

הוראות לדף הנוסחאות



הוראות הדפסה! :

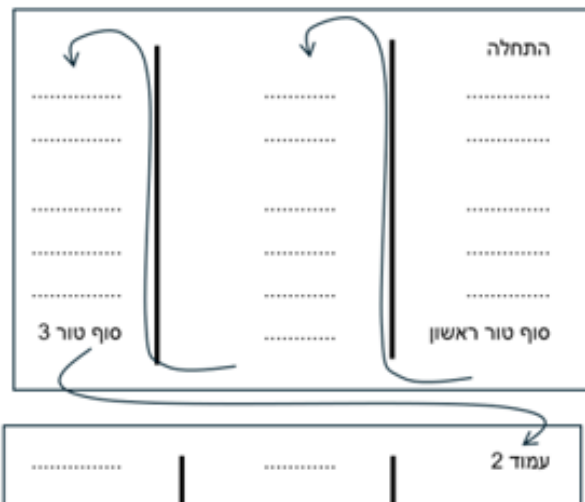
את הדף יש להדפיס עם שוליים מותאמות אישית ברוחב 0.5 בכל צד.

ב WORD, יש לבחור בלשונית הדפסה את חלון 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 בפניה 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.

פונקציות טריגונומטריות

GOOL

ניצב שמול יתר

$$\sin \alpha = \frac{a}{c} = \frac{\text{ניצב ליד}}{\text{יתר}}$$

ניצב ליד יתר

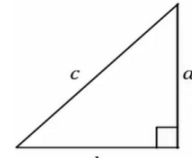
$$\cos \alpha = \frac{b}{c} = \frac{\text{ניצב ליד}}{\text{יתר}}$$

ניצב שמול ליד ניצב

$$\tan \alpha = \frac{a}{b} = \frac{\text{ניצב שמול}}{\text{ליד ניצב}}$$

1 ניצב ליד ניצב שמול

$$\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}; \cot \alpha = \frac{b}{a} = \frac{\text{ניצב שמול}}{\text{ניצב ליד}} = \frac{1}{\tan \alpha}$$

$$a^2 + b^2 = c^2$$


$\sin(90^\circ - \alpha) = \cos \alpha$	$\cos(90^\circ - \alpha) = \sin \alpha$	$90^\circ - \alpha$
$\tan(90^\circ - \alpha) = \cot \alpha$	$\cot(90^\circ - \alpha) = \tan \alpha$	
$\sin(90^\circ + \alpha) = \cos \alpha$	$\cos(90^\circ + \alpha) = -\sin \alpha$	$90^\circ + \alpha$
$\tan(90^\circ + \alpha) = -\cot \alpha$	$\cot(90^\circ + \alpha) = -\tan \alpha$	
$\sin(180^\circ - \alpha) = \sin \alpha$	$\cos(180^\circ - \alpha) = -\cos \alpha$	180°
$\tan(180^\circ - \alpha) = -\tan \alpha$	$\cot(180^\circ - \alpha) = -\cot \alpha$	$-\alpha$
$\sin(-\alpha) = -\sin \alpha$	$\cos(-\alpha) = \cos \alpha$	$-\alpha$
$\tan(-\alpha) = -\tan \alpha$	$\cot(-\alpha) = -\cot \alpha$	
$\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha$		2α
$\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha = 1 - 2 \sin^2 \alpha = 2 \cos^2 \alpha - 1$		
$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \sin \beta \cos \alpha$		$\alpha \pm \beta$
$\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cos \beta \mp \sin \alpha \sin \beta$		

GOOL

משוואת הקו הישר

משוואת הקו הישר: $y = mx + n$

משוואת הקו הישר: $m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \tan \alpha$ כאשר α היא הזווית של הישר עם ציר ה-x. n היא נקודת חיתוך עם ציר ה-y.

