

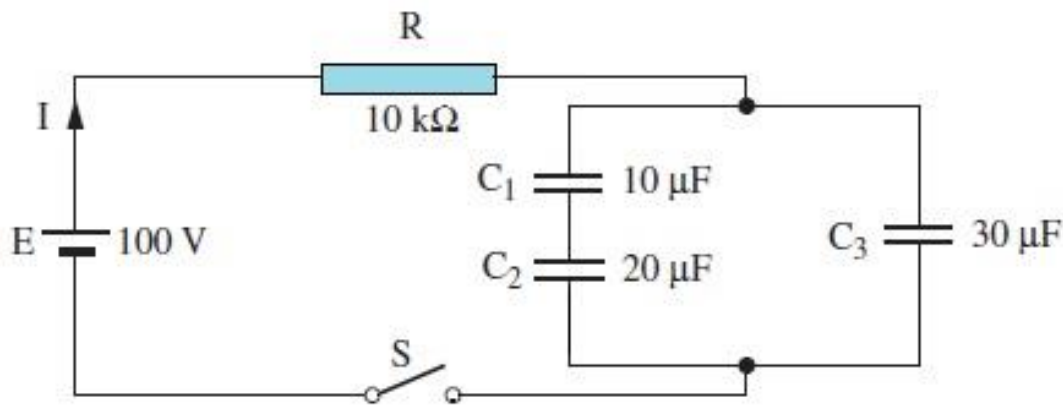
12 ----- 13. אלקטרוסטטיקה וקיבול

- 13.1 קבל לוחות ושדה חשמלי
 - 13.1.1 קבל לוחות וקיבול, חישוב הקיבול של קבל לוחות
 - 13.1.2 טעינת קבל לוחות על-ידי סוללה
 - 13.1.3 השדה החשמלי הנוצר בין לוחות קבל טעון, תיאור הקשר בין המתח לשדה החשמלי
 - 13.1.4 השדה החשמלי במוליך
 - 13.1.5 סיכך אלקטרוסטטי
- 13.2 קבלים המחוברים במקביל, בטור ובמעורב חישוב הקיבול השקול, המתח, המטען והאנרגיה של כל קבל
 - 13.3 טעינה ופריקה של קבל במעגל טורי
 - 13.3.1 תיאור איכותי של טעינת קבל במעגל RC טורי
 - 13.3.2 תיאור גרפי כמותי (תלות בזמן) של המתח על הקבל והנגד המעגל ושל הזרם במעגל, כשהקבל נטען
 - 13.3.3 חישוב קבוע הזמן במעגל RC טורי והסבר משמעותו הפיזיקלית כשהקבל נטען
 - 13.3.4 תיאור איכותי של פריקת קבל במעגל RC טורי

קבלים וקבוע הזמן

שאלה מס' 1

באיור נתון מעגל חשמלי.



לאחר שהמפסק S היה פתוח זמן רב, סוגרים אותו בזמן $t = 0$.

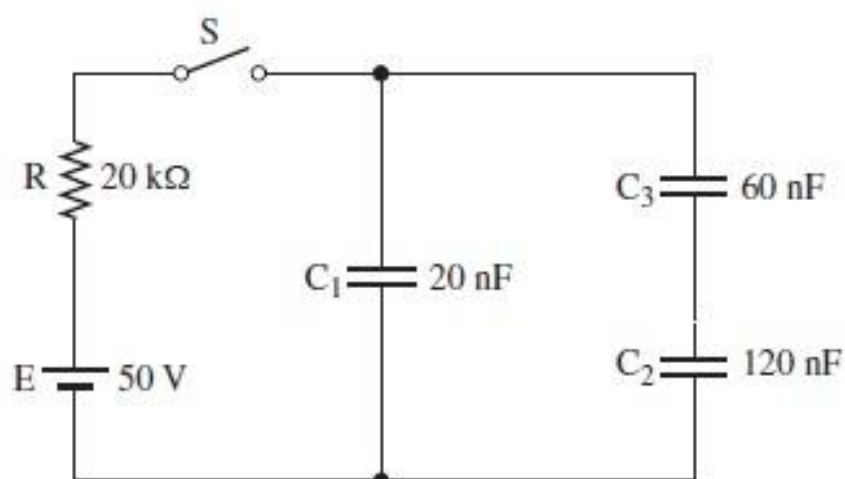
א. חשב את הקיבול השקול של מערך הקבלים.

ב. האם מיד לאחר סגירת המפסק (בזמן $t = 0$) מהווה כל אחד מן הקבלים קצר או נתק? נמק את תשובתך.

ג. חשב את הזרם I מיד לאחר סגירת המפסק (בזמן $t = 0$).

ד. מה יהיה המתח על הנגד R בסיום טעינת הקבלים? נמק את תשובתך.

באיור נתון מעגל חשמלי.

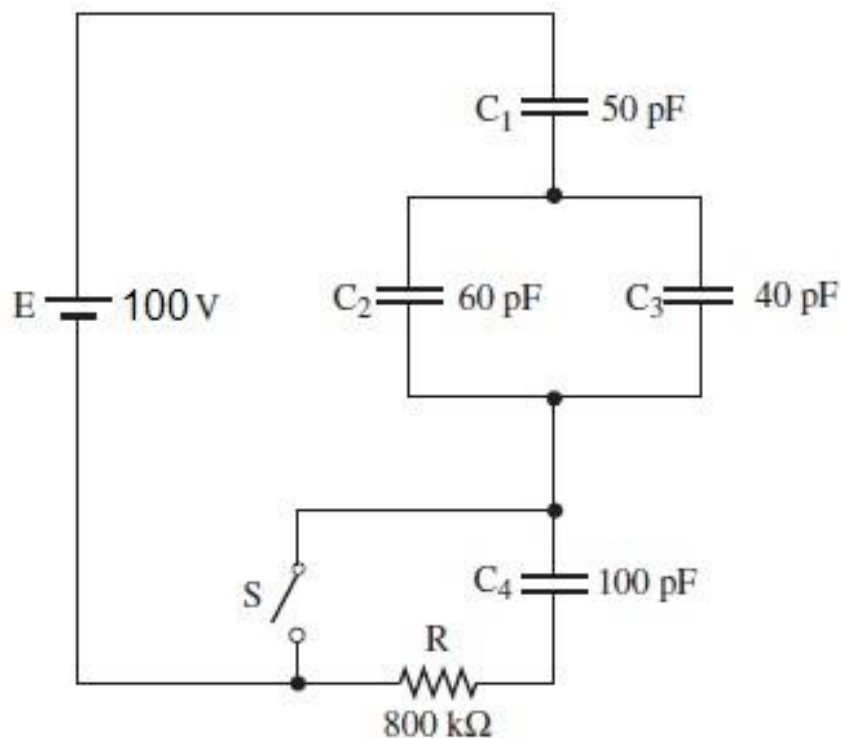


לאחר שהמפסק S היה פתוח זמן רב, סוגרים אותו ברגע $t = 0$.

- א. חשב את קבועי הזמן של המעגל.
- ב. סרטט את המתח על הנגד R בתהליך הטעינה של מערך הקבלים, כפונקציה של הזמן. ציין בסרטוטך את ערך המתח על הנגד R ברגע $t = 0$ ואת ערכו בסיום טעינת הקבלים.
- ג. חשב את הקיבול השקול של מערך הקבלים.
- ד. הקבל C_1 הוא קבל לוחות. המרחק בין הלוחות הוא 0.1 mm , וביניהם נמצא חומר בעל קבוע דיאלקטרי $\epsilon_r = 3.5$. חשב את השטח של כל אחד מלוחות הקבל הזה.

שאלה מס' 3

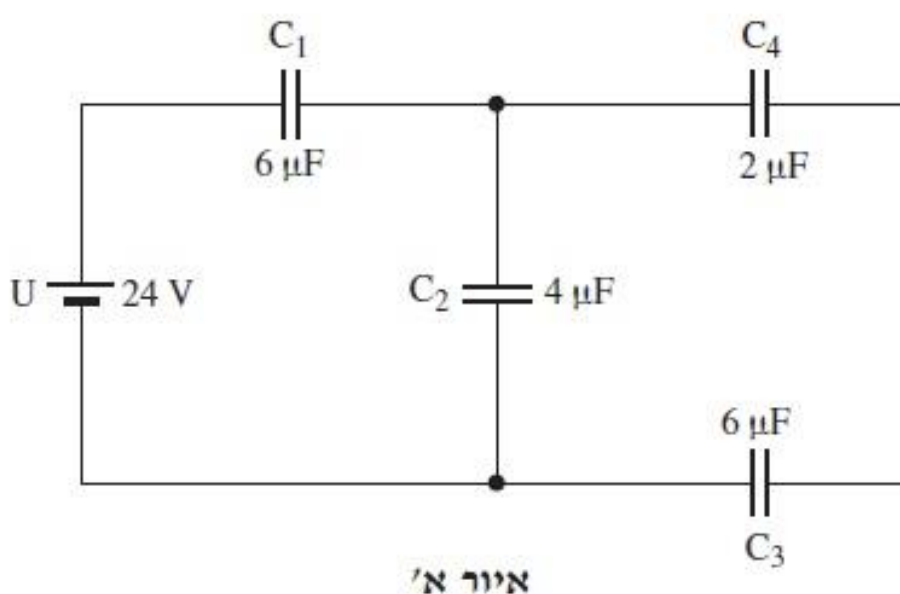
באיור נתון מעגל חשמלי.



- א. חשב את הקיבול השקול של מערך הקבלים כאשר המפסק S פתוח.
- ב. הקבל C_4 הוא קבל לוחות. שטח כל לוח הוא 4 cm^2 , ובין הלוחות נמצא חומר בעל קבוע דיאלקטרי $\epsilon_r = 2.8$. חשב את המרחק בין לוחות הקבל.
- ג. סוגרים את המפסק S לאחר שהסתיימה טעינתם של ארבעת הקבלים.
1. חשב את קבוע הזמן τ של מעגל הפריקה של הקבל C_4 .
 2. סרטט את המתח על־פני הקבל C_4 בתהליך הפריקה כפונקציה של הזמן, וציין בו את ערכי המתח בזמנים $t = 0$ (תחילת הפריקה) ו־ $t = 5\tau$.

