

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

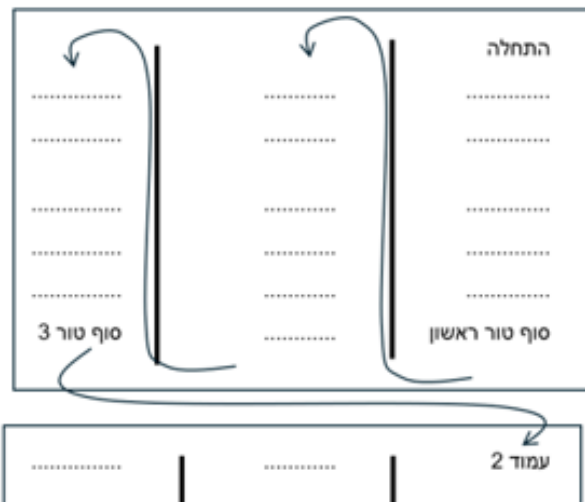
עריכה:

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.

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 נויטרונים ב- n ואלקטרונים ב- e
מסת הפרוטון והנויטרון: $m_n \approx m_p = 1.67 \cdot 10^{-27}kg$
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 והנויטרונים קובעים את מסת האטום.
מטען האלקטרון: $q_e = -1.6 \cdot 10^{-19}C$
מטען הפרוטון זהה והפוך בסימנו: $q_p = 1.6 \cdot 10^{-19}C$
הנויטרון 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 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.
שוני שדה: מתארים איכותית את השדה במרחב. כיוון השדה בנקודה משיק לקווי השדה וגודלו בהתאם לצפיפות הקווים.

חוק גאוס ברמה איכותית

הקבוע 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 .
השדה של כדור וקליפה כדורית מחוץ לכדור או הקליפה הוא כמו של מטען נקודתי:
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.

השדה של מישור אינסופי: $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$
כאשר σ היא צפיפות המטען
ליחידת שטח במישור ($\sigma = \frac{Q}{S}$).
כיוון השדה במישור 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 גם עבור גליל מלא או קליפה גלילית אינסופיים מחוץ לגליל או לקליפה.
ב-קליפה גלילית דקה ובגליל מלא מוליך השדה בתוך הקליפה/גליל מוליך הוא אפס.
כיוון השדה הוא בכיוון הרדיאלי (גלילי)

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).
הארכה: חיבור לקרקע, מאפסת את הפוטנציאל.

תנועה בשדה חשמלי אחיד

אם השדה אחיד אז יש תנועה בתאוצה קבועה. כמו תנועה בליסטית. **גודל התאוצה הוא:** $a = \frac{qE}{m}$
כיוון התאוצה בכיוון השדה עבור מטען חיובי והפוך לשדה עבור מטען שלילי

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):
העבודה הדרושה להזיז מטען היא עבודה שאנחנו מבצעים כנגד הכוח החשמלי ולכן היא מינוס העבודה של הכוח החשמלי ושווה לשינוי האנרגיה הפוטנציאלית (ללא מינוס): $\Delta U = -W_{\text{כוח חשמלי}}$ **לחזו מטען**
פוטנציאל הוא אנרגיה ליחידת מטען. הפוטנציאל היא פונקציה מתמטית שאומרת לנו מה תהיה האנרגיה הפוטנציאלית בנקודה מסוימת.
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 מלוח.
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 כדה"א: כדה"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)
הארכה: חיבור מוליך לכדה"א, מאלץ את הפוטנציאל של המוליך להיות אפס (כמו כדה"א).
חישוב אנרגיה פוטנציאלית של מערכת שלמה (העבודה הדרושה לבניית המערכת):
דרך 1: נסכים 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: $W = 0 + q_2 \left(\frac{kq_1}{r_{12}} \right) + q_3 \left(\frac{kq_1}{r_{13}} + \frac{kq_2}{r_{23}} \right)$
דרך 2: נסכים את האנרגיה של כל זוג מטענים במערכת. במקרה של שלושה מטענים:

