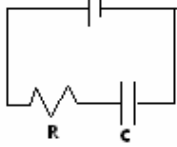


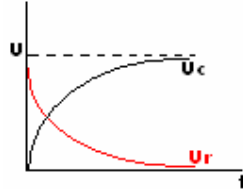
תרגול 9 בפיסיקה ב' לביולוגים

מעגלי RC (מעגלים משולבים של נגדים וקבלים) - כאשר מחברים קבל למקור מתח הוא נטען (תמיד

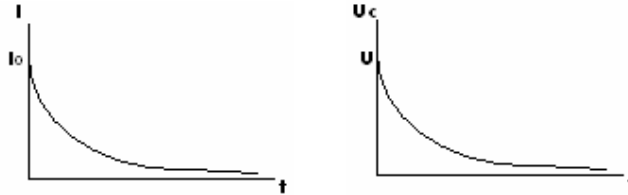


חייב להיות נגד בסביבה). ברגע שמחברים את המעגל כל המתח נופל על הנגד אולם ככל שעובר הזמן יותר ויותר מתח נופל על הקבל (בסימון הפוך למתח המקורי) ופחות על הנגד (זורם פחות ופחות זרם במעגל). כעבור זמן ארוך מאוד (למעשה אינסופי) כל המתח נופל על הקבל ולא זורם יותר זרם במעגל - מעגל מסוג זה נקרא מעגל טעינה משום שהקבל נטען למתח מסויים שנאגר בו. המתח נוצר בקבל על ידי תנועה של מטענים מלוח אחד לשני כך שבסך הכל נוצר על הקבל מטען נטו על כל אחד מהלוחות לחוד ולכן יוצר שדה ובעקבותיו הפרש פוטנציאלים.

המתח על הקבל והנגד כפונקציה של הזמן הוא:



אסימפטוטית המתח על הקבל הוא U (המתח של מקור המתח) ועל הנגד הוא 0 בכל נקודה בזמן מתקיים כי סך המתח שנופל על הקבל והנגד שווה בערכו להפרש הפוטנציאלים במעגל כלומר $U_C + U_R = U$. אם ננתק את מקור המתח (לאחר שהקבל נטען) ונחבר את הקבל הטעון לנגד, הקבל יפרוק את המטען שהצטבר עליו של ידי זרם שיעבור דרך הנגד. במעגל פריקה מסוג זה המתח על הקבל והנגד זהה ואילו הזרם הזורם דרך הנגד דועך עם הזמן בדיוק כמו המתח עד שבזמן אינסופי המתח והזרם שניהם שואפים ל-0. המתח והזרם כפונקציה של הזמן:



נוסחאות:

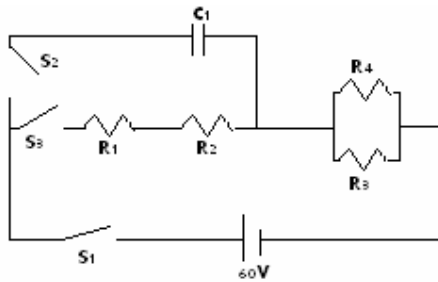
$$U_C = U(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) ; U_R = U - U_C = Ue^{-\frac{t}{RC}} ; I_R = I_0 e^{-\frac{t}{RC}} \text{ - מעגל טעינה}$$

$$U_C = U_R = Ue^{-\frac{t}{RC}} ; I_R = I_0 e^{-\frac{t}{RC}} \text{ - מעגל פריקה}$$

יש לשים לב כי ל- RC יש יחידות של זמן. מגדירים זמן אופייני $\tau = RC$ זהו הזמן שלוקח למעגל לטעון/לפרוק 63% מערכו המקסימלי.

שאלה 1:

המעגל החשמלי שבציור מורכב ממקור מתח ε , 2 קבל C_1 , 4 נגדים R_1, R_2, R_3 ו- R_4 ו-3 מפסקים S_1, S_2 ו- S_3 .



$$\varepsilon = 60V \quad C_1 = 4\mu F$$

$$R_1 = R_3 = 100\Omega \quad R_2 = R_4 = 50\Omega$$

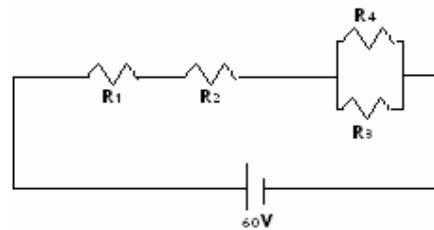
ההתנגדות הפנימית של מקור המתח זניחה.

