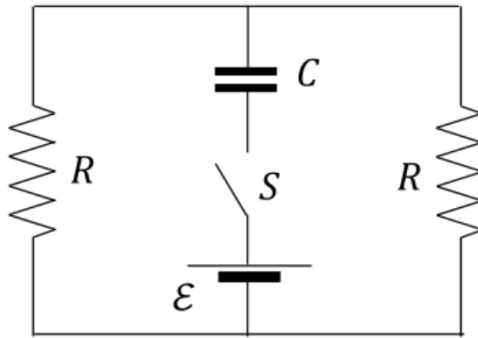


פתרון עבודה 9 - מעגלי RC ותנועה בשדה מגנטי

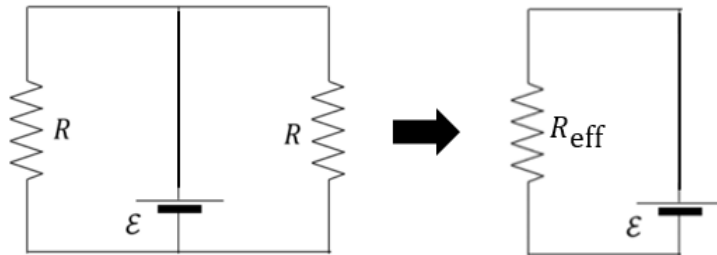
פיזיקה ג2 - 203.1.1431

סתיו 2023

1 שאלה 6310



1. נתון שבזמן $t = 0$ הקבל אינו טעון ולכן המתח עליו הוא 0 ($Q = CV_c$), כך שאפקטיבית נתייחס אליו כאל קצר במעגל:



כאשר השתמשנו בחיבור נגדים במקביל לקבל:

$$R_{\text{eff}} = \frac{R \cdot R}{R + R} = \frac{R}{2}$$

ואז הזרם הכולל מתקבל מחוק אוהם:

$$I_{\text{tot}} = \frac{\varepsilon}{R/2} = \frac{2\varepsilon}{R}$$

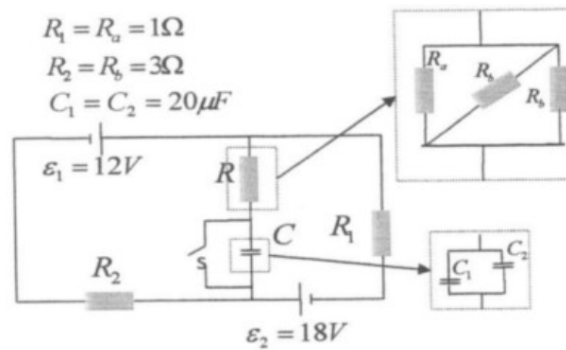
ומפני שההתנגדות זהה מקבלים שהזרם מתחלק שווה בשווה על שני הנגדים, כלומר:

$$I_R = \frac{I_{\text{tot}}}{2} = \boxed{\frac{\varepsilon}{R}}$$

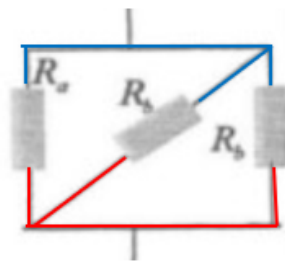
2. לאחר זמן רב ($t \rightarrow \infty$) הקבל נטען במלואו, כך שהוא מהווה **נתק**, כך שהסוללה מנותקת מהנגדים ולא יזרום דרכם זרם $I_R = 0$.

3. המתח על הקבל שווה למתח הסוללה, כך שהמטען עליו:

$$\boxed{Q = C\varepsilon}$$



1. עבור מערכת הנגדים נשים לב ששלושתם מחוברים במקביל:



$$\frac{1}{R} = \sum_i \frac{1}{R_i} = \frac{1}{1} + \frac{1}{3} + \frac{1}{3} = \frac{5}{3} \Rightarrow R = 0.6 [\Omega]$$

עבור הקבלים גם מדובר בחיבור במקביל ולכן:

$$C = C_1 + C_2 = 40 [\mu F]$$

2. המפסק היה פתוח זמן רב, הקבל נטען במלואו ומהווה **נתק** ולכן רק במעגל החיצוני עובר זרם $I_R = 0$. לפי חוק העניבה נקבל את הזרם על נגדים R_1 ו- R_2 :

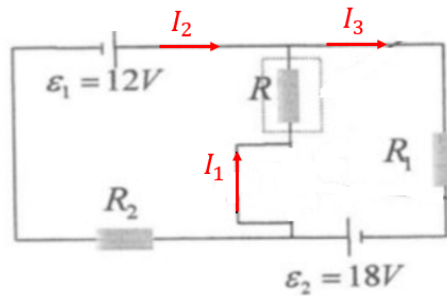
$$\varepsilon_1 - IR_1 + \varepsilon_2 - IR_2 = 0 \Rightarrow I = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{R_1 + R_2} = 7.5 [A]$$

עבור המתח נחשב את מתח ההדקים על הקבל:

$$V_C = IR_2 - \varepsilon_1 = 7.5 \cdot 3 - 12 = 10.5 [V]$$

$$\Rightarrow Q = CV_C = 420 [\mu C]$$

3. עקב סגירת המפסק הוא מהווה מעקף לקבל השקול ולכן $V_C = Q = 0$. עבור הזרמים נצטרך לפתור בעזרת חוקי קירכהוף:



$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I_3 = 0 \\ RI_1 + R_1 I_3 = \varepsilon_2 \\ RI_1 - R_2 I_2 = -\varepsilon_1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 1 \cdot I_1 + 1 \cdot I_2 + (-1) \cdot I_3 = 0 \\ 0.6 \cdot I_1 + 0 \cdot I_2 + 1 \cdot I_3 = 18 \\ 0.6 \cdot I_1 + (-3) \cdot I_2 + 0 \cdot I_3 = -12 \end{cases}$$

במחשבון $\Rightarrow I_1 = 7.778 \text{ [A]}, I_2 = 5.556 \text{ [A]}, I_3 = 13.333 \text{ [A]}$

3 שאלה

נתון מרחב ובו שדה מגנטי אחיד $\vec{B} = (0, 0, -B_0)$ (המינוס בגלל שהשדה מסומן לתוך הדף). חלקיק בעל מטען חשמלי q ומסה m נע בתנועה מעגלית במרחב זה, כתוצאה מכוח לורנץ. ניתן להזניח את כוח הגרביטציה. נתון כי רדיוס המעגל הוא R .

