

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 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.

פנילה חופשית זריקה אנכית

תנועה בתאוצה קבועה g כלפי מטה, נבחר את ציר התנועה להיות ציר ה-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:

$$1. \text{ כיוון הציר החיובי יהיה כלפי מטה ואז } a = g \text{ (במשוואות הנ"ל).}$$

2. 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 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 t : $t_{\text{שיא גובה}} = \frac{v_0}{g}$; $y_{\text{שיא גובה}} = y_0 + \frac{v_0^2}{2g}$

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 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:

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

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

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

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

$$y_{\text{שיא גובה}} = y_0 + \frac{(v_0 \sin(\theta))^2}{2g}$$

- 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 למצא משוואת מסלול מבודדים את t מהביטוי של $x(t)$ ומציבים ב- $y(t)$.

תנועה יחסית

נוסחה למיקום היחסי: $\vec{r}_{1,2} = \vec{r}_1 - \vec{r}_2$

הם $\vec{r}_{1,2}$ וקטורי המיקום של גוף 1 ו-2 ביחס למעבדה/קרקע. $\vec{r}_{1,2}$ הוא המיקום של גוף 1 ביחס לגוף 2 (כלומר המיקום של גוף 1 ביחס לראשית צירים הנמצאת על גוף 2)

כני"ל לגבי המהירות היחסית והתאוצה היחסית:

$$\vec{v}_{1,2} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2; \quad \vec{a}_{1,2} = \vec{a}_1 - \vec{a}_2$$

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.

חיכוך 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 $f_{s,max} = \mu_s N$

חיכוך קינטי: פועל כאשר הגוף בתנועה (ביחס למשטח המגע). גודלו קבוע (אינו תלוי במהירות או בכוחות האחרים בניגוד לסטטי) ושווה ל:

המישור המשופע: $f_k = \mu_k N$



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 מחייבת, תאוצה שלילית פרבולה עשויה.

המהירות היא נגזרת של המיקום לפי הזמן והמיקום הוא אינטגרל על המהירות לפי הזמן:

$$v(t) = \frac{dx}{dt}; \quad x(t) = \int v(t) dt$$

התאוצה היא נגזרת של המהירות והמהירות היא אינטגרל על התאוצה:

- כשעושים אינטגרל צריך להוסיף קבוע, את הקבוע מוצאים מתנאי התחלה.
נגזרות של סינוס וקוסינוס:

$$(\cos x)' = -\sin x; \quad (\sin x)' = \cos x$$

וקטורים

פירוק לרכיבים: $A_y = |\vec{A}| \sin \theta$
 $A_x = |\vec{A}| \cos \theta$

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

חיבור וקטורים: - **בצורה גרפית** נצימד ראש לזנב. וקטור הסכום יהיה וקטור מהזנב הראשון לראש הווקטור 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:**

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

וקטור יחידה: $\hat{A} = \frac{\vec{A}}{|\vec{A}|}$

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

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

$$A_x = |\vec{A}| \sin \varphi \cos \theta; \quad A_y = |\vec{A}| \sin \varphi \sin \theta$$

מכפלה וקטורית: $\vec{A} \times \vec{B} = \begin{vmatrix} \hat{x} & \hat{y} & \hat{z} \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix}$

ד-1 לעשות את המכפלה עם דטרמיננטה:

$$\vec{A} \times \vec{B} = \begin{vmatrix} \hat{x} & \hat{y} & \hat{z} \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix}$$

ד-2 לפי גודל וכיוון בנפרד: $|\vec{A} \times \vec{B}| = |\vec{A}| |\vec{B}| \sin \alpha$

גודל המכפלה הוא: **כיוון לפי כלל יד ימין:**



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

פונקציות טריגונומטריות

ניצב שמול יתר: $\sin \alpha = \frac{a}{c}$
ניצב ליד יתר: $\cos \alpha = \frac{b}{c}$
ניצב שמול ליד ניצב: $\tan \alpha = \frac{a}{b}$

$\frac{1}{\tan \alpha} = \cot \alpha = \frac{b}{a}$
 $a^2 + b^2 = c^2$

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

משוואת הקו הישר

משוואת הקו הישר: $y = mx + n$
 משוואת הקו הישר עם ציר ה-x. n היא נקודת חיתוך עם ציר ה-y. **מרחק בין שתי נקודות:** $d^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2$

הפרבולה $y = ax^2 + bx + c$
 משוואת הפרבולה: חיוב הפרבולה מחייבת, שלילי בוכה.