$$W = 0 + q_2 \left(\frac{kq_1}{r_{12}} \right) + q_3 \left(\frac{kq_1}{r_{13}} + \frac{kq_2}{r_{23}} \right)$$

$$W = 0 + q_2 \left(\frac{kq_1}{r_{12}} \right) + q_3 \left(\frac{kq_1}{r_{13}} + \frac{kq_2}{r_{23}} \right)$$

$$W = 0 + q_2 \left(\frac{kq_1}{r_{12}} \right) + q_3 \left(\frac{kq_1}{r_{13}} + \frac{kq_2}{r_{23}} \right)$$

$$W = 0 + q_2 \left(\frac{kq_1}{r_{12}} \right) + q_3 \left(\frac{kq_1}{r_{13}} + \frac{kq_2}{r_{23}} \right)$$

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.
היחסות הסטנדרטית של זרם הם אמפר $1A = 1C/sec$
בגרף של $I(t)$ סך המטען שעבר הוא השטח מתחת לגרף.
בגרף של $q(t)$ שיפוע הגרף שווה לזרם. אם הגרף לינארי ניתן לרשום: $q(t) = I \cdot \Delta t + q_0$
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):

$$V_{\text{הדקים}} = \frac{\epsilon R_T}{R_T + r}$$

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 שנוכנה 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 GOOL
הצד בו הפוטנציאל גבוה בנגד הוא
הצד שבו הזרם נכנס לנגד.
חיבור נגדים בטור:
חיבור בטור נעשה כאשר הזרם בנגדים זהה

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \dots$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

הזרם בנגד השקול שווה לסכום הזרמים
הספק המעגל הוא סך ההספקים של הנגדים במעגל או ההספק של הנגד השקול. הספק המעגל שווה להספק המקור (בסוללה אידיאלית).
חוקי קירכהוף GOOL
מתאים לפתור מעגלים עם מספר מקורות מתח.
1. סכום 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. נוסף משוואות זרמים ונקבל מערכת משוואות ממנה ניתן למצא את הזרמים.

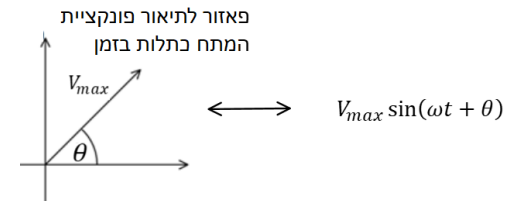
נצילות במעגל החשמלי

נצילות: $\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$
 η - נצילות המעגל.
 P_{out} - ההספק המופק/מונצל ברכיבים השימושיים במעגל
 P_{in} - ההספק המושקע (של הסוללה)
הכוח המגנטי - חוק לורנץ GOOL
חוק לורנץ - הכוח המגנטי: $\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B}$
ניתן לחשב את הכוח בשתי דרכים.
דרך דטרמיננטה (ראו מכפלה וקטורית בוקטורים).

היגב: מוגדר לפי $x = \frac{V_{max}}{I_{max}}$, להיגב יחידות של התנגדות ונותן אומדן לסוג של התנגדות של הרכיב במעגל. בתדירות מאוד נמוכה, מתח המקור כמעט ולא משתנה ומקבלים מעגל מתח ישר, הקבל הופך לנתק. היגב גבוהה מאוד. בתדירות מאוד גבוהה, המתח משתנה מהר מאוד והקבל לא מספיק להטען. הקבל הופך לקצר (מתח אפס). היגב נמוך מאוד. סליל במעגל מתח חילופי:

הקשר בין המתח לזרם: $V_L(t) = L \frac{di(t)}{dt}$
 L - השראות (קבוע)
 הפאזה של המתח בסליל היא $\theta = \frac{\pi}{2}$ ביחס לזרם.

