מעבדה בפיזיקה- רקע תיאורטי

תוכן העניינים

1. האפקט הפוטואלקטרי 1
2. מעגלי CR 4
3. השראות ומעגלי LR 10
4. מעגלי זרם חילופין 15
5. האטום- התפתחות הסטורית ומודל האטום של בוהר 26

מעבדה בפיזיקה- רקע תיאורטי

פרק 1 - האפקט הפוטואלקטרי

תוכן העניינים

1. הסבר ותרגילים 1

הסבר ותרגילים:

רקע:

אנרגיה של פוטון:

$$E_{ph} = hf$$

$$E(eV) = \frac{12400}{\lambda(\text{Å})} = \frac{1240}{\lambda(nm)}$$

אפקט פוטואלקטרי:

$$E_{ph} = E_k + B$$

שאלות:

1) אפקט פוטואלקטרי – תרגיל 1

תא פוטואלקטרי מסוים מוקרן באור בתדירויות משתנות.

ברגע שהוא מוקרן באור בתדירות: $f = 8 \cdot 10^{14}\,\text{Hz}$, מתחילים להיפלט אלקטרונים מהקתודה.

א. מה פונקציית העבודה של התא?

ב. כעת מקרינים את התא באור באורך גל של 300 ננומטר.
מה תהיה האנרגיה המקסימלית של האלקטרונים הנפלטים?

ג. מה תהיה מהירותם?

ד. האם כל האלקטרונים הנפלטים בעלי מהירות זו? נמקו.

2) אפקט פוטואלקטרי – תרגיל 2

לתא פוטואלקטרי מסוים שורטט אופיין.

א. הסבר כיצד ישתנה אופיין זה אם נאיר את התא עם 2 מנורות זהות לבודדה שהארנו בה קודם.

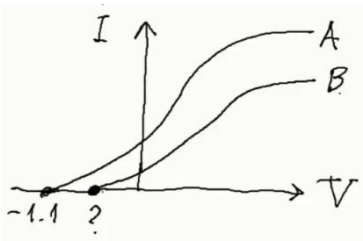
ב. הסבר מה ישתנה באופיין אם נשתמש במקור אור בעל אורך גל ארוך יותר.

ג. כיצד ישתנה האופיין אם נחליף הלוח הפולט במתכת בעלת פונקציית עבודה קטנה יותר.

3) אפקט פוטואלקטרי – תרגיל 3

בוצעו 2 ניסויים בתא פוטואלקטרי:

בפעם הראשונה התא הואר באור באורך גל: $\lambda_1 = 500$, ובפעם השנייה הואר באור באורך גל: $\lambda_2 = 550$.



תוצאות האופיין של 2 הניסויים לפניך.

א. לאיזה מהאופיינים מתאים כל אחד מאורכי הגל?

ב. מצא את פונקציית העבודה של המתכת.

ג. מצא את האנרגיה הקינטית המקסימלית של האלקטרונים הנפלטים באופיין B.

ד. מצא את ערך סימן השאלה באופיין.

ה. תאר כיצד ייראה אופיין B, אם נרחיק מעט את מקור האור שלו מהתא.

4) אפקט פוטואלקטרי – תרגיל 4

תוצאות הניסוי של מיליקן מ-1916 מופיעות בטבלה הבאה:

$f\left(10^{14}Hz\right)$	$E_k\left(eV\right)$
11.84	2.57
9.60	1.67
8.22	1.09
7.41	0.73
6.91	0.55

א. שרטט גרף של האנרגיה הקינטית כתלות בתדירות.

ב. מצא מהגרף את:

i. קבוע פלנק.

ii. את פונקציית העבודה של המתכת.

iii. את תדירות הסף של המתכת.

ג. הסבר את תוצאות המדידה האחרונה.

5) אפקט פוטואלקטרי – תרגיל 5

מנורה שהספקה 60 וואט מאירה באורך גל מונוכרומטי של 620 ננומטר על תא פוטואלקטרי. ידוע שהאור עוקר אלקטרונים מהקתודה.

א. מה אנרגיית פוטון בודד של נורה זו?

ב. מה הזרם שיראה האמפרמטר שמחובר לתא, אם 1% מהפוטונים שנפלטים מהנורה מגיעים לתא, 2% מהפוטונים שמגיעים לתא עוקרים אלקטרונים ו-5% מהאלקטרונים הנעקרים מגיעים לאנודה?

ג. מהו זרם הרוויה של התא?

תשובות סופיות:

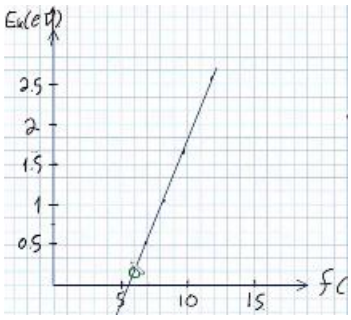
1) א. $3.31eV$ ב. $0.82eV$ ג. $V = 5.37 \cdot 10^5 \frac{m}{sec}$ ד. לא.

2) ראה סרטון.

3) א. $\lambda_1 = A$, $\lambda_2 = B$ ב. $B = 1.38eV$ ג. $1.4 \cdot 10^{-19} J$ ד. $0.87V$

ה. ראה סרטון.

4) א.



ב.i. $4.16 \cdot 10^{-15} eVS$ ii. $2.33eV$ iii. $5.6 \cdot 10^{14} Hz$

ג. ראה סרטון.

5) א. $2eV$ ב. $3 \cdot 10^{-4} A$ ג. $6mA$

מעבדה בפיזיקה- רקע תיאורטי

פרק 2 - מעגלי RC

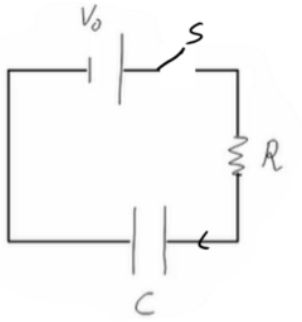
תוכן העניינים

1. פריקה וטעינה של קבל (מעגלי RC) 4

פריקה וטעינה של קבל - מעגלי RC :

רקע:

טעינה :



משוואת המתחים :

$$V_0 - \frac{q}{C} - IR = 0$$

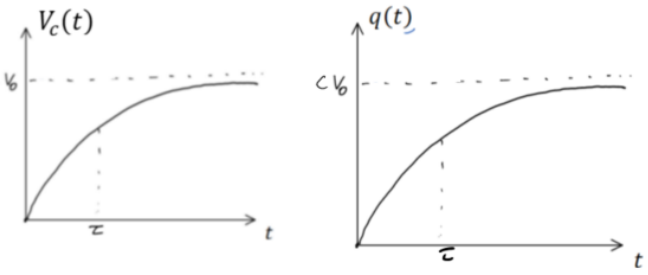
$$I = \frac{dq}{dt}$$

המטען והמתח על הקבל כתלות בזמן :

$$q(t) = CV_0\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

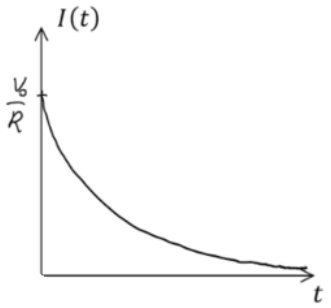
$$V_c(t) = V_0\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

$\tau = RC$ - קבוע הזמן



הזרם כתלות בזמן:

$$I(t) = \frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$$



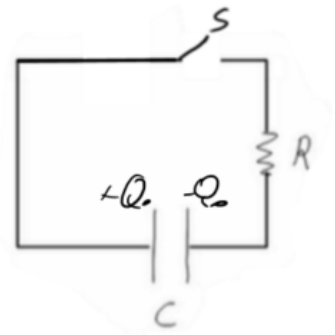
בהתחלה $(t = 0)$:

הקבל מתנהג כמו קצר, המתח והמטען על הקבל הם אפס והזרם הוא $\frac{V_0}{R}$.