מרחק בין שתי נקודות: $d^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2$

GOOL

הפרבולה

משוואת הפרבולה: $y = ax^2 + bx + c$

חיוב הפרבולה מחייכת, שלילי בוכה.

קודקוד הפרבולה: $x_{\text{קודקוד}} = -\frac{b}{2a}$

נוסחת השורשים: $x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$

GOOL

מבוא פיזיקלי

חוקי הזקות: $(ab)^c = a^c b^c$; $a^b a^c = a^{b+c}$

$(a^b)^c = a^{bc}$; $\frac{1}{a^b} = a^{-b}$

מעברים בין יחידות:

קילו (k) זה 1000: $1km = 1000m$; $1kg = 1000gr$

מילי (m) זה $\frac{1}{1000}$ לדוגמה: $1mm = \frac{1}{1000}m$

ומיליגרם $1mg = \frac{1}{1000}gr$

ליטר: $1liter = 1000cm^3$

שוב: $1000m^3 = 1000liter$

שנת אור היא המרחק שהאור עושה בשנה: $1lightyear = 9.4608 \cdot 10^{15}m$

GOOL

תנועה בקו ישר

העתק- השינוי במיקום הגוף: $\Delta x = x_2 - x_1$

דרך- אורך כל המסלול שעשה הגוף, סימון באות S

מהירות ממוצעת או קבועה: $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$

המיקום כתלות בזמן במהירות קבועה: $x(t) = x_0 + v(t - t_0)$

גרפים: גרף המיקום במקרה של תנועה במהירות קבועה יהיה קו ישר. שיפוע הגרף הוא המהירות.

גרף השטח החיובי מתחת לגרף המהירות הוא הדרך.

השטח מתת לגרף המהירות הוא ההעתק, עובדה זו נכונה גם עבור מהירות לא קבועה.

תאוצה קבועה או ממוצעת: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$

מהירות כתלות בזמן בתנועה בתאוצה קבועה: $v(t) = v_0 + a(t - t_0)$

כאשר v_0 היא המהירות בזמן t_0 (בדרי"כ רגע תחילת התנועה)

מיקום כתלות בזמן בתנועה בתאוצה קבועה: $x(t) = x_0 + v_0(t - t_0) + \frac{1}{2}a(t - t_0)^2$

כאשר x_0 ו v_0 הן המיקום והמהירות בזמן t_0 (בדרי"כ רגע התחלת התנועה)

נוסחה נוספת המקשרת בין המהירות למיקום (ללא תלות בזמן) בתאוצה קבועה: $v_f^2 = v_i^2 + 2a(x_f - x_i)$

גרפים:

התאוצה היא השיפוע בגרף של המהירות כתלות בזמן.

השטח מתחת לגרף של התאוצה כתלות בזמן שווה לשינוי המהירות.

הגרף של המיקום כתלות בזמן בתאוצה קבועה הוא פרבולה. תאוצה חיובית פרבולה מחייכת, תאוצה שלילית פרבולה עצובה.

GOOL

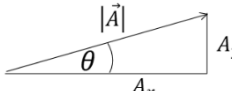
וקטורים

פירוק לרכיבים:

$$A_y = |\vec{A}| \sin \theta$$

$$A_x = |\vec{A}| \cos \theta$$

למצא גודל וזווית:

$$|\vec{A}| = \sqrt{A_x^2 + A_y^2}; \tan \theta = \frac{A_y}{A_x}$$


חיבור וקטורים:

בצורה גרפית נצמיד ראש לזנב. וקטור הסכום יהיה וקטור מהזנב הראשון לראש הוקטור האחרון.

תמיד ניתן להזיז וקטור במרחב כל עוד שומרים על האורך והכיוון שלו.

בצורה אלגברית נסכום את הרכיבים:

$\vec{A} + \vec{B} = (A_x + B_x, A_y + B_y)$

בצורה פולרית, נפרק לרכיבים ונסכום.

