

הוראות לדף הנוסחאות



הוראות הדפסה:

את הדף יש להדפיס עם שוליים מותאמים אישית ברוחב 0.5 בכל צד.

ב WORD, יש לבחור בלשונית הדפסה את חלון השוליים, לבחור שוליים מותאמים אישית ולשנות ל 0.5 בכל הכיוונים

עריכה:

בדף הכנסנו כמה שיותר הסברים, נוסחאות ותמונות. אם מספר העמודים חורג ממספר העמודים המותר בבחינה ניתן לערוך את קובץ ה WORD ולהוריד הסברים מורחבים, תמונות או נוסחאות טריוויאליות. ניתן גם כמובן להוסיף הסברים שלכם או נוסחאות.

בכל מקרה מומלץ מאוד לעבור על הדף לפני המבחן!! הוא גם סיכום של החומר.

אין להוריד את הסמל של GOOL או כל סימן מסחרי אחר!!

מבנה הדף:



הדף בנוי משלושה טורים.

ההתחלה היא בפינה הימנית העליונה.

בסוף הטור הראשון עוברים לטור השני באותו עמוד (ולא לעמוד הבא). בסוף הטור האחרון עוברים לטור הראשון (הימני) בעמוד הבא.

ניתן לשנות את כיוון הפריסה לרוחב, זה יוצר מראה יותר מרווח על חשבון מספר עמודים.

כל הזכויות שמורות למני גבאי ולאתר GOOL

הדף מיועד לכל שימוש שאינו מסחרי ובפרט לשימוש מרצים, מורים, סטודנטים ותלמידים בקורסים שונים, ניתן לערוך את הדף אך יש להשאיר סימונים של אתר גול.

מבוא פיזיקלי

חוקי חזקות:	$(ab)^c = a^b b^c$; $a^b a^c = a^{b+c}$
מעברים בין יחידות:	$(a^b)^c = a^{bc}$; $\frac{1}{a^b} = a^{-b}$
קיל (k) זה 1000 :	$1km=1000m$; $1kg=1000gr$
מיל (m) זה $\frac{1}{1000}$ לדוגמה:	$1mm = \frac{1}{1000}m$; $1mg = \frac{1}{1000}gr$
ליטר:	$1liter=1000cm^3$
קוב:	$1000m^3 = 1000liter$
שנת אור היא המרחק שהאור עושה בשנה:	$1lightyear = 9.4608 \cdot 10^{15}m$

מבנה החומר

גודל אטום המימן (הקטן ביותר):	$0.53 \cdot 10^{-10}m$
יחידת האנסטרום:	$1\text{\AA} = 10^{-10}m$
פרוטונים מסמנים ב- p נייטרונים ב- n ואלקטרונים ב- e	
מסת הפרוטון והנייטרון:	$m_n \approx m_p = 1.67 \cdot 10^{-27}kg$
מסת האלקטרון:	$m_e = 9.1 \cdot 10^{-31}kg$
מסת האלק' קטנה בערך פי 2000 ממסת הפרוטון וזניחה ביחס אליו. לכן, בקירוב טוב, הפרוטונים והנייטרונים קובעים את מסת האטום.	
מטען האלקטרון:	$q_e = -1.6 \cdot 10^{-19}c$
מטען הפרוטון זהה והפוך בסימנו:	$q_p = 1.6 \cdot 10^{-19}c$
הנייטרון לא מושפע מהכוח החשמלי ולכן אין לו מטען.	
המטען החשמלי של כל גוף יהיה חייב להיות כפולה שלמה של מטען הפרוטון או האלקטרון.	