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

מבוא פיזיקלי

חוקי הזקות: $(ab)^c = a^b c^c$; $a^b a^c = a^{b+c}$
 $(a^b)^c = a^{bc}$; $\frac{1}{a^b} = a^{-b}$

מעברים בין יחידות: קילו (k) זה 1000: $1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$; $1 \text{ kg} = 1000 \text{ g}$
 מילי (m) זה $\frac{1}{1000}$ לדוגמה: $1 \text{ mm} = \frac{1}{1000} \text{ m}$
 ומיליגרם $1 \text{ mg} = \frac{1}{1000} \text{ g}$

ליטר: $1 \text{ liter} = 1000 \text{ cm}^3$
שוב: $1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$; $1 \text{ kg} = 1000 \text{ g}$
שנת אור היא המרחק שהאור עושה בשנה: $1 \text{ lightyear} = 9.4608 \cdot 10^{15} \text{ m}$

צפיפות: צפיפות נפחית: $\rho = \frac{M}{V}$; צפיפות משטחית: $\sigma = \frac{M}{S}$
 צפיפות אורכית: $\lambda = \frac{M}{l}$

תנועה בקו ישר

העתק: $\Delta x = x_2 - x_1$
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)

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

GOOL

תנועה הרמונית

המיקום כתלות בזמן בתנועה הרמונית:

x(t) = A cos(omega t + phi)
הראשית היא בנקודת שיווי המשקל.
נקודת שיווי המשקל היא הנקודה שבה סכום הכוחות שווה לאפס (התאוצה גם שווה לאפס והמהירות מקסי- A אמפליטודת התנועה, מרחק מקסימאלי משווי משקל.
omega - תדירות זוויתית. phi - פאזה.

v(t) = -omega A sin(omega t + phi)
המהירות בתנועה הרמונית:
a(t) = -omega^2 A cos(omega t + phi)
התאוצה בתנועה הרמונית:
קשר בין התדירות הזוויתית (אומגה) לתדירות זמן

המחזור: omega = 2pi f = 2pi / T

עבור מסה מחוברת לקפיץ: omega = sqrt(k/m)

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

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

בדרי"כ נמצא את phi ומתאי התחלה: x(t=0) = A sin phi ; v(t=0) = -omega A sin phi

מהירות ותאוצה מקסימליים: v_max = omega A ; a_max = omega^2 A

תוספת 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 שיווי נקודת שיווי המשקל. אפשר לחשוב שכוח הכובד גורם למתיחה התחלתית של הקפיץ עד לנקודה שבה כוח הקפיץ שווה לכוח הכובד (נקי ש.מ. חדשה) משם התנועה תהיה כרגיל. אפשר לקבוע את x=0 בנקודת ש.מ ולהתעלם מהכובד.

האנרגיה בתנועה הרמונית:

E = 1/2 mv^2 + 1/2 kx^2 = 1/2 kA^2 = 1/2 mv_max^2

GOOL

מבנה החומר

גודל אטום המימן (הקטן ביותר): 0.53 * 10^-10 m

יחידת האנגסטרם: 1A = 10^-10 m

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

מסת הפרוטון והנייטרון: m_n approx m_p = 1.67 * 10^-27 kg

מסת האלקטרון: m_e = 9.1 * 10^-31 kg

מסת האלק' קטנה בערך פי 2000 ממסת הפרוטון וזניחה ביחס אליו. לכן, בקירוב טוב, הפרוטונים והנייטרונים קובעים את מסת האטום.

מטען האלקטרון: q_e = -1.6 * 10^-19 c

מטען הפרוטון זהה והפוך בסימנו: q_p = 1.6 * 10^-19 c

הנייטרון לא מושפע מהכוח החשמלי ולכן אין לו מטען. המטען החשמלי של כל גוף יהיה חיובי להיות כפולה שלמה של מטען הפרוטון או האלקטרון.