לאחר זמן רב $(t > 5\tau)$:

הקבל מתנהג כמו נתק, המטען והמתח קבועים והזרם מתאפס.

פריקה:



משוואת המתחים:

$$\frac{q}{C} - IR = 0$$

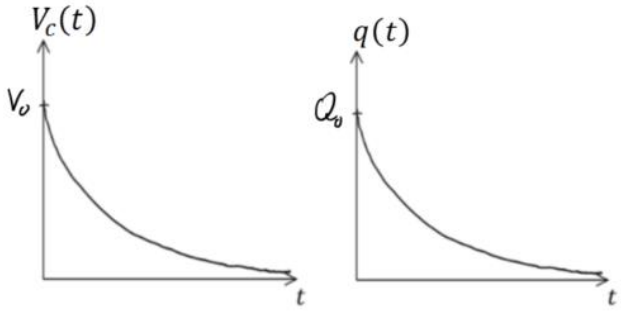
$$I = -\frac{dq}{dt}$$

המטען והמתח על הקבל כתלות בזמן:

$$q(t) = Q_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

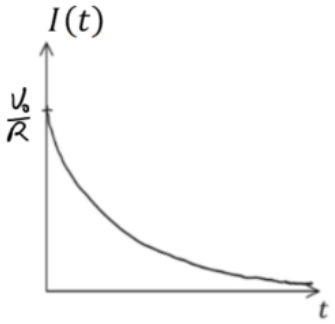
$$V_c(t) = V_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$Q_0 = CV_0$$



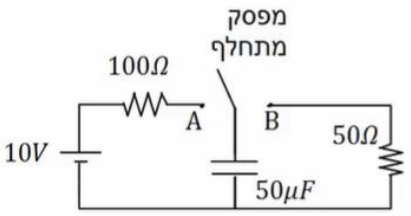
הזרם כתלות בזמן:

$$I(t) = \frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$$



שאלות:

1) מתג מתחלף



במעגל הבא מחברים ב-$t=0$ את המפסק המתחלף לנקודה A. ב-$t=0.01$ מעבירים את המפסק לנקודה B.

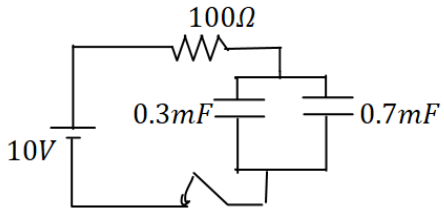
א. רשום את המתח על הקבל כתלות בזמן.

ב. מה המטען על הקבל ב-$t=0.02$.

ג. רשום שוב את הזרם כתלות בזמן.

ד. צייר גרפים עבור המתח והזרם כתלות בזמן.

2) טעינה של שני קבלים

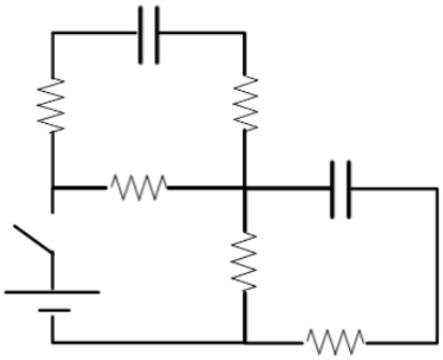


במעגל הבא סוגרים את המפסק ב-$t=0$.

א. מהו הזמן האופייני במעגל?

ב. מצא את המתח והמטען בכל קבל בזמנים: $t=0.2\sec\ ,\ 0.8\sec$.

3) קבלים בהתחלה ובסוף



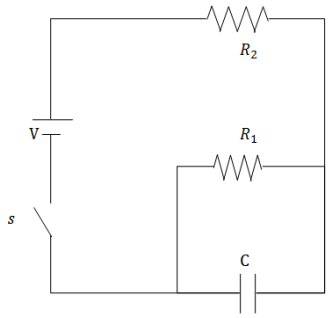
במעגל הבא הקיבול של הקבלים זהה ושווה ל-C התנגדות הנגדים זהה ושווה ל-R ומתח הסוללה הוא V.
הקבלים אינם טעונים כאשר המפסק פתוח.

א. מצאו את הזרם בסוללה ברגע סגירת המתג.

ב. מצאו את הזרם בסוללה והמתח על כל קבל לאחר זמן רב.

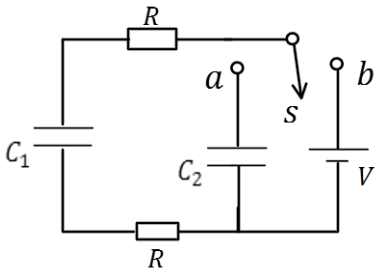
ג. מהו המטען על כל קבל לאחר זמן רב?

4) מטען על קבל במקביל לפי הזמן



במעגל הבא סוגרים את המפסק ב-$t=0$ כאשר הקבל אינו טעון.
מצא את המטען על הקבל והזרם בכל נגד כפונקציה של הזמן.
נתון: V, R_1, R_2, C.

5) פריקה בין שני קבלים



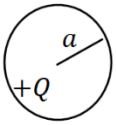
במעגל הבא הקבל C_1 טעון במטען Q_0 לפני סגירת המתג s לנקודה a.

א. רשום את המשוואה ממנה ניתן לקבל את המטען על הקבל C_1 כתלות בזמן.

ב. פתור את המשוואה ומצא את המטען על כל קבל כתלות בזמן.

ג. מהם הזרמים בשני הנגדים כתלות בזמן?

6) קבל של שני כדורים



שני כדורים בעלי רדיוסים a ו- b מרוחקים מאוד זה מזה.
טוענים את הכדורים במטענים $+Q$ ו- $-Q$ בהתאמה.

א. חשב את האנרגיה האלקטרוסטטית הכוללת של המערכת.

ב. חשב את הקיבול של המערכת דרך התוצאה שקיבלת עבור האנרגיה.

ג. אם מחברים את הכדורים בחוט ארוך מאוד עם התנגדות כוללת R, מה זמן הפריקה האופייני של המערכת?

