

## תוכן העניינים:

2	פרק 3
2	קבלים במעגל החשמלי
2	סרטון – מהו קבל :
2	הגדרות יסודיות :
2	תלות הקיבול במידות הקבל ובמקדם הדיאלקטרי :
3	חוזק דיאלקטרי ומתח פריצה :
4	אנרגיה חשמלית האגורה בקבל :
5	תרגילים :
6	תשובות סופיות :
7	סרטון – חיבור קבלים בטור ומקביל :
7	סימון קבלים במעגל החשמלי :
7	חיבור קבלים בטור ובמקביל :
7	התייחסות לקבלים עם חומרים דיאלקטרים שונים :
8	תרגילים :
10	תשובות סופיות :
11	סרטון – רקע מתמטי- משוואות ופונקציות מעריכיות :
11	הפונקציה המעריכית :
12	קבוע אוילר ואלגברה מעריכית בסיסית :
13	סרטון – הקבל במעגל החשמלי :
13	הגדרות בסיסיות :
13	ארבע התובנות של התנהגות הקבל :
13	מידול הקבל לנגד :
14	משוואות הדפקים :
15	קבוע הזמן של המעגל :
16	איזון מטענים :
16	תרגילים :
20	תשובות סופיות :

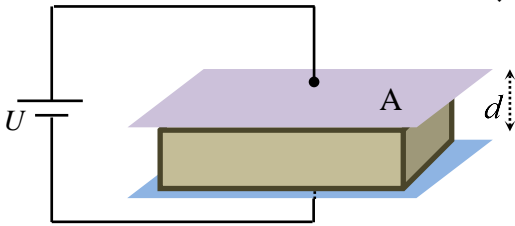
## פרק 3

# קבלים במעגל החשמלי

### סרטון – מהו קבל:

#### הגדרות יסודיות:

1. הקשר המרכזי בין המטען  $Q$ , המתח  $V$  והקיבול  $C$  של הקבל הוא:  $Q = CV$ .
2. הקיבול עצמו מוגדר בתור מטען ליחידת מתח:  $C = \frac{Q}{V}$ .
3. יחידות הקיבול הן פאראד ( $F$ ). מקובל להשתמש בסדרי הגודל:  $\mu F$ ,  $nF$ ,  $pF$ .
4. השדה החשמלי שבין לוחות הקבל הוא:  $E = \frac{U}{d}$ .



#### קיבול במידות הקבל

#### תלות ה

#### ובמקדם הדיאלקטרי:

הקיבול של קבל לוחות שאורכו  $d$  ושטח הלוחות  $A$  שבו חומר מבודד עם מקדם

$$C = \varepsilon \frac{A}{d}$$

דיאלקטרי  $\varepsilon$  הוא:

המקדם הדיאלקטרי ייכתב באופן הבא:  $\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_r$ , כאשר  $\varepsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{F}{m}$  הוא

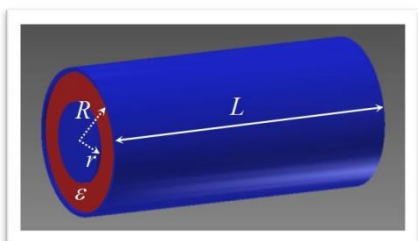
המקדם הדיאלקטרי של ריק ו- $\varepsilon_r$  הוא המקדם הדיאלקטרי היחסי של החומר.

$$[\varepsilon] = \frac{F}{m}$$

יחידות המקדם הדיאלקטרי:

טבלת המקדמים הדיאלקטריים היחסיים של חומרים נפוצים:

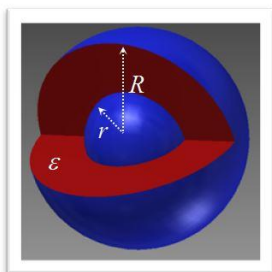
המקדם הדיאלקטרי היחסי $\epsilon_r$	הדיאלקטרון
1	ריק
1.0006	אוויר
2.1	טפלון
2.5	נייר
3	גומי
5	נציץ
6	זכוכית
6	חרסינה
78.2	מים מזוקקים
1250	בריום טיטנט



**נוסחת הקיבול של קבל קואקסיאלי:**

הקיבול של קבל קואקסיאלי באורך  $L$ , עם רדיוס פנימי  $r$  ורדיוס חיצוני  $R$  כאשר בניהם ישנו חומר דיאלקטרי  $\epsilon$  יחושב לפי:

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_r L}{\ln(R/r)}$$



**נוסחת הקיבול של קבל כדורי:**

הקיבול של קבל כדורי בעל רדיוס פנימי  $r$  ורדיוס חיצוני  $R$  כאשר בניהם ישנו חומר דיאלקטרי  $\epsilon$  יחושב לפי:

$$C = \frac{4\pi\epsilon_0\epsilon_r \cdot R \cdot r}{R - r}$$

**חוזק דיאלקטרי ומתח פריצה:**

1. מתח הפריצה הוא המתח המירבי שניתן להזין לקבל מבלי שהוא ייהרס.
2. החוזק הדיאלקטרי מתאר את המתח המירבי ליחידת אורך שהוא מסוגל להכיל על מנת שיתפקד ולא ייפרץ.