GOOL

הכוח החשמלי - חוק קולון

חוק קולון: F = (k q_1 q_2) / r^2

r - הוא המרחק בין הגופים

קבוע הכוח החשמלי האוניברסלי: k = 9 * 10^9 N * 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 בתוך (לדוגמה או שמן) הכוח משתנה.

GOOL

השדה החשמלי

הכוח הפועל על מטען הנמצא בשדה חשמלי E: F = qE

השדה שיוצר מטען נקודתי בכל המרחב: E = (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.

GOOL

חוק גאוס

צפיפות מטען נפחית rho, משטחית sigma, אורכית lambda, אחידה:

rho = Q / V, sigma = Q / S, lambda = Q / L

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

הקבוע הדיאלקטרי של הריק: epsilon_0 = 1 / (4pi k) = 8.85 * 10^-12 C^2 / N * m^2

ניתן לרשום את כל הנוסחאות עם k או עם epsilon_0.

השטף דרך משטח בשדה אחיד: phi_E = E_perp * s

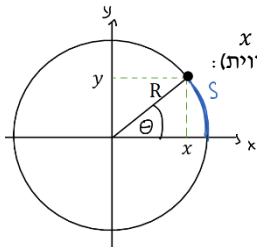
E_perp רכיב השדה שמואנך למעטפת. s הוא שטח המעטפת.

הנוסחה נכונה גם להספק רגעי (ולא רק להספק ממוצע או קבוע)

GOOL

תנועה מעגלית

תנועה מעגלית היא תנועה במעגל ברדיוס קבוע. מיקום הגוף: x = R cos theta ; y = R sin theta



S = R * theta
יש להציב את שיווי הזווית ברדיאנים

המהירות הזוויתית היא קצב שיווי הזווית בזמן.

מהירות זוויתית קבועה או ממוצעת:

(ביחידות של רדיאן לשנייה) omega = delta theta / delta t = 2pi f = 2pi / T

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

תאוצה רדיאלית (למרכז המעגל): a_r = v^2 / R = omega^2 R

סכום הכוחות למרכז המעגל:

F_r = m * (v^2 / R) = m * (omega^2 R)

בתרגילים, נבחר מערכת צירים כך שכיוון ציר X למרכז המעגל וציר Y מאונך לו. בציר X נשתמש בנוסחה של סכום הכוחות למרכז המעגל וציר Y סכום הכוחות שווה לאפס (בתנועה שבה גודל המהירות קבוע). אם גודל המהירות אינו קבוע (תנועה לא קצובה) אז ישנה גם תאוצה משיקית. התאוצה המשיקית שווה לשיווי גודל המהירות בזמן (בדיוק כמו תאוצה רגילה בתנועה בקו ישר).

עבור תאוצה משיקית קבועה או ממוצעת: a_theta = delta v / delta t

סכום הכוחות בכיוון המשיק (ציר Y) יהיה: delta F_theta = m * a_theta

תאוצה זוויתית: קצב שיווי המהירות הזוויתית בזמן.

עבור תאוצה זוויתית קבועה או ממוצעת: alpha = 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: omega(t) = omega_0 + alpha * (t - t_0)

זווית כתלות בזמן בתאוצה זוויתית קבועה: theta(t) = theta_0 + omega_0 * (t - t_0) + 1/2 * alpha * (t - t_0)^2

GOOL

מתקף ותנע

המתקף שמפעיל כוח קבוע או ממוצע על גוף: j = F * delta t

התנגשות אלסטית: התנגשות שבה האנרגיה הקינטית נשמרת. נוסף למשוואת שימור התנע את משוואת שימור האנרגיה: 1/2 m_1 v_1^2 + 1/2 m_2 v_2^2 = 1/2 m_1 u_1^2 + 1/2 m_2 u_2^2

בהתנגשות אלסטית במימד אחד (מצחיית) בלבד, ניתן להחליף את משוואת שימור האנרגיה במשוואה הבאה: v_1 - v_2 = -(u_1 - u_2)

התנגשות פלסטית: הגופים נעים יחד אחרי ההתנגשות. משוואת שימור התנע הופכת ל- m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) u

u - היא המהירות המשותפת לאחר ההתנגשות. רגע: הגופים נעים יחד לפני ההתנגשות. משוואת שימור התנע הופכת ל- m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) u

התנגשות פלסטית ורתע הן אף פעם לא התנגשויות אלסטיות! כלומר לא יכול להתקיים שימור אנרגיה בהתנגשויות האלו.