כפל/חלוקה בסקלר: בצורה אלגברית, נכפיל/נחלק כל רכיב בסקלר: $\vec{B} = \alpha \vec{A} = (\alpha A_x, \alpha A_y)$

בצורה פולרית, נכפיל/נחלק את הגודל בסקלר (הכיוון לא משתנה אלא אם הסקלר שלילי ואז הכיוון מתהפך) מכפלה סקלרית בין שני וקטורים:

$\vec{A} \cdot \vec{B} = A_x \cdot B_x + A_y \cdot B_y + A_z \cdot B_z = |\vec{A}| |\vec{B}| \cos \alpha$

תוצאת המכפלה היא תמיד סקלר (ולא וקטור).

מכפלה סקלרית של וקטורים מאונכים מתאפסת. נוסחה למציאת זווית בין וקטורים:

$$\cos \alpha = \frac{A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z}{|\vec{A}| |\vec{B}|}$$

GOOL

נפילה חופשית זריקה אנכית

תנועה בתאוצה קבועה g כלפי מטה, נבחר את ציר התנועה להיות ציר Y, ולכן משוואות התנועה הן:

$$y(t) = y_0 + v_0(t - t_0) + \frac{1}{2}a(t - t_0)^2$$

$$v(t) = v_0 + a(t - t_0)$$

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a(y_f - y_i)$$

נפילה חופשית הגוף מתחיל במנוחה ולכן $v_0 = 0$ בדרי"כ נבחר לפתור באופן הבא:

- כיוון הציר החיובי יהיה כלפי מטה ואז $a = g$ (במשוואות הני"ל).
- נבחר את הראשית בנקודת ההתחלה ואז $y_0 = 0$

זריקה אנכית: יש לגוף מהירות התחלתית כלפי מעלה או מטה. התנועה היא בתאוצה קבועה g כלפי מטה (כמו נפילה חופשית) ומשוואות התנועה זהות.

עדיף לבחור את הכיוון החיובי כלפי מעלה ואז $a = -g$, המהירות ההתחלתית תהיה חיובית אם היא כלפי מעלה ושלילית אם היא כלפי מטה.

שומלץ לבחור את הראשית בקרקע.

שיא גובה כאשר $v(t) = 0$ הצבה במשוואה נותנת בשיא גובה ש: $y_0 + \frac{v_0^2}{2g}$; $t_{\text{שיא גובה}} = \frac{v_0}{g}$

GOOL

תנועה במישור - בליטות

וקטור המיקום: $\vec{r} = x\hat{x} + y\hat{y} = (x, y)$

העתק: $\Delta \vec{r} = \Delta x\hat{x} + \Delta y\hat{y} = (\Delta x, \Delta y)$

מהירות ממוצעת או קבועה: $\vec{v}_{avg} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$

זריקה משופעת (ואופקית): הגוף נורק במהירות התחלתית v_0 בזווית θ (באופקית הזווית אפס).

נפריד לתנועה במהירות קבועה בציר X ותנועה בתאוצה קבועה בציר Y (זריקה אנכית). משוואות התנועה יהיו:

$$x(t) = x_0 + v_0 \cos(\theta)t; v_x(t) = v_0 \cos(\theta)$$

$$y(t) = y_0 + v_0 \sin(\theta)t + \frac{1}{2}a_y t^2$$

$$v_y(t) = v_0 \sin(\theta) + a_y t$$

אם נבחר כיוון חיובי בציר Y כלפי מעלה או $a_y = -g$

יתכן תאוצה גם בציר X לדוגמה במקרה של רוח אופקית ואז צריך לשנות את הנוסחאות בציר X לנוסחאות של תאוצה קבועה.