תשובות סופיות:

1) א. $V_C(t)=\begin{cases}10\left(1-e^{-\frac{t}{0.05}}\right) & 0<t<0.01\\ 8.65\cdot e^{-\frac{t-0.01}{0.0025}} & 0.1<t\end{cases}$

ב. $q_0(t=0.02)\approx 7.92\cdot 10^{-6}\text{C}$

ג. $I(t)=\begin{cases}\frac{10}{100}\cdot e^{\frac{-t}{0.005}} & 0<t<0.01\\ \frac{8.65}{50}\cdot e^{-\frac{t-0.01}{0.0025}} & 0.1<t\end{cases}$

ד. ראה סרטון

2) א. 0.1sec

ב. 0.8sec : $V_1=V_2=10\text{V}$, $q_1=3\cdot 10^{-3}\text{C}$, $q_2=7\cdot 10^{-3}\text{C}$

0.2sec : $V_1=V_2\approx 8.65\text{V}$, $q_1=2.6\cdot 10^{-3}\text{C}$, $q_2=6.01\cdot 10^{-3}\text{C}$

3) א. $\frac{6\text{V}}{7\text{R}}$

ב. זרם סוללה : $\frac{\text{V}}{2\text{R}}$, מתח קבלים : $\frac{\text{V}}{2}$.

ג. מטען קבלים : $\frac{\text{CV}}{2}$

4) $q(t)=\frac{VR_1\cdot C}{R_2+R_1}\left(1-e^{\frac{R_2+R_1}{R_1C\cdot R_2}t}\right)$

5) א. $\frac{C_1+C_2}{2RC_1C_2}\cdot q_1+q_1-\frac{Q_0}{2RC_2}=0$

ב. $q_1(t)=(\tau\cdot A-Q_0)e^{-\frac{t}{\tau}}$,

$q_2(t)=(-\tau\cdot A+Q_0)\left(1-e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$

ג. $I=\left(\frac{Q_0}{\tau}-A\right)e^{-\frac{t}{\tau}}$

6) א. $U=\frac{KQ^2}{2}\left(\frac{b+a}{a\cdot b}\right)$

ב. $C=\frac{a\cdot b}{K(a+b)}$

ג. $\tau=RC=\frac{Rab}{K(a+b)}$

מעבדה בפיזיקה- רקע תיאורטי

פרק 3 - השראות ומעגלי RL

תוכן העניינים

1. השראות עצמית..... 10

השראות עצמית:

רקע:

ההשראות ברכיב:

$$L = \frac{\Phi_B}{I}$$

ההשראות היא תכונה שתלויה רק במבנה ולכן היא בד"כ קבועה.

חישוב השראות לפי הגדרה:

1. נניח שזורם זרם I ברכיב.
2. נחשב את השדה המגנטי הנוצר מהזרם בתוך הרכיב.
3. נחשב את השטף המגנטי ברכיב.
4. נציב בנוסחה של ההשראות והזרם יצטמצם.

השראות של סליל:

$$L = \frac{\mu_0 \pi a^2 N^2}{l}$$

כאשר N מספר הליפופים הכולל, l אורך הסליל ו- a רדיוס טבעת.

כא"מ ברכיב עם השראות L:

$$\varepsilon = -L\dot{I}$$

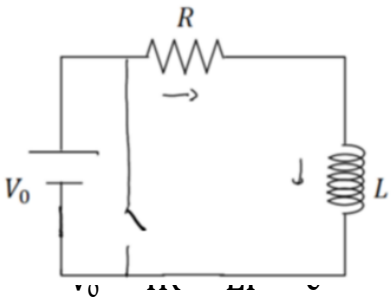
המתח על סליל (משרן) במעגל:

$$V_L = L\dot{I}$$

הצד הגבוה הוא בנקודה שבה נכנס הזרם לסליל.

מעגלי RL:

טעינה:

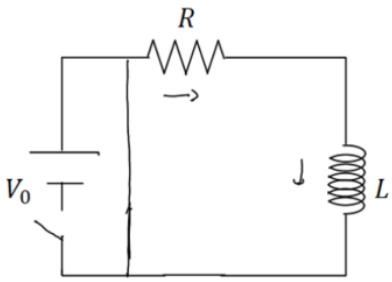


$$I(t) = \frac{V_0}{R}\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

$$\tau = \frac{L}{R}$$

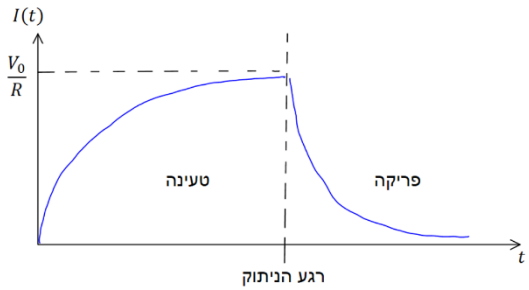
סליל (משרן) בהתחלה מתנהג כמו נתק ולאחר זמן רב כמו קצר.

פריקה:



$$-IR - L\dot{I} = 0$$

$$I(t) = \frac{V_0}{R}e^{-\frac{t}{\tau}}$$



חיבור סלילים (משרנים) במעגל הוא כמו חיבור נגדים:

בטור:

$$L_T = L_1 + L_2 + \cdots$$

$$V_T = V_1 + V_2 + \cdots$$

$$I_T = I_1 = I_2 = \cdots$$

במקביל:

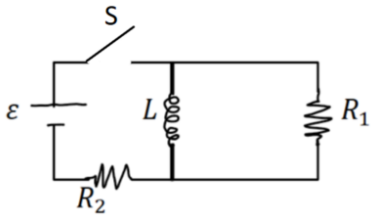
$$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \cdots$$

$$V_T = V_1 = V_2 = \cdots$$

$$I_T = I_1 + I_2 + \cdots$$

שאלות:

1) תרגיל 1 ב-RL



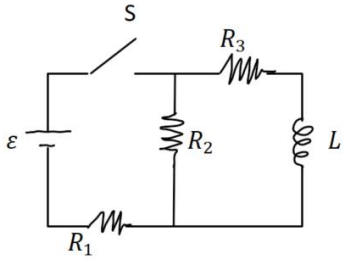
במעגל הבא המפסק סגור זמן רב, התנגדות הנגדים והשראות הסליל נתונה.

א. מצאו את הזרם בכל נגד ואת הזרם בסליל.

ב. פותחים את המפסק, מהו הזרם ברגע פתיחת המפסק ולאחר זמן רב?

ג. מהו הזרם כתלות בזמן לאחר פתיחת המפסק?

2) תרגיל 2 ב-RL



במעגל הבא מתקיים:

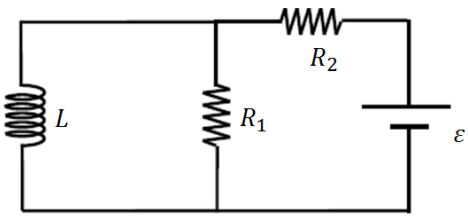
$\varepsilon = 5V\,, R_1 = 100\Omega\,, R_2 = 200\Omega\,, R_3 = 300\Omega\,, L = 30mH$.

א. מה המתח שמייצר הסליל עם סגירת המפסק?

ב. מה הזרם בכל נגד לאחר זמן רב?

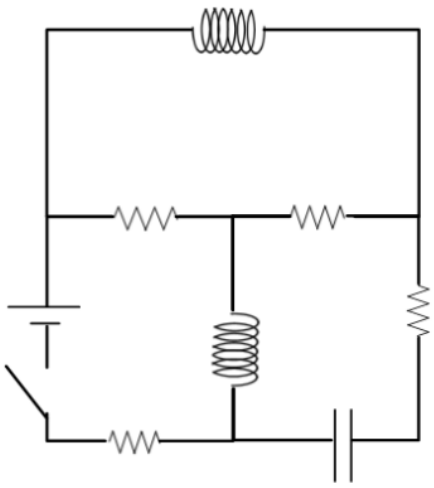
ג. מהו קבוע הזמן של המעגל?

