים 44
7. מכפלה וקטורית בדו-מימד 45
8. וקטור בשלושה מימדים ..... (ללא ספר)
9. מכפלה וקטורית בשלושה מימדים 46

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

2) הצגה קרטזית

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

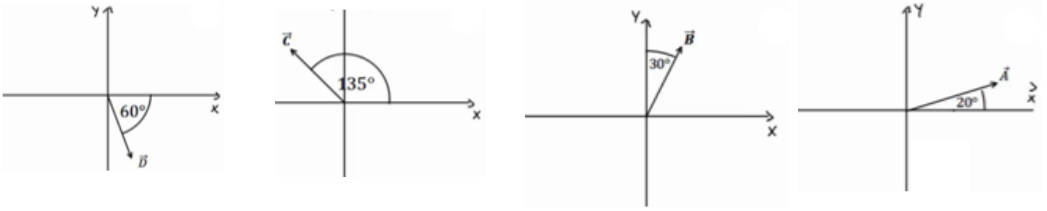
$\vec{A}=(1,2)$, $\vec{B}=(-2,3)$, $\vec{C}=(-3,-2)$, $\vec{D}=(2,-1)$.

3) מעבר מפולרי לקרטזי

הגודל של כל אחד מהוקטורים הבאים הוא 2.

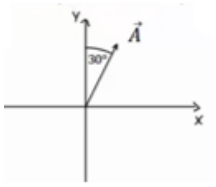
רשום כל אחד מהוקטורים בהצגה הקרטזית שלו (פרק את הוקטורים הבאים לרכיבים):

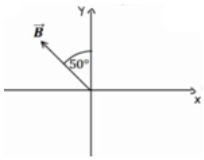
א. ב. ג. ד.

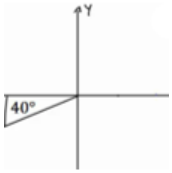


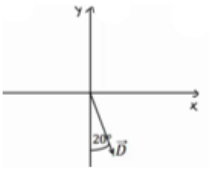
4) דרך שנייה לפירוק לרכיבים

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

א. 

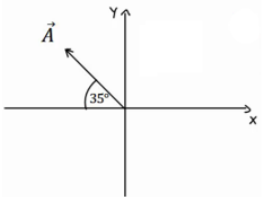
ב. 

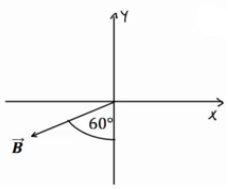
ג. 

ד. 

5) פירוק לרכיבים

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

א. 

ב. 

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

6) מקרטזי לפולרי

מצא את הגודל והכיוון של הוקטורים הבאים:

א. $\vec{A}=(2,-1)$

ב. $\vec{B}=(-0.5,-2)$

7) מקרטזי לפולרי

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

א. $\vec{A}=(2,3)$

ב. $\vec{B}=(-1,2)$

ג. $\vec{C}=(0,-3)$

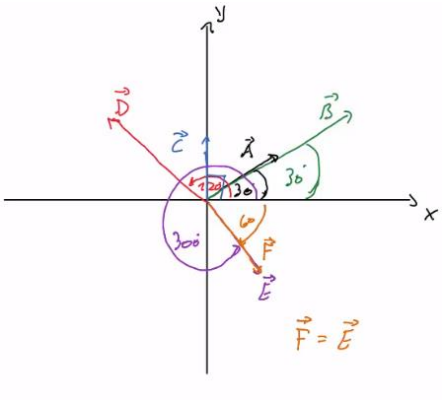
ד. $\vec{D}=(2,-2)$

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

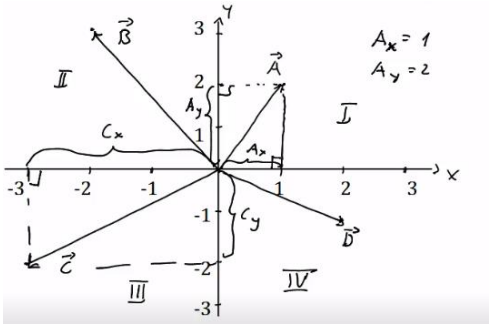
ו. $\left|\vec{E}\right|=3$, $E_y=-1$ הוקטור ברביע השלישי.

תשובות סופיות:

1) ראו שרטוט:



2) ראו שרטוט:



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

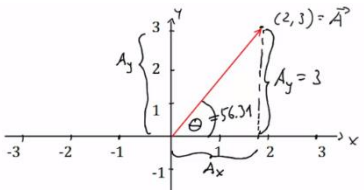
4) א. $\vec{A}=\left(\frac{3}{2},\ 2.60\right)$ ב. $\vec{B}=(-2.30,\ 1.93)$ ג. $\vec{C}=(-2.30,\ -1.93)$

ד. $\vec{D}=(-2.30,\ -1.93)$

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

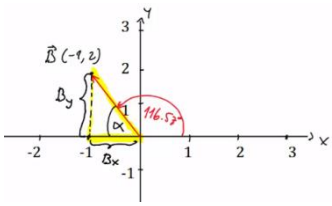
6) א. $\left|\vec{A}\right|=\sqrt{5}$; $\theta_A=-26.57=333.43°$ ב. $\left|\vec{B}\right|=2.06$; $\theta_B=255.96°$

7) א. שרטוט:



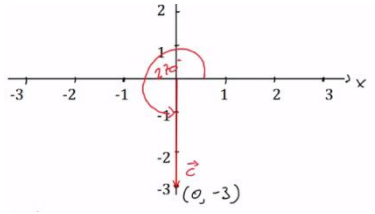
$\theta_A=56.31°$; $\left|\vec{A}\right|=\sqrt{13}$

ב. שרטוט:



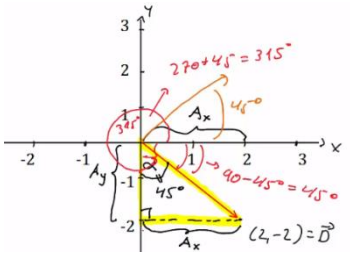
$\theta_B=116.57°$; $\left|\vec{B}\right|=\sqrt{5}$

ג. שרטוט:



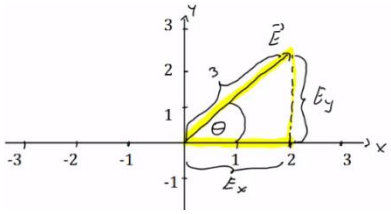
$\theta_C = 270^\circ \; ; \; |\vec{C}| = 3$

ד. שרטוט:



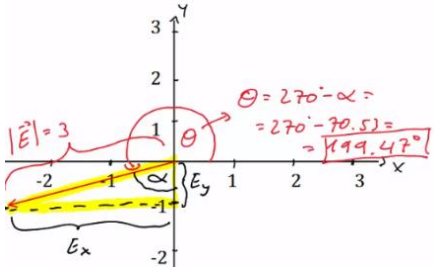
$\theta_D = 315^\circ = -45^\circ \; ; \; |\vec{D}| = \sqrt{8}$

ה. שרטוט:



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

ו. שרטוט:



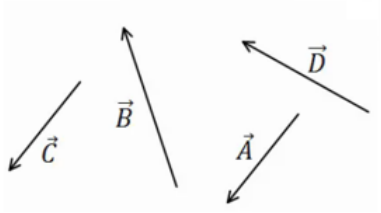
$\theta_E = 199.47^\circ \; ;$

פעולות בין וקטורים:

שאלות:

1) חיבור וקטורים לפי סימונים

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



2) דוגמה 1

נתונים הוקטורים הבאים:

$$\left|\vec{A}\right|=3,\ \theta_A=30°$$

$$\left|\vec{B}\right|=2,\ \theta_B=-30°$$

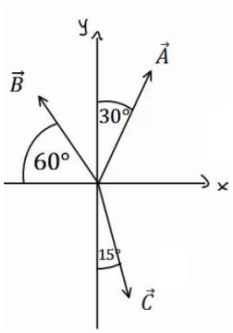
$$\left|\vec{C}\right|=3,\ \theta_C=180°$$

א. שרטט את הווקטורים על גבי מערכת צירים.

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

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

3) דוגמה 2



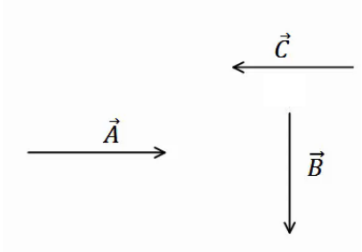
הגודל של הוקטורים באיור הבא הוא: $\left|\vec{A}\right|=5,\ \left|\vec{B}\right|=4,\ \left|\vec{C}\right|=5$.

מצא את הוקטור השקול (סכום הוקטורים): $\vec{D}=\vec{C}+\vec{A}+\vec{B}$.

4) חיסור לפי סימונים

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

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



5) דוגמה 1

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

מצא את:

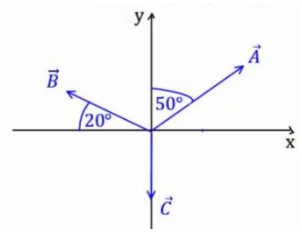
א. $\vec{D}=-2\vec{B}$

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

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

6) דוגמה 2

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



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

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

7) דוגמה 3

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

א. שרטט את הוקטור במערכת הצירים.

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

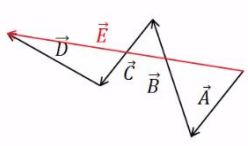
ג. מצא את הרכיבים של $\vec{A}$.

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

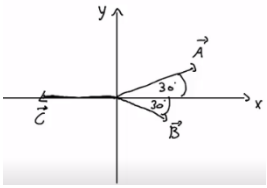
ה. מצא את גודלו וכיוונו של $\vec{B}$ מהרכיבים שמצאת בסעיף ד'.
הראה כי התוצאה זהה לסעיף ב'.

תשובות סופיות:

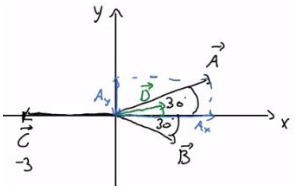
1)



2) א.

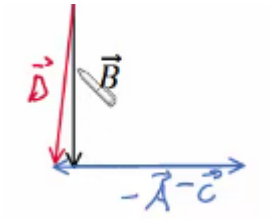


ב. $\left|\vec{D}\right|=1.42\ ,\theta_D=20.60°$



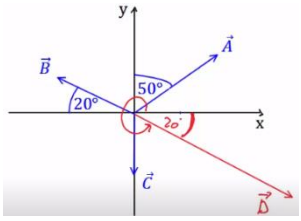
3) $\left|\vec{D}\right|=3.46\ ,\theta_D=58.84°$

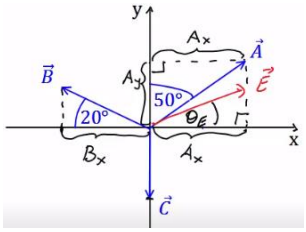
4)



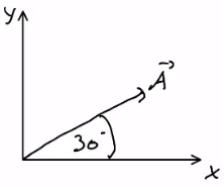
5) א. $\vec{D}=(2,\ -8)$ ב. $\vec{E}=(10,\ 7)$ ג. $\vec{F}=(-4,\ -12)$

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

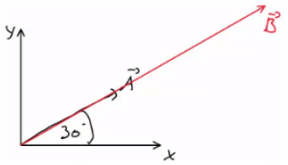




7) א.



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



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

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

ה. ראה סרטון.

מכפלה סקלרית:

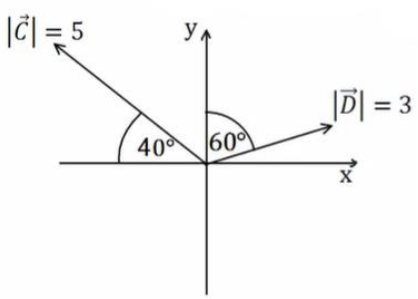
שאלות:

1) דוגמה 1

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

א. $\vec{A}=(-1,2)\ ,\ \vec{B}=(2,2)$

ב.



2) דוגמה 2

בדוק עבור זוגות הוקטורים הבאים האם הם מאונכים:

א. $\vec{A}=(1,4)\ ,\ \vec{B}=(-2,5)$

ב. $\vec{A}=(1,4)\ ,\ \vec{B}=(8,-2)$

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

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

3) דוגמה 3

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

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

ב. מצא את הגודל והזווית של כל וקטור.

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

4) דוגמה 4

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

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

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

5) דוגמה 5

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

חשב את:

א. $\vec{A}\cdot\vec{C}$

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

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

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

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

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

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

6) דוגמה 6

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

חשב את:

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

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

7) דוגמה 7

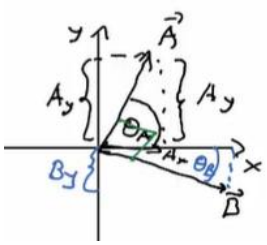
נתונים הוקטורים הבאים: $\vec{A}=(-2,2)$, $\vec{B}=(1,-3)$, $\vec{C}=(1,5)$.

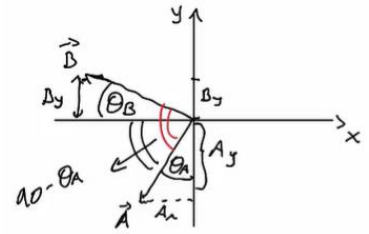
מצא את הזווית בין $\vec{A}$ ל- $\vec{B}$ ובין $\vec{B}$ ל- $\vec{C}$.

תשובות סופיות:

1) א. 2 ב. 5.13-

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





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

4) א. הוכחה. ב. הוכחה.

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

6) א. (0.8-,2.4) ב. (0.54-,2.69-)

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

וקטור יחידה:

שאלות:

1) דוגמה וקטור יחידה

מצא וקטורי יחידה בכיוון של הוקטורים הבאים:

א. $\vec{A}=(-2,-3)$

ב. $\vec{B}=(3,4)$

תשובות סופיות:

1) א. (-0.55,-0.83) ב. (0.6,0.8)

חיבור וחיסור וקטורים בשיטת המקבילית:

שאלות:

1) חיבור באמצעות מקבילית

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

2) חיסור באמצעות מקבילית

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

3) מציאת אורך של שקול

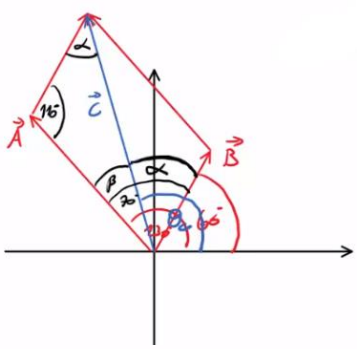
אורכם של שני וקטורים הוא 5 ו-10 ס"מ. הזווית ביניהם היא 30 מעלות.
מהו אורכו של הוקטור השקול שלהם (סכום הוקטורים)?

4) מציאת זווית בין שני וקטורים

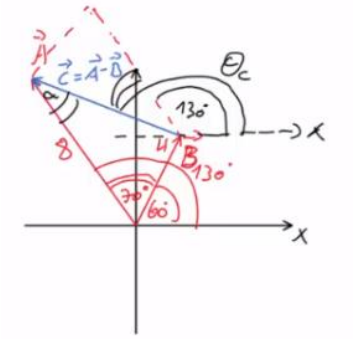
נתונים שני וקטורים שאורכם 10 ו-13 מטר. אורך השקול שלהם הוא 20 מטר.
מצא את הזווית בין הווקטורים.

תשובות סופיות:

1) $108.1°$, 10.1



2) $159.5°$, 7.62



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

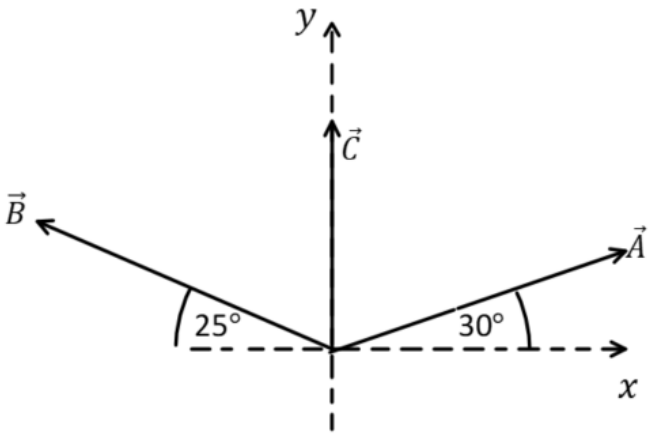
4) $\theta = 60°$

תרגילים נוספים:

שאלות:

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

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



תשובות סופיות:

1) $\vec{C} = 14{,}221°$.

2) $\left|\vec{A}\right| \approx 515$, $\left|\vec{B}\right| \approx 490$.

מכפלה וקטורית בדו-מימד:

שאלות:

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

תשובות סופיות:

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

מכפלה וקטורית בשלושה מימדים:

שאלות:

1) מכפלה וקטורית

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

א. מצא את: $\vec{A}\cdot\vec{B}$.

ב. מצא את: $\vec{A}\times\vec{B}$.

ג. מצא את: $\vec{C}\times\vec{D}$.

תשובות סופיות:

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

יסודות הפיזיקה א 20113

פרק 5 - נפילה חופשית וזריקה אנכית

תוכן העניינים

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

נפילה חופשית:

שאלות:

1) כדור ברזל קטן

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

א. מצא את מרחקו מנקודת השחרור לאחר 4 שניות.

ב. מצא את מהירותו באותו הרגע.

2) תפוח עץ

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

א. מצא את המהירות בה יפגע התפוח בקרקע.

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

3) חסידה מביאה חבילה

חסידה מפילה חבילה מגובה של 320 מטרים.

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

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

תשובות סופיות:

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

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 $5\frac{m}{sec}$ כלפי מטה לעבר החלון של צחי.

גובה כל קומה הוא 3 מטרים.

א. מתי יעבור הכדור את חלונו של צחי?

ב. מה תהיה מהירות הכדור באותו הרגע?

ג. מה תהיה מהירות הכדור שתי קומות מתחת לחלונו של צחי?

2) דני זורק כדור מחלון גבוה

דני זורק כדור כלפי מעלה מחלון ביתו הנמצא בגובה 105 מטרים מעל הקרקע (בניין גבוה). מהירות הכדור ישר אחרי הזריקה היא 20 מטר לשניה.

סמן את כיוון הציור החיובי כלפי מעלה ואת ראשית הצירים בנקודת הזריקה.

א. רשום נוסחאות מקום–זמן ומהירות–זמן עבור הכדור.

ב. הכן טבלה ורשום בה את הערכים של המיקום והמהירות ב-6 השניות הראשונות.

ג. צייר את מיקום הכדור בכל שנייה ב-6 השניות.

ד. מתי יפגע הכדור בקרקע?

ה. חזור על סעיפים א' ו-ד' במקרה שבו ראשית הצירים בקרקע.

3) רועי קופץ לבריכה

רועי קופץ לבריכה ממקפצה בגובה 10 מטרים.

מהירותו מיד לאחר הניתוק מהמקפצה היא 2 מטר לשניה כלפי מעלה.

א. מתי מגיע רועי לשיא הגובה בקפיצה?

ב. מהו שיא הגובה?

ג. מהי המהירות שבה פוגע רועי במים?

ד. כמה זמן עבר מרגע הקפיצה עד לרגע בו פגע רועי במים?

תשובות סופיות:

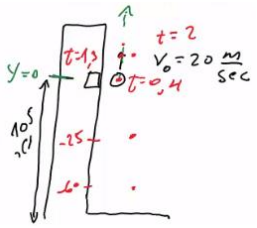
1) א. 0.93sec ב. $V(t=0.93)=14.3\frac{m}{sec}$ ג. $V(y=15)\approx 18.03\frac{m}{sec}$

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

ב.

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

ג.



ד. 7sec

ה. (א) מקום-זמן: $y(t)=105+20t-5t^2$.

מהירות-זמן: $V(t)=20-10t$.

(ד) 7sec

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

תרגילים:

שאלות:

1) אבן נזרקת מגג בניין

מגג בניין שגובהו 120 מטר נזרקת אבן כלפי מעלה, במהירות התחלתית שגודלה 20 מטר לשניה.

א. כעבור כמה זמן תמצא האבן בשיא גובה התנועה?

ב. מה הגובה המקסימלי אליו מגיעה האבן?

ג. מהי מהירות האבן כאשר היא פוגעת בקרקע? (הקפד על הסימן).

2) חלק ניתק מטיל

טיל משוגר אנכית כלפי מעלה, ממנוחה, בתאוצה קבועה של 6 מטר לשניה בריבוע. כאשר הטיל בגובה של 300 מטר ניתק ממנו חלק.

א. מהי מהירות הטיל ברגע ניתוק החלק?

ב. מהו שיא הגובה, ביחס לקרקע, אליו מגיע החלק שניתק?

ג. לאחר כמה זמן מרגע השיגור יפגע החלק בקרקע?

ד. מהי מהירות החלק ברגע פגיעתו בקרקע?

3) כדור נזרק מלמעלה וגוף נזרק מלמטה

כדור נזרק כלפי מטה מראש בניין שגובהו 80 מטר.
מהירותו ההתחלתית של הכדור היא 15 מטר לשניה.
באותו הרגע, נזרק גוף שני מתחתית הבניין כלפי מעלה.
מהירותו ההתחלתית של הגוף השני היא 40 מטר לשניה.

א. רשום נוסחת מקום–זמן עבור כל גוף.

ב. האם הגוף השני יעבור את גובה הבניין?

ג. היכן ביחס לרצפת הבניין יחלפו הגופים אחד ליד השני?

ד. רשום נוסחת מהירות–זמן לכל גוף.

ה. מה תהיה מהירות כל גוף ברגע המפגש?

ו. מהי מהירות הפגיעה בקרקע של כל גוף?

ז. שרטט גרף מהירות–זמן וגרף מיקום–זמן לכל גוף.

4) גוף נזרק אנכית מגג בניין

גוף נזרק אנכית כלפי מעלה מגג בניין שגובהו 40 מטר.
מהירותו ההתחלתית של הגוף היא 30 מטר לשניה.
בחר ציר y , שראשיתו בקרקע וכיוונו החיובי כלפי מעלה.

א. רשום את הפונקציות: מקום–זמן, מהירות–זמן ותאוצה–זמן, של הגוף.

ב. ערוך טבלה של מהירותו ומיקומו בזמנים: $t = 0, 1, 2, 3, 4, 5\text{sec}$.

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

5) כדור מלמעלה וכדור מלמטה מתעכב

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

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

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

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

ד. מה תהיה מהירות כל גוף בפגיעה בקרקע?

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

6) כדור פורח

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

7) אבן אחרי אבן

אבן משוחררת ממנוחה מגובה של 60 מטרים. שתי שניות לאחר מכן נזרקת אבן נוספת כלפי מטה מאותו הגובה.
באיזו מהירות יש לזרוק את האבן, על מנת ששתי האבנים יגיעו לקרקע באותו הזמן?

8) אדם משחרר כדור מתוך מעלית**

מעלית עולה מגובה הקרקע במהירות קבועה. בזמן T_1 אדם הנמצא במעלית משחרר כדור מתוך המעלית דרך חור שברצפת המעלית.
הכדור מגיע לקרקע כעבור T_2 שניות.
מצאו את גובה המעלית h בזמן T_1 .
נתונים: T_1 ו- T_2 .

9) ילד זורק כדור בקפיצה**

ילד מנסה לזרוק כדור לתקרה של הכיתה אך אינו מצליח להגיע עד לתקרה.
המורה לפיזיקה שהבחין בניסיונותיו של הילד הציע לילד שיזרוק את הכדור תוך כדי קפיצה בכיוון מעלה.

א. האם המורה צודק? לאיזה גובה יגיע הכדור אם הילד קופץ ומיד זורק את הכדור כלפי מעלה? הניחו שמהירות הקפיצה של הילד היא v_1 ומהירות הזריקה של הכדור v_2 ביחס לילד היא אותו הדבר. הניחו שזריקת הכדור לא משפיעה על הילד.

ב. בטאו את ההעתק של הילד ושל הכדור כפונקציה של הזמן בו הילד זורק את הכדור.

תשובות סופיות:

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

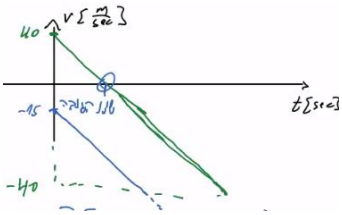
2) א. גוף 1 – כדור: $y_1(t)80+(-15)t-5t^2$, גוף 2 – ריבוע: $y_2(t)=40t-5t^2$.

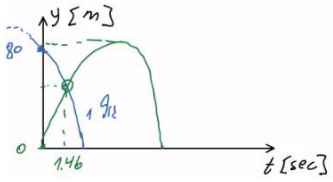
ב. יגיע בדיוק לגובהו. ג. $47.74m$

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

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

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





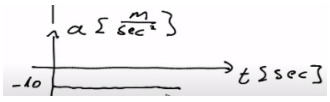
3) א. מקום-זמן: $y(t)=40+30t-5t^2$, מהירות-זמן: $v(t)=30-10t$,

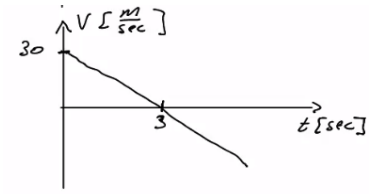
תאוצה-זמן: $a=-10$.

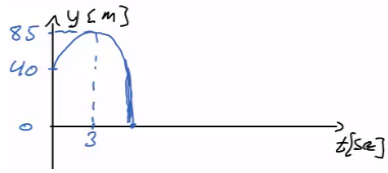
ב.

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

ג. מקום-זמן: מהירות-זמן: תאוצה-זמן:







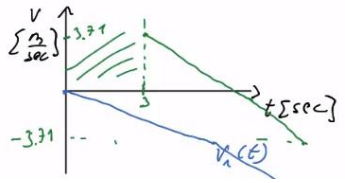
4) א. $t=2sec$ ב. $20m$ ג. $v(t)=-52.9\frac{m}{sec}$

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

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

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

ה. שרטוט:



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

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

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

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

יסודות הפיזיקה א 20113

פרק 6 - תנועה יחסית- לרפרף

תוכן העניינים

1. תנועה יחסית 55

תנועה יחסית:

שאלות:

1) מדרגות נעות

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

א. תוך כמה זמן יגיע לקומה הרצויה?

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

2) מכונית ביחס לאוטובוס

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

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

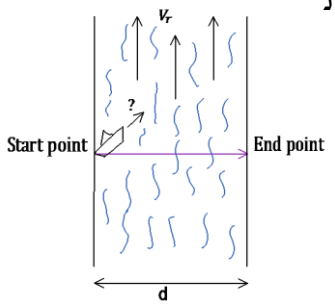
א. מצא את המהירות היחסית בין האוטובוס למכונית.

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

3) גשם על שמשת מכונית

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

4) סירה בנהר



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

א. באיזה כיוון הוא יהיה חייב להשיט את הסירה?

ב. מה מהירות הסירה יחסית לאדמה?

ג. כמה זמן תארך דרכו?

5) כדור נזרק במעלית

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

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

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

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

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

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

6) כדור נזרק במעלית מאיצה

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

ברגע שמהירות המעלית היא $4\frac{m}{sec}$ נזרק מרצפת המעלית כדור כלפי מעלה במהירות התחלתית לא ידועה.
הכדור עובר ליד שעון עצר המחובר למעלית ונמצא בגובה 1 מטר מרצפת המעלית. שעון העצר מופעל ברגע שהכדור חולף לידו בפעם הראשונה ומפסיק ברגע שהכדור חולף לידו בפעם השנייה (בדרכו למטה). השעון מדד זמן של 0.5 שניות.

א. מהו הזמן עד לפגיעת הכדור ברצפת המעלית?

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

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

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

תשובות סופיות:

1) א. $t=30.8\sec$ ב. לא.

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

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

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

5) א. $t=1.36\sec$ ב. $S=2.62m$ ג. $t=1.36\sec$ ד. $S=5.72m$
ה. $v_1=-2.8\frac{m}{sec}$

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

יסודות הפיזיקה א 20113

פרק 7 - תרגילים לחזרה עד לחלק זה

תוכן העניינים

1. תרגילים 58

תרגילים לחזרה עד לחלק זה:

שאלות:

1) חללית ללא טייס

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

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

ב. מצא את הגובה המקסימלי אליו הגיעה החללית.

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

ד. מהי מהירות החללית ברגע פגיעתה בקרקע?

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

ה. מהי המהירות הממוצעת בה צריכים הצופים לרוץ כך שיוכלו להיות במרחק של לפחות 120 מטרים ממקום השיגור?

2) זריקה משופעת קלאסית

כדור נזרק במהירות התחלתית של 20 מטרים לשניה ובזווית של 60 מעלות מעל האופק.

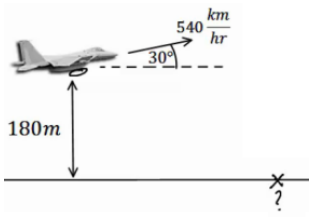
א. מתי יהיה הכדור בשיא הגובה? מהו שיא הגובה? מהי תאוצת הכדור ברגע זה?

ב. מהו המרחק האופקי שבו יפגע הכדור חזרה בקרקע?

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

3) מטוס בשיפוע משחרר פצצה

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



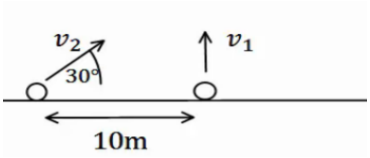
א. היכן תפגע הפצצה בקרקע?

ב. מהו גודל מהירות הפגיעה של הפצצה בקרקע?

ג. מהו כיוון תנועת הפצצה ברגע הפגיעה?

4) שני כדורים – אולי נפגשים

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



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

ב. האם הכדורים נפגשו באוויר?

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

תשובות סופיות:

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

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

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

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

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

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

יסודות הפיזיקה א 20113

פרק 8 - חום והחוק הראשון של התרמודינמיקה

תוכן העניינים

1. חום טמפרטורה ואנרגיה פנימית 60
2. קיבול חום ושיטת הקלורימטריה 61
3. חום כמוס 63
4. החוק הראשון וניתוח תהליכים פשוטים 65
5. קיבול חום של גזים ועקרון החלוקה השווה 70
6. הקשר בין לחץ ונפח בהתפשטות אדיאבטית 71
7. הולכה הסעה וקרינה 74
8. סיכום 77

חום טמפרטורה ואנרגיה פנימית:

סיכום כללי:

הנוסחה	תיאור	הערות
$E_{int}=\frac{3}{2}nRT$	אנרגיה פנימית של גז אידיאלי מונואטומי n - מספר המולים $R=8.314\frac{J}{mol\cdot k}$ T - טמפרטורה בקלווין	האנרגיה הפנימית של הגז תלויה רק בטמפרטורה
$E_{int}=\frac{5}{2}nRT$	עבור גז אידיאלי דו-אטומי	תלויה רק בטמפרטורה

שאלות:

1) דוגמה - שורפים קלוריות

לאיזה גובה צריך לטפס אדם שמסתו 60 ק"ג בשביל לשרוף 100Cal $(100kilocal)$?

תשובות סופיות:

1) 700m

קיבול חום ושיטת הקלורימטריה:

סיכום כללי:

הנוסחה	תיאור	הערות
$Q = mc\Delta T$	c - קיבול חום סגולי ליחידת מסה	

שאלות:

1) דוגמה - מחממים ספל מים

ספל מים שוקל 200 גרם ועשוי מזכוכית.

כמה חום דרוש בשביל לחמם את הספל מטמפרטורת החדר (20^0C) ל- 80^0C אם:

א. הספל ריק ממים.

ב. הספל מכיל 200 גרם מים (הנמצאים גם בטמפרטורת החדר בהתחלה).

2) דוגמה - הקפה מתקרר

מוזגים 200 סמ"ק קפה בטמפרטורה של 90^0C לכוס זכוכית בעלת מסה של 150 גרם הנמצאת בטמפרטורה של 20^0C.

מה תהיה טמפרטורת הקפה בכוס במצב שיווי משקל?

הנח כי המערכת מבודדת בקירוב.

3) דוגמה - מציאת קיבול חום באמצעות קלורימטר

נרצה למצא את קיבול החום של תרכובת מתכות חדשה.

מחממים 100 גרם מהתרכובת ל-$500°C$ ומעבירים אותה במהירות לתוך קלורימטר.

הקלורימטר מורכב ממיכל אלומיניום בעל מסה של $0.200kg$ המכיל $0.500kg$ מים בטמפרטורה של $22.4°C$. הטמפרטורה הסופית הנמדדת על ידי המדחום היא $40.8°C$.

מהו קיבול החום הסגולי של התרכובת?

ניתן להזניח את החום שהולך למדחום והחום שיוצא מהבידוד.

4) תרגיל וניסוי - קומקום מחמם מים

קומקום חשמלי פועל בהספק של 1850 וואט.

כמה זמן ייקח לקומקום לחמם חצי ליטר של מים מטמפרטורה של $22.2°C$ ל-$100°C$?

5) תרגיל וניסוי - קומקום מחמם מים - הפעם עם הקומקום

המשך של התרגיל הראשון, גם הפעם נחמם חצי ליטר מים באותו הקומקום (1850W) אבל הפעם לא נחמם את הקומקום לפני הניסוי ונחשב שוב, כמה זמן ייקח לחמם את המים?

טמפרטורת החדר היא $21.9^\circ C$ מסת הקומקום היא 754 גרם וננית כי הוא עשוי נירוסטה וקיבול החום של נירוסטה הוא: $500\frac{J}{kg\cdot K}$.

תשובות סופיות:

1) א. $10^4 J$ ב. $6\cdot 10^4 J$

2) $81^\circ C$

3) $911\frac{J}{kg\cdot C}$

4) $90\,sec$

5) $100\,sec$

חום כמוס:

סיכום כללי:

הנוסחה	תיאור	הערות
$Q = m \cdot L$	L - החום הכמוס	L_F - חום כמוס להתכה (מעבר ממוצק לנוזל או להיפך) L_V - חום כמוס לרתיחה (מעבר מנוזל לגז או להיפך)

שאלות:

1) דוגמה - קרח במים

מכניסים קוביית קרח בטמפרטורה של $-15°C$ ומסה של 300 גרם לתוך מיכל מים המכיל $1.5kg$ מים בטמפרטורה של $20°C$.
מה תהיה הטמפרטורה הסופית של התערובת?

2) דוגמה - מציאת חום כמוס של כספית

לוקחים $1kg$ כספית הנמצאת במצב מוצק ובטמפרטורת ההתכה שלה, $-39°C$.
מניחים את הכספית בתוך קלורימטר המורכב ממיכל אלומיניום במסה של $0.40kg$ ומכיל $0.47kg$ מים בטמפרטורה של $20°C$.
הכספית מותכת והטמפרטורה הסופית של התערובת היא $12°C$.
מהו החום הכמוס הסגולי הדרוש להתכת כספית?
קיבול החום הסגולי של כספית במצב הנוזלי הוא: $c = 140\frac{J}{kg \cdot C°}$.

3) תרגיל וניסוי - מתי יגמרו המים בסיר

מחממים $400ml$ מים על הגז בסיר נירוסטה שמשקלו 177 גרם.
מודדים את טמפרטורת המים פעם אחת ורואים שהיא $60.0°C$.
16.68 שניות לאחר מכן הטמפרטורה היא $63.3°C$.

א. מהו קצב מעבר החום למים?

מחממים את המים עד לנקודת הרתיחה $100°C$.

ב. כמה זמן ייקח לכל המים בסיר להפוך לאדים?

4) רוכב אופניים

רוכב אופניים שותה 7 ליטר מים במהלך רכיבה של 3 שעות.
נניח כי בקירוב כל האנרגיה של הרוכב הולכת לאידוי המים דרך זיעה.
כמה אנרגיה בקילו-קלוריות השתמש הרוכב בנסיעה?
(מכיוון שהיעילות של הגוף היא בערך 20% ההערכה שכל האנרגיה הולכת לחום היא לא רחוקה).

5) ברזל בקלורימטר

מחממים חתיכה של 300 גרם ברזל ל-180 מעלות צלזיוס ושמים אותה בקלורימטר העשוי ממיכל אלומיניום בעל מסה של 90 גרם שמכיל 285 גרם גליצרין ב-12 מעלות צלזיוס. הטמפרטורה הסופית של התערובת היא 38 מעלות צלזיוס.
הערך מהו קיבול החום הסגולי של גליצרין.

תשובות סופיות:

1) $2°C$

2) $11\frac{kJ}{kg}$

3) א. $300\frac{J}{sec}$ ב. בערך 40 דקות.

4) $4500kcal$

5) $2.3\cdot10^3\frac{J}{kg\cdot C°}$

החוק הראשון וניתוח תהליכים פשוטים:

סיכום כללי:

הנוסחה	תיאור	הערות
$\Delta E_{int} = Q - W$	החוק הראשון	חום היא אנרגיה שעוברת רק בגלל הפרשי טמפרטורות. עבודה היא אנרגיה שעוברת מכל סיבה אחרת. אם המערכת מבצעת עבודה אז W יהיה חיובי ואם מתבצעת עבודה על המערכת אז W יהיה שלילי. אם חום נכנס למערכת אז Q חיובי ואם חום יוצא מהמערכת אז Q שלילי.
$\Delta U + \Delta E_k + \Delta E_{int} = Q - W$	חוק ראשון נוסחה מורחבת	כולל אנרגיה קינטית ופוטנציאלית של כל המערכת כגוף אחד (או של מרכז המסה שלה). בדרך מתייחס למערכות מכניות כמו גופים קשיחים (אבן שנזרקת לדוגמה).
תהליך איזותרמי - טמפרטורה קבועה	$T = const$, $Q = W$, $\Delta E_{int} = 0$	מתרחש כאשר המערכת צמודה למאגר חום גדול והתהליך הוא קווזיסטטי (מאוד איטי).
תהליך אדיאבטי - $Q = 0$	$\Delta E_{int} = W$	מתרחש אם המערכת מבודדת או אם התהליך מהיר והחום לא מספיק לעבור.
תהליך איזוברי (לחץ קבוע) ואיזוכורי (נפח קבוע)		
$W = \int P\,dV$	W - עבודה שמבצעת המערכת על הסביבה P - לחץ V - נפח	חיובי כאשר הנפח גדל ושלילי כאשר הנפח קטן הנוסחה נכונה לגזים, נוזלים ולמוצקים
התפשטות חופשית - (free expansion)	תהליך שבו גז מתפשט במרחב בצורה אדיאבטית ומבלי לעשות עבודה.	אי אפשר לצייר התפשטות חופשית בדיאגרמת P-V מכיוון שמשתני המצב לא מוגדרים במהלך ההתפשטות.

שאלות:

1) דוגמה - חוק ראשון

מוסיפים למערכת 1500J של חום ועושים על המערכת עבודה של 1000J.
מה השינוי באנרגיה הפנימית של המערכת?

2) דוגמה - אנרגיה קינטית לחום

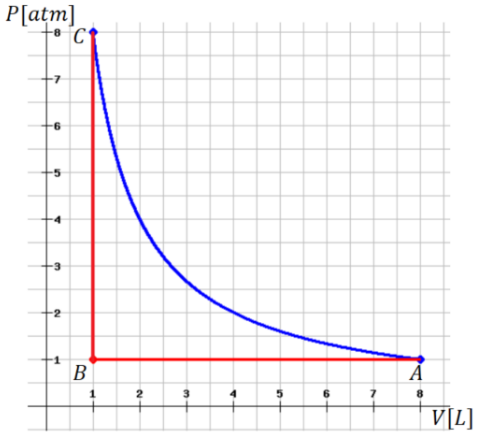
קליע במסה של 3.0 גרם חודר לתוך עץ במהירות של 300 מטר לשניה.
כמה חום נוסף למערכת קליע ועץ?

3) דוגמה - חישוב חום בתהליך איזוברי ואיזוכורי

גז אידיאלי מתחיל מהמצב המתואר בנקודה A בגרף.
דוחסים את הגז בתהליך איזוברי עד לנקודה B ולאחר מכן מחממים את הגז בתהליך איזוכורי עד לנקודה C.
הגרף המחבר בין A ל-C הוא גרף איזותרמי.

א. מהי העבודה הכוללת שנעשתה בכל התהליך A עד C?

ב. מהו החום שנוסף לגז בכל התהליך?



4) דוגמה - עבודה של גז במנוע

במנוע 0.4 מול של גז אידיאלי מונואטומי מתרחבים במהירות ובצורה אדיאבטית כנגד הבוכנה. בתהליך, הטמפרטורה של הגז יורדת מ- 1100K ל- 400K.
כמה עבודה ביצע הגז?

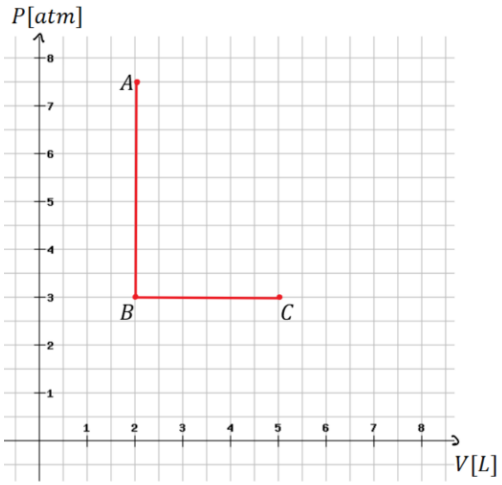
5) מכונית בולמת

מכונית במשקל 1300 ק״ג נוסעת במהירות 80 קמ״ש.
כמה חום נוצר במהלך הבלימה עד לעצירה מוחלטת?
רשמו את התשובה בגאול ובקילו קלוריות.

6) תהליך נפח קבוע ולחץ קבוע

גז אידיאלי עובר תהליך המורכב משני שלבים.
בשלב הראשון, AB בגרף, מאפשרים לחום לצאת מהגז תוך שמירה על נפח קבוע.
כתוצאה מכך הלחץ של הגז יורד מ-7.5atm ל- 3atm.
בשלב השני, BC הגז מתרחב בלחץ קבוע מנפח 2.0L לנפח 5.0L ובכך חוזר לטמפרטורה שהייתה לו בתחילת כל התהליך.
חשבו את :

א. העבודה הכוללת שנעשתה על ידי הגז בתהליך.
ב. השינוי באנרגיה הפנימית של הגז.
ג. כמות החום הכוללת שיצאה או נכנסה לגז.



7) גז מתפשט איזותרמית

1.50 מולים של גז אידאלי בנפח $2.50m^3$ ובטמפרטורה 280°K מתפשטים איזותרמית עד לנפח $5.00m^3$.

א. מהי העבודה שעושה הגז?
ב. מהו השינוי באנרגיה הפנימית של הגז?
ג. מהו החום שנוסף לגז?

8) גז מתפשט אדיאבטית

שניים וחצי מולים של גז אידיאלי מונואטומי מתפשטים אדיאבטית ומבצעים $1.3 \cdot 10^4$ J של עבודה בתהליך.
מהו השינוי בטמפרטורה של הגז במהלך ההתפשטות?

9) גז בתהליך ריבועי*

גז אידיאלי עובר תהליך כפי שמתואר באיור, התהליך מתחיל במצב A ועושה סיבוב שלם עם השעון עד לחזרה למצב A.

בתהליך אחר שבו הגז עבר מהנקודה D לנקודה C בלחץ קבוע ידוע כי: $W_{D\to C} = 38J$.

בתהליך שלישי שהתרחש מהנקודה B לנקודה D ידוע כי: $Q_{B\to D} = -85J$ ו- $W_{B\to D} = -55J$ (סוג התהליך לא ידוע).

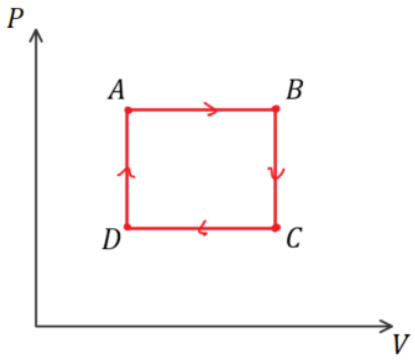
כמו כן ידוע כי: $E_B - E_A = 15J$ ו- $P_A = 2.2P_D$.

כל התהליכים התרכשו על אותו הגז.

א. תאר במילים כל שלב בתהליך הראשי, מהו סוג התהליך, האם נעשתה עבודה, האם האנרגיה הפנימית גדלה או קטנה, האם נכנס או יצא חום מהמערכת?

ב. מהי העבודה הכוללת שנעשתה על ידי הגז?

ג. מהי הנצילות של התהליך?
נצילות היא העבודה הכוללת שנעשתה חלקי החום שהושקע (כלומר נכנס לגז), כפול 100%.



תשובות סופיות:

1) 2500J

2) 135J

3) א. –710J ב. 710J

4) 3500J

5) $Q = 3.2 \cdot 10^5 J = 77kcal$

6) א. 910J ב. 0 ג. 910J

7) א. 2420J ב. 0 ג. 2420J

8) –0.042°K

9) א. $A \rightarrow B$ - תהליך בלחץ קבוע, הגז עושה עבודה על הסביבה, האנרגיה הפנימית גדלה, נכנס חום למערכת.

$B \rightarrow C$ - תהליך בנפח קבוע, לא נעשית עבודה, האנרגיה הפנימית קטנה, חום יוצא מהמערכת.

$C \rightarrow D$ - תהליך בלחץ קבוע, נעשית עבודה על הגז, האנרגיה הפנימית קטנה, חום יוצא מהמערכת.

$D \rightarrow A$ - תהליך בנפח קבוע, לא נעשית עבודה, האנרגיה הפנימית גדלה, חם נכנס למערכת. ב. 46J ג. 40%

קיבול חום של גזים ועקרון החלוקה השווה:

סיכום כללי:

הנוסחה	תיאור	הערות
$Q_V = nC_V\Delta T$ $Q_P = nC_P\Delta T$	Q_P/Q_V- כמות החום שעוברת בתהליך בנפח/לחץ קבוע. C_P/C_V - קיבול חום בנפח/לחץ קבוע (למול)	
$C_V = m_{mol}c_V$ $C_P = m_{mol}c_P$	m_{mol}- מסה מולרית. c_P/c_V - קיבול חום בנפח/לחץ קבוע (ליחידת מסה)	
$C_P - C_V = R$	ההפרש בין קיבול החום בלחץ קבוע לקיבול החום בנפח קבוע תמיד שווה לקבוע R	

שאלות:

1) אנשים מחממים אולם קולנוע

אולם קולנוע מכיל 1800 מקומות ישיבה. נפח האולם הוא: $2.0 \cdot 10^4 m^3$.

בערב הבכורה של הסרט "תרגיל חם" האולם היה מלא ומערכת האוורור התקלקלה. בכמה מעלות תעלה הטמפרטורה במשך השעתיים של הקרנת הסרט אם אדם ממוצע פולט חום בקצב של 70 וואט.

הנח שהאוויר הוא גז אידיאלי דואטומי וטמפרטורת החדר היא בערך $20°C$.

2) לחץ לינארי בטמפרטורה*

גז אידיאלי דו אטומי מכיל 3.00 מולים בלחץ של 1.00atm ובטמפרטורה של $430°K$.

הגז עובר תהליך שבו הלחץ שלו גדל לינארית עם הטמפרטורה.

הטמפרטורה הסופית היא $680°K$ והלחץ הסופי הוא 1.80atm.

הנח שבכל התהליך יש 5 דרגות חופש פעילות.

א. מהו השינוי באנרגיה הפנימית של הגז?

ב. מהי העבודה שנעשתה על ידי הגז?

ג. החום שנוסף לגז?

תשובות סופיות:

1) $53°C$

2) א. 15600J ב. –1720J ג. 13900J

הקשר בין לחץ ונפח בהתפשטות אדיאבטית:

סיכום כללי:

הנוסחה	תיאור	הערות
$P \cdot V^{\gamma} = const$	הקשר בין לחץ ונפח בתהליך אדיאבטי קווזיסטטי	

שאלות:

1) דוגמה - מכווצים גז אדיאבטית ואיזותרמית

גז אידיאלי מונואטומי עובר תהליך כפי שמתואר בגרף.

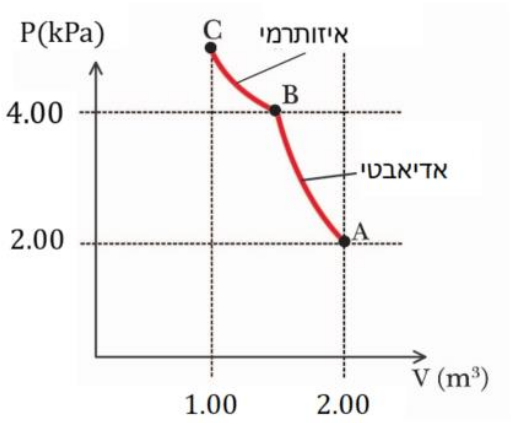
התהליך מתחיל מהמצב A והגז עובר כיווץ אדיאבטי עד למצב B ומשם הוא מכווץ איזותרמית עד לנקודה C.

נתון: $P_A = 2.00kPa\ ,\ V_A = 2.00m^3,\ \ P_B = 4.00\ kPa\ ,\ V_C = 1.00m^3$.

V_B ו-P_C אינם ידועים.

א. מצא את V_B.

ב. מהי העבודה הכוללת שנעשתה על הגז בתהליך?



2) לחץ וטמפרטורה בהתפשטות אדיאבטית

1.00mol של גז מונואטומי אידיאלי בלחץ של 1.00atm ובטמפרטורה של 20°C מתפשט אדיאבטית לנפח הגדול פי 2.25 מנפחו בהתחלה.

מהם הלחץ והטמפרטורה הסופיים של הגז?

3) גז דו אטומי מתפשט אדיאבטית

גז דו-אטומי מתפשט אדיאבטית.

הטמפרטורה בהתחלה היא 15°C והטמפרטורה בסוף היא −25°C.

הנפח בהתחלה הוא: $0.036m^3$.

מהו נפח הגז בסוף התהליך?

4) גז עובר תהליך בשלושה שלבים

1.00mol של גז אידיאלי מונואטומי שנמצא בלחץ 1.00atm עובר את התהליך הבא:

שלב 1 - הגז מתפשט אדיאבטית מ- $T_A = 578°K$ עד ל- $T_B = 388°K$.

שלב 2 - הגז נדחס בלחץ קבוע עד שהטמפרטורה שלו מגיעה ל- T_C.

שלב 3 - הגז חוזר לטמפרטורה והלחץ הראשונים שלו בתהליך של נפח קבוע.

א. שרטטו את התהליך בדיאגרמת $P-V$.

ב. מהו T_C?

ג. חשבו את השינוי באנרגיה הפנימית, את העבודה שביצע הגז ואת החום שנוסף לגז בכל שלב בנפרד ובתהליך כולו.

5) צבר אוויר עולה בגובה **

צבר אוויר הוא אוסף של מולקולות בעלי משתני מצב אחידים (לחץ וטמפ').
כשצבר אוויר עולה בגובה הוא משנה את הלחץ שלו בהתאם ללחץ של האוויר מסביבו, ולפי הנוסחה: $\frac{dP}{dy} = -\rho g$.

כאשר ρ הוא צפיפות המסה של הצבר והוא תלוי בגובה.
במהלך התנועה כלפי מעלה, הנפח גדל, ומכיוון שאוויר הוא מוליך חום גרוע אפשר להניח שההתפשטות היא אדיאבטית.

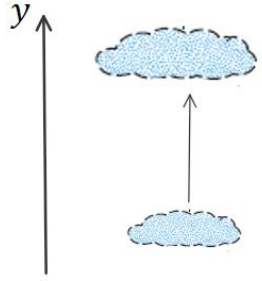
א. הראה שעבור גז אידיאלי שעובר תהליך אדיאבטי: $P^{1-\gamma}T^{\gamma} = const$

ב. הראה כי הקשר בין הלחץ לטמפרטורה של הצבר נתון לפי הנוסחה: $(1-\gamma)(-\rho g) + \gamma\frac{P}{T}\frac{dT}{dy} = 0$.

ג. הראה כי התלות של הטמפרטורה בגובה היא: $\frac{dT}{dy} = \frac{1-\gamma}{\gamma}\frac{mg}{k}$,
כאשר m היא מסה ממוצעת של מולקולה ו-k הוא קבוע בולצמן.

ד. בהינתן שאוויר הוא גז דו אטומי עם מסה ממוצעת של 29u,
הראה ש- $\frac{dT}{dy} = -9.8\,°C/k$.

ה. בקליפורניה ישנם רוחות שמגיעות מההרים של מדבר סיירה בנבדה.
גובה ההרים הוא כ-4000m. הרוחות מגיעות לעמק המוות שגובהו $-100m$,
ביחס לפני הים. אם טמפרטורת הרוח היא $-5°C$ בהרים של נוודה מה תהיה הטמפרטורה של הרוח בעמק?

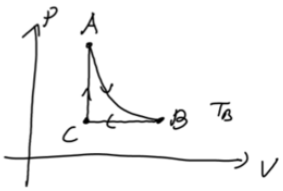


תשובות סופיות:

1) א. $1.32\cdot m^3$ ב. $3.4\cdot 10^3 J$

2) $P = 0.258atm\ ,\ T = -103°C$

3) $0.052m^3$

4) א. 