שאלה מס' 4

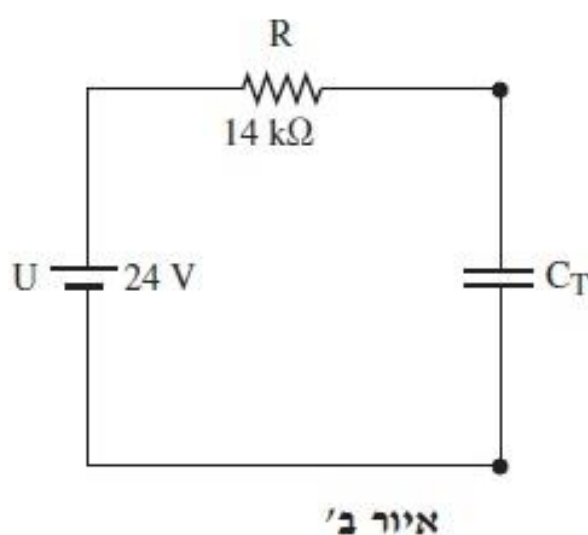
באיור נתון מעגל חשמלי לזרם ישר.



א. חשב את הקיבול השקול של המעגל.

ב. חשב את המטען של הקבל C_2 .

באיור ב' לשאלה נתון מעגל הכולל קבל, שקיבולו זהה לקיבול השקול שחישבת בתשובתך לסעיף א'.



ג. חשב את קבוע הזמן של המעגל.

ד. סרטט במחברתך אופיין של המתח על־פני הקבל C_T כפונקצייה של הזמן.

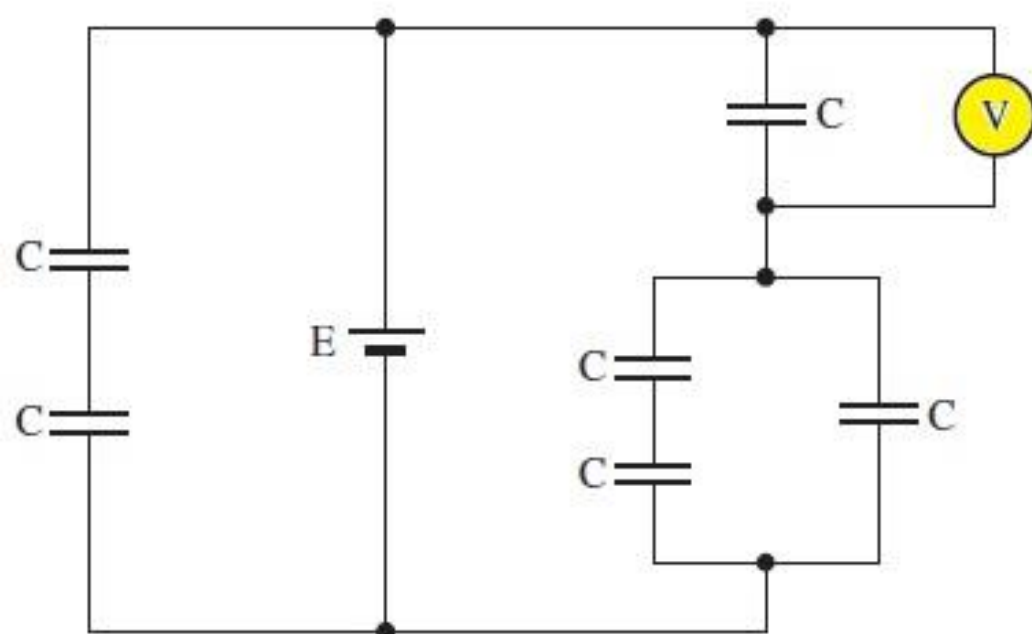
באיור נתון מעגל חשמלי לזרם ישר. המעגל כולל שישה קבלים זהים.

נתוני כל קבל:

$\epsilon_r = 5$ -

$A = 0.5 \text{ m}^2$ -

$d = 1 \text{ cm}$ -

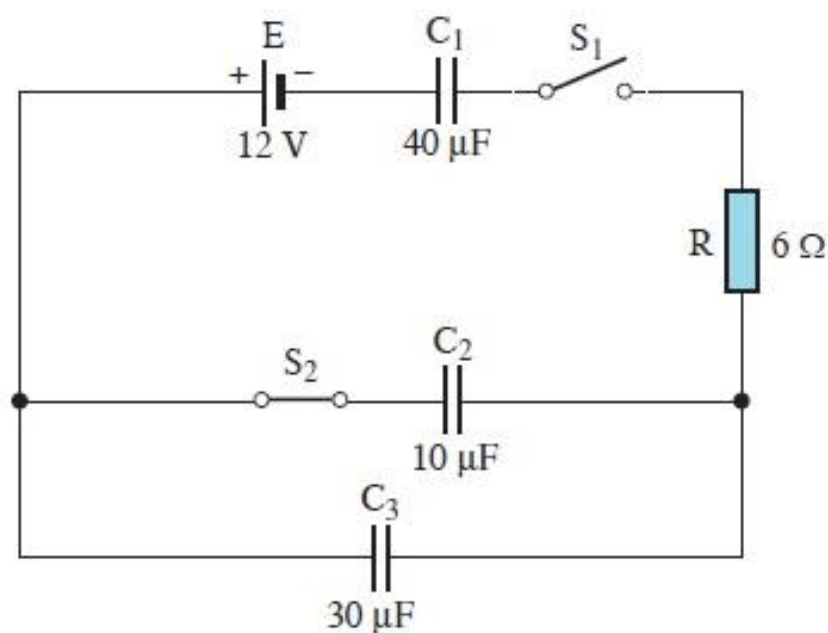


א. חשב את הקיבול של כל קבל.

ב. חשב את הקיבול השקול של המעגל.

ג. חשב את מתח המקור, E , אם ידוע שקריאת הוולטמטר היא 100 V

באיור נתון מעגל חשמלי.



בזמן $t = 0$ סוגרים את המפסק S_1 .

א. חשב את הקיבול השקול, C_T , של המעגל.

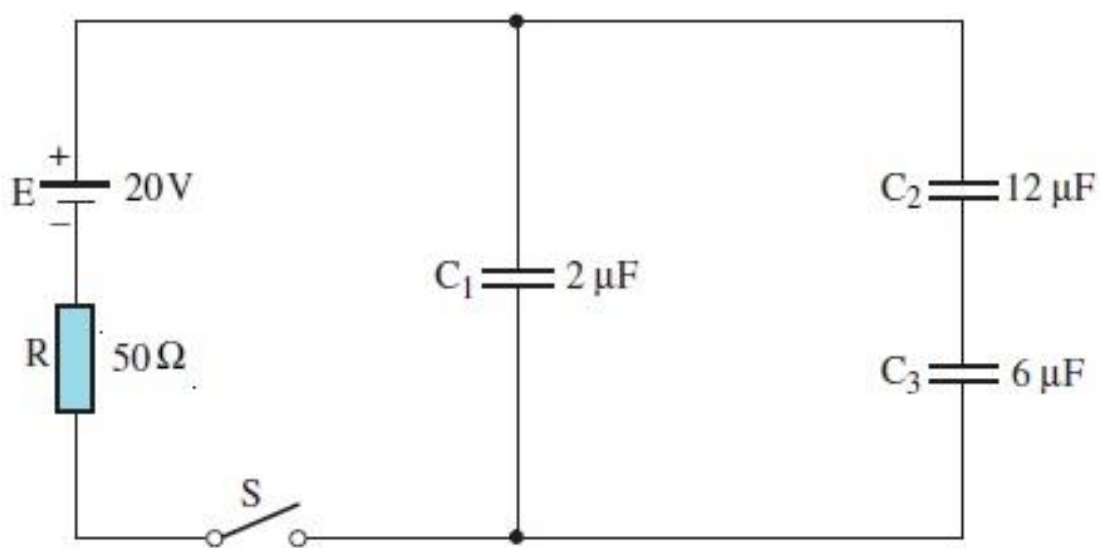
ב. חשב את קבוע הזמן של המעגל.

ג. סרטט, זה מתחת לזה בהתאמה, את המתח על הנגד R ואת המתח על הקבל C_1 בזמן הטעינה כפונקציה של הזמן.

פותחים את המפסק S_2 .

ד. האם קבוע הזמן של המעגל יגדל, יקטן, או לא ישתנה? נמק את תשובתך.

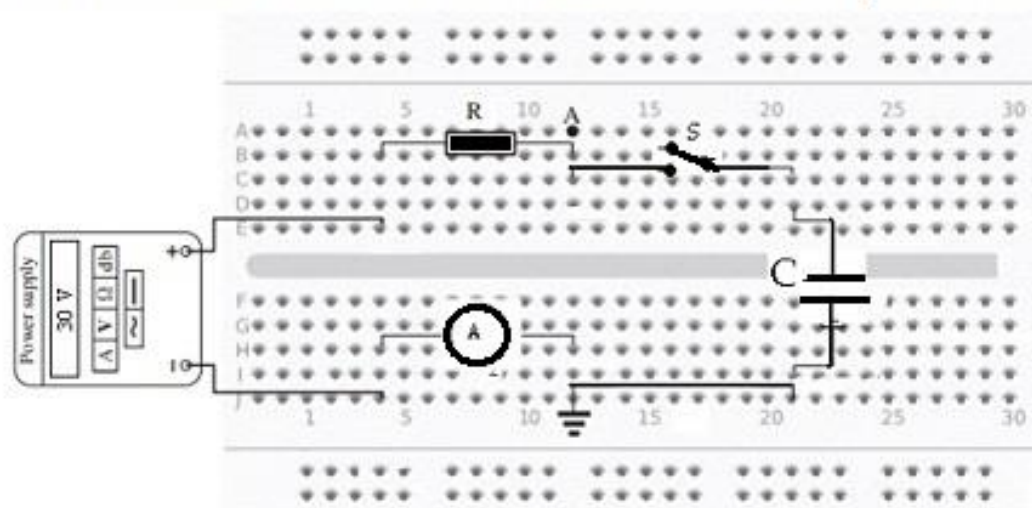
באיור נתון מעגל חשמלי.