ההיגב של סליל: $x_L = \omega L$
 - בתדירות מאוד נמוכה, אין שינוי בזרם ולכן המתח של הסליל אפס, הסליל מתנהג כמו קצר, היגב נמוך מאוד.
 - בתדירות מאוד גבוהה, שינוי זרם גדול יוצר מתח נגדי גדול בסליל. הסליל הופך לנתק. היגב גבוה מאוד.
 פאזורים: פאזור הוא תאור של גודל סינוס המשתנה בזמן באמצעות וקטור. גודל הוקטור הוא הערך המקסימלי והזווית עם הציר האופקי היא הפאזה.



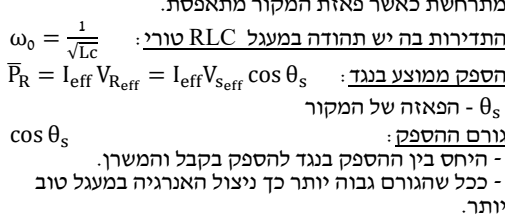
בשביל לחבר שני גדלים התלויים בזמן נחבר את הפאזורים שלהם (הקטור השקול מתאר את הערך המקסימלי והפאזה של התוצאה).
העכבה (אימפדנס) של המעגל
 עכבה היא "ההתנגדות השקולה" של מעגל מתח חילופי:

$$Z = \frac{V_{smax}}{I_{max}} = \sqrt{(X_{LT} - X_{CT})^2 + R_T^2}$$

השוויון האחרון נכון רק למעגל טורי.
 V_{smax} - המתח המקסימלי של המקור.
 X_{LT} , R_T , X_{CT} - הם ההתנגדות השקולה, סכום ההיגבים של הקבלים וסכום ההיגבים של המשרנים.

זווית המופע של המקור: $\tan \theta_s = \frac{X_{LT} - X_{CT}}{R_T}$
זרם אפקטיבי ומתח אפקטיבי: $I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$; $V_{eff} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}}$
 - הם שורש הממוצע של ריבוע הגודל (סוג של ממוצע בזמן רק לגודל המתח והזרם).
תהודה: מצב שבו הזרם הזרם האפקטיבי מקסימלי. מתרחשת כאשר פאזות המקור מתאפסת.

התדירות בה יש תהודה במעגל RLC טורי: $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$
הספק ממוצע בנגד: $\bar{P}_R = I_{eff} V_{Reff} = I_{eff} V_{seff} \cos \theta_s$
 θ_s - הפאזה של המקור
 גורם ההספק: $\cos \theta_s$
 היחס בין ההספק בנגד להספק בקבל והמשרן.
 - ככל שהגורם גבוה יותר כך ניצול האנרגיה במעגל טוב יותר.



טמ' והתפשטות תרמית
יחידת מסה אטומית: $1u = 1.6605 \cdot 10^{-27} kg \sim m_p$
מסת האטום ביחידת מסה אטומית: $m_a \approx A \cdot 1u$
 A - מספר המסה (מסר הפרוטונים והנויטרונים בגרעין)
מעבר מפרנהייט לצלזיוס: $T(^{\circ}C) = \frac{5}{9} [T(^{\circ}F) - 32]$

חוק הגז האידיאלי
לחץ: $P = \frac{F}{A}$

F - כוח. A - שטח עליו פועל הכוח.
הלחץ שמפעיל נוזל בנקודה מסוימת: $P = \rho_l gh$
 h - גובה הנוזל מעל אותה הנקודה. ρ_l - צפיפות הנוזל.
 הלחץ של נוזל תלוי רק בגובה הנוזל (ובסוג הנוזל) ולא בכמות הנוזל.

לחץ אטמוספרי: $1 atm = 1.013 \cdot 10^5 Pa$
לחץ שילי (תת לחץ): הוא לחץ יחסי (נמדד ביחס ללחץ אטמוספרי) ונמוך מהלחץ האטמוספרי.
לחץ אבסולוטי: הוא הלחץ שנמדד ביחס ללחץ אפס מוחלט (כאשר הכוח הוא אפס).