שימו לב שקיימות התנגשויות שהן לא אלסטיות ולא פלסטיות (סגסוגות התנגשויות) בהן יש רק את משוואת שימור התנע הרגילה.

הערה: בספרים מסוימים השם התנגשות אלסטית מתייחס להתנגשות רגילה שהיא לא פלסטית ואין בה שימור אנרגיה. להתנגשות שיש בה גם שימור אנרגיה קוראים התנגשות אלסטית לחלוטין.

התנגשות אלסטית מצחיית (במימד אחד) בין מסות שוות שאחד הגופים במנוחה: במקרה זה כל האנרגיה עוברת מהגוף הפוגע לגוף במנוחה. כלומר הגוף הפוגע ייעצר והגוף שהיה במנוחה ינעו לאחר ההתנגשות במהירות שבו פגע בו הגוף הראשון.

GOOL

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 x(t) = x(t + T) לכל 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 שהוכחו ביחס ישר למיקום.

GOOL

דינמיקה - חוק II של ניוטון

חוק II של ניוטון: F = ma

בגלל שהשוויון וקטורי צריך שיהיה שוויון בכל ציר: F_y = ma_y, F_x = ma_x

בנפרד. כלומר: כוחות נעשה תרשים כוחות וחוץ שני בבעיות עם מספר גופים נעשה תרשים כוחות וחוץ של כלל גוף בנפרד. אחי"כ נוסף את הקשר בין התאוצות של הגופים.

GOOL

קפיצים

חוק הוק - הכוח שמפעיל קפיץ: F = -k delta x

delta x - התארכות ממצב הרפוי של הקפיץ (מסומן גם ב delta l) - הוא קבוע הקפיץ ותלוי בחומר ממנו עשוי הקפיץ

Table with 2 columns: חיבור במקביל, חיבור בטור. Includes diagrams of springs in parallel and series, and the formula 1/k_eff = 1/k_1 + 1/k_2.

GOOL

כבידה והכוח הריבועי ההפוך

כוח הכבידה בין שני גופים בעלי מסה: F = (G m_1 m_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 הגרביטציה העולמי או קבוע ניוטון), ערכו נמדד בניסויים והוא: G = 6.67384 * 10^-11 m^3 / (s^2 kg)

GOOL

עבודה ואנרגיה

העבודה שמבצע כוח קבוע או כוח ממוצע:

W = F * delta x = F delta x cos alpha

כאשר alpha 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 = 1/2 m v^2

העבודה הכוללת (כולל הכוחות המשמרים) שווה לשיווי האנרגיה 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 למינוס השינוי באנרגיה הפוטנציאלית הכובדית: W_g = -delta U_g

האנרגיה הפוטנציאלית האלסטית (האנרגיה של קפיץ): U_el = 1/2 k (delta x)^2

k הוא קבוע הקפיץ

delta x היא התארכות מהמצב הרפוי (לפעמים מסומן ב delta l)

האנרגיה הכללית היא האנרגיה הקינטית של הגוף ועוד סך כל האנרגיות הפוטנציאליות:

E = E_k + U = 1/2 m v^2 + mgh + 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: E_f + W_NC = E_f או E_i + W_NC = E_f

W_NC - היא העבודה שנעשתה על ידי הכוחות הלא משמרים בתהליך שבין נקודת ההתחלה לסוף.

נוסחה לשינוי בגובה של מטוטלת: h = l(1 - cos theta)

h - הגובה מהתחתית

l - אורך החוט

theta - זווית ביחס לאנך מהתקרה.

חום (Q): האנרגיה הנוצרת מחיכוך קינטי.

כמות החום שנוצרת בתהליך שווה לעבודה של כוח החיכוך הקינטי (והפוכה בסימן, כי העבודה שמבצע החיכוך הקינטי על הגוף שלילית)

Q = -W_f_k

- ניתן לחשב את החום שנוצר גם מהשינוי באנרגיה הכללית של הגוף.

הספק (P): העבודה שנעשית ביחידת זמן.

ההספק של כוח קבוע או הספק ממוצע: P = W / delta t

היחידה הסטנדרטית של הספק היא Watt (W) והיא שווה לגאול חלקי שנייה.