שיא גובה ($v_y(t) = 0$): $(v_y(t) = 0): t_{\text{שיא גובה}} = \frac{v_0 \sin(\theta)}{g}$; שיא גובה $t_{\text{שיא גובה}} = \frac{v_0 \sin(\theta)}{g}$

טווח (בהנחה שהזריקה מהקרקע): $R = \frac{v_0^2 \sin(2\theta)}{g}$

טווח מקסימלי בזווית 45 מעלות

משוואת המסלול: משוואה של $y(x)$. על מנת למצא משוואת מסלול מבודדים את t מהביטוי של $x(t)$ ומציבים ב- $y(t)$.

GOOL

דינמיקה - חוק I ו-II של ניוטון

חוק הראשון של ניוטון: אם גוף נע במהירות קבועה בקו ישר (או במנוחה) אז סכום הכוחות עליו מתאפס ולהפך.

החוק השני של ניוטון: לכל כוח שגוף אחד מפעיל על גוף שני (כוח פעולה) הגוף השני חייב להפעיל כוח בחזרה (כוח תגובה) השווה בגודלו והפוך בכיוונו.

שימו לב!! הכוחות פועלים על שני גופים שונים ולכן לא יהיו באותו תרשים כוחות.

חיבור סטטי:

פועל כאשר הגוף במנוחה (ביחס למשטח המגע). כיוונו מנוגד לכיוון שקול הכוחות.

גודלו משתנה בהתאם לכוחות הפועלים.

עוד מקסימאלי: $f_s \leq \mu_s N$ או $f_{s,max} = \mu_s N$

חיבור קינטי:

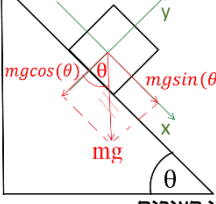
פועל כאשר הגוף בתנועה (ביחס למשטח המגע). גודלו קבוע (אינו תלוי במהירות או בכוחות האחרים)

בניגוד לסטטי ושווה ל: $f_k = \mu_k N$

המישור המשופע:

בבעיות עם מישור משופע מומלץ לבחור מערכת צירים כך שציר X מקביל למישור וציר Y מאונך.

הרכיב mg במקביל למישור יהיה $mg \sin(\theta)$ ובמאונך למישור $mg \cos(\theta)$. שימו לב לסימנים בהתאם לכיוון הצירים.



GOOL

דינמיקה - חוק II של ניוטון

חוק II של ניוטון: $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$

בגלל שהשוויון וקטורי צריך שיהיה שוויון בכל ציר

בנפרד. כלומר: $\Sigma F_y = ma_y$, $\Sigma F_x = ma_x$

בבעיות עם מספר גופים נעשה תרשים כוחות וחוק שני לכל גוף בנפרד. אחי"כ נוסיף את הקשר בין התאוצות של הגופים.

GOOL

קפיצים

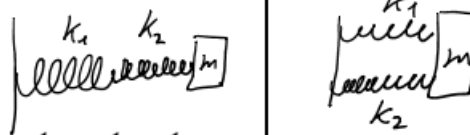
חוק הוק - הכוח שמפעיל קפיץ: $F = -k\Delta x$

Δx - התארכות ממצב הרפוי של הקפיץ (מסומן גם ב Δl)

k - הוא קבוע הקפיץ ותלוי בחומר ממנו עשוי הקפיץ

חיבור בטור

חיבור במקביל



$\frac{1}{k_{eff}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$

$k_{eff} = k_1 + k_2$

GOOL

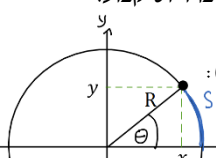
תנועה מעגלית

תנועה מעגלית היא תנועה במעגל ברדיוס קבוע. מיקום הגוף:

$x = R \cos \theta$; $y = R \sin \theta$

חדש (אורך הקשת שמול הזווית): $S = R \cdot \Delta \theta$

יש להציב את שינוי הזווית ברדיאנים



המהירות הזוויתית היא קצב שינוי הזווית בזמן.

