

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.

הידרוסטטיקה

זורמים: נוזלים וגזים (כל חומר שיכול לזרום)

צפיפות (מסה חלקי נפח):

$$\rho = \frac{M}{V}$$

מוצקים	צפיפות (kg/m³)	נוזלים	צפיפות (kg/m³)
אלומיניום	2.70×10^3	מים (4°C)	1.00×10^3
ברזל ופלדה	7.8×10^3	פלזמת דם	1.03×10^3
נחושת	8.9×10^3	דם מלא	1.05×10^3
עופרת	11.3×10^3	מי ים	1.025×10^3
זהב	19.3×10^3	כספית	13.6×10^3
בטון	2.3×10^3	אתנול (אלכוהול אתילי)	0.79×10^3
גרניט	2.7×10^3	בנזין	0.68×10^3
עץ (טיפוסים)	$0.3 - 0.9 \times 10^3$	גזים	
זכוכית רגילה	$2.4 - 2.8 \times 10^3$	אוויר	1.29
קרח (H₂O)	0.917×10^3	הליום	0.179
עצם	$1.7 - 2.0 \times 10^3$	פחמן דו-חמצני (CO₂)	1.98
		אדי מים (100°C)	0.598

לחץ: $P = \frac{F}{A}$

F - גודל הכוח המאונך למשטח. A - שטח.

הלחץ הוא סקלר. יחידות ב SI: $1Pa = 1N/m^2$

זורמים מפעילים לחץ בכל הכיוונים.

עבור גוף במנוחה, הלחץ זהה מכל הכיוונים.

אם אין זרימה אז הלחץ מאונך לדופן,

רכיב מקביל לדופן יגרום לזרימה.

הלחץ בעומק h בתוך נוזל/בעל צפיפות אחידה: $P = \rho gh$

*הנוסחה היא לחץ שפועל מהנוזל בלבד, לחישוב הלחץ המוחלט יש להוסיף את הלחץ בפני הנוזל.

לחץ בזורם בעל צפיפות משתנה:

$$P(y_2) - P(y_1) = - \int_{y_1}^{y_2} \rho g dy$$

לחץ אטמוספרי:

$$P_0 = 1.013 \cdot 10^5 Pa = 101.3 kPa = 1atm$$

$$1bar = 10^5 Pa$$

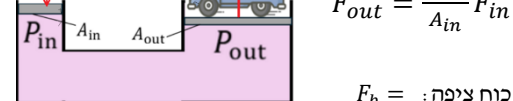
לחץ יחסי (הלחץ ביחס ללחץ האטמוספרי): $P = P_0 + P_G$

P - לחץ אבסולוטי. P_0 - לחץ אטמוספרי. P_G - לחץ יחסי.

עקרון פסקל: אם לחץ חיצוני מופעל על זורם תחום אז

הלחץ בכל נקודה בזורם גדל באותה ערך.

מערכת הידראולית:



$$F_{out} = \frac{A_{out}}{A_{in}} F_{in}$$

כוח ציפה:

$$F_b = \rho_l V g$$

ρ_l - צפיפות הזורם. V - נפח הגוף.

הידרודינמיקה

זרימה למינרית (שכבתית): זורם הנע בשכבות מקבילות ללא הפרעה בין השכבות.

זרימה טורבולנטית (עירבולית): זרימה באופן לא מסודר ואקראי. בדרכ מכילה מערבולות שנקראות זרמי אדי.

איבוד אנרגיה גבוה.

ספיקה מסית Q_m (המסה של הזורם שעוברת דרך שטח

$$Q_m = \frac{dm}{dt} = \rho Av$$

חתך ביחידת זמן):

ρ - צפיפות הזורם, A - שטח חתך, v - מהירות הזורם.

ספיקה נפחית Q_V (נפח הזורם העובר דרך שטח חתך

$$Q_V = \frac{dV}{dt} = Av$$

ביחידת זמן):

במצב יציב הספיקה לא משתנה לאורך הזרימה:

$$Q_{m1} = Q_{m2}$$

$$\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2$$

עבור זורם לא דחיס $\rho_1 = \rho_2$ ואז המשוואה $A_1 v_1 = A_2 v_2$

עקרון ברנולי: הלחץ הפוך למהירות הזורם

משוואת ברנולי:

$$\frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho gh_1 + P_1 = \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho gh_2 + P_2$$

או

$$\frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gh + P = const$$

הנחות למשוואת ברנולי: 1. הזרימה למינרית ובמצב יציב.