סוגרים את המפסק S , לאחר שהוא היה פתוח זמן רב.

- א. חשב את הקיבול השקול של מערך הקבלים.
- ב. חשב את המטען על-פני כל אחד מן הקבלים בסיום טעינתם.
- ג. חשב את המתח על פני כל אחד מן הקבלים בסיום טעינתם.
- ד. חשב את קבוע הזמן של המעגל.

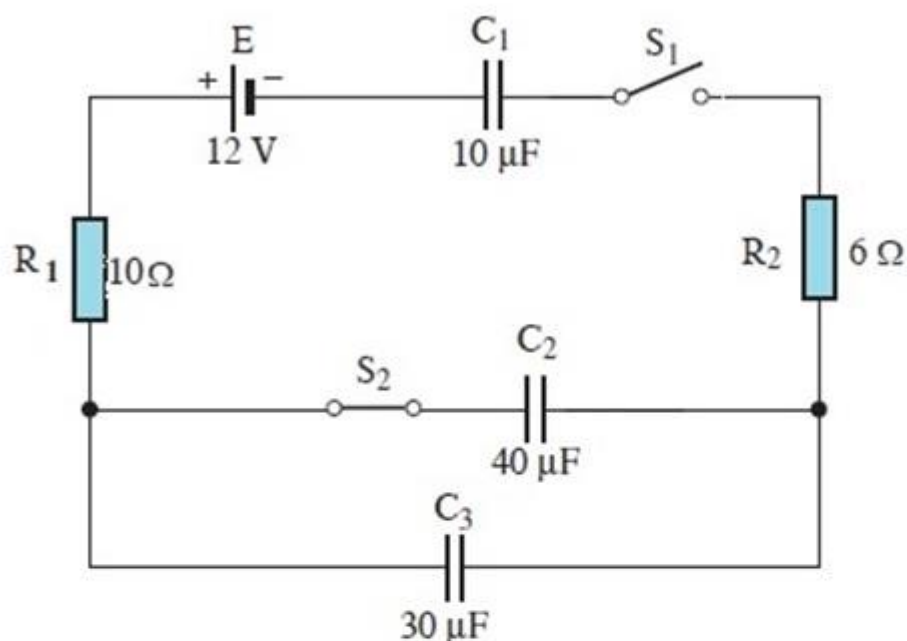
באיור לשאלה נתון מעגל חשמלי על מטריצה המתאר טעינת קבל בזרם ישר



נתונים: $R = 200\Omega$ $C = 4\mu\text{F}$ $V = 30\text{V}$

1. סרטט המעגל הנתון במטריצה.
 2. מה משפיע על קבוע הזמן? נמק.
 3. חשב את קבוע הזמן ואת תקופת מעבר טעינה.
 4. סרטט גרף המתאר את השתנות הזרם על הקבל מזמן $t=0$ ועד $t=5\tau$. ציין בגרף ערכים משמעותיים.
 5. הוסף מכשיר למדידת מתח על הקבל.
 6. סרטט גרף המתאר את השתנות המתח על הקבל מזמן $t=0$ ועד $t=5\tau$. ציין בגרף ערכים משמעותיים.
 7. הסבר מהי התנגדות פנימית של מכשיר מדידה.
- השלם: - לאמפרמטר התנגדות פנימית [נמוכה מאוד / גבוהה מאוד]
 - לוולטמטר התנגדות פנימית [נמוכה מאוד / גבוהה מאוד]

באיור נתון מעגל חשמלי.



בזמן $t = 0$ סוגרים את המפסק S_1 .

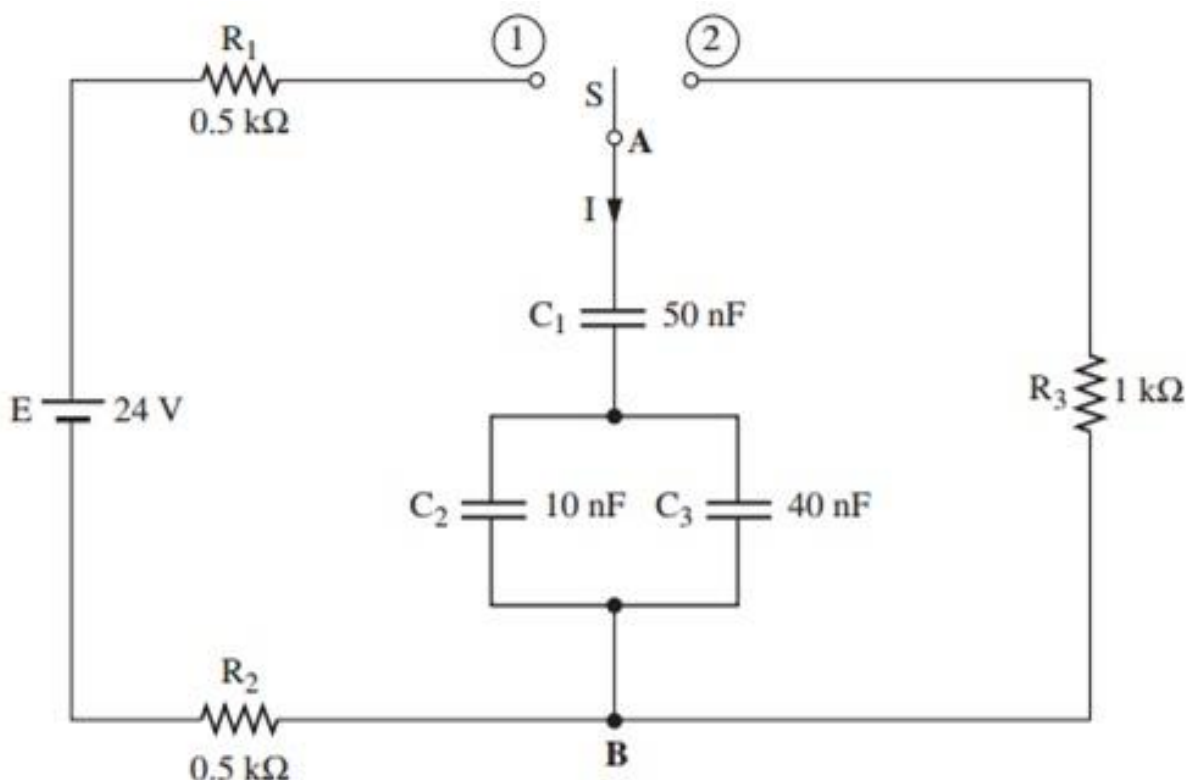
א. חשב את הקיבול השקול, C_T , של המעגל.

ב. חשב את קבוע הזמן של המעגל.

ג. סרטט, זה מתחת לזה בהתאמה, את המתח על הנגד R_1 ואת המתח על הקבל C_1 בזמן הטעינה כפונקציה של הזמן.

פותחים את המפסק S_2 .

ד. האם קבוע הזמן של המעגל יגדל, יקטן, או לא ישתנה? נמק את תשובתך.



א. ברגע $t = 0$ מעבירים את המפסק S למצב ①, ומשאירים אותו במצב הזה זמן רב.

1. חשב את הקיבול השקול בין הנקודות A ו-B במעגל.
2. חשב את קבוע הזמן של המעגל.
3. מהו המתח בין הנקודות A ו-B במעגל לאחר זמן רב? נמק את תשובתך.
4. סרטט באופן עקרוני, זה מתחת לזה בהתאמה, את המתח בין הנקודות A ו-B ואת הזרם I כפונקציה של הזמן. ציין בסרטוטך את ערכי המתח והזרם בתחילת טעינת הקבלים ובסיומה.

ב. מעבירים את המפסק למצב ②, ומשאירים אותו במצב הזה זמן רב.

- סרטט באופן עקרוני, זה מתחת לזה בהתאמה, את המתח בין הנקודות A ו-B ואת הזרם I כפונקציה של הזמן. ציין בסרטוטך את ערכי המתח והזרם בתחילת פריקת הקבלים ובסיומה.

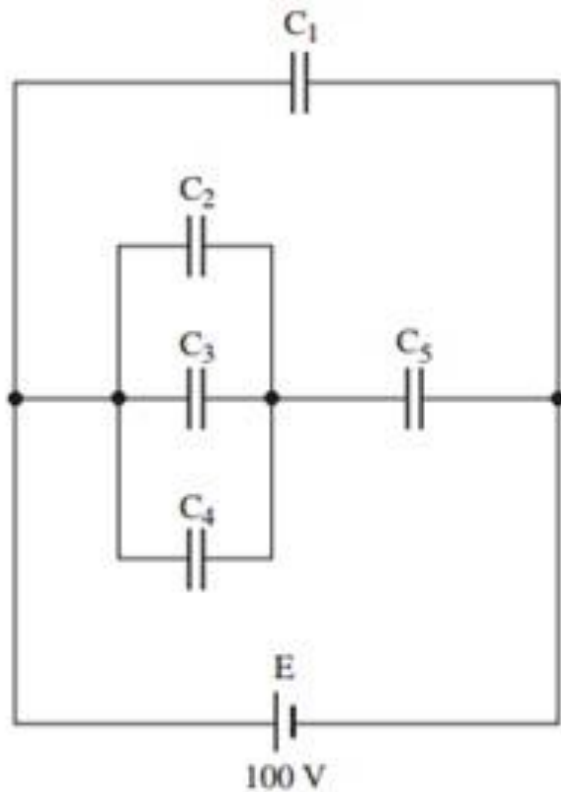
נתון מעגל חשמלי.

הקבל C_1 מורכב משני לוחות מקבילים, ששטח כל אחד מהם הוא 0.01 m^2 , והמרחק ביניהם הוא 1.5 mm . בין הלוחות נמצא חומר מבודד, שהקבוע הדיאלקטרי היחסי שלו הוא $\epsilon_r = 2$.