3) תרגיל 3 ב-RL



במעגל הבא נתון כא"מ המקור, התנגדות הנגדים והשראות הסליל.
מצאו את הזרם בסליל כפונקציה של הזמן אם נתון שהזרם בו שווה לאפס ב-t=0.

4) תרגיל 4 ב-RL



במעגל הבא התנגדות כל הנגדים היא R ומתח הסוללה הוא V (R ו-V נתונים).

א. מצאו את הזרם בסוללה ברגע סגירת המתג (הניחו שהקבל אינו טעון ואין זרמים במעגל לפני סגירת המתג).

ב. מצאו את הזרם בסוללה ובסלילים לאחר זמן רב. מהו המתח על הקבל?

ג. חזרו על סעיפים א ו-ב אם במקום כל סליל היה קבל ובמקום הקבל היה סליל.

תשובות סופיות:

1) א. $I_L = I_2 = \frac{\varepsilon}{R_2}$, $I_1 = 0$ ב. $I_L(0) = I_1 = \frac{\varepsilon}{R_2}$, $I_L(\infty) = 0$

ג. $I(t) = \frac{\varepsilon}{R_2} e^{-\frac{t}{\frac{R_1}{L}}}$

2) א. $V_L = 3.3V$ ב. $I_1 = 22.7mA$, $I_2 = 13.6mA$, $I_3 = 9.09mA$

ג. $\tau = 81.7\mu s$

3) $I_3(t) = \frac{\varepsilon}{R_2}\left(1 - e^{-\frac{RT}{L}t}\right)$

4) א. $\frac{V}{4R}$

ב. סוללה: $I = \frac{2V}{3R}$, סליל עליון: $I = \frac{2V}{3R}$, סליל תחתון: $I = \frac{V}{3R}$, קבל: $V = \frac{V}{3}$

ג. א: $I = \frac{2V}{3R}$, ב: סוללה: $I = \frac{V}{4R}$, סליל: $I = \frac{V}{4R}$, קבל עליון: $V = \frac{V}{2}$,

קבל תחתון: $V = \frac{V}{2}$

מעבדה בפיזיקה- רקע תיאורטי

פרק 4 - מעגלי זרם חילופין

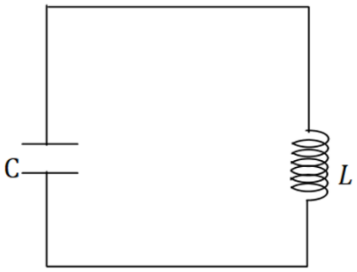
תוכן העניינים

1. מעגלי זרם חילופין 15

מעגלי LC ו- RLC:

רקע:

מעגל LC:



משוואות המעגל:

$\frac{q}{C}+L\ddot{q}=0$ ו- $I=-\dot{q}$

(ניתן גם להגיע לאותה משוואה על הזרם)

המשוואה היא משוואה של תנועה הרמונית פשוטה.

פתרון:

$$q(t)=A\cos(\omega t+\varphi)$$

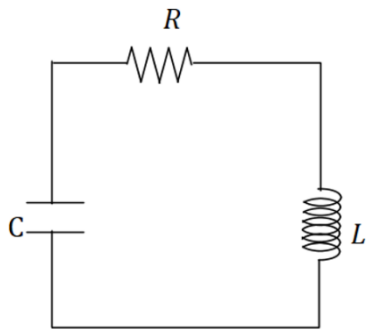
כאשר $\omega=\sqrt{\frac{1}{LC}}$

האנרגיה האגורה במעגל:

$$E=\frac{1}{2}\frac{q^2}{C}+\frac{1}{2}LI^2$$

(האנרגיה הכוללת נשמרת)

מעגל RLC:



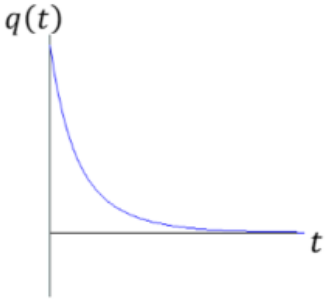
משוואת המעגל:

$\ddot{q}+\frac{R}{L}\dot{q}+\frac{1}{LC}q=0$ ו- $I=-\dot{q}$

(ניתן גם להגיע לאותה משוואה על הזרם)

המשוואה היא משוואה של תנועה הרמונית מרוסנת.

נגדיר $\omega_0^2=\frac{1}{LC}$ ו- $\Gamma=\frac{R}{2L}$



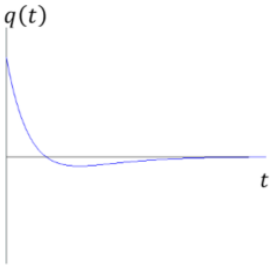
הפתרון מתחלק לשלושה מקרים:

מקרה 1 - ריסון חזק: $\Gamma>\omega_0$

$$q(t)=Ae^{-\lambda_1 t}+Be^{-\lambda_2 t}$$

$$\lambda_{1,2}=\Gamma\pm\sqrt{\Gamma^2-\omega_0^2}$$

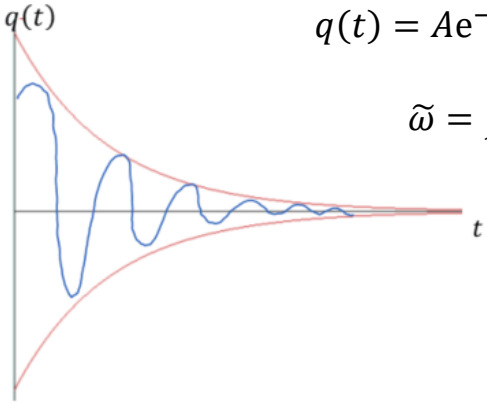
מקרה 2 - ריסון קריטי: $\Gamma = \omega_0$



$$q(t) = Ae^{-\omega_0 t} + Bte^{-\omega_0 t}$$

בריסון קריטי קצב הדעיכה הוא הגבוה ביותר משלושת המקרים.

מקרה 3 - ריסון חלש: $\Gamma < \omega_0$



$$q(t) = Ae^{-\Gamma t}\, cos(\tilde{\omega} t + \varphi)$$

$$\tilde{\omega} = \sqrt{\omega_0^2 - \Gamma^2}$$

בכל המקרים האנרגיה של המעגל (שאגורה בסליל ובקבל) דועכת בקצב כפול.

$$E \propto e^{-2\Gamma t}$$

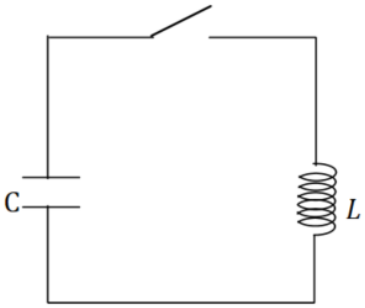
(בריסון חזק קבוע הדעיכה הוא λ במקום Γ)

שאלות:

1) LC

במעגל הבא $C = 100\mu F$ ו-$L = 40mH$.

בהתחלה המתג פתוח והקבל טעון ב-$12\mu c$.