הכוח החשמלי - חוק קולון

חוק קולון:	$F = \frac{kq_1q_2}{r^2}$
r - הוא המרחק בין הגופים	
קבוע הכוח החשמלי האוניברסלי:	$k = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{c^2}$
הכוח הוא כוח דחיה אם סימן המטענים זהה ומשיכה אם הסימן הפוך.	
הנוסחה נכונה רק עבור מטענים נקודתיים או כדורים הטעונים בצורה אחידה. מטען נקודתי הוא גוף שהגודל שלו קטן בהרבה מ- r , המרחק שבו מחשבים את הכוח.	
הנוסחה נכונה עבור שני מטענים הנמצאים בריק, כאשר המטענים נמצאים בתוך (לדוגמה מים או שמן) הכוח משתנה.	

חוק גאוס ברמה איכותית

קבוע הדיאלקטרי של הריק:	$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85 \frac{c^2}{N \cdot m^2}$
ניתן לרשום את כל הנוסחאות עם k או עם ϵ_0 .	
השדה של כדור וקליפה כדורית מחוץ לכדור או הקליפה הוא כמו של מטען נקודתי:	$E = \frac{kQ}{r^2}$
כאשר Q הוא סך כל המטען. r הוא המרחק ממרכז הקליפה/כדור.	
כיוון השדה הוא בכיוון הרדיאלי (כמו מטען נק') - בקליפה דקה ובכדור מוליך השדה בתוך הקליפה/כדור מוליך הוא אפס.	
השדה של מישור אינסופי:	$E = 2\pi k\sigma = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$
כאשר σ היא צפיפות המטען ליחידת שטח במישור ($\sigma = \frac{Q}{A}$).	
כיוון השדה במאונך למישור (החוצה מהמישור עבור מטען חיובי וכלפי המישור עבור מטען שלילי) השדה של שני מישורים אינסופיים עם צפיפות הפוכה הוא $4\pi k\sigma$ בין המישורים ואפס מחוץ.	
השדה של תיל אינסופי:	$E = \frac{2k\lambda}{r}$
λ - היא צפיפות המטען ליחידת אורך בתיל ($\lambda = \frac{Q}{L}$)	
r - הוא המרחק מהתיל.	
אותה הנוסחה גס עבור גליל מלא או קליפה גלילית אינסופיים מחוץ לגליל או לקליפה.	
- בקליפה גלילית דקה ובגליל מלא מוליך השדה בתוך הקליפה/גליל מוליך הוא אפס.	
- כיוון השדה הוא בכיוון הרדיאלי (גלילי)	

השדה החשמלי

הכוח הפועל על מטען הנמצא בשדה חשמלי E :	$F = qE$
השדה שיוצר מטען נקודתי בכל המרחב:	$E = \frac{kq}{r^2}$
r - הוא המרחק מהמטען לנקודה בה מחשבים את השדה. עבורו השופרופוזיציה: השדה השקול בנקודה במרחב הוא סכום וקטורי של כל השדות שיוצרים כל המטענים באותה נקודה.	
קווי שדה: מתארים איכותית את השדה במרחב. כיוון השדה בנקודה משיק לקווי השדה וגודלו בהתאם לצפיפות הקווים.	

מוליכים

- במוליך המטענים חופשיים לזוז.	
- השדה מתאפס (או ליתר דיוק הכוח) בתוך המוליך.	
- על השפה יכול להיות שדה מאונך לשפה.	
- המטען הכולל בתוך המוליך מתאפס למעט על השפה(במצב סטטי).	
- הארקה: חיבור לקרקע, מאפסת את הפוטנציאל.	
מתח פוטנציאל ואנרגיה של הכוח החשמלי	

הכוח החשמלי הוא כוח משמר ולכן האנרגיה של מטען הנע בהשפעת הכוח החשמלי נשמרת.	
משוואת שימור אנרגיה:	$\frac{1}{2}mv_i^2 + U_i = \frac{1}{2}mv_f^2 + U_f$
v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.	
U_f / U_i - האנרגיה הפוטנציאלית בהתחלה / סוף התנועה.	
אנרגיה פוטנציאלית של שני מטענים נקודתיים (או האנרגיה פוטנציאלית של מטען נקודתי הנע בהשפעת הכוח החשמלי של מטען נקודתי אחר):	$U = \frac{kq_1q_2}{r}$
- שימו לב להציב גם את סימני המטענים בנוסחה! העבודה שמבצע הכוח החשמלי שווה למינוס השינוי באנרגיה הפוטנציאלית של המערכת (או המטען שנע):	