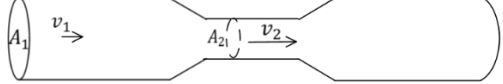
2. הנוזל אינו דחיס. 3. אין חיכוך (אין צמיגות)

חוק טוריצייל: מהירות הזרימה של נוזל דרך חור בתחתית

של מיכל מלא בגובה h, זהה למהירות שצובר גוף בנפילה

$$v = \sqrt{2gh}$$

צינור ונטורי:



מבנה החומר

גודל אטום המימן (הקטן ביותר): $0.53 \cdot 10^{-10} m$

יחידת האנגסטרם: $1\text{\AA} = 10^{-10} m$

פרוטונים מסמנים ב-p נוטרונים ב-n ואלקטרונים ב-e

מסת הפרוטון והנוטרון: $m_n \approx m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} kg$

מסת האלקטרון: $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} kg$

מסת האלקטרון קטנה בערך פי 2000 ממסת הפרוטון וזניחה

ביחס אליו. לכן, בקירוב טוב, הפרוטונים והנוטרונים

קובעים את מסת האטום.

מטען האלקטרון: $q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} C$

מטען הפרוטון זהה והפוך בסימנו: $q_p = 1.6 \cdot 10^{-19} C$

הנוטרון 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:

$$F = \frac{k q_1 q_2}{r^2}$$

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 בתווך (לדוגמה מים או שמן) הכוח

משתנה.

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.

עקרון הסופרפוזיציה: 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.

חוק גאוס

צפיפות מטען נפחית ρ , משטחית σ , אורכית λ , אחידה:

$$\rho = \frac{Q}{V}, \sigma = \frac{Q}{S}, \lambda = \frac{Q}{L}$$

Q - סך המטען שבגוף. V - נפח הגוף. S - שטח. L - אורך.

קבוע הדיאלקטרי של הריק: $\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2}$

ניתן לרשום את כל הנוסחאות עם k או עם ϵ_0 .

השטף דרך משטח בשדה אחיד: $\phi_E = E_{\perp} \cdot S$

$E_{\perp}$ רכיב השדה שמאונך למשטח. s הוא שטח המעטפת.

אם השדה לא אחיד על המשטח ניתן לחלק את המשטח

לחתיכות שבהן השדה אחיד ולסכום את השטף דרך כל

חתיכה.

חוק גאוס: $\phi_E = 4\pi k Q_{in}$

ϕ_E - שטף דרך משטח סגור.

Q_{in} - סך המטען הכלוא בנפח שסוגר המשטח.

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 נקי)

ב-קליפה דקה ובכדור מוליך השדה בתוך הקליפה/כדור

מוליך הוא אפס.

שדה של כדור מלא ברדיוס R הטעון בצפיפות אחידה:

בכיוון רדיאלי

$$Q = \begin{cases} \frac{kQr}{R^3}, & r < R \\ \frac{kQ}{r^2}, & r > R \end{cases}$$

Q הוא סך המטען של הכדור

r הוא המרחק ממרכז הכדור

הקשר בין סך המטען לצפיפות (אחידה) בכדור מלא:

$$Q = \frac{4\pi R^3}{3} \rho$$

שדה של תיל אינסופי (אחיד): $E(r) = \frac{2k\lambda}{r}$

r - מרחק מהתיל. λ - צפיפות מטען ליחידת אורך של

התיל

כיוון השדה רדיאלי (במאונך לתיל וככלי חוץ/פנים עבור

מטען חיובי/שלילי).

- שדה של קליפה גלילית מתאפס בתוך הקליפה וכמו של

תיל מחוץ לקליפה.

שדה של גליל מלא ברדיוס R הטעון בצפיפות נפחית

אחידה ρ : (בכיוון רדיאלי)

$$E = \begin{cases} \frac{\pi k \rho r}{r}, & r < R \\ \frac{2\pi R^2 \rho}{r}, & r > R \end{cases}$$

השדה של מישור אינסופי:

$$E = 2\pi k \sigma = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

כאשר σ היא צפיפות המטען

ליחידת שטח במישור ($\sigma = \frac{Q}{S}$).

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

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).

הפוטנציאל במוליך אחיד (קבוע).

הארקה: חיבור לקרקע, מאפסת את הפוטנציאל.