א. מה הזרם במעגל ברגע סגירת המתג?

ב. מהי התדירות וזמן המחזור של המעגל?

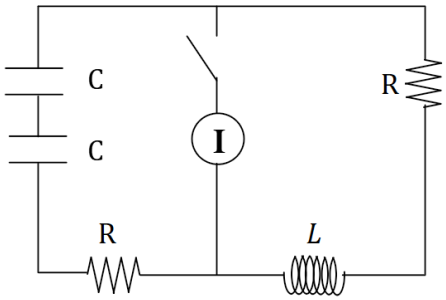
ג. מתי הזרם מקסימאלי?

ד. מהי האנרגיה בסליל כתלות בזמן?
מהי האנרגיה בקבל כתלות בזמן?
ומהי האנרגיה הכוללת כתלות בזמן?

2) RLC עם מקור זרם

במעגל הבא ישנו מקור המספק זרם קבוע.

ברגע $t=0$ סוגרים את המפסק.



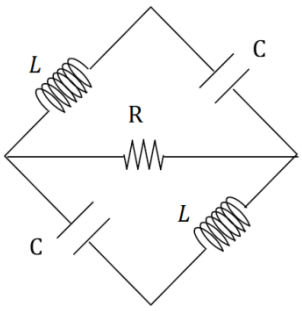
א. מהם הזרמים במעגל כתלות בזמן אם ידוע ש-$R^2C < 2L$?

ב. מצא את המתח כתלות בזמן של המקור.

3) מעגל RLC יהלום

במעגל הבא הקבל העליון טעון ב-$t=0$ במטען Q והקבל התחתון פרוק.

באותו הזמן גם אין זרם במעגל.



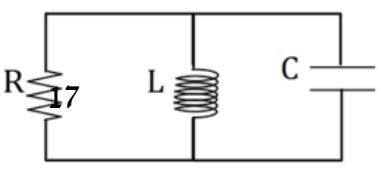
א. כתוב את המשוואות הדיפרנציאליות עבור ההתפתחות בזמן של המטען על כל אחד מהקבלים.

ב. פתור את המשוואות בצורה כללית (אין צורך להציב את תנאי ההתחלה).
הדרכה: בצע החלפת משתנים ל- $q_- = q_1 - q_2$ ו- $q_+ = q_1 + q_2$.

ג. מהם הזרמים בנגד ובקבל לאחר זמן רב?
כמה אנרגיה תהפוך לחום מ-$t=0$ ועד זמן רב מאוד?

4) סליל נגד וקבל במקביל

קבל בעל קיבול C, סליל בעל השראות L ונגד R מחוברים במקביל .



א. נתון כי ב-t=0 המטען על הקבל הוא q_0.
הראו כי המטען על הקבל כתלות בזמן
מקיים את המשוואה: $\ddot{q}+\frac{\dot{q}}{RC}+\frac{q}{LC}=0$.

ב. הראו כי $q(t)=q_0e^{-\alpha t}\cos(\omega t)$ הוא פתרון
למשוואה ומצאו מה הערכים של α ו-ω כפונקציה של L , R ו- C.

ג. הראו כי אם אמפליטודת המטען במעגל יורדת לחצי לאחר n מחזורים
אז: $\frac{\sqrt{\omega_0^2-\omega}}{\omega}=\frac{\ln 2}{2\pi n}$ כאשר ω_0 היא תדירות התהודה של המעגל.

מעגלים עם מקור מתח חילופין

רקע:

משוואת המעגל:

$$I = \dot{q} \text{ -ו } \ddot{I} + \frac{R}{L}\dot{I} + \frac{1}{LC}I = -\omega V_0 \sin(\omega t)$$

(ניתן גם להגיע למשוואה דומה עבור המטען)

המשוואה היא משוואה של תנועה הרמונית מאולצת.

פתרון המשוואה:

$$I(t) = I_{max}(\omega)\cos(\omega t + \varphi) + \text{פתרון הומגני}$$

הפתרון ההומוגני הוא הפתרון של מעגל RLC והוא דועך בזמן.

הפתרון הפרטי נקרא הפתרון של המצב העמיד (לאחר זמן רב) בד"כ מתייחסים רק אליו.

$$I_{max}(\omega) = \frac{V_0}{\sqrt{\left(\frac{1}{\omega C} - \omega L\right)^2 + R^2}}$$

$$\tan\varphi = \frac{\frac{1}{\omega C} - \omega L}{R}$$

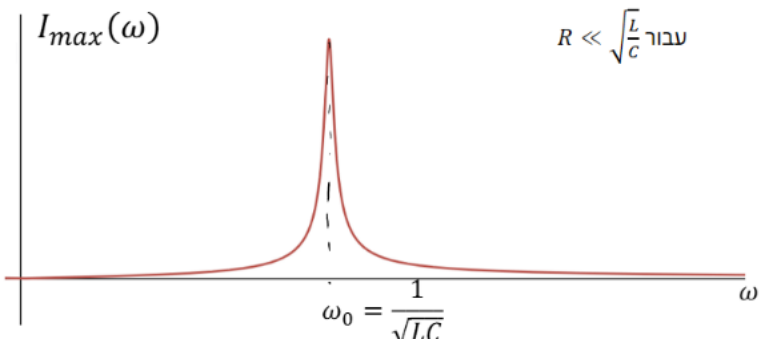
תהודה:

מצב שבו $I_{max}(\omega)$ מקסימאלי.

- שימו לב, I_{max} הוא אמפליטודת הזרם במעגל עם מקור בעל תדירות ω מסוימת. תהודה מדברת על איזה תדירות צריך שתהיה למקור כך שהאמפליטודה הזו תהיה הכי גבוהה שאפשר.

- בשביל למצוא את תדירות התהודה במקרה כללי צריך לגזור את I_{max} לפי ω ולהשוות לאפס.

עבור $R \ll$ מקבלים אמפליטודה מקסימאלית $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ כאשר



פתרון עם מספרים מורכבים :

אם כל המשתנים הם פונקציות מהצורה $A\cos(\omega t+\varphi)$ והמשוואות שלנו לינאריות. אז יותר נוח לעבוד עם מספרים מורכבים.

$$I(t)=I_0\cos(\omega t+\varphi)=\mathrm{Re}\{\tilde{I}(t)\}$$

$$\tilde{I}(t)=I_0 e^{i(\omega t+\varphi)}$$

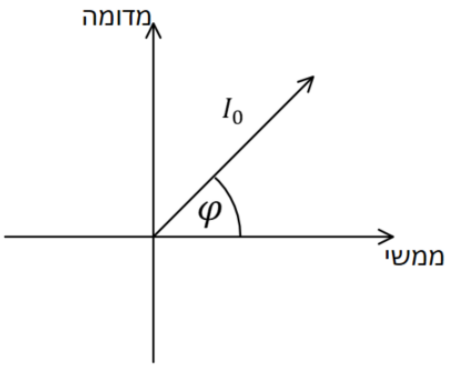
(בדר"כ לא רושמים את הגל)

בעבודה עם מספרים מורכבים אפשר להוריד את התלות בזמן

פאזור :

תאור של המספר המורכב באמצעות וקטור במערכת דו מימדית.