ב. $214°K$

ג. שלב AB: $Q = 0\ ,\ \Delta Eint = -2370J\ ,\ W = 2370J$

שלב BC: $Q = -2170J\ ,\ \Delta Eint = -2170J\ ,\ W = -1450J$

שלב CA: $Q = 3030J = \Delta Eint\ ,\ W = 0$

כל התהליך: $Q = 920J\ ,\ \Delta Eint = 0\ ,\ W = 920J$

5) א. הוכחה. ב. הוכחה. ג. הוכחה. ד. הוכחה. ה. $35°C$

הולכה הסעה וקרינה:

סיכום כללי:

הנוסחה	תיאור	הערות
$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = kA\frac{(T_1 - T_2)}{l}$	$\frac{\Delta Q}{\Delta t}$ - קצב הולכת חום k - מוליכות תרמית - תלוי בסוג החומר, מופיע בטבלה. A - שטח חתך. l - אורך.	אם אחד מהמשתנים אינו קבוע אז עוברים לנוסחה דיפרנציאלית $\frac{dQ}{dt} = -kA\frac{dT}{dx}$ המינוס בנוסחה אומר שקצב הולכת החום הוא בכיוון הפוך לגרדיאנט הטמפרטורה (כלומר קצב הולכת החום הוא מהטמפרטורה הגבוהה לנמוכה)
$R = \frac{l}{k}$	R- value	R גבוה אומר מבודד טוב. לשים לב ש-R תלוי גם באורך של החומר ולא רק בסוג.
$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \varepsilon\sigma AT^4$	משוואת סטפן בולצמן - קצב החום הנפלט מגוף ע"י קרינה. $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8}\frac{W}{m^2 \cdot K^4}$ קבוע סטפן בולצמן. T - הטמפרטורה של הגוף הפולט. ε - קירון (אמיסיביות) $0 < \varepsilon < 1$	שימו לב שהקצב תלוי בטמפרטורה ברביעית. ε - תכונה של פני הגוף שקורן בגופים שחורים (לדוגמה פחם) $\varepsilon \approx 1$, במתכות מבריקות $\varepsilon \approx 0$.
$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \varepsilon\sigma AT_2^4$	קצב קליטה של קרינה. T_2 - הטמפרטורה של הסביבה.	האמיסיביות זהה לקליטה ופליטה. הקצב של קליטה קשור לטמפרטורה של הסביבה ברביעית.
$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \varepsilon\sigma A(T_1^4 - T_2^4)$	הנטו של קצב פליטת הקרינה (פליטה פחות קליטה) T_1 - הטמפרטורה של הגוף הפולט. T_2 - הטמפרטורה של הסביבה.	
$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \left(1000\frac{W}{m^2 \cdot s}\right)\varepsilon A\cos\theta$	כמות החום שסופג גוף כתוצאה מקרינת השמש ביום בהיר	הקבוע הסולרי $1350\frac{W}{m^2 \cdot s}$ האטמוספירה יכולה לספוג עד 70% מהקרינה. ביום בהיר הקבוע בערך $1000\frac{W}{m^2 \cdot s}$

שאלות:

1) דוגמה - איבוד חום דרך חלונות בבית

מקור רציני לאיבוד החום בבית הוא דרך החלונות.

חשבו את קצב איבוד החום דרך חלון זכוכית בגודל $1.0\text{m} \times 1.5\text{m}$ ועובי 2.8mm

אם הטמפרטורה בצד הפנימי של החלון היא $18°\text{C}$ ובצד החיצוני היא $17°\text{C}$.

2) דוגמה - קירור באמצעות קרינה

אדם יושב בחדר לובש בגד ים בלבד.

הקירות של החדר נמצאים בטמפרטורה של $15°\text{C}$.

הערך את כמות החום שהאדם מאבד כתוצאה מקרינה.

הנח שטמפרטורת העור היא בערך $34°\text{C}$ ו-$\varepsilon = 0.70$.

שטח הפנים של האדם שבמגע עם האוויר הוא: 1.5m^2.

3) דוגמה - הערך את הרדיוס של הכוכב ביטלגוס

כוכב הענק ביטלג'וס פולט קרינה בקצב שהוא פי 10^4 גדול מהקצב של השמש שלנו.

הטמפרטורה על פני הכוכב ביטלג'וס היא בערך חצי מזו של השמש.

הערך את הרדיוס של הכוכב אם $\varepsilon = 1$ עבור השמש וביטלג'וס ורדיוס השמש הוא: $R_s = 7 \cdot 10^8\text{m}$. הנוסחה לשטח פני כדור היא: $4\pi R^2$.

4) מוט נחושת עם טמפרטורות שונות בקצוות

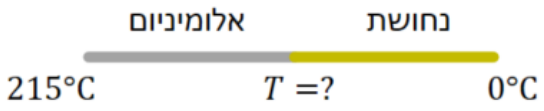
מוט נחושת באורך של 42c.m וקוטר 2.6c.m מוחזק בצד אחד בטמפרטורה של $320°\text{C}$ ובצידו השני המוט טבול במים בטמפרטורה של $20°\text{C}$.

חשבו את קצב מעבר החום במוט.

5) מוט נחושת מחובר למוט אלומיניום

מוט נחושת מחובר בקצה למוט אלומיניום, שני המוטות בעלי אותו שטח חתך ואותו האורך. הקצה השני של האלומיניום נמצא בתוך תנור בטמפרטורה קבועה של $215°\text{C}$ והקצה השני של הנחושת נמצא בתוך קרח בטמפרטורה קבועה של $0°\text{C}$.

חשבו את הטמפרטורה בנקודת החיבור של המוטות.



6) קרח נמס בצידנית

צידנית בגודל $20c.m \times 30c.m \times 50c.m$ עשויה מקלקר.

הקירות של הצידנית הן בעובי $1.5c.m$. ממלאים את הצידנית בקרח ב-$0°C$.
כמה זמן ייקח לקרח להתמוסס אם הצידנית נמצאת בחדר בו הטמפרטורה היא $32°C$?

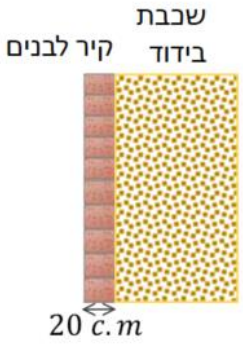
המוליכות התרמית של קלקר היא: $0.033\frac{W}{m\cdot k}$ והצפיפות של קרח היא: $9.17\cdot 10^2\frac{kg}{m^3}$.

7) קרח נמס בשמש

כמה זמן לוקח לשמש להמיס קוביית קרח ביום בהיר אם הקרח נמצא בטמפרטורה של $0°C$ וצורתו היא משטח ישר בגודל $1.0m^2$ ובעובי $1.0c.m$.

הנח שהזווית של הקרניים עם האנך למשטח היא $30°$ והאמסיביות של הקרח היא 0.050.

8) איבוד חום דרך קיר עם שכבת בידוד



בידוד של קיר מורכב משכבה של לבנים ברוחב של $20c.m$

שצמודה לשכבת בידוד נוספת בעלת: $R\text{-value}=3\frac{m^2\cdot s\cdot C°}{J}$.

מהו קצב החום המועבר אם השטח של הקיר הוא $15m^2$
והפרש הטמפרטורות הוא $30°C$.

תשובות סופיות:

1) $450\frac{J}{sec}$
2) $120\frac{J}{sec}$
3) $2.8\cdot 10^{11}m$
4) $140\frac{J}{sec}$
5) $74°C$
6) בערך 58 שעות.
7) בערך 20 שעות.
8) $140\frac{J}{sec}$

סיכום:

טבלאות:

קיבול חום סגולי (Specific Heats) (ב 1 atm ו- 20°C אלא אם מצוין אחרת)		
Substance	Specific Heat,c kcal/kg · C⁰ (= cal/g · C⁰)	J/kg · C⁰
Aluminum	0.22	900
Alcohol(ryhyl)	0.58	2400
Copper	0.093	390
Glass	0.20	840
Iron or steel	0.11	450
Lead	0.031	130
Marble	0.21	860
Mercury	0.033	140
Silver	0.056	230
Wood	0.4	1700
Water		
Ice (-5⁰C)	0.50	2100
Liquid (15⁰C)	1.00	4186
Steam (110⁰C)	0.48	2010
Human body (average)	0.83	3470
Protein	0.4	1700

חום כמוס (בלחץ של 1 atm)						
Substance	Melting Point (⁰C)	Heat of Fusion kcal/kg⁺	kJ/kg	Boiling Point (⁰C)	Heat of Vaporization kcal/kg⁺	kJ/kg
Oxygen	-218.8	3.3	14	-183	51	210
Nitrogen	-210.0	6.1	26	-195.8	48	200
Ethyl alcohol	-114	25	104	78	204	850
Ammonia	-117	8.0	33	-33.4	33	137
Water	0	79.7	333	100	539	2260
Lead	327	5.9	25	1750	208	870
Silver	961	21	88	2193	558	2300
Iron	1808	69.1	289	3023	1520	6340
Tungsten	3410	44	184	5900	1150	4800

קיבול חום של גזים ב 15°C						
Gas	Specific heats $(kcal/\text{kg}\cdot K)$		Molar specific heats $(cal/mol\cdot K)$		$C_V - C_P$ $(cal/mol\cdot K)$	$\gamma = \frac{C_P}{C_V}$
	c_V	c_P	C_V	C_P		
Monoatomic						
He	0.75	1.15	2.98	4.97	1.99	1.67
Ne	0.148	0.246	2.98	4.97	1.99	1.67
Diatomic						
N_2	0.177	0.248	4.96	6.95	1.99	1.40
O_2	0.155	0.218	5.04	7.03	2.00	1.40
Triatomic						
CO_2	0.153	0.199	6.80	8.82	2.03	1.30
H_2O (100°C)	0.350	0.482	6.20	8.20	2.00	1.32

מוליכויות תרמיות

Substance	Thermal Conductivity,k kcal (s.m.C°)	J (s.m.C°)
Silver	10×10^{-2}	420
Copper	9.2×10^{-2}	380
Aluminum	5.0×10^{-2}	200
Steel	1.1×10^{-2}	40
Ice	5×10^{-4}	2
Glass	2.0×10^{-4}	0.84
Brick	2.0×10^{-4}	0.84
Concrete	2.0×10^{-4}	0.84
Water	1.4×10^{-4}	0.56
Human tissue	0.5×10^{-4}	0.2
Wood	0.3×10^{-4}	0.1
Fiberglass	0.12×10^{-4}	0.048
Cork	01×10^{-4}	0.042
Wood	0.1×10^{-4}	0.040
Goose down	0.06×10^{-4}	0.025
Polyurethane	0.06×10^{-4}	0.024
Air	0.055×10^{-4}	0.023

יסודות הפיזיקה א 20113

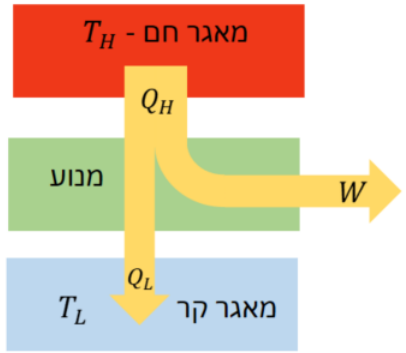
פרק 9 - החוק השני של התרמודינמיקה

תוכן העניינים

1. הקדמה לחוק השני של התרמודינמיקה ומנועי חום 79
2. תהליכים הפיכים ובלתי הפיכים ומנוע קרנו 82
3. מקררים מזגנים ומשאבות חום 85
4. אנטרופיה 87
5. סיכום ..... (ללא ספר)
6. פרשנות סטטיסטית לאנטרופיה והחוק השני 91

הקדמה לחוק השני של התרמודינמיקה ומנועי חום:

סיכום כללי:

הנוסחה	תיאור	הערות
 $Q_H = W + Q_L$	Q_H - כמות החום שיוצאת מהמאגר החם. Q_L - כמות החום שנכנסת אל המאגר הקר. W - העבודה שהמנוע מבצע על הסביבה.	שימו לב לסימנים! כל הסימנים חיוביים! T_H ו-T_L נקראות טמפרטורות העבודה
$\eta = \frac{W}{Q_H} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H}$		

שאלות:

1) דוגמה - נצילות של מנוע מכונית

למנוע של מכונית יש נצילות של 20%. המנוע מפיק 25kJ של עבודה כל שניה.

א. כמה חום דרוש להכניס למנוע כל שניה?

ב. כמה חום נפלט מהמנוע כל שניה?

2) חישוב נצילות של מנוע חום

מנוע חום פולט 6900J של חום כאשר הוא מבצע עבודה של 2300J.

מה הנצילות של המנוע באחוזים?

3) חום שפולטת תחנת כוח

תחנת כוח מייצרת 560MW של הספק חשמלי.

העריכו את החום שנפלט כל שניה אם הנצילות של התחנה היא 35%.

4) מנוע 6 צילינדרים

למנוע עם 6 צילינדרים של אוטו יש נצילות של 24%. המנוע מספק 180J של עבודה בכל מחזור עבור כל צילינדר. המנוע עושה 25 מחזורים בשניה.

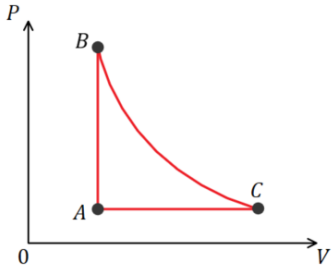
א. מהי העבודה הכוללת שמבצע המנוע בשניה?

ב. מהו החום שנוצר משריפת הדלק כל שניה?

ג. אם האנרגיה הנוצרת מדלק היא 32MJ לליטר, לכמה זמן מחזיק מיכל דלק מלא המכיל 40 ליטר דלק?

5) מנוע הפיך עם גז ארגון

מנוע הפיך מכיל 1.00mol של גז ארגון, גז מונואטומי כמעט אידיאלי.



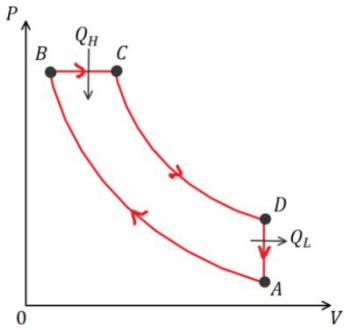
התהליך שעובר המנוע מתואר באיור כאשר הגז בהתחלה בנקודה A ב-STP. הנקודות B ו-C נמצאות על עקומה איזותרמית בטמפרטורה $T = 433K$.

התהליך AB הוא תהליך בנפח קבוע והתהליך AC הוא תהליך בלחץ קבוע.

א. האם המנוע מבצע את התהליך באיור עם כיוון השעון או נגד השעון?

ב. מהי הנצילות של המנוע?

6) מנוע בנזין אידיאלי



אפשר לתאר את הפעולה של מנוע דיזל בקירוב על ידי התהליך המחזורי באיור.

אוויר נשאב לצילינדר בפעימת יניקה (לא חלק מהמחזור באיור).

האוויר נדחס אדיאבטית, שלב AB.

בנקודה B דלק דיזל מוזרק לתוך הצילינדר.

הדלק נשרף ישר כי הטמפרטורה מאוד גבוהה.

הבעירה היא יחסית איטית ובמהלך החלק הראשון של פעימת העבודה הגז מתפשט כמעט בנפח קבוע, שלב BC.

בשלב השני של פעימת העבודה, אחרי שהבעירה מסתיימת, הגז מתפשט אדיאבטית, שלב CD.

שלב DA מתאר את פעימת הפליטה.

א. הראה שעבור מנוע שעובר את התהליך הנ"ל עם גז אידיאלי הנצילות האידיאלית היא: $\eta = 1 - \frac{(V_A/V_c)^{-\gamma} - (V_A/V_B)^{-\gamma}}{\gamma[(V_A/V_c)^{-1} - (V_A/V_B)^{-1}]}$.

V_A/V_B נקרא יחס הדחיסה ו-V_A/V_c נקרא יחס התרחבות "expansion ratio".

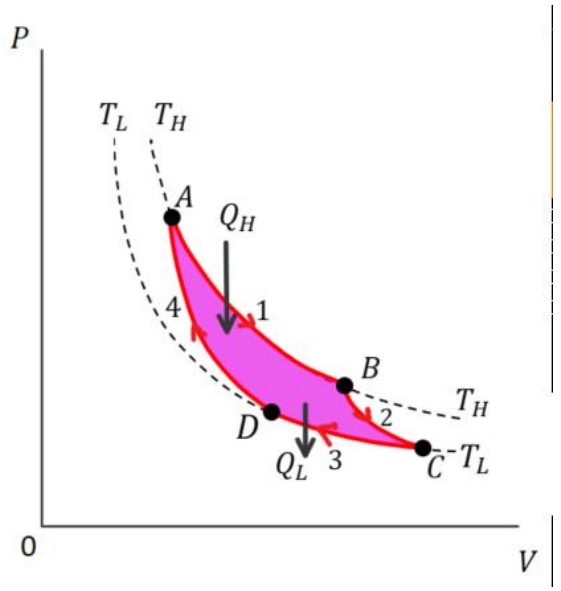
ב. חשב את הנצילות אם הגז הוא דו אטומי, $V_A/V_B = 16$ ו-$V_A/V_c = 4.5$.

תשובות סופיות:

1) א. 125kJ ב. 100kJ
2) 25%
3) 1000J
4) א. 27000J ב. 110000J ג. 3.2hr
5) א. עם השעון. ב. 9%
6) א. הוכחה. ב. 55%

תהליכים הפיכים ובלתי הפיכים ומנוע קרנו:

סיכום כללי:

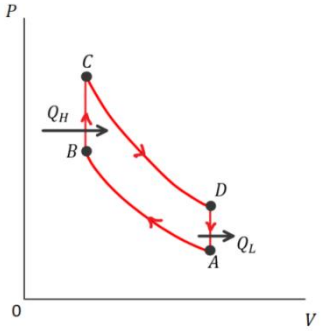
הנוסחה	תיאור	הערות
	מחזור קרנו	השטח שסגור בתוך הלולאה שווה לעבודה נטו שנעשית על ידי המנוע. מורכב מתהליכים הפיכים ולכן לא קיים במציאות, ניתן רק לשאוף אליו.
$\eta_{\text{קרנו}} = 1 - \frac{T_L}{T_H}$	נצילות במנוע קרנו	נקראת גם נצילות אידיאלית או מקסימאלית

שאלות:

1) דוגמה - טענה לא הגיונית

יצרן רכב טוען כי במנוע שייצר קצב הכניסה של החום הוא 9.1kJ בטמפרטורה של 162°C וקצב הפליטה של החום הוא 4.1kJ בטמפרטורה של 22°C.
האם אתם מאמינים ליצרן?

2) דוגמה - נצילות של מנוע בעירה



המחזור של מנוע בעירה מתואר באיור.
הניחו שחומר העבודה הוא גז אידיאלי.

א. הראו כי הנצילות של המנוע היא: $\eta = 1 - \left(\frac{V_A}{V_B}\right)^{1-\gamma}$.

ב. חשבו את הנצילות של המנוע אם יחס הדחיסה הוא: $\frac{V_A}{V_B} = 7.0$ והגז הוא דואטומי בדומה ל-O_2 או N_2.

3) מנוע חום עם חנקן נוזלי

זה לא הכרחי שהמאגר החם של מנוע חום יהיה יותר חם מהסביבה. חנקן נוזלי זול בערך כמו בקבוק מים והטמפרטורה שלו היא בערך $77K$.
מה תהיה הנצילות המקסימאלית של מנוע הפועל בין הטמפרטורה של חנקן נוזלי לטמפרטורת החדר $293K$?

4) מנוע 1100W

מנוע קרנו פועל בטמפרטורות $190°C$ ו- $25°C$. ההספק של המנוע הוא $1100W$.
כמה חום פולט המנוע כל שניה?

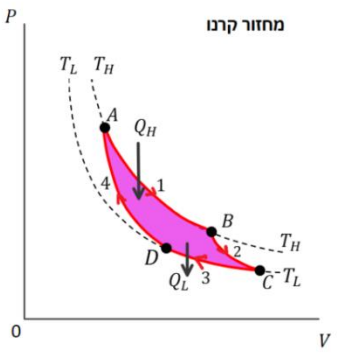
5) מטפס הרים

הניחו שאדם ששוקל $70kg$ צריך $4.3 \cdot 10^3 kcal$ של אנרגיה בשביל יום אחד של פעילות.
העריכו את הגובה המקסימאלי שאותו אדם יכול לטפס על הר עם כמות זו של אנרגיה.
כהערכה גסה אפשר להתייחס לאדם כמנוע הפועל בין טמפרטורות הגוף $37°C$ לטמפרטורת הסביבה $20°C$.

6) טמפרטורת עבודה בנסיעה

מכונית מייצרת עבודה בקצב של בערך $7\frac{kJ}{sec}$ כאשר היא נוסעת במהירות קבועה של $25\frac{m}{sec}$ בכביש אופקי, זוהי עבודה כנגד כוח החיכוך.
המכונית יכולה לנסוע $14km$ לכל ליטר דלק.
מה הערך המינימלי של T_H אם $T_L = 25°C$ והאנרגיה הזמינה מליטר אחד של דלק היא: $3.2 \cdot 10^7 J$?

7) חישובים במחזור קרנו



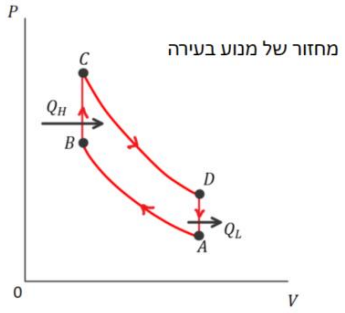
מול אחד של גז מונואטומי עובר תהליך של מחזור קרנו,
כאשר $T_H = 380°C$ ו- $T_L = 180°C$.
הלחץ ההתחלתי הוא $7.8atm$.
במהלך ההתרחבות האיזותרמית הנפח מוכפל.

א. מהם הלחץ והנפח בנקודות: A, B, C, D?
ב. מצאו את Q , W ו-ΔE_{int} עבור כל שלב בתהליך.
ג. חשבו את הנצילות של המנוע באמצעות המשוואות: $\eta = 1 - \frac{Q_L}{Q_H}$ ו- $\eta = 1 - \frac{T_L}{T_H}$.

8) יחס דחיסה במנוע בעירה

במנוע שמתנהג בקירוב כמו המחזור של מנוע בעירה הדלק מוצת בסוף שלב הדחיסה האדיאבטית.

טמפרטורת ההצתה של דלק מסוג אוקטן 95 היא $280^\circ C$ ובהנחה שחומר העבודה הוא גז שמגיע מהאוויר (דו אטומי בטמפרטורה $25^\circ C$) קבעו מהו יחס הדחיסה המירבי $\frac{V_A}{V_B}$.



תשובות סופיות:

1) לא.

2) א. הוכחה. ב. 54%

3) 74%

4) 5000J

5) 1400m

6) $400^\circ K$

7) א. $P_A = 7.9\cdot10^5 Pa$, $V_A = 0.69\cdot10^{-2} m^3$, $P_B = 4\cdot10^5 Pa$, $V_B = 1.4\cdot10^{-2} m^3$, $P_C = 1.6\cdot10^5 Pa$, $V_C = 2.4\cdot10^{-2} m^3$, $P_D = 3.2\cdot10^5 Pa$, $V_D = 1.2\cdot10^{-2} m^3$

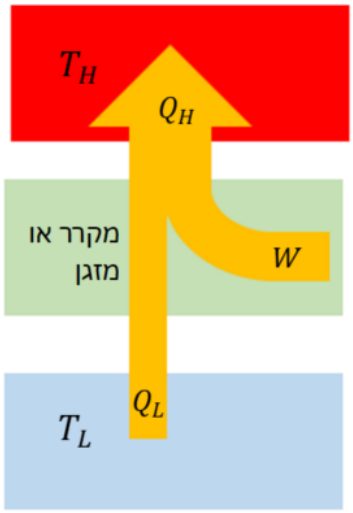
ב. $\Delta Eint_{AB} = 0$, $Q_{AB} = W_{AB} = 3800J$, $\Delta Eint_{BC} = -2500J$, $Q_{BC} = 0$, $W_{BC} = 2500J$, $\Delta Eint_{CD} = 0$, $Q_{CD} = W_{CD} = -2600J$, $\Delta Eint_{DA} = 2500J$, $Q_{DA} = 0$, $W_{DA} = -2500J$

ג. $\eta = 31\%$

8) 7.1

מקררים מזגנים ומשאבות חום:

סיכום כללי:

הנוסחה	תיאור	הערות
$COP = \frac{Q_L}{w} = \frac{Q_L}{Q_H - Q_L}$	מקדם היעילות של מקרר או מזגן	
$COP_{ideal} = \frac{T_L}{T_H - T_L}$	עבור מקרר או מזגן אידיאלי (לא מושלם)	
$COP = \frac{Q_H}{W}$	מקדם היעילות של משאבת חום	תמיד גדול מאחד

שאלות:

1) דוגמה - מכינים קרח

למקפיא יש מקדם יעילות של 3.6 והוא עובד בהספק של 200W.
כמה זמן ייקח למקפיא להקפיא מגש קוביות קרח אם המגש הוכנס למקרר המכיל 400gr מים ב-0°C?

2) דוגמה - משאבת חום

למשאבת חום מקדם יעילות של 3.0 והספק של 1200W.

א. כמה חום היא מוסיפה לחדר כל שניה?

ב. אם הופכים את פעולת המשאבה בקיץ כך שתשמש כמזגן, מה תצפו שיהיה מקדם היעילות שלה?

3) מקדם יעילות של מקרר אידיאלי

מקרר אידיאלי מחזיק את הטמפרטורה בתוכו ב-$4°C$ כאשר הטמפרטורה בבית היא $25°C$. מהו מקדם היעילות של המקרר?

4) מנוע קרנו עובד הפוך

למנוע אידיאלי (מנוע קרנו) יש נצילות של 37%.
אם היה אפשר להפעיל את המנוע הפוך כך שיעבוד בתור משאבת חום, מה היה מקדם היעילות של המנוע?

5) מקרר קרנו אידיאלי מקפיא מים

"מקרר קרנו" (מנוע קרנו שעובד הפוך) מוציא חום מתא ההקפאה הנמצא בטמפרטורה של $-15°C$ ופולט אותו לחדר בטמפרטורה של $25°C$.

א. הראו כי אם מקדם היעילות של מקרר מוגדר לפי: $COP = \frac{Q_L}{W}$
אז מקדם היעלות של מקרר קרנו הוא: $COP_{ideal} = \frac{T_L}{T_H - T_L}$.

ב. כמה עבודה מבצע המנוע לשנות $0.6kg$ של מים ב-$25°C$ לקרח ב-$-15°C$?
אם ההספק של המדחס במנוע הוא $160W$, מהו הזמן המינימלי הדרוש להקפיא מים מטמפרטורה של $25°C$ לקרח ב-$0°C$?

6) משאבת חום לא אידיאלית

משאבת חום פועלת כמזגן ושומרת את הטמפרטורה בתוך הבניין על $24°C$ כאשר הטמפרטורה בחוץ היא $40°C$.
בשביל לבצע זאת המשאבה שואבת $3 \cdot 10^7 J$ חום בשעה מתוך הבניין ביעילות של 25% מהיעילות האידיאלית (זו של מקרר קרנו).

א. מהו מקדם היעילות של המשאבה?

ב. מהו ההספק של המדחס במשאבה? רשום תשובה בכוח סוס.

תשובות סופיות:

1) בערך 3 דקות.

2) א. $4600J$ ב. 2

3) 13

4) 2.7

5) א. הוכחה. ב. $4.4 \cdot 10^4 J$

6) א. 4.6 ב. $2.4HP$

אנטרופיה:

סיכום כללי:

הנוסחה	תיאור	הערות
$\Delta S = \frac{Q}{T}$	Q - כמות החום שנכנסת למערכת	רק בטמפרטורה קבועה ובתהליך הפיך T - בקלווין!
השינוי באנטרופיה לא תלוי בתהליך	האנטרופיה היא משתנה מצב של המערכת	

שאלות:

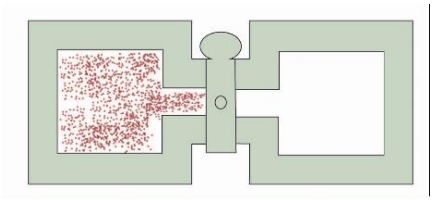
1) דוגמה - שינוי באנטרופיה כשמערבבים מים

מערבבים $5kg$ מים ב-$20°C$ עם $5kg$ מים ב-$24°C$.

א. מה תהיה הטמפרטורה הסופית של המים המעורבבים?

ב. העריכו את השינוי באנטרופיה של כל המערכת.

2) דוגמה - שינוי באנטרופיה בהתפשטות חופשית



גז מתפשט בצורה אדיאבטית וחופשית (כפי שמתואר בפרק הקודם בסרטון התפשטות חופשית) מנפח V_1 לנפח V_2.

א. חשבו את השינוי באנטרופיה של הגז.

ב. מהו השינוי באנטרופיה של הסביבה?

ג. הערך את השינוי באנטרופיה עבור $n = 1.00$ ו-$V_2 = 2.00V_1$.

3) דוגמה - נחושת חמה נזרקת לתוך אגם

גוש נחושת חם בעל מסה של $2.00kg$ בטמפרטורה של $T_1 = 840°K$ נזרק לאגם גדול בטמפרטורה של $T_2 = 280°K$.

הניחו כי האגם מספיק גדול כך שהטמפרטורה שלו לא משתנה באופן מהותי.

מהו השינוי באנטרופיה של:

א. הנחושת.

ב. האגם.

ג. הכולל.

4) דוגמה - קוביית קרח נמסה

קוביית קרח במסה של $1.00kg$ ובטמפרטורה של $0°C$ נמצאת במגע עם מאגר חום גדול שהטמפרטורה שלו היא מעט מעל $0°C$.
כתוצאה מכך הקרח נמס מאוד לאט למים.
מה השינוי באנטרופיה של:

א. הקרח.

ב. המאגר.

5) שינוי באנטרופיה של מים שהופכים לאדים

מהו השינוי באנטרופיה של $150gr$ של מים ב-$100°C$ שהופכים לאדים ב-$100°C$?

6) קופסה מחליקה על משטח עם חיכוך

קופסה בעלת מסה של $6.5kg$ מחליקה על משטח אופקי לא חלק (קיים חיכוך קינטי).
חשבו את השינוי באנטרופיה של היקום מתחילת תנועתה של הקופסה במהירות $5\frac{m}{sec}$ ועד לעצירתה. הניחו שכל הגופים נמצאים בטמפרטורת החדר $293K$.

7) מים מתקררים ממאגר קרח

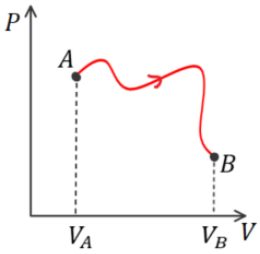
$1.0L$ של מים ב-$0°C$ נמצאים במגע עם כמות גדולה של קרח ב-$-10°C$.
כתוצאה מכך המים קופאים ומתקררים גם ל- $-10°C$.
חשבו את השינוי הכולל באנטרופיה.

8) מוט ברזל נזרק למים

מוט ברזל בעל מסה של $1.8kg$ ובטמפרטורה של $43°C$ נזרק למיכל מים המצופה בקלקר.
המיכל מכיל $1.2kg$ מים בטמפרטורת החדר $(20°C)$.
מהו השינוי הכולל באנטרופיה?

9) גז אידיאלי מתפשט איזותרמית

גז אידיאלי מתפשט איזותרמית $T = 350°K$ מנפח $2.30L$ ולחץ $6.9atm$ ללחץ $1.0atm$.
מהו השינוי באנטרופיה של הגז?



10) גז אידיאלי עובר תהליך מוזר

גז אידיאלי המכיל n מולים עובר את התהליך המתואר באיור.
הטמפרטורה בנקודות A ו-B זהה.
חשבו את השינוי באנטרופיה של הגז בעקבות התהליך.
nV_B , V_A , נתונים.

11) שני גזים מתערבבים

1.00mol של גז חנקן ו-1.00mol של גז חמצן נמצאים בתאים נפרדים, זהים בגודלם, באותה הטמפרטורה ומבודדים מהסביבה.
מחברים בין התאים והגזים (האידיאלים) מתערבבים.
מהו השינוי באנטרופיה של:

א. כל המערכת?
ב. של הסביבה?
ג. חזור על סעיף א' אם התא של אחד הגזים גדול פי שניים מהתא של השני.

12) קיבול חום מולרי משתנה

קיבול החום המולרי של אשלגן בטמפרטורות נמוכות משתנה עם הטמפרטורה לפי $C_V = \alpha T + \beta T^3$ כאשר $\alpha = 2.08\frac{mJ}{mol\cdot K^2}$ ו- $\beta = 2.57\frac{mJ}{mol\cdot K^4}$.
מצאו את השינוי באנטרופיה של 0.25mol של אשלגן כאשר הטמפרטורה שלו יורדת מ-4.0K ל-2.0K בתהליך בנפח קבוע.

תשובות סופיות:

1) א. $22°C$ ב. $1\frac{J}{k}$

2) א. $\Delta S = nR\ln\frac{V_2}{V_1}$ ב. $\Delta S = 0$ ג. $5.76\frac{J}{k}$

3) א. $-857\frac{J}{K}$ ב. $1560\frac{J}{K}$ ג. $703\frac{J}{K}$

4) א. $-1220\frac{J}{K}$ ב. $1220\frac{J}{K}$

5) $910\frac{J}{K}$

6) $0.28\frac{J}{K}$

7) $48\frac{J}{K}$

8) $2.2\frac{J}{K}$

9) $8.8\frac{J}{K}$

10) $nR\ln\frac{V_B}{V_A}$

11) א. $5.8\frac{J}{K}$ ב. 0 ג. $13\frac{J}{K}$

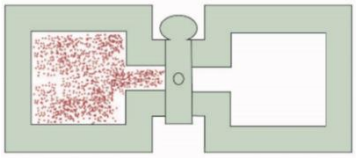
12) $-11\frac{mJ}{K}$

פרשנות סטטיסטית לאנטרופיה והחוק השני:

סיכום כללי:

הנוסחה	תיאור	הערות
$S = k \ln \Omega$	k - קבוע בולצמן Ω - פונקציית המצבים המיקרוסקופיים	

שאלות:



1) דוגמה - התפשטות חופשית גישה סטטיסטית

השתמשו במשוואה של בולצמן לאנטרופיה וחשבו את השינוי באנטרופיה במקרה של התפשטות חופשית של מול אחד של גז אידיאלי מנפח V לנפח 2V.

הניחו ש-Ω אומרת את מספר המיקומים האפשריים של כל המולוקלות. השוו לחישוב שנעשה בדוגמה הקודמת של התפשטות חופשית באמצעות הנוסחה של קלאוזיוס.

2) אנטרופיה להטלת 4 מטבעות

השתמשו בפונקציית המצבים Ω וחשבו מה האנטרופיה בכל אחד מהמצבים המיקרוסקופיים שתוארו בדוגמה של הטלת 4 מטבעות.

המצב המיקרוסקופי	המצבים המיקרוסקופים המתאימים (H-ראש , T-זנב)	מספר המצבים המיקרוסקופים
4 ראש	HHHH	1
3 ראש, 1 זנב	THHH , HTHH , HHTH , HHHT	4
2 ראש, 2 זנב	TTHH , THTH , HTTH , THHT , HTHT , HHTT	6
1 ראש, 3 זנב	HTTT , THTT , TTHT , TTTH	4
4 זנב	TTTT	1

3) הטלת 5 מטבעות

דני לקח 5 מטבעות והטיל אותם בצורה אקראית על השולחן.

א. רשמו טבלה ובה את מספר המצבים המיקרוסקופים המתאימים לכל מצב מקרו.

ב. מהי ההסתברות שבהטלה יצאו 3 מטבעות ראש ו-2 זנב?

ג. מהי ההסתברות שכל המטבעות יפלו על זנב?

ד. מהי ההסתברות שבהטלה יפלו לפחות 3 מטבעות על זנב?

4) שינוי באנטרופיה בסידור 10 מטבעות

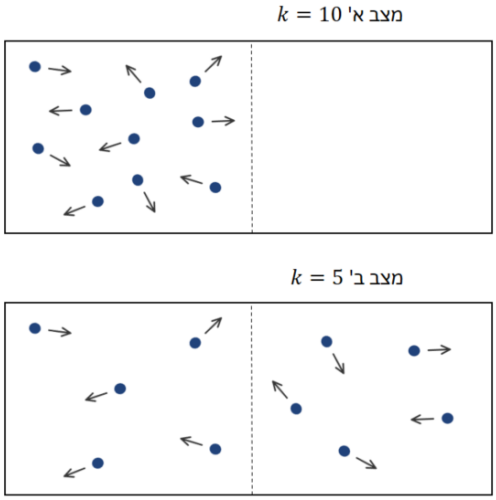
על שולחן ישנם 10 מטבעות כאשר 9 מתוכם נמצאים עם הראש כלפי מעלה ואחד עם הזנב כלפי מעלה. הופכים 3 מטבעות שהיו עם הראש כלפי מעלה.
מה השינוי באנטרופיה של המערכת?
השווה לשינוי באנטרופיה של מערכת תרמודינמית מאחד הדוגמאות הקודמות.
ניתן לחשב את פונקציית המצבים גם באמצעות מקדמי הבינום של ניוטון: $\frac{n!}{k!(n-k)!}$
כאשר n הוא מספר המטבעות ו-k מספר המטבעות עם הזנב (או הראש) כלפי מעלה.

5) גז עם 10 אטומים בתיבה

נניח שישנה מערכת דמויית גז המכילה $n = 10$ אטומים במהירויות זהות.
ה"גז" נמצא בתוך תיבה. נסמן את מספר האטומים הנמצאים בחציה השמאלי של התיבה ב-k. מספר האפשרויות לסדר את האטומים כך ש-k אטומים יהיו בחצי השמאלי הוא: $\frac{n!}{k!(n-k)!}$.
נניח כי כל ערך של k מסמל מצב מיקרוסקופי של המערכת.
במצב א' שבאיור כל 10 האטומים בצד שמאל של התיבה $(k = 10)$
ובמצב ב' שבאיור 5 בחצי הימני ו-5 בשמאלי $(k = 5)$.

א. מהו השינוי באנטרופיה במעבר בין מצב א' למצב ב'?
האם התהליך יכול להתרחש בצורה ספונטנית?

ב. מהו השינוי באנטרופיה במעבר בין מצב ב' למצב א'?
האם התהליך יכול להתרחש בצורה ספונטנית?



תשובות סופיות:

1) $R\ln(2)$

2)

המצב המיקרוסקופי	אנטרופיה
4 ראש	0
3 ראש, 1 זנב	$1.91\cdot10^{-23}\ \frac{J}{K}$
2 ראש, 2 זנב	$2.47\cdot10^{-23}\ \frac{J}{K}$
1 ראש, 3 זנב	$1.91\cdot10^{-23}\ \frac{J}{K}$
4 זנב	0

3) א.

פונקציית המצבים Ω	המצבים המיקרוסקופיים	מצב מקרוסקופי
1	HHHHH	5-H , 0-T
5	HHHHT , HHHTH , HHTHH , HTHHH , THHHH	4-H , 1-T
10	HHHTT , HHTHT , HTHHT , THHHT , HHTTH HTTHH , THTHH , TTHHH , HTHTH , THHTH	3-H , 2-T
10	כמו 2-T , 3-H רק להחליף H ב-T	2-H , 3-T
5	כמו 1-T , 4-H רק להחליף H ב-T	1-H , 4-T
1	כמו 0-T , 5-H רק להחליף H ב-T	0-H , 5-T

ב. 31.25% ג. 3.125% ד. 50%

4) $4.2\cdot10^{-23}\ \frac{J}{K}$

5) א. $7.63\cdot10^{-23}\ \frac{J}{K}$, כן. ב. $-7.63\cdot10^{-23}\ \frac{J}{K}$, לא.

יסודות הפיזיקה א 20113

פרק 10 - דינמיקה - תנועה בהשפעת כוחות (חוקי ניוטון)

תוכן העניינים

1. הקדמה, חוק ראשון ושלישי 94
2. חוק שני של ניוטון 103
3. הכוח האלסטי- קפיץ 118
4. תאוצות לא שוות 123

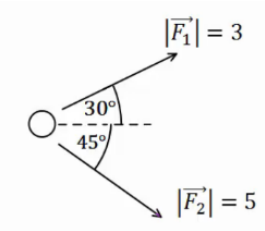
הקדמה, חוק ראשון ושלישי:

שאלות:

דינמיקה והכוחות הבסיסיים:

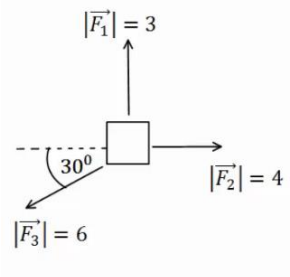
1) דוגמה 1

חשב את שקול הכוחות הפועל על גוף במקרה הבא:



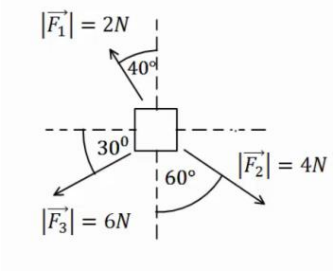
2) דוגמה 2

חשב את שקול הכוחות הפועל על גוף במקרה הבא:



3) דוגמה 3

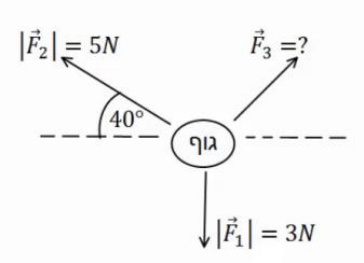
חשב את שקול הכוחות הפועל על גוף במקרה הבא:



4) דוגמה 4

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

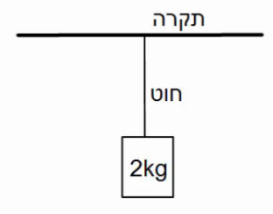
מצא את גודלו וכיוונו של $\vec{F}_3$.



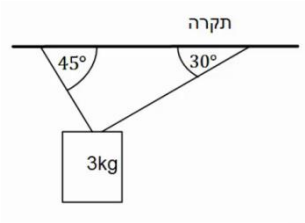
5) דוגמה 5

גוף תלוי במנוחה מהתקרה באמצעות חוט יחיד.

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

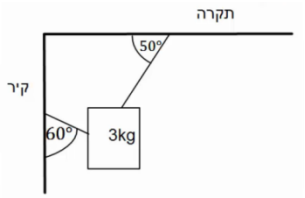


6) דוגמה 6



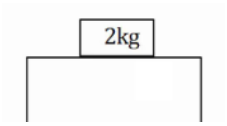
גוף תלוי במנוחה מהתקרה באמצעות שני חוטים,
לפי האיור הבא.
מהי המתיחות בכל חוט אם מסת הגוף היא 3 ק"ג?

7) דוגמה 7



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

8) דוגמה 8



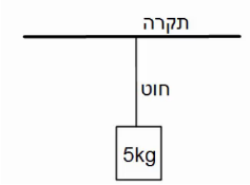
מסה של 2 ק"ג נמצאת במנוחה על שולחן.

א. שרטט תרשים כוחות על המסה.

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

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

9) דוגמה 9



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

א. מהי המתיחות בחוט?

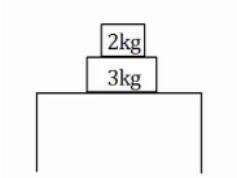
ב. מהו גודלו וכיוונו של הכוח שמפעיל החוט על התקרה?

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

10) דוגמה 10

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

11) דוגמה 11



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

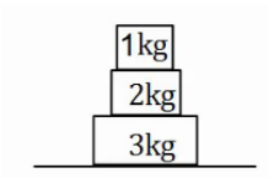
א. שרטט תרשים כוחות לכל אחת מהמסות.

ב. חשב את הכוח הנורמלי הפועל על המסה העליונה.

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

ד. חשב את הכוח הנורמלי הפועל על השולחן.

12) דוגמה 12



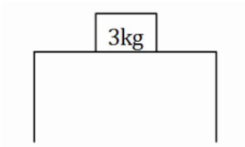
שלוש מסות מונחות אחת על גבי השנייה ועל הקרקע במנוחה, כפי שנראה בציור.

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

ב. מהו גודלו וכיוונו של הכוח שמפעילה הרצפה על המסה הכי תחתונה?

חיכוך:

13) גוף על שולחן



גוף בעל מסה של 3 ק"ג נמצא במנוחה על שולחן.

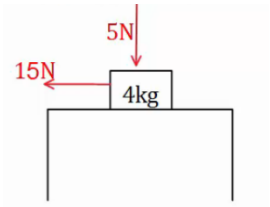
מקדם החיכוך הסטטי הוא $\mu_s = 0.4$.

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

כוח אופקי בגודל 10 ניוטון פועל על הגוף ימינה.

ב. מצא את גודלו וכיוונו של החיכוך הסטטי.

14) כוח מלמעלה



גוף בעל מסה של 4 ק"ג נמצא במנוחה על שולחן.

כוח אנכי בגודל של 5 ניוטון לוחץ את הגוף כלפי השולחן.

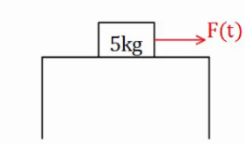
מקדם החיכוך הסטטי הוא: $\mu_s = 0.4$.

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

כוח אופקי בגודל 15 ניוטון פועל על הגוף שמאלה.

ב. מצא את גודלו וכיוונו של החיכוך הסטטי.

15) כוח תלוי בזמן



גוף בעל מסה של 5 ק"ג נמצא במנוחה על שולחן.

כוח אופקי התלוי בזמן $F(t) = 2 \cdot t^2$ פועל על הגוף ימינה.

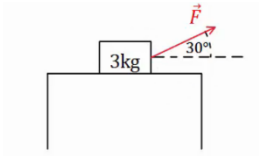
מקדם החיכוך הסטטי הוא: $\mu_s = 0.3$.

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

ב. מתי יתחיל הגוף בתנועה?

ג. שרטט גרף של החיכוך הסטטי כתלות בזמן.

16) כוח בזווית

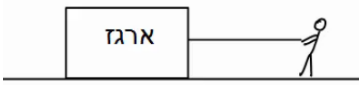


גוף בעל מסה של 3 ק"ג נמצא במנוחה על שולחן.
כוח קבוע פועל על הגוף בזוית של 30 מעלות עם הכיוון האופקי.
מקדם החיכוך הסטטי הוא: $\mu_s = 0.3$.

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

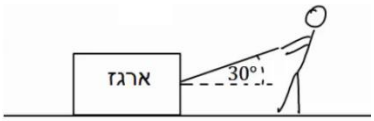
ב. מצא את גודלו וכיוונו של החיכוך הסטטי אם גודל הכוח הוא 5 ניוטון.

17) דני מושך במקביל לקרקע



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

18) ירון מושך בזווית

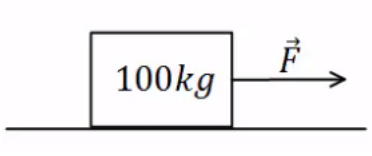


ירון מושך ארגז באמצעות חבל הנמתח בזווית של 30 מעלות ביחס לקרקע.
ידוע כי מסת הארגז היא 20 ק"ג, ומקדם החיכוך הקינטי בין הארגז לקרקע הוא: $\mu_k = 0.2$.
מצא מהו גודלו של הכוח שמפעיל ירון, אם הארגז נע במהירות קבועה.

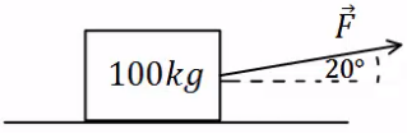
19) כוח בכמה כיוונים

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

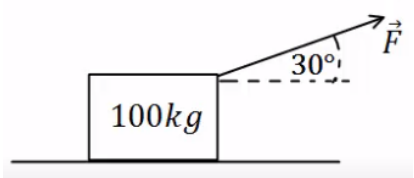
א. כוח מושך אופקי



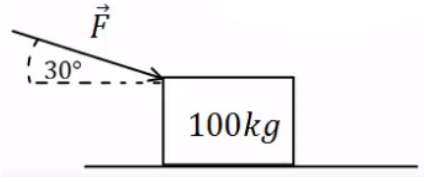
ב. כוח מושך בזווית של $20°$



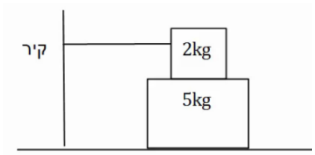
ג. כוח מושך בזווית של $30°$



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



20) מסה על מסה קשורה לקיר



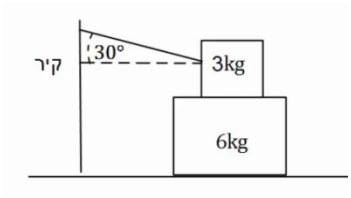
מסה של 2 ק"ג מונחת מעל מסה של 5 ק"ג.
המסה העליונה קשורה בחוט אופקי לקיר משמאל.
מקדמי החיכוך בין המסות ובין המסה התחתונה למשטח הם: $\mu_k = 0.2$, $\mu_s = 0.3$.

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

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

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

21) מסה על מסה קשורה לקיר בזווית



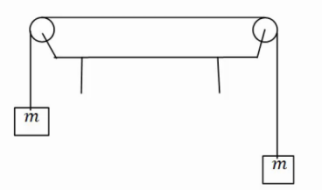
מסה של 3 ק"ג מונחת מעל מסה של 6 ק"ג.
המסה העליונה קשורה בחוט המתוח בזווית של 30 מעלות ומחובר לקיר משמאל.
מקדם החיכוך הסטטי בין המסות וביו המסה התחתונה למשטח הוא: $\mu_s = 0.3$.

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

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

22) שתי משקולות תלויות על שולחן

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

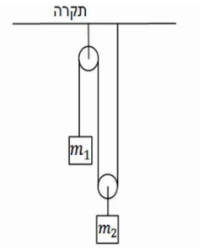


א. מהי המתיחות בחוט?

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

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

23) יחס מסות



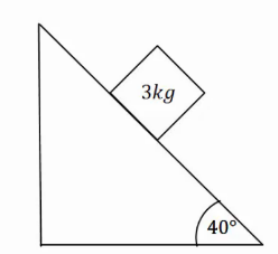
שתי מסות תלויות באמצעות חוטים וגלגלות אידיאלים לפי האיור הבא. המערכת נמצאת במנוחה.

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

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

המישור המשופע:

24) מסה בשיפוע

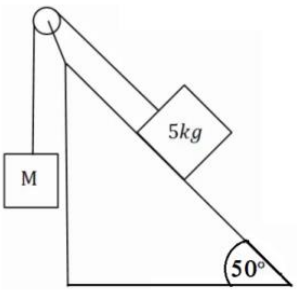


מסה של 3 ק"ג נמצאת במנוחה על מישור משופע בעל זווית של 40 מעלות. בין המסה למדרון קיים חיכוך, ומקדם החיכוך הסטטי הוא: $\mu_s = 0.2$.

א. שרטט תרשים כוחות לבעיה.

ב. מצא את גודלם של הכוח הנורמלי והחיכוך.

25) מסה בשיפוע ומסה באוויר



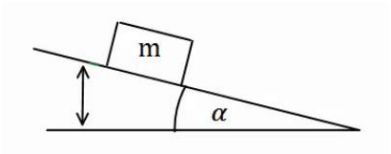
מסה של 5 ק"ג מונחת על מישור משופע בעל זווית של 50 מעלות. המסה מחוברת באמצעות חוט אידיאלי ודרך גלגלת אידיאלית למסה נוספת M התלויה באוויר מצידו השני של המישור.

א. מצא את גודלה של המסה M, על מנת שהמערכת תשאר במנוחה כאשר אין חיכוך בבעיה.

כעת נתון שבין המסה למדרון קיים חיכוך, ומקדם החיכוך הסטטי הוא: $\mu_s = 0.3$.

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

26) זווית החלקה



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

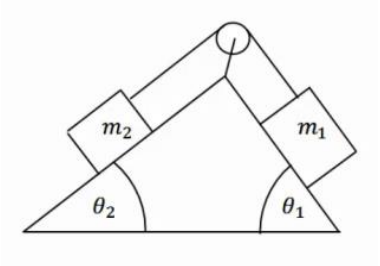
א. מצא את הזווית בה תתחיל המסה להחליק אם מקדם החיכוך הסטטי בין המסה למישור הוא: $\mu_s = 0.2$.

תרגול בפרמטרים.

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

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

27) שתי מסות שני שיפועים



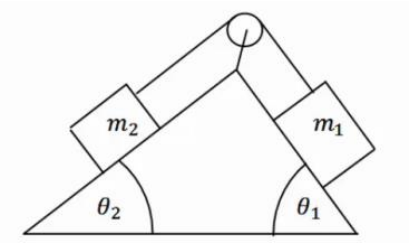
במערכת הבאה ישנו מדרון עם שיפוע שונה משני צידיו, זוויות השיפוע הן θ_1, θ_2. שתי מסות שונות m_1, m_2 מונחות בשני צידי המדרון. המסות מחוברות באמצעות חוט אידיאלי, ודרך גלגלת אידיאלית המקובעת למדרון. אין חיכוך בין המדרון למסות.

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

מצא את m_2.

28) שתי מסות שני שיפועים וחיכוך

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



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

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

מצא את m_2.

תשובות סופיות:

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

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

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

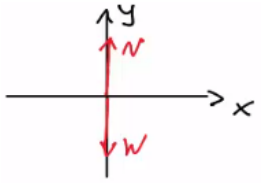
4) גודל: $\left|\vec{F}\right|\approx 3.84\text{N}$, כיוון: $\theta_{F3}=-3.14°$.

5) $T=20\text{N}$

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

7) $T_1\approx 26.30\text{N}$, $T_2\approx 19.48\text{N}$

8) א.

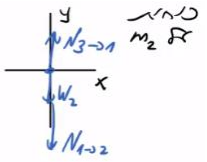


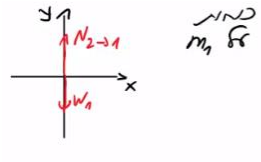
ב. גודל: $N=20$, כיוון: כלפי מעלה.
ג. גודל: $N=20$, כיוון: כלפי מטה.

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

10) $T=50\text{N}$

11) א.





ב. $N_{21}=20$ ג. $N_{32}=50$

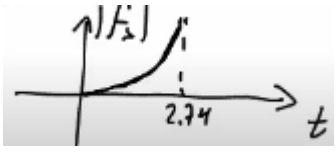
ד. $N_{23}=50\text{N}\hat{y}$

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

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

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

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



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

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

18) $T\approx 41.41\text{N}$

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

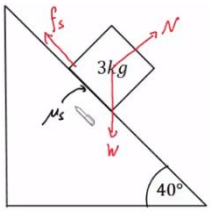
20) א. $F_{max}=27N$ ב. $T=6N$ ג. $F=18N$

21) א. $F_{max}=33.34N$ ב. $T=8.86N$

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

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

24) א.



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

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

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

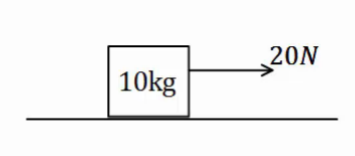
27) $m_2=m_1\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$

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

חוק שני של ניוטון:

שאלות:

1) דוגמה 1



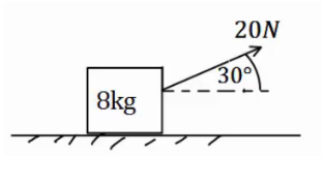
כוח של 20 ניוטון מופעל על ארגז בעל מסה של 10 ק"ג.
אין חיכוך בין הארגז לרצפה.