חומרים דיאלקטרים

חומר דיאלקטרי הוא חומר מבודד (בפשטות, במקרים

יותר מורכבים אפשר לדבר גם על חומרים דיאלקטרים

מוליכים)

בחומר דיאלקטרי יש דיפולים, כאשר החומר נמצא

בשדה חשמלי הדיפולים מתיישרים בכיוון השדה ויוצרים

שדה נגדי.

השדה השקול בתוך החומר (בהנחה שהחומר אחיד ובעל

סימטריה): $\vec{E}_T = \frac{\vec{E}_0}{\epsilon_r}$

$\vec{E}_T$ - השדה השקול בתוך החומר, זה השדה שמרגיש מטען

בתוך החומר. $\vec{E}_0$ - שדה שנוצר מהמטען חיצוני (ולא

מהדיפולים של החומר). ϵ_r - מקדם דיאלקטרי יחסי,

קבוע חסר יחידות שתלוי בסוג החומר וקיים בטבלאות.

לפעמים נתון המקדם הדיאלקטרי (הללא יחסי) והקשר

הוא: $\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$

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): $U = \frac{kq_1 q_2}{r}$

שימו לב להציב גם את סימני המטענים בנוסחה!

העבודה שמבצע הכוח החשמלי שווה למינוס השינוי

באנרגיה הפוטנציאלית של המערכת (או המטען שנט):

$$W_{\text{חשמלי}} = -\Delta U$$

העבודה הדרושה להזיז מטען היא עבודה שאנחנו מבצעים

כנגד הכוח החשמלי ולכן היא מינוס העבודה של הכוח

החשמלי ושווה לשינוי האנרגיה הפוטנציאלית (ללא

מינוס): $\Delta U = -W_{\text{חשמלי}} = -W_{\text{מטען}}$

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 בוחרי 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 "א" כדור "א" הוא כדור מוליך מאוד גדול, $R = \infty$ ולכן הפוטנציאל אפס.
חיבור של שני מוליכים בחוט מוליך: מאלץ את הפוטנציאלים שלהם להיות שווים (מטען יזרום ממוליך אחד לשני עד השוואת הפוטנציאלים)
הארכת: חיבור מוליך לכדור "א", מאלץ את הפוטנציאל של המוליך להיות אפס (כמו כדור "א").
חישוב אנרגיה פוטנציאלית של מערכת שלמה (העבודה הדרושה לבניית המערכת):
1. נסכום את העבודות להביא את המטענים אחד אחרי השני. עבור המטען הראשון, העבודה היא אפס (כי אין אף מטען אחד במרחק 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:
 $W = 0 + q_2 \frac{kq_1}{r_{12}} + q_3 \left(\frac{kq_1}{r_{13}} + \frac{kq_2}{r_{23}} \right)$
2. נסכום את האנרגיה של כל זוג מטענים במערכת.
 $W = \frac{kq_1q_2}{r_{12}} + \frac{kq_1q_3}{r_{13}} + \frac{kq_2q_3}{r_{23}}$
זרם מתח והתנגדות
הזרם הוא כמות המטען שעוברת ביחידת זמן
חישוב זרם קבוע או ממוצע:
 $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$
הזרם הוא סקלר אבל כיוון הזרם נקבע לפי כיוון תנועת המטענים החיוביים.
היחידות הסטנדרטיות של זרם הם אמפר $I = 1A = 1C/sec$
בגרף של $I(t)$ סך המטען שעבר הוא השטח מתחת לגרף.
בגרף של $q(t)$ שיפוע הגרף שווה לזרם. **אם הגרף לינארי ניתן לרשום**:
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 האלקטרונים 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 שההתנגדות 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)
התנגדות ליחידת אורך (בדרך קבוע) ביחידות של אוהם למטר.
כא"מ ומתח הדקים בסוללה לא אידיאלית:
 $\varepsilon = V + Ir$
 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:
 $V_{\text{הדקים}} = \frac{\varepsilon R_T}{R_T + r}$
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:
 $P = \frac{W}{\Delta t}$
העבודה שהתבצעה במרווח הזמן Δt

