

הוראות לדף הנוסחאות



הוראות הדפסה! :

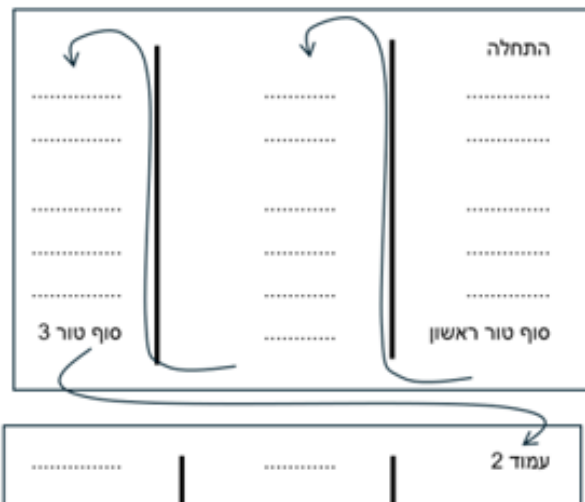
את הדף יש להדפיס עם שוליים מותאמות אישית ברוחב 0.5 בכל צד.

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:



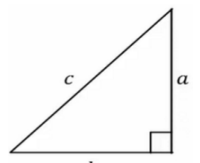
הדף בנוי משלושה טורים. ההתחלה היא בפינה הימנית העליונה. בסוף הטור הראשון עוברים לטור השני באותו עמוד (ולא לעמוד הבא). בסוף הטור האחרון עוברים לטור הראשון (הימני) בעמוד הבא. ניתן לשנות את כיוון הפריסה לרוחב, זה יוצר מראה יותר מרווח על חשבון מספר עמודים.

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: $\sin \alpha = \frac{a}{c}$
ניצב ליד יתר: $\cos \alpha = \frac{b}{c}$
ניצב שמול ליד ניצב: $\tan \alpha = \frac{a}{b}$
 $\cot \alpha = \frac{b}{a}$
 $\frac{1}{\tan \alpha} = \cot \alpha$
 $a^2 + b^2 = c^2$

$\sin(90^\circ - \alpha) = \cos \alpha$	$\cos(90^\circ - \alpha) = \sin \alpha$	$90^\circ - \alpha$
$\tan(90^\circ - \alpha) = \cot \alpha$	$\cot(90^\circ - \alpha) = \tan \alpha$	
$\sin(90^\circ + \alpha) = \cos \alpha$	$\cos(90^\circ + \alpha) = -\sin \alpha$	$90^\circ + \alpha$
$\tan(90^\circ + \alpha) = -\cot \alpha$	$\cot(90^\circ + \alpha) = -\tan \alpha$	
$\sin(180^\circ - \alpha) = \sin \alpha$	$\cos(180^\circ - \alpha) = -\cos \alpha$	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.
מרחק בין שתי נקודות: $d^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2$

GOOL

משוואת הפרבולה

משוואת הפרבולה: $y = ax^2 + bx + c$
חיוב הפרבולה מחייכת, שלילי בוכה.
קודקוד הפרבולה: $x_{קודקוד} = -\frac{b}{2a}$
 $x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$

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; מילי (m) זה $\frac{1}{1000}$; ומיליגרם 1mg = $\frac{1}{1000}$ gr

ליטר: 1liter = 1000cm³
סוב: 1 קוב = 1000m³ = 1000liter
שנת אור היא המרחק שהאור עושה בשנה: 1lightyear = 9.4608 · 10¹⁵m
צפיפות: צפיפות נפחית: $\rho = \frac{M}{V}$; צפיפות משטחית: $\sigma = \frac{M}{S}$
צפיפות אורכית: $\lambda = \frac{M}{l}$

GOOL

תנועה בקו ישר

העתק- השינוי במיקום הגוף: $\Delta x = x_2 - x_1$
דבר- 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 המהירות במקרה של מהירות קבועה הוא קו ישר אופקי.
השטח מתת לגרף המהירות הוא ההעתק, עובדה זו נכונה גם עבור מהירות לא קבועה.
השטח החיובי מתחת לגרף המהירות הוא הדרך