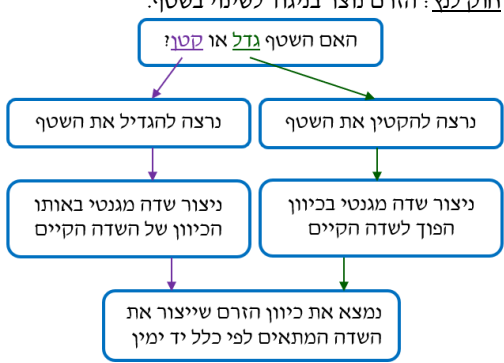
מעבר מצלזיוס לקלווין: $T(K) = T(^{\circ}C) + 273.15$
מספר אבוגדרו: $N_A = 6.02 \cdot 10^{23}$
 כמות של N_A חלקיקים (אטומים או מולקולות) נקראת **מול** (mol) של החומר
 מסה מולרית (המסה של מול אחד, או מספר אבוגדרו של חלקיקים): $M_{mol} = N_A \cdot m_a$
 m_a - מסה אטומית. N_A - מספר אבוגדרו.

את כיוון הכוח יש למצא 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 תיילים מקבילים: $\frac{F}{L} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}$
 d - המרחק בין התיילים.
 - כוח משיכה אם הזרמים באותו כיוון ודחייה אם בכיוונים הפוכים

חוק פאראדי והשראות
כא"מ הנוצר במוט הנע בשדה מגנטי: $\epsilon = BLv \sin \alpha$
 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.

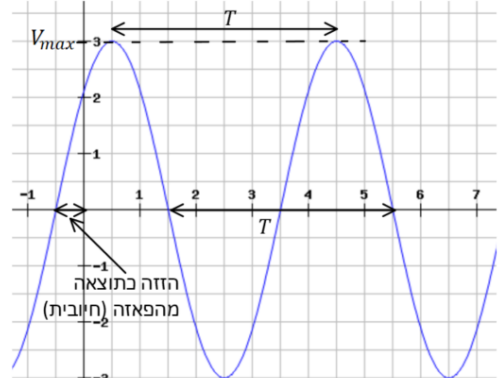
חוק פאראדי: $\epsilon = - \frac{d\phi_B}{dt}$
 $\phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{S} = B_{\perp} \cdot S$
 השוויון השני נכון אם $B_{\perp}$ אחיד בכל השטח.
 הכאמ מתנהג כמו מקור מתח במעגל.
 ד"כ נמצא באמצעות החוק רק את גודל הכאמ ואת הכיוון נמצא לפי חוק לנץ.
חוק לנץ: הזרם נוצר בניגוד לשינוי בשטף.



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
מעגלי זרם חילופי
המתח והזרם במעגלי זרם חילופי:

$V(t) = V_{max} \sin(\omega t + \theta)$; $I(t) = I_{max} \sin(\omega t)$
 ניתן לעבוד גם עם פונקציית קוסינוס במקום סינוס ההבדל יהיה רק פאזה. הפאזה בפונקציית סינוס גדולה ב- $\frac{\pi}{2}$ מהפאזה בקוסינוס.

תדירות הזוויתית: $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$
 T זמן המחזור ו-f - התדירות בהרץ
 θ - היא הפאזה של המתח ביחס לזרם
 - דוגמה לגרף של המתח כתלות בזמן:



- זמן מחזור הוא המרחק בין שיא לשיא וממנו ניתן לחשב את התדירויות.
 - הפאזה מזוהה את הגרף. פאזה חיובית מזוהה את הגרף שמאלה ושלילית ימינה.
חישוב הפאזה: $V(0) = V_{max} \sin(\theta)$
V(0) הוא הערך באפס (חיתוך עם הציר האנכי בגרף) נגד במעגל מתח חילופי:
חוק אוהם: $V_R(t) = RI(t)$
 R - התנגדות הנגד (קבוע).
 הפאזה של המתח בנגד היא אפס ביחס לזרם.