להלן נתוני הקבלים האחרים במעגל החשמלי:

$$C_2 = 0.3 \cdot C_1 \quad ; \quad C_3 = 0.2 \cdot C_1$$

$$C_4 = 0.1 \cdot C_1 \quad ; \quad C_5 = 1.2 \cdot C_1$$



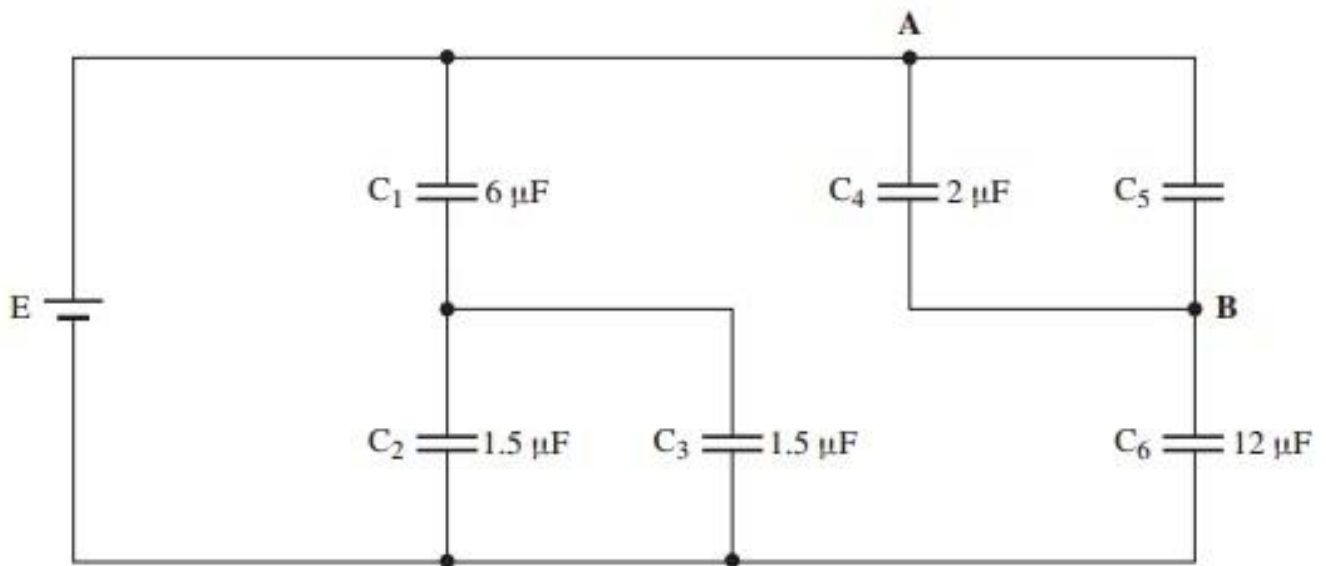
א. חשב את הקיבול של הקבל C_1 .

ב. בטא את הקיבול השקול במעגל באמצעות C_1 .

ג. חשב את המטען על הקבל C_5 .

שאלה מס' 12

נתון מעגל חשמלי.



הקבל C_5 בנוי משני לוחות מקבילים בעלי שטח חתך של 0.0942 m^2 . המרחק בין הלוחות הוא $1 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ וביניהם חרסינה בעלת קבוע דיאלקטרי $\epsilon_r = 6$.

א. חשב את קיבולו של הקבל C_5 .

ב. חשב את הקיבול השקול של המעגל החשמלי.

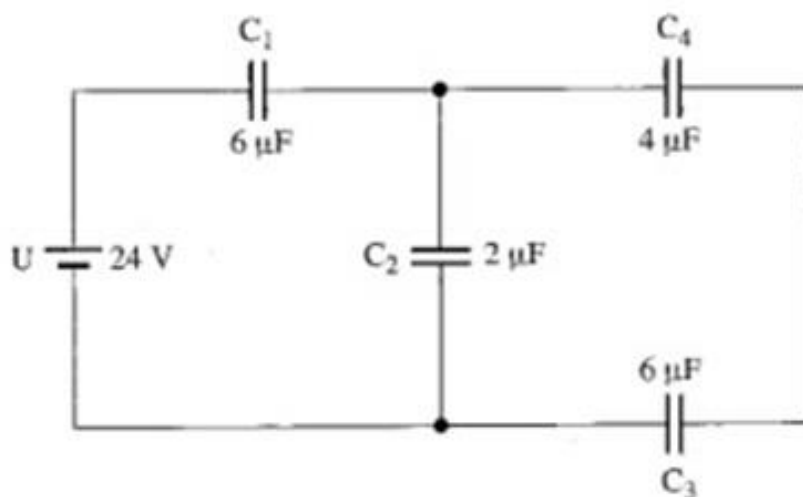
המתח בין הנקודות A ו- B הוא 16 V .

ג. חשב את מתח המקור E .

נתון מעגל חשמלי לזרם ישר.

א. חשב את הקיבול השקול של המעגל.

ב. חשב את המטען של הקבל C_2 .

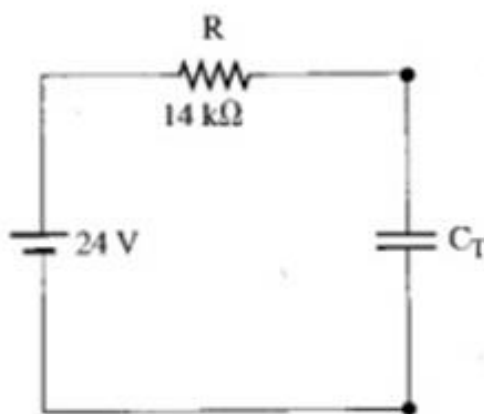


איור א'

באיור ב' לשאלה נתון מעגל הכולל קבל, שקיבולו זהה לקיבול השקול שחישבת בתשובתך לסעיף א'.

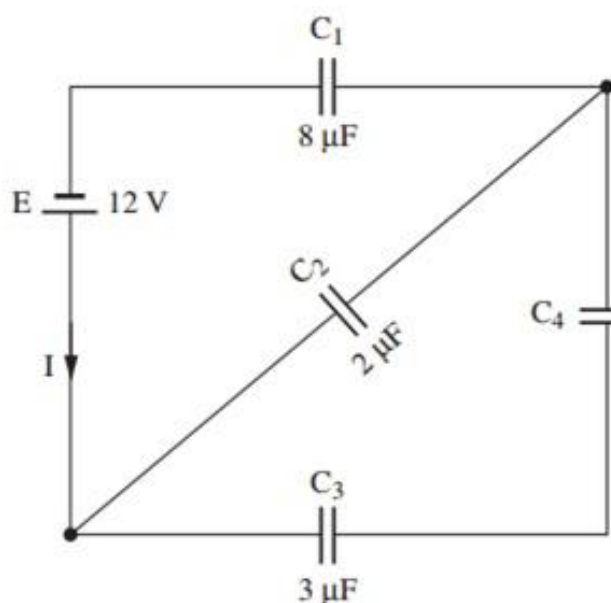
ג. חשב את קבוע הזמן של המעגל.

ד. סרטט במחברתך אופיין של המתח על-פני הקבל C_T כפונקצייה של הזמן.



איור ב'

שאלה מס' 14



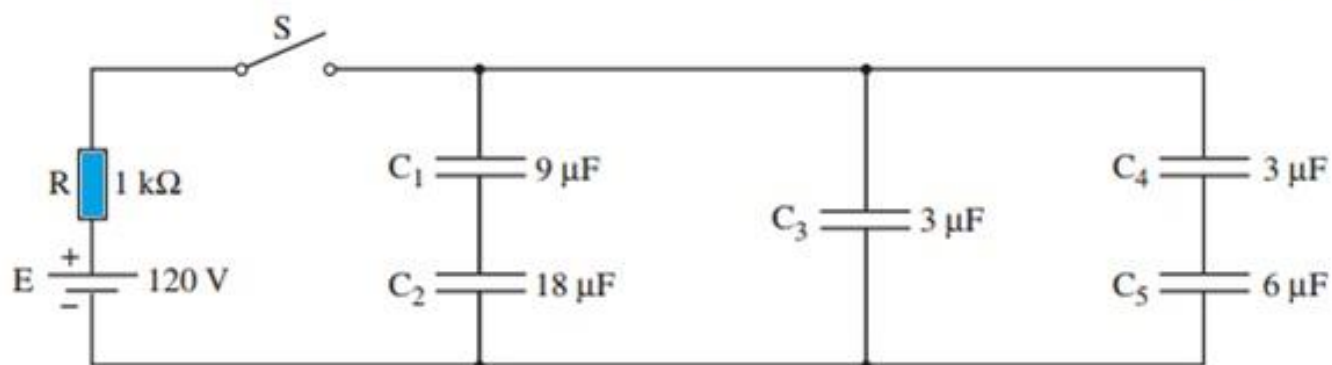
נתון מעגל חשמלי.

- חשב את הקיבול השקול של המעגל.
- ברגע $t = 0$ מחברים נגד שהתנגדותו $3 \text{ k}\Omega$ בטור למקור המתח E . חשב את קבוע הזמן של טעינת הקבל C_1 .
- סרטט, זה מתחת לזה בהתאמה, את המתח על-פני הקבל C_1 ואת הזרם I במעגל בזמן טעינת הקבל C_1 , כפונקציה של הזמן. ציין בסרטוטך את ערכי המתח והזרם בתחילת הטעינה ובסיומה.

שאלה מס' 15

נתון מעגל חשמלי, שבו כל הקבלים לא טעונים. סוגרים את המפסק S

ברגע $t = 0$.



- חשב את הקיבול השקול של המעגל.
- סרטט את צורת השתנות הזרם בנגד R (בתלות בזמן) מרגע סגירת המפסק S .
- סרטט את צורת השתנות המתח על-פני הקבל C_3 (בתלות בזמן) מרגע סגירת המפסק S .

פתרון קבלים וקבוע זמן

פתרון שאלה מס' 1

א.

$$C_{12} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{10 \cdot 20}{10 + 20} = 6.66 \mu F$$

$$C_T = C_{12} + C_3 = 6.66 + 30 = 36.66 \mu F$$

ב. כל הקבלים מהווים קשר מיד לאחר סגירת המפסק.