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): $v_f^2 = v_i^2 + 2a(x_f - x_i)$

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

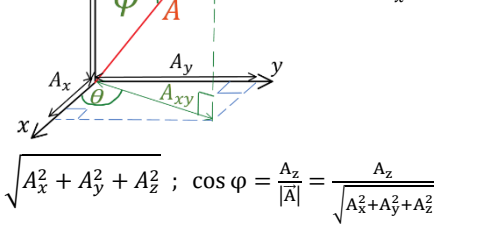
חיבור וקטורים: בצורה גרפית נצימד ראש לזנב. וקטור הסכום יהיה וקטור מהזנב הראשון לראש הוקטור האחרון. תמיד ניתן להזיז וקטור במרחב כל עוד שומרים על האורך והכיוון שלו.

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

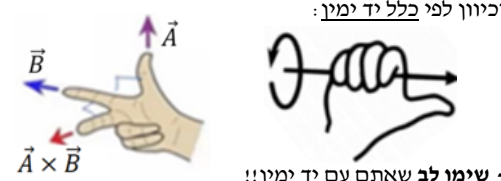
וקטור יחידה:

וקטור בשלושה מימדים: $0 \leq \varphi \leq \pi$
 $0 \leq \theta \leq 2\pi$
 $\tan \theta = \frac{A_y}{A_x}$



פירוק לרכיבים: $A_{xy} = |\vec{A}| \sin \varphi$; $A_z = |\vec{A}| \cos \varphi$
 $A_x = |\vec{A}| \sin \varphi \cos \theta$; $A_y = |\vec{A}| \sin \varphi \sin \theta$

מכפלה וקטורית: $\vec{A} \times \vec{B} = \begin{vmatrix} \hat{x} & \hat{y} & \hat{z} \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix}$
גודל המכפלה הוא: $|\vec{A} \times \vec{B}| = |\vec{A}| |\vec{B}| \sin \alpha$
כיוון לפי כלל יד ימין:



שימו לב שאתם עם יד ימין!! בתמונה השמאלית, קודם לעשות אקדח ואחרי"כ לפתוח את האמה!

GOOL **פנילה חופשית זריקה אנכית**

תנועה בתאוצה קבועה g כלפי מטה, נבחר את ציר התנועה להיות ציר Y, ולכן משוואות התנועה הן:
 $y(t) = y_0 + v_0(t - t_0) + \frac{1}{2} a(t - t_0)^2$
 $v(t) = v_0 + a(t - t_0)$
 $v_f^2 = v_i^2 + 2a(y_f - y_i)$
בפנילה חופשית הגוף מתחיל ממנוחה ולכן $v_0 = 0$
בדרי"כ נבחר לפתור באופן הבא:
1. כיוון הציר החיובי יהיה כלפי מטה ואז $a = g$ (במשוואות הנ"ל).

2. נבחר את הראשית בנקודת ההתחלה ואז $y_0 = 0$
בזריקה אנכית: יש לגוף מהירות התחלתית כלפי מעלה או מטה. התנועה היא בתאוצה קבועה g כלפי מטה (כמו פנילה 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.
מומלץ לבחור את הראשית בקרקע.
שיא גובה כאשר $v(t) = 0$ הצבה במשוואה נותנת בשיא גובה ש: $y_0 + \frac{v_0^2}{2g}$; $t_{גובה} = \frac{v_0}{g}$

GOOL **תנועה במישור - בליסטית**

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 נזרק במהירות התחלתית v_0 בזווית θ (באופקית הזווית אפס).