יחידת נוספת היא כוח סוס (Hp): 1 Hp = 746 Watt

נוסחה נוספת להספק: P = F * v

בנוסחה יש מכפלה סקלרית של הכוח במהירות הגוף.

היחידה הסטנדרטית של הספק היא Watt (W) והיא שווה לגאול חלקי שנייה.

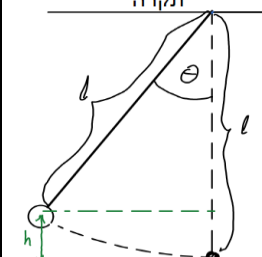
יחידת נוספת היא כוח סוס (Hp): 1 Hp = 746 Watt

נוסחה נוספת להספק: P = F * v

בנוסחה יש מכפלה סקלרית של הכוח במהירות הגוף.

נוסחה נוספת להספק: P = F * v

בנוסחה יש מכפלה סקלרית של הכוח במהירות הגוף.



א- אם השדה הוא אחיד על לחתיכות שבהן השדה אחיד ולסכום את השטף דרך כל חתיכה.

חוק גאוס: $\phi_E = 4\pi k Q_{in}$

ϕ_E - שטף דרך משטח סגור.

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

השדה של כדור וקליפה כדורית מחוץ לכדור או הקליפה

הוא כמו של מטען נקודתי: $E = \frac{kQ}{r^2}$

כאשר r 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.

שדה של כדור מלא ברדיוס R הטעון בצפיפות אחידה:

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

Q הוא סך המטען של הכדור

r הוא המרחק ממרכז הכדור

- הקשר בין סך המטען לצפיפות (אחידה) בכדור מלא:

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

שדה של תיל אינסופי (אחיד):

$E(r) = \frac{2k\lambda}{r}$

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

- כיוון השדה רדיאלי (במאונך לתיל וכלפי חוץ/פנים עבור מטען חיובי/שלילי).

- שדה של קליפה גלילית מתאפס בתוך הקליפה וכמו של תיל מחוץ לקליפה.

שדה של גליל מלא ברדיוס R הטעון בצפיפות נפחית אחידה ρ : (בכיוון רדיאלי)

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

השדה של מישור אינסופי:

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

כאשר σ היא צפיפות המטען

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

כיוון השדה במאונך למישור (החוצה מהמישור עבור מטען חיובי וכלפי המישור עבור מטען שלילי)

השדה של שני מישורים אינסופיים עם צפיפות הפוכה

הוא $4\pi k \sigma$ בין המישורים ואפס מחוץ

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 למעט על השפה (במבט סטטי).

הפוטנציאל במוליך אחיד (קבוע).

הארכה: חיבור לקרקע, מאפסת את הפוטנציאל.

חומרים דיאלקטריים

- חומר דיאלקטרי הוא חומר מבודד (בפשטות, במקרים מוליכים) יותר מרכיבים אפשר לדבר גם על חומרים דיאלקטרים

- 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):

$\vec{E}_T = \frac{\vec{E}_0}{\epsilon_r}$

השדה השקול בתוך החומר, זה השדה שמרגיש מטען בתוך החומר. \vec{E}_0 - שדה שנוצר מהמטען חיצוני (ולא מהדיפולים של החומר). ϵ_r - מקדם דיאלקטרי יחסי, קבוע חסר יחידות שתלוי בסוג החומר וקיים בטבלאות.

- לפעמים נתון המקדם הדיאלקטרי (הלא יחסי) והקשר הוא:

$\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$

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

תמונה פוטנציאל ואנרגיה של הכוח החשמלי

הכוח החשמלי הוא כוח משמר ולכן האנרגיה של מטען הע 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.

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 שנט):

$W_{\text{חשמלי}} = -\Delta U$

העבודה הדרושה להזיז מטען היא עבודה שאנחנו מבצעים כנגד הכוח החשמלי ולכן היא מינוס העבודה של הכוח החשמלי ושווה לשינוי האנרגיה הפוטנציאלית (ללא מינוס):

$W_{\text{פוטנציאל}} = \Delta U = -W_{\text{חשמלי}}$

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 במרחק r - המרחק מהמטען.