הפאזור מסתובב בזמן אבל בדר"כ מסתכלים רק על הפאזור ב t=0



עכבה Impedance:

$$Z=\frac{\tilde{V}}{\tilde{I}}$$

תכונה שתלויה רק במבנה (קבועה)

הפאזה של העכבה היא הפאזה של המתח ביחס לזרם ברכיב

$$\varphi_z=\varphi_v-\varphi_I$$

הגודל של העכבה

$$|Z|=\frac{V_{max}}{I_{max}}$$

הרכיב	העכבה של הרכיב Z	הפאזה של המתח ביחס לזרם ברכיב
נגד	R	המתח והזרם בנגד הם באותה הפאזה
סליל	$i\omega L$	בסליל המתח מקדים את הזרם ב $\frac{\pi}{2}$
קבל	$\frac{1}{i\omega C}$	בקבל המתח מפגר אחרי הזרם ב $\frac{\pi}{2}$

ניתן לחבר עכבות בדיוק כמו חיבור של נגדים ולקבל את העכבה הכוללת של המעגל

$$\widetilde{V_s} = Z_T \tilde{I}_s$$

כאשר $\widetilde{V_s}$ ו- $\tilde{I}_s$ הם הזרם והמתח של המקור (בייצוג המורכב)

ערכי RMS:

ממוצע של ריבוע הגודל בזמן

$$V_{RMS} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}}\ ,\ I_{RMS} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$$

הספק רגעי:

$$P(t) = V(t)I(t)$$

לשים לב שההספק הרגעי הוא לא גודל לינארי ולכן אי אפשר לחשב אותו באמצעות הייצוג המורכב של המתח והזרם.

הספק ממוצע:

$$\bar{P} = \frac{V_{max}I_{max}}{2}\cos\varphi = V_{RMS}I_{RMS}\cos\varphi$$

כאשר φ היא הפאזה של המתח ביחס לזרם

$\cos\varphi$ הוא מקדם/גורם ההספק. מצביע על ניצול האנרגיה במעגל

שאלות:

5) קבל ונגד בטור ובמקביל לסליל

במעגל הבא נתון:

$R = 50\Omega \ , \ L = 30mH \ , \ V_s(t) = 3\cos(10t)$

$C = 300\mu F$

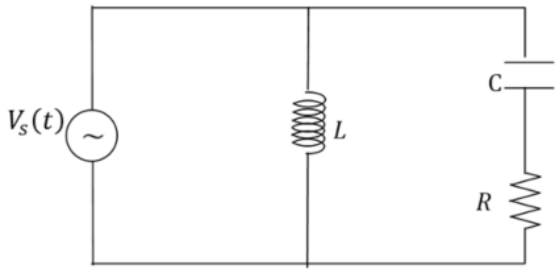
א. מהי העכבה הכוללת של המעגל?

ב. מהי הפאזה של המתח של המקור ביחס לזרם במקור?

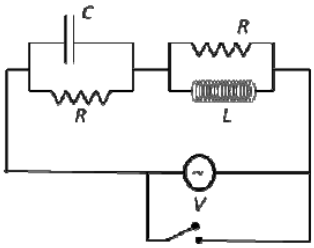
ג. רשמו את פונקציית הזרם במקור כתלות בזמן.

ד. רשמו את הזרם בסליל כתלות בזמן.

ה. רשמו את המתח על הקבל כתלות בזמן.



6) מקור, סליל ונגד בטור עם קבל ונגד



במעגל הבא נתונים: R , C , L ומתח המקור שווה ל-$V(t) = V_0\cos(\omega t)$.

א. מהי העכבה הכוללת של המעגל?

ב. עבור איזה תדר של המקור אין הפרש מופע בין הזרם למתח?

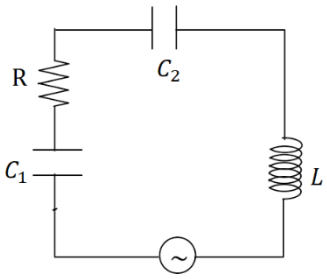
ג. מקצרים את המקור, ונתון המטען ההתחלתי על הקבל Q_0.

i. עבור אילו ערכים של R תהיה דעיכה ללא תנודות?

ii. מה הזמן האופייני לאיבוד אנרגיה?

7) מעגל טורי עם שני קבלים

במעגל הבא נתון:



$I(t) = 4\cos(2000t + \varphi)$,$(2000t)$:

$C_1 = 100\mu F, L = 10mH, R = 10\Omega$.

המתח והזרם בוולט ואמפר

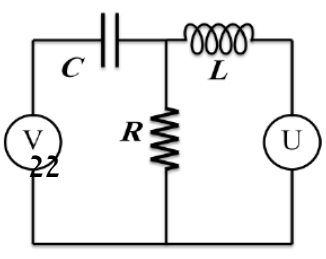
א. מצאו את הקיבול C_2.

ב. מצאו את הפאזה של הזרם.

ג. מצאו את ההספק הממוצע של המקור.

8) שני מקורות סליל וקבל במקביל לנגד

במעגל הבא U ו-V הם שני מקורות מתח חילופין.



נתון: $R\ ,\ L\ ,\ C$.

והמתחים: $V(t) = V_0\cos(\omega t)\ ,\ U(t) = U_0\cos(\omega t)$.

א. מצא את הזרם בנגד במצב העמיד.

ב. מה התנאי לכך שהזרם יתאפס?

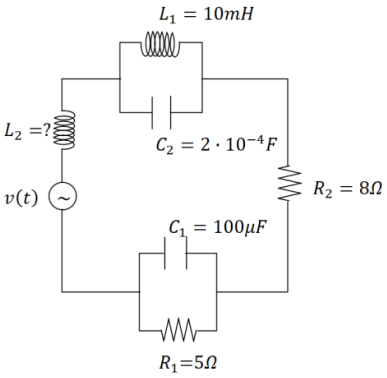
9) מעגל זרם חילופין

במעגל הבא נתון כי מתח המקור הוא:

$v(t) = 50\cos(1000t)$.

כמו כן הזרם העובר בנגד R_2 הוא:

$I_2(t) = I_0\cos\left(1000t - \frac{\pi}{4}\right)$.



א. מצא את השראות הסליל L_2 ואת I_0 .

ב. מצא את הזרם בקבל C_1 ב-$t = 2$.

ג. חשב את ההספק הממוצע של מקור המתח.

תשובות סופיות:

1) א. 0 ב. $\omega = 500\frac{\text{rad}}{\text{sec}}, f = 80\text{Hz}, \text{T} = 4\pi \cdot 10^{-3}\text{sec}$

ג. $\pi \cdot 10^{-3} + 2\pi n \cdot 10^{-3}$, כאשר: $n = 1, 2, 3, \ldots$.

ד. בסליל: $U_L(t) = 720 \cdot 10^{-9} J\, sin^2(500t)$.

בקבל: $U_C(t) = 720 \cdot 10^{-9} J\, cos^2(500t)$.

כוללת: $E(t) = 720 \cdot 10^{-9} J$.