נפריז לתנועה במהירות קבועה בציר X ותנועה בתאוצה קבועה בציר Y (זריקה אנכית). משוואות התנועה יהיו:
 $x(t) = x_0 + v_0 \cos(\theta)t$; $v_x(t) = v_0 \cos(\theta)$
 $y(t) = y_0 + v_0 \sin(\theta)t + \frac{1}{2} a_y t^2$
 $v_y(t) = v_0 \sin(\theta) + a_y t$

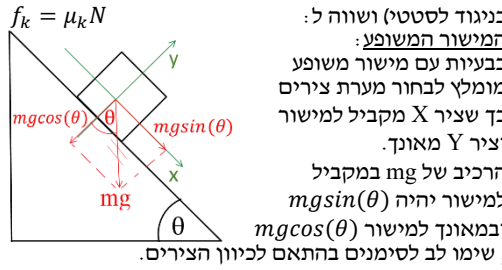
אם נבחר כיוון חיובי בציר Y כלפי מעלה או $a_y = -g$ תיתכן תאוצה גם בציר ה X לדוגמה במקרה של רוח אופקית ואז צריך לשנות את הנוסחאות בציר X לנוסחאות של תאוצה קבועה.

שיא גובה ($v_y(t) = 0$): $t_{גובה} = \frac{v_0 \sin(\theta)}{g}$
שיא גובה: $y_0 + \frac{(v_0 \sin(\theta))^2}{2g}$
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 למצוא משוואת מסלול מבודדים את t מהביטוי של $x(t)$ ומציבים $y(t)$.

GOOL **דינמיקה - חוק I ו-II של ניוטון**

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

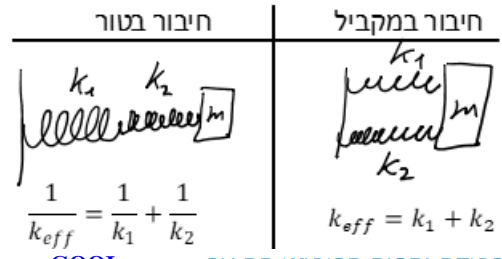
ערך מקסימלי: $f_s \leq \mu_s N$ או $f_{s,max} = \mu_s N$
חיבור קינטי: פועל כאשר הגוף בתנועה (ביחס למשטח המגע). גודלו קבוע (אינו תלוי במהירות או בכוחות האחרים).



ניגוד סטטי ושווה ל: המישור המשופע: בעיית עם מישור משופע מומלץ לבחור מערת צירים כך שציר X מקביל למישור וציר Y מאונך. הרכיב של 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: $\Sigma F_y = ma_y$, $\Sigma F_x = ma_x$
בעיית עם מספר גופים נעשה תרשים כוחות וחוק שני לכל גוף בנפרד. אחי"כ נוסיף את הקשר בין התאוצות של הגופים.
חוק הוק - הכוח שמפעיל קפיץ: $F = -k\Delta x$
 Δx - התארכות ממצב הרפוי של הקפיץ (מסומן גם ב Δl)
הוא קבוע הקפיץ ותלוי בחומר ממנו עשוי הקפיץ

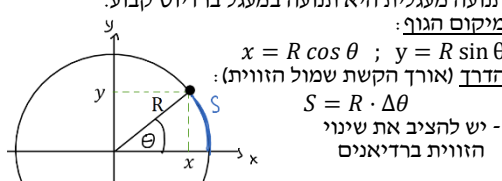


כבידה והכוח הריבועי ההפוך

כוח הכבידה בין שני גופים בעלי מסה: $F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$
 כאשר m_1 ו- m_2 הן שתי המסות ביניהם פועל הכוח. r הוא המרחק בין מרכזי הכובד של הגופים. מפה השם הכוח הריבועי ההפוך.

G הוא קבוע הנקרא **קבוע הכבידה העולמי** (או קבוע הגריטיציה העולמי או קבוע ניוטון), ערכו נמדד בניסויים והוא: $G = 6.67384 \cdot 10^{-11} \frac{m^3}{s^2 kg} = 6.67384 \cdot 10^{-8} \frac{cm^3}{s^2 gr}$

תנועה מעגלית



תנועה מעגלית היא תנועה במעגל ברדיוס קבוע. **מיקום הגוף:** $x = R \cos \theta$; $y = R \sin \theta$ (אורך הקשת שמול הזווית): $S = R \cdot \Delta \theta$

יש להציב את שני הזווית ברדיאנים המהירות הזוויתית היא קב שניו הזווית בזמן. מהירות זוויתית קבועה או ממוצעת:

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

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

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 ה- 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) או ישנה גם תאוצה משקיית. התאוצה המשקיית שווה לשני גודל המהירות בזמן (בדיוק כמו תאוצה רגילה בתנועה בקו ישר).