1. על מנת לחשב את גודל המהירות נחשב ראשית את הכוח:

$$|\vec{F}| = |q(\vec{v} \times \vec{B})| = qB_0v$$

כעת היות שנתון שזו תנועה מעגלית נשתמש בנוסחה לתאוצה מרכזית ונקבל:

$$F = ma_R = m \frac{v^2}{R} = qB_0v \Rightarrow v = \frac{qB_0R}{m}$$

2. עבור אלקטרון אנו יודעים כי $q = -e$, כאשר e הוא מטען האלקטרון. מפני שמדובר בתנועה מעגלית אנו יודעים שכיוון הכוח צריך להיות $-\hat{r}$ ולכן לפי מכפלה וקטורית נקבל:

$$-e\vec{v} \times \vec{B} \propto -\hat{r} \Rightarrow \hat{v} = -\hat{\phi}$$

כלומר תנועתו היא עם כיוון השעון, כאשר השתמשנו בקואורדינטות גליליות, בהן מתקיים:

$$\hat{r} \times \hat{\phi} = \hat{z} \qquad \hat{\phi} \times \hat{z} = \hat{r} \qquad \hat{z} \times \hat{r} = \hat{\phi}$$

*כמובן שאפשר להגיע לפתרון הזה ישירות דרך חוק יד ימין.

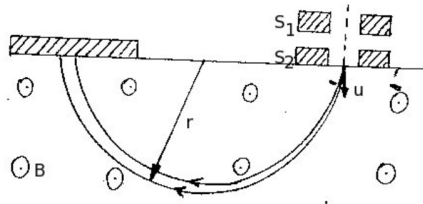
3. את זמן המחזור נחשב לפי:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{qB_0}$$

4. בעת הוספת שדה חשמלי $\vec{E} = E_0\hat{z}$ נקבל רכיב כוח גם בכיוון \hat{z} לפי חוק לורנץ המוכלל:

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$

מה שיגרום לתאוצה קבועה בכיוון ה- \hat{z} והחלקיק יבצע תנועה של בורג בתאוצה קבועה בכיוון זה, כאשר התנועה המעגלית לא משתנה ולכן גם זמן המחזור נשאר זהה.



בין S_1 ל- S_2 פועל על היונים פוטנציאל חשמלי V המעניק להם את האנרגיה $U_1 = -qV$. לפי שימור אנרגיה נוכל לחשב מה תהיה המהירות של היונים כאשר הם עוברים את S_2 :

$$U_1 = -qV = U_2 = \frac{mu^2}{2} \Rightarrow u = \sqrt{\frac{2qV}{m}}$$

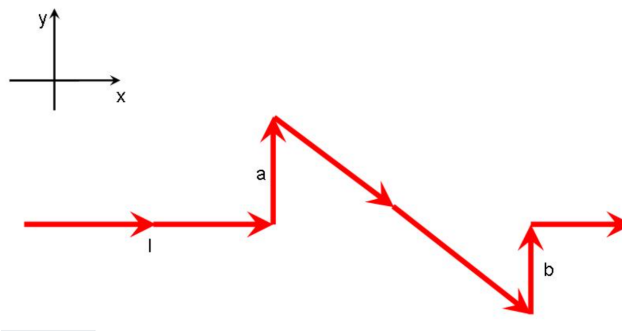
כעת היונים ממשיכים לתנועה בשדה מגנטי אחיד וניצב לתנועתם. בהרצאה ובתרגול ראינו שזה יגרום לתנועה מעגלית כך שמתקיים:

$$F = quB = \frac{mu^2}{R} = ma_R \Rightarrow R = \frac{mu}{qB} = \frac{m}{qB} \cdot \sqrt{\frac{2qV}{m}} = \sqrt{\frac{2mV}{qB^2}}$$

המרחק בין נקודות הפגיעה יתקבל על ידי הפרש הקטרים של תנועת היונים:

$$\delta = D_2 - D_1 = 2(R_2 - R_1) = 2\sqrt{\frac{2V}{qB^2}}(\sqrt{m_2} - \sqrt{m_1})$$

5 שאלה



נתון הזרם I ושדה מגנטי אחיד $\vec{B} = B\hat{y}$. הכוח אשר יפעל על חתיכת התיל שבין a ל- b יתקבל לפי:

$$\vec{F} = L(\vec{I} \times \vec{B})$$

הדרך הפשוטה היא לפרק את וקטור הזרם לרכיב בכיוון \hat{x} ולרכיב בכיוון \hat{y} , אשר לא יפעל עליו כוח לפי כללים של מכפלה וקטורית ($\hat{y} \times \hat{y} = 0$). כך שהכוח שיפעל על התיל יושפע רק מרכיב ה- \hat{x} של התיל, כלומר:

$$\vec{F} = DIB(\hat{x} \times \hat{y}) = \boxed{DIB\hat{z}}$$