ג.

$$I = \frac{E}{R} = \frac{100}{101 \cdot 10^3} = 10 [mA]$$

ד. בסיום הטעינה לא קיים זרם ולכן המתח על הנגד שווה ל-0 וולט.

פתרון שאלה מס' 2

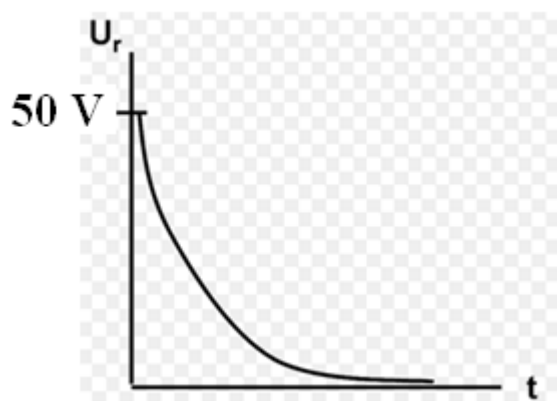
א + ג.

$$C_{23} = \frac{C_2 \cdot C_3}{C_2 + C_3} = \frac{120 \cdot 60}{120 + 60} = 40 \text{ nF}$$

$$C_T = C_1 + C_{23} = 20 + 40 = 60 \text{ nF}$$

$$\tau = R \cdot C_T = 20000 \cdot 60 \cdot 10^{-9} = 1.2 \text{ m sec}$$

ב.



ד

$$\epsilon_r = 3.5 \quad C = 20 \text{ nF} \quad d = 0.1 \text{ mm} = \frac{0.1}{1000} = 0.0001 \text{ m} \quad \epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}$$

$$A = \frac{C \cdot d}{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r} = \frac{20 \cdot 10^{-9} \cdot 0.0001}{8.85 \cdot 10^{-12} \cdot 3.5} = 0.0645 \text{ m}^2$$

$$C_{23} = C_3 + C_2 = 60 + 40 = 100 \text{ pF}$$

$$(50^{-1} + 100^{-1} + 100^{-1})^{-1} = 25 \text{ pF}$$

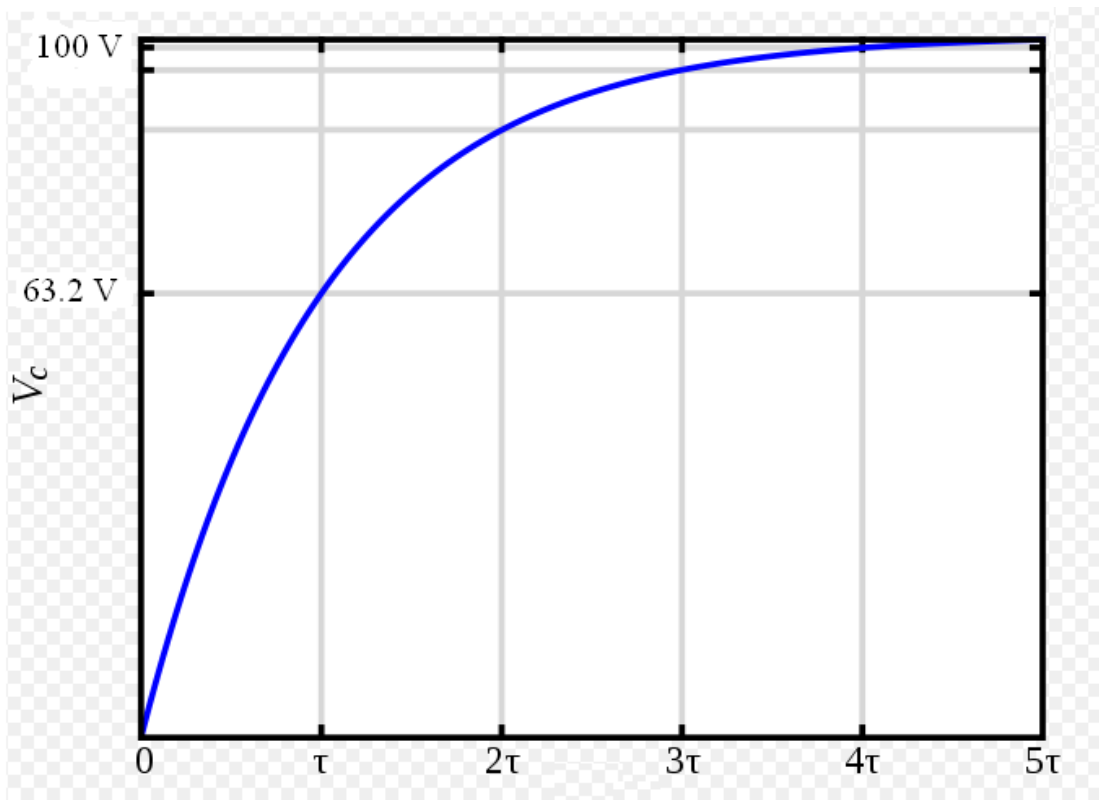
$$\epsilon_r = 2.8 \quad C_4 = 100 \text{ pF} \quad \epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \quad A = 4 \cdot \text{cm}^2$$

$$A = \frac{C \cdot d}{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r}$$

$$d = \frac{A \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r}{C_4} = \frac{4 \cdot 10^{-4} \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \cdot 2.8}{100 \cdot 10^{-12}} = 99.12 [\text{nm}]$$

$$\tau = R \cdot C_4 = 800000 \cdot 100 \cdot 10^{-12}$$

$$\tau = 80 [\text{ns}]$$



פתרון שאלה מס' 4

(א)

$$C_{34} = \frac{C_3 \cdot C_4}{C_3 + C_4} = \frac{2 \cdot 6}{2 + 6} = 1.5 \mu\text{F} \quad C_{234} = C_2 + C_{34} = 1.5 + 4 = 5.5 \mu\text{F}$$

$$C_T = \frac{C_{234} \cdot C_1}{C_{234} + C_1} = \frac{5.5 \cdot 6}{5.5 + 6} = 2.87 \mu\text{F}$$

$$Q_T = C_T \cdot U = 2.87 \mu \cdot 24 = 68.87 \mu\text{C} = Q_{C1}$$

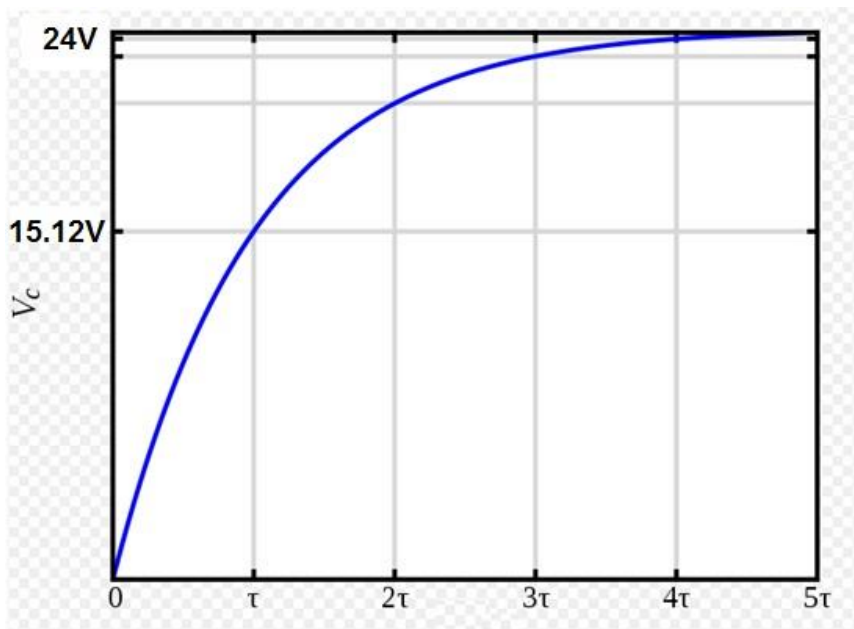
$$U_{C1} = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{68.87 \mu}{6 \mu} = 11.47 \text{ V} \quad U_{C2} = U - U_{C1} = 24 - 11.47 = 12.52 \text{ V}$$

$$Q_{C2} = C_{C2} \cdot U_2 = 4 \mu \cdot 12.52 = 50 \mu\text{C}$$

(ב)

$$\tau = R \cdot C_T = 14 \cdot 10^3 \cdot 2.87 \cdot 10^{-6} = 0.04 [\text{sec}]$$

קבוע הזמן

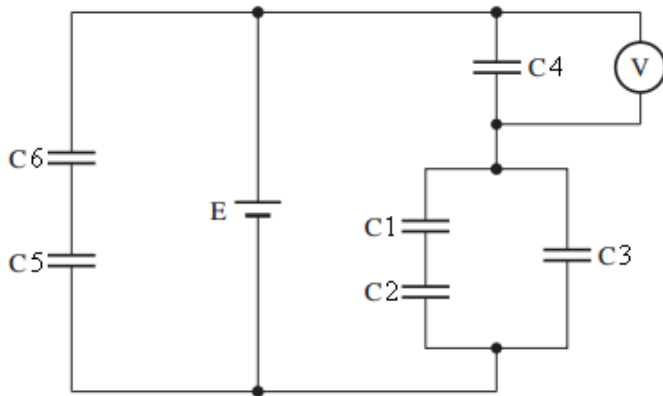


אופיין מתח על פני הקבל

(א)

$$\epsilon_r = 5 \quad A = 0.5 \text{ m}^2 \quad d = 1 \text{ cm} = \frac{1}{100} = 0.01 \text{ m} \quad \epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}$$

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot A}{d} = \frac{8.85 \cdot 10^{-12} \cdot 5 \cdot 0.5}{0.01} = 2.2 \text{ nF}$$