$V = \frac{kq}{r}$

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 (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 של השפה (לא בהכרח אפס)

הפוטנציאל של כדור מוליך בכל המרחב:

$V(r) = \begin{cases} \frac{kQ}{R}, & r \leq R \\ \frac{kQ}{r}, & r \geq R \end{cases}$

Q - סך המטען של הכדור

R - רדיוס הכדור

r - המרחק ממרכז הכדור

שימו לב שהפוטנציאל בתוך הכדור אינו תלוי במרחק (קבוע).

הפוטנציאל של כדור: כדור הוא כדור מוליך מאוד גדול, $R = \infty$ ולכן הפוטנציאל אפס.

חיבור של שני מוליכים בחוט מוליך: מאלץ את הפוטנציאל שלהם לשהם להוות שווים (מטען יזרום ממוליך אחד לשני עד השוואת הפוטנציאלים)

הארכה: חיבור מוליך לכדור, מאלץ את הפוטנציאל של המוליך להיות אפס (כמו כדור).

חיבור אנרגיה פוטנציאלית של מערכת שלמה (העבודה הדרושה לבניית המערכת):

דרך 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, וכן הלאה. במקרה של שלושה מטענים החישוב הוא:

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

דרך 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 $1A = 1C/sec$.

גברף של $I(t)$ סך המטען שעבר הוא השטח מתחת לגרף.

גברף 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 האלקטרון 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 החשמלי היא מהירות האור והיא גדולה בהרבה ממהירות הסחיפה.

מקור מתח מבצע עבודה במעגל חשמלי סגור וגורם לתנועה של המטענים (זרם). המקור אינו מוסיף מטענים למעגל.

חוק אוהם: $V = IR$

V - מתח על הרכיב. I - זרם ברכיב. R - התנגדות הרכיב. נגד: מוליך שההתנגדות שלו גדולה בהרבה מן החוטים.

תלות ההתנגדות במבנה הנגד: $R = \frac{l}{A} \cdot \rho$

l - אורך הנגד (הדרך שהמטענים עושים בנגד).

A - שטח חתך, שטח בנגד המאונך לכיוון הזרם.

ρ - התנגדות סגולית, תכונה שתלויה בסוג החומר ובטמפרטורה ונתונה בטבלאות.

ההתנגדות של נגד משתנה:

$R(x) = \rho \cdot \frac{x}{A} = rx$

כאשר x הוא אורך הנגד (המשתנה)

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)

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

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:

נוסחה נוספת להספק שנוכחה 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

הצד בו הפוטנציאל גבוה בנגד הוא

הצד שבו הזרם נכנס לנגד.

חיבור נגדים בטור:

חיבור בטור נעשה כאשר הזרם בנגדים זהה

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

המתח על הנגד השקול שווה לסכום המתחים

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

חיבור נגדים במקביל:

חיבור בטור נעשה כאשר המתח בנגדים זהה

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

הזרם בנגד השקול שווה לסכום הזרמים

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

הספק המעגל הוא סך ההספקים של הנגדים במעגל או ההספק של הנגד השקול. הספק המעגל שווה להספק המקור (בסוללה אידיאלית).

חוקי קירכהוף

מתאים לפתור מעגלים עם מספר מקורות מתח.

1. סך הזרמים שנכנסים לצומת שווה לסכום הזרמים שיוצאים מהצומת.

2. סכום המתחים בלולאה סגורה שווה לאפס.

נעשה לולאות מתחים עד אשר נעבור על כל הרכיבים במעגל. נוסף משוואות זרמים ונקבל מערכת משוואות ממנה ניתן למצוא את הזרמים.

נצילות במעגל חשמלי

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

η - נצילות המעגל.

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

P_{in} - ההספק המושקע (של הסוללה)

קבלים

קבל הוא רכיב חשמלי היכול לאגור מטען. קיבול הוא היחס בין המטען על הקבל לבין המתח בו הוא נמצא.

הנוסחה הבסיסית של קבל (הגדרת הקיבול): $C = \frac{Q}{V}$

C - קיבול 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 נעסוק בקבלים עם שני לוחות (קבל לוחות).

קיבול של קבל לוחות: $C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$

A - שטח כל לוח. d - המרחק בין הלוחות.