א. מצא את תאוצת הארגז.

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

2) דוגמה 2

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



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

א. בדוק האם הארגז נשאר במנוחה או מתחיל לנוע.

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

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

3) מרחק עצירה

דני נוסע במכוניתו במהירות של 54 קמ"ש, ולפתע הוא מבחין כי רמזור הנמצא 50 מטרים לפניו הופך לאדום. דני לוחץ על הבלמים ומתחיל בעצירה.
מקדם החיכוך הקינטי בין הגלגלים לרצפה הוא: $\mu_k = 0.3$.
הנח שהגלגלים ננעלים ואין למכונית מערכת ABS.

א. האם דני יספיק לעצור לפני הרמזור?

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

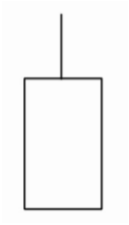
4) כוח קבוע נפסק בפתאומיות

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

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

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

5) כוחות על מעלית



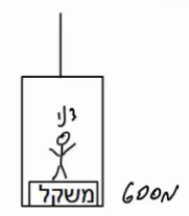
מעלית עולה בתאוצה של 0.5 מטרים לשניה בריבוע,
באמצעות כבל הקשור לתקרתה. מסת המעלית היא 600 ק"ג.

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

ב. שרטט את שקול הכוחות ואת וקטור התאוצה.

ג. מהי המתיחות בכבל?

6) משקל במעלית



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

א. מהי מסתו של דני?

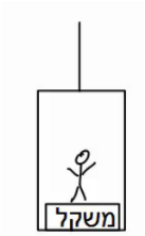
ב. מה יראה המשקל אם המעלית יורדת במהירות קבועה של 3 מטרים לשנייה?

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

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

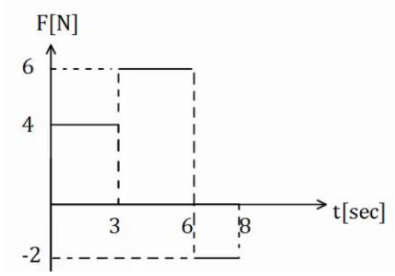
ה. מה יראה המשקל אם המעלית נופלת נפילה חופשית?

7) עוד משקל במעלית



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

8) גרפים 1



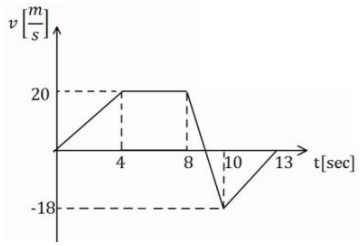
בגרף הבא נתון הכוח הפועל על גוף כתלות בזמן.

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

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

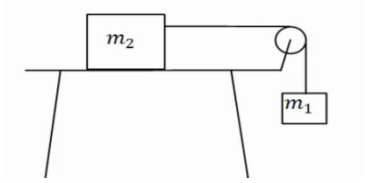
ג. מצא את מיקום הגוף כתלות בזמן אם המיקום ההתחלתי הוא: $x_0 = 0$.

9) גרפים 2



גוף בעל מסה של 3 ק"ג נע לאורך קו ישר.
מהירות הגוף כתלות בזמן נתונה לפי הגרף הבא.
מצא את שקול הכוחות הפועל על הגוף בכל רגע,
ושרטט גרף של השקול כתלות בזמן.

10) מסה על שולחן מחוברת למסה תלויה



במערכת הבאה המסה $m_2 = 5kg$ נמצאת על שולחן אופקי ומחוברת דרך חוט אידיאלי למסה התלויה באוויר m_1. בין השולחן ל-m_2 קיים חיכוך ומקדמי החיכוך הם: $\mu_k = 0.2$, $\mu_s = 0.3$.

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

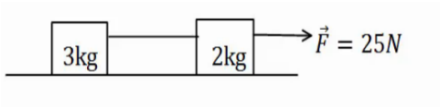
א. מצא את גודלה המינימלי של m_1, עבורה המערכת תהיה בתנועה.

ב. הנח שגודלה של m_1 כפול מזה שחישבת בסעיף הקודם.
מהן תאוצות המסות?

ג. כמה זמן ייקח למסה להגיע אל הקרקע?

ד. מהן מהירויות המסות ברגע זה?

11) כוח מושך מסה שמושכת מסה

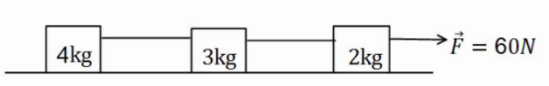


מסה של 2 ק"ג נמצאת במנוחה על משטח אופקי.
המסה מחוברת באמצעות חוט אידיאלי למסה
נוספת של 3 ק"ג הנמצאת במנוחה על המשטח גם כן.
כוח אופקי של 25 ניוטון מושך את המסה הראשונה כלפי ימין.

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

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

12) כוח מושך מסה שמושכת מסה שמושכת מסה



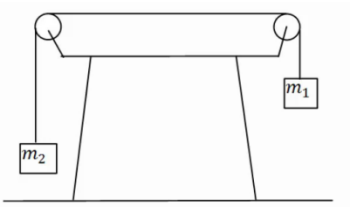
מסה של 2 ק"ג נמצאת במנוחה על
משטח אופקי. המסה מחוברת באמצעות
חוט אידיאלי למסה נוספת של 3 ק"ג הנמצאת במנוחה על המשטח גם כן.
המסה השנייה מחוברת למסה של 4 ק"ג בצורה דומה.
כוח אופקי של 60 ניוטון מושך את המסה הראשונה כלפי ימין.

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

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

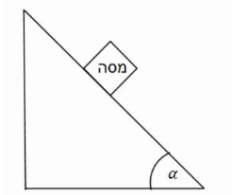
13) שתי מסות תלויות

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



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

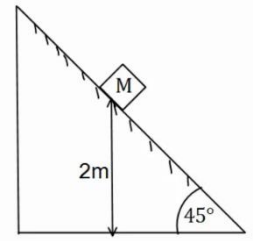
14) מדרון משופע בסיסי



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

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

15) מדרון משופע עם חיכוך

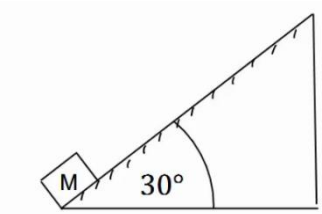


מסה M מונחת על מדרון משופע בגובה של 2 מטרים.
זווית השיפוע של המדרון היא 45 מעלות ומקדמי החיכוך הסטטי והקינטי בין המסה למדרון הם: $\mu_k = 0.1$, $\mu_s = 0.2$.

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

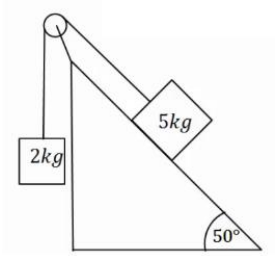
16) מסה נזרקת במעלה המדרון

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



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

17) מסה בשיפוע ומסה תלויה



מסה של 5 ק"ג מונחת על מדרון משופע בעל זווית שיפוע של 50 מעלות. המסה מחוברת דרך חוט אידיאלי למסה של 2 ק"ג התלויה באוויר.
אין חיכוך בין המסה למדרון.

א. לאיזה כיוון תנוע המערכת?

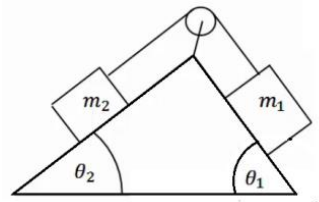
ב. מצא את תאוצת המערכת.

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

ג. לאיזה כיוון יפעל החיכוך? האם החיכוך סטטי או קינטי?

ד. מצא שוב את תאוצת המערכת.

18) שתי מסות שני שיפועים 2



במערכת הבאה ישנו מדרון עם שיפוע שונה משני צידיו, זוויות השיפוע הן: θ_1 , θ_2.
שתי מסות שונות m_1 , m_2 מונחות בשני צידי המדרון.
המסות מחוברות באמצעות חוט אידיאלי ודרך גלגלת אידיאלית המקובעת למדרון. אין חיכוך בין המסות למדרון.
נתון: $\theta_1 = 45°$, $\theta_2 = 30°$, $m_1 = 2kg$, $m_2 = 4kg$.

א. לאיזה כיוון תנוע המערכת?

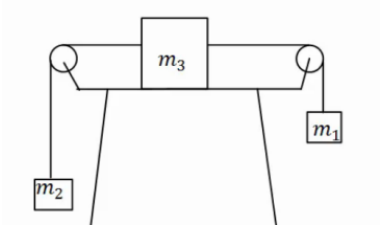
ב. מצא את תאוצת המערכת.

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

ג. לאיזה כיוון יפעל החיכוך והאם החיכוך סטטי או קינטי?

ד. מצא שוב את תאוצת המערכת.

19) מסה על שולחן ושתי מסות תלויות



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

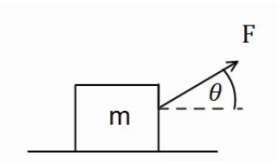
א. מצא את תאוצות המסות והמתיחות בחוטים אם אין חיכוך בין m_3 לשולחן.

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

ב. האם המערכת תהיה במנוחה או בתנועה?

ג. מצא שוב את תאוצת הגופים והמתיחות בחוטים.

20) זווית אופטימלית למשיכה



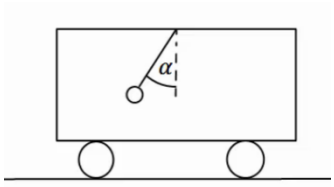
כוח F מושך ארגז בעל מסה m בזווית θ מעל האופק.
מקדם החיכוך בין הארגז לקרקע הוא μ_k.

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

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

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

21) מטוטלת במכונית

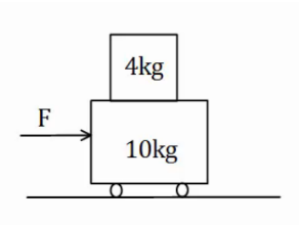


מטוטלת קשורה לתקרת מכונית.
המטוטלת נמצאת בזווית קבועה ונתונה α, ביחס לאנך מתקרת המכונית.

א. מצא מהי תאוצת המכונית (גודל וכיוון).

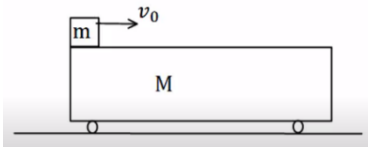
ב. האם ניתן לדעת מה כיוון תנועת המכונית?

22) מסה של 4 על עגלה של 10



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

23) מסה מחליקה על עגלה



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

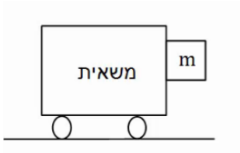
נתון: $m = 3kg,\ M = 12kg,\ v_0 = 20\frac{m}{sec},\ \mu_k = 0.2$.

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

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

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

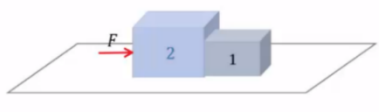
24) מסה צמודה למשאית



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

25) כוח דוחף שתי קופסאות צמודות

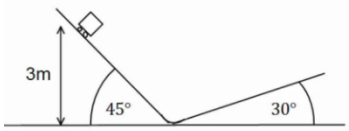
שתי תיבות נמצאות צמודות זו לזו על משטח אופקי חסר חיכוך.
מסות התיבות הן: $m_1 = 3kg$ ו- $m_2 = 5kg$. כוח אופקי
דוחף את תיבה 2 שדוחפת את תיבה אחת כפי שמתואר בתרשים.
גודל הכוח הוא: $F = 16N$. חשב את:



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

26) קופסה בין מדרונות

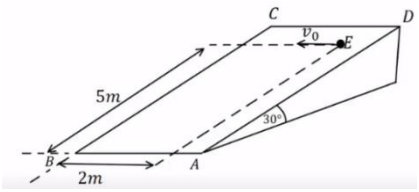
קופסה קטנה עם גלגלים מונחת על מישור משופע בעל זווית של 45 מעלות.
הקופסה משוחררת ממנוחה מגובה של 3 מטרים
ומתחילה בתנועה. בתחתית המדרון הקופסה עוברת
למדרון משופע אחר בעל זווית של 30 מעלות.
הזנח אפקטים המתרחשים בעת המעבר והנח כי גודל
מהירות הקופסה במעבר בין המדרונות נשאר זהה.



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

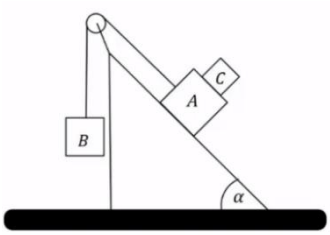
27) זריקה אופקית על מישור משופע

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



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

28) גוף על גוף במישור משופע



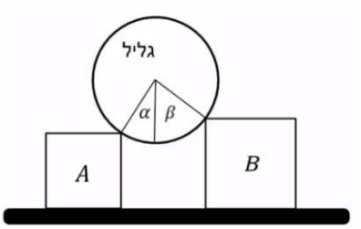
גוף A בעל מסה m_A וגוף B בעל מסה m_B מחוברים באמצעות חוט וגלגלת כמתואר באיור. גוף A מונח על מישור משופע חלק בעל זווית α. גוף C בעל מסה m_C מונח על גוף A. מקדם החיכוך הסטטי בין הגופים A ל-C הוא μ_s. הבא את התשובות באמצעות: μ_s , α , m_C , m_A.

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

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

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

29) גליל על שני ארגזים

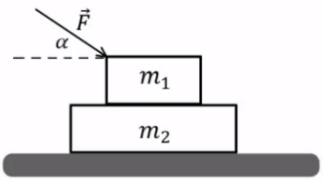


גליל אחיד שמסתו m מונח על שני ארגזים שמסותיהם: $m_A = m$ ו- $m_B = 2m$. לארגזים גבהים שונים והם מונחים על משטח אופקי. בין הגליל לארגזים אין חיכוך. כשהמערכת נמצאת בשיווי משקל יוצרים רדיוסי הגליל הנוגעים בפינות הארגזים זוויות של $\alpha = 30°$ ו- $\beta = 45°$ עם האנך לקרקע, ראה איור. נתונים: m , g.

א. מה הכוח שמפעיל כל ארגז על הגליל?

ב. בהנחה שקיים אותו מקדם חיכוך בין הארגזים והמשטח, מהו גודלו המינימלי של מקדם החיכוך כך שהמערכת תישאר בשיווי משקל?

30) כוח דוחף גוף על גוף



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

א. בהנחה שהגופים נעים יחדיו מהי התאוצה המשותפת?

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

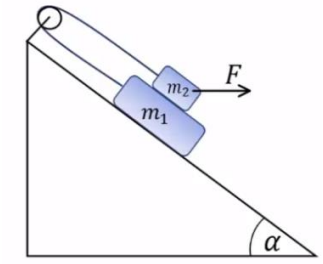
ג. מהו גודלו המקסימלי של $\vec{F}$ כך שהגופים ינועו יחדיו?

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

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

ה. חזור על סעיף ד' כאשר: $F = 3mg$.

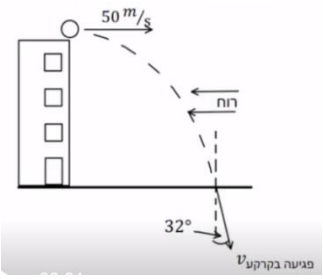
31) מסה על מסה מחוברות בגלגלת



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

א. מהו F המקסימלי כך שהגופים יישארו במנוחה?
ב. אם $F = 40N$ מהי תאוצת הגופים?

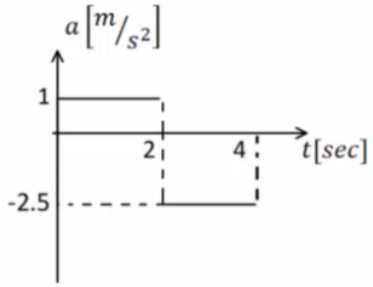
32) זריקה אופקית בהשפעת רוח*

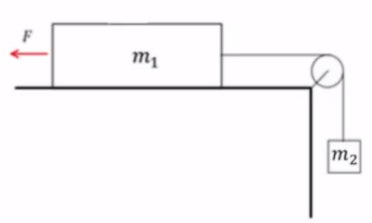


כדור נזרק מגג בניין גבוה מאוד שגובהו 80 מטרים.
הכדור נזרק אופקית במהירות של 50 מטר לשניה.
2 שניות לאחר הזריקה מתחילה לנשוב רוח שמפעילה כוח F קבוע ואופקי בכיוון המנוגד למהירות ההתחלתית.
מסת הכדור היא 500 גרם.

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

33) מסה על שולחן מחוברת למסה תלויה וכוח*





המערכת שמתוארת בתרשים משוחררת ממנוחה ונעה ימינה. הזנח את מסת החוט ואת כל כוחות החיכוך. כעבור 2 שניות נקרע החוט והכוח F ממשיך לפעול. נתון: $m_1 = 3kg, F = 15N$.
הגרף באיור מתאר את התאוצה של m_1 כפונקציה של הזמן עבור 4 השניות הראשונות של התנועה.
הכיוון החיובי הוא ימינה.

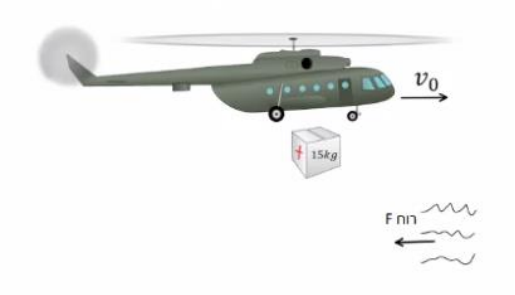
א. עבור 2 השניות הראשונות של התנועה:
i. שרטט את הכוחות הפועלים על כל גוף.
ii. רשום את המיקום כתלות בזמן של m_1.
iii. חשב את m_2 ואת המתיחות בחוט.

ב. האם m_1 שינתה את כיוון תנועתה במהלך 4 השניות הראשונות?
נמק אם כן או לא. במידה וכן מצא את הזמן והמרחק בו התרחש השינוי.

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

ד. אם המשטח לא היה חלק, מהו מקדם החיכוך הסטטי המינימלי עבורו המערכת הייתה נשארת במנוחה?

34) חבילת סיוע לצוות רפואי



מסוק נשלח להטיל מהאוויר חבילה המכילה ציוד חיוני לצוות רפואי שנמצא על הקרקע.
מסת החבילה 15 ק"ג ובעת הטלתה המסוק טס אופקית במהירות: $v_0 = 198\frac{km}{hr}$
בגובה 90 מטר מעל הקרקע. 2 שניות אחרי תחילת נפילתה של החבילה החלה לנשוב רוח שהפעילה על החבילה כוח אופקי F קבוע בכיוון המנוגד ל-v_0.
התייחסו לחבילה כאל גוף נקודתי.
הניחו כי פרט לכוח F האוויר אינו מפעיל שום כוח נוסף.

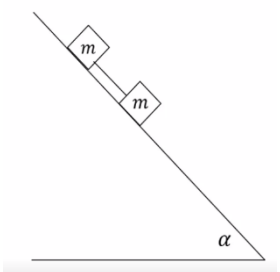
א. האם הרוח (המתבטאת כאן בכוח F קבוע שהחל לפעול 2 שניות לאחר תחילת התנועה) משפיעה על ערכם של:
   i. הזמן שלקח לחבילה להגיע לקרקע? נמק.
   ii. מהירות הפגיעה של החבילה בקרקע? נמק.

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

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

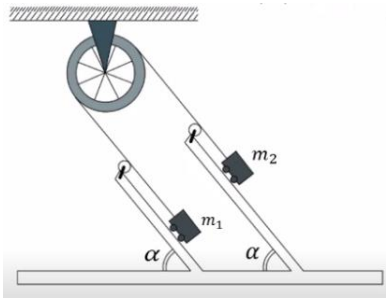
ד. בכמה מטרים הייתה מוסטת נקודת הפגיעה של החבילה בקרקע אילו לא נשבה רוח במהלך תנועתה?

35) שתי מסות מחוברות בחוט על מישור משופע



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

36) מכונת אטווד משופעת



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

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

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

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

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

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

תשובות סופיות:

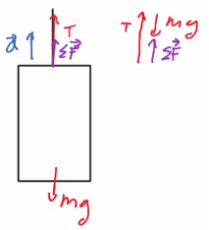
1) א. $a_x = 2\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ ב. $t = \sqrt{30}\,\text{sec}$

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

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

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

5) א.

ב.


ג. $T = 6300\text{N}$

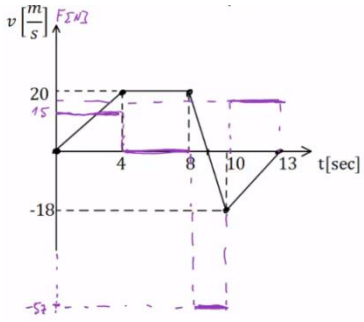
6) א. $m_{Dani} = 60\text{kg}$ ב. כמו סעיף א'. ג. $m_{Dani} = 78\text{kg}$
ד. $m_{Dani} = 42\text{kg}$ ה. 0

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

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

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

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



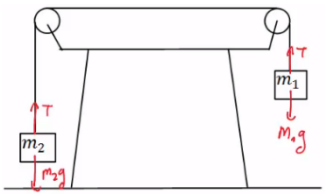
10) א. $m_{min}=1.5kg$ ב. $a=2.5\frac{m}{sec^2}$ ג. $t\approx 1.55sec$

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

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

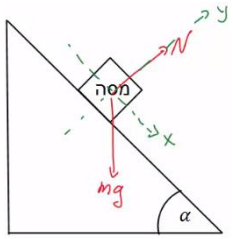
12) א. תאוצה: $a\approx 6.67\frac{m}{sec^2}$, מתיחות: $T=46.68N$.

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

13) א. 

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

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

14) א. 

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

מהירות-זמן: $v(t)=g\sin\alpha\cdot t$

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

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

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

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

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

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

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

ג. $a=5.6\frac{m}{sec^2}$

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

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

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

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

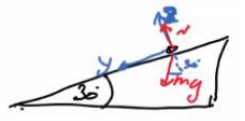
ג. $v(t=8)=4\frac{m}{sec}$

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

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

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

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



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

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

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

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

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

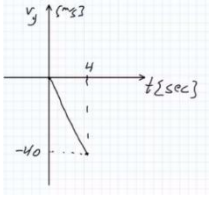
30) א. $a=\frac{F\cos\alpha}{2m}$ ב. $f_s=\frac{F\cos\alpha}{2}$ ג. $F_{max}=\frac{2\mu_s mg}{\cos\alpha-2\mu_s\sin\alpha}$

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

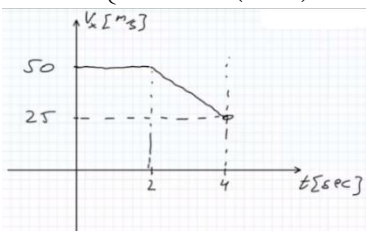
31) א. $F_{max}=31.05N$ ב. $a=1.81\frac{m}{sec^2}$

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

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



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

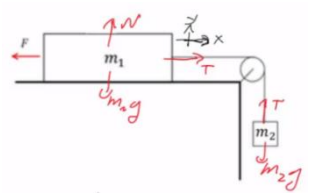


ג. $\sigma_x=25m$

33) א.i.

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

.ii

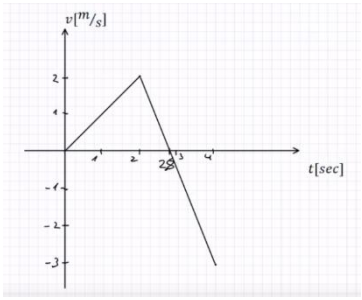


.iii $m_2 = 2\text{kg}$

ב. כן, $x_{II}\left(2.8_{sec}\right)=2.8\text{m}$, $t=2.8\text{sec}$

ג. $v(4)=-3$, $v(2.8)=0$

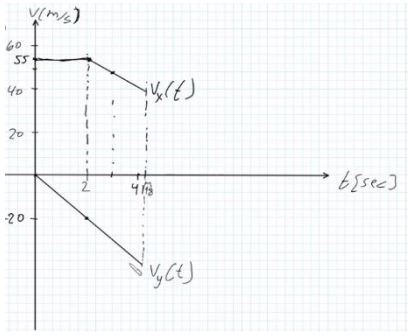
ד. $\mu_{s\min}=\frac{1}{6}$



34) א.i. לא משפיעה. ii. משפיעה.

ב. $F\approx 84.1\text{N}$

ג.



ד. $\Delta x=14\text{m}$

35) $T=0$

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

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

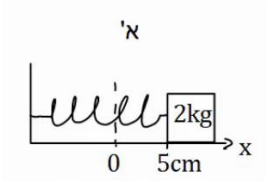
הכוח האלסטי - קפיץ:

שאלות:

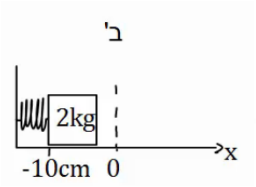
1) דוגמה 1

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

בין הגוף למשטח אין חיכוך.



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



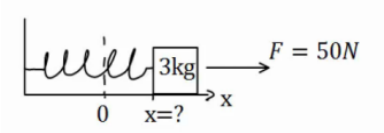
ב. דוחפים את הגוף למרחק 10 ס"מ מהנקודה בה הקפיץ רפוי ומשחררים אותו.
מהי תאוצת הגוף (גודל וכיוון)?
כעת נתון כי בין הגוף למשטח קיים חיכוך, ומקדם החיכוך הסטטי הוא: $\mu_s = 0.2$.

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

2) דוגמה 2

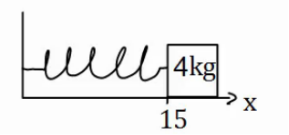
גוף בעל מסה של 3 ק"ג מחובר לקפיץ בעל קבוע קפיץ: $k = 100\frac{N}{m}$.

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



3) דוגמה 3

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



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

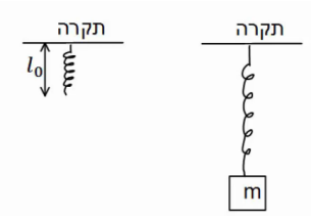
א. חשב את הכוח שמפעיל הקפיץ על הגוף כאשר הגוף במרחק 15 ס"מ מהקיר.

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

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

4) שיטה למדידת קבוע קפיץ

מסה m תלויה מהתקרה באמצעות קפיץ שאורכו הרפוי הוא l_0.

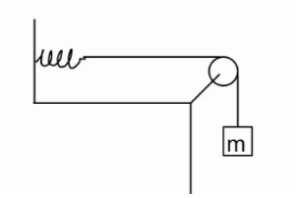


משחררים את המסה לאט לאט עד אשר היא מגיעה לנקודה בה היא תלויה לבד במנוחה.

א. מה מיוחד בנקודה זו?

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

5) מסה קשורה לחוט שמחובר לקפיץ אופקי



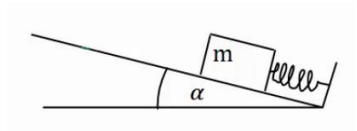
מסה $m=5gr$ תלויה באמצעות חוט, העובר דרך גלגלת אידיאלית ומחובר בצידו השני לקפיץ.
הקפיץ מחובר לקיר בצורה אופקית.
קבוע הקפיץ הוא: $k=10\frac{N}{m}$.

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

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

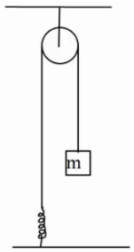
6) קפיץ בשיפוע

מסה m נמצאת במנוחה על מישור משופע בעל זווית α.



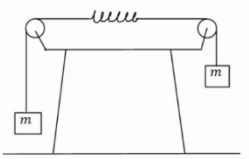
מצד המסה מחובר קפיץ בעל קבוע קפיץ k.
אין חיכוך בין המסה למשטח.
בכמה מכווץ הקפיץ ממצבו הרפוי?
התייחס לפרמטרים בשאלה כנתונים.

7) מסה מחוברת לקפיץ דרך גלגלת בתקרה



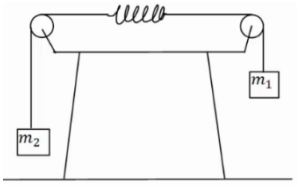
מסה m מחוברת לקפיץ אידיאלי (חסר מסה) דרך גלגלת אידיאלית המחוברת לתקרה.
הקפיץ מחובר לקרקע וקבוע הקפיץ הוא k.
מצא את התארכות הקפיץ אם נתון שהמסה בשיווי משקל.

8) שתי מסות משני צידי השולחן וקפיץ באמצע



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

9) שתי מסות משני צידי השולחן וקפיץ באמצע בתאוצה



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

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

הנח כי אורך הקפיץ קבוע במהלך התנועה.

א. מצא את תאוצת המערכת.

ב. מצא את התארכות הקפיץ.

10) מסה תלויה ומתיחה

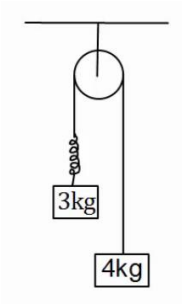
מסה תלויה במנוחה מהתקרה באמצעות קפיץ אידיאלי.

נתון: $k = 20\frac{N}{m}$, $m = 2kg$.

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

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

11) מסות תלויות מהתקרה עם קפיץ בתאוצה



במערכת הבאה שתי מסות תלויות מהתקרה באמצעות גלגלת אידאלית.

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

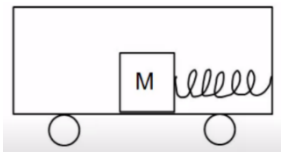
הנח כי אורך הקפיץ קבוע במהלך התנועה.

א. מהי תאוצת המסות?

ב. מהי ההתארכות של הקפיץ?

12) קפיץ במכונית נוסעת

מסה $m = 5kg$ נמצאת על רצפת מכונית.
המסה מחוברת באמצעות קפיץ חסר מסה לצד המכונית, ויכולה לנוע על הרצפה ללא חיכוך.



קבוע הקפיץ הוא: $k = 30\frac{N}{m}$.

הנח שאורך הקפיץ קבוע.

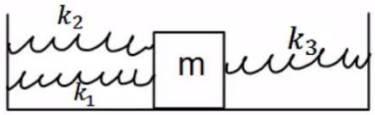
א. מהי התארכות הקפיץ אם המכונית נוסעת במהירות קבועה?

ב. מהי ההתארכות בקפיץ אם המכונית נעה בתאוצה קבועה של 2 מטר לשנייה בריבוע ימינה? ציין האם הקפיץ נמתח או מתכווץ.

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

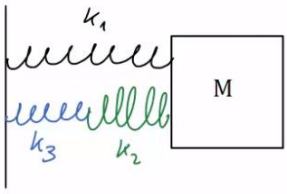
13) מסה עם שלושה קפיצים

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



נתון כי: $k_1=3\frac{N}{m}$, $k_2=5\frac{N}{m}$, $k_3=12\frac{N}{m}$.
הנח כי כל הקפיצים רפויים באותה הנקודה.
מהי תאוצת המסה כאשר היא נמצאת במרחק 20 ס"מ מנקודת שיווי המשקל?

14) שלושה קפיצים שוב



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

תשובות סופיות:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

תאוצות לא שוות:

שאלות:

1) מסה במדרון ומסה אופקית

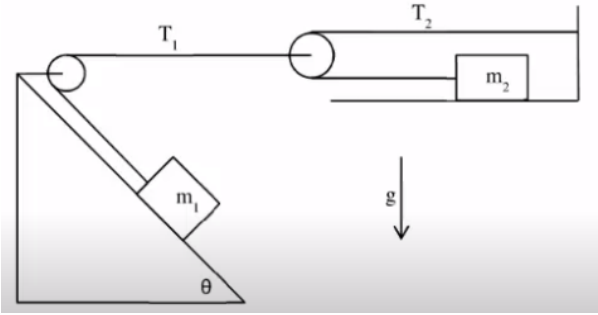
המסות m_1 ו-m_2 מחוברות על ידי חוטים וגלגלות אידאלים, ראה איור.
המישור המשופע עליו מונחת המסה m_1 חסר חיכוך בעוד שהמישור האופקי עליו מונחת m_2 הוא משטח בעל חיכוך עם מקדם חיכוך סטטי/קינטי μ.

א. קבל ביטוי פרמטרי עבור הערך של m_2 מעליו המערכת תמצא בשיווי משקל.

ב. מהו ערך זה עבור הנתונים: $m_1 = 5kg$, $\theta = 30°$, $\mu = 0.2$.

ג. אם m_2 קטן מהערך שחישבת בסעיפים הקודמים, מה תהיה תאוצת כל גוף במערכת (קבל ביטוי פרמטרי)?

ד. חשב את התאוצה עבור $m_2 = 1kg$.



תשובות סופיות:

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

ב. $m_2 = 6.25kg$

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

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

יסודות הפיזיקה א 20113

פרק 11 - כוח ציפה

תוכן העניינים

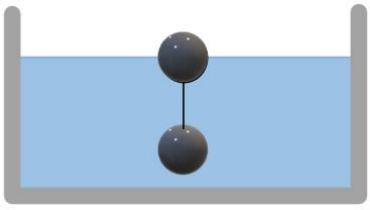
1. כוח ציפה 124

כוח ציפה:

שאלות:

1) שני כדורים קשורים בחוט בתוך המים

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



א. מהי המסה של כל כדור?

ב. מהי צפיפות המסה של כל כדור?

תשובות סופיות:

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

יסודות הפיזיקה א 20113

פרק 12 - עבודה ואנרגיה

תוכן העניינים

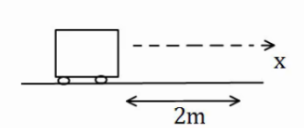
1. העבודה שמבצע כוח 125
2. אנרגיה קינטית והקשר לעבודה 127
3. אנרגיה פוטנציאלית-כובדית 128
4. אנרגיה כללית ומשפט עבודה אנרגיה 129
5. עבודת החיכוך וחום 132
6. אנרגיה פוטנציאלית אלסטית-קפיץ 133
7. חוק שימור האנרגיה- הרחבה ..... (ללא ספר)
8. סיכום הפרק ..... (ללא ספר)
9. תרגילים 134
10. הספק 148

העבודה שמבצע כוח:

שאלות:

1) דוגמה 1

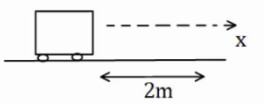
כוח F שגודלו 5N פועל על גוף הנע מרחק של שני מטרים בכיוון ציר ה-x.
חשב את עבודת הכוח אם כיוונו הוא:



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

2) דוגמה 2

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



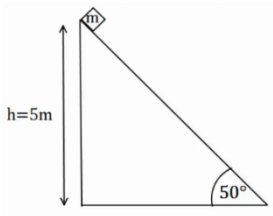
א. בכיוון ציר ה-y.
ב. בכיוון $30°$ מעל ציר ה-x השלילי.
ג. בכיוון $30°$ מתחת לציר ה-x השלילי.

3) דוגמה 3

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

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

4) דוגמה 4



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

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

5) דוגמה 5

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

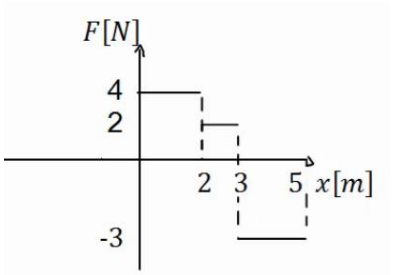
חשב את עבודת הכוחות הבאים הפעלו על הגוף:

א. $\vec{F}=(2,1)$

ב. $\vec{F}=(-3,2)$

6) כוח כתלות במיקום

נתון גרף של הכוח כתלות במיקום.



א. מהי העבודה הכוללת שמבצע הכוח הבא?

ב. מהי עבודת הכוח בשני המטרים האחרונים של התנועה?

תשובות סופיות:

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

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

3) א. $W_g=240J$ ב. $W_g=mgh$

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

5) א. $W=7J$ ב. $W=0$

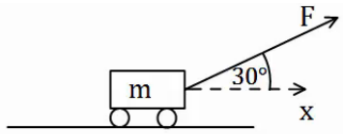
6) א. $W=4J$ ב. $W=-6J$

אנרגיה קינטית והקשר לעבודה:

שאלות:

1) כוח מושך קרונית בזווית

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

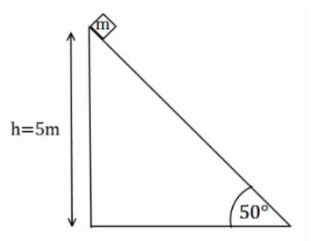


א. שרטט תרשים כוחות הפועלים על הקרונית.

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

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

2) המשך לדוגמה 4

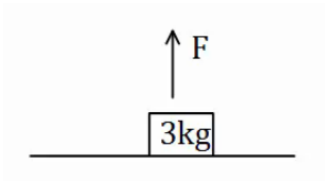


גוף שמסתו $m=2kg$ מחליק על מישור משופע מגובה 5 מטרים ועד לתחתית המישור.
זווית השיפוע של המישור היא $50°$.
מקדם החיכוך הקינטי הוא $\mu_k=0.2$.

א. מצא את עבודת הכוחות.

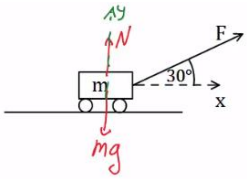
ב. מהי מהירות הגוף בתחתית המדרון, אם התחיל ממנוחה?

3) כוח מושך גוף ישר למעלה



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

תשובות סופיות:

1) א. 

ב. $W_N=0=W_g\ ,\ W_F\approx 216.51J$

ג. $v_F\approx 12.01\frac{m}{sec}$

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

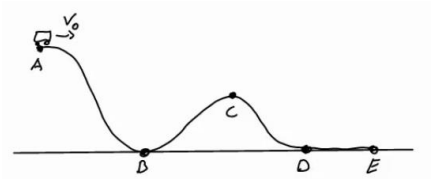
ב. $v_F\approx 9.12\frac{m}{sec}$

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

אנרגיה פוטנציאלית-כובדית:

שאלות:

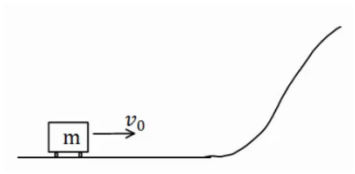
1) רכבת הרים



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

2) עגלה עולה על גבעה

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



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

ב. מה תהיה מהירותה כשתגיע חזרה לתחתית?

תשובות סופיות:

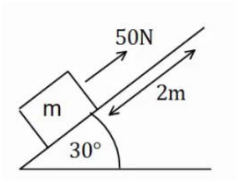
1) $v_B \approx 20.62\frac{m}{sec} = v_E = v_D$, $v_C \approx 15\frac{m}{sec}$

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

אנרגיה כללית ומשפט עבודה אנרגיה:

שאלות:

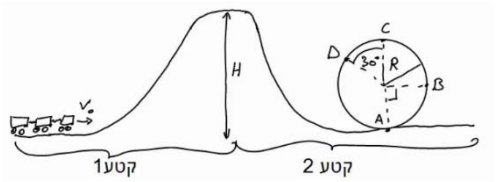
1) כוח מעלה במדרון משופע



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

2) עוד רכבת הרים

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

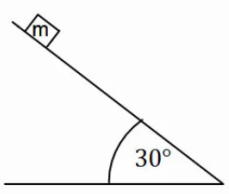


בקטע הראשון כוח F מושך את הרכבת כלפי מעלה במהירות קבועה עד לשיא הגובה H.
בשיא הגובה הכוח נפסק ולאחר מכן הרכבת נעצרת (באמצעות מעצור) למספר שניות, על מנת שהנוסעים יוכלו לפחד לקראת הנפילה.
בקטע השני הרכבת נופלת (ללא הכוח F) ומבצעת סיבוב אנכי - "לופ".
התייחס למסת הרכבת והנתונים באיור כפרמטרים נתונים.

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

ב. מצא את מהירות הרכבת בכל הנקודות המצוינות באיור.

3) מסה מחליקה במדרון



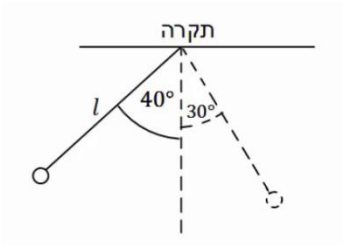
מסה $m=4kg$ מונחת במנוחה בגובה $h=5m$ על מדרון משופע.
שיפוע המדרון הוא $30°$.

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

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

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

4) מטוטלת



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

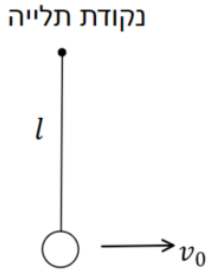
א. מהי עבודת כוח המתיחות לאורך התנועה?

ב. מהי מהירות המטוטלת בתחתית המסלול?

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

ד. מהי הזווית המקסימלית אליה תגיע המטוטלת?

5) כדור תלוי על חוט מבצע מעגל



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

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

i. מה יהיה הגובה המקסימלי אליו יגיע?

ii. מה תהיה זווית החוט המקסימלית ביחס לאנך לקרקע?

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

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

תשובות סופיות:

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

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

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

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

ד. $\theta_{max} = 40°$

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

ג. $v_P = \sqrt{32}\frac{m}{sec}$

עבודת החיכוך וחום:

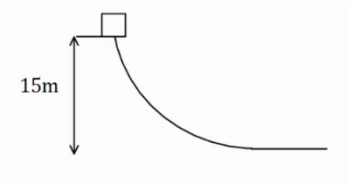
שאלות:

1) חישוב עבודה

גוף שמסתו $5kg$ מחליק במורד מישור משופע. מהירותו בראש המישור היא $3\frac{m}{sec}$, ומהירותו בתחתית המישור, הנמצאת $15m$ נמוך יותר מנקודת ההתחלה, היא $16\frac{m}{sec}$.

מהי עבודת כוח החיכוך שפעל עליו (ביחידות Joule)?

2) גוף נופל ממסלול עקום



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

תשובות סופיות:

1) $-132.5J$

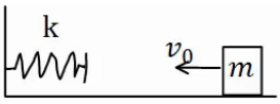
2) $Q = 275J$

אנרגיה פוטנציאלית אלסטית – קפיץ:

שאלות:

1) מסה וקפיץ במישור אופקי

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



המסה נעצרת על ידי קפיץ אופקי אידיאלי (חסר מסה)

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

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

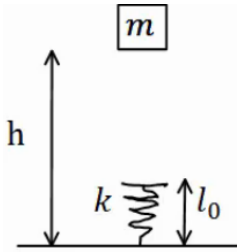
ב. מהו הכיווץ המקסימלי אליו מגיע הקפיץ?

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

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

2) מסה נופלת על קפיץ אנכי

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



קפיץ אנכי אידיאלי מחובר לרצפה.

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

א. מהי מהירות המסה רגע לפי פגיעתה בקפיץ?

ב. מהו הכיווץ המקסימלי אליו יגיע הקפיץ?

ג. מהו הגובה המקסימלי אליו תגיע המסה בחזרה?

תשובות סופיות:

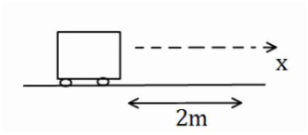
1) א. $v_F\approx 4.95\frac{m}{sec}$ ב. $\Delta x\approx 35.4cm$ ג. $v\approx 4.72\frac{m}{sec}$, $\Delta x\approx 33cm$

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

העבודה שמבצע כוח

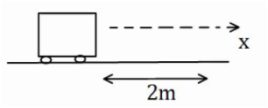
שאלות

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.

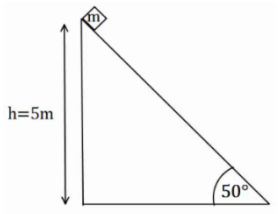
2) כוח F שגודלו 5N פועל על גוף הנע מרחק של שני מטרים בכיוון ציר ה-x.
חשב את עבודת הכוח אם כיוונו הוא:



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

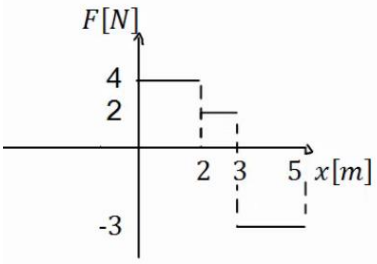
3) גוף נופל נפילה חופשית מגובה של 8 מטרים מעל הקרקע. מסת הגוף היא 3kg.
א. חשב את עבודת כוח הכובד עד לפגיעה בקרקע.
ב. חשב שוב את העבודה אם הגובה והמסה נתונים כפרמטרים: $m,\ h$.

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

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

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

3) א. $W_g=240\,j$ ב. $W_g=mgh$

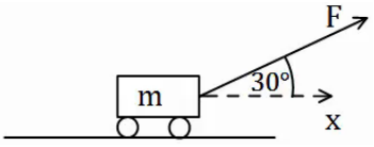
4) א. $W_N=0$ ב. $W_g=100\,j$ ג. $W_{fk}=-16.79\,j$

5) א. $W=4\,j$ ב. $W=-6\,j$

אנרגיה קינטית והקשר לעבודה

שאלות

6) כוח מושך קרונית בזווית



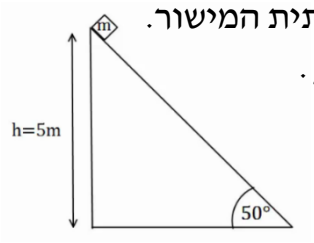
כוח $F=50N$ מושך קרונית בזווית של $30°$ מעל ציר ה- x.
מסת הקרונית היא 3 ק"ג.

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

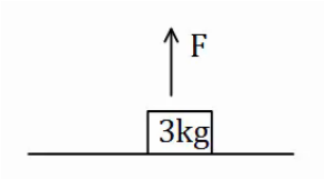


גוף שמסתו $m=2\text{kg}$ מחליק על מישור משופע מגובה 5 מטרים ועד לתחתית המישור.
זווית השיפוע של המישור היא $50°$. מקדם החיכוך הקינטי הוא $\mu_k=0.2$.

א. מצא את עבודת הכוחות.

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

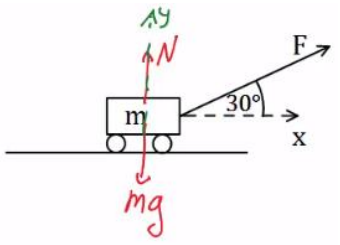
8) כוח מושך גוף ישר למעלה



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

תשובות סופיות

1) א.



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

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

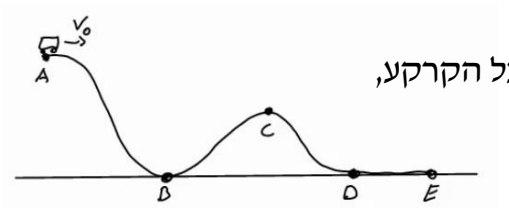
3) $v_p\approx 10.33\frac{\text{m}}{\text{sec}}$

אנרגיה פוטנציאלית כובדית

שאלות

1) רכבת הרים

רכבת הרים מתחילה בנסיעה מהנקודה A הנמצאת בגובה 20 מטרים.



מהירותה בנקודה A היא 5 מטרים לשנייה.

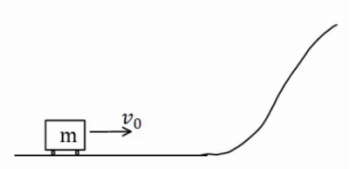
מצא את מהירותה בנקודות B,D,E הנמצאות על הקרקע,

ובנקודה C הנמצאת בגובה 10 מטרים.

2) עגלה עולה על גבעה

עגלה נעה בתחתית גבעה עם מהירות התחלתית של 20 מטר לשנייה.

אין חיכוך בין העגלה לאדמה.



א. מהו הגובה המקסימלי אליו תגיע העגלה?

לאחר שהגיעה לגובה המקסימלי מתחילה העגלה להתדרדר חזרה במורד הגבעה.

ב. מה תהיה מהירותה כשתגיע חזרה לתחתית?

תשובות סופיות

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

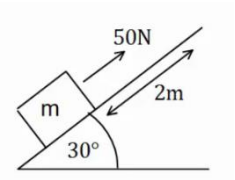
2) א. $h_{max} = 20m$ ב. $v_F = \pm v_0$

אנרגיה כללית ומשפט עבודה-אנרגיה

שאלות

1) כוח מעלה במדרון משופע

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

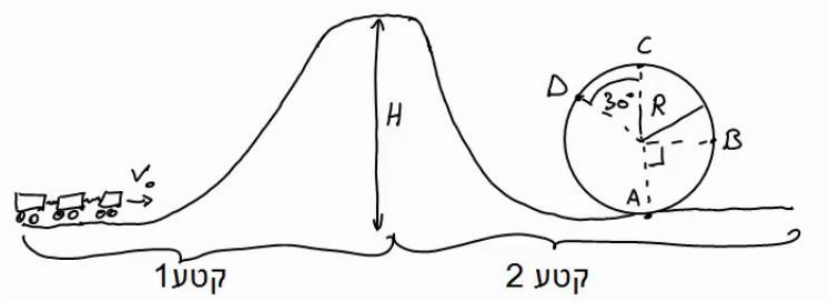


2) עוד רכבת הרים

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.



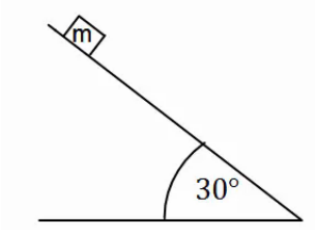
3) מסה מחליקה במדרון

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.

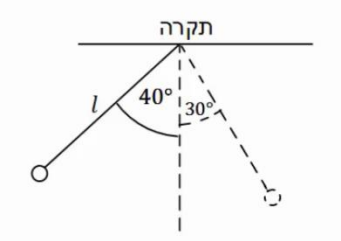
ב. חזור על סעיף א' עבור מקרה בו יש חיכוך קינטי ומקדם החיכוך הוא $\mu_k=0.2$.

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



4) מטוטלת

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



א. מהי עבודת כוח המתיחות לאורך התנועה?
ב. מהי מהירות המטוטלת בתחתית המסלול?
ג. מהי מהירות המטוטלת לאחר שעלתה זווית של $30°$?
ד. מהי הזווית המקסימלית אליה תגיע המטוטלת?

תשובות סופיות

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

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

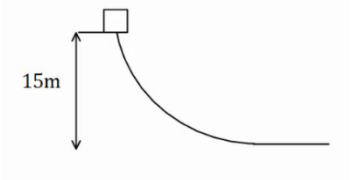
3) א. $v_F = 10\frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ב. $v_F \approx 8.08\frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ג. $v_F \approx 19.11\frac{\text{m}}{\text{sec}}$

4) א. $W_T = 0$ ב. $v_F \approx 1.55\frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ג. $v_F \approx 1.03\frac{\text{m}}{\text{sec}}$
ד. $\theta_{\max} = 40°$

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

1) $Q = 275j$

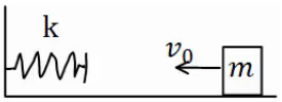
אנרגיה פוטנציאלית אלסטית – קפיץ

שאלות

1) מסה וקפיץ במישור אופקי

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

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



הקפיץ רפוי לפני פגיעת המסה.

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

ב. מהו הכיווץ המקסימלי אליו מגיע הקפיץ?

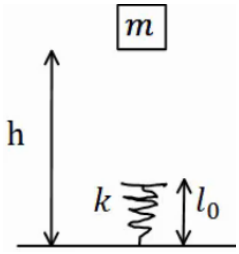
ג. חזור על סעיפים א' ו-ב' אם בין המסה למשטח יש חיכוך.

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

2) מסה נופלת על קפיץ אנכי

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

קפיץ אנכי אידיאלי מחובר לרצפה.



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

א. מהי מהירות המסה רגע לפי פגיעתה בקפיץ?

ב. מהו הכיווץ המקסימלי אליו יגיע הקפיץ?

ג. מהו הגובה המקסימלי אליו תגיע המסה בחזרה?

תשובות סופיות

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

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

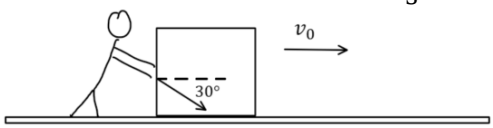
עבודה ואנרגיה – תרגילים

שאלות

1) אדם דוחף ארגז בזווית

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

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



א. ציירו תרשים כוחות על הארגז.

ב. חשבו את העבודה שמבצע כל אחד מהכוחות.

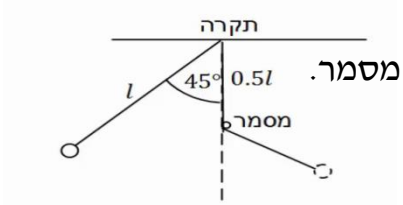
ג. מהו הכוח השקול (גודל וכיוון) ומהי העבודה שמבצע הכוח השקול?
ודאו כי התוצאה מתיישבת עם התוצאה של סעיף ב׳.

ד. חשבו את מהירותו הסופית של הארגז, משיקולי אנרגיה.

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

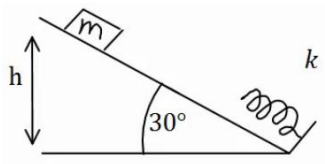
2) מטוטלת עם מסמר

מטוטלת תלויה מהתקרה באמצעות חוט אידיאלי באורך $\ell = 80\text{cm}$.
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.



3) גוף מחליק על מישור משופע ונתקע בקפיץ

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

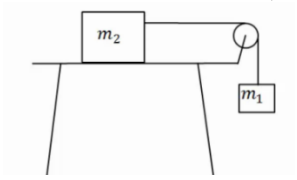


א. מהו הכיווץ המקסימלי של הקפיץ ומהו הגובה
המקסימלי אליו תחזור המסה אם המשטח חלק?

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

4) מסה על שולחן ומסה תלויה

מסה, $m_2 = 4\text{kg}$, 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.



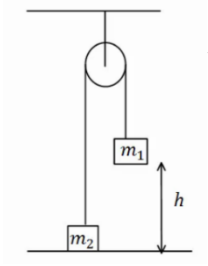
א. מצא את מהירות הפגיעה בקרקע של m_1, אם השולחן חלק.

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 כחום במקרה של סעיף ג'? חשב בשתי צורות.

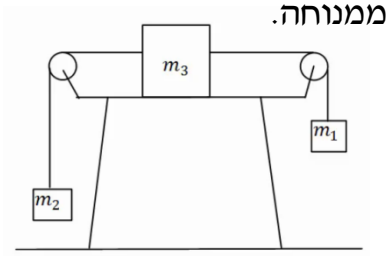
5) שתי מסות תלויות מהתקרה



במערכת הבאה המסות תלויות מהתקרה באמצעות גלגלת אידיאלית.
נתון $m_1 > m_2$, והגובה ההתחלתי של m_1 הוא h.
מצא את מהירות הפגיעה בקרקע של m_1,
אם המערכת מתחילה ממנוחה.