(ב)

$$C_{12} = \frac{C_1}{2} = \frac{2.2}{2} = 1.1 \text{ nF}$$

$$C_{123} = C_{12} + C_3 = 1.1 + 2.2 = 3.3 \text{ nF}$$

$$C_{1234} = \frac{C_{123} \cdot C_4}{C_{123} + C_4} = \frac{3.3 \cdot 2.2}{3.3 + 2.2} = 1.32 \text{ nF}$$

$$C_{56} = \frac{C_5}{2} = \frac{2.2}{2} = 1.1 \text{ nF}$$

$$C_T = C_{1234} + C_{56} = 1.32 + 1.1 = 2.42 \text{ nF}$$

ג

$$Q_{C4} = C_4 \cdot U_4 = 2.2 \text{ n} \cdot 30 = 66 \text{ nc}$$

$$Q_{C4} = Q_{C123} = 66 \text{ nc}$$

$$U_{123} = \frac{Q_{C123}}{C_{123}} = \frac{66 \text{ n}}{3.3 \text{ n}} = 20 \text{ v}$$

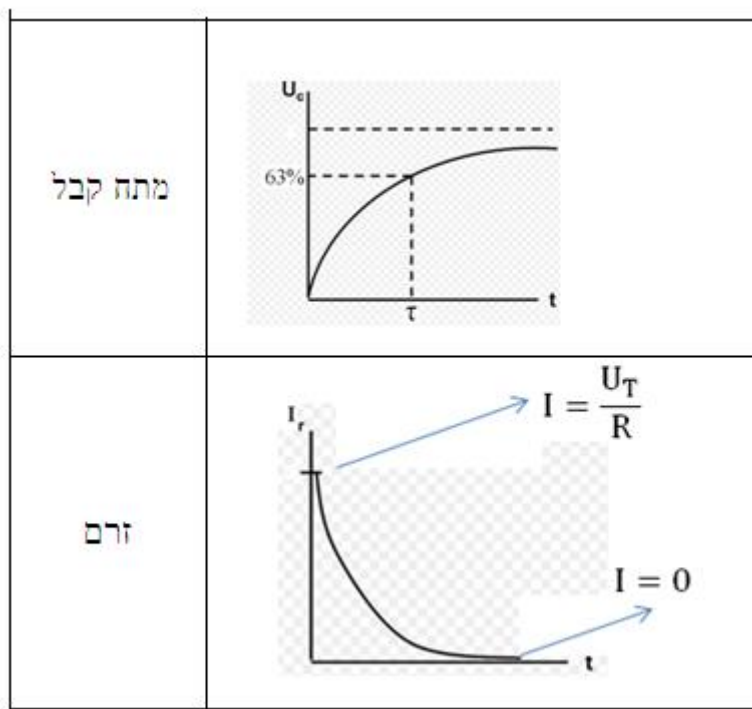
$$E = U_{123} + U_4 = 20 + 30 = 50 \text{ V}$$

$$C_{23} = C_2 + C_3 = 10 + 30 = 40 \mu\text{F}$$

$$C_T = \frac{C_1}{2} = \frac{40}{2} = 20 \mu\text{F}$$

$$\tau = R \cdot C_T = 6 \cdot 20 \cdot 10^{-6} = 120 [\mu\text{sec}]$$

אופיין מתח וזרם על פני הנגד



קבוע הזמן יקטן

$$C_T = \frac{C_1 \cdot C_3}{C_1 + C_3} = \frac{30 \cdot 40}{30 + 40} = 17.14 \mu\text{F}$$

$$\tau = R \cdot C_T = 6 \cdot 17.14 \cdot 10^{-6} = 102.84 [\mu\text{sec}]$$

(א) הקיבול השקול

$$C_{23} = \frac{C_2 \cdot C_3}{C_2 + C_3} = \frac{12 \cdot 6}{12 + 6} = 4 \mu F$$

$$C_T = C_1 + C_{23} = 2 + 4 = 6 \mu F$$

$$Q_T = C_T \cdot U = 6 \mu \cdot 20 = 120 \mu c$$

(ב) המטען על כל קבל

$$Q_1 = U \cdot C_1 = 20 \cdot 2 = 40 [\mu C]$$

$$Q_{23} = U \cdot C_{23} = 20 \cdot 4 = 80 [\mu C]$$

$$U_1 = U = 20 [V]$$

$$U_2 = \frac{Q_{23}}{C_2} = \frac{80}{12} = 6.667 [V]$$

$$U_3 = \frac{Q_{23}}{C_3} = \frac{80}{6} = 13.334 [V]$$

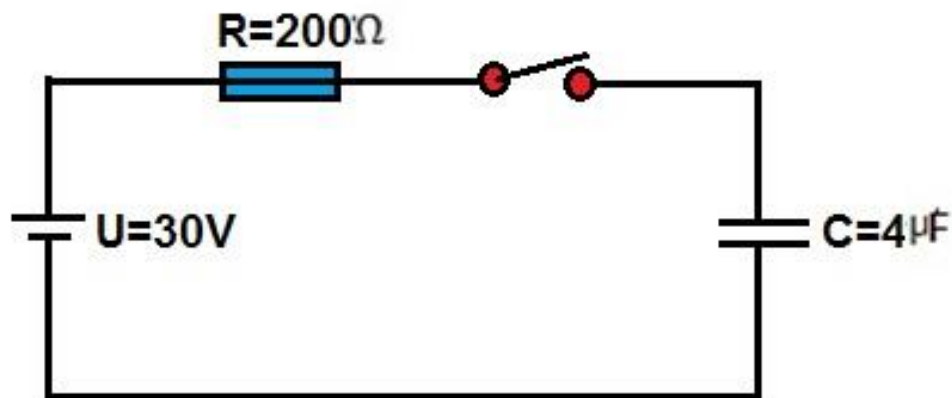
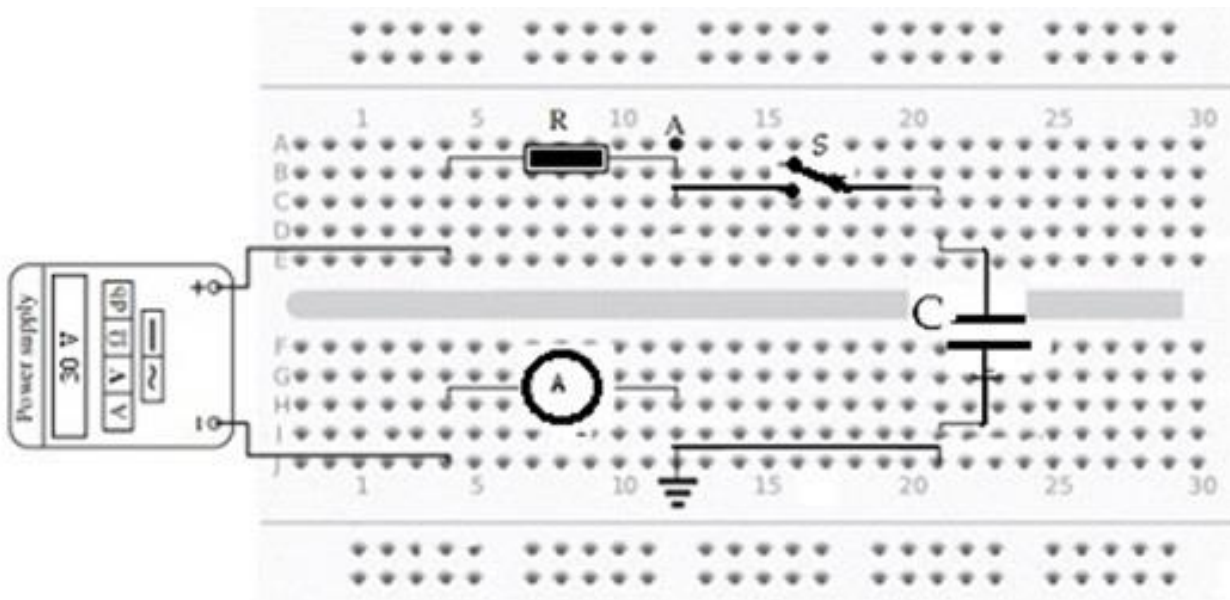
(ג) המתח על כל קבל

קבוע הזמן

(ד)

$$\tau = R \cdot C_T = 50 \cdot 6 \cdot 10^{-6} = 300 [\mu sec]$$

(1)

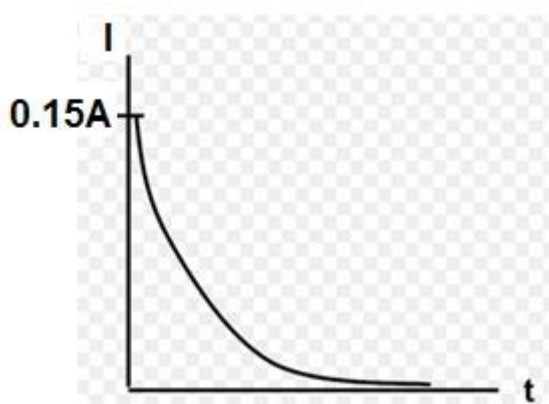


(2) מה שמשפיע על קבוע הזמן הם: גודל הקבל וערך הנגד האומי.