טבלת החוזק הדיאלקטרי של חומרים נפוצים:

$\left[ \frac{kv}{cm} \right]$	החוזק הדיאלקטרי	הדיאלקטרון
30		אוויר
30		בריום טיטנט
80		חרסינה
160		בקליט
200		נייר
600		טפלון
1200		זכוכית
2000		נציץ

### אנרגיה חשמלית האגורה בקבל:

האנרגיה האגורה בקבל בעל מטען  $Q$ , שעליו מתח  $V$  ובעל קיבול  $C$  היא:

$$.E = \frac{Q^2}{2C} = \frac{CV^2}{2} = \frac{QV}{2}$$

## תרגילים:

- (1) שטח הלוח של קבל הוא  $240\text{cm}^2$ . לוחות הקבל מבודדים ע"י שכבת חומר דיאלקטרי שעוביו  $0.5\text{mm}$ . חשב את קיבוליותו של הקבל אם החומר הדיאלקטרי הוא:
- א. נציץ, ובו:  $\epsilon_r = 5$ .
- ב. נייר רווי-פרפין, ובו:  $\epsilon_r = 2.5$ .
- (2) נתון קבל אשר שטח הלוח שלו הוא  $0.8\text{m}^2$ . הלוחות מבודדים ביניהם בשכבת נייר בעלת  $\epsilon_r = 2.5$  שעובייה הוא  $1\text{mm}$ .
- א. חשב את קיבוליות הקבל.
- ב. פי כמה צריך להגדיל את שטח הלוחות מבלי לשנות את המרחק ביניהם אם נרצה להחליפו בקבל עם בידוד אוויר ובעל קיבוליות זהה?
- (3) ברשותנו 7 לוחות קבל בעל שטח של  $10\text{cm}^2$  לכל לוח. אנו רוצים ליצור מהם קבל מרובה לוחות עם בידוד אוויר שקיבוליותו תהיה  $70.8\text{pF}$ . מה צריך להיות המרחק בין הלוחות בהנחה שהמרחק זהה בין כל זוג לוחות?
- (4) שטח הלוח בקבל עם בידוד אוויר הינו  $217\text{cm}^2$ .
- המרחק בין הלוחות הוא  $1.2\text{mm}$  וידוע כי על לוחות הקבל הצטבר מטען של  $64\text{nC}$ .
- א. עד לאיזה מתח נטען הקבל?
- ב. עד איזה מתח צריך לטעון את הקבל אם נגדיל את המרחק בין לוחותיו פי 2, כדי שהמטען על פניו יישאר ללא שינוי?
- ג. האם הקבל ייפרץ כתוצאה מהגדלת המרחק? נמק ע"י חישוב מתאים.

5) קבל A הוא קבל לוחות המורכב משני לוחות עגולים בעלי רדיוס של  $0.4\text{mm}$  ובו חומר מבודד בעל מקדם חלחלות חשמלית (דיאלקטריות) יחסית של 60. קבל B הוא גם קבל לוחות המורכב משני לוחות ריבועיים בעלי אורך צלע של  $0.3\text{mm}$  אשר בניהם חומר בעל מקדם חלחלות יחסית של 50.

א. מצא מה צריך להיות היחס  $\frac{d_A}{d_B}$  על מנת שקיבוליות הקבלים תהיה:

i. זהה.

ii. הקבל A יהיה גדול פי 2 מהקבל B.

ב. כעת מניחים כי  $d_A = d_B$  אך רדיוס הלוחות של קבל A אינו ידוע (כל שאר הפרמטרים נשארים כפי שהם).

מצא את הרדיוס עבורו הקיבולים של שני הקבלים יהיו זהים.

ג. הוכח כי עבור מקרה כללי שבו:  $A_A = 2A_B$  ו-  $2d_A = d_B$  אז כדי שהקיבול

של שני הקבלים יהיה זהה צריך להתקיים:  $4\epsilon_{rA} = \epsilon_{rB}$ .

## תשובות סופיות:

1) א.  $2.124\text{nF}$  ב.  $1.062\text{nF}$

2) א.  $17.7\text{nF}$  ב.  $A = 2\text{m}^2$ . יש להגדיל את שטח הלוחות פי 2.5.

3)  $0.75\text{mm}$



4) א.  $400\text{v}$  ב.  $800\text{v}$

ג. לא, הקבל לא ייפרץ. מתח הפריצה הוא:  $7200\text{V}$  ואצלנו:  $800\text{V} < 7200\text{V}$ .

5) א. i.  $\frac{d_A}{d_B} = \frac{19.2\pi}{9} \approx 6.7$  ii.  $\frac{d_A}{d_B} = \frac{16\pi}{15} \approx 3.35$  ב.  $154\mu\text{m}$ .

## סרטון – חיבור קבלים בטור ומקביל:

סימון קבלים במעגל החשמלי:

קבל מקוטב:	קבל כללי:
	

**חיבור קבלים בטור ובמקביל:**

**חיבור קבלים במקביל:**

הקיבול השקול של  $N$  קבלים במקביל בעלי קיבול  $C_k$  הוא:  $1 \leq k \leq N$ :  $C_T = \sum_{k=1}^N C_k$ .

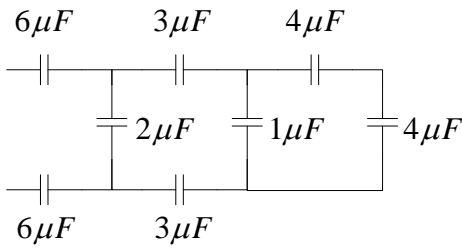
**חיבור קבלים בטור:**

הקיבול השקול של  $N$  קבלים בטור בעלי קיבול  $C_k$  הוא:  $1 \leq k \leq N$ :  $\frac{1}{C_T} = \sum_{k=1}^N \frac{1}{C_k}$ .

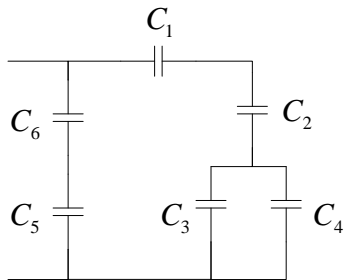
**התייחסות לקבלים עם חומרים דיאלקטריים שונים:**

נפצל קבלים שבהם יותר מחומר דיאלקטרי אחד לקבלים בטור ומקביל, נחשב את ערך הקיבול של כל אחד מהם בנפרד ולבסוף נחבר אותם לפי חוקם החיבור.

## תרגילים:



1) חשב את הקיבול השקול של המעגל הבא :



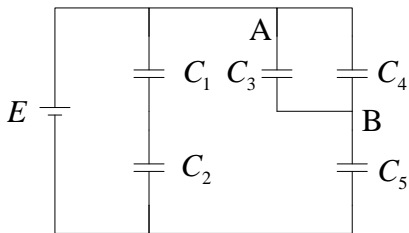
2) לפניך המעגל הבא :

נתון :  $C_1 = 12\mu F$  ,  $C_2 = 18\mu F$  ,  $C_3 = 3\mu F$

$C_4 = 6\mu F$  ,  $C_5 = 12\mu F$  ,  $C_6 = 4\mu F$

ידוע כי המתח על הקבל  $C_2$  הוא  $8v$ .

מצא את המתח על הדקי הקבל  $C_6$ .



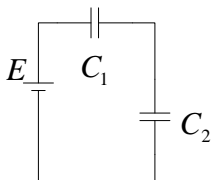
3) לפניך המעגל הבא :

נתון :  $C_1 = 6mF$  ,  $C_2 = 3mF$  ,  $C_3 = 2mF$

$C_4 = 4mF$  ,  $C_5 = 12mF$

א. חשב את הקיבול השקול שרואה מקור המתח.

ב. מצא את מתח המקור אם נתון כי  $V_{AB} = 16v$ .



4) במעגל שלפניך הקבל  $C_2$  הינו קבל לוחות.

נתון :  $E = 30v$  ,  $C_1 = 49pF$  ,  $C_2 = 12.4pF$

א. מהו המתח על הדקי קבל הלוחות?

ב. חשב את האנרגיה האגורה בכל קבל.

ג. טבלו את קבל הלוחות במים מזוקקים וכתוצאה מכך

גדל קיבולו פי 80. חשב את האנרגיה כעת בשני הקבלים.

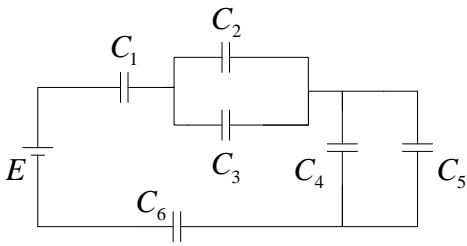
ד. מהו כיוון הכוח הפועל בין לוחות הקבל?

ה. כיצד הייתה משתנה התוצאה של סעיף ב' אם במקום קבל לוחות,

הקבל  $C_2$  היה קבל טפלוון גלילי שבו הרדיוס חיצוני גדול פי 2 מהרדיוס

הפנימי והוא באורך של  $1cm$ ?





5) לפניך המעגל הבא :

נתון :  $C_1 = 10\mu F$  ,  $C_3 = 4\mu F$  ,  $C_4 = 7\mu F$

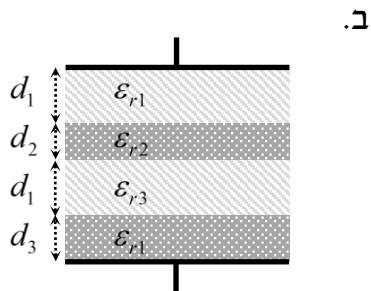
$C_5 = 3\mu F$  ,  $C_6 = 10\mu F$

מצא מה צריך להיות ערכו של  $C_2$  על מנת

שמתח המקור יהיה 100v אם ידוע :  $U_{C_6} = 25v$ .

6) לפניך מספר קבלים עם חומרים דיאלקטרים שונים.

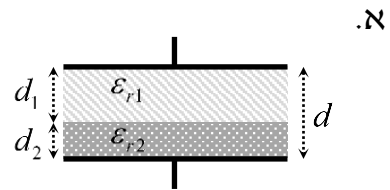
מצא את הקיבול של כל אחד מהם לפי הנתונים הרשומים לידם.



נתון :  $\epsilon_{r1} = 80$  ,  $\epsilon_{r2} = 20$  ,  $\epsilon_{r3} = 500$

$A = 40cm^2$  ,  $d_1 = 0.6mm$  ,  $d_2 = 0.3mm$

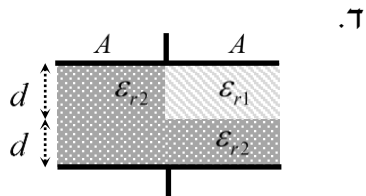
$d_3 = 0.5mm$



נתון :  $d = 5mm$  ,  $d_1 = 0.6d$

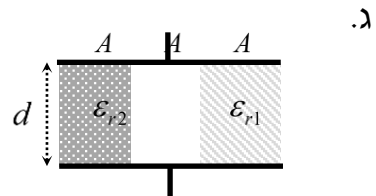
$\epsilon_{r1} = 2.3$  ,  $\epsilon_{r2} = 3.5$

$A = 24cm^2$



נתון :  $\epsilon_{r1} = 36$  ,  $\epsilon_{r2} = 3$  ,  $A = 40cm^2$

$d = 2.4mm$

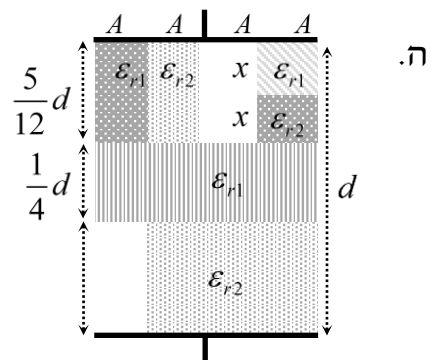


נתון :  $\epsilon_{r1} = 44$  ,  $\epsilon_{r2} = 800$

$d = 1cm$  ,  $A = 20cm^2$

נתון :  $\epsilon_{r1} = 60$  ,  $\epsilon_{r2} = 40$  ,  $A = 5mm^2$

$d = 2.4cm$



---

**תשובות סופיות:**

---

(1)  $1.5\mu F$

(2)  $.27v$

(3) א.  $6mF$  ב.  $.24v$

(4) א.  $23.94v$  ב.  $W_1 = 899pJ$  ,  $W_2 = 3553pJ$

ג.  $E_1 = 20nJ$  ,  $E_2 = 988pJ$

ד. כיוון הכוח הוא מהלוח העליון לתחתון. ה.  $W_1 = 24.5pJ$  ,  $W_2 = 706.44pJ$

(5)  $.6\mu F$

(6) א.  $11.33pF$  ב.  $1.18nF$  ג.  $1.495nF$  ד.  $76.73pF$  ה.  $.279.7fF$

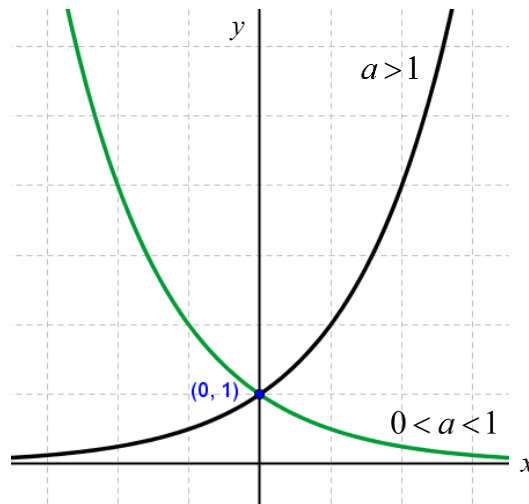
## סרטון – רקע מתמטי- משוואות ופונקציות מעריכיות:

### הפונקציה המעריכית:

עבור הפונקציה:  $y = a^x$  נקבל:

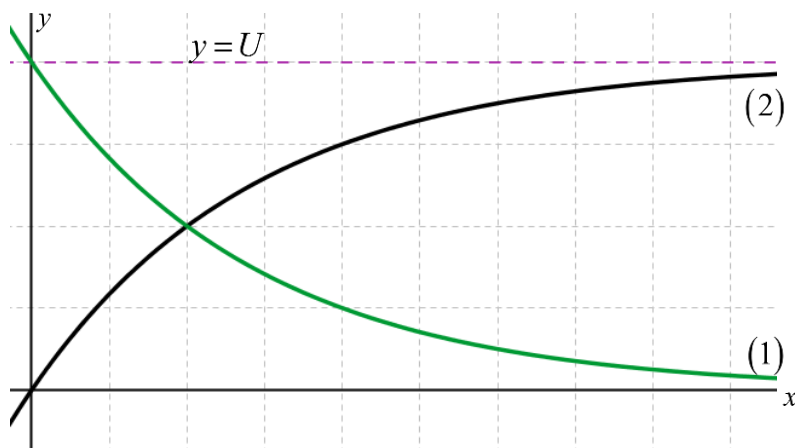
1. הפונקציה תמיד חיובית.
2. הפונקציה תמיד חותכת את ציר ה- $y$  בנקודה שבה:  $y = 1$ .
3. הפונקציה עולה עבור  $a > 1$  ויורדת עבור  $0 < a < 1$ .

### תיאור גרפי של פונקציה מעריכית:



עבור הפונקציה מהצורה:  $y = Ua^{\frac{x}{\tau}}$ , כאשר:  $a, U, \tau$  קבועים, נקבל את גרף (1)

עבור הפונקציה מהצורה:  $y = U \left( 1 - a^{\frac{-x}{\tau}} \right)$ , כאשר:  $a, U, \tau$  קבועים, נקבל את גרף (2)



### קבוע אוילר ואלגברה מעריכית בסיסית:

קבוע אוילר יסומן באות  $e$  וערכו המספרי הוא בקירוב:  $e = 2.718$ .

נפתור את המשוואה מהצורה:  $Ue^{-\frac{x}{\tau}} = A$  באופן הבא:

נחלק ב-  $U$ :

$$e^{-\frac{x}{\tau}} = \frac{A}{U}$$

נוציא  $\ln$  משני אגפי המשוואה:  $\ln\left(e^{-\frac{x}{\tau}}\right) = \ln\left(\frac{A}{U}\right)$   $\rightarrow \ln(\ )$   $\therefore e^{-\frac{x}{\tau}} = \frac{A}{U}$

נעזר בכלל:  $\log_a b^n = n \cdot \log_a b$  כאשר החזקה  $n$  היא אצלנו היא  $-\frac{x}{\tau}$ .

נוריד אותה ונקבל:

$$-\frac{x}{\tau} \ln e = \ln\left(\frac{A}{U}\right)$$

נעזר בכלל:  $\log_a a = 1$   $\therefore \ln e = \log_e e = 1$  אצלנו לפי:

נקבל את המשוואה:

$$-\frac{x}{\tau} = \ln\left(\frac{A}{U}\right)$$

נבודד את הנעלם:

$$\boxed{x = -\tau \ln\left(\frac{A}{U}\right)}$$

נפתור את המשוואה מהצורה:  $U\left(1 - e^{-\frac{x}{\tau}}\right) = A$  באופן הבא:

נחלק ב-  $U$ :

$$1 - e^{-\frac{x}{\tau}} = \frac{A}{U}$$

נבודד את הביטוי המעריכי:

$$e^{-\frac{x}{\tau}} = 1 - \frac{A}{U}$$

נוציא  $\ln$  משני אגפי המשוואה:  $\ln\left(e^{-\frac{x}{\tau}}\right) = \ln\left(1 - \frac{A}{U}\right)$   $\rightarrow \ln(\ )$   $\therefore e^{-\frac{x}{\tau}} = 1 - \frac{A}{U}$

נוריד את החזקה:

$$-\frac{x}{\tau} \ln e = \ln\left(1 - \frac{A}{U}\right)$$

נמחק את  $\ln e$  ונקבל:

$$-\frac{x}{\tau} = \ln\left(1 - \frac{A}{U}\right)$$

נמצא את הנעלם:

$$\boxed{x = -\tau \ln\left(1 - \frac{A}{U}\right)}$$

## סרטון – הקבל במעגל החשמלי:

### הגדרות בסיסיות:

#### טעינה של קבל:

מצב בו הקבל מקבל מטענים ממקור במעגל וכתוצאה מכך המתח על פניו עולה עד לערך מסוים.

#### פריקה של קבל:

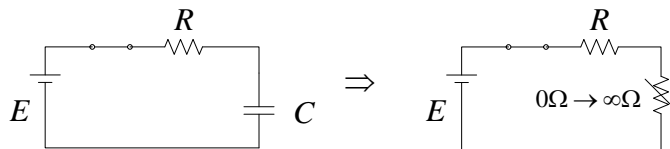
מצב בו הקבל מוציא מטענים אל המעגל.

### ארבע התובנות של התנהגות הקבל:

1. הזרם במעגל ברגע הראשון שווה ל- $E/R$ .
2. הזרם לאחר זמן רב הוא אפס.  
נסמן את הזרם ההתחלתי כך:  $I(0)$  ונקבל:  $I(0) = \frac{E}{R}$ .
3. המתח על פני הקבל ברגע הראשון הוא אפס.  
נסמן את המתח ההתחלתי שעל הקבל כך:  $U_c(0)$  ונקבל:  $U_c(0) = 0$ .
4. המתח על פני הקבל לאחר זמן רב שווה למתח מהמקור  $E$ .  
נסמן את המתח שעל הקבל במצב המתמיד כך:  $U_c(\infty)$  ונקבל:  $U_c(\infty) = E$ .

### מידול הקבל לנגד:

ניתן למדל את הקבל לנגד שהתנגדותו ברגע הראשון היא  $0\Omega$ , ז"א חוט, ובמהלך פעולת המעגל התנגדותו גדלה עד ל- $\infty\Omega$ , שמשמעו נתק.



## משוואות הדפקים:

### מקרה כללי:

הזרם, המתח והמטען של פני הקבל כתלות בזמן  $t$  כאשר הפרמטרים ההתחלתיים הם:  $U_c(0)$ ,  $I_c(0)$ ,  $Q_c(0)$  והפרמטרים במצב המתמיד הם:  $U_c(\infty)$ ,  $I_c(\infty)$ ,  $Q_c(\infty)$  מתנהגים בצורה הבאה:

$$U_c(t) = U_c(\infty) - (U_c(\infty) - U_c(0^+))e^{-\frac{t}{\tau}}$$

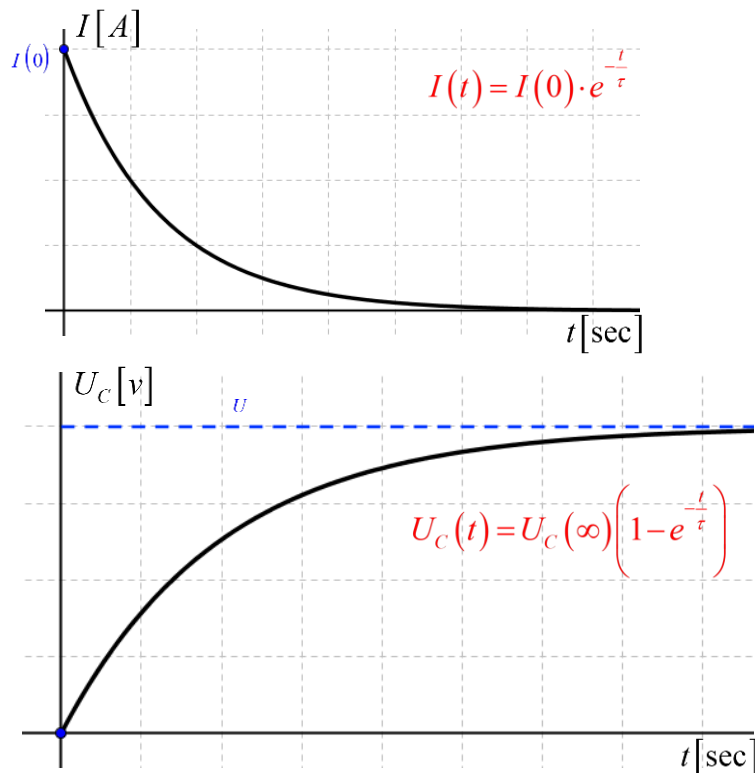
$$I(t) = I(\infty) - (I(\infty) - I(0^+))e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$Q_c(t) = Q_c(\infty) - (Q_c(\infty) - Q_c(0^+))e^{-\frac{t}{\tau}}$$

### מקרה פרטי – משוואת של מעגל טעינה:

עבור:  $U_c(\infty) = U$ ,  $I_c(\infty) = 0$  ו-  $U_c(0) = 0$ ,  $I_c(0) = I(0)$   
נקבל את המשוואות הבאות:

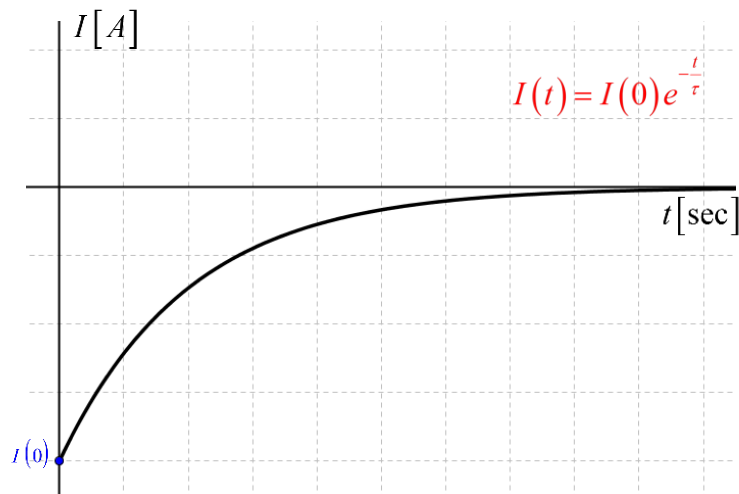
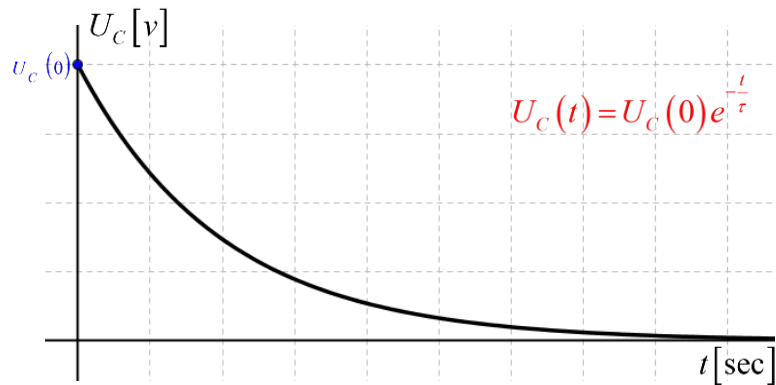
$$Q_c(t) = C \cdot U \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right), \quad I(t) = I(0) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}, \quad U_c(t) = U \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$