6) מסה על שולחן ושתי מסות באוויר

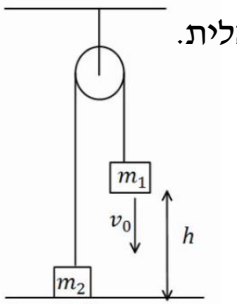
במערכת הבאה שלוש מסות. $m_1 = 5\text{kg}, m_2 = 2\text{kg}, m_3 = 3\text{kg}$.
כל הגלגלות והחוטים אידיאליים. המערכת מתחילה ממנוחה.



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

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

7) שתי מסות תלויות מהתקרה ודחיפה

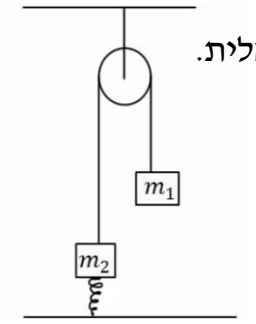


במערכת הבאה המסות תלויות מהתקרה באמצעות גלגלת אידיאלית.
נתון $m_1 < m_2$ והגובה ההתחלתי של m_1 הוא h.
נותנים ל-m_1 מהירות התחלתית כלפי מטה שגודלה v_0.

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

ב. מצא את מהירות הפגיעה בקרקע של m_2.

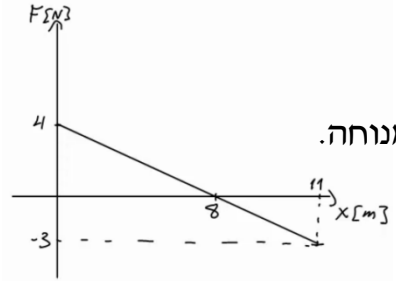
8) שתי מסות תלויות מהתקרה וקפיץ



במערכת הבאה המסות תלויות מהתקרה באמצעות גלגלת אידיאלית.
המסה m_2 מחוברת לרצפה באמצעות קפיץ אידיאלי.
משחררים את המערכת ממנוחה במצב בו הקפיץ רפוי.
נתון: $m_1 = 4\text{kg}\ , m_2 = 2\text{kg},\ k = 10\frac{N}{m}$.

א. מהי התארכות הקפיץ במצב שיווי משקל?
ב. מהי התארכות המסות במצב שיווי משקל?
ג. מהי ההתארכות המקסימלית של הקפיץ?

9) גרף של כוח



נתון גרף של כוח הפועל על גוף כתלות במיקום.
הכוח הוא הכוח היחיד הפועל על הגוף.
מסת הגוף היא $m = 2\text{kg}$ והגוף מתחיל תנועתו ממנוחה.

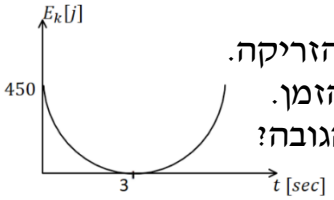
א. מצא את מהירות הגוף ב- $x = 18\text{m}$.
ב. מצא את מהירות הגוף ב- $x = 6\text{m}$.

10) כדור מקפץ מאבד אנרגיה

כדור נופל ממנוחה לרצפה מגובה 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?

11) זריקה אנכית עם גרף של אנרגיה קינטית



כדור שמסתו 1 ק"ג נזרק אנכית כלפי מעלה.
מישור הייחוס של האנרגיה הפוטנציאלית נבחר בנקודת הזריקה.
הגרף הנתון מתאר את האנרגיה הקינטית כפונקציה של הזמן.

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

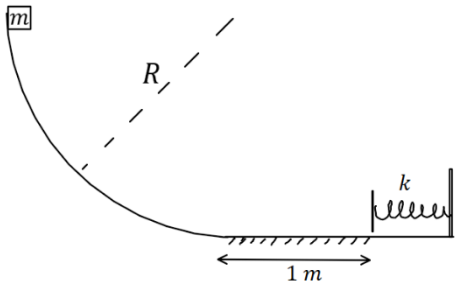
12) גוף מחליק על חצי מעגל ומכווץ קפיץ

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

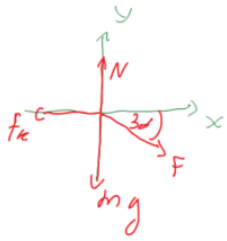
א. מהי מהירות הגוף ברגע פגיעתו בקפיץ?

ב. מהו קבוע הקפיץ?

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



תשובות סופיות

1) א. 

ב. $W_N = W_{mg} = 0,\ \ W_F = 690\,\text{j},\ \ W_{f_k} = -200\,\text{j}$

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

2) $\theta_{\max} = 65.53°$

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

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

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

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

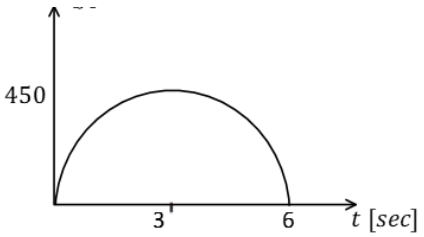
6) א. $v = \sqrt{6\Delta x}$ ב. $v = \sqrt{4.8\Delta x}$

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

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

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

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

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


ד.1. $-450\,\text{j}$ .2 $-300\,\text{j}$

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

הספק

שאלות

1) דוגמה 1

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

א. מהי העבודה שהתבצעה על המכונית?

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

2) דוגמה 2

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

3) הספק ממוצע לשנות מהירות

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

4) רכבת צעצוע חשמלית

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

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

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

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

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

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

5) הספק כאשר נתון המיקום כתלות בזמן

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

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

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

ב. מהו ההספק של הכוח ב- $t=2\sec$?

תשובות סופיות

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

2) $p = 11.18\mathrm{HP}$

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

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

ד. $W_{3\to 2} = 1200\,\mathrm{j}$ ה. $p = 97.7\mathrm{W}$

5) א. $W = 144\,\mathrm{j}$ ב. $p(t=2) = 56\mathrm{W}$

הספק:

שאלות:

1) דוגמה 1

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

א. מהי העבודה שהתבצעה על המכונית?

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

2) דוגמה 2

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

3) הספק ממוצע לשנות מהירות

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

4) רכבת צעצוע חשמלית

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

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

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

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

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

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

5) הספק כאשר נתון מיקום כתלות בזמן

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

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

ב. מהו ההספק של הכוח ב- $t=2\sec$?

תשובות סופיות:

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

2) $p=11.18HP$

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

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

ד. $W_{3\to 2}=1200J$ ה. $p=97.7W$

5) א. $W=144J$ ב. $p(t=2)56W$

יסודות הפיזיקה א 20113

פרק 13 - תרגילים לחזרה עד עבודה ואנרגיה כולל

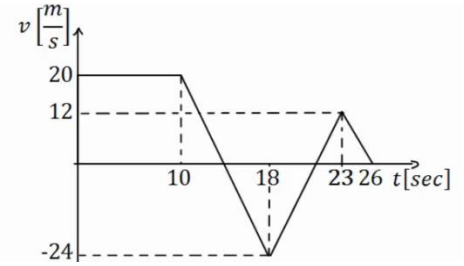
תוכן העניינים

1. תנועה בקו ישר -שאלה עם גרף 150
2. תנועה במישור- רקטה ממסתור 152
3. אנרגיות וזריקה משופעת- בוכנה עם קפיץ 153
4. כוח מושך במורד מדרון 154
5. חוק שני וחום- בלאגן שלם 155

תנועה בקו ישר – שאלה עם גרף:

שאלות:

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



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

ב. שרטט גרף של תאוצת הגוף כתלות בזמן.

ג. מתי העתק הגוף מקסימלי? ומהו גודלו?

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

ה. רשום משוואת מהירות-זמן עבור הגוף.

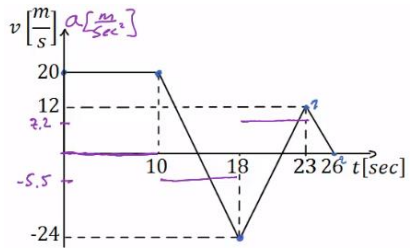
ו. רשום משוואת מיקום-זמן עבור הגוף.

ז. שרטט גרף מקום-זמן עבור הגוף.

תשובות סופיות:

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

ב.



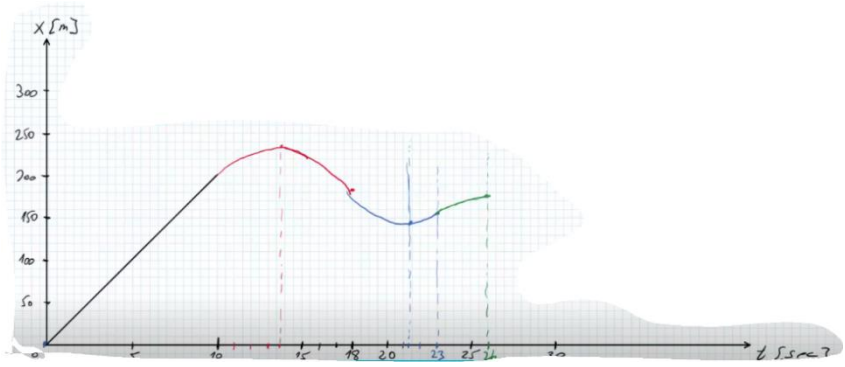
ג. בזמן : $t\approx 13.64$, הגודל : $\Delta x_{\max}=236.4\text{m}$.

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

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

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

ז.



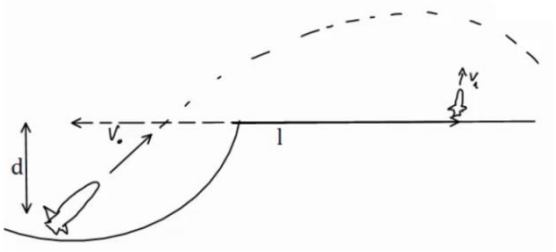
תנועה במישור – רקטה ממסתור:

שאלות:

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

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

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



תשובות סופיות:

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

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

אנרגיות וזריקה משופעת – בוכנה עם קפיץ:

שאלות:

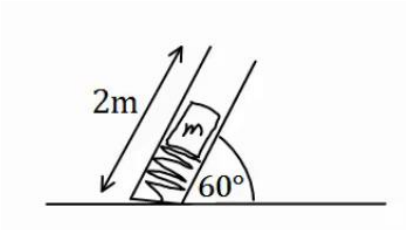
1) מכניסים מסה 4kg לתוך בוכנה המכילה קפיץ רפוי.
אורכו הרפוי של הקפיץ הוא כאורך הבוכנה 2m.
הבוכנה נמצאת בזווית 60 מעלות ביחס לקרקע.
לוחצים את המסה לתוך הבוכנה כך שהקפיץ מתכווץ 1 מטר ומשחררים.
קבוע הקפיץ הוא: $k=200\frac{\text{N}}{\text{m}}$.

א. מהי מהירות המסה ביציאה מהבוכנה?

ב. מהו הגובה המקסימלי אליו תגיע המסה?

ג. מהו המרחק מתחתית הבוכנה בו תפגע המסה בקרקע?

ד. מהי מהירות המסה בפגיעה, גודל וכיוון?



תשובות סופיות:

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

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

כוח מושך במורד מדרון:

שאלות:

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

א. האם המסה מתנתקת מהמדרון?

ב. מהי עבודת הכוח F אם הגוף נע 3 מטרים במורד המדרון?

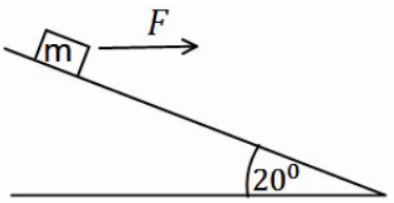
ג. מהי עבודת כוח הכובד באותה הדרך?

ד. מהי עבודת החיכוך?

ה. מהי עבודת הנורמל?

ו. מהו השינוי באנרגיה הקינטית של הגוף?

ז. מהי מהירות הגוף בסוף הקטע אם התחיל תנועתו ממהירות של 2 מטרים לשניה?



תשובות סופיות:

1) א. לא.
ב. $W_F=84.57J$
ג. $W_g=41.04$
ד. $W_{fk}\approx -16.4J$
ה. $W_N=0$
ו. $\Delta E_k=109.21J$
ז. $v\approx 7.66\frac{m}{sec}$

חוק שני וחום – בלאגן שלם:

שאלות:

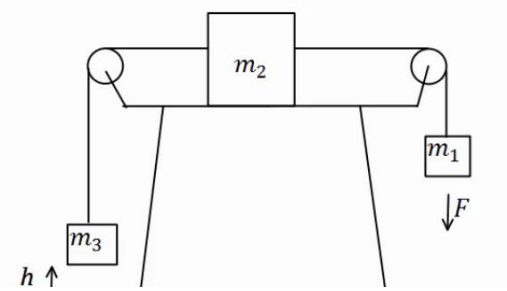
1) במערכת הבאה גדלי המסות הן : $m_1=1kg, m_2=2kg, m_3=3kg$ ברגע $t=0$.
המערכת נמצאת במנוחה והגובה של m_3 מעל הקרקע הוא $h=50cm$.
באותו הרגע פועל כוח $F=32N$ על m_1 במשך 2 שניות.
הנח ש-m_2 לא פוגעת באף גלגלת במהלך התנועה ו-m_1 לא פוגעת בקרקע.
בין m_2 למשטח יש חיכוך ומקדם החיכוך הוא $\mu_k=0.2$.

א. מהי תאוצת המערכת?

ב. מהו הגובה המקסימלי אליו מגיעה m_3?

ג. מתי תפגע m_3 ברצפה?

ד. כמה חום נוצר במהלך כל התנועה?



תשובות סופיות:

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

יסודות הפיזיקה א 20113

פרק 14 - מתקף ותנע

תוכן העניינים

1. מתקף 156
2. תנע ושימור תנע 157
3. התנגשות אלסטית 161
4. התנגשות פלסטית ורתע 162
5. מקרים מיוחדים 163
6. תרגילים נוספים 164

מתקף:

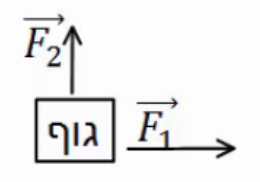
שאלות:

1) שחקן בועט בכדור

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

2) חישוב מתקף כולל

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



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

א. חשב את המתקף של כל כוח בנפרד.

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

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

תשובות סופיות:

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

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

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

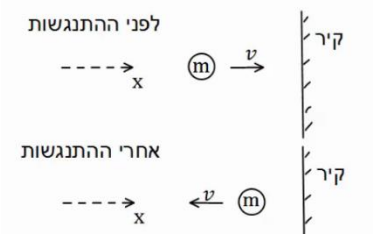
ג. $\sum\vec{F} = 2\hat{x}+3\hat{y}$, גודל: $\left|\vec{J}_T\right| \approx 1.8\text{N}\cdot\text{sec}$.

תנע ושימור תנע:

שאלות:

1) כדור מתנגש בקיר

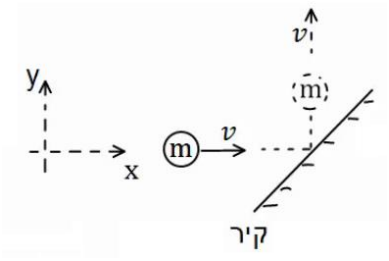
כדור בעל מסה $m=0.5kg$ נע במהירות $v=5\frac{m}{sec}$ בכיוון ציר ה- x.
ברגע מסויים הכדור מתנגש בקיר וחוזר חזרה באותה מהירות.
התעלם מכוח הכובד.



א. מהו התנע של הכדור לפני ההתנגשות?
ב. מהו התנע של הכדור לאחר ההתנגשות?
ג. מהו השינוי בתנע?
ד. מהו המתקף שהפעיל הקיר על הכדור?
ה. מהו הכוח הנורמלי הממוצע שהפעיל הקיר על הכדור, אם משך זמן ההתנגשות היה 0.2 שניה.

2) כדור מתנגש בקיר משופע

כדור בעל מסה $m=0.2kg$ נע במהירות $v=3\frac{m}{sec}$ בכיוון ציר ה- x.
ברגע מסוים הכדור מתנגש בקיר משופע.
לאחר ההתנגשות הכדור נע בכיוון החיובי של ציר ה- y באותו גודל של מהירות.
התעלם מכוח הכובד.



א. מהו התנע של הכדור לפני ההתנגשות?
ב. מהו התנע של הכדור לאחר ההתנגשות?
ג. מהו השינוי בתנע?
ד. מהו המתקף שהפעיל הקיר על הכדור?
ה. מהו הכוח הנורמלי הממוצע שהפעיל הקיר על הכדור, אם משך זמן ההתנגשות היה 0.1 שנייה?

3) כדור מתנגש בכדור במנוחה

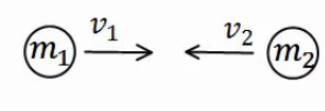
כדור 1 בעל מסה $m_1 = 2kg$ נע במהירות $v_1 = 20\frac{m}{sec}$ בכיוון ציר ה-x.
ברגע מסוים הכדור פוגע בכדור 2 הנמצא במנוחה.
מסת הכדור השני היא $m_2 = 3kg$.

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

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

4) שני כדורים נעים אחד כלפי השני

שני כדורים נעים אחד כלפי השני ומתנגשים ברגע מסוים.
מסות הכדורים והמהירות שלהם לפני ההתנגשות הן: $m_1 = 4kg$, $m_2 = 3kg$, $v_1 = 10\frac{m}{sec}$, $v_2 = 15\frac{m}{sec}$.



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

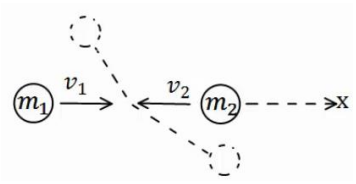
א. מהו התנע הכולל לפני ההתנגשות?
ב. השתמש בחוק שימור התנע ומצא את מהירותו של כדור 1 לאחר ההתנגשות.
ג. מהו המתקף שפעל על כדור 1?
ד. מהו המתקף שפעל על כדור 2?
ה. מהו המתקף שפעל על כל המערכת?

5) התנגשות דו-מימדית

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

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

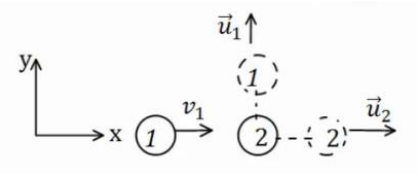
הכדורים מתנגשים ולאחר ההתנגשות כדור אחד נע בזווית של 30 מעלות מתחת לציר ה-x וכדור 2 נע בזווית של 120 מעלות עם ציר ה-x החיובי.



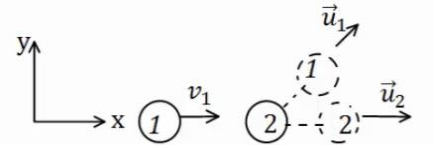
א. מצא את גודל מהירויות הכדורים לאחר ההתנגשות.
ב. מה המתקף שפעל על כל כדור?

6) איזה התנגשות אפשרית

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



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



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

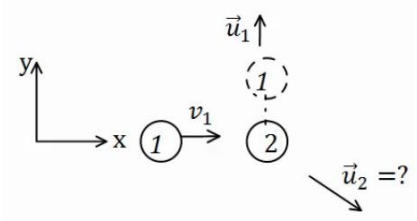
ג. האם יתכן שכדור מספר 1 נע בכיוון החיובי של ציר ה- x לאחר ההתנגשות?

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

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

7) מציאת המהירות של כדור 2

כדור מספר 1 נע בכיוון החיובי של ציר ה-x.



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

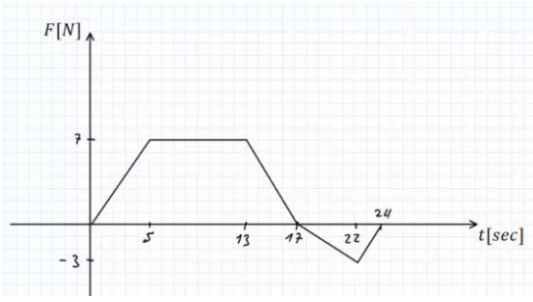
מהירותו של כדור 1 לאחר ההתנגשות היא $u_1 = 8\frac{\text{m}}{\text{sec}}$ (בכיוון ציר ה- y החיובי בלבד).

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

ב. מהו גודלה של המהירות ומהו כיוונה?

8) גרף של כוח כתלות בזמן

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



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

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

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

תשובות סופיות:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

6) א. לא. ב. לא. ג. כן. ד. כן. ה. לא.

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

8) א. $v_F(t=17\text{sec})=43.75\frac{m}{\text{sec}}$, $J=87.5\text{N}\cdot\text{sec}$

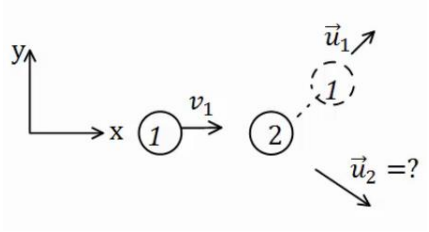
ב. $v(t=24\text{sec})=38.5\frac{\text{m}}{\text{sec}}$, $J=77N\cdot\text{sec}$

ג. $J_{17<t<24}=-10.5$, המשמעות של הסימן שהכוח שמפעיל את המתקף פועל בכיוון השלילי.

התנגשות אלסטית:

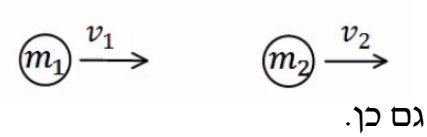
שאלות:

1) התנגשות אלסטית



כדור בעל מסה $m_1 = 2kg$ פוגע בכדור שני הנמצא במנוחה. מהירותו של הכדור הראשון לפני ההתנגשות היא $v_1 = 20\frac{m}{sec}$.
נתון כי מהירותו של הכדור הראשון לאחר ההתנגשות היא $u_1 = 10\frac{m}{sec}$ בזווית של 45 מעלות ביחס לכיוון פגיעתו.
מצא את מהירות הכדור השני ומסתו, אם ידוע שההתנגשות היא אלסטית.

2) התנגשות אלסטית מצחית



גוף בעל מסה $m_1 = 5kg$ נע על ציר ה- x ומתנגש בגוף אחר בעל מסה $m_2 = 8kg$, הנע על ציר ה- x גם כן.

מהירויות הגופים לפני ההתנגשות הן: $v_2 = 5\frac{m}{sec}\hat{x}$, $v_1 = 20\frac{m}{sec}\hat{x}$, בהתאמה.
ידוע שההתנגשות היא פלסטית ומצחית.
מצא את מהירויות הגופים לאחר ההתנגשות.

תשובות סופיות:

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

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

התנגשות פלסטית ורתע:

שאלות:

1) קליע נתקע בבול עץ

קליע נע במהירות $v_1 = 100\frac{m}{sec}$ לעבר בול עץ הנמצא במנוחה. הקליע חודר לבול העץ ונתקע בתוכו.
מסת הקליע היא $m = 20gr$ ומסת בול העץ היא $M = 5kg$.
מצא את המהירות המשותפת של הגופים לאחר הפגיעה.

2) קליע נורה מרובה

כדור נורה מרובה הנמצא במנוחה.
מהירות הכדור לאחר הירי היא $u_1 = 100\frac{m}{sec}$, ומסת הכדור היא $m = 20gr$.
מהי מהירות הרובה, אם מסת הרובה היא $M = 3kg$?

3) טיל מתפרק

טיל טס באוויר במהירות $v = 540\frac{km}{hr}$ בקו ישר, מסת הטיל היא $M = 50kg$.
ברגע מסוים הטיל מתפוצץ לשני חלקים. מסת החלק הראשון היא $m_1 = 20kg$.
מצא את מהירות החלק השני במקרים הבאים:

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

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

תשובות סופיות:

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

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

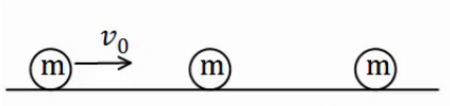
3) א. $u_2 = 948\frac{km}{hr}$ ב. $u_{2_y} = 33.34\frac{m}{sec}$, $u_{2_x} \approx 192.3\frac{m}{sec}$

מקרים מיוחדים:

שאלות:

1) פגיעה כפולה

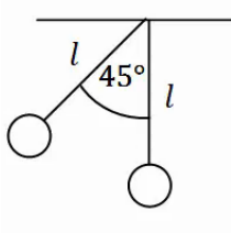
שלושה כדורים זהים נמצאים על מישור אופקי חלק.
הכדור השמאלי נע במהירות v_0 כלפי הכדור האמצעי.
מצא את מהירויות כל אחד מהגופים לאחר כל התנגשות, אם:



א. כל ההתנגשויות הן אלסטיות מצחיות.
ב. כל ההתנגשויות הן פלסטיות.

2) מטוטלת פוגעת במטוטלת

שני כדורים זהים תלויים באמצעות חוטים בעלי אורך זהה l.
מסיתים את הכדור השמאלי בזווית של 45 מעלות ומשחררים אותו ממנוחה.



א. מהי מהירותו רגע לפני הפגיעה בכדור הימני?
ב. מהי מהירות הכדור השמאלי לאחר הפגיעה אם ההתנגשות היא אלסטית?
ג. מהי הזווית המקסימלית אליה יגיע הכדור לאחר הפגיעה?
ד. מה יקרה לאחר מכן?
ה. חזור על סעיפים ב' , ג' אם ההתנגשות היא פלסטית.

3) מקדם תקומה

גוף בעל מסה m נע במהירות v על משטח אופקי חלק ומתנגש בגוף בעל מסה $3m$ הנמצא במנוחה. נתון כי ההתנגשות חד ממדית ומקדם התקומה הוא 0.8.
מצא את מהירות הגופים לאחר ההתנגשות.

תשובות סופיות:

1) א. הכדור הראשון והשני מהירותם 0, והכדור השלישי מהירותו v_0.

ב. $\tilde{u} = \frac{v_0}{3}$.

2) א. $v = \sqrt{0.58gl}$ ב. $u_2 = v = \sqrt{0.58gl}$ ג. $\theta_{max} = 45°$

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

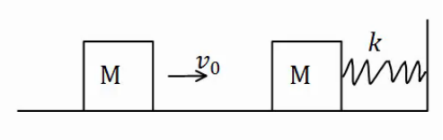
3) $u_1 = -0.35v$, $u_2 = 0.45v$

תרגילים נוספים:

שאלות:

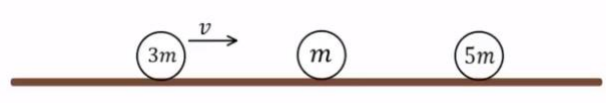
1) שתי מסות וקפיץ

מסה M נעה במהירות v_0 ומתנגשת במסה זהה נוספת הנמצאת במנוחה.
המסה הנוספת מחוברת לקפיץ רפוי.
קבוע הקפיץ, המהירות ההתחלתית והמסות נתונים.
מצא את הכיווץ המקסימלי, אם:



א. ההתנגשות היא פלסטית.
ב. ההתנגשות אלסטית.
ג. חשב את המתקף שפעל על כל גוף בכל אחד מהמקרים.

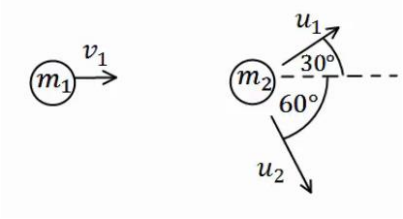
2) שלושה כדורים



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

א. מהי מהירות הכדורים m ו-3m לאחר ההתנגשות הראשונה?
ב. מהי המהירות המשותפת של הכדורים m ו-5m לאחר ההתנגשות השנייה?
ג. כמה זמן חלף מרגע ההתנגשות הראשונה עד לרגע ההתנגשות השלישית, זו של הכדור 3m בכדורים הדבוקים?

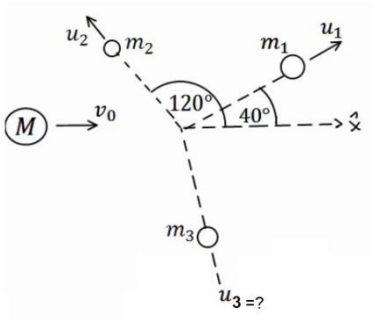
3) איבוד אנרגיה



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

א. מצא את מהירות הגופים לאחר ההתנגשות.
ב. האם ההתנגשות אלסטית?
אם לא, כמה אנרגיה אבדה בהתנגשות?

4) פצצה



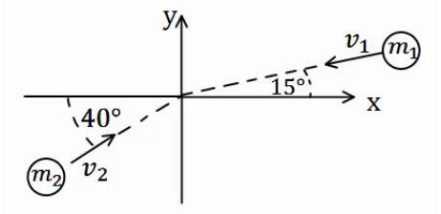
פצצה בעלת מסה $M=13kg$ נעה באוויר במהירות קבועה $v_0=100\frac{m}{sec}$. ברגע מסוים הפצצה מתפוצצת לשלושה חלקים קטנים יותר.
מסת החלק הראשון היא $m_1=4kg$ והוא נע במהירות $u_1=80\frac{m}{sec}$ בזווית של 40 מעלות ביחס לכיוון המקורי.

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

5) שני גופים שני מימדים

שני גופים, בעלי מסות: $m_2=3kg$, $m_1=2kg$, נעים לכיוון הראשית.

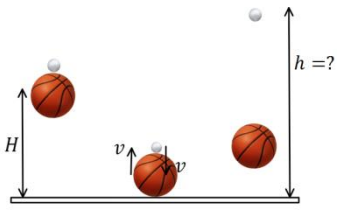
מהירויות הגופים הן: $v_2=10\frac{m}{sec}$, $v_1=20\frac{m}{sec}$, בהתאמה, וכיוונם נתון באיור.
הגופים מתנגשים בראשית.
מצא את מהירות הגופים לאחר ההתנגשות, אם:



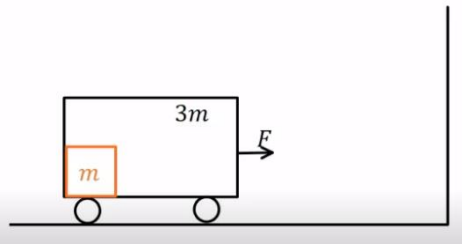
א. ההתנגשות היא פלסטית.
ב. ההתנגשות היא אלסטית, והגוף נע בכיוון החיובי של ציר ה- y לאחר ההתנגשות.

6) כדור גולף על כדורסל

כדור גולף וכדור כדורסל מוחזקים במנוחה אחד מעל השני בגובה $H=1.5m$.
משחררים אותם ליפול ממנוחה.
מה יהיה הגובה המרבי אליו יגיע כדור הגולף,
אם נניח שכל ההתנגשויות אלסטיות ומצחיות.
מסת כדור הגולף היא $m=46gr$,
ומסת הכדורסל היא $M=624gr$.



7) ארגז בתוך קרונית המתנגשת בקיר



ארגז שמסתו m מונח בתוך קרונית סגורה בצמוד לדופן השמאלי של הקרונית.
מסת הקרונית היא 3m והיא מתחילה ממנוחה.
מפעילים כוח F קבוע ימינה במשך T שניות.
אין חיכוך בין הקרונית לקרקע.
נתון: m , T , F.

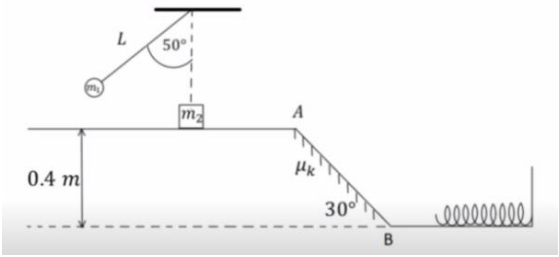
א. מהי מהירות הקרונית בתום הזמן T?
ב. מהו הכוח N שהארגז מפעיל על הדופן השמאלית של הקרונית?
ג. בתום פעולת הכוח הקרונית מתנגשת בקיר התנגשות אלסטית לחלוטין. הארגז ממשיך את תנועתו מלפני ההתנגשות עד אשר הוא מתנגש בדופן הימנית של הקרונית התנגשות פלסטית. מהי מהירות הקרונית לאחר ההתנגשות השנייה בארגז?
ד. כמה אנרגיה הלכה לאיבוד בהתנגשות הפלסטית של הארגז בדופן הימנית?

8) מטוטלת פוגעת במסה שנע במדרון עם קפיץ

גוף בעל מסה $m_1 = 1kg$ קשור לתקרה באמצעות חוט שאורכו $L = 0.6m$.
מסיטים את החוט בזווית $50°$ מהאנך לתקרה ומשחררים ממנוחה.
בתחתית המסלול של תנועתו מתנגש הגוף בגוף שני בעל מסה $m_2 = 2kg$
הנמצא במנוחה על משטח אופקי חלק.
גובה המשטח מעל הקרקע הוא $0.4m$.

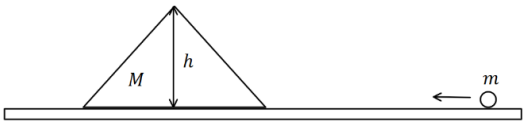
מיד לאחר ההתנגשות גוף 1 מקבל מהירות של $0.4\frac{m}{sec}$ אחורה וגוף 2 נע קדימה.
בנקודה A גוף 2 עובר למישור משופע לא חלק בעל מקדם חיכוך $\mu_k = 0.1$ וזווית שיפוע $30°$. בנקודה B גוף 2 חוזר למישור אופקי חלק בגובה הקרקע ומתנגש בקפיץ בעל קבוע $k = 200\frac{N}{m}$.

א. מהי המהירות של גוף 1 רגע לפני ההתנגשות?
ב. מהי המהירות של גוף 2 מיד לאחר ההתנגשות?
ג. מהי המהירות של גוף 2 בנקודה B?
ד. מהי ההתכווצות המקסימלית של הקפיץ?
ה. מהי המהירות של גוף 2 כאשר הקפיץ מכווץ בחצי מהכיווץ המקסימלי?



9) כדור עולה על מדרון משולש

מדרון משולש בעל גובה $h=3m$ חופשי לנוע מעל משטח אופקי חלק (ללא חיכוך).



מסת המדרון היא: $M=15kg$.

מגלגלים כדור בעל מסה $m=5kg$ על המשטח לכיוון המדרון.

התייחס לכדור כאל גוף נקודתי.

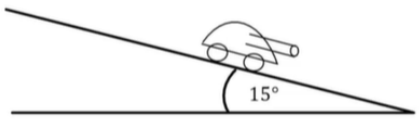
א. מה צריכה להיות המהירות שבה מגלגלים את הכדור כך שהוא יעצור (ביחס למדרון) בדיוק לפני שהוא עובר את שיא הגובה של המדרון?

ב. מהי מהירות המדרון ברגע שהכדור מגיע לשיא הגובה?

ג. מהי המהירות הסופית של המדרון והכדור?

10) טנק יורה פגזים ועולה במדרון**

טנק שמסתו 800 ק״ג (טנק קל מאוד) נמצא ברגע מסוים במנוחה על מדרון משופע בזווית של 15 מעלות. הטנק יורה שני פגזים במרווח של 2 שניות בין הירי הראשון לשני.



מסת כל פגז היא 20 ק״ג והוא נורה במהירות לוע של 400 מטר לשנייה במקביל ובמורד למדרון.

הניחו שלטנק גלגלים והחיכוך בינו למדרון זניח.

מה ההעתק המקסימאלי שיעשה הטנק במעלה המדרון?

תשובות סופיות:

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

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

2) א. $u_2=\frac{3}{2}v$, $u_1=\frac{1}{2}v$ ב. $u=\frac{1}{4}v$ ג. $t=10\sec$

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

4) $u_{3_x}\approx 152\frac{m}{sec}$, $u_{3_y}\approx -32\frac{m}{sec}$

5) א. $u_x\approx -3.13\frac{m}{sec}$, $u_y\approx 1.79\frac{m}{sec}$

ב. $u_{1_x}\approx -7.83\frac{m}{sec}$, $u_{1_y}\approx -15.20\frac{m}{sec}$, $u_2=13.11\frac{m}{sec}$

6) $h\approx 12.3m$

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

8) א. $v=2.07\frac{m}{sec}$ ב. $u_2\approx 1.235\frac{m}{sec}$ ג. $v_B=2.853\frac{m}{sec}$

ד. $\Delta l_{max}\approx 0.285m$ ה. $v=2.47\frac{m}{sec}$

9) א. $v_0=8.94\frac{m}{sec}$ ב. $u=\sqrt{5}\frac{m}{sec}$ ג. $u_1'=2\sqrt{5}\frac{m}{sec}$, $u_2'=-2\sqrt{5}\frac{m}{sec}$

10) $x(t=5.82)\approx 60m$

יסודות הפיזיקה א 20113

פרק 15 - מומנט התמד -

תוכן העניינים

1. הקדמה - גוף קשיח וציר סיבוב ..... (ללא ספר)

יסודות הפיזיקה א 20113

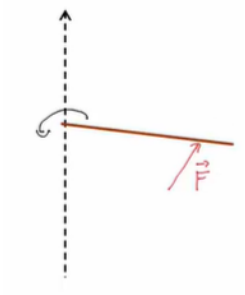
פרק 16 - מומנט כוח -

תוכן העניינים

1. מומנט כוח - הסבר 169
2. מכפלה וקטורית ..... (ללא ספר)
3. תרגיל - מומנטים על משולש 170
4. משוואת מומנטים ..... (ללא ספר)
5. תרגיל - שני פועלים מחזירים מנשא 171
6. תרגילים מסכמים 172
7. פיתוח, מדוע מתייחסים לכוח הכובד כאילו פועל במרכז המסה ..... (ללא ספר)

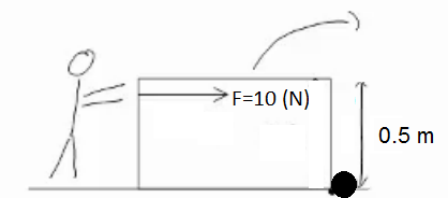
מומנט כוח - הסבר:

שאלות:



1) דוגמה לחישוב מומנט (מוט)

נתון מוט אשר מקובע בקצהו ומסתובב נגד כיוון השעון.
מופעל כוח F.
חשב את מומנט הכוח.



2) מרחק אפקטיבי דוגמה

אדם דוחף ארגז בגובה 0.5m ומפעיל כוח F
(ראה תמונה).
לארגז אין חיכוך עם המשטח.
האדם דוחף את הארגז ללא כל בעיה עד
שנתקע באבן והארגז מתהפך
(מיקום האבן הופך לציר הסיבוב).
חשב את מומנט הכוח.

תשובות סופיות:

1) $\vec{\tau} = F_0 \times \hat{z}$

2) $|\vec{\tau}| = 10 \cdot 0.5\text{m}$

תרגיל - מומנטים על משולש:

שאלות:

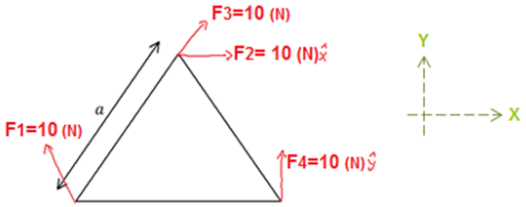
1) מומנטים על משולש

המשולש בתמונה הוא משולש שווה צלעות עם אורך צלע נתונה a.

א. חשב את המומנטים של הכוחות בתמונה סביב הפינה השמאלית של המשולש.

ב. נתונה המסה של המשולש M ונתון גם כי מרכז המסה של המשולש נמצא בנק': $\left(\frac{1}{2}a\ ,\ \frac{1}{2\sqrt{3}}a\right)$.
חשב את מומנט הכוח של כוח הכובד.

ג. חשב שוב את המומנטים סביב ציר העובר במרכז המסה של המשולש, הנח כי הזווית בין F_1 לדופן המשולש היא 60 מעלות.



תשובות סופיות:

1) א. $\tau_1 = 0!\ ,\ \vec{\tau}_2 = -5\cdot\sqrt{3}a\ ,\ \vec{\tau}_3 = 0!\ ,\ \tau_4 = 10a$ ב. $\tau_g = -Mg\frac{1}{2}a$

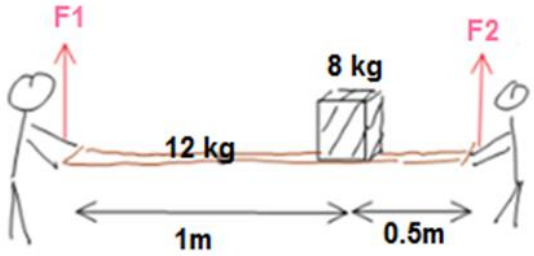
ג. $\tau_1 = \frac{-10a}{\sqrt{3}}\ ,\ \tau_2 = -10\cdot\frac{1}{\sqrt{3}}a\ ,\ \tau_3 = -\frac{1}{\sqrt{3}}a\cdot 10\cdot\sin 30°\ ,\ \tau_4 = 10\cdot\frac{1}{2}a\ ,\ \tau_g = 0$

תרגיל - שני פועלים מחזיקים מנשא:

שאלות:

1) שני פועלים מחזיקים מנשא

שני פועלים מחזיקים מנשא מעץ שמסתו $12kg$ ואורכו $1.5m$.
על המנשא, במרחק של $0.5m$ מהפועל הימני, מונח ארגז בעל מסה של $8kg$.
בהנחה כי המערכת במנוחה, מצאו את הכוח שמפעיל כל פועל (ראה איור).



תשובות סופיות:

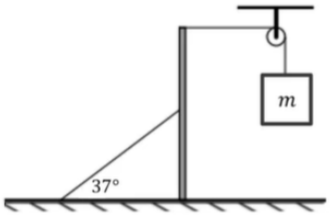
1) $F_2 = 113.333N$, $F_1 = 86.666N$

תרגילים מסכמים:

שאלות:

1) מוט עומד מחובר לחוט ומשקולת

מוט אחיד מונח על משטח אופקי לא חלק, כמוראה בתרשים.
המוט מחובר במרכזו לחוט אידיאלי שקצהו
השני קשור למשטח ויוצר עימו זווית של $37°$.
הקצה העליון של המוט מחובר באמצעות חוט
אופקי אידיאלי וגלגלת אל משקולת שמסתה $m=7kg$.
המערכת נמצאת במנוחה.

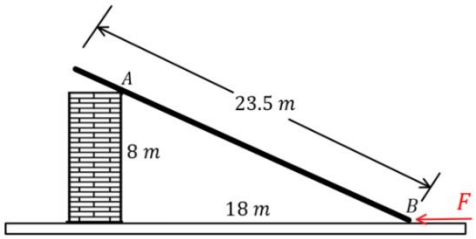


א. מהי המתיחות בחוט המחובר אל המשטח?

ב. מהו כוח החיכוך שמפעיל המשטח האופקי על המוט?

2) קורה על קיר אנכי

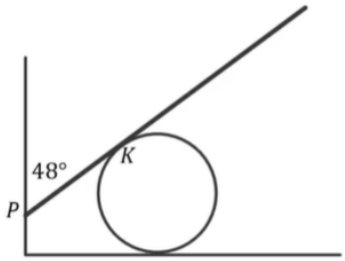
באיור לשאלה זו מתוארת קורה אחידה
שאורכה הכולל הוא $23.5m$.
מסת הקורה היא $140kg$.
הקורה נשענת בנקודה A על קיר אנכי חלק
שגובהו $8m$.



קצה הקורה מונח על הרצפה בנקודה B במרחק $18m$ מהקיר
ובקצה הזה פועל כוח אופקי F, כמתואר באיור.
מקדם החיכוך הסטטי שבין הקורה הרצפה הוא $\mu_s=0.3$.
מהו F המקסימלי הניתן להפעיל כך שהקורה תישאר במנוחה?

3) מוט נשען על כדור

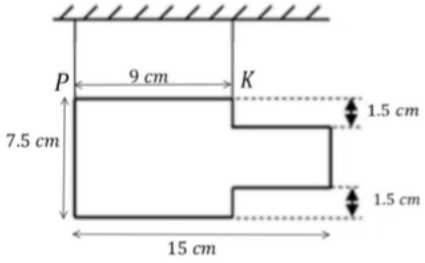
נתון מוט דק שאורכו $L=3.5m$ ומסתו $m=7kg$
הנשען על כדור חסר חיכוך המודבק לרצפה כמתואר בשרטוט.
נקודת המגע של המוט בכדור היא הנקודה K.
בקצהו השמאלי נוגע המוט בקיר בעל חיכוך
בנקודה P, הזווית שיוצר המוט יחסית לקיר
היא $48°$. מקדם החיכוך הסטטי שבין הקיר למוט
הוא $\mu_s=0.15$.



א. מהו הכוח שמפעיל הכדור על המוט אם
נתון שקצהו הימני של המוט נמצא על סף תנועה כלפי מטה?

ב. מהו המרחק בין הנקודות P ו- K במצב זה?

4) טבלה מעץ

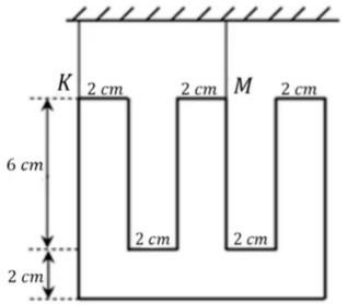


טבלה העשויה עץ בעלת עובי אחיד שמסתה 400 גר' וצורתה כמתואר בתרשים, תלויה בשני חוטים בנקודות K ו-P.

א. חשב את מרכז הכובד של הטבלה ביחס למערכת צירים שראשיתה ממוקמת בנקודה P.

ב. מצא את המתיחות בשני החוטים.

5) שלט בצורת האות ש



שלט העשוי מחומר אחיד בצורת האות "ש" (כמשורטט), שמסתו 4 ק"ג, נתלה בשני חוטים בנקודות K ו- M.

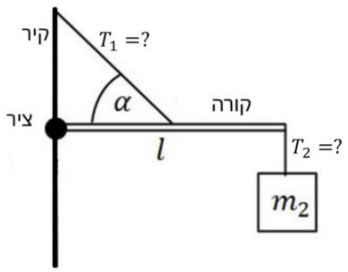
א. חשבו את מרכז המסה של השלט ביחס למערכת צירים שראשיתה ממוקמת בנקודה K.

ב. מצאו את המתיחות בשני החוטים.

6) מסה תלויה על קורה שמחוברת לקיר

קורה בעלת מסה m_1 ואורך l מחוברת לקיר באמצעות ציר.

בקצה הקורה קשורה מסה m_2 התלויה במנוחה.

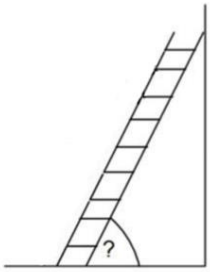


מאמצע הקורה יוצא חוט בזווית הקשור חזרה לקיר, הזווית שיוצר החוט עם הקורה היא α.

א. מהי המתיחות בחוטים?

ב. מהו הכוח (גודל וכיוון) שמפעיל הציר?

7) סולם נשען על קיר



סולם נשען על קיר.

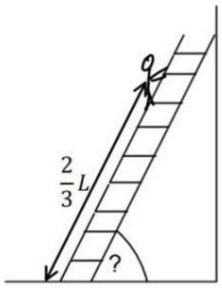
קיים חיכוך סטטי בין הסולם לרצפה וגם בין הסולם לקיר.

מקדם החיכוך הסטטי בין הסולם לרצפה ובין הסולם לקיר הוא μ_s. אורך הסולם הוא L וניתן להניח שמסתו מפולגת בצורה אחידה.

מהי הזווית המינימלית עם הרצפה כך שהסולם לא יחליק?

8) אדם עומד על סולם שנשען על קיר

אדם עומד על סולם שנשען על קיר.
אורך הסולם הוא L וניתן להניח שמסתו מפולגת בצורה אחידה. האדם עומד על הסולם כשמרחקו מהקצה התחתון של הסולם הוא שני שליש מאורך הסולם.
קיים חיכוך סטטי בין הסולם לרצפה וגם בין הסולם לקיר.
מקדם החיכוך הסטטי בין הסולם לרצפה ובין הסולם לקיר הוא μ_s. מסת האדם כפולה ממסת הסולם.
מהי הזווית המינימלית עם הרצפה כך שהסולם לא יחליק?



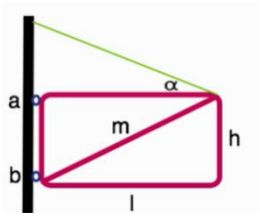
9) מומנטים על שער

שער שגובהו h ואורכו l מחובר לקיר בשני צירים a ו-b.
על מנת להקל על הציר העליון חיברו לשער כבל ומתחו אותו עד אשר הכוח האופקי בנקודה a מתאפס.

א. מהי המתיחות בכבל?

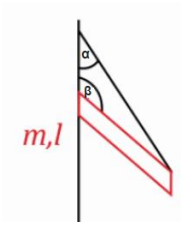
ב. מהו הכוח האופקי הפועל על הציר b?

ג. מהו סכום הכוחות האנכיים המופעלים על שני הצירים?



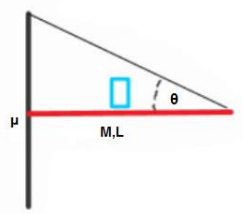
10) גגון מוחזק אל קיר

גגון מוחזק אל קיר בעזרת חבל וחיכוך כמתואר בשרטוט.
מצא את הכוחות הפועלים על הגגון.



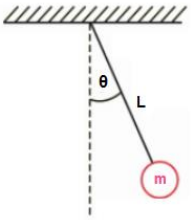
11) מסה על גגון מחליק

גגון מוחזק לקיר בעזרת חיכוך בלבד לפי הנתונים שבשרטוט.
מהו המרחק הקטן ביותר מהקיר בו ניתן לשים את המסה m מבלי לגרום לגגון להחליק מהקיר?



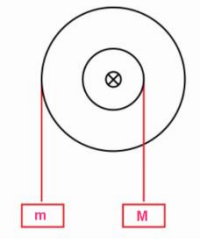
12) מטוטלת מתמטית

מצא את מומנט הכוח המופעל על מטוטלת מתמטית כפונקציה של הזווית מהאנך.

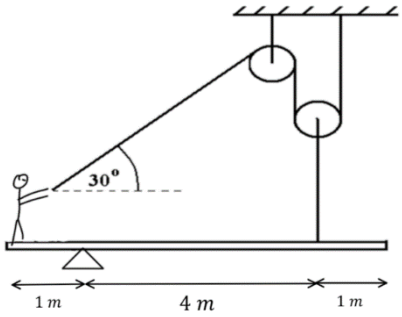


13) מנוף מדיסקה כפולה

נתונה המערכת שבשרטוט.
רשום את כל הכוחות הפועלים על הדיסקה ומצא את יחס הרדיוסים בין שתי הדיסקות.



14) אדם על קורה מחזיק בחוט ושתי גלגלות

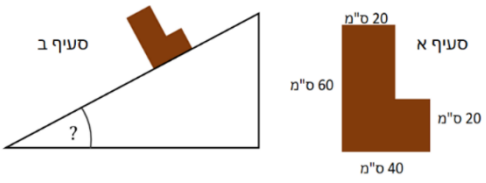


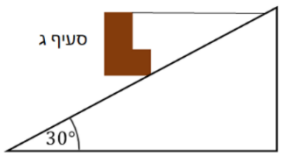
אדם שמסתו 65kg עומד בקצה קורה שמסתה 40kg.
הקורה מונחת על ציר הנמצא במרחק 1m מהאדם.
האורך הכולל של הקורה הוא 6m.
האדם מחזיק בחוט העובר דרך שתי גלגלות כפי שמתואר באיור.
הגלגלת השמאלית מחוברת לתקרה, הגלגלת הימנית לקורה במרחק 1m מהקצה השני.

א. מהו הכוח בו האדם צריך למשוך את החבל כדי לשמור על מצב של שיווי משקל?
ב. מהם רכיבי הכוח שהציר מפעיל על הקורה?
ג. מהו מקדם החיכוך הסטטי המינימאלי בין האדם לקורה כדי שהאדם לא יחליק מהקורה?

15) L על מישור משופע*

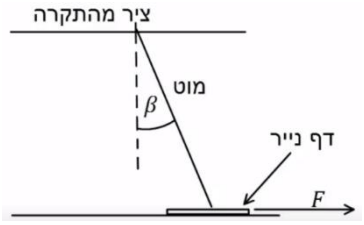
באיור נתון גוף משטחי בצורת L.
צפיפות המסה של הגוף היא: $\sigma = 5\frac{kg}{m^2}$.





א. מהו מרכז המסה של הגוף ביחס לפינה התחתונה השמאלית?
ב. מניחים את הגוף על מישור משופע. מהי הזווית המקסימאלית של המישור עבורה הגוף לא יתהפך?
ג. קושרים את הגוף למישור באמצעות חוט אופקי מהפינה הימנית העליונה ומותחים את החוט עד שהגוף מתיישר במקביל לקרקע.
מהי המתיחות בחוט במצב זה אם זווית המישור היא 30° והגוף במנוחה.

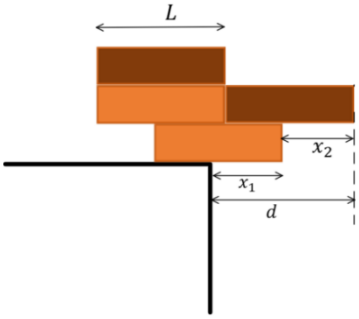
16) מוט נשען על דף נייר*



מוט בעל אורך L ומסה M מחובר לתקרה באמצעות ציר.
בקצהו השני המוט מונח על דף נייר המונח על הרצפה.
מסת דף הנייר זניחה.
הזווית בין המוט לאנך היא β ומקדם החיכוך הסטטי בין המוט לנייר ובין הנייר לרצפה הוא μ_s.

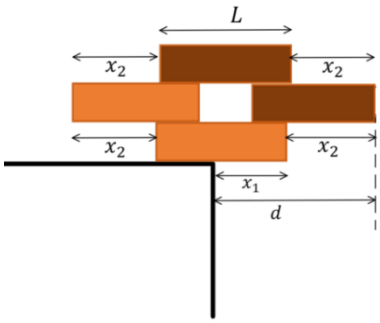
א. מושכים את הנייר ימינה בכוח F.
מהו הכוח המינימלי הדרוש בשביל להוציא את הנייר מתחת למוט? הנח שהמוט נשאר במנוחה.
ב. חזור על סעיף א' אם הכוח פועל שמאלה.