מהירות זוויתית קבועה או ממוצעת:

(ביחידות של רדיאן לשנייה) $\omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t} = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$

f היא התדירות (יחידות הרץ או 1/sec). T זמן מחזור. הקשר בין המהירות הזוויתית למהירות הקווית (נכון גם למהירויות שאינן קבועות): $|\vec{v}| = \omega R$

תאוצה רדיאלית (למרכז המעגל): $a_r = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$

סכום הכוחות למרכז המעגל:

$$\Sigma F_r = m \left(\frac{v^2}{R} \right) = m(\omega^2 R)$$

בתרגילים, נבחר מערכת צירים כך שכיוון ציר ה X למרכז המעגל וציר Y מאונך לו. בציר X נשתמש בנוסחה של סכום הכוחות למרכז המעגל ובציר Y סכום הכוחות שווה לאפס (בתנועה שבה גודל המהירות קבוע).

אם גודל המהירות אינו קבוע (תנועה לא קבועה) אז ישנה גם תאוצה משיקית. התאוצה המשיקית שווה לשינוי גודל המהירות בזמן (בדיוק כמו תאוצה רגילה בתנועה בקו ישר).

עבור תאוצה משיקית קבועה או ממוצעת: $a_\theta = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

סכום הכוחות בכיוון המשיק (ציר Y) יהיה: $\Sigma F_\theta = ma_\theta$

תאוצה זוויתית: קצב שינוי המהירות הזוויתית בזמן.

עבור תאוצה זוויתית קבועה או ממוצעת: $\alpha = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$

(ביחידות של רדיאן לשנייה בריבוע).

הקשר בין תאוצה זוויתית לתאוצה המשיקית (גם עבור תאוצה משתנה): $a_\theta = \alpha R$

מהירות זוויתית כתלות בזמן בתאוצה זוויתית קבועה:

זווית כתיבת בומן בתאוצה זוויתית קבועה: $\omega(t) = \omega_0 + \alpha \cdot (t - t_0)$

$$\theta(t) = \theta_0 + \omega_0(t - t_0) + \frac{1}{2} \alpha (t - t_0)^2$$

כוידה **GOOL**

החוק השלישי של קפלר: $\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^3 = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2$

\bar{r} - רדיוס הקפה ממוצע של כל גרם שמיים.
 T - זמן המחזור של כל גרם שמיים.

גודל כוח הכבידה בין שני גופים: $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$
 $G = 6.67 \cdot 10^{-11}$ - קבוע הכבידה האוניברסלי.

m - מסות הגופים. r - המרחק בין מרכזי הגופים.

עבודה ואנרגיה **GOOL**

העבודה שמבצע כוח קבוע או כוח ממוצע: $W = \vec{F} \cdot \Delta \vec{x} = F \Delta x \cos \alpha$

כאשר α היא הזווית בין הכוח להעתק
- כוח שפועל במאונך לתנועה (למהירות) אינו מבצע עבודה.
- אם הגוף לא נע העבודה אפס (לכן חיכוך סטטי אינו מבצע עבודה).

אנרגיה קינטית: $E_k = \frac{1}{2} m v^2$

העבודה הכוללת (כולל הכוחות המשמרים) שווה לשינוי

באנרגיה קינטית: $W_{SF} = \Delta E_k$

האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית: $U_g = mgh$

h זה הגובה של הגוף. ניתן לבחור גובה אפס איפה שרוצים.

העבודה שמבצע כוח הכובד שווה לשינוי באנרגיה

הפוטנציאלית הכובדית: $W_g = -\Delta U_g$

האנרגיה הפוטנציאלית האלסטית (האנרגיה של קפיץ):

$U_{el} = \frac{1}{2} k (\Delta x)^2$ הוא קבוע הקפיץ

Δx היא התארכות מהמצב הרפוי (לפעמים מסומן ב Δl)

האנרגיה הכללית היא האנרגיה הקינטית של הגוף ועוד סך

כל האנרגיות הפוטנציאליות: $E = E_k + U = \frac{1}{2} m v^2 + mgh + \frac{1}{2} k (\Delta x)^2$

*בשוויון השני רשמנו את האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית והאלסטית. תיאורטית יכולות להיות עוד אנרגיות פוטנציאליות אבל זה מאוד נדיר בקורס הזה.

משפט עבודה אנרגיה: $W_{NC} = \Delta E$ או $E_i + W_{NC} = E_f$

E_i ו- E_f הם האנרגיות הכלליות בהתחלה ובסוף.

W_{NC} היא העבודה שנעשתה על ידי הכוחות הלא משמרים

בתהליך שבין נקודות ההתחלה לסוף.

נוסחה לשינוי בגובה של

מטוטלת: $h = l(1 - \cos \theta)$

h הגובה מהתחתית

- h הגובה החופשי

- l אורך החוט

- θ זווית ביחס לאנך

מהתקרה.

חום (Q): האנרגיה

הנוצרת מחיכוך קינטי.

- כמות החום שנוצרת

בתהליך שווה לעבודה של

כוח החיכוך הקינטי (הפוכה בסימן, כי העבודה שמבצע

החיכוך הקינטי על הגוף שלילית) $Q = -W_{f_k}$

ניתן לחשב את החום שנוצר גם מהשינוי באנרגיה

הכללית של הגוף.

מבנה החומר **GOOL**

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 וזניהה

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 חיובי להיות כפולה

שלמה של מטעני הפרוטון או האלקטרון.

הכוח החשמלי - חוק קולון **GOOL**

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

r - הוא המרחק בין הגופים

הנוסחה נכונה עבור שני מטענים הנמצאים בריק, כאשר המטענים נמצאים בתוך (לדוגמה מים או שמן) הכוח משתנה.

השדה החשמלי **GOOL**

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 ברמה איכותית **GOOL**

הקבוע 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 נקי)

- 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 ($\sigma = \frac{Q}{S}$).

- כיוון השדה במאונך למישור

(הצורה הממיישר עבור מטען

חיובי וכלפי מישור 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.

- בקליפה גלילית דקה ובגליל מלא מוליך השדה בתוך

הקליפה/גליל מוליך הוא אפס.

- כיוון השדה הוא בכיוון הרדיאלי (גלילי)

תנועה בשדה חשמלי אחיד **GOOL**

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

מוליכים **GOOL**

- 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 **GOOL**

- 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 היצוני (ולא

מהדיפולים של החומר). ϵ_r - מקדם דיאלקטרי יחסי,

קבוע חסר יחידות שתלוי בסוג החומר וקיים בטבלאות.

- לפעמים נתון המקדם הדיאלקטרי (הלא יחסי) והקשר

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

$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85 \frac{C^2}{N \cdot m^2}$ הוא המקדם הדיאלקטרי של הריק

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 שנו): $W_{\text{חשמלי}} = -\Delta U$

העבודה הדרושה להזיז מטען היא עבודה שאנחנו מבצעים

כנגד הכוח החשמלי ולכן היא מינוס העבודה של הכוח

החשמלי ושווה לשינוי האנרגיה הפוטנציאלית (ללא

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

הפוטנציאל 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. $1 eV = 1.6 \cdot 10^{-19} J$

הפרש הפוטנציאלים (או המתח) בשדה אחיד:

פוטנציאל של לוח אינסופי (כאשר בוחרים פוטנציאל אפס

על הלוח): $\Delta V = -\vec{E} \cdot \Delta \vec{x} = -|\vec{E}| |\Delta \vec{x}| \cos \alpha$

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 כדח"א: כדח"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)

הארקה: חיבור מוליך לכדח"א, מאלץ את הפוטנציאל של

המוליך להיות אפס (כמו כדח"א).

חישוב אנרגיה פוטנציאלית של מערכת שלמה (העבודה

הדרושה לבניית המערכת):

דך 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**, וכך הלאה.