(3) $\tau = R \cdot C = 200 \cdot 4 \cdot 10^{-6} = 800 [\mu\text{sec}]$

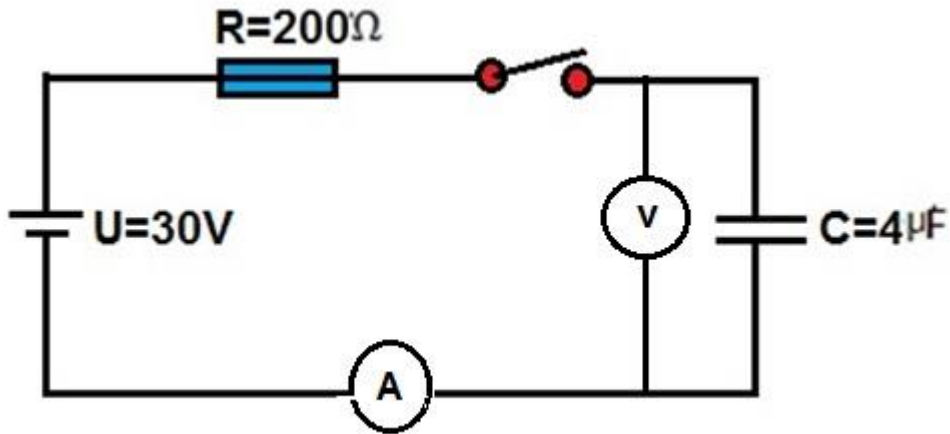
(4) $\tau = 800 [\eta\text{sec}]$

אופיין השתנות הזרם על הקבל



$$I_{\max} = \frac{U}{R} = \frac{30}{200} = 0.15 [A]$$

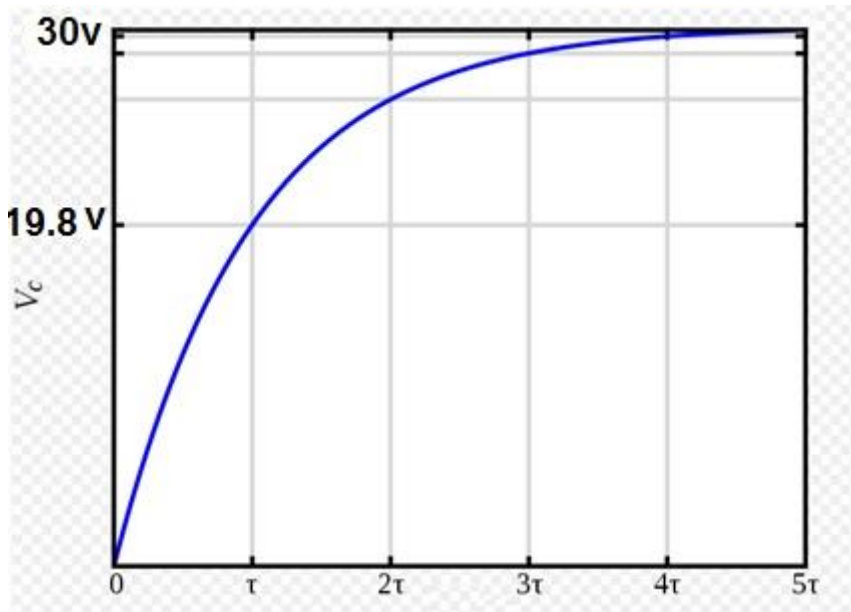
(5)



הוספת מכשירי מדידה

(6)

אופיין השתנות המתח על הקבל



(7) לכל מכשיר מדידה (לא אידיאלי) יש התנגדות פנימית. כתוצאה מההרכב האלקטרוני.

(8) למכשיר מדידת מתח התנגדות גבוהה מאוד. ולמכשיר מדידת זרם התנגדות נמוכה מאוד.

(א)

$$C_{23} = C_2 + C_3 = 40 + 30 = 70[\mu F]$$

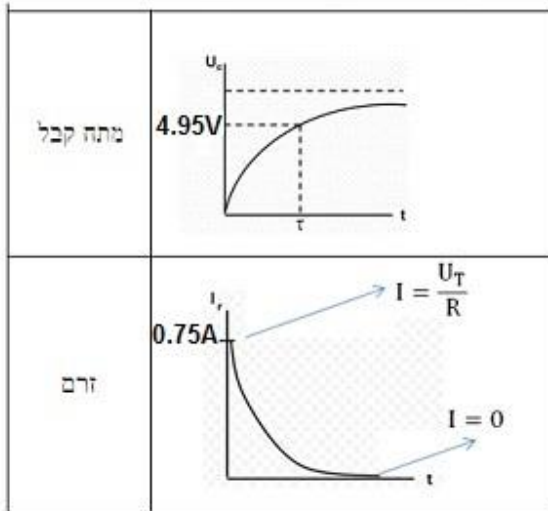
$$C_T = \frac{C_1 \cdot C_{23}}{C_1 + C_{23}} = \frac{10 \cdot 70}{10 + 70} = 8.75[\mu F]$$

$$\tau = R_T \cdot C_T = (6 + 10) \cdot 8.75 \cdot 10^{-6} = 140 \cdot 10^{-6}[\text{sec}] = 140[\mu \text{sec}]$$

(ב)

מתח על פני הקבל בטעינה של 100%

המתח על פני הנגד R1



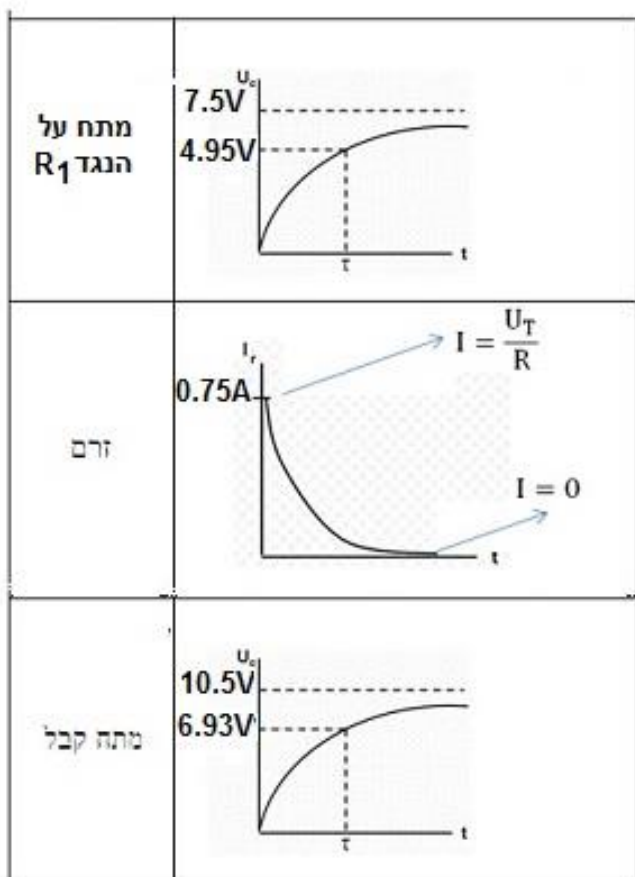
$$I = \frac{U}{R_T} = \frac{12}{16} = 0.75[A]$$

$$U_{R1} = I \cdot R_1 = 0.75 \cdot 10 = 7.5[V]$$

$$U_\tau = 7.5 \cdot 0.66 = 4.95[V]$$

$$Q_T = U \cdot C_T = 12 \cdot 8.75 \cdot 10^{-6} = 105[\mu C]$$

$$U_{C1} = \frac{Q_T}{C_1} = \frac{105}{10} = 10.5[V]$$



(ג) במידה והמפסק S2 יפתח יקטן הקיבול השקול ל - $7.5 \mu F$

$$\tau = R_T \cdot C_T' = 16 \cdot 7.5 \cdot 10^{-6} = 120[\mu \text{sec}]$$

(א)

$$C_{23} = C_2 + C_3 = 10 + 40 = 50 \text{ nF}$$

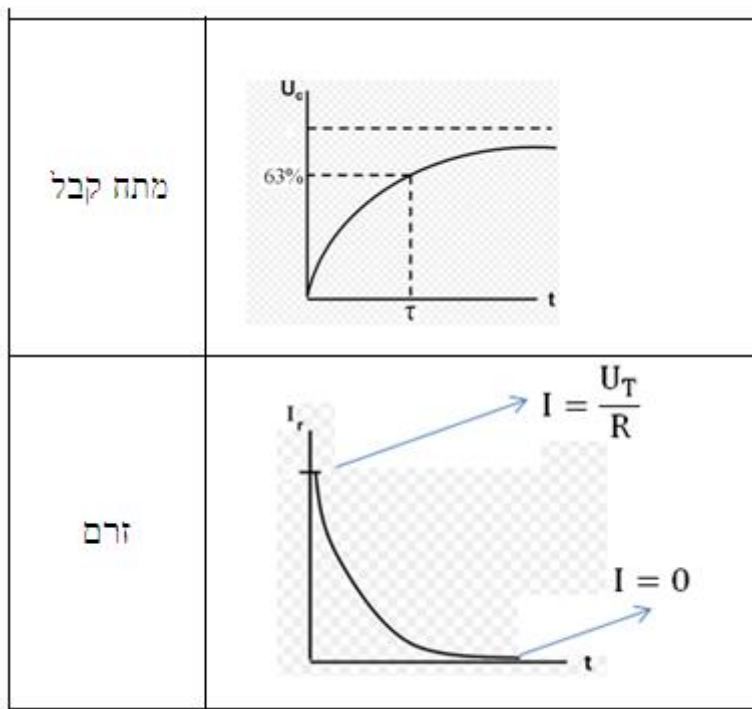
$$C_T = \frac{C_{12}}{2} = \frac{50}{2} = 25 \text{ nF}$$

$$\tau = R \cdot C_T = (0.5 + 0.5) \cdot 10^3 \cdot 25 \cdot 10^{-9} = 25 [\mu \text{sec}]$$

$$Q_T = U \cdot C_T = 24 \cdot 25 \cdot 10^{-9} = 600 [\text{nC}]$$

$$U\tau = 24 \cdot 0.66 = 15.84 [\text{V}]$$

(ב)
אופיין מתח וזרם על פני הנגד



$$I = \frac{U}{R_T} = \frac{24}{1 \cdot 10^3} = 24 [\text{mA}]$$

(ג)
קבוע הזמן יקטן

$$C_T = \frac{C_1 \cdot C_3}{C_1 + C_3} = \frac{30 \cdot 40}{30 + 40} = 17.14 \mu \text{F}$$

$$\tau = R \cdot C_T = 6 \cdot 17.14 \cdot 10^{-6} = 102.84 [\mu \text{sec}]$$

(א)

$$\varepsilon_r = 2 \quad A = 0.01m^2 \quad d = 1.5mm = \frac{0.15}{1000} = 0.00015m \quad \varepsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}$$

$$A = \frac{C \cdot d}{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r}$$

$$C_1 = \frac{A \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r}{d} = \frac{0.01 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \cdot 2}{0.00015} = 1.18nF$$