$W_{\text{חשמלי}} = -\Delta U$	
העבודה הדרושה להזיז מטען היא עבודה שאנחנו מבצעים כנגד הכוח החשמלי ולכן היא מינוס העבודה של הכוח החשמלי ושווה לשינוי האנרגיה הפוטנציאלית (ללא מינוס):	$W_{\text{מטען}} = -W_{\text{חשמלי}} = \Delta U$
פוטנציאל הוא אנרגיה ליחידת מטען. הפוטנציאל היא פונקציה מתמטית שאומרת לנו מה תהיה האנרגיה הפוטנציאלית בנקודה מסוימת.	
האנרגיה של מטען נקודתי הנמצא בנקודה בה הפוטנציאל הוא V :	$U = qV$
פונקציית הפוטנציאל שיוצר מטען נקודתי במרחב:	$V = \frac{kq}{r}$
r - המרחק מהמטען.	

היחידות הסטנדרטיות של הפוטנציאל הן וולט [V]. אחד וולט הוא גאול חלקי קולון.	
סופרפוזיציה: על מנת לחשב את הפוטנציאל בנקודה במרחב ניתן לחבר את הפוטנציאל שיוצר כל מטען באותה נקודה. החיבור הוא סקלרי ויותר פשוט מחיבור שדות.	
מתח: הפרש פוטנציאלים, מסומן ב ΔV אבל לפעמים מסומן גם ב V לבד כמו הפוטנציאל, כי פוטנציאל בנקודה הוא גם מתח (הפרש פוטנציאלים) מהאפס.	
יחידת האלקטרון וולט [eV]: יחידת של עבודה/אנרגיה. נוחה לעבודה, לדוגמה: האנרגיה של אלקטרון בפוטנציאל 5 וולט היא פשוט 5 אלקטרון וולט. $1eV = 1.6 \cdot 10^{-19}J$	
הפרש הפוטנציאלים (או המתח) בשדה אחיד:	

$\Delta V = -\vec{E} \cdot \Delta \vec{x} = - \vec{E} \Delta \vec{x} \cos \alpha$	
פוטנציאל של לוח אינסופי (כאשר בוחרים פוטנציאל אפס על הלוח):	$U(x) = -2\pi k\sigma x$
σ - צפיפות המטען המשטחית על הלוח.	
x - המרחק מהלוח.	
הפוטנציאל במוליכים קבוע (אחיד) ושווה לערך על השפה (לא בהכרח אפס) הפוטנציאל של כדור מוליך בכל המרחב:	

Q - סך המטען של הכדור	
R - רדיוס הכדור	
r - המרחק ממרכז הכדור	
שימו לב שהפוטנציאל בתוך הכדור אינו תלוי במרחק (קבוע).	
הפוטנציאל של כדור Q : $V(r) = \begin{cases} \frac{kQ}{R}, & r \leq R \\ \frac{kQ}{r}, & r \geq R \end{cases}$	
גדול, ∞ ולכן הפוטנציאל אפס.	
חיבור של שני מוליכים בחוט מוליך: מאלץ את הפוטנציאלים שלהם להיות שווים (מטען יזרום ממוליך אחד לשני עד השוואת הפוטנציאלים)	
הארקה: חיבור מוליך לכדור Q , מאלץ את הפוטנציאל של המוליך להיות אפס (כמו כדור Q).	
חישוב אנרגיה פוטנציאלית של מערכת שלמה (העבודה הדרושה לבניית המערכת):	
דרך 1: נסכום את העבודות להביא את המטענים אחד אחרי השני. עבור המטען הראשון, העבודה היא אפס (כי אין אף מטען אחד במרחב שיוצר פוטנציאל). עבור המטען השני, העבודה לקרב אותו למטען הראשון*. עבור המטען השלישי העבודה לקרב לשני המטענים**, וכן הלאה. במקרה של שלושה מטענים החישוב הוא:	