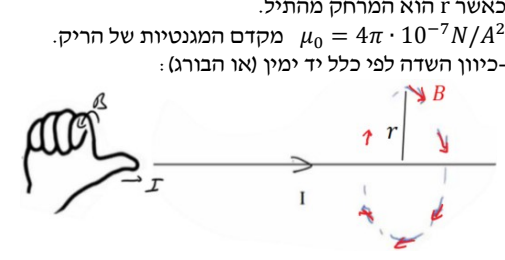
קבל במתח חילופי:
 הגדרת הקיבול, והקשר של המתח לזרם:
 $Q(t) = CV_C(t)$; $I(t) = \frac{dQ}{dt} \Rightarrow I(t) = C \frac{dV_C(t)}{dt}$
 C - קיבול (קבוע).
 הפאזה של המתח בקבל היא $\theta = -\frac{\pi}{2}$ ביחס לזרם.

ההיגב של קבל: $x_C = \frac{1}{\omega c}$

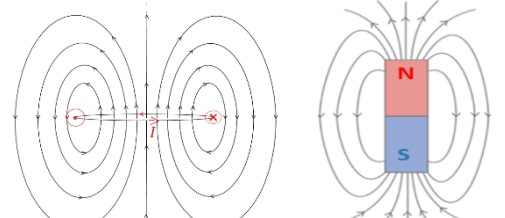
- דרך גודל וכיוון בנפרד, הגודל הוא: $F_B = qvB \sin \alpha$
 כאשר α היא הזווית בין המהירות לשדה. וכיוון לפי כלל יד ימין:
 - שימו לב שאתם עם יד ימין!
 - כיוון הכוח הוא עבור מטען חיובי (עבור מטען שלילי הכוח בכיוון הפוך).
 - לא להפוך את הסדר של האצבע והאמה (עדף לעשות קודם אקדח).

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: $R = \frac{mv \sin \alpha}{qB}$
 v cos α היא מהירות ההתקדמות לאורך ציר השדה.
עבודת הכוח המגנטי: תמיד מתאפסת (כי הוא מאונך לתנועה).

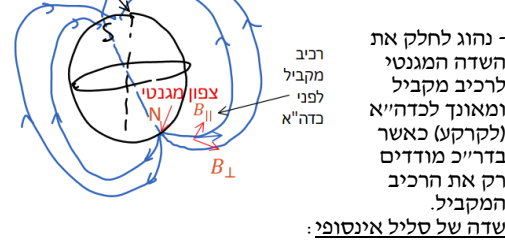
השדה המגנטי
 סימון וקטור לתוך הדף $\otimes$ והחוצה מהדף $\odot$
שדה של תיל אינסופי: $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$
 כאשר r הוא המרחק מהתיל.
 $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} N/A^2$ מקדם המגנטיות של הריק.
 - כיוון השדה לפי כלל יד ימין (או הבורג):



יחידות הסטנדרטיות של השדה המגנטי הן T (טסלה).
שדה במרכז של טבעת ברדיוס R: $B = \frac{\mu_0 I}{2R}$



השדה המגנטי של כדור הארץ:
 - 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: $n = \frac{N}{L}$

- כיוון, לפי כלל הבורג כאשר האצבעות בכיוון הזרם והאגודל בכיוון השדה.
 - מחוץ לסליל וקרוב אליו ניתן להתייחס לשדה כאפס.
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.

ה- המסה המולרית שווה למסה האטומית רק בגרם במקום ביחידת מסה אטומית
הקשר למסת כל החומר: $m = N \cdot m_a = n \cdot M_{mol}$
 n - מספר המולים בחומר. N - מספר החלקיקים הכולל
 m - מסת כל החומר. M_{mol} - המסה המולרית.
מסה מולקולרית: לפעמים הכוונה למסה של מולקולה אחת בחומר. ולפעמים למסה של מול אחד של מולקולות בחומר (כמו המסה המולרית רק של מולקולות).
משוואת המצב של גז האידיאלי:

$PV = nRT$ ($PV = NkT$) (או)
 P - לחץ **אבסולוטי**. V - נפח. T - טמפר' **בקלווין**.
 n - מספר המולים בחומר.

N - מספר החלקיקים הכולל בגז (אטומים או מולקולות)
 $R = 8.314 \frac{J}{mol \cdot K} = 0.0821 \frac{L \cdot atm}{mol \cdot K} = 1.99 \frac{cal}{mol \cdot K}$
קבוע בולצמן $k = \frac{R}{N_A} = 1.38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$
 - הנוסחה תקפה כל עוד הלחץ בסדר גודל של לחץ אטמוספרי או פחות והטמפרטורה רחוקה מהטמפרטורה בה הגז הופך לנוזל (טמפרטורת הרתיחה)
Standard Temperature and Pressure-STP:
 $T = 0^\circ C = 273 K$, $P = 1atm = 101,325Pa$
יחסות פרטייט **GOOL**

תיאור של מאורעות מנקודת המבט של צופים הנמצאים במערכות ייחוס שונות (אינרציאליות).

עקרונות יסוד בתורת היחסות:
 - חוקי הפיזיקה זהים בכל המערכות האינרציאליות.
 - האור אינו צריך תווך בשביל לעבור בו.
 - מהירות האור קבועה וזהה בכל מערכות הייחוס.
 - אף גוף אינו יכול לנוע יותר מהר ממהירות האור.
 - בוואקום. מכאן, מדידת הזמן שונה בין מערכות הייחוס.
 - הזמן הופך לקואורדינטה רביעית (ביחד עם: x, y, z) שעוברת טרנספורמציה.

פקטור גאממה: $\gamma_0 = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v_0}{c}\right)^2}}$; $\beta = \frac{v_0}{c}$
 γ_0 תמיד גדולה מ 1
טרנספורמציות לורנץ למיקום והזמן:
 $x' = \gamma_0(x - v_0 t)$; $y' = y$; $z' = z$
 $t' = \gamma_0\left(t - \frac{v_0 x}{c^2}\right)$; $\beta = \frac{v_0}{c}$; $\gamma_0 = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v_0}{c}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}}$
טרנספורמציה הפוכה:

$x = \gamma_0(x' + v_0 t')$; $y' = y$; $z' = z$
 $t = \gamma_0\left(t' + \frac{v_0 x'}{c^2}\right)$
 - הצירים של המערכות **חייבים** להיות מקבילים.
 - בזמן $t = t' = 0$ **חייבים** שהראשיות מתלכדות.
המערכת העצמית:
 מערכת בה המאורע הנצפה נמצא במנוחה.
 - **זמן עצמי** τ מוגדר להיות הפרש הזמנים בין שני מאורעות כפי שהוא נמדד במערכת העצמית שלהם.
 - **אורך עצמי** l_0 האורך של גוף כפי שנמדד במערכת בו הגוף נמצא במנוחה.
התכווצות האורך: שינוי האורך ממערכת המנוחה (העצמית) למערכת נעה
 $l = \frac{l_0}{\gamma_0}$
התארכות הזמן: שינוי הזמן ממערכת המנוחה (העצמית) למערכת נעה
 $\Delta t = \gamma_0 \tau$
שינוי זווית במדידת אורך: $\tan \theta = \gamma_0 \tan \theta'$
 θ' - זווית ביחס לציר ה x (ציר התנועה) במערכת העצמית
 θ - זווית ביחס לציר ה x (ציר התנועה) במערכת אחרת.
אפקט דופלר היחסות:

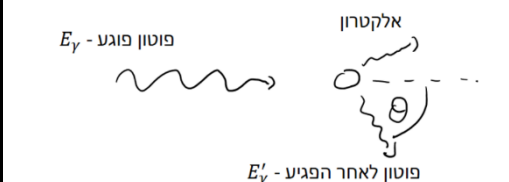
זמן המחזור של הגל:
 $T = \sqrt{\frac{1+\beta}{1-\beta}} \tau$
 אורך הגל:
 $\lambda = \sqrt{\frac{1+\beta}{1-\beta}} \lambda'$
 תדירות הגל:
 $f = \sqrt{\frac{1-\beta}{1+\beta}} f'$
 λ', f', τ - הזמן, התדירות ואורך הגל במערכת העצמית
טרנספורמציות לורנץ למהירויות:
 $v'_x = \frac{v_x - v_0}{1 - \frac{v_0 v_x}{c^2}}$
 $v'_y = \frac{v_y}{\gamma_0 \left(1 - \frac{v_0 v_x}{c^2}\right)}$; $v'_z = \frac{v_z}{\gamma_0 \left(1 - \frac{v_0 v_x}{c^2}\right)}$
אברציה - שינוי זווית המהירות:
 $\tan \theta' = \frac{\sin \theta}{\gamma_0 \left(\cos \theta - \frac{v_0}{c}\right)}$

שימו לב שפה השינוי הוא בזווית של וקטור המהירות (כיוון התנועה) ולא שינוי זווית של הגוף כמו למעלה.

תנע ואנרגיה יחסותיים: $\vec{p} = \gamma m \vec{v}$; $E = \gamma mc^2$
 הגודל γ קשור עכשיו למהירות הגוף עבורו נרצה לחשב את התנע ולא למעבר בין מערכות אינרציאליות שונות.
נוסחאות נוספות:
 $E^2 = |p|^2 c^2 + m^2 c^4$; $|p| = \sqrt{\gamma^2 - 1} \cdot mc$
אנרגיית מנוחה: $E_0 = mc^2$
אנרגיה קינטית: $E_k = E - E_0 = mc^2(\gamma - 1)$
 עבור חלקיקים מסוימים מסת המנוחה היא אפס (פוטון, ניוטרינו) והאנרגיה הקינטית היא:
 $E = |p|c = h\nu$
 ν היא התדירות ו- $h = 6.626 \cdot 10^{-34} J \cdot s$ קבוע פלאנק
 טרנספורמציה של התנע והאנרגיה:

$E'_x = \gamma_0(E - v_0 p_x)$; $p'_x = \gamma_0(p_x - v_0 E/c^2)$
 $p'_y = p_y$; $p'_z = p_z$
וקטור תנע אנרגיה: $(p_x, p_y, p_z, \frac{E}{c})$
"גודל הוקטור"(מינוס באנרגיה) זהה בכל מערכות הייחוס:

$p_x^2 + p_y^2 + p_z^2 - \left(\frac{E}{c}\right)^2 = const$
 - הנוסחה נכונה גם עבור מערכת עם יותר מגוף אחד כאשר התנע והאנרגיה הם התנע והאנרגיה של כל המערכת.
 - עבור גוף יחיד הקבוע הוא: $m^2 c^2$.
פיזור קומפטון:
 פוטון הפוגע באטום הנמצא במנוחה, לאחר הפגיעה נפלט אלקטרון וכיוון התנועה של הפוטון משתנה.



$\frac{1}{E'_\gamma} - \frac{1}{E_\gamma} = \frac{1}{m_e c^2} (1 - \cos \theta)$
 E_γ - אנרגיית הפוטון לפני הפגיעה
 E'_γ - אנרגיית הפוטון אחרי הפגיעה
 m_e - מסת אלקטרון
 θ - זווית התנועה של הפוטון ביחס לכיוון הפגיעה.
יחידת האלקטרון וולט: $1 eV = 1.60 \times 10^{-19} J$
המרת מסת הגופים לאנרגיה:

$|m_e| \approx 8.19 \times 10^{-14} J (\approx 511 keV)$
 $|m_p| \approx 1.50 \times 10^{-10} J (\approx 938 MeV)$
 $m_{Uranium} \approx 3.55 \times 10^{-8} J (\approx 225 GeV)$
 - ניתן גם לרשום את היחידות של התנע של גופים כ- $\frac{eV}{c}$.
 כלומר הכמות (המספר) זהה רק ביחידות נחלק ב c .

האטום - התפתחות היסטורית ומודל בוהר

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

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