17) ערימת קוביות 1



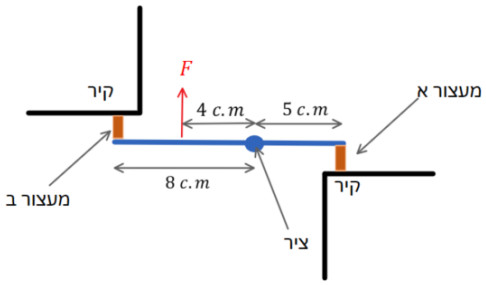
ערימת קוביות מורכבת מ-4 קוביות זהות באורך L.
הקוביות מסודרות באופן שמתואר באיור.
מהו המרחק d המקסימאלי האפשרי כך שהערימה לא תיפול מהשולחן.
מהם x_1 ו-x_2 במצב זה?

18) ערימת קוביות 2*



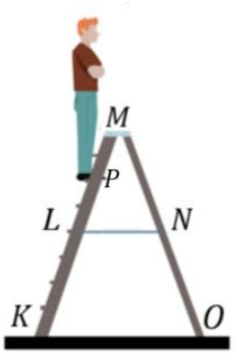
ערימת קוביות מורכבת מ-4 קוביות זהות באורך L.
הקוביות מסודרות באופן שמתואר באיור.
מהו המרחק d המקסימאלי האפשרי כך שהערימה לא תיפול מהשולחן.
מהם x_1 ו-x_2 במצב זה?

19) מוט עם שני מעצורים מגומי**



באיור ישנו מוט באורך 13c.m. המחובר בציר הנמצא במרחק 5c.m. מהקצה הימני.
בשני הקצוות של המוט ישנם מעצורים זהים העשויים מגומי.
מפעילים כוח $F=200N$ במרחק 4c.m. שמאלה מהציר, הכוח גורם לכיווץ קטן של המעצורים.
המערכת אופקית, כלומר כוח הכובד פועל לתוך הדף וניתן להתעלם ממנו.
מהו הכוח שפועל על כל מעצור?
רמז: התייחס למעצורים כמו קפיצים בעלי קבוע k זהה.

20) אדם על סולם עם שתי רגליים**



אדם עומד על סולם בעל שתי רגליים המחוברות באמצעות כבל במרכז הסולם. משקל האדם הוא 800 ניוטון וניתן להזניח את משקל הסולם ואת החיכוך עם הרצפה.
נתונים אורכי הקטעים הבאים:
$KM=OM=2.34m$, $KP=1.70m$, $LN=0.746m$.

א. מצא את הכוחות שפועלים בנקודות O ו-K.

ב. מצאו את המתיחות בכבל.

רמז: יש לעשות משוואה רק על חלק מהסולם.

תשובות סופיות:

1) א. $T_2 \approx 180N$ ב. $f_s = T_1 = 70N$, ימינה.

2) $F_{max} \approx 521N$

3) א. $N_2 \approx 110N$ ב. $PK \approx 0.84m$

4) א. $x_{c.m.} = 6.6c.m.$, $y_{c.m.} = 3.75c.m$ ב. $T_2 = 3N$, $T_1 = 1N$

5) א. $x_{c.m.} = 5c.m.$, $y_{c.m.} \approx 4.4c.m$ ב. $T_K = 6.7N$, $T_M = 33.3N$

6) א. $T_1 = \frac{(m_1 + 2m_2)g}{\sin\alpha}$, $T_2 = m_2 g$

ב. $\tan\theta = -\frac{m_2}{m_1 + 2m_2}\tan\alpha$, $F = \sqrt{\left((m_1 + 2m_2)g\cot\alpha\right)^2 + (m_2 g)^2}$

7) $\tan\theta = \frac{1-\mu_s^2}{2\mu_s}$

8) $\tan\theta = \frac{11-7\mu_s^2}{18\mu_s}$

9) ראה סרטון.

10) ראה סרטון.

11) ראה סרטון.

12) $\sum\tau = -mgl\sin\theta + Tl\sin\theta = -mgl\sin\theta$

13) $\sum\tau = \frac{m}{M} = \frac{r}{R}$

14) א. $T_1 = 20N$ ב. $F_y = 1000N$, $F_x = 10\sqrt{3}N$ שמאלה

ג. $\mu_{s_{min}} = 0.027$

15) א. $x_{c.m.} = 0.15m$, $y_{c.m.} = 0.25m$ ב. $\alpha = 31^\circ$

ג. $T = 3.3N$

16) א. $F_{min} = \frac{\mu_s mg\sin\beta}{\sin\beta + \mu_s\cos\beta}$ ב. $F_{min} = \frac{\mu_s mg\sin\beta}{\sin\beta + \mu_s\cos\beta}$

17) $x_1 = \frac{5L}{8}$, $x_2 = \frac{L}{2}$, $d = \frac{9L}{8}$

18) $x_1 = \frac{L}{2}$, $x_2 = \frac{2L}{3}$, $d = \frac{7L}{6}$

19) $F_R \approx 45N$, $F_L \approx 72N$

20) א. $N_O \approx 291N$, $N_k = 509N$ ב. $T_L \approx 196N$

יסודות הפיזיקה א 20113

פרק 17 - מרכז מסה -

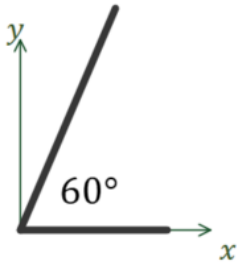
תוכן העניינים

1. הסבר בסיסי על מרכז מסה 178
2. תנועה לפי הכוחות החיצוניים ..... (ללא ספר)
3. שני תרגילים 179

הסבר בסיסי על מרכז מסה:

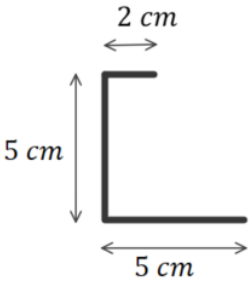
שאלות:

1) דוגמה - מרכז מסה של שני מוטות בזווית



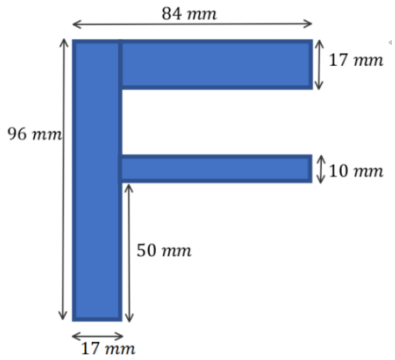
המערכת המתוארת באיור מורכבת משני מוטות בעלי צפיפות אחידה.
מוט ראשון באורך $3c.m$ נמצא לאורך ציר ה-x
ומסתו $2kg$, מוט שני נמצא בזווית $60°$ עם ציר ה-x
החיובי אורכו $5c.m$ ומסתו $3kg$.
מצאו את מרכז המסה של המערכת (ביחס לראשית).

2) דוגמה - מרכז מסה של האות נ



המערכת המתוארת באיור מורכבת ממוט בעל צפיפות מסה אחידה המכופף בצורת האות "נ" בתמונת מראה.
מצאו את מיקום מרכז המסה של המערכת ביחס לפינה השמאלית התחתונה.

3) דוגמה - מרכז מסה של F



מרכיבים את האות F מלוחות בעלי צפיפות מסה אחידה ליחידת שטח.
המימדים של כל הלוחות נתונים באיור.

א. מצאו את מרכז המסה של המערכת ביחס לפינה השמאלית התחתונה של האות.

ב. מהו מרכז המסה של המערכת ביחס לפינה הימנית התחתונה של האות?

תשובות סופיות:

1) $x_{c.m}=1.35c.m$, $y_{c.m}=1.3c.m$

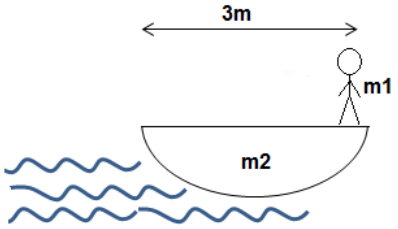
2) $x_{c.m}=1.2c.m$, $y_{c.m}=1.875c.m$

3) א. $x_{c.m}=31mm$, $y_{c.m}=62mm$ ב. $x_{c.m}=14mm$, $y_{c.m}=62mm$

שני תרגילים:

שאלות:

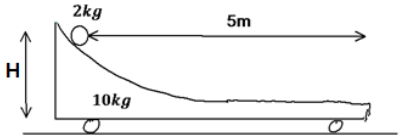
1) נער על סירה



אדם עומד בקצה סירה באורך 3 מטר.
מסת האדם היא 70 קילוגרם ומסת הסירה 100 קילוגרם.
האדם התקדם 2 מטרים לאורך הסירה.
כמה זזה הסירה?
(הזנח את החיכוך בין המים לסירה).

נתון: $m_1 = 70kg$, $m_2 = 100kg$.

2) כדור על קרונית



כדור מונח על קרונית משופעת הנמצאת במנוחה.
הכדור מונח בגובה $H = 1m$ ובמרחק של $5m$ מטר מקצה הקרונית.

מסת הקרונית: $m_1 = 10kg$, מסת הכדור: $m_2 = 2kg$.

א. מצא את העתק הקרונית כאשר הכדור מגיע לקצה.

ב. מצא את מהירות הגופים אם נתון שמהירות הכדור בקצה הקרונית היא רק בכיוון ציר ה-x.

תשובות סופיות:

1) $x = \frac{14}{17}m$

2) א. $\Delta x_1 = -\frac{10}{12}m$ ב. $u_1 \approx -0.82\frac{m}{sec}$, $u_2 \approx 4.08\frac{m}{sec}$

יסודות הפיזיקה א 20113

פרק 18 - תנועה מעגלית

תוכן העניינים

1. תיאוריה ודוגמאות 180
2. תאוצה זוויתית ..... (ללא ספר)
3. תרגילים נוספים 184

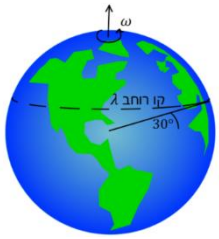
תיאוריה ודוגמאות:

שאלות:

1) חישוב מהירות זוויתית של מחוגי שעון

חשב את המהירות הזוויתית של מחוג השניות, מחוג הדקות ומחוג השעות בשעון מחוגים.

2) חישוב מהירות זוויתית של כדור הארץ



א. חשב את המהירות הזוויתית של סיבוב כדור הארץ סביב עצמו.

ב. מהי המהירות הקווית של אדם הנמצא בקו המשווה, אם רדיוס כדור הארץ הוא בערך 6,400 ק"מ?

ג. מהי המהירות הקווית של אדם הנמצא בקו רוחב $\lambda = 30°$?

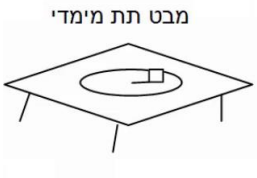
3) אבן קשורה לחוט

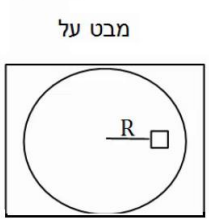
אבן קשורה לחוט באורך $l = 1.5m$ ומסתובבת במעגל אופקי עם מהירות זוויתית של $\omega = 3\frac{rad}{sec}$. התעלם מכוח הכובד. $m = 2kg$.

א. מהי המהירות הקווית של האבן?

ב. מהי המתיחות בחוט?

4) מסה על דיסק





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

א. האם החיכוך בין הדיסק למסה קינטי או סטטי?

ב. מהו גודלו וכיוונו של כוח החיכוך?

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

נתון μ_s.

5) גוף מסתובב במהירות קבועה

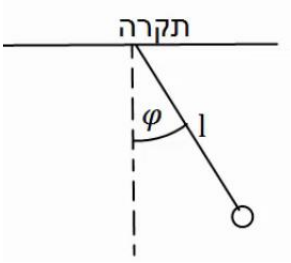
גוף מסתובב במעגל בעל רדיוס $R = 3m$ במהירות קבועה $v = 6\frac{m}{sec}$.

א. מהי המהירות הזוויתית של הגוף?

ב. מהי התדירות וזמן המחזור של הגוף?

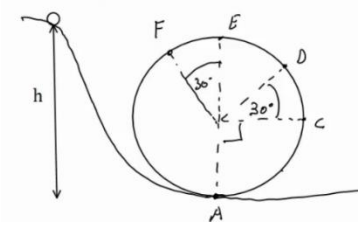
ג. כמה זמן לקח לגוף לעשות שניים וחצי סיבובים?

6) מטוטלת אופקית



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

7) כדור בלופ



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

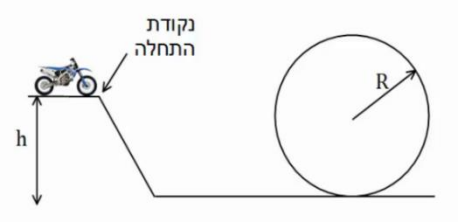
א. מצא את מהירות הכדור בכל הנקודות באיור. (רמז: שימור אנרגיה).

ב. מצא את התאוצה הרדיאלית של הכדור באותן נקודות.

ג. מצא את התאוצה בכיוון המשיק באותן נקודות.

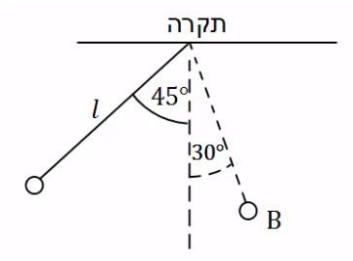
ד. מצא את גודל התאוצה הכוללת באותן נקודות.

8) רוכב אופנוע במעגל אנכי



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

9) כוחות במטוטלת



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

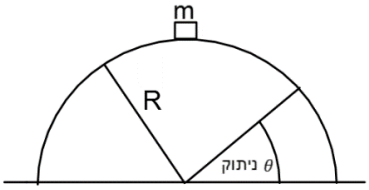
א. מהי מהירות המסה בתחתית המסלול?

ב. מהי המתיחות בחוט ברגע זה?

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

ד. מהי המתיחות בחוט בשיא הגובה וברגע השחרור?

10) קופסה מחליקה על גבעה מעגלית



קופסה במסה m מונחת על ראש גבעה בצורת חצי מעגל ברדיוס R.
הקופסה מתחילה להחליק לאחד הצדדים ממנוחה כאשר אין חיכוך בינה לבין הגבעה.
מצא באיזה זווית הקופסה תתנתק מהגבעה.

תשובות סופיות:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

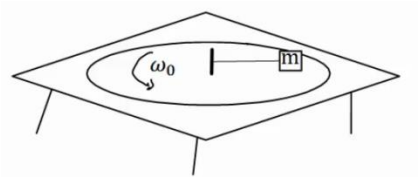
ד. $T=\frac{1}{\sqrt{2}}mg$

10) $\theta=41.8°$

תרגילים נוספים:

שאלות:

1) מסה על דיסק קשורה בחוט

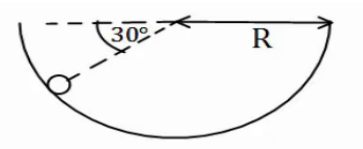


מסה m נמצאת על דיסק המסתובב על גבי שולחן.
המסה קשורה בחוט למוט במרכז השולחן.
המוט מסתובב ביחד עם כל הדיסק.
נתון כי המסה מסתובבת עם הדיסק במהירות זוויתית ω_0.
מהי המתיחות בחוט אם אורכו L?

2) קרוסלה בלונה פארק

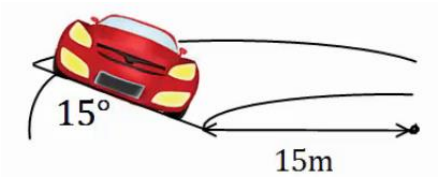
במתקן בלונה פארק ישנה קרוסלה מסתובבת אליה קשורים כבלים עם כסאות, ראה תמונה.
רדיוס "הכתר" הוא $R=5m$ אורך כל כבל הוא $l=4m$.
הזווית ביחס לאנך לרצפה בה נטוי כל כבל היא 40 מעלות.
כמה זמן לוקח לקרוסלה להשלים סיבוב?
שים לב שרדיוס הכתר הוא לא רדיוס הסיבוב.

3) כדור בקערה כדורית



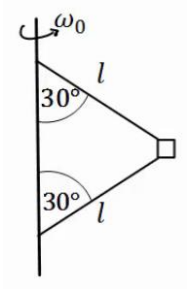
כדור קטן מונח בתוך קערה חצי כדורית בעלת רדיוס R.
מניחים את הכדור בזווית של 30 מעלות ביחס לאופק ונותנים לו מהירות התחלתית לתוך הדף.
מהו גודל המהירות ההתחלתית הדרוש,
כך שהכדור יישאר בתנועה מעגלית בגובה קבוע?

4) מכונית במחלף



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

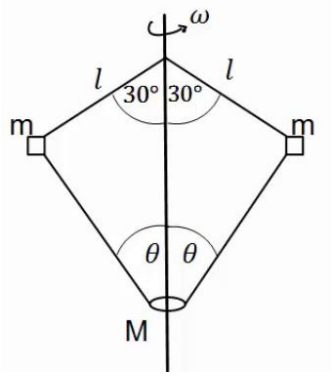
5) מסה קשורה לעמוד מסתובב



בציור הבא מסה m קשורה דרך שני חוטים למוט, המסתובב במהירות זוויתית נתונה ω_0. אורך החוטים זהה ונתון l.
הזווית של החוטים עם המוט היא 30 מעלות.
מהי המתיחות בכל חוט?

6) שתי מסות קשורות למוט מסתובב וחרוז

בציור הבא 2 מסות זהות $m = 200g$ קשורות למוט מסתובב, באמצעות חוטים באורך $l = 20cm$.
המסות קשורות גם לחרוז בעל מסה $M = 0.5kg$,
באמצעות שני חוטים נוספים באורך לא ידוע.
החרוז חופשי לנוע לאורך המוט.

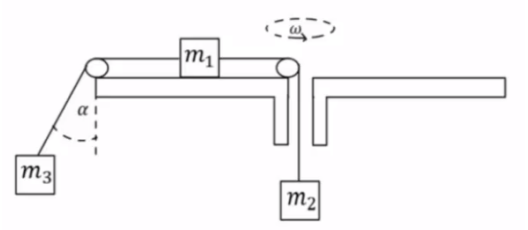


המוט מסתובב במהירות זוויתית $\omega = 20\frac{rad}{sec}$ וכל המערכת איתו.
הזוויות של החוטים עם המוט נתונות באיור.
מהי המתיחות בכל חוט ומהי הזווית θ?

7) מסה על שולחן מסתובב קשורה לשתי מסות

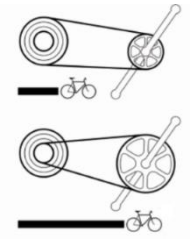
גוף שמסתו $m_1 = 5kg$ מונח על דיסק חלק המסתובב במהירות זוויתית $\omega = 2\frac{rad}{sec}$.
הגוף קשור מצד אחד למסה $m_2 = 3kg$ באמצעות חוט העובר דרך חור במרכז הדיסק.
מצד שני הגוף קשור למסה $m_3 = 1kg$ באמצעות חוט היוצא מקצה הדיסק בזווית α,
לא ידועה, ביחס לאנך מהדיסק. רדיוס הסיבוב של כל אחד מהגופים קבוע.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

א. ציירו את הכוחות הפועלים על כל גוף בנפרד.



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

8) הילוכי אופניים



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

9) חוט נקרע במעגל אנכי גבוה*

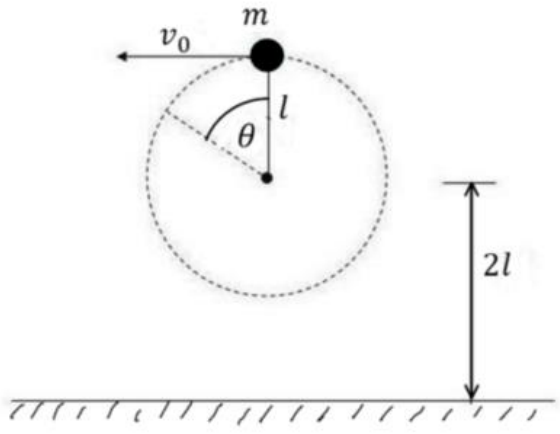
כדור קטן שמסתו m קשור לקצהו של חוט שאורכו l.
הכדור מסתובב במעגל אנכי שמרכזו בגובה $2l$ מעל הרצפה.
כאשר החוט מתוח והכדור נמצא אנכית מעל ציר סיבוב מעניקים לו מהירות אופקית v_0.

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

ב. מענקים לכדור מהירות התחלתית: $v_0 = 1.5\sqrt{gl}$.
אם החוט נקרע ברגע שמתיחותו עולה על $5.25mg$ מצאו את הזווית θ שבה יקרע החוט.

ג. מה מהירות הכדור ברגע שהחוט נקרע, אם נתון ש: $l = 2m$?

ד. תוך כמה זמן מרגע קריעת החוט יפגע הכדור ברצפה?



תשובות סופיות:

1) $T = m\omega_0^2 L$

2) $t \approx 5.98\,\text{sec}$

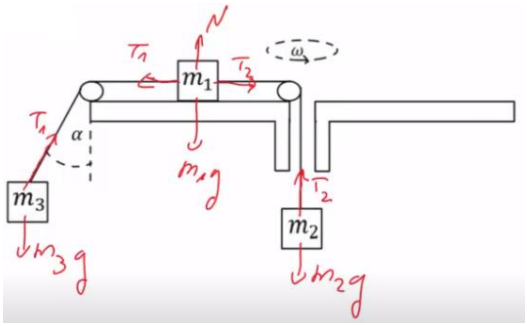
3) $v_0 = \sqrt{\frac{3}{2}Rg}$

4) $v \approx 6.34\frac{m}{sec}$

5) $T_1 = \frac{1}{2}m\omega_0^2 l + \frac{1}{\sqrt{3}}mg\ ,\ T_2 = \frac{1}{2}\left(m\omega_0^2 l - \frac{2}{\sqrt{3}}mg\right)$

6) $T_1 \approx 5.2N\ ,T_2 \approx 5.95N\ ,\theta \approx 65.16°$

7) א.



ב. $T_1 = 24N\ ,\ T_2 = 30N$

ג. $\alpha \approx 65°$

ד. $R_3 \approx 5.5m$

8) $\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1}$

9) א. $\sqrt{gl}$

ב. $110°$

ג. $10\frac{m}{sec}$

ד. $0.3\,\text{sec}$

יסודות הפיזיקה א 20113

פרק 19 - כבידה

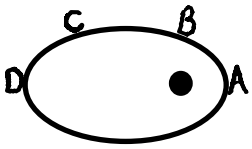
תוכן העניינים

1. כבידה 188

כבידה:

שאלות:

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) קפלר חוק שלישי

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 1

מסת כדור הארץ היא: $5.97\cdot10^{24}\text{kg}$.

מסת הירח היא: $7.3\cdot10^{22}\text{kg}$.

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) תנועת 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 $R=5,000km$ וצפיפותו הממוצעת $\rho=5\frac{gr}{cm^3}$ חיים חייזרים, שרוצים לשגר לוויין שמסתו $m=200kg$, כך שיקיפו בזמן מחזור של 20 שעות.

א. מה תהיה המהירות הזוויתית של לוויין זה?

ב. מה יהיה רדיוס הקפתו?

ג. מה תהיה תאוצת הלוויין בגובה בו הוא נמצא?

ד. מה תהיה תאוצת הנפילה החופשית בגובה בו הלוויין נמצא?

ה. 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.

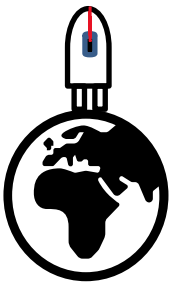
א. איך זה אפשרי?

ב. מה גובה לוויין זה מעל פני הקרקע?

ג. מה מהירותו?

ד. הסבירו מדוע מסלול כזה אפשרי רק מעל קו המשווה.

9) חוסר משקל



בתוך החללית תלויה משקולת, שמסתה $2kg$, על חוט.
מה תהיה המתיחות בחוט בכל שלב:

א. במנוחה על כדור הארץ.

ב. מאיצה לעבר החלל החיצון ב- $a=2\frac{m}{sec^2}$.

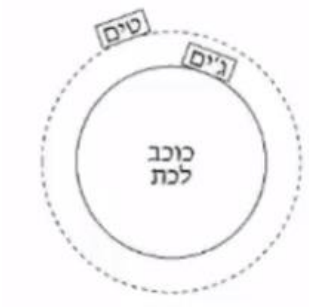
ג. נעצרת בגובה $h=10,000km$.

ד. נכנסת למסלול מעגלי בגובה זה.

10) קיץ 2016 שאלה 5

בתרחיש דמיוני, שני אסטרונאוטים טים וג׳ים חקרו כוכב לכת שלא נע סביב צירו. טים ישב על כיסא בתוך מעבורת שהקיפה את כוכב הלכת במסלול מעגלי במנוע כבוי. ג׳ים ישב על כיסא בתוך רכב חלל שעמד על פני כוכב הלכת (ראה תרשים).

לשני האסטרונאוטים מסה זהה: $m = 100kg$.



א. קבע מיהו האסטרונאוט שהפעיל על כיסאו כוח גדול יותר: טים או ג׳ים? נמק בלי חישוב.

על הרצפה של רכב החלל שעמד על פני כוכב הלכת הותקן מד-משקל.
כאשר ג׳ים עמד עליו, הוריית המד-משקל הייתה $2000N$.
ג׳ים התחיל בנסיעה לאורך מסלול מעגלי על קו המשווה של כוכב הלכת.
הוא הבחין שככל שהגביר את מהירותו, כך קטנה הוריית המד-משקל.

ב. הסבר מדוע קטנה הוריית המד-משקל.

נתון: כאשר הגיע רכב החלל למהירות של: $v = 1.25 \cdot 10^4 \frac{m}{sec}$, הייתה הוריית המד-משקל $980N$.

ג. חשב את הרדיוס של כוכב הלכת.

ד. חשב את מסתו של כוכב הלכת.

ה. תאוצת המעבורת שהקיפה את כוכב הלכת בתנועה מעגלית קצובה הייתה a. נסמן ב-g^* את תאוצת הכובד בגובה שבו סובבת המעבורת סביב כוכב הלכת.
קבע איזה מן ההיגדים i-iii שלפניך נכון. נמק קביעתך.

i. $a > g^*$

ii. $a = g^*$

iii. $a < g^*$

11) קיץ 2015 שאלה 5

בסרט "כוח משיכה" משנת 2013, האסטרונאוטים מנסים להגיע לתחנת החלל הבין-לאומית, לאחר שתיקנו לווייין הסמוך לתחנת החלל.
הלווייין ותחנת החלל נעים סביב קו המשווה בגובה 400 קילומטרים מעל פני כדור הארץ.
הנח שמסלול התחנה הוא מסלול מעגלי, והכוח היחיד הפועל על התחנה הוא כוח המשיכה של כדור הארץ.

א. חשב את תאוצת התחנה בהיותה במסלול המתואר בפתיח לשאלה.

ב. לפניך 4 היגדים i-iv.
קבע איזה מן ההיגדים נכון, והעתק אותו למחברתך:

i. תחנת החלל נעה במסלולה במהירות שגודלה קבוע.

ii. תחנת החלל נעה במסלולה במהירות קבועה.

iii. שקול הכוחות הפועלים על תחנת החלל הנעה במסלולה שווה לאפס.

iv. תחנת החלל נעה במסלולה במהירות ובתאוצה קבועות.

ג. ידוע כי תאוצת הכובד בגובה המסלול של התחנה היא בקירוב 90% מתאוצת הכובד על פני כדור הארץ.
כיצד אפשר להסביר את העובדה שהאסטרונאוטים שמתקנים את הלווייין נראים חסרי משקל (מרחפים)?

ד. ברגע מסוים עברה תחנת החלל במסלולה מעל נקודה כלשהי שנמצאת על קו המשווה.
כמה פעמים נוספות עברה תחנת החלל מעל נקודה זו ביממה (24 שעות)? (אפשר להזניח את הסיבוב של כדור הארץ סביב עצמו).

ה. האם האנרגיה המכנית של התחנה נשמרת במהלך תנועתה במסלולה המעגלי סביב כדור הארץ? הסבר את קביעתך.

12) קיץ 2013 שאלה 5

משגרים לווייין לחלל באמצעות רקטה.
על כן השיגור מסת הרקטה עם הדלק והלווייין היא: $M = 7.3 \cdot 10^5 \text{kg}$.
הכוח המרבי שהמנוע מפעיל בזמן השיגור הוא: $F = 1.16 \cdot 10^7 \text{N}$.

א. סרטט במחברתך תרשים של הכוחות הפועלים על הרקטה בזמן השיגור.
הנח שהתנגדות האוויר זניחה.

ב. הרקטה ניתקת מכן השיגור ברגע $t = 0$. מרגע ההינתקות המנוע מפעיל את הכוח המרבי.
חשב את תאוצת הרקטה ברגע ההינתקות.

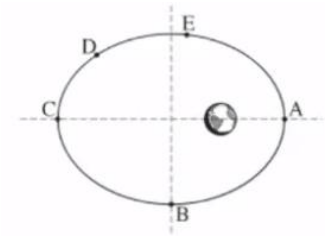
ג. ענה על הסעיפים הבאים:

i. הסבר בקצרה את עקרון הפעולה של מנוע רקטי.

ii. בהנחה שהכוח F קבוע במשך השניות הראשונות, קבע אם בפרק הזמן הזה התאוצה גדלה, קטנה או לא משתנה. נמק את קביעתך.

ברגע מסוים הלוויין מתנתק מהרקטה, וממשיך לנוע בהשפעת כוח הכובד של כדור הארץ.

ד. בתרשים שלפניך מוצג המסלול הקבוע של הלוויין, שצורתו אליפסה (התרשים אינו מסורטט בקנה מידה). הלוויין נע סביב כדור הארץ בכיוון השעון.



העתק את התרשים למחברתך, וסמן עליו חצים המייצגים את:

i. וקטור מהירות הלוויין, בכל אחת מהנקודות B ו-D.

ii. וקטור התאוצה של הלוויין בנקודה A.

iii. וקטור הכוח השקול הפועל על הלוויין, בכל אחת מהנקודות C ו-E. הסבר את שיקוליך.

ה. קבע באיזו משתי הנקודות A ו-E מהירות הלוויין היא מרבית. נמק את קביעתך.

13) קיץ 2011 שאלה 5

עמוס 1 הוא לוויין התקשורת הישראלי הראשון, שפיתחה התעשייה האווירית של ישראל. המסלול של הלוויין עמוס 1 הוא מעגלי (בקירוב). כלוויין תקשורת עמוס 1 נמצא כל הזמן מעל אותה נקודה A שעל פני כדור הארץ.

א. קבע את זמן המחזור של הלוויין עמוס 1. נמק את קביעתך.

ב. חשב את גובה המסלול של הלוויין עמוס 1 מעל פני כדור הארץ.

ג. חשב את גודל התאוצה של הלוויין עמוס 1 במסלולו.

ד. לוויין אחר (לא לוויין תקשורת) מקיף את כדור הארץ במסלול מעגלי במשך 12 שעות. השתמש בחוקי קפלר וחשב באיזה גובה מעל פני כדור הארץ עובר המסלול של לוויין זה.

ה. קבע איזה מההיגדים i-iii שלפניך אינו נכון, והסבר מדוע הוא אינו נכון.

i. תנועת לוויין במסלולו היא נפילה חופשית.

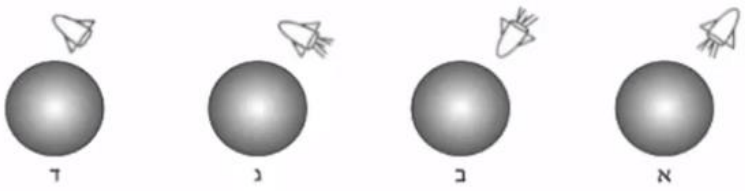
ii. גודל המהירות הקווית של נקודה A שעל פני כדור הארץ שווה לגודל המהירות הקווית של הלוויין עמוס 1 הנע במסלולו.

iii. גודל המהירות הזוויתית של נקודה A שעל פני כדור הארץ שווה לגודל המהירות הזוויתית של הלוויין עמוס 1 הנע במסלולו.

14) קיץ 2009 שאלה 5

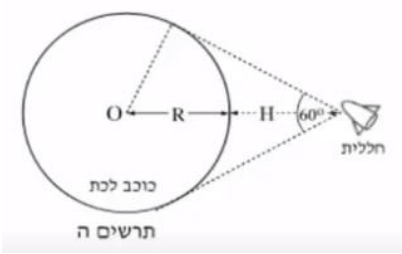
אסטרונאוט בחללית רוצה חקור כוכב לכת שצורתו כדורית.

א. בשלב מסוים של המחקר, האסטרונאוט בחללית נמצא במנוחה ביחס למרכז כוכב הלכת. איזה מהתרשימים א-ד שלפניך, מתאר נכון את מצב החללית ביחס לכוכב הלכת? נמק את תשובתך.
(שים לב: בתרשימים א-ג מנוע החללית פועל, (בתרשים ד מנוע החללית אינו פועל).



האסטרונאוט מצא באמצעות מכשיר רדר כי החללית נמצאת בגובה $H=10^7\,m$ מעל פני כוכב הלכת, וכי רואים את כוכב הלכת בזווית ראייה של $60°$.

O הוא מרכז כוכב הלכת (ראה תרשים ה).



ב. חשב את הרדיוס, R, של כוכב הלכת.

בעזרת מנוע החללית, האסטרונאוט מכניס את החללית לתנועה מעגלית סביב כוכב הלכת (בגובה H מעל פני הכוכב). האסטרונאוט מצא כי זמן מחזור התנועה של החללית סביב כוכב הלכת הוא 150 דקות. הנח כי צפיפות כוכב הלכת אחידה.

ג. חשב את המסה של כוכב הלכת.

ד. חשב את גודל תאוצת הנפילה החופשית על פני כוכב הלכת.

ה. האם במהלך התנועה המעגלית נדרשת פעולת מנועי החללית כדי לקיים את התנועה המעגלית?
אם כן – הסבר את תפקיד המנועים, אם לא – הסבר מדוע התנועה המעגלית אפשרית בלי פעולת מנועי החללית.

15) קיץ 2006 שאלה 5

הירח נע סביב כדור הארץ, וכל הזמן מפנה אליו אותו "צד".
הירח משלים סיבוב מעגלי שלם סביב כדור הארץ במשך 27.3 יממות ארציות.
משני נתונים אלה נובע כי הירח מסתובב גם סביב צירו, וזמן המחזור שלו הוא 27.3 יממות ארציות.
מהנדס עוסק בתכנון תקשורת בין מושבות שיוקמו בעתיד על פני הירח.
בדעתו להשתמש בלוויין תקשורת שינוע במסלול מעגלי סביב הירח, כך שזמן המחזור שלו יהיה 27.3 יממות ארציות, והוא יימצא כל העת מעל נקודה קבועה על פני הירח (בדומה ללווייני תקשורת שנעים מעל כדור הארץ).

א. חשב את רדיוס המסלול המעגלי של לוויין כזה, בהנחה כי רק הירח משפיע על תנועת הלוויין.

ב. המהנדס חישב ומצא שבגלל השפעת כדור הארץ, אי אפשר למקם את הלוויין במסלול שאת רדיוסו מצאת בסעיף א. הרדיוס המקסימלי של מסלול לוויין סביב הירח שבו אפשר להזניח את ההשפעה של כדור הארץ הוא כ- $3,000\text{km}$.
חשב את זמן המחזור של לוויין שנע סביב הירח במסלול מעגלי שרדיוסו $3,000\text{km}$.

ג. חשב את תאוצת הנפילה החופשית על פני הירח.

ד. ציין תרומה אחת לידע המדעי על אודות מערכת השמש או גרמי שמיים במערכת זו, שתרם אחד מהאישים האלה:
ניקולס קופרניקוס, גלילאו גלילי, טיכו ברהה.

תשובות סופיות:

1) הכי גדולה : A, הכי קטנה : D.

2) א. $T_2 = 3.54\ days$ ב. לא.

3) א. $F = 1.97 \cdot 10^{20}\,N$ ב. $a_{Moon} = 2.7 \cdot 10^{-3}\frac{m}{sec^2}$

ג. כוח זהה לסעיף א' – בכיוון ההפוך. ד. $a_{Earth} = 3.3 \cdot 10^{-5}\frac{m}{sec^2}$

4) $F = 2.8 \cdot 10^{-7}\,N\ ,\ a = 4.67 \cdot 10^{-9}\frac{m}{sec^2}$

5) $F = 1.96N\ ,\ a = 9.8\frac{m}{sec^2}$

6) א. $v = 6310\frac{m}{sec}$ ב. $T = 2.77hr$ ג. $a = 3.98\frac{m}{sec^2}$ ד. $n = 8\frac{2}{3}$

7) א. $8.72 \cdot 10^{-5}\frac{rad}{sec}$ ב. $r = 2.84 \cdot 10^{7}\,m$ ג. $a_s = 0.216\frac{m}{sec^2}$ ד. $a_s = 0.216\frac{m}{sec^2}$

ה. $6.99\frac{m}{sec^2}$

8) א. ראה סרטון. ב. $h = 3.58 \cdot 10^{7}\,m$ ג. $v = 3070\frac{m}{sec}$ ד. ראה סרטון.

9) א. $T = 20N$ ב. $T = 24N$ ג. $T = 2.97N$ ד. $T = 0$

10) א. $N_{Jim} > N_{Tim}$ ב. ראה סרטון. ג. $R = 1.53 \cdot 10^{7}\,m$ ד. $M = 7.02 \cdot 10^{25}\,kg$

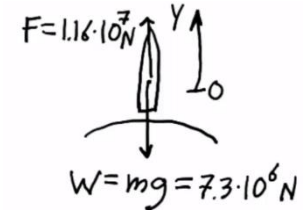
ה. היגד ii הוא הנכון.

11) א. $a = 8.7\frac{m}{sec^2}$ ב. היגד i נכון.

ג. ביחס ללוויין האסטרונאוט לא נע (מרחף) גם בלי שיעמוד על הרצפה.

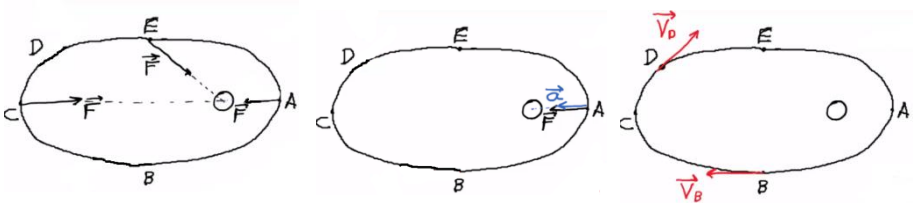
ד. $N = 15$ ה. כן.

12) א.



ב. $a = 5.89\frac{m}{sec^2}$ ג.i. ראה סרטון. ii. גדלה.

ד.i. ii. iii. ה. $v_A > v_E$



13) א. $T = 86,400\,\text{sec}$ ב. $h = 3.59 \cdot 10^7\,\text{m}$ ג. $a = 0.224\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ ד. $h = 2.02 \cdot 10^7\,\text{m}$

ה. היגד ii לא נכון.

14) א. א. ב. $R = 10^7\,\text{m}$ ג. $M = 5.84 \cdot 10^{25}\,\text{kg}$ ד. $g^* = 39\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$

ה. לא, הכוח שגורם לתנועה המעגלית סביב הכוכב הוא בעצם כוח המשיכה עצמו.

15) א. $r = 8.84 \cdot 10^7\,\text{m}$ ב. $T = 0.17_{\text{days}}$ ג. $a = 1.62\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ ד. ראה סרטון.

יסודות הפיזיקה א 20113

פרק 20 - תנע זוויתי -

תוכן העניינים

1. נוסחאות וחוקי שימור 197
2. תנע זוויתי ביחס למרכז מסה 200

נוסחאות וחוקי שימור:

שאלות:

1) תנ"ז בזריקה משופעת

אבן נזרקת בזריקה משופעת במהירות v_0 ובזווית α, כוח הכובד שפועל על האבן $\vec{F} = -mg\hat{y}$.

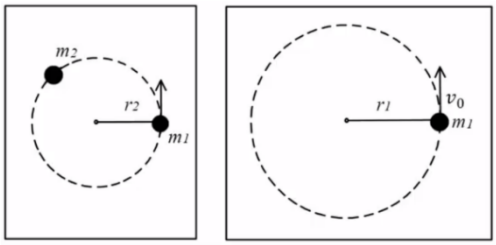
א. מהו התנ"ז של האבן ביחס לנקודת המוצא כתלות בזמן?

ב. מהו מומנט הכוח של כוח הכובד?

ג. הראה כי השינוי של התנ"ז בזמן שווה למומנט הכוח של כוח הכובד.

2) גוף מסתובב על שולחן ונמשך למרכז

מסה m_1 מחוברת לחוט המחובר למרכז שולחן.



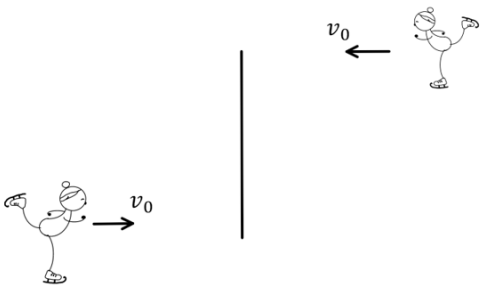
המסה נעה במסלול מעגלי ברדיוס קבוע r_1 ובמהירות קבועה v_0.

ברגע מסוים מושכים את המסה למרכז המעגל (מקצרים את אורך החוט) ומפסיקים כאשר אורך החוט שווה r_2 והמסה מסתובבת שוב בתנועה מעגלית קבועה.

רגע לאחר מכן מניחים מסה נוספת m_2 במסלול של m_1 והמסות מתנגשות התנגשות פלסטית.

מצאו את מהירות המסות לאחר ההתנגשות.

3) שתי מחליקות על הקרח



שתי מחליקות תאומות בעלות מסה זהה m מחליקות בכיוונים מנוגדים ובמהירות v_0.

המחליקות נעות על קווים ישרים והמרחק בין הקווים הוא d. באמצע ביניהן שמים חבל.

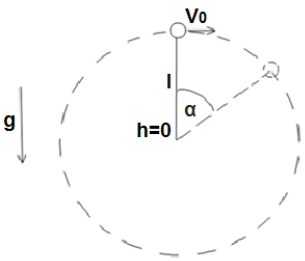
כאשר הן מגיעות לחבל, שתיהן תופסות את החבל ומתחילות להסתובב סביב המרכז ביניהן.

א. מה המהירות הזוויתית שהן מסתובבות?

ב. כעת המחליקות מושכות את החבל ומתקרבות זו לזו עד אשר המרחק ביניהן הוא $\frac{d}{2}$.

מצא את המהירות הזוויתית החדשה של המחליקות.

4) כדור מסתובב אנכית

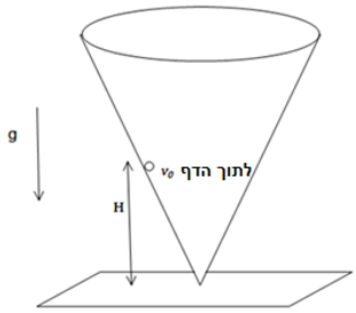


כדור בעל מסה m מחובר לחוט בעל אורך l ומסתובב במעגל אנכי.
נתון כי מהירת הכדור בשיא הגובה היא v_0.

א. מצא את מומנט הכוח הפועל על הכדור כפונקציה של הזווית α.

ב. מצא את התנע הזוויתי של הכדור כפונקציה של הזווית α.

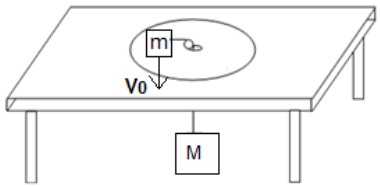
5) כדור בתוך חרוט



כדור קטן נע בתוך חרוט המחובר הפוך למשטח.
נתון כי מהירות הכדור ההתחלתית היא v_0
בכיוון אופקי ומשיק לדופן החרוט.
גובהו ההתחלתי H.
מצא את הגובה המקסימאלי אליו יגיע הכדור (החרוט אינו זז).
הנחיות: מספיק להגיע למשוואה ממעלה שלישית על h אין צורך לפתור אותה.

6) כדור מסתובב מחובר למסה תלויה

מסה m נעה על שולחן חסר חיכוך ומחובר באמצעות חוט העובר דרך מרכז השולחן למסה M התלויה באוויר.
אורך החוט הוא L. נתון כי ב- $t=0$ המסה M נמצאת במנוחה והמסה m נמצאת במרחק R ממרכז הלוח, במהירות התחלתית v_0,
בכיוון מאונך לרדיוס.
רשום את משוואת שימור האנרגיה והתנע הזוויתי ומצא משוואה דיפרנציאלית התלויה רק בגודל r, מרחק המסה m ממרכז השולחן.



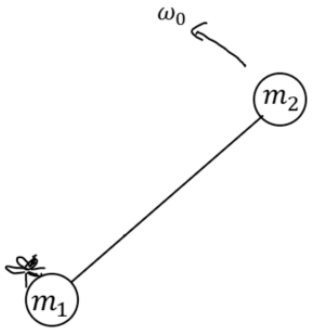
7) מומנט הכוח לא תלוי בנקודת הייחוס

הוכיחו כי אם הכוח השקול על קבוצת גופים מתאפס אז מומנט הכוח על קבוצת הגופים אינו תלוי בנקודת הייחוס.

8) תנע זוויתי לא תלוי בנקודת ייחוס

הוכיחו כי אם התנע הקווי של קבוצת גופים מתאפס אז התנע הזוויתי שלהם לא תלוי בנקודת הייחוס.

9) זבוב הולך על מוט*



שתי מסות נקודתיות m_1 ו-m_2 מחוברות באמצעות מוט חסר מסה באורך d.
על המסה m_1 נמצא זבוב בעל מסה m_3.
כל המערכת נמצאת על שולחן אופקי ומסתובבת סביב מרכז המסה שלה במהירות זוויתית קבועה ω_0.
ברגע מסוים הזבוב מתחיל ללכת על המוט במהירות v ביחס למוט ונעצר כאשר הוא מגיע למרכז המסה של שלושת הגופים (שימו לב שהמוט לא מחובר לשולחן).
מהי המהירות הזוויתית של המערכת כאשר הזבוב נעצר?

תשובות סופיות:

1) א. $-\frac{1}{2}gt^2v_0m\cos\alpha\hat{z}$ ב. $-mgv_0\cos\alpha t\hat{z}$ ג. שאלת הוכחה.

2) $u=\frac{m_1r_1v_0}{r_2\left(m_1+m_2\right)}$

3) א. $\omega'=\frac{2v_0}{d}$ ב. $\omega''=\frac{8v_0}{d}$

4) א. $\sum\vec{\tau}=-mgl\sin\alpha$ ב. $\vec{L}=lmv\left(-\hat{z}\right)$

5) $\left(2gH+v_0^2\right)h_{max}^2+2gh_{max}^3+v_0^2H^2$

6) $a+br+\frac{c}{r^2}=\dot{r}^2$

7) שאלת הוכחה.

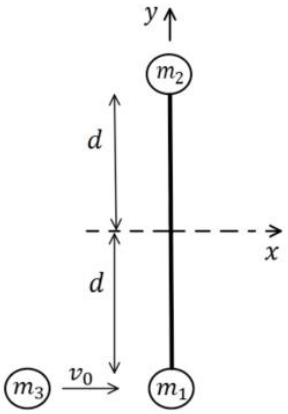
8) שאלת הוכחה.

9) $\omega'=\frac{\left(m_1+m_3\right)\left(m_1+m_2\right)}{m_1\left(m_1+m_2+m_3\right)}\omega_0$

תנע זוויתי ביחס למרכז מסה:

שאלות:

1) מסה מתנגשת במוט עם שתי מסות



שתי מסות נקודתיות m_1 ו-m_2 מחוברות באמצעות מוט חסר מסה באורך $2d$. המערכת נמצאת במנוחה על שולחן אופקי חסר חיכוך (שתי המסות על השולחן, המוט אופקי). מסה שלישית m_3 נעה במהירות v_0 ומתנגשת התנגשות פלסטית במסה m_1.

נסמן את רגע ההתנגשות ב-$t = 0$.

$d = 3m\,,\, v_0 = 6\frac{m}{sec}\,,\, m_1 = m_2 = m_3 = 0.2kg$.

א. חשבו את מיקום מרכז המסה ברגע $t_1 = 0.5sec$ ביחס לראשית הנמצאת במרכז המוט בהתחלה ואינה נעה עם המוט.

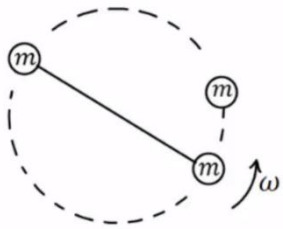
ב. חשבו את התנע הזוויתי של המערכת ביחס לראשית הצירים ברגע t_1.

ג. חשבו את התנע הזוויתי של המערכת ביחס למרכז המסה שלה ברגע t_1.

ד. מצאו את המהירות הזוויתית של המוט ביחס למרכז המסה לאחר ההתנגשות.

ה. מהי המהירות הקווית של m_1 ומהי המהירות הקווית של m_2 מיד לאחר ההתנגשות?

2) שתי מסות מחוברות מסתובבות ומתנגשות בשלישית

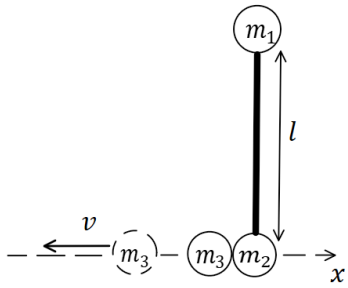


שתי מסות זהות m מחוברות במוט חסר מסה באורך d ומסתובבות סביב מרכז המסה שלהן במהירות זוויתית קבועה ω. אחת המסות מתנגשת התנגשות פלסטית במסה זהה נוספת הנמצאת במנוחה.

מצא את מהירות מרכז המסה של שלושת המסות המחוברות לאחר ההתנגשות ואת המהירות הזוויתית שלהן סביב מרכז המסה של שלושתן.

3) מסה נפרדת ממוט עם שתי מסות

שלוש מסות m_1 , m_2 , m_3 נתונות ומחוברות לקצה של מוט באורך l.



המסות m_2 , m_3 מחוברות בקצה התחתון באויר והמסה m_1 בקצה העליון.

המוט נמצא על שולחן חסר חיכוך (באויר המבט מלמעלה) ובמנוחה.

ברגע מסוים יש פיצוץ בין המסות m_2 , m_3 והמסה m_3 מתנתקת מהמוט וממשיכה במהירות v נתונה (ביחס לשולחן) ובמאונך למוט.

המסה m_2 נשארת מחוברת למוט.

נתון כי: m_1 , $m_2 = M$, $m_3 = 3M$.

א. מצא את מהירות מרכז המסה של המוט (עם המסות המחוברות).

ב. מצא את המהירות הזוויתית של המוט סביב מרכז המסה שלו.

תשובות סופיות:

1) א. $\vec{r}_{cm}(t_1) = (1_m - 1_m)$. ב. $L = 3.6kg \cdot \frac{m^2}{sec}$. ג. $L_{c.m.} = 4.8kg \cdot \frac{m^2}{sec}$.

ד. $\omega = 1\frac{rad}{sec}$. ה. $V_1 = 4\frac{m}{sec}\hat{x}$, $V_2 = -2\frac{m}{sec}\hat{x}$.

2) $\omega' = \frac{3}{4}\omega$, $u_{1,2,3_{c.m}} = 0$.

3) א. $v_{1,2_{c.m.}} = \frac{3}{2}v$ ב. $\omega = \frac{3v}{l}$

יסודות הפיזיקה א 20113

פרק 21 - תנועה הרמונית (פשוטה)

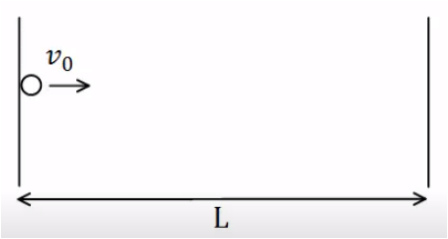
תוכן העניינים

1. תנועה מחזורית 202
2. תנועה הרמונית 203
3. קפיץ אנכי 207
4. תנועה הרמונית בתוספת של כוח קבוע 208
5. אנרגיה בתנועה הרמונית 209
6. מטוטלת מתמטית 210
7. סיכום הפרק ..... (ללא ספר)
8. תרגילים נוספים 211
9. הוכחה לנוסחאות דרך תנועה מעגלית ..... (ללא ספר)

תנועה מחזורית:

שאלות:

1) כדור נע בין שני קירות



כדור נע בין שני קירות במהירות $v_0 = 2\frac{m}{sec}$.
התנגשות הכדור עם הקירות היא אלסטית.
המרחק בין הקירות הוא $L = 6m$.

א. חשב את זמן המחזור של התנועה.

ב. דני ראה כי מיקום הגוף
ב- $t = 1sec$ הוא $2m$ מהקיר השמאלי.
דני חישב כמה זמן ייקח לכדור לפגוע בקיר הימני ולחזור לאותה הנקודה.
דני סימן את הזמן הזה ב- $\tilde{T}$, חשב מהו $\tilde{T}$.

ג. הסבר מדוע $\tilde{T}$ הוא אינו זמן המחזור של התנועה, והסבר כיצד היה צריך דני לבצע את החישוב על מנת לקבל את זמן המחזור הנכון.

תשובות סופיות:

1) א. $T = 6sec$ ב. $\tilde{T} = 4sec$ ג. ראה סרטון.

תנועה הרמונית:

שאלות:

1) דוגמה לחישוב המיקום

גוף מחובר לקפיץ אופקי המחובר בצידו השני לקיר. הגוף נע הלוך וחזור על שולחן אופקי חסר חיכוך. דפנה מסתכלת על הגוף המתנדנד ומודדת את המרחק בין שתי הקצוות של התנועה.

א. מהי אמפליטודת התנועה אם המרחק שמדדה דפנה הוא : $0.4m$?

ברגע מסוים, שהגוף מגיע למרחק המקסימאלי מהקיר, מפעילה דפנה סטופר המתחיל למדוד את הזמן מאפס. דפנה סופרת כל פעם שהגוף חוזר לנקודה שבה התחילה למדוד. דפנה ראתה כי לאחר 5 שניות הגוף הגיע בפעם העשירית בדיוק לנקודת ההתחלה.