**מקרה פרטי – משוואות של מעגל פריקה:**

עבור:  $U_c(\infty) = 0, I_c(\infty) = 0$  ו-  $U_c(0) = U, I_c(0) = I(0)$   
 נקבל את המשוואות הבאות:

$$Q_c(t) = C \cdot U \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}, \quad I(t) = I(0) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}, \quad U_c(t) = U \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$



**קבוע הזמן של המעגל:**

הקבוע  $\tau$  נקרא קבוע הזמן של טעינת ופריקת הקבל והוא שווה למכפלת הקיבול בהתנגדות שהקבל רואה:  $\tau = R_T C$ . יחידותיו הן:  $[\tau] = \text{sec}$ .

במעגל טעינה נקבל לאחר  $t = \tau$  טעינה עד לערך של 63% מערך המתח המירבי ודעיכה של 63% מהזרם ההתחלתי.

במעגל פריקה נקבל לאחר  $t = \tau$  פריקה של 63% מערך המתח ההתחלתי ודעיכה של 63% מהזרם ההתחלתי.

## איזון מטענים:

במעגל בו לשני קבלים  $C_1$  ו- $C_2$  המחוברים במקביל זה לזה, יש מטענים התחלתיים  $Q_1$  ו- $Q_2$  נעזר בחוק שימור המטען כדי למצוא את המטענים  $q_1$  ו- $q_2$  שעל פני כל קבל במצב המתמיד:  $Q_1 + Q_2 = q_1 + q_2$ .

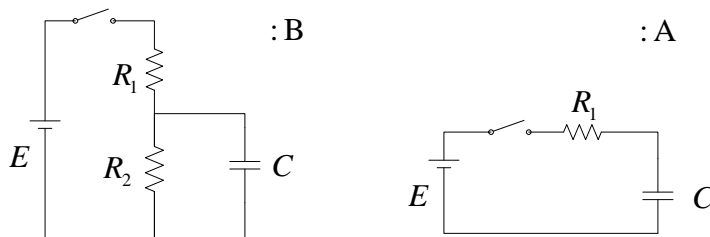
נחבר משוואה נוספת לפי שוויון מתחים במצב המתמיד:  $\frac{q_1}{C_1} = \frac{q_2}{C_2}$ .

נקבל את הפתרונות:  $q_2 = \frac{C_2}{C_2 + C_1} Q$ ,  $q_1 = \frac{C_1}{C_2 + C_1} Q$  כאשר:  $Q = Q_1 + Q_2$ .

## תרגילים:

1) לפניך שני המעגלים הבאים:

נתון:  $E = 12V$ ,  $R_1 = R_2 = 1k\Omega$ ,  $C = 10\mu F$ .

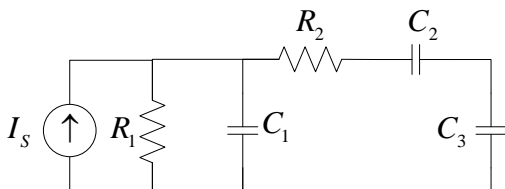


- מצא את הזרם במעגל ברגע סגירת המפסק.
- מצא את הזרם בכל מעגל במצב המתמיד.
- מה הם הזרם והמתח שעל פני הקבל ברגע סגירת המפסק?
- מה הם הזרם והמתח שעל פני הקבל במצב המתמיד?
- מהו המטען שהצטבר על הקבל במצב המתמיד בכל מעגל?

2) לפניך המעגל הבא:

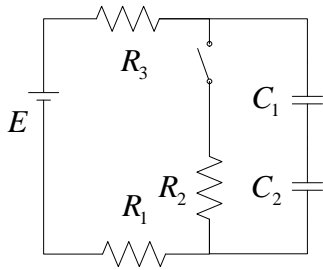
נתון:  $I_s = 12A$ ,  $R_1 = 2\Omega$ ,  $R_2 = 100\Omega$ .

$C_1 = 1.9\mu F$ ,  $C_2 = 3\mu F$ ,  $C_3 = 2\mu F$



- חשב את הזרם דרך כל נגד במצב המתמיד.
- חשב את המתח על כל קבל במצב המתמיד.
- מחליפים את הנגד  $R_2$  בנגד חדש בעל התנגדות של  $1k\Omega$ . כיצד ישתנו הזרמים במעגל במצב המתמיד?





3 לפניך המעגל הבא :

נתון :  $E = 12v$  ,  $R_1 = 4k\Omega$  ,  $R_2 = 6k\Omega$

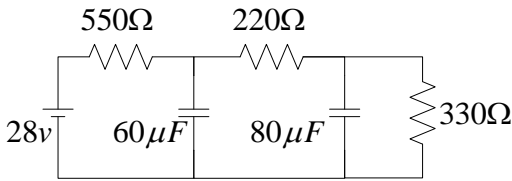
$R_3 = 8k\Omega$  ,  $C_1 = 15mF$  ,  $C_2 = 5mF$

חשב את הערכים הבאים בשני המצבים :  
כאשר המפסק פתוח וכאשר הוא סגור .

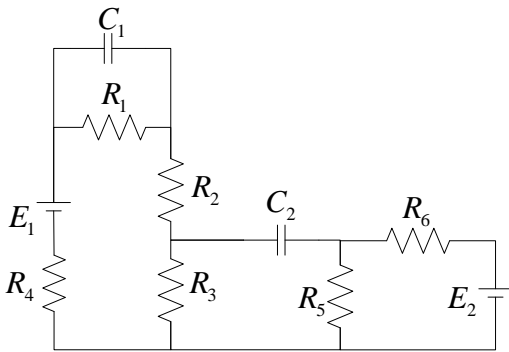
א. מה יהיה המתח על כל קבל במצב המתמיד?

ב. חשב את הזרם הכללי במעגל במצב המתמיד.

ג. חשב את האנרגיה האגורה בשני הקבלים כאשר המפסק סגור לאחר זמן רב.



4 כמה מטען ואנרגיה אגורים בכל אחד מהקבלים במצב המתמיד במעגל הבא :



5 לפניך המעגל הבא :

נתון :  $E_1 = 15v$  ,  $E_2 = 12v$  ,  $R_1 = 2k\Omega$

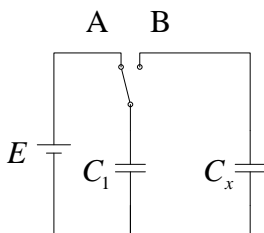
$R_2 = 3k\Omega$  ,  $R_3 = 5k\Omega$  ,  $R_4 = 5k\Omega$

$R_5 = 2k\Omega$  ,  $R_6 = 4k\Omega$  ,  $C_1 = 1\mu F$

$C_2 = 3\mu F$

חשב את מתחי הקבלים במצב המתמיד.

6 לפניך המעגל הבא :



ידוע כי :  $C_1 = 4\mu F$  וכי מקור המתח הוא :  $E = 500v$  .

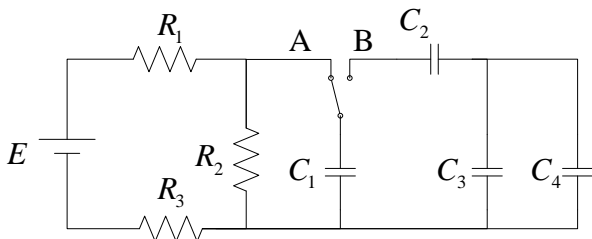
בשלב הראשון המפסק היה במצב A למשך זמן רב.

לאחר מכן העבירו אותו למצב B והקבל  $C_x$  נטען

למתח של  $200v$  .

מצא את קיבולו של הקבל  $C_x$  ואת המטענים שעל

פני כל קבל במצב המתמיד.



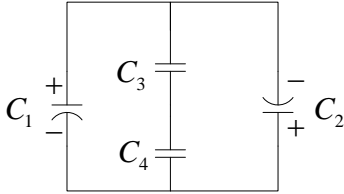
7 לפניך המעגל הבא :

נתון :  $E = 12v$  ,  $R_1 = 3k\Omega$  ,  $R_2 = 1k\Omega$

$R_3 = 2k\Omega$  ,  $C_1 = 5\mu F$  ,  $C_2 = 3\mu F$

$C_3 = 4\mu F$  ,  $C_4 = 2\mu F$

לאחר שהמפסק היה זמן רב בנקודה A, הוא הועבר לנקודה B. חשב את המתח והמטען שעל פני כל אחד מהקבלים לאחר שהמפסק היה במצב B במשך הרבה זמן.



8) למעגל הנתון חוברו הקבלים  $C_1 = 4\mu F$

ו-  $C_2 = 2\mu F$  שהיו טעונים לפי הקוטביות הנתונה באיור. לפני חיבורם למעגל הנתון, נטען הקבל  $C_1$  למתח של  $10V$  ואילו

הקבל  $C_2$  נטען עד שמטענו הכולל הוא  $10\mu C$ .

נתון כי:  $C_3 = 2\mu F$ ,  $C_4 = 1\mu F$ .

חשב את המתח והמטען שעל פני כל הקבלים במעגל לאחר זמן רב.

9) קבל ריק בעל קיבול של  $2mF$  מחובר בטור למקור מתח של  $25V$  והתנגדות של  $10\Omega$ . הקבל מתחיל להיטען.

א. מהו קבוע הזמן של טעינת הקבל?

ב. מצא את המתח שעל פני הקבל לאחר  $10msec$ .

ג. מה המתח שעל פני הקבל לאחר פרק זמן של  $2\tau$ .

ד. כיצד תשתנה התוצאה של סעיף ג' אם נשנה את ערכי הקיבול או ההתנגדות במעגל?

ה. מהו הזרם ההתחלתי במעגל?

ו. מה יהיה הזרם במעגל לאחר  $10msec$ ?

ז. מצא את הזמן שלוקח לקבל להיטען עד למתח של  $15V$ .

ח. מצא את הזמן שלוקח לזרם במעגל לרדת עד ל-10% מערכו ההתחלתי.

10) במעגל שלפניך נתון כי בזמן  $t = 0$  הקבל היה ריק.

נתון:  $E = 12V$ ,  $R_1 = 2k\Omega$ ,  $R_2 = 3k\Omega$

$R_3 = 7k\Omega$ ,  $C = 3\mu F$

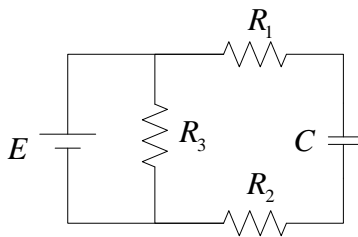
א. מהו זרם הטעינה ההתחלתי של הקבל?

ב. חשב את קבוע הזמן של המעגל.

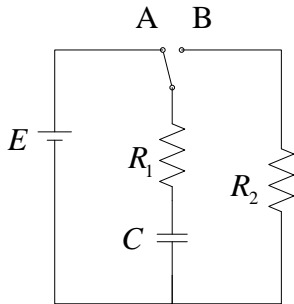
ג. מהו המתח על פני הקבל כעבור  $18msec$ ?

ד. לאחר כמה זמן נטען הקבל למתח של  $7V$ ?

ה. סרטט את גרף טעינת הקבל וציין את הנקודות שחישבת בסעיפים הקודמים.