קיבול של קבל לוחות

קיבול של קבל לוחות

קיבול של קבל לוחות

קיבול של קבל לוחות

קיבול של קבל לוחות

קיבול של קבל לוחות

קיבול של קבל לוחות

קיבול של קבל לוחות

קיבול של קבל לוחות

קיבול של קבל לוחות

קיבול של קבל לוחות

חוק פאראדי והשראות **GOOL**

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: $\mathcal{E} = -\frac{d\phi_B}{dt}$

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 **GOOL**

מהירות גל מחזורי: $v = \lambda f$
 λ - אורך הגל. f - תדירות הגל.

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

גל עומד במיתר שקצותיו קשורים: $\ell = n \frac{\lambda}{2}$
 ℓ - אורך המיתר. n - מספר נקודות הקמר (מקסי/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 .
 d - המרחק בין החריצים.
 קווי מינימום בהתאבכות משני מקורות שווי-מופע:

$\sin \theta_n = \frac{X_n}{L_n} = (n - \frac{1}{2}) \frac{\lambda}{d}$
 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 .
 d - המרחק בין החריצים.

קווי מינימום בהתאבכות משני מקורות שווי-מופע:

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

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 .
 d - המרחק בין החריצים.

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

$\sin \theta_n = n \frac{\lambda}{d} = n \cdot L \cdot \lambda$
 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 מינימום מסדר n למרכז המקסימום המרכזי.
 L_n - המרחק בין החריץ למינימום מסדר n .
 w - רוחב החריץ.

עוצמה של גלי קול ביחס לסף השמע: $I_a = 10 \left(\frac{\alpha}{10}\right)$
 כאשר I_a היא עוצמת הקול של α דציבל. I_0 סף השמע של אדם.

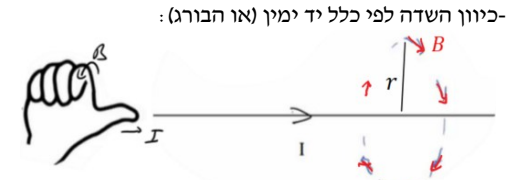
ניתן לרשום גם את היחס בין העוצמות של שני דציבלים: $\frac{I_a}{I_b} = 10 \left(\frac{\alpha - \beta}{10}\right)$

סונים $\beta - \alpha$: $\frac{I_a}{I_b} = 10 \left(\frac{\alpha - \beta}{10}\right)$

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.

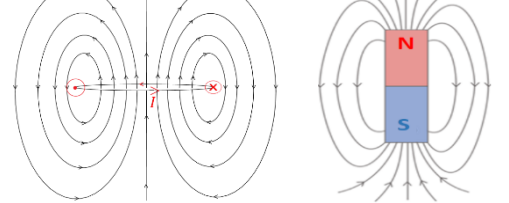
כאשר r הוא המרחק מהתיל. $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} N/A^2$ מקדם המגנטיות של הריק. כיוון השדה לפי כלל יד ימין (או הבורג):



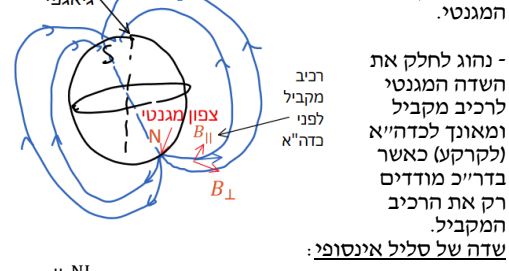
היחידות הסטנדרטיות של השדה המגנטי הן T (טסלה). שדה במרכז של טבעת ברדיוס R: $B = \frac{\mu_0 I}{2R}$



קווי שדה של טבעת, דיפול מגנטי (מגנטי):



השדה המגנטי של כדור הארץ - הצפון הגאוגרפי אינו הצפון המגנטי.



בתוך הסליל השדה אחיד ושווה ל: $B = \frac{\mu_0 n I}{L}$
 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.



חוק אמפר - המשך השדה המגנטי **GOOL**

חוק אמפר: $\oint \vec{B}_{\parallel} \Delta L_i = \mu_0 I_{in}$
 $\oint \vec{B}_{\parallel} \Delta L_i$ - הוא סכום לאורך מסלול סגור על הרכיב המקביל למסלול של השדה המגנטי. בדרכים נעבוד במקרים סימטריים בהם הרכיב המקביל יהיה אחיד לאורך קטעים מהמסלול והחישוב יהיה פשוט לכפול את השדה באורך הקטעים.