ב. מהו זמן המחזור של התנועה?

ג. מהי התדירות והתדירות הזוויתית של התנועה?

ד. קבע את ראשית הצירים במרכז התנועה של הגוף, ורשום משוואה המתארת את מיקום הגוף ביחס לראשית, כתלות בזמן שמראה הסטופר של דפנה.

2) מציאת המיקום מהזמן

מסה $m=3kg$ קשורה לקפיץ אופקי בעל קבוע קפיץ $k=10\frac{N}{m}$. מסיטים את המסה מרחק $d=0.3m$ בכיוון החיובי מנקודת שיווי המשקל, ומשחררים ממנוחה.

א. מהם התדירות וזמן המחזור של התנועה?

ב. מהי האמפליטודה של התנועה?

ג. רשום נוסחה המתארת את מיקום המסה כתלות בזמן.

ד. מהו מיקום המסה ב- $t_1=0.4sec$?

3) מציאת הזמן מהמיקום

מסה $m=2kg$ קשורה לקפיץ אופקי בעל קבוע קפיץ $k=30\frac{N}{m}$. מסיטים את המסה מרחק $d=15c.m$ בכיוון החיובי מנקודת שיווי המשקל, ומשחררים ממנוחה.

א. מצא את מיקום המסה כתלות בזמן.

ב. מהו מיקום המסה ב- $t_1=0.3sec$ וב- $t_2=1.2sec$?

ג. מהו הזמן בו המסה מגיעה אל נקודת שיווי המשקל, ומהו הזמן בו היא מגיעה לקצה השני?

ד. מהם הזמנים בהם המסה מגיעה אל $x=7.5cm$? מדוע קיימים שניים?

4) חישוב המהירות

גוף בעל מסה $m=0.5kg$ מתנדנד בתנועה הרמונית, כך שמיקומו כתלות בזמן הוא: $x(t)=0.4\cos(2t)$, במטרים.

א. מהי התדירות הזוויתית והאמפליטודה של התנועה?

ב. מהי המהירות המקסימאלית של הגוף?

ג. רשום נוסחה למהירות כתלות בזמן של הגוף.

ד. מהי מהירות הגוף ב- $t=2sec$, ומהי האנרגיה הקינטית שלו באותו הרגע?

5) חישובי פאזה

דני רואה גוף מתנדנד בתנועה הרמונית בתדירות זוויתית $\omega=3\frac{rad}{sec}$ ובמשרעת $A=0.2m$.

דני התחיל למדוד את הזמן מהרגע בו הגוף נמצא בקצה השלילי.

א. רשום ביטוי למיקום כפונקציה של הזמן שמודד דני.

ב. צייר גרף של המיקום כתלות בזמן שמודד דני.

ג. מתי היה צריך דני להתחיל למדוד את הזמן אם הוא רוצה שהפונקציה של המיקום תהפוך להיות פונקציית סינוס?

6) חישוב הפאזה מתנאי התחלה

גוף בעל מסה $m=2kg$ מחובר לקפיץ בעל קבוע $k=4\frac{N}{m}$, ומתנדנד בתנועה הרמונית על מישור חלק ואופקי.

א. מהי התדירות הזוויתית של התנועה?

ב. מהם הפאזה והאמפליטודה של הגוף, אם ברגע תחילת הזמן הגוף היה ב- $x(t=0)=0.2m$, ובמהירות $v=6\frac{m}{sec}$ בכיוון השלילי?

ג. רשום את נוסחאות המיקום והמהירות כתלות בזמן.

ד. חזור על סעיף ב' אם המיקום ההתחלתי הוא בנקודת שיווי המשקל.

7) מסה מתנגשת במסה המחוברת לקפיץ

מסה $m=3kg$ מחוברת לקפיץ אופקי בעל קבוע קפיץ $k=9\frac{N}{m}$, ונמצאת על שולחן אופקי חלק. המסה נמצאת במנוחה (הקפיץ רפוי).

מסה זהה נוספת נעה במהירות $v=12\frac{m}{sec}$ כלפי המסה הנייחת ומתנגשת בה התנגשות פלסטית. הנח כי זמן ההתנגשות קצר מאוד.
לאחר ההתנגשות שתי המסות נעות בתנועה הרמונית.

א. מהי תדירות התנועה?

ב. מה תנאי ההתחלה של התנועה ההרמונית $\left(x(t=0),v(t=0)\right)$?

ג. מצא את המיקום כתלות בזמן של המסות מהרגע לאחר ההתנגשות.

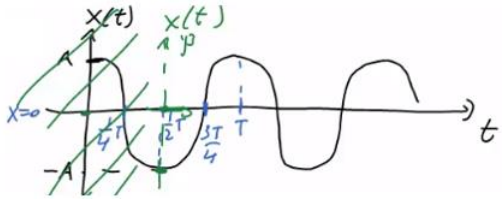
תשובות סופיות:

1) א. $A=0.2\text{m}$ ב. $T=0.5\text{sec}$ ג. תדירות: $f=2\cdot\frac{1}{\text{sec}}$,
תדירות זוויתית: $\omega\approx 12.57\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ ד. $x(t)=0.2\cos(12.57\cdot t)$

2) א. תדירות: $f\approx 0.29\frac{1}{\text{sec}}$, זמן מחזור: $T\approx 3.44\text{sec}$. ב. $d=0.3\text{m}$
ג. $x(t)=0.3\cos(1.83\cdot t)$ ד. $x(t_1)\approx 0.22\text{m}$

3) א. $x(t)=0.15\cos(3.87\cdot t)$ ב. $x(t_2)=-0.01\text{m}$, $x(t_1)\approx 0.06$
ג. שיווי משקל: $t_3\approx 0.41\text{sec}$, הקצה השני: $t_4\approx 0.82\text{sec}$.
ד. $\tilde{t}_1\approx 0.27\text{sec}$, $\tilde{t}_2\approx 1.35\text{sec}$

4) א. $A=0.4\text{m}$, $\omega=2\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ ב. $|v_{max}|=0.8\frac{\text{m}}{\text{sec}}$
ג. $v(t)=-0.8\cdot\sin(2\cdot t)\frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ד. $E_k\approx 0.09\text{J}$, $v(t=2)\approx 0.61\frac{\text{m}}{\text{sec}}$

5) א. $x(t)=0.2\cos(3\cdot t+\pi)$ ב. שרטוט:


ג. $t_0=1.57\text{sec}$

6) א. $\omega=\sqrt{2}\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ ב. $\varphi\approx 1.52\text{rad}$, $A\approx 3.94\text{m}$
ג. $x(t)=3.94\cos(\sqrt{2}\cdot t+1.52)$, $v(t)=-5.57\sin(\sqrt{2}\cdot t+1.52)$
ד. $\varphi=\frac{\pi}{2}$, $A\approx 4.24\text{m}$

7) א. $\omega=\sqrt{\frac{3}{2}}\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ ב. $x(t=0)=0$, $v(t=0)=-6\frac{\text{m}}{\text{sec}}$
ג. $x(t)=4.90\cos\left(\sqrt{\frac{3}{2}}\cdot t+\frac{\pi}{2}\right)$

קפיץ אנכי:

שאלות:

1) קפיץ אנכי ותוספת מסה

גוף בעל מסה $m=1kg$ תלוי מהתקרה באמצעות קפיץ אנכי בעל קבוע $k=50\frac{N}{m}$ ואורך רפוי $l_0=30cm$.

א. מצא את המרחק של נקודת שיווי המשקל מהתקרה.

ב. מעמיסים על הקפיץ מסה נוספת $m=2kg$ המחוברת למסה הראשונה, מה תהיה נקודת שיווי המשקל החדשה?

כעת נניח כי מושכים את המסה הכוללת מנקודת שיווי המשקל כלפי מטה מרחק של $d=8cm$ ומשחררים אותה ממנוחה.

ג. מה תדירות התנועה של המסה?

ד. מצא את המיקום כתלות בזמן אם הכיוון החיובי של הציר האנכי הוא כלפי מטה.

ה. חזור על סעיף ד', אם הכיוון החיובי של הציר הוא כלפי מעלה.

2) מסה משוחררת מנקודת רפיון

מסה $m=30gr$ תלויה מהתקרה באמצעות קפיץ אנכי בעל קבוע $k=1.5\frac{N}{m}$.

המסה מוחזקת באוויר בנקודה שבה הקפיץ רפוי ומשוחררת ממנוחה.

א. מצא את נקודת שיווי המשקל.

ב. מצא את המיקום כתלות בזמן, אם הכיוון החיובי כלפי מטה.

תשובות סופיות:

1) א. $0.5m$ ב. $0.9m$ ג. $\omega\approx 4.08\frac{rad}{sec}$ ד. $y(t)=0.08\cos(4.08\cdot t)$

ה. $y(t)=0.08\cos(4.08\cdot t+\pi)$

2) א. $y_0=\frac{mg}{k}$ ב. $y(t)=0.2\cos(7.07\cdot t+\pi)$

תנועה הרמונית בתוספת של כוח קבוע:

שאלות:

1) תוספת של כוח קבוע

גוף בעל מסה $m=0.2kg$ מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע $k=4\frac{N}{m}$.

הגוף נמצא במנוחה בנקודה שבה הקפיץ רפוי.

ב-$t=0$ מתחיל לפעול על הגוף כוח קבוע בכיוון החיובי $F=0.1N$.

א. מצא את נקודת שיווי המשקל החדשה.

ב. מהי תדירות התנועה?

ג. מהם תנאי ההתחלה של הבעיה?

ד. מצא את המיקום כתלות בזמן.

2) כוח מפסיק בפתאומיות

גוף מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע קפיץ $k=5\frac{N}{m}$.

הגוף נצפה מתנדנד בתנועה הרמונית באמפליטודה $A=0.3m$.

ידוע שעל הגוף פועל כוח קבוע $F=2N$ בכיוון החיובי.

א. מצא היכן תהיה נקודת שיווי המשקל, במידה והכוח יפסיק לפעול בפתאומיות.

ב. מצא מה תהיה אמפליטודת התנועה במידה והכוח יפסיק לפעול, ברגע שהגוף נמצא בקצה החיובי של התנועה.

ג. חזור על סעיף ב' עבור הקצה השלילי.

ד. חזור על סעיף ב' אם הכוח הפסיק כאשר הגוף במרכז התנועה, ומהירותו ברגע זה היא $2\frac{m}{sec}$.

תשובות סופיות:

1) א. $0.025m$ ב. $\omega=4.47\frac{rad}{sec}$ ג. $x(t=0)=-x_0$, $v(t=0)=0$

ד. $x(t)=0.025(4.47\cdot t+\pi)$

2) א. $x_0=-0.4m$ ב. $\tilde{A}=0.7m$ ג. $\tilde{A}=0.1$

אנרגיה בתנועה הרמונית:

שאלות:

1) חישובי אנרגיה

מסה $m=2kg$ מחוברת לקפיץ אופקי בעל קבוע $k=50\frac{N}{m}$.

מושכים את המסה מרחק $d=0.2m$ מנקודת שיווי המשקל, ומשחררים אותה ממנוחה.

א. רשום את מיקום המסה כתלות בזמן מרגע השחרור.

ב. רשום את מהירות המסה כתלות בזמן מרגע השחרור.

ג. חשב את מיקום ומהירות המסה ברגעים $t=0\ ,\ 1\ ,\ 2\sec$.

ד. חשב את האנרגיה הקינטית, האנרגיה הפוטנציאלית והאנרגיה הכללית של המסה, בכל אחד מן הרגעים. הראה כי האנרגיה הכללית נשמרת.

תשובות סופיות:

1) א. $x(t)=0.2\cos(5\cdot t)$ ב. $v(t)=1\cdot\sin(5\cdot t)$

ג. $x(t=1)\approx 0.057m\ ,\ v(t=1)\approx 0.960\frac{m}{sec}$

$x(t=2)\approx -0.168m\ ,\ v(t=2)\approx 0.544\frac{m}{sec}\ ;\ x(t=0)\approx 0.2m\ ,\ v(t=0)\approx 0$

ד. $t=0:E_k=0\ ,\ U=1\ ;\ t=1:E_k=0.922J,\ U=0.081J\ ;\ \ t=2:E_k=0.296J\ ,\ U=0.706J$

מטוטלת מתמטית:

שאלות:

1) חישוב אורך חוט

מצא מה צריך להיות אורך החוט של מטוטלת, על מנת שהזמן שייקח למסה לעבור מקצה אחד לקצה השני יהיה חצי שנייה.

תשובות סופיות:

1) $l \approx 0.25m$

תרגילים נוספים:

שאלות:

1) תרגיל 1

גוף בעל מסה $m=20gr$ מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע $k=4\frac{N}{m}$, וחופשי לנוע ללא חיכוך. הגוף מתנדנד בתנועה הרמונית כך שהמרחק בין הקצוות של התנועה הוא: $d=10cm$.

א. מהי האפליטודה של התנועה?

ב. מהי התדירות הזוויתית?

ג. מהו זמן המחזור?

ד. רשום נוסחה למיקום הגוף כתלות בזמן, אם הזמן נמדד מהרגע בו הגוף היה בקצה החיובי.

ה. רשום נוסחה למהירות הגוף כתלות בזמן.

2) תרגיל 2

גוף בעל מסה $m=2kg$ מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע $k=4\frac{N}{m}$, וחופשי לנוע ללא חיכוך. מושכים את הגוף מנקודת שיווי המשקל למרחק של $d=0.2m$ ומשחררים ממנוחה.

א. מהי התדירות הזוויתית?

ב. מהו זמן המחזור?

ג. מהי האפליטודה של התנועה?

ד. מהו מיקום הגוף כתלות בזמן מרגע השחרור?

ה. רשום נוסחה למהירות הגוף כתלות בזמן.

ו. חזור על כל הסעיפים עבור המקרה בו ברגע השחרור הגוף מקבל דחיפה קטנה המקנה לו מהירות התחלתית $v_0=0.1\frac{m}{sec}$.

3) תרגיל 3

הגרף הבא מתאר את מיקומו כתלות בזמן של גוף הנע בתנועה הרמונית פשוטה.

א. מהי אמפליטודת התנועה?

ב. מהו זמן המחזור?

ג. מהי התדירות הזוויתית?

ד. מהי הפאזה?

ה. רשום נוסחה למהירות כתלות בזמן.

4) תרגיל 4

גוף בעל מסה $m=1kg$ מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע קפיץ $k=3\frac{N}{m}$.

הגוף משוחרר ממנוחה במרחק $d=0.3m$ מנקודת שיווי המשקל.

א. רשום נוסחה למיקום הגוף כתלות בזמן.

ב. מצא את מיקום הגוף ב- $t=3sec$.

ג. מהי מהירות הגוף ב- $t=3sec$.

ד. מהי תאוצת הגוף ב- $t=3sec$.

5) תרגיל 5

מהירותו של גוף המתנדנד בתנועה הרמונית נתונה לפי הגרף הבא:

א. מתי מגיע הגוף לנקודת שיווי המשקל בפעם הראשונה?

ב. האם תאוצת הגוף ב- $t=1sec$ מקסימאלית?

ג. האם ב- $t=1.5sec$ האנרגיה קינטית מרבית?

ד. מהו הכוח ב- $t=2.5sec$?

ה. כמה מחזורי תנועה עשה הגוף ב-4 השניות הראשונות של התנועה?

6) תרגיל 6

בגרף הבא נתונה התאוצה של גוף כתלות במיקום של הגוף. מסת הגוף היא $m=20g$.

א. האם התנועה היא תנועה הרמונית? נמק.

ב. מהו קבוע הקפיץ?

ג. מהי אמפליטודת התנועה?

7) תרגיל 7

גוף בעל מסה $m=2kg$ מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע קפיץ $k=40\frac{N}{m}$.

ב-$t=0$ מיקום ומהירות הגוף הם: $x=20cm$, $v=0.4\frac{m}{sec}$.

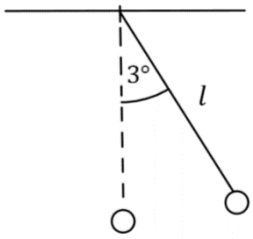
א. רשום נוסחה למיקום הגוף כתלות בזמן.

ב. מתי מיקומו של הגוף הוא 5 ס"מ משמאל לנקודת שיווי המשקל בפעם הראשונה?

ג. מתי מהירות הגוף היא $0.1\frac{m}{sec}$ בכיוון החיובי?

ד. מהי התאוצה המקסימאלית של הגוף?

8) תרגיל 8



מטוטלת מתמטית בעלת חוט באורך $l=1m$,
ומסה $m=100gr$ בקצה, משוחררת ממנוחה מזווית של $3°$.

א. מה תהיה התדירות הזוויתית של התנועה?

ב. כמה זמן ייקח למטוטלת להגיע לנקודת שיווי המשקל?

ג. מהי מהירות המסה בנקודת שיווי המשקל?

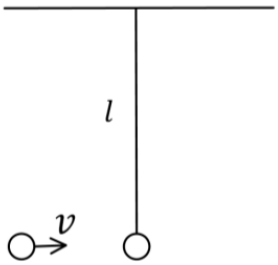
בנקודת שיווי המשקל מונחת מסה נוספת $m=25gr$, הנמצאת במנוחה.
מסת המטוטלת מתנגשת במסה הנוספת התנגשות פלסטית.

ד. מהי מהירות הגופים מיד לאחר ההתנגשות?

ה. מהי התדירות הזוויתית של התנועה לאחר ההתנגשות?

ו. מהי הזווית המקסימאלית אליה תגיע המטוטלת לאחר ההתנגשות?

9) תרגיל 9



מטוטלת מתמטית בעלת חוט באורך $l=0.5m$,
ומסה $m=50gr$ בקצה, תלויה במנוחה.

מסה $m=25gr$ נעה אופקית במהירות $v=0.6\frac{m}{sec}$,
ומתנגשת במסת המטוטלת התנגשות פלסטית.

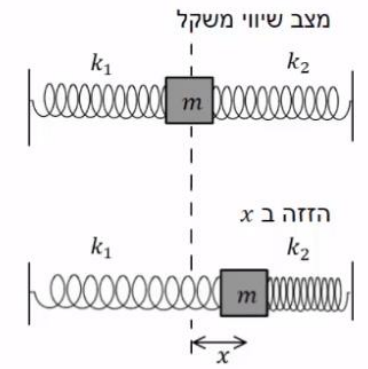
א. מה תהיה התדירות הזוויתית של התנועה לאחר ההתנגשות, בהנחה שהתנודות קטנות.

ב. כמה זמן ייקח למטוטלת להגיע לשיא הגובה?

ג. מהי מהירות הגופים מיד לאחר ההתנגשות?

ד. מהי הזווית המקסימאלית אליה תגיע המטוטלת?

10) מסה עם קפיצים משני הצדדים

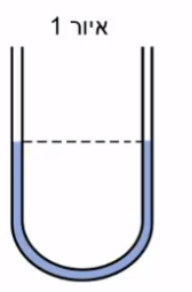


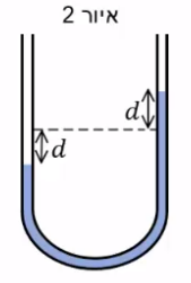
לשני צדדיה של מסה m מחוברים שני קפיצים שקבועי הכוח שלהם הם: k_1 ו-k_2.
הגוף נמצא על משטח חלק. מזיזים את הגוף ימינה מרחק x.

א. הראה כי כאשר מרפים ממנו הוא ינוע בתנועה הרמונית פשוטה שקבועה הוא: k_1+k_2.

ב. מהו זמן המחזור של התנועה?

11) צינור בצורת U





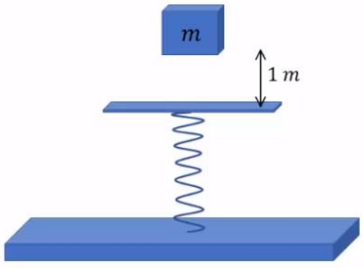
בתוך צינור גלילי בצורת האות U מצוי נוזל בשיווי משקל (איור 1).
אורך החלק המלא בנוזל הוא L ושטח החתך לאורך כל הצינור הוא A. צפיפות הנוזל (מסה ליחידת נפח) היא ρ.
נושפים בזרוע השמאלית של הצינור כך שפני הנוזל יורדים בשיעור d, ומרפים (איור 2).

א. תאר במילים את תנועת הנוזל בהנחה שלא פועלים עליו כוחות חיכוך.

ב. הראה כי כאשר פני הנוזל נמצאים במרחק x ממצב שיווי המשקל פועל על הנוזל כוח מחזיר: $F=-2\rho Agx$.
(הדרכה: חשב את מסת הנוזל העודפת בצד הגבוה ומשם את כוח הכובד שהיא מפעילה על שאר הנוזל).

ג. בהנחה כי $x<<L$ הראה כי זמן המחזור של התנודה הוא: $T=\pi\sqrt{\frac{2L}{g}}$.

12) מסה נופלת על קפיץ אנכי



קפיץ אנכי מחובר לקרקע מצידו האחד וללוח אופקי בצידו השני.
קבוע הקפיץ הוא: $400\frac{N}{m}$. מסה של $m=2kg$ משוחררת ממנוחה מגובה של מטר אחד מעל הלוח, המסה נופלת נפילה חופשית ונדבקת ללוח.
מסת הלוח והקפיץ ניתנות להזנחה.

א. מהי ההתכווצות המרבית של הקפיץ?

ב. מהי תדירות תנודות המשקולת?

ג. מהי משרעת התנודות?

תשובות סופיות:

1) א. $A=0.05\text{m}$ ב. $\omega\approx 14.14\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ ג. $T\approx 0.444\text{sec}$

ד. $x(t)=0.05\cdot\cos(14.14\cdot t)$ ה. $v(t)=-0.707\cdot\sin(14.14\cdot t)$

2) א. $\omega=1.41\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ ב. $T\approx 4.44\text{sec}$ ג. $A=0.2\text{m}$

ד. $x(t)=0.2\cdot\cos(1.41\cdot t)$ ה. $v(t)=-0.282\cdot\sin(1.41\cdot t)$

ו. $x(t)=0.212\cdot\cos(1.41\cdot t+0.341)$, $A=0.212\text{m}$, $T=4.44\text{sec}$, $\omega=1.41\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$

$v(t)=-0.299\sin(1.41\cdot t+0.341)$

3) א. $A=2\text{m}$ ב. $T=7\text{sec}$ ג. $\omega\approx 0.898\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ ד. $\varphi=0$

ה. $v(t)=-1.80\cdot\sin(0.898\cdot t+0)$

4) א. $x(t)=0.3\cos\left(\sqrt{3}\cdot t\right)$ ב. $x(t=3)\approx 0.14\text{m}$

ג. $v(t=3)\approx -0.46\frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ד. $a(t=3)=-0.42\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$

5) א. $t=0.5\text{sec}$ ב. כן. ג. כן. ד. 0

ה. 2

6) א. כן. ב. $k=0.008\frac{\text{N}}{\text{m}}$ ג. $A\approx 3\text{m}$

7) א. $x(t)=0.22\cos\left(\sqrt{20}\cdot t-0.42\right)$ ב. $t_1=0.5\text{sec}$ ג. $t_1\approx 0.07\text{sec}$

ד. $a_{max}=4.4\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$

8) א. $\omega=\sqrt{10}\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ ב. $t\approx 0.5\text{sec}$ ג. $v_{max}=0.165$ ד. $u=0.131\frac{\text{m}}{\text{sec}}$

ה. $\omega=\sqrt{10}\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ ו. $\theta\approx 2.35°$

9) א. $\omega=\sqrt{20}\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ ב. $t\approx 0.35\text{sec}$ ג. $u=0.2\frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ד. $\theta=5.12°$

10) א. הוכחה. ב. $T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k_1+k_2}}$

11) א. ראה סרטון. ב. הוכחה. ג. הוכחה.

12) א. $\Delta x_{max}=0.37\text{m}$ ב. $f=2.25\frac{1}{\text{sec}}$ ג. $A\approx 0.32\text{m}$

יסודות הפיזיקה א 20113

פרק 22 - מבוא למבנה החומר

תוכן העניינים

1. מבוא למבנה החומר ..... (ללא ספר)

יסודות הפיזיקה א 20113

פרק 23 - הכוח החשמלי- חוק קולון

תוכן העניינים

1. חוק קולון 216
2. תרגילים 217

חוק קולון:

שאלות:

1) אלקטרון ופרוטון

אלקטרון ופרוטון נמצאים במרחק של 3A אחד מהשני.
מהו הכוח הפועל על כל אחד מהם? (גודל וכיוון).

2) שני מטענים על ציר ה-X

שני גופים טעונים במטענים: $q_1 = 0.2mc, q_2 = 0.3mc$.

מיקום הגוף הראשון הוא: $\vec{r}_1(3m,0)$ ומיקום הגוף השני הוא: $\vec{r}_1(8m,0)$.

א. חשב את הכוח החשמלי הפועל על כל גוף גודל וכיוון.

ב. מהי תאוצת כל גוף באותו הרגע אם מסותיהן הן: $m_1 = 3kg, m_2 = 8kg$.

3) שני מטענים במישור

שני גופים טעונים במטענים: $q_1 = 15\mu c, q_2 = -20\mu c$.

מיקום הגוף הראשון הוא: $\vec{r}_1(0,0)$ ומיקום הגוף השני הוא: $\vec{r}_1(5m,3m)$.

א. חשב את הכוח החשמלי הפועל על כל גוף גודל וכיוון.

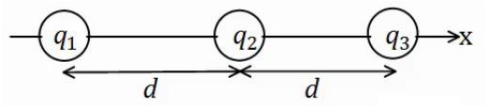
ב. מהי תאוצת כל גוף באותו הרגע אם מסותיהן הן: $m_1 = 3kg, m_2 = 8kg$.

4) 3 מטענים על ציר ה-X

שלושה מטענים מונחים על ציר ה- x במרווחים של $d = 10cm$ אחד מהשני.

גודל המטענים הוא: $q_1 = 2\mu c, q_2 = -10\mu c, q_3 = 5\mu c$.

מצא את הכוח הפועל על כל מטען גודל וכיוון.



תשובות סופיות:

1) $F = -2.56 \cdot 10^9 N$, כוח המשיכה.

2) א. שניהם נעים בכיוונים הפוכים, ב- $F = 21.6N$. ב. $a_1 = -7.2\frac{m}{sec^2}\hat{x}$, $a_2 = 2.7\frac{m}{sec^2}\hat{x}$

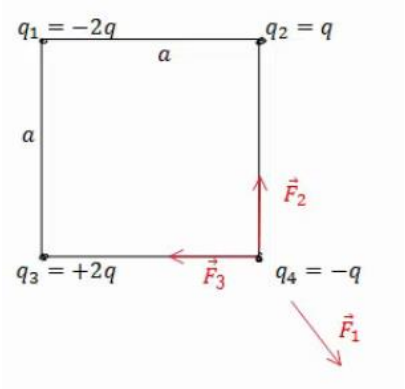
3) א. $|F_1| = |F_2| = 7.94 \cdot 10^{-2} N, \theta_1 = 30.96°, \theta_2 = 210.96°$ ב. $a_1 \approx 2.65 \cdot 10^{-2}\frac{m}{sec}$

4) $\sum \vec{F}_1 = 15.75N\hat{x}, \sum \vec{F}_2 = 27N\hat{x}, \sum \vec{F}_1 = 42.75N\hat{x}$

תרגילים:

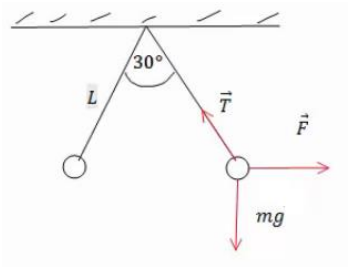
שאלות:

1) מטען בפינת ריבוע



חשב את הכוח הפועל על המטען בפינה הימנית התחתונה של הריבוע.
q ו- a נתונים.

2) שני כדורים תלויים

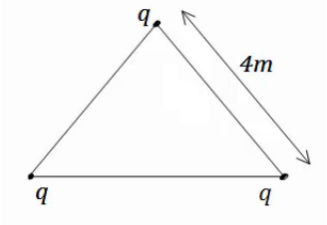


שני כדורים בעלי מסה m ומטען זהה תלויים מהתקרה ע"י חוטים בעלי אורך L, הזווית בין החוטים היא 30 מעלות.
מצא את מטען הכדורים.

3) מהירות זוויתית באטום המימן

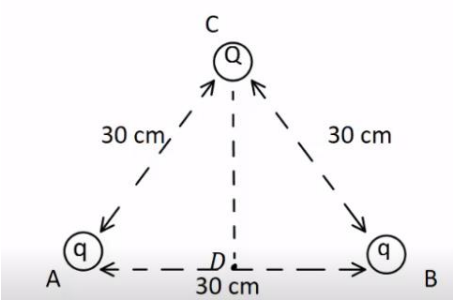
אטום המימן מורכב מפרוטון בגרעין ואלקטרון הסובב סביב הגרעין בתנועה מעגלית ברדיוס של 0.53 אנגסטרום.
מצא את המהירות הזוויתית של האלקטרון, אם ידוע כי מסת האלקטרון היא: $m_e=9.1\cdot10^{-31}kg$ ומטען האלקטרון והפרוטון הוא: $q_e=-1.6\cdot10^{-19}c=-q_p$.

4) מטענים בקודקודי משולש



שלושה מטענים זהים נמצאים על קודקודיו של משולש שווה צלעות.
גודל כל מטען הוא $q=2\mu c$ ואורך צלע המשולש היא $4m$.
מצא את הכוח שמרגיש כל מטען כתוצאה מהמטענים האחרים.

5) כוח על כדור בקצה משולש



שני כדורים קטנים, שמטען כל אחד מהם הוא: $q=10^{-5}c$, קבועים בנקודות A ו-B באויר.

המרחק בין הנקודות הוא $30cm$.

בנקודה C הנמצאת במרחק של $30cm$ מכל אחד מהמטענים האלה, נמצא כדור מוליך קטן שמסתו $20gr$ והוא טעון במטען של: $Q=-2\cdot10^{-5}c$.

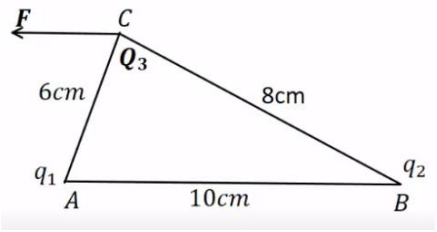
משחררים את הכדור הנמצא בנקודה C.

א. חשב את הגודל ואת הכיוון של הכוח על הכדור ברגע בו שוחרר.

ב. חשב את גודלה ואת כיוונה של תאוצת הכדור ברגע בו שוחרר.

ג. חשב את תאוצת הכדור בנקודה D.

6) נחש את סימן המטענים



שני מטענים נקודתיים ממוקמים בקודקודי משולש ישר זווית, בקצוות המיתר AB.

נתון כי: $Q_3=3\mu c$ $|q_1|=3\mu c$ והכוח השקול F הפועל על Q_3 פועל בכיוון אופקי שמאלה במקביל לצלע AB.

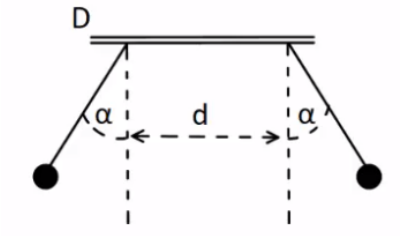
בהזנחת כוח הכובד:

א. מהם סימני המטענים q_1 ו- q_2? נמק.

ב. חשב את מטען q_2 אם הזווית $\measuredangle ACB$ היא זווית ישרה.

ג. מהו גודלו של הכוח השקול F?

7) שני מטענים תלויים



שני כדורים שמסתם זהות $m=8gr$ ומטען זהה q, תלויים באמצעות חוטים משתי נקודות שהמרחק ביניהם הוא $d=2cm$.

נתון: $\alpha=30°$ ו- $l=3cm$.

בטא את גודל המטען q באמצעות α , m , l , d וחשב את גודל המטען q.

תשובות סופיות:

1) $\sum F_y = \frac{kq^2}{a^2}\left(1-\frac{1}{\sqrt{2}}\right)$

2) $q = \sqrt{\frac{mg}{k}\tan(15)L^2\left(2-\sqrt{3}\right)}$

3) $\omega = \sqrt{17}\cdot 10^{16}\frac{1}{\sec}$

4) $\sum F = 3.897\cdot 10^{-3}N$

5) א. $34.6N$ ב. $a_y = 1,732\frac{m}{\sec^2}$ ג. $a = 0$

6) א. q_1 : שלילי, q_2 : חיובי. ב. $q_2 = 7.11\mu c$ ג. $\sum F_x = 37.5N$

7) $q = \sqrt{\frac{mg\tan\alpha}{k}}\left(d+2l\sin\alpha\right)$, $q \approx 5.2\cdot 10^{-8}c$

יסודות הפיזיקה א 20113

פרק 24 - השדה החשמלי

תוכן העניינים

1. שדה חשמלי של מטענים נקודתיים 220

שדה חשמלי של מטענים נקודתיים:

שאלות:

1) שדה בשתי נקודות

מטען q נמצא בראשית הצירים.

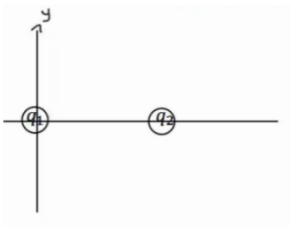
א. חשב את השדה בנקודות $(1m,3m),(0,2m)$, אם נתון ש- $q=5c$ (גודל וכיוון).

ב. חזור על סעיף א' אם $q=-7c$.

ג. מצא מה יהיה הכוח על מטען $q_2=3c$ המגיע לנקודה $(1m,3m)$ עבור סעיף א'.

ד. מצא מה יהיה הכוח על מטען $q_3=-4c$ המגיע לנקודה $(1m,3m)$ עבור סעיף א' ללא q_2.

2) חישוב שדה שקול בשלוש נקודות



מטען $q_1=5\mu c$ נמצא בראשית הצירים.

מטען $q_2=4\mu c$ נמצא במיקום $(3cm,0)$.

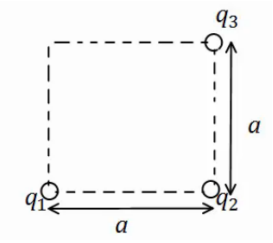
מצא את השדה בנקודות הבאות:

א. $(5cm,0)$.

ב. $(2cm,0)$.

ג. $(2cm,1cm)$.

3) חישוב שדה שקול בפינה של ריבוע

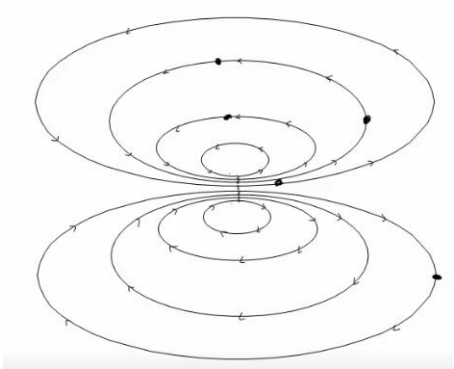


מטענים q_1 , q_2 , q_3 נמצאים בשלוש פינותיו של ריבוע בעל צלע a.

מהו השדה בפינה הרביעית?

a , q_3 , q_2 , q_1 נתונים.

4) קווי שדה



באיור הבא מתוארים קווי שדה במרחב.
צייר איכותית את וקטור השדה החשמלי בכל הנקודות המסומנות.

5) חלקיק על קו שדה

חלקיק מתחיל לנוע ממנוחה במרחב בו קיים שדה חשמלי.
האם החלקיק ימשיך לנוע לאורך קו השדה עליו היה בתחילת התנועה לעד?

6) יחידות של השדה

תלמיד טען שניתן לרשום את היחידות של השדה החשמלי גם כג׳אול לקולון למטר. האם התלמיד צודק?

7) קווי שדה חוצים זה את זה

תלמיד טען שקווי השדה של שני מטענים במרחב חוצים זה את זה? האם הדבר אפשרי? אם כן, אילו מטענים יקיימו טענה זו?

8) שדה מתאפס

בתוך אזור מבודד נמצאים שני מטענים במיקומים שונים. גודל המטענים זהה וסימנם אינו ידוע. קבעו האם המטענים בעלי סימן זהה או סימן הפוך אם ידוע שקיימת נקודה במרחב שבה השדה מתאפס. הניחו שאין עוד מטענים במרחב.

9) גוף מרגיש שדה

גוף קטן הנושא מטען של $-5\cdot10^{-9}\text{C}$ חשב בכוח חשמלי שגודלו $4\cdot10^{-8}\text{N}$ כלפי מטה. הניחו שכוח הכובד זניח.

א. מהו השדה החשמלי בנקודה בה נמצא הגוף?

ב. מה יהיה הכוח על פרוטון שיהיה באותה הנקודה?

10) שדה מתאפס בין שני מטענים

שני מטענים $q_1=3\cdot10^{-9}\text{C}$ ו-$q_2=-5\cdot10^{-9}\text{C}$ מרוחקים 1.8m זה מזה.
באיזו נקודה מתאפס השדה החשמלי על הקו המחבר בין המטענים?

11) שדה בכמה נקודות

מטען $q_1=4\cdot10^{-6}\text{C}$ נמצא בראשית. מטען אחר של $q_2=-2\cdot10^{-9}\text{C}$ נמצא בנקודה $(1,2)$ במטרים.
חשבו את השדה השקול בנקודות הבאות:

א. $(0,2)$

ב. $(-1,-2)$

ג. $(-1,-4)$*

תשובות סופיות:

1) א. $\vec{E}=1.42\cdot10^9\hat{x}+4.27\cdot10^9\hat{y}$ ב. $\vec{E}=6.3\cdot10^9\hat{x}+15.75\cdot10^9\left(-\hat{y}\right)$

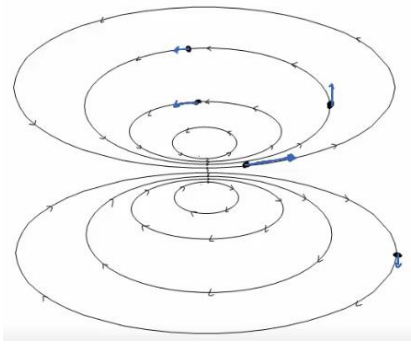
ג. $\vec{F}=4.26\cdot10^9\hat{x}+12.81\cdot10^9\hat{y}$ ד. $\vec{F}_3=-4\cdot\left(1.42\cdot10^9\hat{x}+4.27\cdot10^9\hat{y}\right)$

2) $E_{1_x}=8.05\cdot10^7,\ E_{1_y}=4.03\cdot10^7,\ E_{2_x}=-12.73\cdot10^7,\ E_{2_y}=12.73\cdot10^7$

$E_{T_x}=-4.68\cdot10^7,\ E_{T_y}=16.77\cdot10^7$

3) $E_{T_y}=\frac{kq_1}{a^2}+\frac{kq_2}{2a^2}\cdot\frac{1}{\sqrt{2}},\ E_{T_x}=\frac{kq_3}{a^2}-\frac{kq_2}{2a^2}\cdot\frac{1}{\sqrt{2}}$

4)



5) לא.

6) כן.

7) לא.

8) זהה.

9) א. $|E|=8\frac{N}{C}$, למעלה. ב. ראה סרטון.

10) $x_2=-6.19$

11) א. $\vec{E}=18\hat{x}+9\hat{y}$ ב. $\vec{E}=-2.82\hat{x}-5.63\hat{y}\frac{N}{C}$

ג. $\vec{E}=-0.37\hat{x}-1.59\hat{y}$

יסודות הפיזיקה א 20113

פרק 25 - חוק גאוס

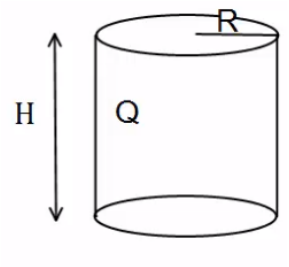
תוכן העניינים

1. צפיפות מטען 223
2. חוק גאוס 224
3. תרגילים נוספים 225
4. סיכום חוק גאוס ..... (ללא ספר)

צפיפות מטען:

שאלות:

1) גליל עם חור



גליל בעל רדיוס R וגובה H, טעון במטען Q המתפלג בצורה אחידה.
קודחים בגליל חור ברדיוס $r < R$, לכל אורכו.
מהו המטען שיצא מהגליל?
(נוסחה לנפח גליל: $\pi r^2 h$).

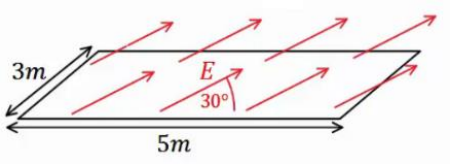
תשובות סופיות:

1) $q = \frac{Qr^2}{R^2}$

חוק גאוס:

שאלות:

1) שדה באלכסון



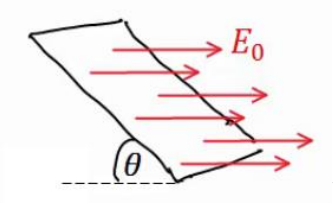
באיור הבא נתון כי השדה החשמלי על המשטח זהה בכל נקודה (שדה אחיד).

גודלו הוא $E = 2\frac{N}{c}$ והזווית בינו למשטח היא $30°$.

אורך המשטח הוא $5m$ ורוחבו הוא $3m$.

מצא מהו השטף דרך המשטח.

2) משטח באלכסון



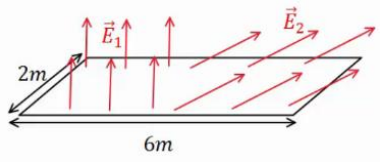
שדה חשמלי אחיד נמצא בכל המרחב בכיוון ציר ה- x,

גודלו הוא E_0.

מצא מה השטף דרך משטח המונח בזווית θ ביחס לציר ה- x.

אורך המשטח הוא a ורוחבו הוא b.

3) שדה מפוצל



באיור הבא נתון כי השדה החשמלי על המשטח,

בחציו השמאלי, הוא: $\vec{E}_1 = 2\frac{N}{c}\hat{y}$ (שדה אחיד).

בחציו הימני של המשטח, השדה הוא: $\vec{E}_2 = 7\frac{N}{c}\hat{x} + 3\frac{N}{c}\hat{y}$.

אורך המשטח הוא $6m$ ורוחבו הוא $2m$.

מצא מהו השטף דרך המשטח.

תשובות סופיות:

1) $\Phi_E = 15 \cdot \frac{m^2 N}{C}$

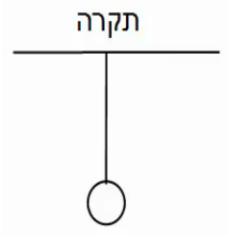
2) $\Phi_E = E_0 \sin\theta \cdot a \cdot b$

3) $\Phi_E = 30\frac{N \cdot m^2}{C}$

תרגילים נוספים:

שאלות:

1) מישור מתחת לכדור תלוי



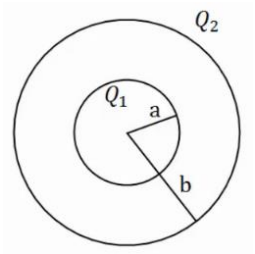
כדור בעל מסה $m=5kg$ ומטען $Q=20\mu c$ תלוי באמצעות חוט מהתקרה. מתחת לכדור ישנו מישור אינסופי בעל צפיפות מטען משטחית: $\sigma=-\frac{30\mu c}{m^3}$.

א. מצא את המתיחות בחוט.

ב. מצא את המתיחות בחוט אם $\sigma=+\frac{5\mu c}{m^3}$.

2) שתי קליפות כדוריות

במערכת הבאה שתי קליפות (חלולות) בעלות מרכז משותף (קונצנטריות). רדיוס הקליפה הפנימי הוא a והמטען עליה הוא Q_1, רדיוס הקליפה החיצונית הוא b והמטען עליה הוא Q_2.



א. חשב את פונקציית השדה החשמלי בכל המרחב.

ב. מה הכוח (גודל וכיוון) שירגיש מטען בגודל Q_3, הנמצא במרחק $3b$ ממרכז הכדור.

תשובות סופיות:

1) א. $T=83.93N$ ב. $T\approx 44.35N$

2) א. $E=\begin{cases}0 & r<a\\ \frac{kQ_1}{r^2} & a<r<b\\ \frac{k(Q_1+Q_2)}{r^2} & b<r\end{cases}$

ב. $\vec{F}=Q_3\frac{k(Q_1+Q_2)}{(3b)^2}$, כיוון: כלפי חוץ.

יסודות הפיזיקה א 20113

פרק 26 - תנועה בשדה חשמלי אחיד

תוכן העניינים

1. הסבר ותרגילים..... 226

הסבר ותרגילים:

שאלות:

1) מלוח אל לוח

שני לוחות ריבועיים נמצאים אחד מעל השני. אורך כל צלע היא 6 ס״מ, והמרחק בין הלוחות הוא 2 מ״מ. הלוחות טעונים בצפיפות מטען אחידה; המטען הכולל על הלוח התחתון הוא: $Q=6\cdot10^{-6}c$ והמטען הכולל על הלוח העליון זהה והפוך בסימנו.

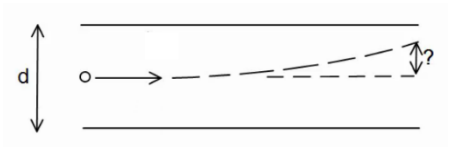
משחררים אלקטרון ממנוחה קרוב מאוד ומתחת ללוח העליון: $\begin{pmatrix} q_e=-1.6\cdot10^{-19}c \\ m_e=9.1\cdot10^{-31}kg \end{pmatrix}$.

א. כמה זמן ייקח לאלקטרון להגיע אל הלוח התחתון?

ב. מהי מהירותו בזמן פגיעתו בלוח?

ג. מהי האנרגיה הקינטית של האלקטרון באותו הרגע?

2) חישוב סטייה



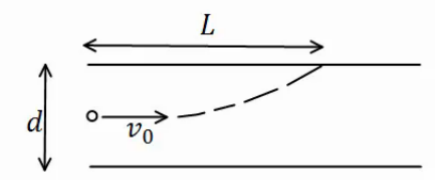
שני לוחות ריבועיים נמצאים אחד מעל השני. אורך הצלע של כל לוח היא 5 ס״מ והמרחק בין הלוחות הוא 2 מ״מ.
הלוחות טעונים בצפיפות מטען אחידה.
המטען הכולל על הלוח העליון הוא: $Q=3\cdot10^{-11}c$, והמטען הכולל על הלוח התחתון זהה והפוך בסימנו.

אלקטרון נע במהירות: $v_0=2\cdot10^7\frac{m}{sec}$ במקביל ללוחות: $\begin{pmatrix} q_e=-1.6\cdot10^{-19}c \\ m_e=9.1\cdot10^{-31}kg \end{pmatrix}$.

א. מצא את הסטייה של האלקטרון (כמה זז בציר ה- y) ברגע צאתו מן הלוחות.

ב. מהו כיוון מהירותו של האלקטרון בצאתו מן הלוחות?

3) מטען לא מזוהה



שני לוחות ריבועיים נמצאים אחד מעל השני. המרחק בין הלוחות הוא d ואורך הצלע של כל לוח גדולה בהרבה מהמרחק בין הלוחות.
הלוחות טעונים בצפיפות מטען אחידה, צפיפות המטען המשטחית על הלוח העליון היא σ והצפיפות על הלוח התחתון זהה והפוכה בסימנה. מטען לא מזוהה נכנס בדיוק במרכז בין הלוחות במהירות v_0 בכיוון מקביל ללוחות. המטען פוגע בלוח העליון במרחק L.

א. מצא את סימנו של המטען, בהנחה שהצפיפות הנתונה חיובית.

ב. מצא את היחס בין גודל המטען למסה שלו.

תשובות סופיות:

1) א. $t \approx 1.1 \cdot 10^{-10}\,\text{sec}$ ב. $v(t) = 3.65 \cdot 10^{7}\,\frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ג. $E_k = 6.06 \cdot 10^{-16}\,\text{J}$

2) א. $y_x = 0.747\text{mm}$ ב. $\theta \approx 1.72°$

3) א. סימן המטען שלילי. ב. $\frac{q}{m} = \frac{dv_0^2}{4\pi k \sigma L^2}$

יסודות הפיזיקה א 20113

פרק 27 - מוליכים

תוכן העניינים

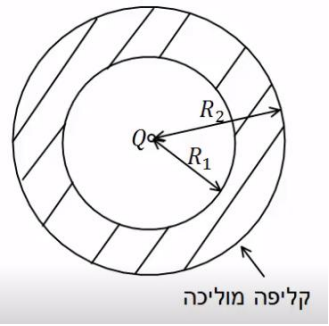
1. הסבר על מוליכים ..... (ללא ספר)
2. תרגילים 228

תרגילים:

שאלות:

1) מטען נקודתי וקליפה עבה

מטען נקודתי Q נמצא במרכזה של קליפה כדורית מוליכה ועבה. לקליפה רדיוס פנימי R_1 ורדיוס חיצוני R_2.



א. מצא את השדה בכל המרחב אם הקליפה ניטרלית.

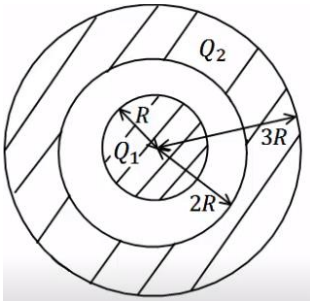
ב. מהי התפלגות המטען על שפת הקליפה?

2) כדור מוליך וקליפה עבה טעונה

כדור מוליך ברדיוס R טעון במטען Q_1.

הכדור נמצא בתוך ובמרכזה של קליפה כדורית מוליכה עם רדיוס פנימי 2R ורדיוס חיצוני 3R.

הקליפה טעונה, וסך המטען על הקליפה הוא Q_2.



א. מצא את השדה החשמלי בכל המרחב.

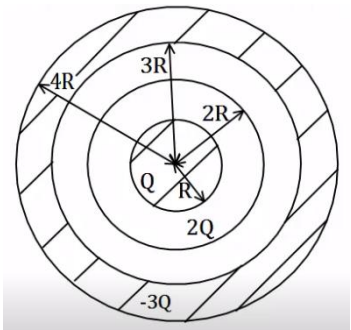
ב. מהי התפלגות המטען על שפת הכדור ושפת הקליפה?

ג. מטען נקודתי q מונח ב- $r=1.5R$.

מהו הכוח הפועל על המטען אם ניתן להניח שההשפעה שלו על המערכת זניחה.

3) כדור מוליך קליפה דקה וקליפה עבה

במערכת הבאה ישנו כדור מוליך ברדיוס R הטעון במטען Q. מסביב לכדור ישנה קליפה כדורית דקה ברדיוס 2R הטעונה במטען 2Q. את הכדור והקליפה מקיפה קליפה כדורית עבה ומוליכה בעלת רדיוס פנימי 3R ורדיוס חיצוני 4R הטעונה במטען כולל -3Q.

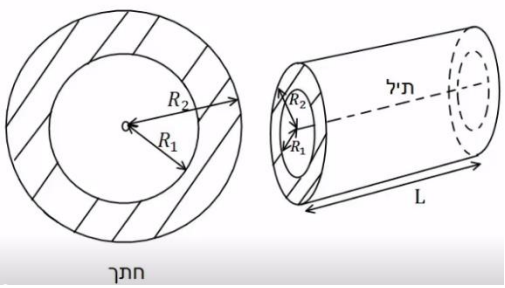


הכדורים והקליפות קוצנטריים (בעלי מרכז משותף).

א. מצא את השדה בכל המרחב.

ב. מצא את התפלגות המטען בכל המרחב.

4) תיל וקליפה גלילית עבה



במערכת הבאה ישנו תיל באורך L הטעון במטען כולל Q. התיל נמצא במרכזה של קליפה גלילית עבה ומוליכה בעלת רדיוס פנימי R_1 ורדיוס חיצוני R_2.

אורך הקליפה הוא L גם כן והיא ניטרלית. הנח שאורך התיל והקליפה גדול בהרבה מהרדיוסים.

א. מהי צפיפות המטען ליחידת אורך בתיל?

ב. מצא את השדה החשמלי בכל המרחב.

ג. מהי צפיפות המטען על שפת הקליפה?

תשובות סופיות:

1) א. $E=\begin{cases}\frac{kQ}{r^2} & r<R_1\\ 0 & R_1<r<R_2\\ \frac{kQ}{r^2} & R_2<r\end{cases}$

ב. $\sigma_1=\frac{q_1}{4\pi R_1}\ ,\ \sigma_2=\frac{q_2}{4\pi R_2}$

2) א. $E=\begin{cases}0 & r<R\\ \frac{kQ_1}{r^2} & R<r<2R\\ \frac{k\left(Q_1+Q_2\right)}{r^2} & 3R<r\end{cases}$

ב. $\sigma_1=\frac{Q_1}{4\pi R^2}\ ,\ \sigma_2=\frac{-Q_1}{4\pi 4R^2}\ ,\ \sigma_3=\frac{q_3}{4\pi\left(3R\right)^2}$

ג. $F=q\frac{kQ_1}{\left(1.5R\right)^2}$

3) א. $E=\begin{cases}0 & r<R\\ \frac{kQ}{r^2} & R<r<2R\\ \frac{k3Q}{r^2} & 2R<r<3R\\ 0 & 3R<r<4R\\ 0 & 4R<r\end{cases}$

ב. $\sigma_1=\frac{Q}{4\pi R^2}\ ,\ \sigma_2=\frac{Q}{8\pi R^2}\ ,\ \sigma_3=\frac{-3Q}{4\pi 9R^2}$

4) א. $\lambda=\frac{Q}{L}$

ב. $E=\begin{cases}\frac{2k\lambda}{r} & r<R_1\\ 0 & R_1<r<R_2\\ \frac{2k\lambda}{r} & R_2<r\end{cases}$

ג. $\sigma_1=-\frac{\lambda}{2\pi R_1}$

יסודות הפיזיקה א 20113

פרק 28 - חומרים דיאלקטריים

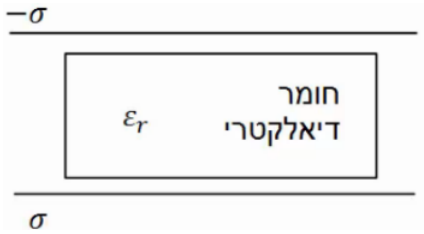
תוכן העניינים

1. הסברים ותרגילים 231

הסברים ותרגילים:

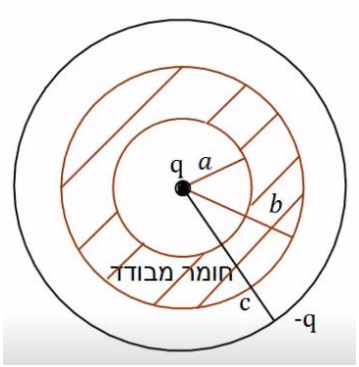
שאלות:

1) חומר דיאלקטרי בין שני לוחות



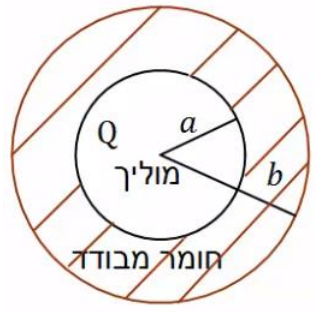
חומר דיאלקטרי בעל מקדם $\varepsilon_r = 2$ מוכנס בין שני לוחות גדולים מאוד, הטעונים בצפיפות מטען משטחית: $\sigma = 3\cdot10^{-3}\frac{\text{c}}{\text{m}^2}$.
מהו השדה החשמלי בתוך החומר, אם הצפיפות בלוח העליון שלילית ובתחתון חיובית.