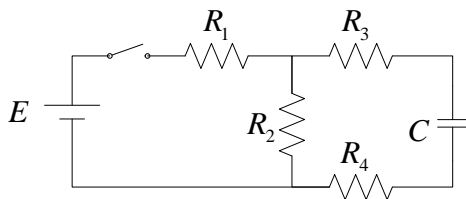
- 11) על קבל שקיבולו  $10mF$  נמדד מתח של  $32v$ . בזמן מסוים חיברו את הקבל במקביל לנגד שהתנגדותו  $2k\Omega$  והקבל החל להתפרק דרך הנגד.
- מהו המטען האגור בקבל רגע לפני הפריקה?
  - מהו זרם הפריקה ההתחלתי של הקבל?
  - חשב את הזמן בו נמדד מתח של  $13v$  על פני הנגד?
  - כמה מתח נשאר על הקבל לאחר שעברו  $15sec$  מרגע התחלת הפריקה?
  - כמה זמן נדרש לפריקה מלאה של הקבל?



- 12) במעגל הנתון המפסק היה זמן רב בנקודה B. נתון:  $E = 30v$ ,  $R_1 = 10k\Omega$ ,  $R_2 = 20k\Omega$ ,  $C = 20\mu F$ .

בזמן  $t = 0$  חיברו את המפסק לנקודה A.

- חשב תוך כמה זמן יימדד מתח של  $20v$  על פני הקבל.
  - מהו הזרם דרך הנגד  $R_1$  בזמן שנמדד מתח של  $23v$  על הקבל?
  - מהו פרק הזמן המינימלי שיש להשאיר את המפסק בנקודה A, על מנת שהקבל יטען למקסימום הניתן?
- לאחר שהמפסק היה זמן רב בנקודה A (לפי סעיף ג') העבירו אותו לנקודה B.
- מהו זרם הפריקה המיידי של הקבל?
  - תוך כמה זמן נמדד זרם של  $0.65mA$  דרך הנגדים מרגע חיבור המפסק לנקודה B?



13) לפניך המעגל הבא:

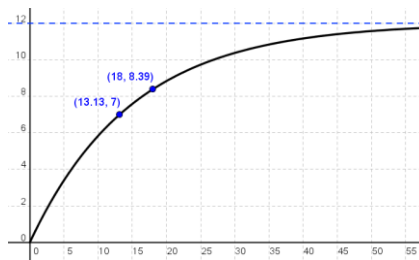
- נתון:  $E = 220v$ ,  $R_1 = 5k\Omega$ ,  $R_2 = 2k\Omega$ ,  $R_3 = 1k\Omega$ ,  $R_4 = 1k\Omega$ ,  $C = 25\mu F$ .

בתחילה הקבל פרוק לגמרי.

- תוך כמה זמן מרגע סגירת המפסק יגיע הקבל למתח המקסימלי אליו הוא יכול להיטען? ומהו מתח זה?
- לאחר שהקבל נטען לערכו המקסימלי, פתחו את המפסק.
  - מהו המתח על פני  $R_2$  מיד עם פתיחת המפסק?
  - תוך כמה זמן יימדד מתח של  $9v$  על פני הנגד  $R_4$ ?

## תשובות סופיות:

- א.  $I_A(0) = I_B(0) = 12mA$  .ב.  $I_A(\infty) = 0A$  ,  $I_B(\infty) = 6mA$  .ג.  $U_{C(A,B)}(0) = 0v$  ,  $I_{C(A,B)}(0) = 12mA$  .ד.  $U_{C(A)}(\infty) = 12v$  ,  $U_{C(B)}(\infty) = 6v$  ,  $I_{C(A,B)}(\infty) = 0A$  .ה.  $Q_{C(A)} = 120\mu C$  ,  $Q_{C(B)} = 60\mu C$  .
- א.  $I_{R_1} = 12A$  ,  $I_{R_2} = 0A$  .ב.  $U_{C_1} = 24v$  ,  $U_{C_2} = 9.6v$  ,  $U_{C_3} = 14.4v$  .ג. הזרמים לא ישתנו כלל.
- א.  $S = 0: U_{C_1} = 3v$  ,  $U_{C_2} = 9v$  ,  $S = 1: U_{C_1} = 1v$  ,  $U_{C_2} = 3$  .ב.  $I_{(S=0)} = 0A$  ,  $I_{(S=1)} = 0.66mA$  .ג.  $W_{eq} = 30mJ$  .
- א.  $60\mu F: Q = 840\mu C$  ,  $W = 5.88mJ$  ;  $80\mu F: Q = 672\mu C$  ,  $W = 2.822mJ$  .ב.  $U_{C_1} = 2v$  ,  $U_{C_2} = 1v$  .
- א.  $q_1 = 0.8mC$  ,  $q_x = 1.2mC$  ,  $C_x = 6\mu F$  .
- א.  $C_1: U = 1.428v$  ,  $Q = 7.14\mu C$  ,  $C_2: U = 0.953v$  ,  $Q = 2.86\mu C$  .  
ב.  $C_3: U = 0.475v$  ,  $Q = 1.9\mu C$  ,  $C_4: U = 0.475v$  ,  $Q = 0.96\mu C$  .
- א.  $C_1: U = 4.5v$  ,  $Q = 18\mu C$  ,  $C_2: U = 4.5v$  ,  $Q = 9\mu C$  .  
ב.  $C_3: U = 1.5v$  ,  $Q = 3\mu C$  ,  $C_4: U = 3v$  ,  $Q = 3\mu C$  .
- א.  $20msec$  .ב.  $9.83v$  .ג.  $21.616$  .ד. לא.
- א.  $2.5A$  .ב.  $1.516A$  .ג.  $18.325msec$  .ד.  $46.05msec$  .
- א.  $2.4mA$  .ב.  $15msec$  .ג.  $8.385v$  .ד.  $13.13msec$  .
- ה. להלן גרף הפונקציה:



11) א.  $320mC$  ב.  $16mA$  ג.  $18.015sec$  ד.  $15.115V$  ה.  $100sec$ .

12) א.  $0.219sec$  ב.  $0.7mA$  ג.  $1sec$  ד.  $1mA$  ה.  $0.258sec$ .

13) א.  $U = 62.857V, \Delta t = 0.428sec$  ב. i.  $31.428V$  ii.  $55.734msec$ .