2) א. $I_1(t) = I(1 - e^{-\Gamma t}\, cos(\tilde{\omega} t))$, $I_2(t) = Ie^{-\Gamma t}\, cos(\tilde{\omega} t)$

כאשר $\omega_0^2 = \frac{2}{LC}$, $\Gamma = \frac{R}{L}$, $\tilde{\omega} = \sqrt{\omega_0^2 - \Gamma^2}$

ב. $V_S(t) = I[R(1 - e^{-\Gamma t}\, cos(\tilde{\omega} t)) + L(\Gamma e^{-\Gamma t}\, cos(\tilde{\omega} t) - \tilde{\omega}\, sin(\tilde{\omega} t))]$

3) א. $\text{L}\dot{I}_1 + \frac{q_1}{C} + (I_1 - I_2)R = 0$, $\text{L}\dot{I}_2 + \frac{q_2}{C} + (I_2 - I_1)R = 0$

ב. $q_1(t) = \frac{1}{2}(A\, cos(\omega t + \varphi) + Be^{-\Gamma t}\, cos(\tilde{\omega} t + \theta))$, $q_2(t) = \frac{1}{2}(A\, cos(\omega t + \varphi) - Be^{-\Gamma t}\, cos(\tilde{\omega} t + \theta))$

כאשר $\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$, $\Gamma = \frac{R}{L}$, $\tilde{\omega} = \sqrt{\omega_0^2 - \Gamma^2}$

ג. הזרמים בקבלים זהים ושווים ל $I = -\frac{1}{2}A\omega\, sin(\omega t + \varphi)$ הזרם בנגד

מתאפס. האנרגיה שהפכה לחום $\frac{Q^2}{4C}$

4) שאלת הוכחה.

5) א. $-0.138 + 0.209i$ ב. 2.16rad ג. $I_S(t) = 12_A\, cos(10t - 2.16)$

ד. $I_L(t) = 10_A\, cos\left(10t - \frac{\pi}{2}\right)$ ה. $V_C(t) = 2.9_V\, cos\left(10t - \frac{\pi}{2}\right)$

6) א. $Z = \left(\frac{\omega^2 L^2}{R^2 + \omega^2 L^2} + \frac{1}{(\omega \text{RC})^2 + 1}\right)R + i\left(\frac{\omega L}{R^2 + \omega^2 L^2} - \frac{\omega C}{(\omega \text{RC})^2 + 1}\right)R^2$

ב. $\omega = \sqrt{\frac{1}{\text{LC}}}$

ג. i. $\frac{1}{R} > \sqrt{\frac{C}{L}}$ ii. $\tau = \frac{\text{RC}}{2}$

7) א. $C_2 = 18.35\mu F$ ב. $\varphi = 0.886\text{rad}$ ג. $\bar{P}_S = 253W$

8) א. $I_3 = \frac{\left(\omega c V_0 - \frac{U_0}{\omega L}\right)\left(i - R\left(\omega c - \frac{1}{\omega L}\right)\right)}{1 + R^2\left(\omega c - \frac{1}{\omega L}\right)^2}$ ב. $\omega^2 = \frac{U_0}{LcV_0}$

9) א. $I_0 = 2.46\text{A}, \text{L}_2 = 40.3 \cdot 10^3 H$ ב. $I_{C_1} = 9.38A$ ג. $43.5W$

מעבדה בפיזיקה- רקע תיאורטי

פרק 5 - האטום- התפתחות הסטורית ומודל האטום של בוהר

תוכן העניינים

1. הסבר ותרגילים 26

הסבר ותרגילים:

רקע:

הנחות בוהר :

$$m_e v_n r_n = n\frac{h}{2\pi}$$
$$E_{ph} = |E_f - E_i|$$

m_e – מסת האלקי'

v_n – מהירות האלקי' ברדיוס מסדר n .

r_n – הרדיוס ה- n .

n – מספר חיובי שלם ... $n = 1,2,3$

$h = 6.626 \cdot 10^{-34}\text{J} \cdot s$ הוא קבוע פלאנק.

E_{ph} – אנרגיית פוטון שנפלט/נבלע.

E_i ו- E_f הן אנרגיות האלק לפני ואחרי התהליך.

רמות אנרגיה באטום מימן:

$$E_n = -\frac{R^*}{n^2} \qquad (U_\infty = 0)$$
$$R^* = \frac{2\pi^2 k^2 m_e e^4}{h^2} = \frac{m_e e^4}{8\varepsilon_0^2 h^2} = 13.6eV$$

R^* – קבוע רידברג.

k – קבוע קולון.

$\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi k}$ – קבוע הפרמטיביות של הריק.

רדיוסי המסלולים המותרים של האלקטרון באטום מימן:

$$r_n = r_1 n^2$$
$$r_1 = \frac{h^2}{4\pi^2 m_e k e^2} = 0.529\mathring{A}$$

r_1 – רדיוס הבסיס של האלקי'

שאלות:

1) תרגיל 1 אטום מימן

איזו אינטראקציה תתרחש בין גז מימן ברמת היסוד ובין:

א. אלקטרונים בעלי אנרגיה קינטית של 12 אלקטרון וולט?

ב. פוטונים בעלי אנרגיה של 12 אלקטרון וולט?

ג. פוטונים בעלי אנרגיה של 15 אלקטרון וולט?

ד. אלקטרונים בעלי אנרגיה קינטית של 15 אלקטרון וולט?

היעזרו בדיאגרמה לרמות אנרגיה של אטום מימן.

2) תרגיל 2 אטום מימן

בניסוי מסוים העבירו דרך גז מימן חד אטומי ברמת היסוד אלקטרונים שהואצו לאנרגיה קינטית של 13 אלקטרון וולט.

א. כיצד ייראה ספקטרום הפליטה של גז זה?

ב. מה הערכים האפשריים של האנרגיה הקינטית לאלקטרונים שהואצו לאחר מעברם בגז?

ג. מה השינוי ברדיוס של האלקטרונים הקשורים שעוררו לרמה הגבוהה ביותר?

3) תרגיל 3 אטום מימן

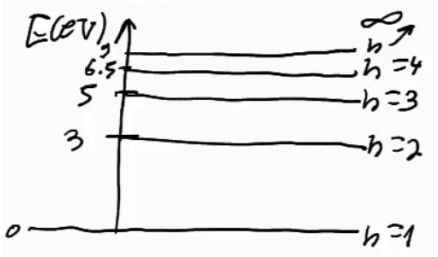
בניסוי נוסף הקרינו גז מימן ברמת היסוד בפוטונים בעלי אורך גל גדול ושווה מ-100 ננומטר, וקטן או שווה מ-400 ננומטר.

א. כיצד ייראה ספקטרום הבליעה של הגז?

ב. כיצד ייראה ספקטרום הפליטה של הגז?

ג. מהי האנרגיה הקינטית של האלקטרון האנרגטי ביותר?

4) גזים אחרים תרגיל 1



נתונה דיאגרמת רמות האנרגיה של גז מסוים:

א. איזו אינטראקציה תתרחש אם נקרין את הגז בפוטונים בעלי אנרגיה של 6 אלקטרון וולט?

ב. איזו אינטראקציה תתרחש אם נאיץ אל הגז אלקטרונים בעלי אנרגיה קינטית של 6 אלקטרון וולט?

ג. במידה ותתרחש אינטראקציה עם הגז, תאר מה יקרה לאחר מכן.

5) גזים אחרים תרגיל 2

מעבירים דרך גז לא ידוע אור בטווח אורכי גל של: $180\text{nm} \le \lambda \le 700\text{nm}$.