במקרה של שלושה מטענים החישוב הוא:

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

דך 2: נסכום את האנרגיה של כל זוג מטענים במערכת.

במקרה של שלושה מטענים:

$$W = \frac{kq_1 q_2}{r_{12}} + \frac{kq_1 q_3}{r_{13}} + \frac{kq_2 q_3}{r_{23}}$$

זרם מתח והתנגדות **GOOL**

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.

היחודות 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 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.

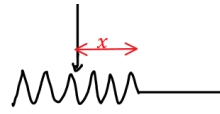
v_d - מהירות הסחיפה (מהירות ממוצעת של האלק' במוליך)

מהירות האות החשמלי היא מהירות שבה ההשפעה של

שינוי במקום אחד במעגל מגיעה למקום אחר (לדוגמה,

מהירות שבה תידלק נורה כתוצאה מהדלקה של מתג).

מהירות האות החשמלי היא מהירות האור והיא גדולה בהרבה ממהירות החיפה.
 מקור מתח במצע עבודה במעגל חשמלי סגור וגורם לתנועה של המטענים (זרם). **המקור אינו מוסיף מטענים** למעגל.
חוק אוהם:
 $V = IR$
 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 - 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:
 $P = \frac{W}{\Delta t}$
 W - העבודה שהתבצעה במרווח הזמן Δt
 - יחידות 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.

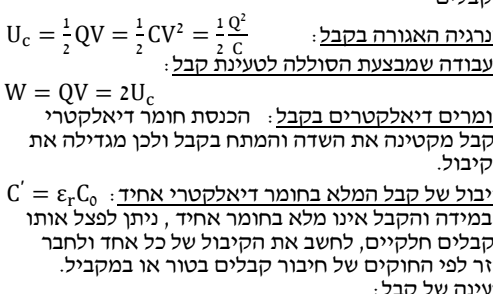
חיבור נגדים במעגל GOOL
 הצד בו הפוטנציאל גבוה בנגד הוא הצד שבו הזרם נכנס לנגד.
חיבור נגדים בטור:
 - חיבור בטור נעשה כאשר הזרם בנגדים זהה
 $R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$
 המתח על הנגד השקול שווה לסכום המתחים
 $V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \dots$
חיבור נגדים במקביל:
 - חיבור בטור נעשה כאשר המתח בנגדים זהה
 $\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$
 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 GOOL
 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. נוסף משוואות זרמים ונקבל מערכת משוואות ממנה ניתן למצוא את הזרמים.

נצילות במעגל החשמלי GOOL
נצילות:
 $\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$
 η - נצילות המעגל.
 P_{out} - ההספק המופק/מנוצל ברכיבים השימושיים במעגל
 P_{in} - ההספק המושקע (של הסוללה)
קבלים GOOL
 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. בדרי"כ נעשוק בקבלים עם שני לוחות (קבל לוחות).
קיבול של קבל לוחות:
 $C = \frac{\varepsilon_0 A}{d}$
 A - שטח כל לוח. d - המרחק בין הלוחות.

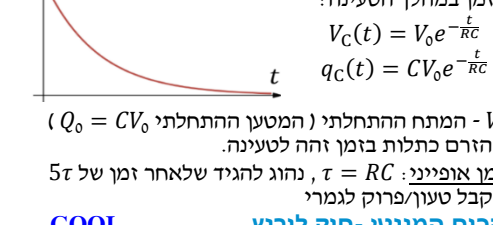
תכונת הקיבול: הקיבול תלוי רק במבנה הגיאומטרי (אף פעם לא יהיה תלוי במטען על הקבל או במתח שנופל עליו) לכן הוא תמיד קבוע במעגל (אלא אם משנים את המבנה). סימון הקבל במעגל: -|-
 לאחר שעבר זמן רב הקבל מתנהג כמו נתק במעגל. כאשר מחברים קבל למקור הוא מתחיל לאגור מטען, תהליך זה נקרא טעינה. התהליך נפסק כאשר המתח 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: $C' = \varepsilon_r C_0$
 - במידה והקבל אינו מלא בחומר אחיד, ניתן לפצל אותו לקבלים חלקיים, לחשב את הקיבול של כל אחד ולחבר זור לפי החוקים של חיבור קבלים בטור או במקביל.
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:
 $V_C(t) = V_0 e^{-\frac{t}{RC}}$
 $q_C(t) = CV_0 e^{-\frac{t}{RC}}$
 V_0 - 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/מרוק לגמרי