עבור תאוצה משקיית קבועה או ממוצעת: $a_\theta = \frac{\Delta v}{\Delta t}$
 סכום הכוחות בכיוון המשיק (ציר ה- Y) יהיה: $\Sigma F_\theta = ma_\theta$

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 חיובי 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 הטעונים שלו קטן בהרבה מ- r , המרחק שבו מחשבים את הכוח. הנוסחה נכונה עבור שני מטענים הנמצאים בריק, כאשר המטענים נמצאים בתוך (לדוגמה מים או שמן) הכוח משתנה.

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.

סוגי 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 קליפה 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) 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 (החוצה מהמישור עבור מטען חיובי וכפלי 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.

בקליפה גלילית דקה ובגליל מלא מוליך השדה בתוך הקליפה/גליל מוליך הוא אפס. כיוון השדה הוא בכיוון הרדיאלי (גלילי)

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

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 למטע על השפה/במצב סטטי.

הפוטנציאל במוליך אחיד (קבוע). הארקה: חיבור לקרקע, מאפסת את הפוטנציאל.

חומרים דיאלקטרים

חומר דיאלקטרי הוא חומר מבודד (בפסויות, 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 (חלא יחסי) והקשר הוא: $\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$

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

מתח פוטנציאלי ואנרגיה של הכוח החשמלי

הכוח החשמלי הוא כוח משמר ולכן האנרגיה של מטען הנע בהשפעת הכוח החשמלי נשמרת.

משוואת שימור אנרגיה: $\frac{1}{2}mv_f^2 + U_i = \frac{1}{2}mv_f^2 + U_f$
 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 את סימני המטענים בנוסחה! העבודה שמבצע הכוח החשמלי שווה למינוס השינוי באנרגיה הפוטנציאלית של המערכת (או המטען שנטע):

$W_{חשמלי} = -\Delta U$

העבודה הדרושה להזיז מטען היא עבודה שאנחנו מבצעים כנגד הכוח החשמלי ולכן היא מינוס העבודה של הכוח החשמלי ושווה לשינוי האנרגיה הפוטנציאלית (ללא מינוס): $\Delta U = -W_{חשמלי}$

פוטנציאל הוא אנרגיה ליחידת מטען. הפוטנציאל היא פונקציה מתמטית שאומרת לנו מה תהיה האנרגיה הפוטנציאלית בנקודה מסוימת.

האנרגיה של מטען נקודתי הנמצא בנקודה בה הפוטנציאל הוא V : $U = qV$
 פונקציית הפוטנציאל שיוצר מטען נקודתי במרחב: $V = \frac{kq}{r}$

r - המרחק מהמטען. היחידות הסטנדרטיות של הפוטנציאל הן וולט [V]. אחד וולט הוא גאול חלקי קולון.

סופרפוזיציה: על מנת לחשב את הפוטנציאל בנקודה במרחב ניתן לחבר את הפוטנציאל שיוצר כל מטען באותה נקודה. החיבור הוא סקלרי ויותר פשוט מחיבור שדות.

מתח: הפרש פוטנציאלים, מסומן ב- ΔV אבל לפעמים מסומן גם ב- V לבד כמו הפוטנציאל, כי פוטנציאל בנקודה הוא גם מתח (הפרש פוטנציאלים) מהאפס.

יחידת האלקטרון וולט [eV]: יחידת של עבודה/אנרגיה. נוחה לעבודה, לדוגמה: האנרגיה של אלקטרון בפוטנציאל 5 וולט היא פשוט 5 אלקטרון וולט. $1eV = 1.6 \cdot 10^{-19} J$

הפרש הפוטנציאלים (או המתח) בשדה אחיד: $\Delta V = -\vec{E} \cdot \Delta \vec{x} = -|\vec{E}| |\Delta \vec{x}| \cos \alpha$

פוטנציאל של לוח אינסופי (כאשר בוחרים פוטנציאל אפס על הלוח): $U(x) = -2\pi k\sigma x$

σ - צפיפות המטען המשטחית על הלוח. x - המרחק מהלוח.