היחידות הסטנדרטיות של הספק הן וואט: $1W = 1J/sec$
נוסחה נוספת להספק שנכונה גם להספק רגעי:
 $P = IV = I^2 R = V^2 / R$
השוויון 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. נוסיף משוואות זרמים ונקבל מערכת משוואות ממנה ניתן למצוא את הזרמים.
קבלים
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):
 $C = \frac{Q}{V}$
הקיבול של הרכיב. V - המתח בין שני החלקים.
המטען על הלוח החיובי.
יחידות הקיבול הן Farad:
 $1 \text{ Farad} = \frac{1 \text{ Coulomb}}{1 \text{ Volt}}$
סוגי קבלים נפוצים: קבל לוחות, קבל כדורי וקבל גלילי. בדרך"כ נעסוק בקבלים עם שני לוחות (קבל לוחות).
הקיבול של קבל לוחות:
 $C = \frac{\varepsilon_0 A}{d}$
 A - שטח כל לוח. d - המרחק בין הלוחות.
תכונות 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:
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:
התנאי לחיבור במקביל הוא שהמתח על הקבלים זהה (וזה גם המתח על הקבל השקול)
המטען על הקבל השקול שווה לסכום המטענים על כל הקבלים.
 $\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$
התנאי לחיבור בטור:
הזרם במטען 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:
חומרים דיאלקטריים בקבל: הכנסת חומר דיאלקטרי לקבל מקטינה את השדה והמתח בקבל ולכן מגדילה את הקיבול.
קיבול של קבל המלא בחומר דיאלקטרי אחיד:
 $C' = \varepsilon_r C_0$
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:
 $V_c(t) = V_0(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$
 $q_c(t) = CV_0(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$
המתח של הסוללה
התנגדות המעגל

הזרם כתלות בזמן:
 $I(t) = \frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$
פריקה של קבל:
המתח והמטען כתלות בזמן במהלך הטעינה:
 $V_c(t) = V_0 e^{-\frac{t}{RC}}$
 $q_c(t) = CV_0 e^{-\frac{t}{RC}}$
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
הכוח המגנטי - חוק לורנץ
חוק לורנץ - הכוח המגנטי:
 $\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B}$
ניתן לחשב את הכוח בשני דרכים.
1. כיוון הכוח הוא עבור **מטען חיובי** (עבור מטען שלילי הכוח בכיוון הפוך).
2. דרך גודל וכיוון בנפרד, הגודל הוא: $F_B = qvB \sin \alpha$
כאשר α היא הזווית בין המהירות לשדה. וכיוון לפי כלל יד-ימין:
שימו לב שאתם עם **יד ימין**!
חיובי (עבור מטען שלילי הכוח בכיוון הפוך).
לא להפוך את הסדר של האצבע והאמה (עדיף לעשות קודם אקדה).
תנועה בשדה אחיד: מטען q בעל מסה m הנע במהירות v בשדה מגנטי אחיד (המאונך למהירות) עושה תנועה מעגלית, רדיוס המעגל הוא:
 $R = \frac{mv}{qB}$
אם v לא מאונך למהירות אז התנועה תהיה בורגית כאשר המעגל יהיה מסביב לשדה, רדיוס המעגל יהיה:
 $R = \frac{mv \sin \alpha}{qB}$
השדה המגנטי
סימון וקטור לתוך הדף $\otimes$ והחוצה מהדף $\odot$ (אלינו) השדה
שדה של תיל אינסופי:
כאשר r הוא המרחק מהתיל.
מקדם המגנטיות של הריק.
 $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} N/A^2$
כיוון השדה לפי כלל יד ימין (או הבורג):
היחידות הסטנדרטיות של השדה המגנטי הן T (טסלה).
שדה במרכז של טבעת ברדיוס R :
קווי שדה של טבעת, דיפול מגנטי (מגנטי):
השדה המגנטי של כדור הארץ:
היחידות הסטנדרטיות של הספק הן וואט: $1W = 1J/sec$
נוסחה נוספת להספק שנכונה גם להספק רגעי:
 $P = IV = I^2 R = V^2 / R$
השוויון 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. נוסיף משוואות זרמים ונקבל מערכת משוואות ממנה ניתן למצוא את הזרמים.
קבלים
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):
 $C = \frac{Q}{V}$
הקיבול של הרכיב. V - המתח בין שני החלקים.
המטען על הלוח החיובי.
יחידות הקיבול הן Farad:
 $1 \text{ Farad} = \frac{1 \text{ Coulomb}}{1 \text{ Volt}}$
סוגי קבלים נפוצים: קבל לוחות, קבל כדורי וקבל גלילי. בדרך"כ נעסוק בקבלים עם שני לוחות (קבל לוחות).
הקיבול של קבל לוחות:
 $C = \frac{\varepsilon_0 A}{d}$
 A - שטח כל לוח. d - המרחק בין הלוחות.
תכונות 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:
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:
התנאי לחיבור במקביל הוא שהמתח על הקבלים זהה (וזה גם המתח על הקבל השקול)
המטען על הקבל השקול שווה לסכום המטענים על כל הקבלים.
 $\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$
התנאי לחיבור בטור:
הזרם במטען 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:
חומרים דיאלקטריים בקבל: הכנסת חומר דיאלקטרי לקבל מקטינה את השדה והמתח בקבל ולכן מגדילה את הקיבול.
קיבול של קבל המלא בחומר דיאלקטרי אחיד:
 $C' = \varepsilon_r C_0$
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:
 $V_c(t) = V_0(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$
 $q_c(t) = CV_0(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$
המתח של הסוללה
התנגדות המעגל