2) מטען נקודתי בתוך מעטפת דיאלקטרית



מטען נקודתי $\text{q} = 2\cdot10^{-6}\text{c}$ מוקף במעטפת כדורית מבודדת בעלת רדיוס פנימי $a = 5\text{c.m}$ ורדיוס חיצוני $b = 8\text{c.m}$. המקדם הדיאלקטרי של המעטפת המבודדת הוא: $\varepsilon_r = 3$. את כל המערכת עוטפת קליפה מוליכה דקה ברדיוס $\text{c} = 10\text{c.m}$ הטעונה במטען $-\text{q} = -2\cdot10^{-6}\text{c}$.
מהו השדה החשמלי בכל המרחב אם הקליפה המבודדת אינה טעונה?

3) כדור מוליך בתוך מעטפת דיאלקטרית



כדור מוליך ברדיוס a טעון במטען Q.
הכדור מוקף במעטפת עבה העשויה חומר דיאלקטרי בעל מקדם ε_r. הרדיוס הפנימי של המעטפת הדיאלקטרית צמוד לרדיוס הכדור a והרדיוס החיצוני שווה ל- b.
הבא את השדה החשמלי בכל המרחב באמצעות הפרמטרים של הבעיה.

תשובות סופיות:

1) $E = 1.7 \cdot 10^8 \frac{N}{C}$

2) $$E = \begin{cases} \frac{kq}{r^2} & r < a \\ \frac{\frac{kq}{r^2}}{\varepsilon_r} & a < r < b \\ \frac{kq}{r^2} & b < r < c \\ 0 & c < r \end{cases}$$

3) $$E = \begin{cases} 0 & r < a \\ \frac{kQ}{\varepsilon_r^{\,2}} & a < r < b \\ \frac{kQ}{r^2} & b < r \end{cases}$$

יסודות הפיזיקה א 20113

פרק 29 - מתח, פוטנציאל ואנרגיה פוטנציאלית חשמלית

תוכן העניינים

1. עבודה ואנרגיה של הכוח החשמלי 233
2. פוטנציאל ומתח 235
3. פוטנציאל במוליכים 237
4. תרגילים נוספים 238

עבודה ואנרגיה של הכוח החשמלי:

שאלות:

1) עבודה להביא מטען מהאינסוף

מהי העבודה הדרושה להביא מטען $Q_1 = 2\cdot10^{-6}c$ מהאינסוף למרחק $r = 50cm$ ממטען $Q_2 = 3\cdot10^{-6}c$ המקובע במקום?

2) מטען מגיע עם מהירות מהאינסוף

מטען $Q_1 = 4\cdot10^{-5}c$ בעל מסה $m = 10^{-3}kg$ נע מהאינסוף במהירות $v_0 = 20\frac{m}{sec}$ כלפי מטען $Q_2 = 5\cdot10^{-5}c$ המקובע למקום.

א. מהו המרחק בו ייעצר רגעית המטען?

ב. מהי מהירות המטען כאשר מרחקו $100m$?

3) עבודה להרחיק שני מטענים

חשב את העבודה הדרושה להרחיק שני מטענים: $Q_1 = 3\cdot10^{-6}c$, $Q_2 = -4\cdot10^{-6}c$ ממרחק $r_1 = 20cm$ למרחק $r_2 = 40cm$.

בדוק האם הסימן הגיוני.

4) עבודה להכניס מטען לתוך קליפה טעונה

חשב את העבודה הדרושה להביא מטען של $Q_1 = 3\cdot10^{-5}c$ לתוך קליפה כדורית ברדיוס $R = 0.8m$ הטעונה בצפיפות מטען משטחית $\sigma = 2\cdot10^{-3}\frac{c}{m^2}$.

5) עבודה של לוח אינסופי

מטען $Q = 2\cdot10^{-6}C$ נמצא במרחק $d = 30c.m$ מלוח אינסופי הטעון בצפיפות מטען ליחידת שטח $\sigma = 5\cdot10^{-3}\frac{c}{m^2}$.

חשב את העבודה הדרושה להביא את המטען אל הלוח.

6) מטען זז בין שני לוחות

שני לוחות גדולים מאוד טעונים בצפיפויות מטען משטחיות הפוכות $\sigma = \pm 3\cdot 10^{-3}\frac{c}{m^2}$.

המרחק בין הלוחות הוא $d = 5cm$.

מצא את העבודה הדרושה להעביר מטען של $Q = 2\cdot 10^{-6}c$ מהלוח השלילי אל הלוח החיובי. הזנח את השפעת המטען על השדה של הלוחות.

תשובות סופיות:

1) $W = 108\cdot 10^{-3}J$

2) א. $r = 90m$ ב. $v_F \approx 6.32\frac{m}{sec}$

3) $W = 0.27J$, כן.

4) $W = 5.43\cdot 10^{3} - 0$

5) $W = 170J$

6) $W = 33.9J$

פוטנציאל ומתח:

שאלות:

1) פוטנציאל שיוצר מטען בשתי נקודות

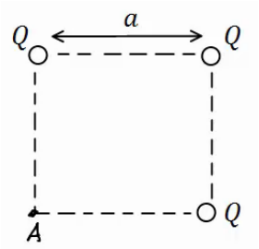
חשב את הפוטנציאל שיוצר המטען $Q_1 = 2\cdot10^{-6}c$ במרחק $r_1 = 0.8m$ ובמרחק $r_2 = 0.3m$ מהמטען.

מהי העבודה הדרושה להזיז את המטען $Q_2 = 5\cdot10^{-6}c$ מהמרחק הראשון למרחק השני?

2) 3 מטענים בפינות של ריבוע

בשלוש פינות של ריבוע מקובעים שלושה מטענים זהים $Q = 2\cdot10^{-5}c$.

אורך צלע הריבוע היא $a = 3cm$.

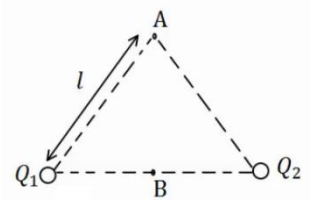


א. חשב את הפוטנציאל בפינה הרביעית של הריבוע.

ב. חשב את הפוטנציאל במרכז הריבוע.

ג. חשב את העבודה הדרושה להזיז את המטען $q = 3\cdot10^{-6}c$ ממרכז הריבוע לקצה הריבוע.

3) שני מטענים על משולש שווה צלעות



שני מטענים זהים $Q_1 = Q_2 = 10^{-6}c$ נמצאים על קדקודיו של משולש שווה צלעות בעל אורך צלע $l = 5cm$.

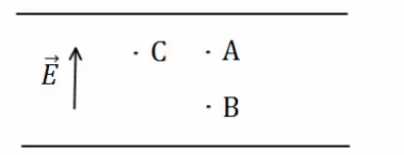
א. מצא את המתח בין הנקודה A הנמצאת בקודקוד השלישי של המשולש לבין הנקודה B הנמצאת באמצע הצלע המחברת את שני המטענים.

ב. חשב את העבודה הדרושה להביא מטען של $q = 5\cdot10^{-6}c$ מהקדקוד אל אמצע הצלע.

4) פוטנציאל בין לוחות

שני לוחות גדולים מאוד טעונים במטענים בעלי סימן הפוך.

ידוע כי כיוון השדה בין הלוחות הוא מהלוח התחתון ללוח העליון.



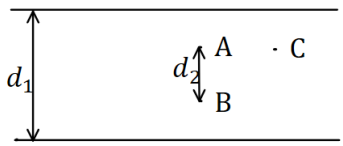
א. איזה מהלוחות טעון במטען חיובי ואיזה במטען שלילי?

ב. איזה מהלוחות נמצא בפוטנציאל יותר גבוה?

ג. איזו מהנקודות A ו-B נמצאת בפוטנציאל יותר גבוה?

ד. איזה מהנקודות A ו-C, הנמצאות באותו גובה, נמצאת בפוטנציאל גבוה יותר?

5) מתח בין לוחות



שני לוחות גדולים מאוד נמצאים במרחק $d_1 = 40cm$ זה מזה. המתח בין הלוחות הוא $V = 20V$, וידוע כי הלוח העליון נמצא בפוטנציאל גבוה יותר.

א. איזה מהלוחות טעון במטען חיובי ואיזה במטען שלילי?

ב. מהו השדה בין הלוחות (גודל וכיוון)?

ג. מהי העבודה הדרושה להזיז מטען $Q = 2 \cdot 10^{-6} c$ מ-A ל-B, אם ידוע שהמרחק בין הנקודות הוא $d_2 = 5cm$?

ד. מהו המתח בין A ל-B?

ה. מהי העבודה הדרושה להזיז מטען $Q = 2 \cdot 10^{-6} c$ מ-A ל-C - הנמצאת באותו הגובה של A?

תשובות סופיות:

1) $W = 18.75 \cdot 10^{-2} J$

2) א. $V_A = 16.24 \cdot 10^6 V$ ב. $V_B = 25.46 \cdot 10^6 V$ ג. $W = -27.65J$

3) א. $V_{BA} = 3.6 \cdot 10^5 V$ ב. $W_{A \to B} = 1.8J$

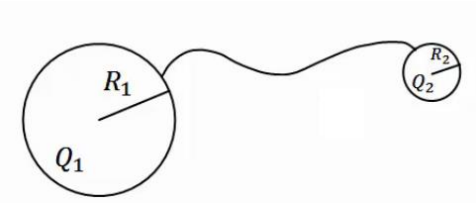
4) א. הלוח הטעון במטען חיובי נמצא למטה, והשלילי למעלה.
ב. התחתון. ג. B ד. הפוטנציאל שווה.

5) א. הלוח הטעון במטען חיובי נמצא למעלה, והשלילי למטה. ב. $E = 50 \frac{N}{m}$
ג. $-W_{AB} = -5 \cdot 10^{-6} J$ ד. $V_{AB} = 2.5V$ ה. 0

פוטנציאל במוליכים:

שאלות:

1) שני כדורים מוליכים מחוברים



שני כדורים מוליכים בעלי רדיוסים R_1 , R_2 נמצאים במרחק גדול מאוד אחד מהשני.
הכדורים טעונים במטענים Q_1 , Q_2 בהתאמה.
מחברים את הכדורים באמצעות חוט מוליך.
מה היה המטען על כל כדור לאחר זמן רב?

2) מטען נקודתי במרכז קליפה מוארקת

מטען נקודתי Q נמצא במרכזה של קליפה (חלולה) כדורית דקה ומוליה ברדיוס R.
מהו המטען על הקליפה אם ידוע שהיא מוארקת?

תשובות סופיות:

1) $q_1' = (Q_2 + Q_1)\frac{R_1}{R_1 + R_2}$, $q_2' = (Q_2 + Q_1)\frac{R_2}{R_1 + R_2}$

2) $q = Q$

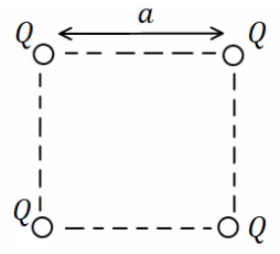
תרגילים נוספים:

שאלות:

1) אנרגיה חשמלית של מערכת

מצא את האנרגיה הפוטנציאלית החשמלית של שני מטענים זהים: $Q_1 = Q_2 = 3\cdot10^{-6}c$ הנמצאים במרחק 80 ס"מ זה מזה.

2) מטענים בפינות ריבוע



בארבעת הפינות של ריבוע בעל צלע $a = 0.5m$ ישנם מטענים זהים שגודלם הוא: $Q = 2\cdot10^{-7}c$.

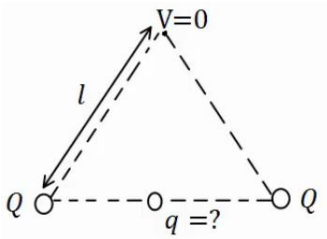
א. מהי העבודה הדרושה לבניית המערכת?

ב. מהו הפוטנציאל בנקודה הנמצאת באמצע אחת מצלעות הריבוע?

ג. מהי העבודה הדרושה להבאת מטען $q = 3\cdot10^{-8}c$ לנקודה מסעיף ב'?

ד. מהי האנרגיה הפוטנציאלית החשמלית של המערכת לאחר סעיף ג'?

3) מטען שמאפס פוטנציאל בקודקוד



בשני קודקודיו של משולש שווה צלעות נמצאים מטענים זהים שגודלם הוא: $Q = 2\cdot10^{-5}c$.
מטען נוסף, q, מונח במרכז הצלע שביניהם.
אורך הצלע של המשולש הוא: $l = 20cm$.

א. מצא את גודלו של המטען q כך שהפוטנציאל בקודקוד השלישי יתאפס.

ב. חזור על סעיף א' אם המטען q נמצא במרכזה של צלע אחרת במשולש.

4) פוטנציאל בנקודה מסוימת

בנקודה מסוימת קיים פוטנציאל של $15V$.

א. מהי העבודה להביא מטען בוחן מהאינסוף לנקודה זו?

ב. מהי העבודה הדרושה להביא מטען של $Q = -3\cdot10^{-6}c$ לנקודה זו?

ג. מהי העבודה הדרושה להביא מטען של $Q = -3\cdot10^{-6}c$ מפוטנציאל של $V = 5V$ לנקודה זו?

ד. מהי העבודה הדרושה להביא מטען של $Q = 2\cdot10^{-6}c$ מנקודה זו לפוטנציאל של $10V$?

5) עבודה לא תלויה במסלול

מטען נקודתי $Q_1 = 10^{-5}c$ ממוקם בראשית הצירים.

מטען נקודתי נוסף $Q_2 = 2\cdot10^{-5}c$ ממוקם ב-$(0.8m, 0)$.

א. מצא את הפוטנציאל בנקודות: $C(0.8m,1m)$, $B(1.5m,1m)$, $A(1.5m,0)$.

ב. מהי העבודה הדרושה להעביר את המטען $q = 3\cdot10^{-6}c$ מנקודה A ל-B?

ג. מהי העבודה הדרושה להעביר את אותו המטען מנקודה B אל נקודה C?

ד. מהי העבודה הדרושה להעביר את אותו המטען מנקודה A לנקודה C, דרך הקו הישר בין הנקודות?

6) אלקטרון מואץ בהפרש פוטנציאלים

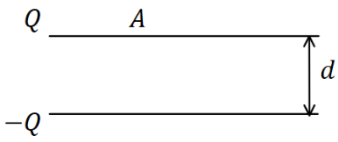
אלקטרון מואץ בהפרש פוטנציאלים של $300V$.
האלקטרון מתחיל תנועתו ממנוחה.

א. מהו ההפרש בין האנרגיה הפוטנציאלית החשמלית של האלקטרון בתחילת התנועה לסוף התנועה, ביחידות של אלקטרון וולט וביחידות של ג'אול?

ב. מהי מהירות האלקטרון בסוף התהליך?

$q_e = -1.6\cdot10^{-19}c$, $m_e = 9.11\cdot10^{-31}kg$.

7) פרוטון נע בין לוחות



שני לוחות גדולים בעלי שטח $A = 2m^2$ נמצאים במרחק $d = 10cm$ אחד מהשני.
טוענים את אחד הלוחות במטען $Q = 6\cdot10^{-3}c$, ואת הלוח השני במטען זהה והפוך בסימנו.

א. חשב את צפיפות המטען ליחידת שטח על כל לוח.

ב. מהו השדה בין הלוחות?

ג. מהו המתח בין הלוחות?

ד. פרוטון משוחרר ממנוחה קרוב מאוד ללוח החיובי.
מהי מהירות הפרוטון בהגיעו ללוח השלילי?

$q_p = 1.6\cdot10^{-19}c$, $m_p = 1.67\cdot10^{-27}kg$

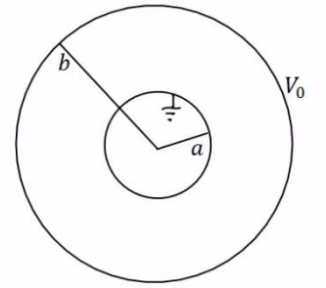
8) פוטנציאל של כדור מוליך

כדור מוליך שרדיוסו $R = 20cm$ טעון במטען $Q = 3\cdot10^{-6}c$.

א. מהו השדה החשמלי במרחק $r_1 = 25cm$ ובמרחק $r_2 = 15cm$ ממרכז הכדור?

ב. מהו הפוטנציאל באותם מרחקים?

9) מטענים על קליפות



במערכת הבאה ישנם שתי קליפות כדוריות מוליכות, דקות, ברדיוסים a , b. הקליפה החיצונית מוחזקת במתח V_0 והקליפה הפנימית מוארקת.
השתמש בפוטנציאל של קליפה כדורית בודדת ובעקרון הסופרפוזיציה וחשב את המטען על כל קליפה.

10) מתח בין שני כדורים מוליכים

שני כדורים מוליכים, בעלי רדיוסים: $R_1 = 1m$ ו- $R_2 = 1.4m$,
טעונים במטענים: $Q_1 = 2\cdot10^{-6}c$ ו- $Q_2 = 6\cdot10^{-6}c$.

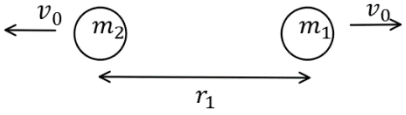
א. מהו הפרש הפוטנציאלים בין שפות הכדורים, אם הם מרוחקים מאוד זה מזה.
ב. מהו הפרש הפוטנציאלים בין שתי הנקודות הכי קרובות של הכדורים, אם המרחק בין מרכזיהם הוא $d = 5m$.
הנח שהתפלגות המטען על כל כדור עדיין אחידה.

11) שני מטענים מתרחקים

שני גופים בעלי מסות $m_1 = 20gr$ ו- $m_2 = 60gr$ ומטענים ו- $Q_2 = 6\cdot10^{-6}c$ נמצאים במרחק $r_1 = 80cm$ זה מזה, ובמנוחה.

א. מה תהיה מהירות הגופים כאשר המרחק ביניהם הוא $r_2 = 1.2m$?
ב. מה תהיה מהירות הגופים לאחר זמן רב מאוד?

12) שני מטענים מתרחקים ומתקרבים



שני גופים בעלי מסות $m_1 = 25gr$ ו- $m_2 = 50gr$
ומטענים $Q_1 = 4\cdot10^{-6}c$ ו- $Q_2 = -5\cdot10^{-6}c$ נמצאים במרחק $r_1 = 1m$ זה מזה.
לגופים מהירות התחלתית כך שאחד מתרחק מהשני.
גודל המהירות ההתחלתית של שני הגופים הוא $v_0 = 5\frac{m}{sec}$.

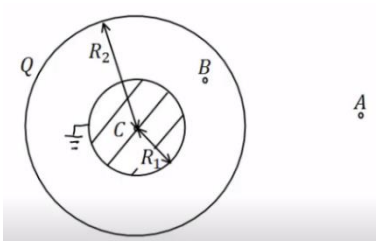
א. מה תהיה מהירות הגופים כאשר המרחק ביניהם הוא $r_2 = 5m$?
ב. מהו v_0 המינימאלי עבורו הגופים לא יפגשו לעולם?
ג. כעת נניח כי v_0 שווה לחצי מהערך שחישבת בסעיף ב'.
מהו המרחק המקסימאלי אליו יגיעו הגופים?
ד. מצא את מהירות הגופים כאשר $r_3 = 0.5m$.

13) 1000 טיפות שמן

1000 טיפות שמן זהות טעונות במטען זהה ונמצאות בפוטנציאל זהה v_1.
הטיפות מתחברות לטיפה אחת גדולה. מהו הפוטנציאל של הטיפה הגדולה (v_1 נתון)?
רמז: ניתן להתייחס לכל טיפה ככדור מוליך.

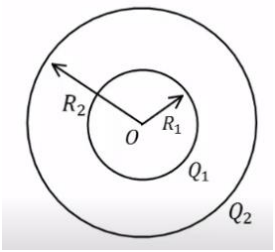
14) כדור מוליך מוארק בתוך קליפה כדורית

כדור מוליך ברדיוס $R_1 = 5c.m.$ נמצא בתוך
ובמרכזה של קליפה כדורית דקה.
רדיוס הקליפה הוא: $R_2 = 10c.m.$ והמטען עליה
הוא: $Q = 3\cdot10^{-7}c$. מאריקים את הכדור.



א. מצא את המטען על שפת הכדור.
ב. מהו הפוטנציאל בנקודות: $r_C = 0$, $r_B = 7c.m.$, $r_A = 20c.m.$?
ג. מהי העבודה הדרושה להזיז את המטען $Q = 10^{-10}c$ מ-r_A ל-r_C?

15) שתי קליפות קוצנטריות מחוברות בחוט



קליפה כדורית (כדור חלול) שהרדיוס שלה R_1 נמצאת
בתוך קליפה כדורית שהרדיוס שלה R_2, ולשתי הקליפות
מרכז משותף O (ראה תרשים). הקליפה הפנימית טעונה
במטען חשמלי חיובי Q_1, והקליפה החיצונית טעונה
במטען חשמלי חיובי Q_2. שתי הקליפות עשויות מחומר מוליך.

א. בטא באמצעות נתוני השאלה, את הגודל של השדה החשמלי ששתי הקליפות יוצרות בכל אחת מהנקודות הבאות:
   i. הנקודה O.
   ii. נקודה הנמצאת מחוץ לקליפה הפנימית, אך קרובה אליה מאוד, מרחקה מ-O ייחשב ל-$-R_1$.
   iii. נקודה הנמצאת מחוץ לקליפה החיצונית, אך קרובה אליה מאוד, מרחקה מ-O ייחשב ל-R_2.
ב. בטא באמצעות נתוני השאלה, את הפוטנציאל החשמלי הכולל ששתי הקליפות יוצרות בכל אחת משלוש הנקודות הבאות:
   i. הנקודה O.
   ii. נקודה על פני הקליפה הפנימית.
   iii. נקודה על פני הקליפה החיצונית.
ג. מחברים את שתי הקליפות באמצעות תיל מוליך דק שהתנגדותו זניחה, ולכן חלקיקים טעונים יכולים לעבור ביניהן.
בטא, באמצעות נתוני השאלה, את המטען החשמלי על כל אחת משתי הקליפות לאחר שנפסק הזרם בתיל.

תשובות סופיות:

1) $U \approx 0.101J$

2) א. $W \approx 3.9 \cdot 10^{-3} J$ ב. $V_A = 20.84 \cdot 10^3 V$ ג. $W \approx 6.25 \cdot 10^{-5} J$

ד. $W = 3.96 \cdot 10^{-3} J$

3) א. $q = -3.46 \cdot 10^{-5} c$ ב. $q = -2 \cdot 10^{-5} c$

4) א. $W = 15J$ ב. $W = 3 \cdot 10^{-7} J$ ג. $W = -3 \cdot 10^{-5} J$

ד. $W = -10^{-5} J$

5) א. $V_A = 3.17 \cdot 10^5 V$, $V_B \approx 1.97 \cdot 10^5 V$, $V_C = 2.5 \cdot 10^5 V$

ב. $W_{AB} = -3.6 \cdot 10^{-1} J$ ג. $W_{B \to C} = 1.59 \cdot 10^{-1} J$ ד. $W_{AC} = -2.01 \cdot 10^{-1} J$

6) א. $\Delta U = -300eV \ / = 4.8 \cdot 10^{-17} J$ ב. $V_F \approx 1.02 \cdot 10^7 \frac{m}{sec}$

7) א. $\sigma = 3 \cdot 10^{-6} \frac{c}{m^2}$ ב. $E \approx 3.39 \cdot 10^5 \frac{N}{C}$ ג. $V = 3.39 \cdot 10^4 V$

ד. $v = 2.55 \cdot 10^6 \frac{m}{sec}$

8) א. $E(r_1) = 4.32 \cdot 10^5 \frac{N}{C}$, $E(r_2) = 0$

ב. $V(r_1) = 1.08 \cdot 10^5 V$, $V(r_2) = 1.35 \cdot 10^5 V$

9) $q_1 = \frac{bv_0}{k} \cdot \frac{a}{(a-b)}$, $q_2 = -\frac{bv_0}{ka\left(\frac{1}{b} - \frac{1}{a}\right)}$

10) א. $V_{21} \approx 2.06 \cdot 10^4 V$ ב. $V_{ba} = 7.6 \cdot 10^3 V$

11) א. $u_1 \approx -1.84 \frac{m}{sec}$, $u_2 = 0.612 \frac{m}{sec}$ ב. $u_2 = 1.06 \frac{m}{sec}$, $u_1 = -3.18 \frac{m}{sec}$

12) א. $u_1 = 4.62 \frac{m}{sec}$, $u_2 = -4.81 \frac{m}{sec}$ / $u_1 = -7.96 \frac{m}{sec}$, $u_2 = 1.48 \frac{m}{sec}$

ב. $v_{0_{min}} \approx 2.18 \frac{m}{sec}$ ג. $r_{max} = 1.29m$ ד. $u_1 = -3.79 \frac{m}{sec}$, $u_2 = 1.35 \frac{m}{sec}$

13) $V_{1000} = 100 V_1$

14) א. $q = -1.5 \cdot 10^{-7} c$ ב. $V_A = 6.75 \cdot 10^3 V$, $V_B \approx 7.71 \cdot 10^3 V$, $V_C = 0$

ג. $W_{A \to C} = -6.75 \cdot 10^{-7} J$

15) א. i. $E_T = 0$ ii. $E_T = \frac{kQ_1}{R_1^2}$ iii. $E_T = \frac{k(Q_1 + Q_2)}{R_2^2}$

ב. i. $V_T = \frac{kQ_1}{R_1} + \frac{kQ_2}{R_2}$ ii. $V_T(R_1) = \frac{kQ_1}{R_1} + \frac{kQ_2}{R_2}$ iii. $V_T(R_2) = \frac{k(Q_1 + Q_2)}{R_2}$

ג. $q_1' = 0$, $q_2' = Q_1 + Q_2$

יסודות הפיזיקה א 20113

פרק 30 - זרם מתח ותנגדות

תוכן העניינים

1. הזרם החשמלי 243
2. המתח החשמלי וחוק אוהם 245
3. התנגדות 246
4. כאמ ומתח הדקים 248
5. סיכום הפרק ..... (ללא ספר)
6. תרגילים 249

הזרם החשמלי:

שאלות:

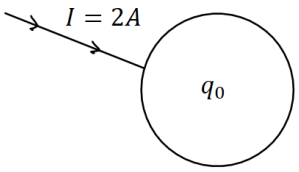
1) פלאפון מחובר למטען

פלאפון המחובר למטען נטען בזרם קבוע של 1 אמפר במשך שעה אחת.

א. מהי כמות המטען שעברה בחוט?

ב. מהו מספר האלקטרונים שעברו בחוט?

2) זרם לתוך כדור מוליך



כדור מוליך טעון במטען של $q_0 = 5c$.

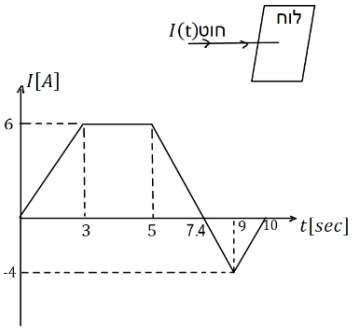
מחברים את הכדור לחוט מוליך והחוט מעביר זרם של 2 אמפר לתוך הכדור.

א. רשום נוסחה המתארת את המטען על הכדור כתלות בזמן.

ב. צייר גרף של המטען על הכדור כתלות בזמן.

ג. צייר גרף של הזרם כתלות בזמן.

3) חוט מחובר ללוח



חוט מוליך מחובר ללוח מוליך שאינו טעון ב-$t = 0$.

בחוט מתחיל לזרום זרם והתלות של הזרם בזמן נתונה לפי הגרף הבא:

א. מהו המטען הכולל בלוח אחרי עשר שניות?

ב. מהו המטען על הלוח אחרי 5 שניות?

4) זרם בנורת להט

הזרם העובר בנורת להט ביתית הוא בערך 1 אמפר.

נניח כי חוטי החשמל בבית עשויים נחושת בקוטר של 0.2 ס"מ.

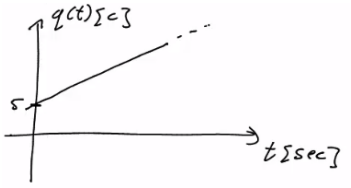
מספר האלקטרונים החופשיים ליחידת נפח בנחושת הוא: $8.5 \cdot 10^{22} \frac{1}{cm^3}$.

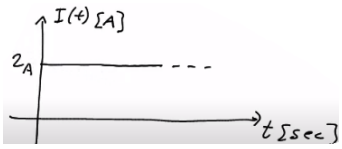
מצא מהי מהירות האלקטרונים בחוטים.

תשובות סופיות:

1) א. $\Delta q = 3600c$ ב. $N_e = 2.25 \cdot 10^{22}$

2) א. $q(t) = 5 + 2 \cdot t$ ב. ג.





3) א. $\Delta q = 23c$ ב. $q(t=5) = 21c$

4) $v_d = 2.341 \cdot 10^{-5} \frac{m}{sec}$

המתח החשמלי וחוק אוהם:

שאלות:

1) חוק אוהם

על מוליך מסוים הופעל מתח של 5 וולט.
כתוצאה מכך נוצר זרם במוליך של 10mA.

א. מהי ההתנגדות של המוליך?

ב. נניח כי התנגדות המוליך קבועה.
מה יהיה הזרם במוליך אם יופעל עליו מתח של 10 וולט?

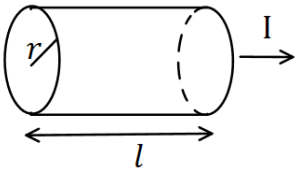
תשובות סופיות:

1) א. $R = 500\Omega$ ב. $I = 20mA$

התנגדות:

שאלות:

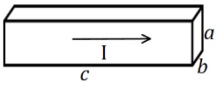
1) נגד גלילי



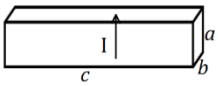
חשב את ההתנגדות של נגד בצורת גליל באורך $l=1m$ ורדיוס בסיס של $r=2mm$. הנגד עשוי מנחושת בעלת התנגדות סגולית $\rho=1.72\cdot10^{-8}\Omega\cdot m$ (הזרם זורם לאורך ציר הסימטריה של הגליל).

2) נגד בצורת תיבה

א)



ב)

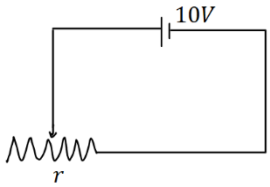


מוליך בנוי בצורת תיבה עם צלעות שאורכן a,b,c.
התייחס לגודל הצלעות ולהתנגדות הסגולית ρ כנתונים.
חשב את התנגדות המוליך בכל אחד מהמקרים הבאים.
שים לב: בכל מקרה הזרם זורם במוליך בכיוון אחר!

3) נגד

מקור מתח בעל מתח של 10 וולט מחובר דרך חוטים אידיאליים (בעלי התנגדות זניחה) לנגד בעל התנגדות $R=2\Omega$.
צייר איור של המעגל וחשב את הזרם בנגד.

4) נגד משתנה



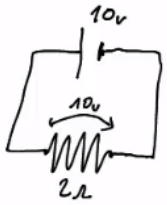
במעגל הבא ישנו מקור מתח בעל מתח של 10 וולט.
המקור מחובר לנגד משתנה בעל התנגדות ליחידת אורך $r=50\frac{\Omega}{m}$.
מה צריך להיות אורך הנגד על מנת שהזרם במעגל יהיה 2A?

תשובות סופיות:

1) $R = 0.00137\Omega$

2) א. $R = \rho \cdot \frac{c}{a \cdot b}$ ב. $R = \rho \cdot \frac{a}{b \cdot c}$

3) $I = 5A$,



4) $x = 10cm$

כאם ומתח הדקים:

שאלות:

1) כאם ומתח הדקים

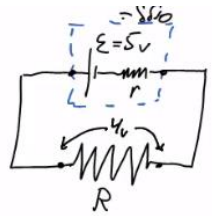
סוללה מייצרת כא"מ של $5V$. לסוללה התנגדות פנימית של $r = 2\Omega$.
מחברים את הסוללה לנגד חיצוני R שהתנגדותו אינה ידועה.
נתון כי הזרם בכל רכיב במעגל זהה ושווה ל- $I = 0.5A$.

א. שרטט תרשים המתאר את המעגל.

ב. חשב את מתח ההדקים שמספקת הסוללה.

ג. מהי ההתנגדות של הנגד?

תשובות סופיות:

1) א. 

ב. $V = 4V$

ג. $R = 8\Omega$

תרגילים:

שאלות:

1) תרגיל 1

מהו הזרם במוליך אם עובר בו מטען של 50 קולון ב 10 שניות?

2) תרגיל 2

כמה אלקטרונים עוברים במוליך בשניה אחת אם זורם בו זרם קבוע של 2 אמפר?

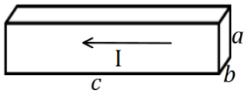
3) תרגיל 3

מהי ההתנגדות של גליל ניקל בעל התנגדות סגולית של $\rho = 7.8\cdot10^{-8}\Omega\cdot\mathrm{m}$,
שאורכו 20 ס"מ ורדיוסו 3 מ"מ?

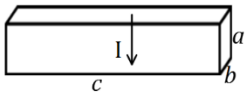
4) תרגיל 4

תיבה בעלת צלעות: $a = 3\mathrm{mm}, b = 2\mathrm{mm}, c = 4\mathrm{cm}$
עשויה מחומר בעל התנגדות סגולית $\rho = 10^{-8}\Omega\cdot\mathrm{m}$.
מצא את התנגדות התיבה בשני המקרים הבאים:

א)



ב)



5) תרגיל 5

בנגד גלילי בעל שטח חתך $A = 2\mathrm{mm}^2$ זורם זרם של $I = 20\mathrm{mA}$.
צפיפות האלקטרונים החופשיים בנגד היא: $n = 8.5\cdot10^{28}\frac{1}{\mathrm{m}^3}$.
מהי מהירות האלקטרונים בנגד?

6) תרגיל 6

נגד בעל שטח חתך $A = 2\mathrm{cm}^2$ ואורך $l = 4\mathrm{cm}$ עשוי מחומר בעל התנגדות סגולית $\rho = 10^{-2}\Omega\cdot\mathrm{m}$. מחברים את הנגד באמצעות חוטים בעלי התנגדות זניחה למקור מתח אידיאלי של $5\mathrm{V}$.

א. מהו הזרם בנגד?

ב. מהי מהירות המטענים בנגד, אם מספר האלקטרונים החופשיים הוא: $n = 8.5\cdot10^{28}\frac{1}{\mathrm{m}^3}$?

7) תרגיל 7

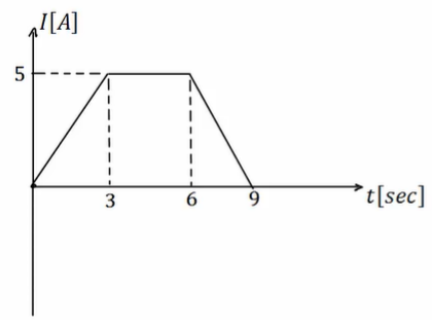
סוללה בעלת מתח $6V$ מחוברת לנגד משתנה.
כאשר אורך הנגד הוא $l=6cm$ הזרם במעגל הוא $1A$.
מהי ההתנגדות ליחידת אורך של הנגד?

8) תרגיל 8

סוללה עם כא"מ של $4V$ מחוברת למעגל חשמלי.
במעגל זורם זרם $I=0.5A$.
ההתנגדות הפנימית של הסוללה היא $r=0.5\Omega$.
מהו מתח ההדקים של הסוללה?

9) תרגיל 9

בגרף הבא נתון הזרם במוליך כתלות בזמן.
כמה מטען עבר במוליך?



תשובות סופיות:

1) $I=5A$

2) $N=1.25\cdot10^{19}$

3) $R=5.51\cdot10^{-4}\Omega$

4) א. $R\approx6.67\cdot10^{-5}\Omega$ ב. $R=3.75\cdot10^{-7}\Omega$

5) $v_d=7.35\cdot10^{-7}\frac{m}{sec}$

6) א. $I=2.5A$ ב. $v_d\approx9.19\cdot10^{-7}\frac{m}{sec}$

7) $r=100\frac{\Omega}{m}$

8) $V=3.75V$

9) $\Delta q=30c$

יסודות הפיזיקה א 20113

פרק 31 - אנרגיה והספק במעגל החשמלי

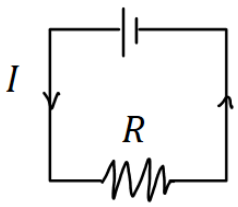
תוכן העניינים

1. עבודה ואנרגיה ברכיבים חשמליים 251
2. הספק חשמלי 252
3. תרגילים נוספים 254

עבודה ואנרגיה ברכיבים חשמליים:

שאלות:

1) חישובי עבודה ואנרגיה בנגד



בנגד בעל התנגדות $R = 30\Omega$ זורם זרם $I = 0.3A$.

א. כמה מטען עובר בנגד במשך 3 שניות?

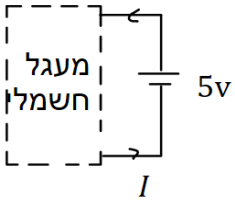
ב. מהו המתח על הנגד?

ג. מהי העבודה שמתבצעת על המטען?

ד. כמה חום נוצר בנגד במשך הזמן הנתון?

ה. כמה אנרגיה איבדה הסוללה במשך הזמן הנתון?

2) חישובי עבודה של סוללה



סוללה מחוברת למעגל חשמלי כלשהו.

המתח בסוללה הוא $V = 5\ Volt$

והזרם במעגל (וגם בסוללה) הוא $I = 0.4A$.

א. כמה מטען עובר דרך הסוללה במשך 2 שניות?

ב. כמה עבודה ביצעה הסוללה במשך הזמן הנתון?

תשובות סופיות:

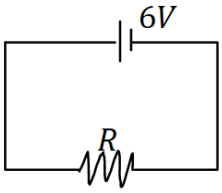
1) א. $\Delta q = 0.9c$ ב. $V = 9V$ ג. $W = 8.1J$ ד. $Q = 8.1J$ ה. $W = 8.1J$

2) א. $\Delta q = 0.8c$ ב. $W = 4J$

הספק חשמלי:

שאלות:

1) הספק של מקור ושל נגד

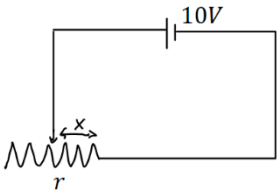


במעגל הבא מקור מתח של 6 וולט מחובר לנגד שהתנגדותו $R = 12\Omega$.

א. מהו ההספק של מקור המתח?

ב. מהו ההספק של הנגד וכמה חום נוצר בנגד כל שניה?

2) הספק בנגד משתנה



במעגל הבא סוללה בעלת מתח של 10 וולט מחוברת לנגד משתנה שהתנגדותו ליחידת אורך היא $r = 100\frac{\Omega}{m}$.

א. מהו ההספק של הנגד כאשר אורכו 5 ס״מ?

ב. מהו ההספק בנגד כאשר אורכו 10 ס״מ?

ג. מהו ההספק בנגד כפונקציה של האורך?

3) נורה במתח אחר

נורה שההספק שלה הוא 100W במתח של 220V חוברה למתח של 110V .
הנח שהתנגדות הנורה קבועה וחשב מה ההספק של הנורה במתח החדש.

4) כמה עולה להפעיל מזגן כל הלילה

מזגן של 1.5 כוח סוס פועל בהספק מרבי.

א. מהי כמות האנרגיה שצורך המזגן בשעה אחת ביחידות של קוט״ש (קילו וואט שעה), כאשר היחס : $1hp = 746Watt$?

ב. תעריף חברת החשמל לצריכת ביתית הוא בערך חצי שקל לקוט״ש.
כמה עולה להפעיל את המזגן כל הלילה (8שעות)?

5) חום שנוצר בנגד

בנגד של 10 אוהם זורם זרם של 0.5 אמפר במשך 4 דקות.
כמה חום נוצר במשך הזמן שבו זרם זרם בנגד?

תשובות סופיות:

1) א. $\rho = 3W$ ב. $\rho = 3W$

2) א. $\rho = 20W$ ב. $\rho = 10W$ ג. $\rho = \frac{1}{x}$

3) $\rho = 25W$

4) א. $W = 1.119kWhr$ ב. 4 ₪.

5) $Q = 600J$

תרגילים נוספים:

שאלות:

1) תרגיל 1

מקור מתח אידיאלי בעל מתח של 5V מחובר לנגד בעל התנגדות של 10 אוהם.

א. מהו הזרם בנגד?

ב. מהו ההספק בנגד?

ג. כמה חום מיוצר בנגד בעשר שניות?

2) תרגיל 2

על נורה רשום 60W/220V.

א. מהי התנגדות הנורה?

ב. מהי כמות המטען שעברה בנורה במשך דקה אחת?

ג. מהו הספק הנורה במתח של 110V בהנחה שההתנגדות שלה לא משתנה.

3) תרגיל 3

למזגן שני מצבי קירור, במצב הראשון הספקו 1000W ובמצב השני הספקו 1500W. מצא את היחס בין ההתנגדויות בשני המצבים.

4) תרגיל 4

נורה של 60W דולקת במשך שעה כל יום.

מהי צריכת האנרגיה של הנורה במשך חודש ביחידות של kWh?

5) 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.

6) תרגיל 6

למנוע של מכונית יש הספק מרבי של 100 כוח סוס.
המכונית מתחילה לנסוע ממנוחה ומסתה 1 טון.

א. מהי המהירות המרבית אליה יכולה להגיע המכונית לאחר 10 שניות?
הנח שנצילות המנוע היא 100 אחוז ומצא את התשובה בקמ"ש.

ב. חזור על סעיף א' אם נצילות המנוע היא 30 אחוז.

ג. חזור על סעיף א' וב' ובדוק כמה חום נוצר במשך 10 השניות,
ביחידות של קלוריות.

תשובות סופיות:

1) א.

2) א. $R=807\Omega$

3) $\frac{R_1}{R_2}=\frac{\rho_2}{\rho_1}=1.5$

4) $E=1.8kWh$

5) א. $V=440Litter$ ב. $V=176Litter$

6) א. $v\approx 139\frac{km}{hr}$ ב. $v=76.2\frac{km}{hr}$ ג. $Q=124,333cal.$

1) ב. $\rho=2.5W$ ג. $Q=25j\ /\ \approx 5.9cal.$

2) ב. $\Delta q\approx 16.4c$ ג. $\rho\approx 15W$

יסודות הפיזיקה א 20113

פרק 32 - חיבור נגדים וחוקי קירכהוף

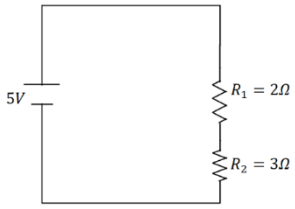
תוכן העניינים

1. חיבור נגדים במעגל 256
2. חוקי קירכהוף 259
3. תרגילים נוספים 260
4. טעינה ופריקה של קבל ..... (ללא ספר)
5. נצילות במעגל החשמלי 262
6. מקור מתח לא אידיאלי 263

חיבור נגדים במעגל:

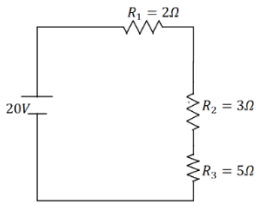
שאלות:

1) דוגמה 1



חשב את הזרם במעגל הבא וחשב את ערך הפוטנציאל בין הנגדים (הנח שההדק השלילי נמצא בפוטנציאל אפס).

2) דוגמה 2



חשב את הזרם במעגל הבא ומצא את המתח על כל נגד.

3) דוגמה 3

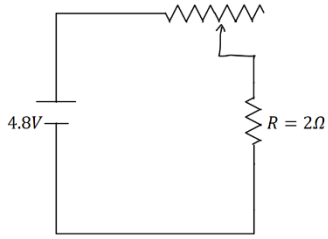
סוללה עם כא"מ של $3V$ והתנגדות פנימית $r = 2\Omega$ מחוברת לנגד $R = 10\Omega$.

א. סרטט איור של המעגל.

ב. מהו הזרם במעגל?

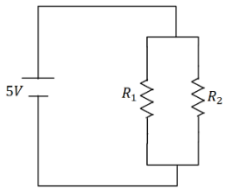
ג. מהו מתח ההדקים של הסוללה?

4) דוגמה 4



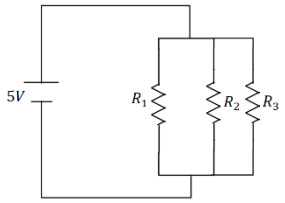
במעגל הבא ישנו מקור מתח אידיאלי (ללא התנגדות פנימית) המחובר לנגד רגיל ונגד משתנה.
אורך הנגד המשתנה הוא 20 ס"מ והתנגדותו ליחידת אורך היא: $r = 2\frac{\Omega}{m}$.
מהו הזרם במעגל ומהו המתח על כל נגד?

5) דוגמה 5



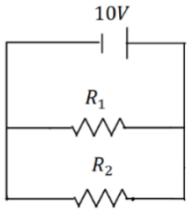
במעגל הבא: $R_1 = 6\Omega$, $R_2 = 2\Omega$ מצא את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.

6) דוגמה 6



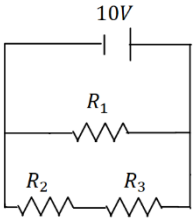
במעגל הבא: $R_1 = 1\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, $R_3 = 4\Omega$ מצא את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.

7) דוגמה 7



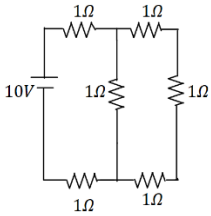
במעגל הבא: $R_1 = 5\Omega$, $R_2 = 3\Omega$ מצא את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.

8) דוגמה 8



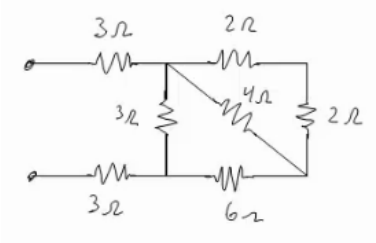
במעגל הבא: $R_1 = 4\Omega$, $R_2 = 3\Omega$, $R_3 = 1\Omega$ מצא את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.

9) דוגמה 9



מצא את כל הזרמים במעגל הבא:

10) דוגמה 10



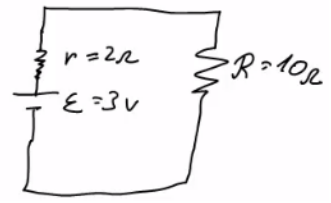
חשב את ההתנגדות השקולה של המעגל הבא בין שני ההדקים.

תשובות סופיות:

1) $I = 1A\ ,\ V_3 = 3V$

2) $I = 2A\ ,\ V_1 = 4V\ ,\ V_2 = 6V\ ,\ V_3 = 10V$

3) א. ב. $I = 0.25A$ ג. $V = 2.5V$



4) $I = 2A\ ,V_r = 0.8V\ ,\ V_R = 4V$

5) $I = \frac{10}{3}A\ ,\ V_1 = \frac{5}{6}A\ ,\ V_2 = \frac{5}{2}A$

6) $I = 24.5A\ ,\ I_1 = 14A\ ,\ I_2 = 7A\ ,\ I_3 = 3.5A$

7) $I = 5.33A\ ,\ I_1 = 2A\ ,\ I_2 = \frac{10}{3}A$

8) $I = 5A\ ,\ I_1 = 2.5A\ ,\ I_2 = 2.5A$

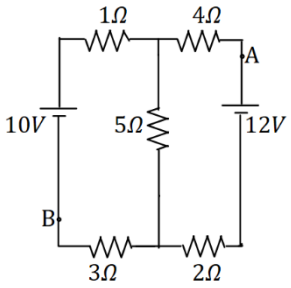
9) $I = \frac{40}{11}A\ ,\ I_1 = \frac{10}{11}A\ ,\ I_2 = \frac{30}{11}A$

10) $R_T = \frac{66+24}{11}$

חוקי קירכהוף:

שאלות:

1) קירכהוף תרגיל 1

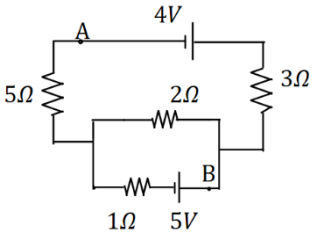


במעגל הבא התנגדות הנגדים ומתח המקורות נתונים באיור.

א. מצא את הזרמים במעגל.

ב. מצא את V_{AB} באמצעות שני מסלולים שונים.

2) קירכהוף תרגיל 2

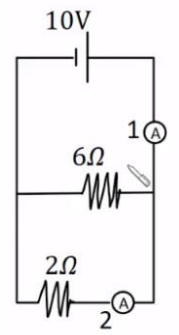


במעגל הבא התנגדות הנגדים ומתח המקורות נתונים באיור.

א. מצא את הזרמים במעגל.

ב. מצא את V_{AB}.

3) דוגמה



מה יראה כל אמפרמטר במעגל הבא בהנחה שהם אידיאליים?

תשובות סופיות:

1) א. $I_1 = 0.67A\ ,\ I_2 \approx 1.46A\ ,\ I_3 \approx 0.79A$ ב. $V_{AB} = 12.49V$

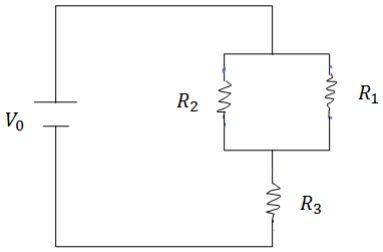
2) א. $I_1 = 0.08A\ ,\ I_2 \approx 1.69A\ ,\ I_3 \approx -1.61A$ ב. $V_{AB} = -3.79V$

3) $A_1 = \frac{20}{3}A\ ,\ A_2 = 5A$

תרגילים נוספים:

שאלות:

1) תרגיל 1



במעגל הבא נתונים ההתנגדות של כל נגד ומתח המקור: $V_0 = 31V$, $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 3\Omega$, $R_3 = 5\Omega$.

א. מצא את ההתנגדות השקולה של המעגל.

ב. מצא את הזרם העובר בסוללה.

חשב את הזרם והמתח על כל אחד מהנגדים.

2) תרגיל 2

נתונים שלושה נגדים זהים עם התנגדות ידועה R.

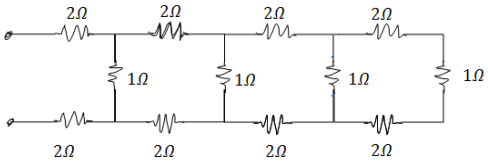
מצא את כל האפשרויות השונות לחבר את הנגדים.

מצא את ההתנגדות השקולה של כל אפשרות.

3) תרגיל 3

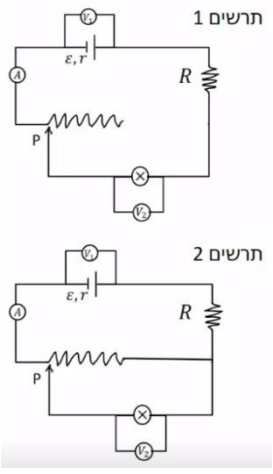
חשב את הזרם והמתח בכל נגד במעגל הבא:

4) תרגיל 4



מצא את ההתנגדות השקולה של המעגל בין שני ההדקים:

5) תרגיל 5



במעגל הבא (תרשים 1) כל מכשירי המדידה אידיאליים $\varepsilon = 5V$, $R = 2\Omega$, התנגדות הנגד המשתנה היא 8 אוהם. כאשר הגרירה P נמצאת בנקודה הכי שמאלית של הנגד המשתנה מדידת האמפרמטר היא 0.2A והוולטמטר $V_1 = 4V$.

א. מהי ההתנגדות הפנימית של הסוללה ומהי התנגדות הנורה?

ב. מהי נצילות המעגל במצב הנתון?

ג. משנים את מיקום הגררה בצורה רציפה, האם הנצילות תגדל/תקטן/לא תשתנה?

מחברים את הקצה השני של הנגד המשתנה כפי שנראה בתרשים 2 כאשר הגררה נשארת בקצה השמאלי של הנגד.

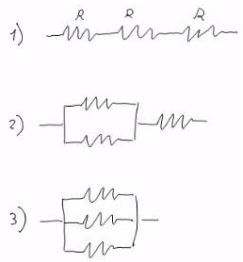
ד. האם הספק הסוללה גדל/קטן או לא השתנה? נמק ללא חישוב.

ה. באיזה מעגל הנורה מאירה בעוצה חזקה יותר? הסבר ללא חישוב.

תשובות סופיות:

1) א. $R_T=\frac{31}{5}\Omega$ ב. $V_3=25V\ ,\ V_{1,2}=6V\ ,\ I_1=3A\ ,\ I_2=2A$

2) $R_{T_1}=3R\ ,\ R_{T_2}=\frac{3}{2}R\ ,\ R_{T_3}=\frac{R}{3}$,



3) $I_1=2A\ ,\ I_2=4A\ ,\ I_3=9A\ ,\ V_1=2V\ ,\ V_2=8V\ ,\ V_3=27V$

4) $R_T=\frac{169}{204}+4$

5) א. התנגדות פנימית: $r=5\Omega$, התנגדות הנורה: $R=18\Omega$

ב. $n=72\%$ ג. תקטן. ד. גדל. ה. ראה סרטון.