הפוטנציאל במוליכים קבוע (אחיד) ושווה לערך על השפה (לא בהכרח אפס)

הפוטנציאל של כדור מוליך בכל המרחב: Q - מטען 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):

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

דרג 2: נסכום את האנרגיה של כל זוג מטענים במערכת. במקרה של שלושה מטענים:

$W = \frac{kq_1q_2}{r_{12}} + \frac{kq_1q_3}{r_{13}} + \frac{kq_2q_3}{r_{23}}$

זרם מתח והתנגדות

הזרם הוא כמות המטען שעוברת ביחידת זמן

חישוב זרם קבוע או ממוצע: $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$
 I הוא סקלר אבל כיוון הזרם נקבע לפי כיוון תנועת המטענים החיוביים.

היחידות הסטנדרטיות של זרם הם אמפר $1A = 1C/sec$

בגרף של $I(t)$ סך המטען שעבר הוא השטח מתחת לגרף. בגרף של $q(t)$ שיפוע הגרף שווה לזרם. **אם הגרף ליניארי 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. G - מוליך שהתנגדותו שלו גדולה בהרבה מן החוטים.

v - מהירות הגל בכל תווך.
 $\ell = n \frac{\lambda}{2}$ גל עומד במיתר שקצותיו קשורים:
 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:

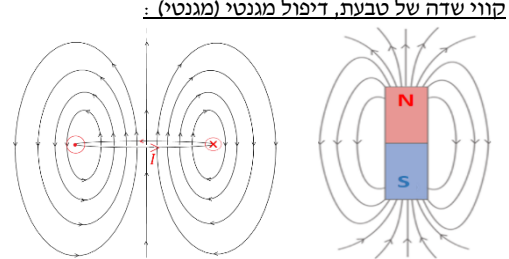
$\sin \theta_n = \frac{X_n}{L_n} = \left(n - \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{d}$
 θ_n - זווית הסטייה של האור המגיע לנק' המינימום n
 ביחס לכיוון המאונך למישור החריצים.
 X_n - המרחק בין אמצע הלוח והמינימום מסדר n .
 L_n - המרחק בין המרכז של החריצים למינימום מסדר n .
 λ - אורך הגל. d - המרחק בין החריצים.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

$\frac{\Delta x}{L} = \frac{\lambda}{d}$
 Δx - רווח פס האור. L - מרחק האנך למסך מהחריצים.
 λ - אורך הגל. d - המרחק בין החריצים.
 קווי מקסימום בהתאבכות בסריג עקיפה:

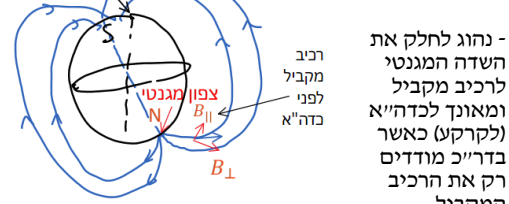
$\sin \theta_n = n \frac{\lambda}{d} = nN \cdot \lambda$
 θ_n - הזווית למקסימום מסדר n .
 d - המרחק בין שני חריצים צמודים. N - קבוע הסריג.
 קווי צומת בעקיפה בסדר יחיד:
 $\sin \theta_n = \frac{X_n}{L_n} = n \frac{\lambda}{w}$
 θ_n - הזווית למינימום מסדר n .
 X_n - מרחק מרכז המינימום מסדר n למרכז המקסימום המרכזי.
 L_n - המרחק בין החריץ למינימום מסדר n .
 w - רווח החריץ.

עוצמה של גלי קול ביחס לסף השמע:
 $\frac{I_a}{I_0} = 10 \left(\frac{\alpha}{10}\right)$
 כאשר I_a היא עוצמת הקול של α דציבל. I_0 - סף השמע של אדם.
 ניתוח 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:
 $E = I \cdot S \cdot t$
 E - האנרגיה הכוללת של גל הקול. I - העוצמה בדציבל.
 S - שטח החתך בו הגל פוגע.
 t - משך הזמן שהקול פוגע בשטח החתך.