הצפון הגאוגרפי
אינו הצפון
המגנטי.

נהוג לחלק את
השדה המגנטי
לרכיב מקביל
ומאונך לכדה"א
(לקרקע) כאשר
בדרכי מודדים
רק את הרכיב
המקביל.
שדה של סליל אינסופי:

בתוך הסליל השדה אחיד ושווה ל:
 $B = \frac{\mu_0 NI}{L}$
N - מספר הליפופים הכולל. L - אורך הסליל.
ניתן להגדיר גם מספר הליפופים ליחידת אורך של
הסליל:
- כיוון, לפי כלל הבורג כאשר האצבעות בכיוון הזרם
והאגודל בכיוון השדה.

מחוץ לסליל וקרוב אליו ניתן להתייחס לשדה כאפס.
חוק אמפר - המשך השדה המגנטי

חוק אמפר:
 $\oint B_{\parallel} dl = \mu_0 I_{in}$
- $\oint B_{\parallel} dl$ הוא סכום לאורך מסלול סגור על הרכיב
המקביל למסלול של השדה המגנטי. בדרכי נעבוד במקרים
סימטריים בהם הרכיב המקביל יהיה אחד לאורך קטעים
מהמסלול והחישוב יהיה פשוט לכפול את השדה באורך
הקטעים.
- I_{in} סך הזרם שעובר דרך השטח הסגור במסלול.
המקרים של חוק אמפר:

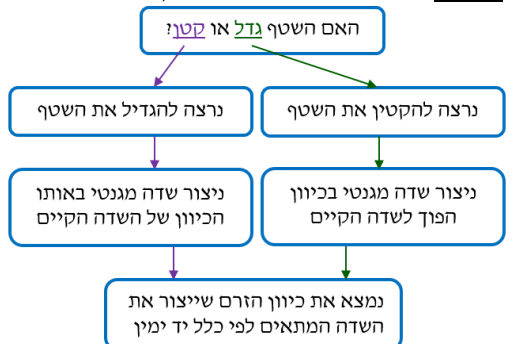
1. תיל/גליל אינסופי (עם זרם בכיוון ציר הסימטריה). נבחר
לולאה בצורת עיגול ברדיוס r ו- $\oint B_{\parallel} dl = B \cdot 2\pi r$
2. סליל/גליל (עם זרם מעגלי) נבחר לולאה בצורת ריבוע
בעל צלע l ו- $\oint B_{\parallel} dl = B \cdot l$
3. מישור אינסופי נבחר לולאה בצורת ריבוע בעל צלע l ו-
 $\oint B_{\parallel} dl = B \cdot 2l$

כוח על תיל נושא זרם ובין שני תילים
גודל הכוח הפועל על **תיל ישר בשדה אחיד** באורך L הנושא
זרם I הוא:
 $F = BIL \sin \alpha$
- α היא הזווית בין השדה לכיוון הזרם.
את כיוון הכוח יש למצוא לפי כלל יד ימין כמו בחוק לורנץ
על מטען בודד כאשר כיוון הזרם (או כיוון ה-dl) מחליף
את המהירות.

הכוח ליחידת אורך בין שני תילים מקבילים:
 $\frac{F}{L} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}$
d - המרחק בין התילים.
כוח משיכה אם הזרמים באותו כיוון ודחייה אם
בכיוונים הפוכים

חוק פאראדי והשראות
כא"מ הנוצר במוט הנע בשדה מגנטי:
 $\varepsilon = BLv \sin \alpha$
כאשר v היא מהירות המוט, L האורך שלו ו- α היא
הזווית בין המהירות לשדה.
כיוון הכא"מ הוא בכיוון של הכוח המגנטי הפועל על מטען
חיובי בתוך המוט.