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).
 - 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 (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:
 $R = \frac{mv \sin \alpha}{qB}$
 α היא מהירות ההתקדמות לאורך ציר השדה.
עבודת הכוח המגנטי: תמיד מתאפסת (כי הוא מאונך לתנועה).
השדה המגנטי GOOL
 סימון וקטור לתוך הדף \otimes והחוצה מהדף (אלינו) \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 T (טסלה).
 שדה במרכז של טבעת ברדיוס R :
 $B = \frac{\mu_0 I}{2R}$



שדה המגנטי של כדור הארץ:
 - הצפון הגאוגרפי - הצפון המגנטי (מגנטי):

 - נהוג לחלק את השדה המגנטי לרכיב מקביל לכדה"א ומאונך לכדה"א (לקרקע) כאשר בדרי"כ מודדים רק את הרכיב המקביל.
שדה של סליל אינסופי:
 $B = \frac{\mu_0 NI}{L}$
 N - מספר הליפופים הכולל. L - אורך הסליל.
 n - ניתן להגדיר גם מספר הליפופים ליחידת אורך של הסליל:
 $n = \frac{N}{L}$
 - כיוון, לפי כלל הבורג כאשר האצבעות בכיוון הזרם והאגודל בכיוון השדה.



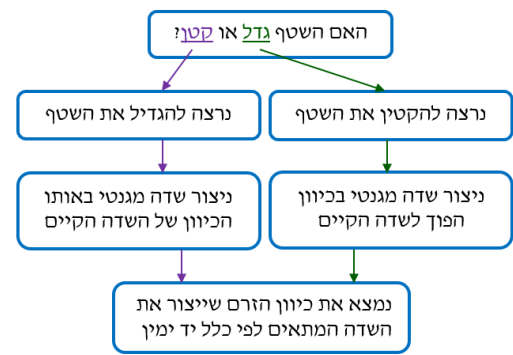
כוח על תיל נושא זרם ובין שני תילים GOOL
 גודל הכוח הפועל על **תיל ישר בשדה אחיד** באורך L הנושא זרם I הוא:
 $F = BIL \sin \alpha$
 α היא הזווית בין השדה לכיוון הזרם.
 את כיוון הכוח יש למצוא לפי כלל יד ימין כמו בחוק לורנץ על מטען בודד כאשר כיוון הזרם (או כיוון ה- $d\vec{l}$) מחליף את המהירות.
כוח ליחידת 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 פארדי והשראות GOOL
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 פארדי:
 $\varepsilon = -\frac{d\phi_B}{dt}$
 $\phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{S} = B_{\perp} \cdot S$
 השוויון השני נכון אם B_{\perp} אחיד בכל השטח. הכאמ מתנהג כמו מקור מתח במעגל. בדרי"כ נמצא באמצעות החוק רק את גודל הכאמ ואת הכיוון נמצא לפי חוק לנץ.
חוק לנץ: הזרם נוצר בניגוד לשינוי בשטף.

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

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

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

חוק פארדי והשראות GOOL
כוח פארדי והשראות GOOL
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 פארדי:
 $\varepsilon = -\frac{d\phi_B}{dt}$
 $\phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{S} = B_{\perp} \cdot S$
 השוויון השני נכון אם B_{\perp} אחיד בכל השטח. הכאמ מתנהג כמו מקור מתח במעגל. בדרי"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