$W = 0 + q_2 \frac{kq_1}{r_{12}} + q_3 \left(\frac{kq_1}{r_{13}} + \frac{kq_2}{r_{23}} \right)$	
דרך 2: נסכום את האנרגיה של כל זוג מטענים במערכת. במקרה של שלושה מטענים:	
$W = \frac{kq_1q_2}{r_{12}} + \frac{kq_1q_3}{r_{13}} + \frac{kq_2q_3}{r_{23}}$	

זרם מתח והתנגדות

הזרם הוא כמות המטען שעוברת ביחידת זמן	
חישוב זרם קבוע או ממוצע:	$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$

I הוא סקלר אבל כיוון הזרם נקבע לפי כיוון תנועת המטענים החיוביים.

היחידות הסטנדרטיות של זרם הם אמפר $IA=I/C/sec$	
בגרף של $I(t)$ סך המטען שעבר הוא השטח מתחת לגרף.	
בגרף של $q(t)$ שיפוע הגרף שווה לזרם. אם הגרף לינארי ניתן לרשום:	$q(t) = I \cdot \Delta t + q_0$
מהירות סחיפה:	$I = n_e A q_e v_d$

n_e - מספר האלקטרונים ליחידת נפח.	
A - שטח חתך של המוליך. q_e - מטען האלקטרון.	
v_d - מהירות הסחיפה (מהירות ממוצעת של האלק' במוליך)	
מהירות האות החשמלי היא המהירות שבה ההשפעה של שינוי במקום אחד במעגל מגיעה למקום אחר (לדוגמה, המהירות שבה תידלק נורה כתוצאה מהדלקה של מתג). מהירות האות החשמלי היא מהירות האור והיא גדולה בהרבה ממהירות הסחיפה.	
מקור מתח מבצע עבודה במעגל חשמלי סגור וגורם לתנועה של המטענים(זרם). המקור אינו מוסיף מטענים למעגל.	
חוק אוהם:	$V = IR$
V - מתח על הרכיב. I - זרם ברכיב. R - התנגדות הרכיב. נגד: מוליך שהתנגדותו שלו גדולה בהרבה מן החוטים.	
תלות ההתנגדות במבנה הנגד:	$R = \frac{l}{A} \cdot \rho$

l - אורך הנגד (הדרך שהמטענים עושים בנגד).	
A - שטח חתך, שטח בנגד המאונך לכיוון הזרם.	
ρ - התנגדות סגולית, תכונה שתלויה בסוג החומר ובטמפרטורה ונתונה בטבלאות.	
ההתנגדות של נגד משתנה:	

$R(x) = \rho \cdot \frac{x}{A} = rx$	
כאשר x הוא אורך הנגד (המשתנה)	
r - התנגדות ליחידת אורך (בדרך קבוע) ביחידות של אוהם למטר.	
כא"מ ומתח הדקים בסוללה לא אידיאלית: $\epsilon = V + Ir$	
ϵ - כא"מ, המתח המקסימאלי של הסוללה.	
V - מתח הדקים. r - התנגדות פנימית. I - זרם בסוללה. נוסחה נוספת למתח הדקים עם ההתנגדות השקולה (R_T)	

וללא הזרם:	$V_{\text{הדקים}} = \frac{\epsilon R_T}{R_T + r}$
------------	---

עבודה אנרגיה והספק ברכיבים במעגל GOOL	
העבודה שמתבצעת על מטען q שעובר בנגד תחת מתח V היא:	$W = qV = Q$
כאשר Q זה החום שנוצר בנגד.	