חוק פאראדי:
 $\varepsilon = - \frac{d\Phi_B}{dt}$
 $\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{S} = B_{\perp} \cdot S$
השוויון השני נכון אם $B_{\perp}$ אחיד בכל השטח.
הכאמ מתנהג כמו מקור מתח במעגל.
בד"כ נמצא באמצעות החוק רק את גודל הכאמ ואת
הכיוון נמצא לפי חוק לנץ.
חוק לנץ: הזרם נוצר בניגוד לשינוי בשטף.



הספק של כוח הפועל על גוף בתנועה:
 $P = F \cdot v \cdot \cos \alpha$
כאשר v היא מהירות הגוף ו- α הזווית בין הכוח למהירות
משוואות מקסוול
הצורה הדיפרנציאלית: הצורה האינטגרלית:

1. חוק גאוס $\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{1}{\epsilon_0} \rho$; $\oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{1}{\epsilon_0} \int \rho dV$
2. $\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$; $\oint \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$
השטף מגנטי על משטח סגור תמיד אפס, אין מטען מגנטי.
3. $\vec{\nabla} \times \vec{E} = - \frac{d\vec{B}}{dt}$; $\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \int \frac{d\vec{B}}{dt} \cdot d\vec{S}$
מהמשוואה ניתן לקבל את חוק פאראדי $\varepsilon = - \frac{d\Phi_B}{dt}$
4. $\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{j} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\vec{E}}{dt}$; $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \int \vec{j} \cdot d\vec{S} + \mu_0 \int \epsilon_0 \frac{d\vec{E}}{dt} \cdot d\vec{S}$

שדות משתנים בזמן חרם העתקה
ממשוואות מקסוול רואים ששדה מגנטי שמשנתה בזמן
יוצר שדה חשמלי ולהפך.
אם נתון שדה מגנטי משנתה בזמן וצריך לחשב את השדה
החשמלי אז: נשתמש במשוואה השלישית של מקסוול כמו
חוק פאראדי ובמקום הכא"מ נחשב את האינטגרל כאשר
בדרכי יש סימטריה גלילית והאינטגרל הופך ל $E 2\pi r$
אם נתון שדה חשמלי משנתה בזמן וצריך לחשב את השדה
המגנטי אז: נשתמש במשוואה הרביעית כמו חוק אמפר
רק שבמקום זרם יש $\int \epsilon_0 \frac{d\vec{E}}{dt} \cdot d\vec{S}$ (או במקום צפיפות זרם
 $\epsilon_0 \frac{d\vec{E}}{dt}$) שנקרא זרם העתקה (לא באמת זרם).

גלים והתאבכות גלים
מהירות גל מחזורי:
 $v = \lambda f$
- λ אורך הגל. f - תדירות הגל.
חוק השבירה:
 $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$
- θ הזווית בין הקרן הפוגעת/ מוחזרת לאנך למשטח.
- n - מקדם השבירה של כל תווך.
- v - מהירות הגל בכל תווך.

גל עומד במיתר שקצותיו קשורים:
 $\ell = n \frac{\lambda}{2}$
- ℓ אורך המיתר. n - מספר נקודות הקמר (מקס/ מיני)
קווי מקסימום ראשיים בהתאבכות משני מקורות (ויותר)
שווי-מופע:
 $\sin \theta_n = \frac{x_n}{L_n} = n \frac{\lambda}{d}$
- θ_n זווית הסטייה של האור המגיע לנק' המקסימום n
ביחס לכיוון המאונך למישור החריצים.
- x_n - המרחק בין אמצע הלוח והמקסימום מסדר n.
- L_n - המרחק בין המרכז של החריצים למקסימום מסדר n
- n - סדר קו המקסימום. λ - אורך הגל.
- d - המרחק בין החריצים.
קווי מינימום בהתאבכות משני מקורות שווי-מופע:

$\sin \theta_n = \frac{x_n}{L_n} = \left(n - \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{d}$
- θ_n זווית הסטייה של האור המגיע לנק' המינימום n
ביחס לכיוון המאונך למישור החריצים.
- x_n - המרחק בין אמצע הלוח והמינימום מסדר n.
- L_n - המרחק בין המרכז של החריצים למינימום מסדר n.
- λ - אורך הגל. d - המרחק בין החריצים.