בכל אחד מהסעיפים הבאים הגה כי כל המפסקים פתוחים מלבד שמצויינים בסעיף:

- מהו הזרם דרך R_3 כאשר S_1 ו- S_3 סגורים?
- מהו הזרם הכללי במעגל, כאשר S_1 ו- S_2 סגורים, כפונקציה של הזמן?
- מהו הזרם דרך R_3 ומהו המטען והמתח על C_1 כאשר S_1 ו- S_2 סגורים כעבור זמן ארוך מאוד?
- מהו הזרם דרך R_3 ומהו המתח והמטען על C_1 כאשר כל המפסקים סגורים כעבור זמן ארוך מאוד?
- מהו ההספק של R_4 כאשר כל המפסקים סגורים כעבור זמן ארוך מאוד?

פתרון:

א. במקרה זה הקבל מנותק ואינו משדק תפקיד והמעגל הוא מעגל פשוט מהצורה:



ההתנגדות השקולה שלה R_3 ו- R_4 היא:

$$\frac{1}{R_{34}} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} = \frac{1}{100} + \frac{1}{50} = \frac{3}{100} \Rightarrow R_{34} = \frac{100}{3} = 33.33$$

ההתנגדות הכוללת של המעגל היא:

$$R_{tot} = R_1 + R_2 + R_{34} = 100 + 50 + 33.33 = 183.33$$

הזרם הכולל הוא:

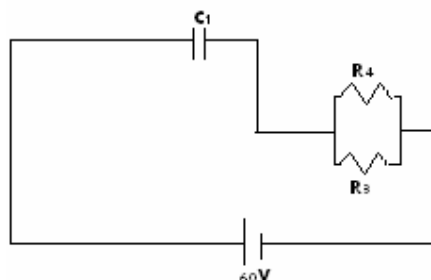
$$I_{tot} = \frac{V}{R_{tot}} = \frac{60}{183.33} \approx 0.33[A]$$

הזרם הכולל מתפצל בין R_3 ל- R_4 ביחס הפוך ליחס ההתנגדויות ולכן הזרם דרך R_3 הוא:

$$I_3 = \frac{I_{tot}}{3} = \frac{0.33}{3} = 0.11[A]$$

כיוונו משמאל לימין.

ב. במקרה זה מדובר במעגל טעינה מהצורה:



הנוסחה לזרם כפונקציה של הזמן היא:

$$I(t) = I(0) \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

במעגל הזה הערכים הם:

$$I(0) = \frac{V}{R_{34}} = \frac{60}{33.33} \approx 1.8[A] \quad R = R_{34} = 33.33 \quad C = C_1 = 4 \cdot 10^{-6}[F]$$

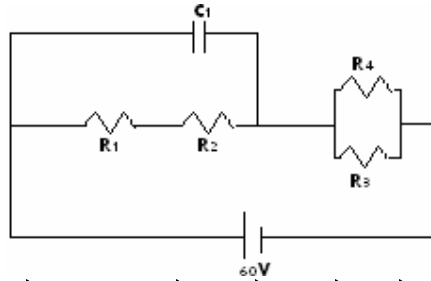
לכן הנוסחה לזרם כפונקציה של הזמן במעגל זה היא:

$$I(t) = 1.8 \cdot e^{-\frac{t}{33.33 \cdot 4 \cdot 10^{-6}}} = 1.8 \cdot e^{-\frac{t}{1.3332 \cdot 10^{-4}}}$$

ג. כעבור זמן ארוך מאוד כל המתח נופל על הקבל (כלומר המתח שלו שווה למתח של מקור המתח) ואין זרם במעגל ולכן הזרם דרך R3 הוא 0. על הקבל:

$$V_C = V = 60[V] \quad Q = CV = 4 \cdot 10^{-6} \cdot 60 = 2.4 \cdot 10^{-4}[C]$$

ד. במקרה זה המעגל הוא מהצורה:



כעבור זמן ארוך מאוד המתח על הקבל שווה למתח על R1 ו-R2 וכל הזרם זורם בדיוק כמו בסעיף א' כלומר הזרם הכולל המעגל הוא $I_{tot} = \frac{V}{R_{tot}} = \frac{60}{183.33} \approx 0.33[A]$ והזרם דרך R3 הוא

$$I_4 = I_{tot} - I_3 = 0.22[A] \quad \text{ולכן הזרם דרך R4 הוא } I_3 = \frac{I_{tot}}{3} = \frac{0.33}{3} = 0.11[A]$$

על הקבל:

$$V_C = I_{tot}(R_1 + R_2) = 0.33 \cdot 150 = 49.5[V] \quad Q = CV = 4 \cdot 10^{-6} \cdot 49.5 = 1.98 \cdot 10^{-4}$$

ה. ההספק על R4 הוא:

$$P_4 = I_4^2 R_4 = (0.22)^2 \cdot 50 = 2.42[W]$$