נצילות במעגל החשמלי:

שאלות:

1) דוגמה נצילות

במעגל הבא נתונה התנגדות הנגד, התנגדות הנורה והמתח של הסוללה: $V=5V\ ,R_1=3\Omega\ ,R_2=5\Omega$

א. מהו הזרם בנורה ומהו הזרם בסוללה?

ב. מהו ההספק המתפתח בנורה ומהו ההספק של הסוללה?

ג. מהי הנצילות של המעגל?

ד. מהו אחוז ההספק שהולך לאיבוד במעגל?

תשובות סופיות:

1) א. בנורה: $I=1A$, בסוללה: $I=\frac{8}{3}A$.

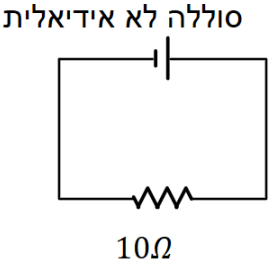
ב. בנורה: $\rho=5W$, בסוללה: $\rho=\frac{40}{3}W$.

ג. $\eta=37.5\%$ ד. 62.5%

מקור מתח לא אידיאלי:

שאלות:

1) דוגמה 1



המעגל הבא מורכב מסוללה לא אידיאלית המחוברת לנגד של 10 אוהם. ההתנגדות הפנימית של הסוללה היא 1 אוהם. במעגל זורם זרם של 2 אמפר.

א. מהו הכא"מ של הסוללה?

ב. מהו מתח ההדקים שמספקת הסוללה במעגל?

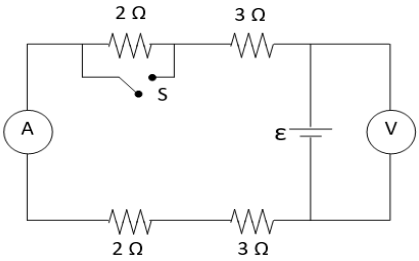
2) דוגמה 2

מחברים סוללה לא אידיאלית לנגד של 10 אוהם ומודדים את הזרם במעגל. המדידה מראה כי הזרם הוא 2 אמפר. לאחר מכן מנתקים את הסוללה מהנגד ומחברים אותה לנגד של 6 אוהם.
מודדים שוב את הזרם במעגל ורואים כי הזרם השתנה ל-3 אמפר.

א. מצא את הכא"מ וההתנגדות הפנימית של הסוללה.

ב. מצא את מתח ההדקים של הסוללה בכל אחד מהחיבורים.

3) מעגל עם סוללה לא אידיאלית



המעגל שבתרשים מכיל ארבעה נגדים, מד מתח ומד זרם אידיאלים, סוללה (לא אידיאלית) ומפסק. קריאת האמפרמטר נרשמה פעמיים, כאשר המפסק פתוח וכאשר המפסק סגור.
אחת הקריאות הייתה 1.5A והאחרת הייתה 1.8A.

א. האם הזרם הגבוה יותר נמדד כאשר המפסק היה פתוח או כאשר הוא היה סגור? נמק/י!

ב. מה הוראת מד המתח בשני מצבי המפסק? פרט/י חישוביך!

ג. חשב/י את הכא"מ ואת ההתנגדות הפנימית של הסוללה

ד. מה היו מראים אותם שני מכשירי מדידה אילו היו מחברים את מד המתח במקום מד הזרם ולהפך? נמק!

תשובות סופיות:

1) א. $\varepsilon = 22V$ ב. $V = 20V$

2) א. $\varepsilon = 24V$, $r = 2\Omega$ ב. $V_2 = 18V$, $V_1 = 20V$

3) א. ככל שההתנגדות השקולה נמוכה יותר, הזרם יהיה גבוה יותר.
לכן, הזרם הגבוה יהיה כאשר המפסק סגור.

ב. סגור: $V_{AB} = 14.4V$, פתוח: $V_{AB} = 15V$. ג. $\varepsilon = 18V$, $r = 2\Omega$

ד. האמפרמטר: $I = 9A$, הוולטמטר: $V = 0$.

יסודות הפיזיקה א 20113

פרק 33 - קבלים

תוכן העניינים

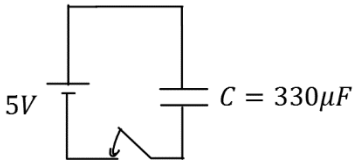
1. הרצאות ותרגילים 265
2. תרגילים נוספים 273

הרצאות ותרגילים:

שאלות:

1) קבל ומקור דוגמה בסיסית

קבל בעל קיבול $C=330\mu F$ מחובר לסוללה במתח $V=5V$. סוגרים את המפסק במעגל ומחכים זמן רב.



א. מה יהיה הזרם במעגל?

ב. מה יהיה המתח בין לוחות הקבל?

ג. מה יהיה המטען על הלוחות? ציין איפה יהיה המטען החיובי ואיפה השלילי.

ד. חזור על הסעיפים במקרה שבו מחובר גם נגד בטור במעגל

2) מוציאים מטען מהקבל

קבל טעון במטען של $5\mu c$. מד מתח שמחובר לקבל מראה קריאה של 3 וולט.

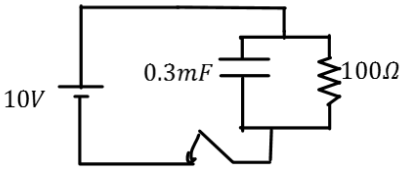
א. מצא את הקיבול של הקבל.

כעת מוציאים $2\mu c$ מהמטען על הקבל (ו- $-2\mu c$ מהצד השלילי).

ב. מה יראה מד המתח?

3) קבל במקביל לנגד

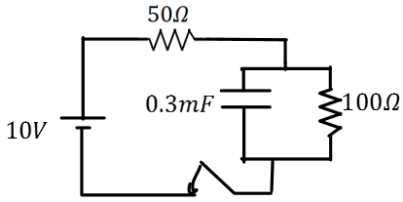
במעגל הבא סוגרים את המפסק ומחכים זמן רב.



א. מצא את המתח והמטען על הקבל .

ב. האם יזרום זרם במעגל?
אם כן, מצא את גודלו וכיוונו.

ג. חזור על הסעיפים עבור המקרה בו יש נגד נוסף במערכת (ראה תרשים).



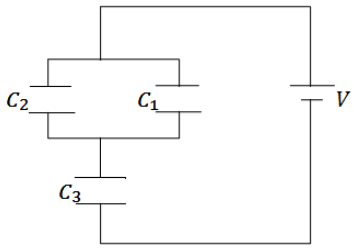
4) חישוב קיבול של קבל לוחות

קבל לוחות מורכב מלוחות זהים בעלי שטח $2cm^2$ ומרחק בין הלוחות $0.3mm$.

א. חשב את הקיבול של הקבל.

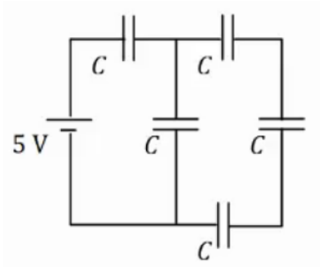
ב. מה יהיה המטען על הקבל אם נחבר אותו למקור מתח $V=3V$ (לאחר זמן רב)?

5) חיבור במקביל ובטור



במעגל הבא נתון מתח הסוללה $V=3V$ והקיבול של כל קבל: $C_1=2\mu F$, $C_2=3\mu F$, $C_3=5\mu F$.
מצא את המטען על כל קבל.

6) חיבור 5 קבלים



במעגל הבא לכל הקבלים קיבול זהה $C=200\mu F$.
המתח של הסוללה הוא $V=5V$.

א. מצא את הקיבול השקול של המעגל.

ב. מצא את המתח והמטען על כל קבל זמן רב לאחר סגירת המעגל.

7) מרחיקים לוחות בקבל

קבל לוחות מורכב מלוחות זהים בעלי שטח $3cm^3$ ומרחק בין הלוחות $0.4mm$.

א. חשב את הקיבול של הקבל

ב. מה יהיה המטען על הקבל אם נחבר אותו למקור מתח $V=3V$ (לאחר זמן רב).

כעת מנתקים את הקבל ממקור המתח ומגדלים את המרחק בין הלוחות פי 2.

ג. מצא את הקיבול החדש.

ד. מצא את המטען והמתח על הקבל החדש.

ה. חזור על סעיפים ג' ו-ד', אם היינו מרחיקים את הלוחות מבלי לנתק את מקור המתח.

8) אנרגיה של קבל לוחות

קבל לוחות מורכב מלוחות זהים בעלי שטח $5cm^2$ ומרחק בין הלוחות $2mm$.

א. חשב את הקיבול של הקבל.

מחברים את הקבל לסוללה במתח 4 וולט.

ב. מהי האנרגיה האגורה בקבל לאחר זמן רב?

9) מקרבים את הלוחות

קבל לוחות מורכב מלוחות זהים בעלי שטח $6cm^2$ ומרחק בין הלוחות $3mm$.

א. חשב את הקיבול של הקבל.

מחברים את הקבל לסוללה במתח 5 וולט.

ב. מהי האנרגיה האגורה בקבל לאחר זמן רב?

מקרבים את לוחות הקבל למרחק $1mm$.

ג. מצא את האנרגיה החדשה אם הקבל מחובר לסוללה במשך כל התהליך.
רשום גם את שינוי האנרגיה בקבל.

ד. חזור על ג' עבור המקרה שבו מנתקים את הקבל מהסוללה לפני שמקרבים את הלוחות.

10) מכניסים חומר לקבל בשתי דרכים

קבל בעל קיבול של $5\mu F$ מחובר למקור מתח של $12V$.

א. חשב את המטען ,המתח והאנרגיה האגורה בקבל זמן רב לאחר החיבור למקור.

מכניסים לקבל חומר דיאלקטרי בעל מקדם דיאלקטרי $\varepsilon_r = 1.2$ הממלא את כל הרווח בין לוחות הקבל.

ב. בהנחה שהקבל מחובר למקור בכל התהליך.
חשב את המתח המטען והאנרגיה בקבל לאחר זמן רב.

ג. חשב את השינוי במטען ובאנרגיה בעקבות הכנסת החומר.

ד. חזור על סעיף ב' אם מנתקים את הקבל מהמקור לפני שמכניסים את החומר הדיאלקטרי.

11) מכניסים ומוציאים חומר מקבל

קבל בעל קיבול של $8\mu F$ מחובר למקור מתח של $12V$.

א. חשב את המטען, המתח והאנרגיה האגורה בקבל זמן רב לאחר החיבור למקור.

מכניסים לקבל חומר דיאלקטרי בעל מקדם דיאלקטרי $\varepsilon_r = 1.4$ הממלא את כל הרווח בין לוחות הקבל.

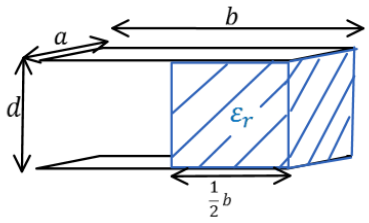
ב. בהנחה שהקבל מחובר למקור בכל התהליך.
חשב את המתח המטען והאנרגיה בקבל לאחר זמן רב.

כעת מנתקים את הקבל מהמקור ומוציאים את החומר הדיאלקטרי.

ג. מה יהיה המתח המטען והאנרגיה בקבל לאחר זמן רב?

ד. חשב את שינוי האנרגיה בכל שלב בתהליך.

12) קבל עם חצי ימין מלא



קבל לוחות מורכב משני לוחות בעלי שטח $A = a \times b$,
ומרחק d בין הלוחות. $a = 3\text{cm}$, $b = 4\text{cm}$, $d = 2\text{mm}$.

א. מצא את הקיבול של הקבל.

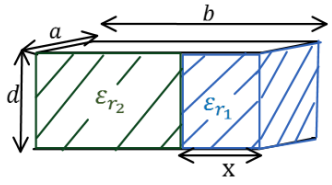
ממלאים את חציו הימיני של הקבל בחומר דיאלקטרי
בעל מקדם $\varepsilon_r = 3$ וחציו השמאלי נשאר ריק (ראה איור).

ב. מצא את הקיבול החדש של הקבל.

ג. מחברים את הקבל למקור מתח $V_0 = 5\text{V}$.

כמה מטען יהיה על כל לוח ומה תהיה האנרגיה של הקבל?

13) קבל עם חלק ימין שונה מחלק שמאל



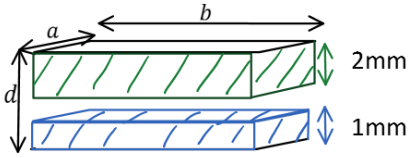
קבל לוחות מורכב משני לוחות בעלי שטח $A = a \times b$,
ומרחק d בין הלוחות. $a = 5\text{cm}$, $b = 6\text{cm}$, $d = 1\text{mm}$.
ממלאים את חלק של הקבל ברוחב $x = 1\text{cm}$ בחומר
דיאלקטרי בעל מקדם $\varepsilon_{r_1} = 4$, ואת החלק הנותר
בחומר דיאלקטרי בעל מקדם $\varepsilon_{r_2} = 2$ (ראה איור).

א. מצא את הקיבול החדש של הקבל.

ב. מחברים את הקבל למקור מתח $V_0 = 5\text{V}$.

כמה מטען יהיה על כל לוח ומה תהיה האנרגיה של הקבל?

14) קבל עם שלושה חלקים אחד מעל השני



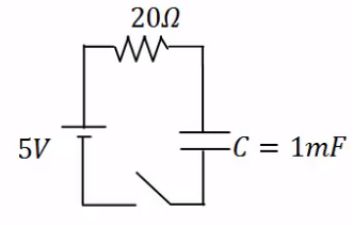
קבל לוחות מורכב משני לוחות בעלי שטח $A = a \times b$,
ומרחק d בין הלוחות. $a = 5\text{cm},\ b = 6\text{cm},\ d = 4\text{mm}$.
ממלאים חלק של הקבל בגובה 1mm ולכל הרוחב
בחומר דיאלקטרי בעל מקדם $\varepsilon_{r_1} = 4$.
את החלק מגובה 2mm ועד הלוח העליון ממלאים בחומר דיאלקטרי בעל
מקדם $\varepsilon_{r_2} = 2$ (ראה איור).

א. מצא את הקיבול החדש של הקבל.

ב. מחברים את הקבל למקור מתח $V_0 = 5\text{V}$.

כמה מטען יהיה על כל לוח ומה תהיה האנרגיה של הקבל?

15) טעינה



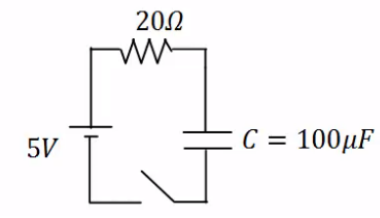
במעגל הבא הקיבול של הקבל הוא: $C=1\text{mF}$,
התנגדות הנגד היא: $R=20\Omega$ ומתח המקור
הוא: $V_0=5\text{V}$. סוגרים את המפסק ב-$t=0$.

א. מהו המטען על הקבל לאחר 0.01 שניות?

ב. המתח על הקבל באותו הרגע?

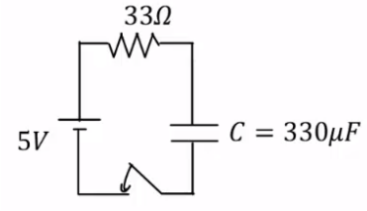
ג. מהם המטען והמתח על הקבל לאחר 0.1 שניות?

16) זמן אופייני



במעגל הבא הקיבול של הקבל הוא: $C=100\mu\text{F}$,
התנגדות הנגד היא: $R=100\Omega$ ומתח המקור
הוא: $V_0=5\text{V}$. סוגרים את המפסק ב-$t=0$.
מהו המטען והמתח על הקבל לאחר 0.3 שניות?

17) חישוב זרם

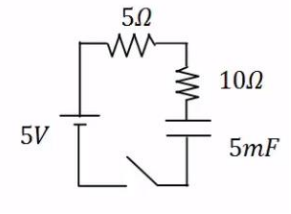


במעגל הבא הקיבול של הקבל הוא: $C=330\mu\text{F}$,
התנגדות הנגד היא: $R=33\Omega$ ומתח המקור
הוא: $V_0=5\text{V}$. סוגרים את המפסק ב-$t=0$.

א. מהו הזרם במעגל ב-$t=0.005\text{sec}$?

ב. מהו ההספק בנגד באותו הרגע?

18) שני נגדים

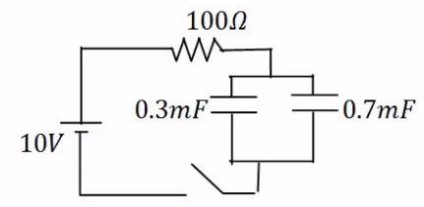


במעגל הבא סוגרים את המפסק ב-$t=0$.

א. מהו הזמן האופייני במעגל?

ב. מצא את המתח והזרם בקבל בזמנים: $t=0.01\ ,\ 0.6\text{sec}$.

19) שני קבלים

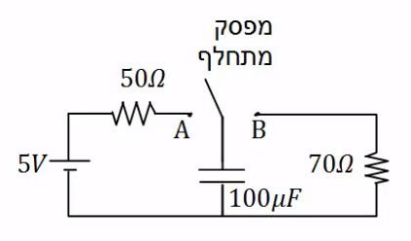


במעגל הבא סוגרים את המפסק ב-$t=0$.

א. מהו הזמן האופייני במעגל?

ב. מצא את המתח והמטען בכל קבל
בזמנים: $t=0.2\ ,\ 0.8\text{sec}$.

20) דוגמה מסכמת



במעגל הבא מחברים את המפסק המתחלף לנקודה A ומחכים זמן רב.

א. רשום את המתח על הקבל כתלות בזמן.
מהו "זמן רב"?

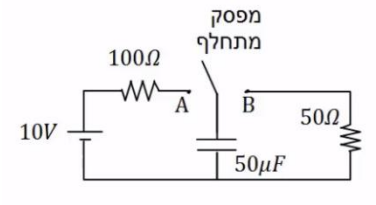
לאחר מכן מעבירים את המפסק לנקודה B.

ב. רשום שוב את המתח על הקבל כתלות בזמן.

21) מתג מתחלף

במעגל הבא מחברים ב-$t=0$ את המפסק המתחלף לנקודה A.

ב-$t=0.01$ מעבירים את המפסק לנקודה B.



א. רשום את המתח על הקבל כתלות בזמן.

ב. מה המטען על הקבל ב-$t=0.02$?

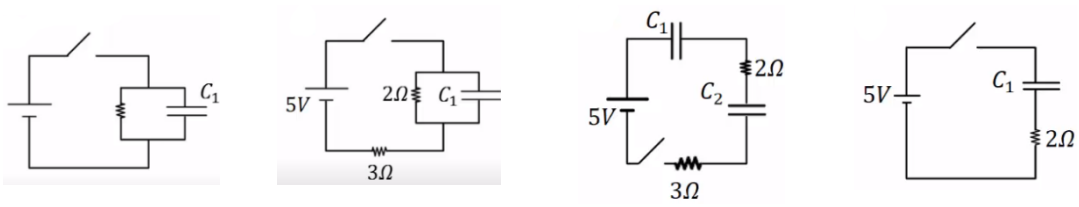
ג. רשום את הזרם כתלות בזמן.

ד. צייר גרפים עבור המתח והזרם כתלות בזמן.

22) מציאת זרם במספר מעגלים

מצא את הזרם, בכל נגד, במעגלים הבאים. ברגע סגירת המתג הנח שהקבלים אינם טעונים לפני הסגירה של המתג וכי הסוללה והחוטים אידיאלים.

א. ב. ג. ד.



23) קבלים במעגל בהתחלה ולאחר זמן רב

נתוני הרכיבים במעגל הבא הם:

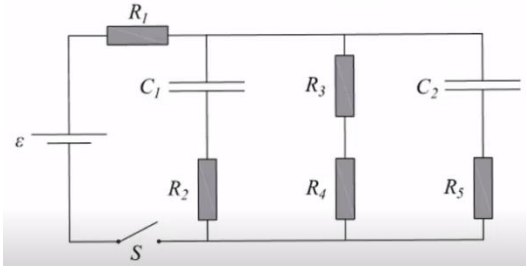
$R_1=4\Omega$, $R_2=3\Omega$, $R_3=2\Omega$, $R_4=1\Omega$, $R_5=6\Omega$, $\varepsilon=24V$, $C_1=2\mu F$, $C_2=4\mu F$

לפני סגירת המפסק הקבלים אינם טעונים.

א. מהו הזרם דרך כל אחד מהנגדים במעגל ברגע סגירת המפסק?

ב. מהו הזרם דרך כל אחד מהנגדים במעגל זמן רב לאחר סגירת המפסק?

ג. מהו המטען על כל אחד מהקבלים זמן רב לאחר סגירת המפסק?



תשובות סופיות:

1) א. $I=0$ ב. $|V_c|=5V$ ג. $1.65mc$ ד. ללא שינוי.

2) א. $1.67\mu F$ ב. $1.8V$

3) א. $V_c=V_0=10V,\ Q=3mc$ ב. $I=0.1A$

ג. $I=0.067A\ ,\ V_c=6.7\ ,\ Q=2.01mc$

4) א. $C\approx 5.9\cdot 10^{-12}F$ ב. $Q=17.7pC$

5) $q_1=3\mu C\ ,\ q_2=4.5\mu C\ ,\ q_3=7.5\mu C$

6) א. $C_{T_1}=\frac{C}{3}\ ,\ C_{T_2}=\frac{4C}{3}\ ,\ C_T=114\mu F$

ב. $q_1=q_T=571\mu c\ ,\ q_2=q_3=q_4=q_{T_1}=143\mu c$

$V_1=2.86V\ ,\ V_5=2.14V\ ,\ V_2=V_3=V_4=0.715V$

7) א. $C=6.64pF$ ב. $Q=19.9pc$ ג. $C'=3.32pF$ ד. $Q'=19.9pc\ ,V'=6V$

ה. (ג) $C'=3.32pF$ (ד) $V'=3V\ ,\ Q'=9.96pc$

8) א. $C=2.21pF$ ב. $U_c=17.68\cdot 10^{-12}J$

9) א. $C=1.77pF$ ב. $U_c=22.13pJ$ ג. $U_c^{'}=13.28\ ,\ \Delta U=-8.845pJ$

ד. $U_c^{'}\approx 7.38pJ\ ,\ \Delta U=-14.76pJ$

10) א. $V_c=12V\ ,\ Q=60\mu c\ ,\ U_c=3.6\cdot 10^{-4}J$ ב. $C'=6\mu F\ ,\ U_c^{'}=432\mu J\ ,\ Q'=72\mu c$

ג. $\Delta Q=12\mu c\ ,\ \Delta U=72\mu J$ ד. $V'=10V\ ,\ U_c=300\mu J$

11) א. $V_c=12V\ ,\ Q=96\mu F\ ,\ U_c=576\mu J$ ב. $V_c^{'}=12V\ ,\ Q'=134.4\mu F\ ,\ U_c^{'}=806.4\mu J$

ג. $V_c^{''}=16.8V\ ,\ Q"=134.4\mu F\ ,\ U_c^{''}\approx 1129\mu J$

ד. במעבר מסעיף א' ל-ב': $\Delta U=230.4\mu J$, במעבר מסעיף ב' ל-ג': $\Delta U\approx 323\mu J$

12) א. $C=5.31pF$ ב. $C_T=10.62pF$ ג. $U_c=132.75pJ$

13) א. $C_T=61.95pF$ ב. $Q=309.75pc\ ,\ U_c=1548.75pJ$

14) א. $C_T 11.8pF$ ב. $q=59\cdot 10^{-9}c\ ,\ U_c=1.475\cdot 10^{-7}J$

15) א. $q_C(t)\approx 1.97\cdot 10^{-3}C$ ב. $V_C=1.97V$

ג. $q_C(t=0.1)=4.97\cdot 10^{-3}C\ ,\ V_C=4.97V$

16) $q_C=5\cdot 10^{-4}C\ ,\ V_C=V_0=5V$

17) א. $I(0.005)\approx 0.096A$ ב. $P\approx 0.305W$

18) א. $\tau=0.075sec$

ב. $V_C(t=\infty)=5V\ ,\ I(t=\infty)=0\ ,\ V_C(t=0.01)=0.624V\ ,\ I(t=0.01)\approx 0.292A$

19) א. $\tau=0.1sec$

ב. $V_T(t=0.2)=8.65V\ ,\ q_1(t=0.2)=2.60\cdot 10^{-3}C\ ,\ q_2(t=0.2)=6.01\cdot 10^{-3}C$

20) א. $V_C(t)=5V\left(1-e^{-\frac{t}{5\cdot10^{-3}}}\right)$ ב. $V_C(t)=5\cdot e^{-\frac{t^*}{7\cdot10^{-3}}}$

21) א. $V_C(t)=\begin{cases}10\left(1-e^{-\frac{t}{0.005}}\right) & 0<t<0.01\\ 8.65\cdot e^{-\frac{t-0.01}{0.0025}} & 0.01<t\end{cases}$ ב. $q_C(t=0.02)\approx 7.92\cdot10^{-6}C$

ג. $I(t)=\begin{cases}\frac{10}{100}\cdot e^{-\frac{t}{0.005}} & 0<t<0.01\\ \frac{8.65}{50}\cdot e^{-\frac{t-0.01}{0.0025}} & 0.1<t\end{cases}$ ד. ראה סרטון.

22) א. $I(t=0)=2.5A$ ב. $I=1A$ ג. $I=\frac{5}{3}A$ ד. $I(t=0)=\infty$

23) א. $I_T=I_1\approx4.62A$, $I_2\approx1.85A$, $I_{3,4}=1.85A$, $I_5\approx0.92A$

ב. $I_{1,3,4}=3.43A$, $I_{2,5}=0$ ג. $q_1\approx20.58\cdot10^{-6}C$, $q_2\approx41.16\cdot10^{-6}C$

תרגילים נוספים:

שאלות:

תרגילים ברמה א':

1) תרגיל 1 - מציאת מטען

מה המטען המצטבר על קבל של $C=30\mu F$ לאחר זמן רב, אם נחבר אותו למתח של $10V$?

2) תרגיל 2 - קבל לוחות

קבל לוחות מורכב משני לוחות בעלי שטח $A=4cm^2$, שביניהם מרחק של $d=1mm$.

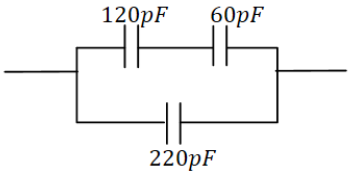
א. מה הקיבול של הקבל אם המרווח בין הלוחות ריק?

ב. מה הקיבול של הקבל אם המרווח בין הלוחות מלא בחומר דיאלקטרי אחיד בעל מקדם $\varepsilon_r=2.5$?

ג. מצא את המטען על הקבל, עבור כל אחד מהמקרים בסעיפים הקודמים, אם מחברים את הקבל למקור מתח של $5V$.

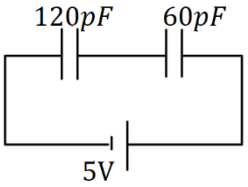
3) תרגיל 3 - חיבור קבלים

מצא את הקיבול השקול של החיבור הבא.



4) תרגיל 4 - חיבור קבלים

מה המטען והמתח על כל קבל במערכת הבאה (זמן רב לאחר חיבור הסוללה)?
ציין איפה המטען החיובי והיכן המטען השלילי בכל קבל.

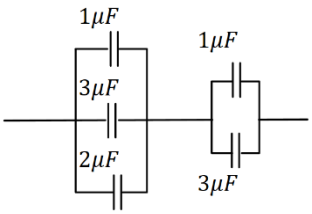


5) תרגיל 5 - חיבור קבלים

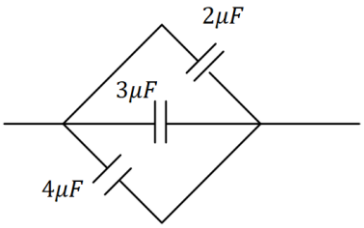
נתונה מערכת הקבלים הבאה:

א. מצא את הקיבול השקול בין שני הקצוות של החוט.

ב. מצא את המתח והמטען על כל קבל אם מחברים את הקצוות למקור מתח של $10V$.



6) תרגיל 6 - יהלום

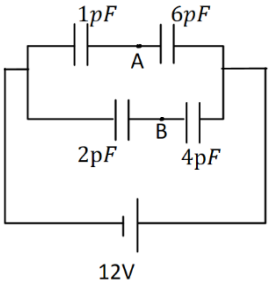


נתונה מערכת הקבלים הבאה:

א. מצא את הקיבול השקול במקרה הבא.

ב. מצא את המתח והמטען על כל קבל אם מחברים את הקצוות למקור מתח של $10V$.

7) תרגיל 7 - חיבור קבלים ומציאת מתח

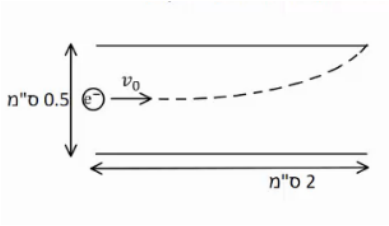


במעגל הבא נתון הקיבול של כל קבל ומתח הסוללה:

א. מצא את המתח על כל קבל והמטען על כל קבל. סמן על כל קבל היכן המטען החיובי.

ב. מהו V_{AB} המתח בין הנקודות A ל-B?

8) תרגיל 8 - אלקטרון נכנס לקבל לוחות



קבל לוחות מורכב משני לוחות ריבועיים בעלי אורך צלע של 2 ס"מ ומרחק בין הלוחות של 0.5 ס"מ. אלקטרון נכנס במרכז הלוחות עם מהירות, המקבילה ללוחות, שגודלה $v_0 = 10^7 \frac{m}{sec}$ (ראה איור).

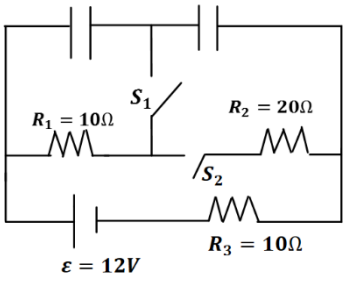
האלקטרון פוגע בדיוק בקצה הלוח העליון.

א. חשב את השדה בין הלוחות (גודל וכיוון).

ב. חשב את המתח אליו מחובר הקבל.

תרגילים ברמה ב':

9) תרגיל 1 - מעגלים חשמליים



ענה על הסעיפים הבאים עבור המעגל שבציור, זמן רב לאחר סגירת או פתיחת המתגים.

א. מהו המתח והמטען על כל קבל, כאשר שני המפסקים פתוחים?

ב. סוגרים את S_1. S_2 פתוח.
מהו המתח והמטען של כל קבל?

ג. סוגרים את S_2 ופותחים את S_1. מהו המתח על כל קבל?

ד. הפעם שניהם סגורים. מהו המתח והמטען על כל קבל?

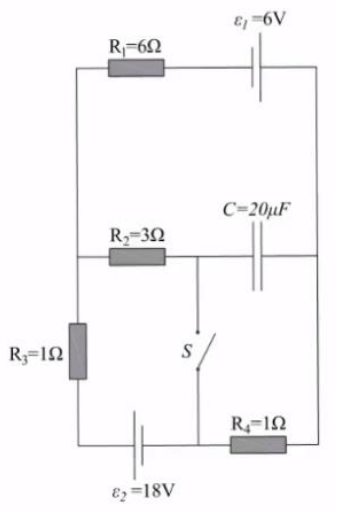
10) תרגיל 2 - מעגלים חשמליים

שני קבלים, האחד של $10\mu F$ והשני של $15\mu F$, חוברו בנפרד למקורות מתח של $6V$ ו-$8V$, בהתאמה. לאחר מכן נותקו ממקורות המתח וחוברו זה לזה.

א. מה יהיה המתח והמטען הסופי על כל קבל, אם הקבלים חוברו כאשר הדקים שווי סימן מחוברים זה לזה?

ב. ללא קשר לסעיף א', מה יהיה המתח והמטען הסופי על כל קבל, אם הקבלים חוברו כאשר הדקים שוני סימן מחוברים זה לזה.

11) תרגיל 3 - מעגלים חשמליים



נתון המעגל החשמלי המופיע בתרשים.
ההתנגדויות הפנימיות של מקורות המתח זניחות.
כאשר המפסק S פתוח והמעגל במצבו היציב:

א. מהו הזרם החשמלי העובר דרך כל אחד מהנגדים?

ב. מהו המטען על לוחות הקבל?

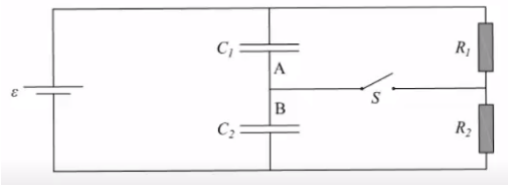
ג. מהו גודל המתח בין הדקי המפסק הפתוח?

סוגרים את המפסק S ומחכים להתייצבות המערכת.

ד. מהו הזרם החשמלי העובר דרך כל אחד מהנגדים?

ה. מהו המטען על לוחות הקבל?

12) תרגיל 4 - מעגלים חשמליים



נתונים שני קבלי לוחות C_1 ו-C_2, ששטח כל לוח הוא $0.02m^2$. המרחק בין לוחות קבל C_1 הוא $1mm$ והמרחק בין לוחות קבל C_2 הוא $3mm$.

א. חשבו את הקיבול של כל אחד מהקבלים.

חיברו את שני הקבלים למעגל הנתון בשרטוט.

נתון: $R_1=5\Omega$, $R_2=10\Omega$, $\varepsilon=12$ V.

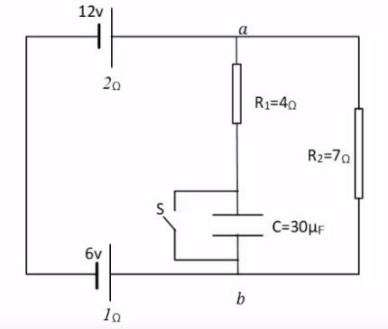
פתור את כל הסעיפים לאחר זמן רב.

ב. מהו הזרם דרך כל אחד מהנגדים כאשר המספר S פתוח?

ג. כאשר המפסק S סגור, מהו הזרם דרך כל אחד מהנגדים?

ד. מהו סכום המטען שהצטבר על שני הלוחות A ו-B?

13) תרגיל 5 - מעגלים חשמליים (עם מקור לא אידיאלי)



נתון המעגל החשמלי שבאיור, לכל מקור יש התנגדות פנימית המצוינת מתחת לסימון המקור. כאשר המפסק סגור.

א. מהם הזרמים (גודל וכיוון) שעוברים בנגדים?

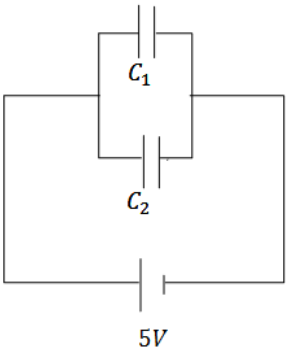
ב. מהו המתח בין הנקודות a ו- b?

כעת פותחים את המפסק ומחכים זמן רב.

ג. מהם הזרמים (גודל וכיוון) שעוברים בנגדים?

ד. מהו המטען על לוחות הקבל, וכמה אנרגיה אגורה בו?

14) תרגיל 6 - שני קבלים טעונים מחוברים לקבל שלישי



במעגל הבא קיבול הקבלים הוא: $C_1 = 3\mu F$, $C_2 = 2\mu F$,
והמתח בסוללה הוא $5V$.
לאחר שהקבלים נטענים מנתקים את המקור
ומחליפים אותו בקבל של $C_3 = 5\mu F$.
מצא את המטען המתח והאנרגיה של הקבל החדש,
לאחר שהמערכת מתייצבת.

15) תרגיל 7 - מרחיקים לוחות בקבל לוחות

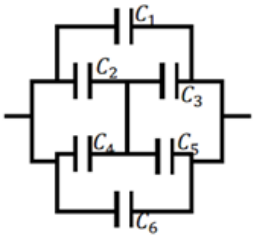
קבל לוחות בעל אורך צלע $a = 2cm$ ומרחק בין הלוחות $d = 1mm$, נטען ע"י סוללה במתח $3V$. אחרי שהקבל נטען במלואו מנתקים את הסוללה ומרחיקים את הלוחות למרחק $3d$.

א. מצא את הפרש הפוטנציאל החדש על הקבל.

ב. מצא את האנרגיה ההתחלתית והסופית האגורה בקבל.

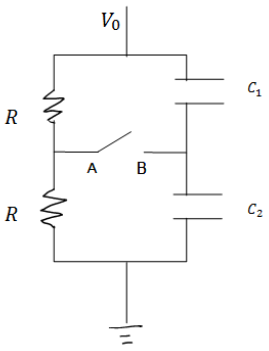
ג. מצא את העבודה הנדרשת ע"מ להרחיק את הלוחות ע"י הגדרת העבודה.

16) תרגיל 8 - חיבור קונפיגורציית קבלים



נתונה מערכת קבלים המחוברים על פי השרטוט.
מצא את הקיבול השקול של המערכת.

17) תרגיל 9 - קבלים עם מפסק



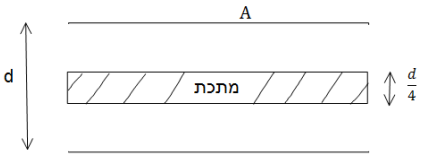
במעגל הבא מחזיקים את הקצה העליון בפוטנציאל קבוע, ונתון V_0 הקצה התחתון מוארק.
נתון: הקיבול של כל קבל, ההתנגדות הזהה של הנגדים.

א. מצא את המתח (הפרש הפוטנציאלים) בין הנקודה A לנקודה B.

ב. סוגרים את המפסק AB. כמה מטען עבר דרך המפסק עד שהמערכת התייצבה?

18) תרגיל 10 - קבל עם פיסת מתכת

קבל לוחות מחובר למקור מתח V. שטח כל לוח בקבל הוא A, והמרחק בין הלוחות הוא d $\left(d \ll \sqrt{A}\right)$.

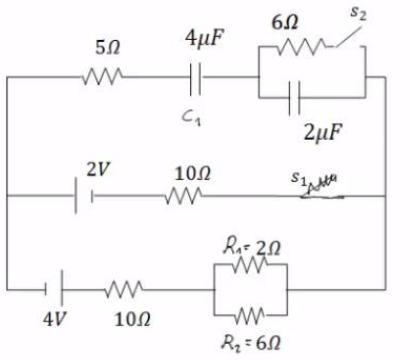


א. מצא את המטען על הקבל, את השדה בתוך הקבל ואת האנרגיה של המערכת.

ב. כעת מכניסים לקבל פיסת מתכת בעובי $\frac{d}{4}$ עם שטח A ממרכז הקבל. חזור על סעיף א.

ג. כעת מוציאים את המתכת, מחכים שהקבל יטען שוב ומנתקים את מקור המתח. לאחר הניתוק מכניסים את המתכת חזרה פעם שניה. חזור על סעיף א' (סעיף ב' אינו משפיע על סעיף ג').

19) תרגיל 11



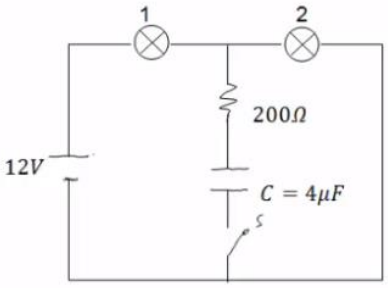
חשב את כל הזרמים במעגל ואת המטען על כל קבל במצב היציב כאשר המפסקים במצב הבא:

א. S_1 פתוח ו-S_2 סגור.

ב. S_2 פתוח ו-S_1 סגור.

ג. שני המפסקים סגורים.

20) תרגיל 12 - שתי נורות



במעגל הבא הספק נורה מס' 1 במתח של $10V$ הוא $0.5W$. ההספק של נורה מס' 2 באותו המתח הוא $0.4W$. התנגדות הנגד היא 200Ω.

א. חשב את התנגדות המתח וההספק החשמלי של כל נורה כאשר המפסק פתוח.

ב. חשב את המתח על הקבל אם המפסק סגור והמערכת התייצבה.

תשובות סופיות:

1) $Q = 0.3mF$

2) א. $C = 3.54pF$ ב. $C' = 8.85pF$ ג. $Q_A = 17.7pc\ ,\ Q_B = 44.25pc$

3) $C_T = 260pF$

4) $Q_1 = Q_2 = 200pc\ ,\ V_{C_1} = 1.67V\ ,\ V_{C_2} = 3.33V$

5) א. $C_T = 2.4\mu F$

ב. $V_{4,5} = 6V\ ,\ V_{1,2,3} = 4V\ ,\ Q_1 = 4\mu C\ ,\ Q_2 = 12\mu C\ ,\ Q_3 = 8\mu C\ ,\ Q_4 = 6\mu C\ ,\ Q_5 = 18\mu C$

6) א. $C_T = 9\mu F$ ב. $V_T = 10V\ ,\ Q_1 = 20\mu C\ ,\ Q_2 = 30\mu C\ ,\ Q_3 = 40\mu C$

7) א. $Q_{1,2} = 10.29\mu C\ ,\ Q_{3,4} = 16\mu C\ ,\ V_1 = 10.29V\ ,\ V_2 = 1.71V\ ,\ V_3 = 8V\ ,\ V_4 = 4V$

ב. $V_{AB} = -2.28V$

8) א. $\vec{E} \approx -7.12 \cdot 10^3 \frac{N}{C} \hat{y}$ ב. $V \approx 35.5V$

9) א. $Q_1 = Q_2 = 24\mu C\ ,\ V_1 = 8V\ ,\ V_2 = 4V$ ב. $V_{C_2} = 0\ ,\ V_{C_1} = 12V\ ,\ Q_1 = 36\mu C$

ג. $Q_{1,2} = 18\mu C\ ,\ V_1 = 6V\ ,\ V_2 = 3V$

ד. $V_{C_1} = 6V\ ,\ Q_{C_1} = 18\mu C\ ,\ V_{C_2} = 3V\ ,\ Q_2 = 18\mu C$

10) א. $q_2 = 108\mu C\ ,\ q_1 = 72\mu C\ ,\ V_1 = V_2 = 10.8V$ ב. $q_2 = 36\mu C\ ,\ q_1 = 24\mu C\ ,\ V_1 = V_2 = 2.4V$

11) א. $I = 3A$ ב. $q_C = 240\mu C$ ג. $|V_S| = 15V$

ד. $I_1 = 2.52A\ ,\ I_2 = -3.87A\ ,\ I_3 = 6.39A$ ה. $q = 40.4\mu C$

12) א. $C_1 = 1.77 \cdot 10^{-10} F\ ,\ C_2 = 0.59 \cdot 10^{-10} F$ ב. $I = 0.8A$ ג. $I = 0.8A$

ד. $q_1 = 7.08 \cdot 10^{-10} C\ ,\ q_2 = 4.72 \cdot 10^{-10} C$

13) א. $I_1 = 0.689A\ ,\ I_2 = 0.393A$ ב. $V_{ab} = 2.756V$

ג. כלפי מטה, $I_1 = 0\ ,\ I = 0.6A$ ד. $q = 1.26 \cdot 10^{-4} C$

14) $q'_3 = 12.5\mu C\ ,\ V'_3 = 2.5V\ ,\ U = 15.625J$

15) א. $V' = 9V$ ב. $U_{C_i} = 15.93 \cdot 10^{-12} J\ ,\ U_{C_F} = 47.79 \cdot 10^{-12} J$

ג. $|W| = 31.86 \cdot 10^{-12} J$

16) $C_T = C_1 + C_6 + C_{2,3,4,5}$

17) א. $V_{AB} = \frac{V_0}{2} - \frac{V_0 C_2}{C_1 + C_2}$ ב. $q_1 = \frac{C_1 V_0}{2}\ ,\ q_2 = \frac{C_2 V_0}{2}\ ,\ \Delta q = \frac{V_0}{2}(C_2 - C_1)$

18) א. $q = CV = \frac{\varepsilon_0 A}{d} V$, $E = \frac{V}{d}$, $U = \frac{1}{2}\frac{\varepsilon_0 A}{d} V$

ב. $q_1 = q_2 = \frac{4\varepsilon_0 AV}{3d}$, $E_1 = E_2 = \frac{4V}{3d}$, $U = \frac{1}{2} C_T V^2 = \frac{2\varepsilon_0 A}{3d} V^2$

ג. $E_1 = E_2 = \frac{V}{d}$, $U = \frac{3\varepsilon_0 AV^2}{8d}$

19) א. $16\mu F$ ב. $\frac{12}{43} A$ ג. $\frac{136}{129}\mu C$

20) א. $R_1 = 200\Omega$, $R_2 = 250\Omega$, $V_1 = 5.34V$, $V_2 = 6.68V$, $P_1 = 0.143W$, $P_2 = 0.178W$

ב. $V_C = 6.68V$

יסודות הפיזיקה א 20113

פרק 34 - טמפרטורה התפשטות תרמית וחוק הגז האידיאלי

תוכן העניינים

1. הרצאות ותרגילים 280

הרצאות ותרגילים:

שאלות:

1) דוגמה-טמפרטורה שווה

א. גוף נמצא בטמפרטורה של 37°C.
מה הטמפרטורה של הגוף בפרנהייט?

ב. מודדים את הטמפרטורה של גוף פעם אחת בצלזיוס ופעם אחת בפרנהייט ומקבלים שכמות הערך הנמדד זהה (כלומר אותו מספר בצלזיוס ובפרנהייט).
מהי טמפרטורת הגוף?

2) דוגמה-גשר ברזל

מוטות הברזל שתומכות בגשר הן באורך של 80 מטר כאשר הטמפרטורה היא 20 מעלות צלזיוס.
אם הטמפרטורות בסביבה בו מציבים את הגשר נעות בין $-10°C$ ל-$+50°C$
מה האורך המקסימאלי והמינימלי של המוטות?

3) דוגמה-טבעת על מוט

הקוטר של מוט ברזל הנמצא ב-$20°C$ הוא $5.50cm$.
רוצים להלביש טבעת, העשויה ברזל גם כן, על המוט.
קוטרה הפנימי של הטבעת ב-$20°C$ הוא $5.48cm$.
לאיזה טמפרטורה צריך לחמם את הטבעת אם נרצה שקוטרה הפנימי יהיה ב-$0.005cm$ גדול מזה של המוט?

4) דוגמה-מיכל מים

מיכל בצורה של גליל ברדיוס $20cm$ ובגובה $60cm$ עשוי מזכוכית רגילה.
ממלאים את המיכל במים בבוקר כאשר הטמפרטורה היא $15°C$
(ניתן להניח שזו טמפ' המיכל והמים).
כמה מים ישפכו עד השעה 14:00 בה הטמפ' היא $40°C$?
הזנח איבוד מים הנגרם מאידוי.

5) דוגמה-בלון הליום

א. מהי המסה האטומית של אטום הליום (He) בעל שני פרוטונים ושני נויטרונים?
ב. חשב את המסה המולקולרית של הליום?
ג. כמה מולים יש בבלון המכיל 50 גרם הליום?
ד. כמה אטומים של הליום יש בבלון?

6) דוגמה-ערבוב הליום עם מימן

ערבבו 50 מול של מימן עם 30 מול של הליום 4.
מהי מסת החומר לאחר הערבוב?

7) דוגמה-בקבוק מים

בקבוק מים מכיל 2 ליטר מים. הנח שצפיפות המים היא: $1k\frac{g}{L}$.

א. חשב את המסה המולקולרית של מים (H_2O).
ב. כמה מולים של מים יש בבקבוק?
הצליחו לפרק כל מולקולה בבקבוק לשני אטומים של מימן ואטום של חמצן.
ג. כמה מולים של מימן וכמה מולים של חמצן יש בבקבוק?

8) דוגמה-חנקן דו חמצני

חנקן דו חמצני (NO_2) מורכב מאטום חנקן ושני אטומי חמצן.

רוצים להכין 50 מול של חנקן דו חמצני ע"י ערבוב של מיכל המכיל חמצן (O_2) בלבד ומיכל המכיל חנקן בלבד.

א. כמה מולים צריכים להיות בכל מיכל לפני הערבוב?
ב. כמה מולים היו צריכים להיות במיכל החמצן אם חמצן היה גז חד אטומי (כלומר כל חלקיק בגז היה מורכב מאטום יחיד של חמצן)?
ג. מהי מסת החמצן ומהי מסת החנקן לפני הערבוב?

9) דוגמה-מחממים גז במיכל סגור

גז מוחזק במיכל ברזל סגור בלחץ של 1atm ובטמפ' של $25°C$.
מחממים את המיכל לטמפ' של $100°C$.
מה יהיה הלחץ של הגז במיכל?

10) דוגמה-נפח של מול ב-STP

מצא מהו הנפח של מול אחד של גז כלשהו ב-STP?

11) מנפחים בלון

מנפחים בלון בגז הליום עד אשר הוא מגיע לנפח של 2L ב-STP.

א. מהו מספר המולים של הליום שהוכנסו לבלון?
ב. מהי מסת הגז שהוכנסה לבלון?
ג. מהי התשובה לסעיף א' אם הטמפרטורה היא טמפרטורת החדר (בערך $27°C$).

12) לחץ בצמיג

מנפחים צמיג לפני נסיעה ללחץ של $32psi$ $(1psi \approx 6,895Pa)$ ביום בו הטמפרטורה היא $27°C$. לאחר נסיעה ארוכה טמפרטורת הצמיג עולה כתוצאה מחיכוך עם הכביש ל-$60°C$.
מה יהיה הלחץ החדש בצמיג ב- psi ?
(שים לב שהלחץ הנמדד בצמיג הוא ביחס ללחץ אטמוספרי).

13) דוגמה-מולקולות בנשימה

הערך כמה מולקולות ישנם בנשימה אחת אם בערך נפח האוויר בנשימה הוא ליטר אחד.

14) סרט מדידה

סרט מדידה עשוי מברזל, הסרט כויל בטמפרטורה של $15°C$.
מודדים עם הסרט ביום בו הטמפרטורה היא $35°C$.

א. האם המדידה שיראה הסרט נמוכה או גבוהה מהאורך האמיתי?
ב. חשב את אחוז הטעות במדידה של הסרט.

15) צוללן מנפח ריאות

צוללן מנפח את הריאות לנפח מקסימלי של $5L$ כאשר הוא 7 מטר מתחת לפני המים.
מה יהיה נפח הריאות של הצוללן אם יעלה לפני המים ויחזיק את נשימתו עצורה?
הערה: לחץ בתוך מים גדל ב- $9.8Pa$ לכל מילימטר גובה (או עומק) מתחת לפני המים.

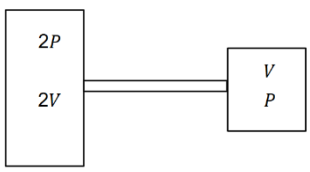
16) מתי למלא דלק

הצפיפות של דלק ב-$0°C$ היא: $0.68 \cdot 10^3 \frac{kg}{m^3}$.

א. מה הצפיפות של דלק ביום חם בו הטמפרטורה היא $40°C$?
ב. מה אחוז השינוי בצפיפות?
ג. אם מחיר הדלק נקבע לפי ליטרים (כלומר לפי הנפח) מתי עדיף למלא דלק ביום קר או חם?

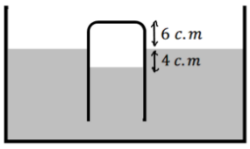
17) שני מיכלים מחוברים בצינור

שני מיכלים מלאים בגזים שונים ונמצאים באותה הטמפרטורה.
נפח מיכל אחד הוא V והלחץ בו P ונפח המיכל השני הוא $2V$ והלחץ בו $2P$.
מחברים את המיכלים בצינור בעל נפח זניח. בעת הערבוב כל מולקולה ממיכל אחד מתרכבת עם מולקולה ממיכל 2 ונוצרת מולקולה אחת חדשה (לא כל המולקולות במיכל 2 מתרכבות).
מה הלחץ במיכלים לאחר החיבור בהנחה כי הטמפרטורה לא משתנה? (הבא תשובתך באמצעות P).

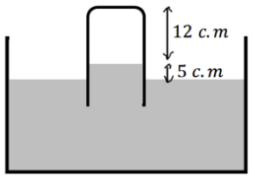


18) צינורית במיכל כספית

מקרה 1



מקרה 2



מיכל גדול מאוד מכיל כספית ונמצא בחדר לחץ בו לחץ האוויר אינו ידוע. טובלים במיכל צינורית זכוכית דקה הסגורה בחלקה העליון. כאשר מחזיקים את הקצה העליון של הצינורית בגובה 6 ס״מ מעל פני הכספית במיכל, גובה הכספית בצינורית הוא 4 ס״מ מתחת לפני הכספית במיכל. כאשר מחזיקים את הקצה העליון של הצינורית בגובה 17 ס״מ מעל פני הכספית במיכל, גובה הכספית בצינורית הוא 5 ס״מ מעל לפני הכספית במיכל.
הנח שגובה פני הכספית במיכל קבוע.

א. מהו לחץ האוויר בחדר?

ב. באיזה גובה צריך להחזיק את קצה הצינורית מעל המיכל כך שפני הכספית בצינורית יהיו בגובה הכספית של המיכל?

תשובות סופיות:

1) א. $98.6°F$ ב. $-40°C$

2) $l_{max}=80.0288_m$, $l_{min}=79.9712_m$

3) $T=400°C$

4) $V=0.3563\cdot c.m^3$ מים שנשפכו.

5) א. $m_a\approx 4_u$ ב. $M=4gr$ ג. $12.5mol$ ד. $7.53\cdot10^{24}$ אטומים

6) $170gr$

7) א. $18u$ ב. $111mol$ ג. $111mol$ חמצן , $222mol$ מימן

8) א. $50mol$ חמצן , $50mol$ חנקן ב. $100mol$ חמצן ג. $0.7kg$ חנקן , $1.6kg$ חמצן

9) $\approx 1.25atm$

10) $\approx 22.41L$

11) א. $0.0892mol$ ב. $0.359gr$ ג. $0.0812mol$

12) $\approx 37psi$

13) $\approx 2.45\cdot10^{22}$

14) א. נמוכה ב. 0.024%

15) $\approx 8.42L$

16) א. $0.655\cdot10^3\frac{kg}{m^3}$ ב. $\approx 3.68\%$ ג. ביום קר

17) א. $\frac{4}{3}p$

18) א. $0.656atm$ ב. $10.8c.m$