הספק קבוע או ממוצע:	$P = \frac{W}{\Delta t}$
W - העבודה שהתבצעה במרווח הזמן Δt	
היחידות הסטנדרטיות של הספק הן וואט: $1W=1J/sec$	
נוסחה נוספת להספק שנכונה גם להספק רגעי:	

$P = IV = I^2 R = V^2 / R$	
השווין הראשון נכון לכל רכיב חשמלי והשניים האחרונים (עם R) נכונים רק לנגד.	
חיבור נגדים במעגל	
הצד בו הפוטנציאל גבוה בנגד הוא הצד שבו הזרם נכנס לנגד.	
חיבור נגדים בטור:	
חיבור בטור נעשה כאשר הזרם בנגדים זהה	

$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$	
המתח על הנגד השקול שווה לסכום המתחים	
$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \dots$	

חיבור נגדים במקביל:	
חיבור בטור נעשה כאשר המתח בנגדים זהה	
$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$	
הזרם בנגד השקול שווה לסכום הזרמים	
$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$	

הספק המעגל הוא סך ההספקים של הנגדים במעגל או ההספק של הנגד השקול. הספק המעגל שווה להספק המקור (בסוללה אידיאלית).	
--	--

חוקי קירכהוף	
מתאים לפתור מעגלים עם מספר מקורות מתח.	
1. סך הזרמים שנכנסים לצומת שווה לסכום הזרמים שיוצאים מהצומת.	
2. סכום המתחים בלולאה סגורה שווה לאפס.	
נעשה לולאות מתחים עד אשר נעבור על כל הרכיבים במעגל. לנסות משוואות זרמים ונקבל מערכת משוואות ממנה ניתן למצא את הזרמים.	

נצילות במעגל החשמלי

נצילות:	$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$
η - נצילות המעגל.	
P_{out} - ההספק המופק/מונצל ברכיבים השימושיים במעגל	
P_{in} - ההספק המושקע (של הסוללה)	

קבל הוא רכיב חשמלי היכול לאגור מטען. קיבול הוא היחס בין המטען על הקבל לבין המתח בו הוא נמצא.

הנוסחה הבסיסית של קבל (הגדרת הקיבול): $C = \frac{Q}{V}$

C - הקיבול של הרכיב. V - המתח בין שני החלקים. Q - המטען על הלוח החיובי.

יחידות הקיבול הן Farad: $1 \cdot \text{Farad} = \frac{1 \cdot \text{Coulomb}}{1 \cdot \text{Volt}}$
סוגי קבלים נפוצים: קבל לוחות, קבל כדורי וקבל גלילי. בד"כ נעסוק בקבלים עם שני לוחות (קבל לוחות).

הקיבול של קבל לוחות: $C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$

A - שטח כל לוח. d - המרחק בין הלוחות.
תכונת הקיבול: הקיבול תלוי רק במבנה הגיאומטרי (אף פעם לא יהיה תלוי במטען על הקבל או במתח שנופל עליו) לכן הוא תמיד קבוע במעגל (אלא אם משנים את המבנה).
סימון הקבל במעגל: $\text{---}||\text{---}$

לאחר שעבר זמן רב הקבל מתנהג כמו נתק במעגל: כאשר מחברים קבל למקור הוא מתחיל לאגור מטען, תהליך זה נקרא טעינה. התהליך נפסק כאשר המתח בקבל שווה והפוך למתח המופעל עליו, ברגע זה כבר לא יזרום זרם דרך הקבל. והקבל מתנהג כמו נתק במעגל.

חיבור קבלים במקביל: $C_T = C_1 + C_2$
התנאי לחיבור במקביל הוא שהמתח על הקבלים זהה (וזה גם המתח על הקבל השקול)
- המטען על הקבל השקול שווה לסכום המטענים על כל הקבלים.