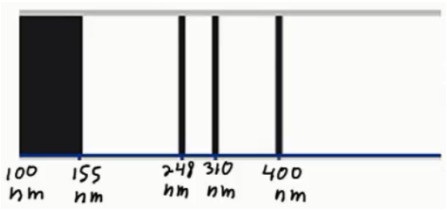
מקבלים ספקטרום בליעה בו חסרים 3 אורכי גל: $\lambda_1 = 620\text{nm}$, $\lambda_2 = \lambda_3 = 248\text{nm}$, 400nm.

א. חשבו ושרטטו את דיאגרמת רמות האנרגיה של גז זה.

ב. כמה קווים ספקטרליים יהיו בספקטרום הפליטה במצב המתואר למעלה?

ג. מאיצים אלקטרונים במתח של 5.5 וולט ולאחר מכן מכוונים אותם לתוך גז זה שנמצא מחדש ברמת היסוד.
עם איזה אנרגיה קינטית יכולים האלקטרונים החופשיים להמשיך לאחר מעברם בגז?

6) גזים אחרים תרגיל 3



בניסוי מסוים הוקרן גז לא ידוע באור בספקטרום רציף בתחום אורכי הגל של: $100\text{nm} \le \lambda \le 500\text{nm}$.
ספקטרום הבליעה של הגז כולל 3 קווים דקים חשוכים, ותחום רציף חשוך כמתואר בתרשים.

א. חשבו את הפרשי האנרגיה של 3 הרמות המעוררות האפשריות לחישוב ביחס לרמת היסוד.

ב. ענו על הסעיפים הבאים:

i. הסבירו מדוע קיימת בליעה רציפה -$\lambda \le 155\text{nm}$.

ii. חשבו את האנרגיה הדרושה ליינון אטום זה.

ג. שרטטו דיאגרמת רמות אנרגיה לאטום. בחרו את אנרגיית רמת היסוד כרצונכם.

ד. חשבו את אורכי הגל הנפלטים באטום זה.

ה. מה המהירות המקסימלית של אלקטרון שייפלט מאטום זה?

7) אטומים דמויי מימן תרגיל

א. שרטטו את 5 רמות האנרגיה הראשונות של הליום דמוי מימן + רמת היינון.

ב. מאיצים אלקטרונים חופשיים במתח של 50 וולט ואז יורים אותם לתוך גז זה.

i. עד איזה רמה יעוררו האלקטרונים הקשורים?

ii. עם איזה אנרגיה קינטית יכולים לצאת האלקטרונים החופשיים?

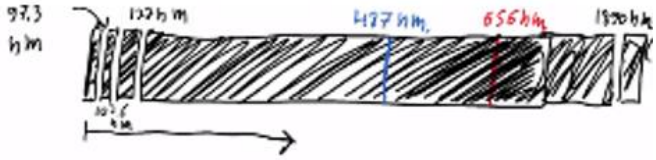
ג. כמה קווי פליטה יהיו בספקטרום הפליטה של הליום זה, ומה אורכי הגל שלהם?

ד. מאירים על גז זה בפוטונים בעלי אורך גל 62 ננומטר. תארו מה יקרה.

תשובות סופיות:

1) ראה סרטון.

2) א. 6 קווים בספקטרום הפליטה,



ב. 1. $E_k = 13eV$ - לא תהיה מסירה.

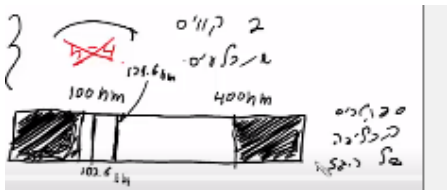
2. $1 \leftarrow 2$: מסירה של $10.2eV \leftarrow E_k = 2.8eV$.

3. $1 \leftarrow 3$: מסירה של $12.09eV \leftarrow E_k = 0.91eV$.

4. $1 \leftarrow 4$: מסירה של $12.75eV \leftarrow E_k = 0.25eV$.

ג. $7.93 \cdot 10^{-10}m$

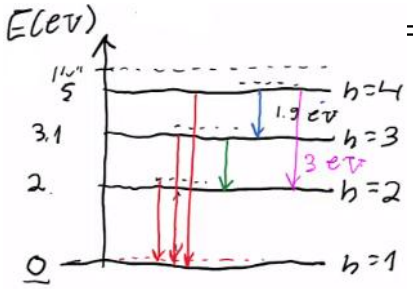
3) א.



ב. ראה סרטון. ג. $2.42 \cdot 10^{-19}J$

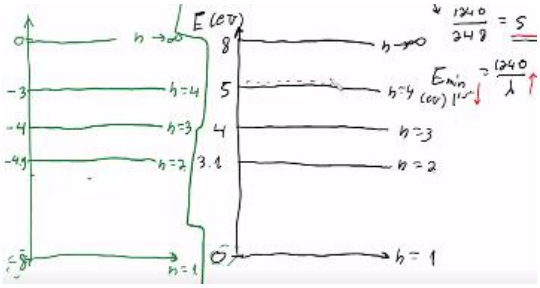
4) ראה סרטון.

5) א. $E_1 = 2eV$, $E_2 = 3.1eV$, $= 5eV$



ב. 6 קווים בספקטרום הפליטה. ג. ראה סרטון.

6) א. $\Delta E_{1\to4} = 5eV$, $\Delta E_{1\to3} = 4eV$, $\Delta E_{1\to2} = 3.1eV$ ב.i. ראה סרטון.

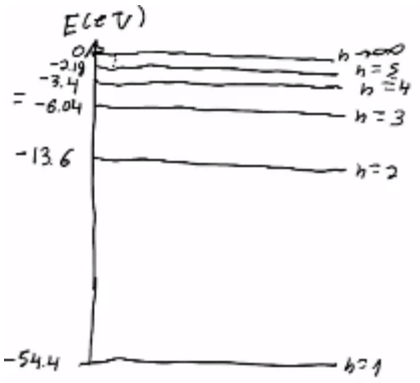


ב.ii. $8eV$ ג.

ד. $\lambda_{1_{4\to3}} = 1240nm$, $\lambda_{2_{4\to2}} = 653nm$, $\lambda_{3_{4\to1}} = 248nm$, $\lambda_{4_{3\to2}} =$, $1378nm$

$\lambda_{6_{2\to1}} = 400\text{nm}\ ,\ \lambda_{5_{3\to1}} = 310\text{nm}$.

ה. $1.24\cdot10^6\ \frac{m}{\text{sec}}$.

7) א. 

ב.i. עירור עד רמה $n = 4$.

ii. $E_k = 52\text{eV}\ ,\ \text{E}_{k_{1\to2}} = 11.2\text{eV},\ \text{E}_{k_{1\to3}} = 3.64\text{eV},\ \text{E}_{k_{1\to4}} = 1\text{eV}$.

ג. 6 קווים ספקטרליים: $\lambda_1 = 470\text{nm}\ ,\ \lambda_2 = 122\text{nm}\ ,\ \lambda_3 = 24.3\text{nm}\ ,\ \lambda_4 = 164\text{nm}\ ,\ \lambda_5 = 25.6\text{nm}\ ,\ \lambda_6 = 30.4\text{nm}$.

ד. ראה סרטון.