נוסחת יאנג:
 $\frac{\Delta x}{L} = \frac{\lambda}{d}$
- Δx - רוחב פס האור. L - מרחק האנך למסך מהחריצים.
- λ - אורך הגל. d - המרחק בין החריצים.
קווי מקסימום בהתאבכות בסריג עקיפה:
 $\sin \theta_n = n \frac{\lambda}{d} = nN \cdot \lambda$
- θ_n הזווית למקסימום מסדר n.
- d - המרחק בין שני חריצים צמודים. N - קבוע הסריג.
קווי צומת בעקיפה בסדר יחיד:
 $\sin \theta_n = \frac{x_n}{L_n} = n \frac{\lambda}{w}$
- θ_n הזווית למינימום מסדר n.
- x_n - מרחק מרכז המינימום מסדר n למרכז המקסימום
המרכזי. L_n - המרחק בין החריץ למינימום מסדר n.
- w - רוחב החריץ.

עוצמה של גלי קול ביחס לסף השמיע:
 $\frac{I_a}{I_0} = 10^{\left(\frac{\alpha}{10}\right)}$
כאשר I_a היא עוצמת הקול של α דציבל. I_0 - סף השמיע
של אדם.
- ניתן לרשום גם את היחס בין העוצמות של שני דציבלים
שונים α ו- β :
 $\frac{I_a}{I_b} = 10^{\left(\frac{\alpha - \beta}{10}\right)}$
האנרגיה של גל קול:
E - האנרגיה הכוללת של גל הקול. I - העוצמה בדציבל.
S - שטח החתך בו הגל פוגע.
t - משך הזמן שהקול פוגע בשטח החתך.

האטום - התפתחות היסטורית ומודל בוהר
תנחות בוהר:
 $m_e v_n r_n = n \frac{h}{2\pi}$; $E_{ph} = |E_f - E_i|$
- m_e מסת האלק'. v_n - מהירות האלק' ברדיוס מסדר n.

- r_n הרדיוס ה- n. n - מספר חיובי שלם $n = 1, 2, 3, \dots$
 $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ הוא קבוע פלאנק.
- E_{ph} אנרגיית פוטון שנפלט/נבלע.
- E_f ו- E_i הן אנרגיות האלק לפני ואחרי התהליך.
רמות אנרגיה באטום מימן:
 $E_n = - \frac{R^*}{n^2} (U_{\infty} = 0)$
קבוע רידברג: $R^* = \frac{2\pi^2 k^2 m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h^2} = \frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h^2} = 13.6 \text{ eV}$
 $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$ - קבוע קולון.
 $\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k}$ - קבוע הפרמטיביות של הריק.
רדיוסי המסלולים המותרים של האלקטרון באטום מימן:

$r_n = r_1 n^2$; $r_1 = \frac{h^2}{4\pi^2 m_e k e^2} = 0.529 \text{ \AA}$
- r_1 רדיוס הבסיס של האלק'
האפקט הפוטואלקטרי

אנרגיה של פוטון:
 $E_{ph} = hf$
 $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ הוא קבוע פלאנק. f - תדירות הפוטון.
- ניתן לקבל את האנרגיה באלקטרון וולט על ידי הצבה של אורך הגל λ באנגסטרם (Å) או בננומטר (nm):
 $E(\text{eV}) = \frac{12400}{\lambda(\text{\AA})} = \frac{1240}{\lambda(\text{nm})}$

אפקט פוטואלקטרי:
 $E_{ph} = E_k + B$
- E_k האנרגיה הקינטית של אלק' הנפלט מהמתכת.
- B - פונקציית העבודה של המתכת.
דעיכה של מקור רדיואקטיבי:
 $N = N_0 e^{-\lambda t}$ או $\frac{dN}{dt} = -\lambda N$
- N - מספר גרעיני האב בזמן t.
- N_0 - מספר גרעיני האב בזמן t = 0.
- $\frac{dN}{dt}$ - קצב ההתפרקות של החומר הרדיואקטיבי.
- λ - קבוע דעיכה

פעילות (מינוס קצב ההתפרקות) של מקור רדיואקטיבי:
 $R = \lambda N$
 $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$ זמן מחצית החיים: