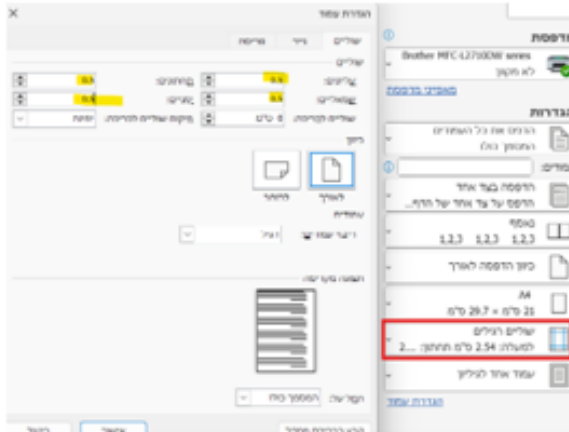


הוראות לדף הנוסחאות

הוראות הדפסה!

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

ב WORD, יש לבחור בלשונית הדפסה את חלון השולים, לבחור שולים 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 באות
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.

תנועה מחזורית

תנועה מחזורית: היא תנועה המורכבת מקטע תנועה מסוים החוזר על עצמו באופן מדויק כל מרווח זמן קבוע. הגדרה: תנועה מחזורית היא תנועה שבה קיים T קבוע, עבורו מתקיים $\vec{x}(t) = \vec{x}(t + T)$ לכל $\vec{x}(t)$ כאשר T הוא זמן המחזור. שימו לב, כל תנועה הרמונית היא תנועה מחזורית אבל לא כל תנועה מחזורית היא הרמונית. בתנועה הרמונית יש תנאים נוספים שהכוונו ביחס ישר למיקום.

תנועה הרמונית

המיקום כתלות בזמן בתנועה הרמונית:

$$x(t) = A \cos(\omega t + \varphi)$$

- הראשית היא בנקודת שיווי המשקל.
- נקודת שיווי המשקל היא הנקודה שבה כוחות שווה לאפס (התאוצה גם שווה לאפס והמהירות מקסי).
- A - אמפליטודת התנועה, מרחק מקסימאלי משווי משקל.
- ω - תדירות זוויתית. φ - פאזה.

המהירות בתנועה הרמונית: $v(t) = -\omega A \sin(\omega t + \varphi)$

התאוצה בתנועה הרמונית: $a(t) = -\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi)$

קשר בין התדירות הזוויתית (אומגה) לתדירות זמן

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

המחזור: עבור מסה המחוברת לקפיץ:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

כאשר k הוא קבוע הקפיץ ו- m היא מסת הגוף.

הפאזה: כאשר t_0 הוא הזמן שעבר מהרגע שבו הגוף היה בקצה החיובי עד ש $t = 0$ (מתחילים למדוד את התנועה)

בדרכ נמצאת את A ו- φ מתנאי התחלה:

$$x(t=0) = A \sin \varphi ; v(t=0) = -\omega A \cos \varphi$$

מהירות מקסימלית:

$$v_{max} = \pm \omega A ; a_{max} = \pm \omega^2 A$$

נוספת של כוח קבוע למערכת: משנה רק את נקודת שיווי המשקל (ולא את התדירות). במקרה כזה נקודת שיווי המשקל לא תהיה הנקודה שבה הקפיץ רפוי וצריך להבחין ביניהם. מקרה נפוץ הוא של **קפיץ אנכי**. בקפיץ אנכי כוח הכובד הוא כוח קבוע, הוא לא משפיע על התנועה למעט שינוי נקודת שיווי המשקל. אפשר לחשוב שכוח הכובד גורם למתיחה התחלתית של הקפיץ עד לנקודה שבה כוח הקפיץ שווה לכוח הכובד (נק' ש.מ. חדשה) משם התנועה תהיה כרגיל. אפשר לקבוע את $x=0$ בנקודת ש.מ. ולהתעלם מהכובד.

האנרגיה בתנועה הרמונית:

$$E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}mv_{max}^2$$

תנועה הרמונית פשוטה

משוואת התנועה:

$$-k(x - x_0) = m\ddot{x}$$

k ו- m הם קבועים **חיוביים** כלשהם.

x_0 - קבוע שיכול להיות חיובי או שלילי.

x - משתנה כלשהו, יכול להיות גם זווית או משתנה אחר.

$\ddot{x}$ - נגזרת שנייה של המשתנה.

חייב להיות מינוס לפני k .

פתרון המשוואה: $x(t) = A \cos(\omega t + \varphi) + x_0$

x_0 - נקודת שיווי המשקל, הנקודה שבה $\Sigma \vec{F} = 0$.

A - אמפליטודה, המרחק המקסימאלי משווי המשקל.

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

φ - פאזה.

מציאת הקבועים בפתרון:

x_0 - אפשר למצוא ישירות מהקבוע שבמשוואה או למצוא אותו מסכום הכוחות שווה לאפס.

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{x}{\ddot{x}}}$$

φ , A מוצאים מתנאי התחלה $x(0)$ ו- $\dot{x}(0)$.

נוסחה למהירות המקסימאלית:

$$v_{max} = \omega A$$

מטוטלת פיזיקאלית:

גוף קשיח שתולים בנקודה כלשהי

$$\omega = \sqrt{\frac{mgr_{cm}}{I_0}}$$

I_0 - מומנט ההתמד בנקודת התלייה

$$E = \frac{1}{2}m\dot{x}^2 + \frac{1}{2}k(x - x_0)^2 = \frac{1}{2}m\dot{x}^2$$

האנרגיה: האנרגיה הכוללת קבועה ואפשר לחשב אותה דרך האמפליטודה.

- חילופי האנרגיה בין האנרגיה הקינטית לפוטנציאלית, הפוטנציאלית מקסי' בקצוות והקינטית בשיווי משקל.

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 נייטרונים ב- n ואלקטרונים ב- e

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

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 והניטרונים קובעים את מסת האטום.

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

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

הניטרון לא מושפע מהכוח החשמלי ולכן אין לו מטען.

המטען החשמלי של כל גוף יהיה חיובי להיות כפולה שלמה של מטען הפרוטון או האלקטרון.

זרם מתח והתנגדות

הזרם הוא כמות המטען שעוברת ביחידת זמן

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

חישוב זרם קבוע או ממוצע:

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

היחידות הסטנדרטיות 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 ליניארי**

$$q(t) = I \cdot \Delta t + q_0$$

ניתן לרשום:

$$I = n_e A q_e v_d$$

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: $V = IR$

I - זרם ברכיב. R - התנגדות לרכיב.

נגד: מוליך שההתנגדות שלו גדולה בהרבה מן החוטמים.

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: $\varepsilon = V + Ir$

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)

$$V_{דקים} = \frac{\varepsilon R_T}{R_T + r}$$

עבודה אנרגיה והספק ברכיבים במעגל GOOL

העבודה שמתבצעת על מטען q שעובר בנגד תחת מתח V

$$W = qV = Q$$

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 רגע:

$$P = IV = I^2 R = V^2 / R$$

השוויון הראשון נכון לכל רכיב חשמלי והשניים האחרונים (עם R) נכונים רק לנגד.

חיבור נגדים במעגל GOOL

הצד בו הפרוטונים נאבד 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.

נצילות במעגל החשמלי

נצילות: $\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$

η - נצילות המעגל.

P_{out} - ההספק המופק/מוצל ברכיבים השימושיים במעגל

P_{in} - ההספק המושקע (של הסוללה)

הכוח המגנטי - חוק לורנץ

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).

- דרך גודל וכיוון: $F_B = qvB \sin \alpha$ הגודל הוא:

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 (עדיף 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:

$$R = \frac{mv \sin \alpha}{qB}$$

$v \cos \alpha$ היא מהירות ההתקדמות לאורך ציר השדה.

עבודת הכוח המגנטי: תמיד מתאפסת (כי הוא מאונך לתנועה).

השדה המגנטי

סימון וקטור לתוך הדף $\otimes$ והחוצה מהדף $\odot$ (אלינו)

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):

היחידות הסטנדרטיות של השדה המגנטי הן T (טסלה).

שדה במרכז של טבעת ברדיוס R :

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R}$$

קווי שדה של טבעת, דיפול מגנטי (מגנטי):

הצד בו הפרוטונים נאבד 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

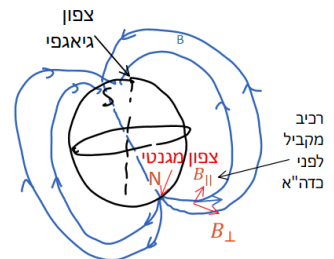
$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

- הזרם בנגד השקול שווה לסכום הזרמים

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$$

השדה המגנטי של כדור הארץ:

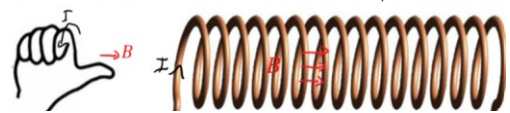
הצפון הגאוגרפי
אינו הצפון
המגנטי.



- נהוג לחלק את
השדה המגנטי
לרכיב מקביל
ומאונך לכדה"א
(לקרקע) כאשר
בדרכ"א 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.
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

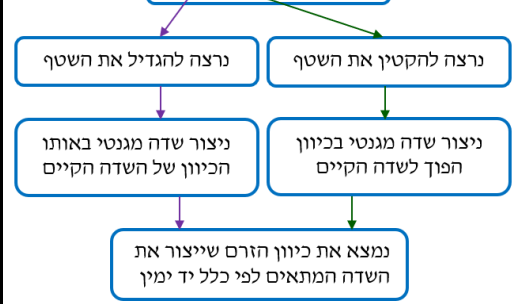
חוק פאראדי והשראות

כא"מ הנוצר במוט הנע בשדה מגנטי: $\epsilon = BLv \sin \alpha$
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
הנע 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.
בד"כ נמצא באמצעות החוק רק את גודל הכאמ ואת
הכיוון נמצא לפי חוק לנץ.
חוק לנץ: הזרם נוצר בניגוד לשינוי בשטף.

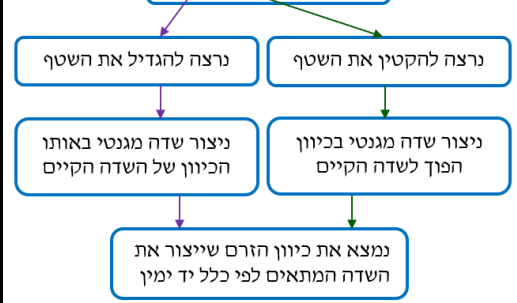
האם השטף גדל או קטן?



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
חוק פאראדי

חוק פאראדי: $\epsilon = -\frac{d\phi_B}{dt}$; $\phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{S}$
הכא"מ מתנהג כמו מקור מתח במעגל.
בד"כ נמצא באמצעות החוק את גודל הכא"מ ואת הכיוון
נמצא לפי חוק לנץ.
חוק לנץ: הזרם נוצר בניגוד לשינוי בשטף.

האם השטף גדל או קטן?

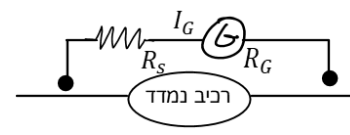


הספק של כוח הפועל על גוף בתנועה: $P = \vec{F} \cdot \vec{v}$
כאשר v היא מהירות הגוף (שימו לב למכפלה הסקלרית)
כא"מ הנוצר במוט הנע בשדה מגנטי: $\epsilon = BLv \sin \alpha$
כאשר v היא מהירות המוט, L האורך שלו ו- α היא
הזווית בין המהירות לשדה.
כיוון הכא"מ הוא בכיוון של הכוח המגנטי הפועל על מטען
חיובי בתוך המוט.

חוק פאראדי

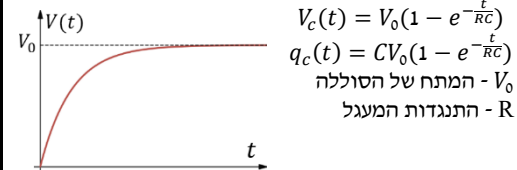
אמפרמטר (מד זרם):
- נחבר את האמפרמטר בטור לרכיב בו
נרצה למדוד את הזרם.
- התנגדות האמפרמטר צריכה להיות מאוד קטנה ביחס
לנגד. אמפרמטר אידיאלי הוא ללא התנגדות בכלל.
וולטמטר (מד מתח):
- נחבר את הוולטמטר במקביל לרכיב אותו נרצה למדוד.
- התנגדות הוולטמטר צריכה להיות גדולה ככל הניתן
(גדולה מאוד ביחס לנגד)
- וולטמטר אידיאלי הוא וולטמטר עם התנגדות מאוד
מאוד גדולה או התנגדות אינסופית.
- **לנומטר:** מד זרם שהתנגדותו אינה זניחה.
- **שימוש בלנומטר כמד זרם:**
נחבר במקביל לנגד (מיצד) בעל התנגדות נמוכה (בשביל
להקטין את ההשפעה של ההתנגדות הגלוינומטר על
המעגל)

$I = I_G \left(1 + \frac{R_G}{R_S} \right)$
I - הזרם במעגל. I_G - הזרם בגלוינומטר. R_G - התנגדות
הגלוינומטר. R_S - התנגדות המיצד.
שימוש בגלוינומטר כמד מתח:

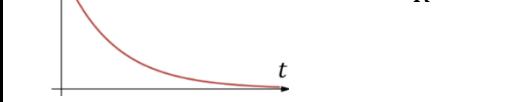


V - המתח
המדידה
ברכיב.
 $V = I_G (R_S + R_G)$
- בכל אחד מהמקרים, מגבלת המדידה היא המגבלה של
הזרם המקסימלי שיכול למדוד הגלוינומטר.
גשר ווינסטון:
שיטה למדידת
התנגדות של נגד.
משנים את
ההתנגדות בנגד
המשתנה עד שהזרם
בגלוינומטר מתאפס
ואז:
 $R_2 = \frac{R_1 \cdot R_4}{R_3}$

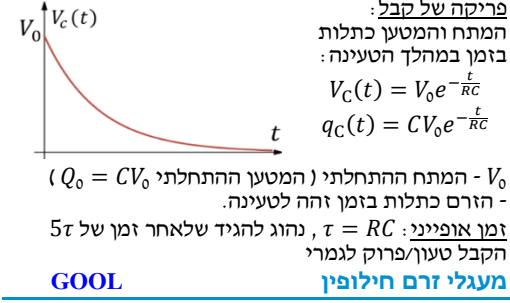
טעינה של קבל:
המתח והמטען כתלות בזמן במהלך הטעינה:



הזרם כתלות בזמן:
 $I(t) = \frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$



פריקה של קבל:
המתח והמטען כתלות
בזמן במהלך הטעינה:



מעגל LC:
משוואת המעגל: $\frac{q}{C} + L\ddot{q} = 0$
ו- $I = -\dot{q}$
(ניתן גם להגיע לאותה משוואה
על הזרם)
המשוואה היא משוואה של
תנועה הרמונית פשוטה.

פתרון: $q(t) = A \cos(\omega t + \phi)$; $\omega = \sqrt{\frac{1}{LC}}$

האנרגיה האגורה במעגל:
(האנרגיה הכוללת נשמרת)

השראות

ההשראות ברכיב:
 $L = \frac{\Phi_B}{I}$
 Φ_B הוא השטף המגנטי דרך הרכיב ו- I הזרם ברכיב.
- ההשראות היא **תכונה שתלויה רק במבנה** ולכן היא בד"כ
קבועה.
חישוב השראות לפי הגדרה:
1. נניח שזרם זרם I ברכיב.
2. נחשב את השדה המגנטי הנוצר מהזרם בתוך הרכיב.
3. נחשב את השטף המגנטי ברכיב.
4. נציב בנוסחה של ההשראות והזרם יצטמצם.

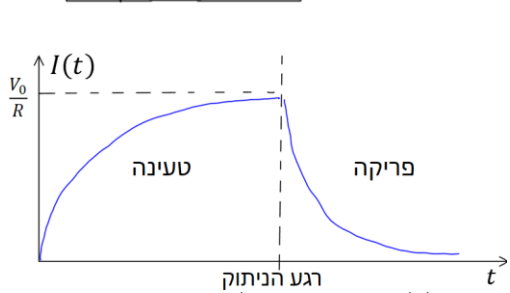
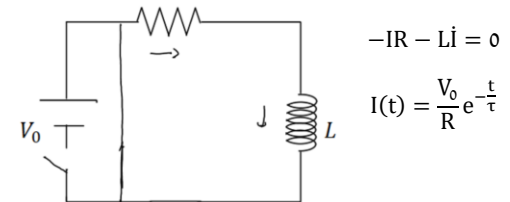
השראות של סליל:
 $L = \frac{\mu_0 \pi a^2 N^2}{l}$
N מספר הליפופים הכולל, l אורך הסליל ו-a רדיוס טבעת
כא"מ ברכיב עם השראות L: $\epsilon = -L\dot{I}$
האנרגיה האגורה בסליל (או בכל רכיב בעל השראות):

$U_L = \frac{1}{2} LI^2$
האנרגיה האגורה בשדה המגנטי:
 $U = \int \frac{B^2}{2\mu_0} dV$

- את האינטגרל עושים על כל המרחב.
- זו אותה האנרגיה שמחשבים באמצעות ההשראות (פשוט
צורת חישוב אחרת).
- ניתן לחשב השראות דרך השוואה של שתי הנוסחאות
האחרונות של האנרגיה (תניחו זרם והוא יצטמצם בסוף).
המתח על סליל (משורר) במעגל:
 $V_L = L\dot{I}$
הצד הגבוה הוא בנקודה שבה הזרם לסליל.

מעגלי RL

טעינה:
 $V_0 - IR - L\dot{I} = 0$
 $I(t) = \frac{V_0}{R} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$
 $\tau = \frac{L}{R}$
- סליל (או משורר) מתנהג
בהתחלה כמו נתק ולאחר זמן רב כמו קצר.
פריקה:



חיבור סלילים (משרנים) במעגל הוא כמו חיבור נגדים:
בטור: $L_T = L_1 + L_2 + \dots$
כאשר $I_T = I_1 = I_2 = \dots$ ו- $V_T = V_1 + V_2 + \dots$

$$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots \quad \text{במקביל:}$$

$$I_T = I_1 + I_2 + \dots \quad \text{כאשר } V_T = V_1 = V_2 = \dots$$

גלים והתאבכות גלים

$$v = \lambda f \quad \text{מהירות גל מחזורי:}$$

$$\lambda - \text{אורך הגל. } f - \text{תדירות הגל.}$$

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} \quad \text{חוק השבירה:}$$

$$\theta - \text{הזוויות בין הקרן הפוגעת/מוחזרת לאנך למשטח.}$$

$$n - \text{מקדם השבירה של כל תווך.}$$

$$v - \text{מהירות הגל בכל תווך.}$$

$$\ell = n \frac{\lambda}{2} \quad \text{גל עומד במיתר שקצותיו קשורים:}$$

$$\ell - \text{אורך המיתר. } n - \text{מספר נקודות הקמר (מקסי/מיני)}$$

$$\text{קווי מקסימום ראשיים בהתאבכות משני מקורות (ויותר)}$$

$$\sin \theta_n = \frac{X_n}{L_n} = n \frac{\lambda}{d} \quad \text{שווי-מופע:}$$

$$\theta_n - \text{זווית הסטייה של האור המגיע לנק' המקסימום}$$

$$\text{ביחס לכיוון המאונך למישור החריצים.}$$

$$X_n - \text{המרחק בין אמצע הלוח והמקסימום מסדר } n.$$

$$L_n - \text{המרחק בין המרכז של החריצים למקסימום מסדר } n$$

$$n - \text{סדר קו המקסימום. } \lambda - \text{אורך הגל.}$$

$$d - \text{המרחק בין החריצים.}$$

$$\text{קווי מינימום בהתאבכות משני מקורות שווי-מופע:}$$

$$\sin \theta_n = \frac{X_n}{L_n} = \left(n - \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{d}$$

$$\theta_n - \text{זווית הסטייה של האור המגיע לנק' המינימום}$$

$$\text{ביחס לכיוון המאונך למישור החריצים.}$$

$$X_n - \text{המרחק בין אמצע הלוח והמינימום מסדר } n.$$

$$L_n - \text{המרחק בין המרכז של החריצים למינימום מסדר } n.$$

$$\lambda - \text{אורך הגל. } d - \text{המרחק בין החריצים.}$$

$$\frac{\Delta X}{L} = \frac{\lambda}{d} \quad \text{נוסחת יאנג:}$$

$$\Delta X - \text{רוחב פס האור. } L - \text{מרחק האנך למסך מהחריצים.}$$

$$\lambda - \text{אורך הגל. } d - \text{המרחק בין החריצים.}$$

$$\text{קווי מקסימום בהתאבכות בסריג עקיפה:}$$

$$\sin \theta_n = n \frac{\lambda}{d} = nN \cdot \lambda$$

$$\theta_n - \text{הזווית למקסימום מסדר } n.$$

$$d - \text{המרחק בין שני חריצים צמודים. } N - \text{קבוע הסריג.}$$

$$\sin \theta_n = \frac{X_n}{L_n} = n \frac{\lambda}{w} \quad \text{קווי צומת בעקיפה בסדר יחיד:}$$

$$\theta_n - \text{הזווית למינימום מסדר } n.$$

$$X_n - \text{מרחק מרכז המינימום מסדר } n \text{ למרכז המקסימום}$$

$$\text{המרכזי. } L_n - \text{המרחק בין החריץ למינימום מסדר } n.$$

$$w - \text{רוחב החריץ.}$$

$$\frac{I_a}{I_0} = 10^{\left(\frac{\alpha}{10}\right)} \quad \text{עוצמה של גלי קול ביחס לסף השמע:}$$

$$\text{כאשר } I_a \text{ היא עוצמת הקול של } \alpha \text{ דציבל. } I_0 - \text{סף השמע}$$

$$\text{של אדם.}$$

$$- \text{ניתן לרשום גם את היחס בין העוצמות של שני דציבלים}$$

$$\frac{I_a}{I_b} = 10^{\left(\frac{\alpha - \beta}{10}\right)} \quad \text{שונים } \alpha \text{ ו- } \beta:$$

$$E = I \cdot S \cdot t \quad \text{האנרגיה של גל קול:}$$

$$E - \text{האנרגיה הכוללת של גל הקול. } I - \text{העוצמה בדציבל.}$$

$$S - \text{שטח החתך בו הגל פוגע.}$$

$$t - \text{משך הזמן שהקול פוגע בשטח החתך.}$$

מבוא לאופטיקה

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad \text{חוק סנל:}$$

$$\text{כאשר } n \text{ הם מקדמי השבירה של התווך ו- } \theta \text{ הן הזוויות}$$

$$\text{בין הקרן שפוגעת/מוחזרת לבין האנך למשטח.}$$

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f} \quad \text{נוסחת העדשות:}$$

$$u - \text{מרחק העצם מהעדשה. } v - \text{מרחק הדמות מהעדשה.}$$

$$f - \text{מוקד העדשה.}$$

$$m = \frac{H_i}{H_o} = \frac{|v|}{|u|} \quad \text{הגדלה קווית:}$$

$$H_i - \text{גובה הדמות. } H_o - \text{גובה העצם.}$$

$$C = \frac{1}{f} \quad \text{עוצמת העדשה:}$$