מבוא לאופטיקה
חוק סנל:
 $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$
 כאשר n הם מקדמי השבירה של התווך ו- θ הן הזוויות בין הקרן שפוגעת/מוחזרת לבין האנך למשטח.
 נוסחת העדשות:
 $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$
 u - מרחק העצם מהעדשה. v - מרחק הדמות מהעדשה.
 f - מוקד העדשה.
הגדלה קווית:
 $m = \frac{H_i}{H_o} = \frac{|v|}{|u|}$
 H_i - גובה הדמות. H_o - גובה העצם.
 עוצמת העדשה:
 $C = \frac{1}{f}$



קווי שדה של טבעת, דיפול מגנטי (מגנטי):
 השדה המגנטי של כדור הארץ:
 - הצפון הגאוגרפי אינו הצפון המגנטי.



נהוג לחלק את השדה המגנטי לרכיב מקביל ומאונך לכד"א (לקרקע) כאשר בר"כ מודדים רק את הרכיב המקביל.
 שדה של סליל אינסופי:
 בתוך הסליל השדה אחיד ושווה ל:
 $B = \frac{\mu_0 N I}{L}$
 N - מספר הליפופים הכולל. L - אורך הסליל.
 I - ניתוח להגדיר גם מספר הליפופים ליחידת אורך של הסליל:
 $n = \frac{N}{L}$
 I - 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.
 I - 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 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 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
גלים והתאבכות גלים
מהירות גל מחזורי:
 $v = \lambda f$
 λ - אורך הגל. f - תדירות הגל.
חוק השבירה:
 $\frac{\sin \theta_1}{v_1} = \frac{\sin \theta_2}{v_2} = \frac{v_1}{v_2}$
 θ - הזווית בין הקרן הפוגעת/מוחזרת לאנך למשטח.
 n - מקדם השבירה של כל תווך.

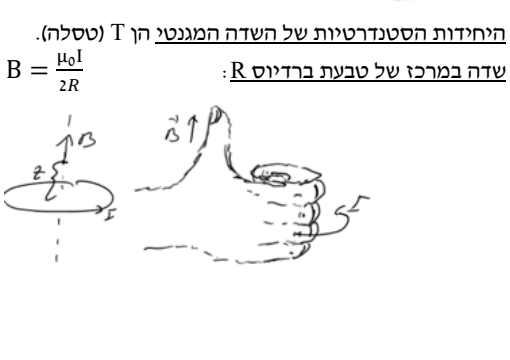
תלות ההתנגדות במבנה הגנג: $R = \frac{l}{A} \cdot \rho$
 l - אורך הגנג (הדרך שהמטענים עושים בנגד).
 A - שטח חתך, שטח בנגד המאונך לכיוון הזרם.
 ρ - התנגדות סגולית, תכונה שתלויה בסוג החומר ובטמפרטורה ותלויה בטבלאות.
 התנגדות של גנג משתנה:
 $R(x) = \rho \cdot \frac{x}{A} = rx$
 כאשר x הוא אורך הגנג (המשתנה)
 r - התנגדות ליחידת אורך (בדרך קבוע) ביחידות של אוהם למטר.
 $\epsilon = V + Ir$ כא"מ ומתח הדקים בסוללה לא אידיאלית:
 ϵ - כא"מ, המתח המקסימאלי של הסוללה.
 V - מתח הדקים. r - התנגדות פנימית. I - זרם בסוללה.
 נוסחה נוספת למתח הדקים עם התנגדות השקולה (R_T):
 $V_{\text{הדקים}} = \frac{\epsilon R_T}{R_T + r}$
 וללא הזרם:
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:
 $P = IV = I^2 R = V^2 / R$
 השוויון הראשון נכון לכל רכיב חשמלי והשניים האחרונים (עם R) נכונים רק לנגד.

כוח 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 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:
 $R = \frac{mv \sin \alpha}{qB}$
 $v \cos \alpha$ 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):



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