(ב)

$$C_2 = C_1 \cdot 0.3 = 1.18 \cdot 10^{-9} \cdot 0.3 = 354pF$$

$$C_3 = C_1 \cdot 0.2 = 1.18 \cdot 10^{-9} \cdot 0.2 = 236pF$$

$$C_4 = C_1 \cdot 0.1 = 1.18 \cdot 10^{-9} \cdot 0.1 = 118pF$$

$$C_5 = C_1 \cdot 1.2 = 1.18 \cdot 10^{-9} \cdot 1.2 = 141pF$$

$$C_T = \frac{(C_2 + C_3 + C_4) \cdot C_5}{C_2 + C_3 + C_4 + C_5} + C_1 = \frac{[(354 + 236 + 118) \cdot 1416] \cdot 10^{-12}}{(354 + 236 + 118 + 1416) \cdot 10^{-12}} + 1.18 \cdot 10^{-9}$$

$$C_T = 1.658nF$$

(ג)

$$Q_{2345} = U \cdot C_{234} = 100 \cdot 478 \cdot 10^{-12} = 47[nc]$$

(א)

$$\varepsilon_r = 6 \quad A = 0.0942 m^2 \quad d = 1 \cdot 10^{-6} (m) \quad \varepsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}$$

$$A = \frac{C \cdot d}{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r}$$

$$C_5 = \frac{A \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r}{d} = \frac{0.0942 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \cdot 6}{1 \cdot 10^{-6}} = 5 \mu F$$

$$C_{45} = C_4 + C_5 = 2 + 5 = 7 \mu F$$

$$C_{456} = \frac{C_{45} \cdot C_6}{C_{45} + C_6} = \frac{7 \cdot 12}{7 + 12} = 4.421 \mu F$$

$$C_{23} = C_2 + C_3 = 1.5 + 1.5 = 3 \mu F$$

$$C_{123} = \frac{C_{23} \cdot C_1}{C_{23} + C_1} = \frac{3 \cdot 6}{3 + 6} = 2 \mu F$$

(ב)

$$C_T = C_{456} + C_{123} = 4.421 + 2 = 6.421 \mu F$$

$$Q_{45} = U_{AB} \cdot C_{234} = 16 \cdot 7 \cdot 10^{-6} = 112 [\mu C]$$

$$Q_{45} = Q_6 = 112 \cdot 10^{-6} F$$

$$U_6 = \frac{Q_6}{C_6} = \frac{112 \cdot 10^{-6}}{12 \cdot 10^{-6}} = 9.333$$

$$E = U = U_6 + U_{AB} = 16 + 9.333 = 25.33 [V]$$

$$C_{34} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{4 \cdot 6}{4 + 6} = 2.4 \mu\text{F}$$

$$C_{234} = C_{34} + C_2 = 2.4 + 2 = 4.4 \mu\text{F}$$

$$C_T = \frac{C_1 \cdot C_{234}}{C_1 + C_{234}} = \frac{4.4 \cdot 6}{4.4 + 6} = 2.538 \mu\text{F}$$

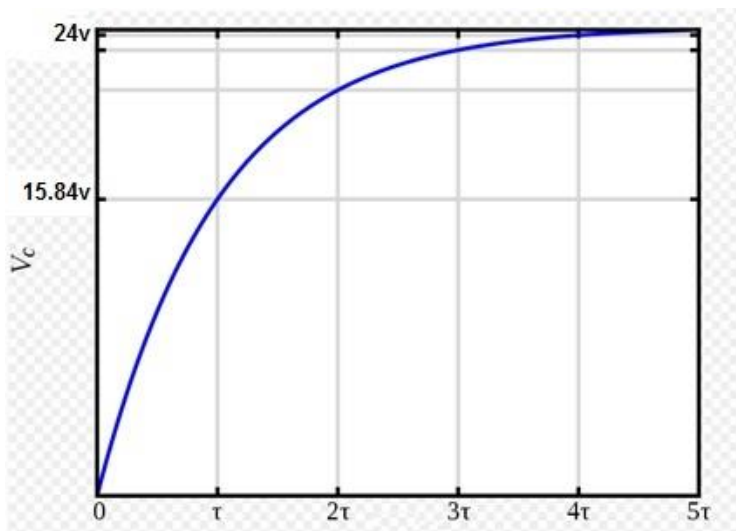
$$Q_T = U_A \cdot C_T = 24 \cdot 2.538 \cdot 10^{-6} = 61 [\mu\text{C}]$$

$$U_1 = \frac{Q_T}{C_1} = \frac{61 \cdot 10^{-6}}{6 \cdot 10^{-6}} = 10.152$$

$$U_2 = U - U_1 = 24 - 10.152 = 13.848 [\text{V}]$$

$$Q_2 = U_2 \cdot C_2 = 13.848 \cdot 2 \cdot 10^{-6} = 27.7 [\text{mC}]$$

$$\tau = R \cdot C_T = 14 \cdot 10^3 \cdot 2.538 \cdot 10^{-6} = 35.5 [\mu\text{sec}]$$



אופיין השתנות המתח על הקבל

(א)

$$C_{34} = \frac{C_3 \cdot C_4}{C_3 + C_4} = \frac{3 \cdot 6}{3 + 6} = 2 \mu F \quad C_{234} = C_2 + C_{34} = 2 + 2 = 4 \mu F$$

$$C_T = \frac{C_{234} \cdot C_1}{C_{234} + C_1} = \frac{4 \cdot 8}{4 + 8} = 2.667 \mu F$$

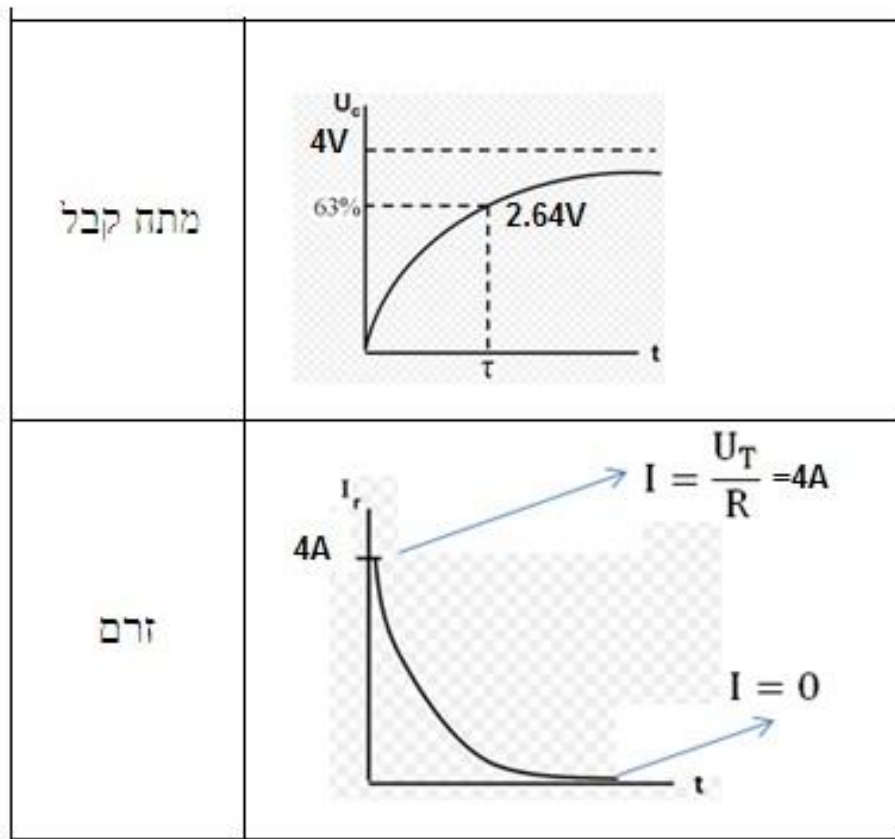
$$Q_T = C_T \cdot U = 2.667 \mu \cdot 12 = 32 \mu C = Q_{C1}$$

$$U_{C1} = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{32 \mu}{8 \mu} = 4 V$$

(ב) קבוע הזמן של C1

$$\tau = R \cdot C_1 = 3 \cdot 10^3 \cdot 8 \cdot 10^{-6} = 24 [\mu sec]$$

(ג) אופייני מתח וזרם



(א)

$$C_{45} = \frac{C_4 \cdot C_5}{C_4 + C_5} = \frac{3 \cdot 6}{3 + 6} = 2 \mu F$$

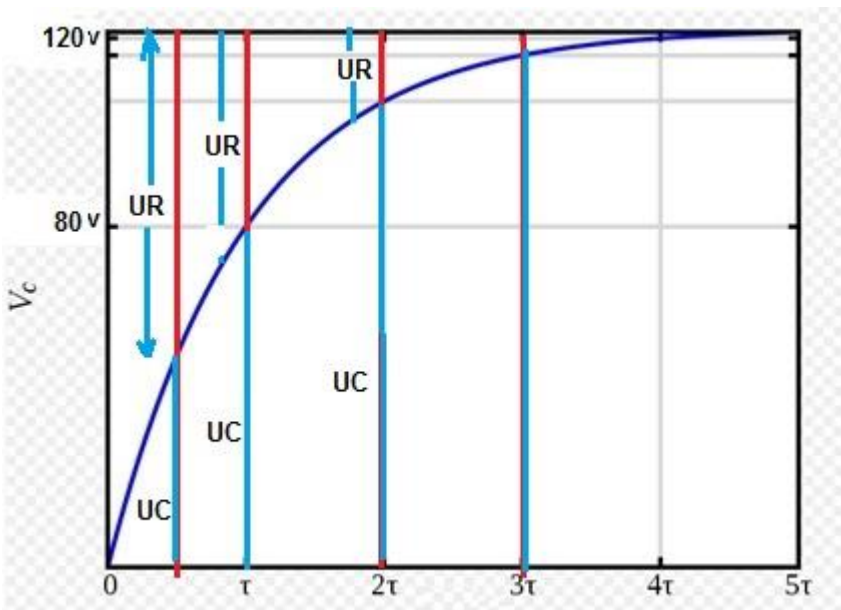
$$C_{345} = C_{45} + C_3 = 3 + 2 = 5 \mu F$$

$$C_{12} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{9 \cdot 18}{9 + 18} = 6 \mu F$$

$$C_T = C_{12} + C_{345} = 6 + 5 = 11 \mu F$$

(ב)

קצב ההשתנות של המתח על הקבל/נגד



(ג)

קצב ההשתנות של המתח על הקבל