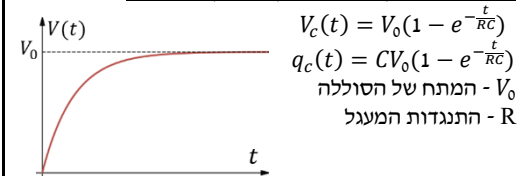
חיבור קבלים בטור: $\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$
התנאי לחיבור בטור הוא שהמטען על כל הקבלים זהה (וזה גם המטען של הקבל השקול).
- המתח על הקבל השקול שווה לסכום המתחים של כל הקבלים.

אנרגיה האגורה בקבל: $U_c = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$
העבודה שמבצעת הסוללה לטעינת קבל:

$W = QV = 2U_c$
חומרים דיאלקטריים בקבל: הכנסת חומר דיאלקטרי לקבל מקטינה את השדה והמתח בקבל ולכן מגדילה את הקיבול.

קיבול של קבל המלא בחומר דיאלקטרי אחיד: $C' = \epsilon_r C_0$
במידה והקבל אינו מלא בחומר אחיד, ניתן לפצל אותו לקבלים חלקיים, לחשב את הקיבול של כל אחד ולחבר. חזר לפי החוקים של חיבור קבלים בטור או במקביל.
טעינה של קבל:

המתח והמטען כתלות בזמן במהלך הטעינה:



הזרם כתלות בזמן:



פריקה של קבל:

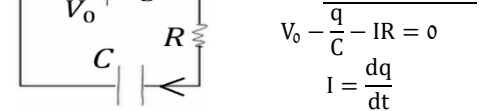


V₀ - המתח ההתחלתי (המטען ההתחלתי $Q_0 = CV_0$)
הזרם כתלות בזמן זהה לטעינה.

זמן אופייני: $\tau = RC$, נהוג להגיד שלאחר זמן של 5τ הקבל טעון/פרוק לגמרי

מעגל טעינה:

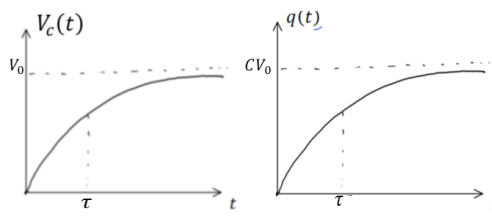
משוואת המתחים:



המטען והמתח על הקבל כתלות בזמן (בטעינה):

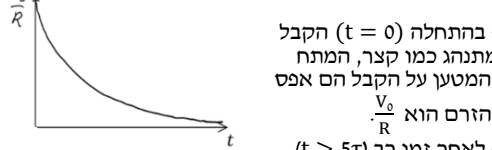
$$q(t) = CV_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right); V_c(t) = V_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

$\tau = RC$ הוא קבוע הזמן אופייני



הזרם כתלות בזמן:

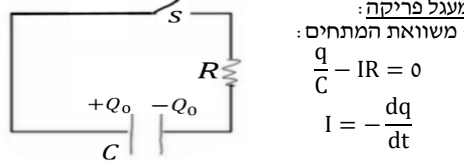
$$I(t) = \frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$$



- 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.

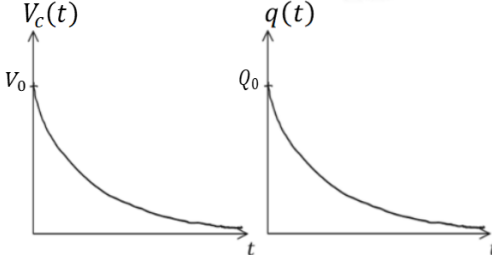
מעגל פריקה:

משוואת המתחים:



- המטען והמתח על הקבל כתלות בזמן (בפריקה):

$$q(t) = Q_0 e^{-\frac{t}{\tau}}; V_c(t) = V_0 e^{-\frac{t}{\tau}}; Q_0 = CV_0$$



הזרם כתלות בזמן בפריקה זהה לטעינה: $I(t) = \frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$