I_{in} - סך הזרם שעובר דרך השטח הסגור במסלול. המקרים של חוק אמפר:

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

חוק 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

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). שימון הקבל במעגל: $C_T = C_1 + C_2$

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: $C' = \epsilon_r C_0$
 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: $V_C(t) = V_0(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$
 $q_C(t) = CV_0(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$
 V_0 - המתח של הסוללה
 R - התנגדות המעגל

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

פריקה של קבל: המתח והמטען כתלות בזמן במהלך הטעינה: $V_C(t) = V_0 e^{-\frac{t}{RC}}$
 $q_C(t) = CV_0 e^{-\frac{t}{RC}}$

המתח והמטען כתלות בזמן במהלך הטעינה: $V_C(t) = V_0 e^{-\frac{t}{RC}}$
 $q_C(t) = CV_0 e^{-\frac{t}{RC}}$

המתח והמטען כתלות בזמן במהלך הטעינה: $V_C(t) = V_0 e^{-\frac{t}{RC}}$
 $q_C(t) = CV_0 e^{-\frac{t}{RC}}$

המתח והמטען כתלות בזמן במהלך הטעינה: $V_C(t) = V_0 e^{-\frac{t}{RC}}$
 $q_C(t) = CV_0 e^{-\frac{t}{RC}}$

המתח והמטען כתלות בזמן במהלך הטעינה: $V_C(t) = V_0 e^{-\frac{t}{RC}}$
 $q_C(t) = CV_0 e^{-\frac{t}{RC}}$

המתח והמטען כתלות בזמן במהלך הטעינה: $V_C(t) = V_0 e^{-\frac{t}{RC}}$
 $q_C(t) = CV_0 e^{-\frac{t}{RC}}$

המתח והמטען כתלות בזמן במהלך הטעינה: $V_C(t) = V_0 e^{-\frac{t}{RC}}$
 $q_C(t) = CV_0 e^{-\frac{t}{RC}}$

המתח והמטען כתלות בזמן במהלך הטעינה: $V_C(t) = V_0 e^{-\frac{t}{RC}}$
 $q_C(t) = CV_0 e^{-\frac{t}{RC}}$

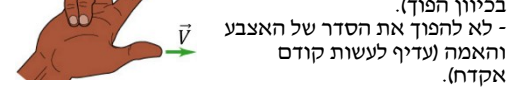
המתח והמטען כתלות בזמן במהלך הטעינה: $V_C(t) = V_0 e^{-\frac{t}{RC}}$
 $q_C(t) = CV_0 e^{-\frac{t}{RC}}$

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 (או 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: $R = \frac{mv \sin \alpha}{qB}$

אם v לא מאונך למהירות אז התנועה תהיה בורגית כאשר המעגל יהיה מסביב לשדה, רדיוס המעגל יהיה: $R = \frac{mv \sin \alpha}{qB}$

תנועה במהירות אחיד: מטען q בעל מסה m הנע במהירות v בשדה מגנטי אחיד (המאונך למהירות) עושה תנועה מעגלית, רדיוס המעגל הוא: $R = \frac{mv \sin \alpha}{qB}$

אם v לא מאונך למהירות אז התנועה תהיה בורגית כאשר המעגל יהיה מסביב לשדה, רדיוס המעגל יהיה: $R = \frac{mv \sin \alpha}{qB}$

השדה המגנטי **GOOL**

שימון וקטור לתוך הדף \otimes והחוצה מהדף (אלינו) \odot
 שדה של תיל אינסופי: $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$

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: $C = \frac{1}{f}$

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

$r_n = r_1 n^2$; $r_1 = \frac{h^2}{4\pi^2 m_e k e^2} = 0.529 \text{ \AA}$
 r_1 - רדיוס הבסיס של האלקטרון.
דעיכה של מקור רדיואקטיבי:
 $N = N_0 e^{-\lambda t}$ או $\frac{dN}{dt} = -\lambda N$
 N_0 - מספר גרעיני האב בזמן $t = 0$.
 N - מספר גרעיני האב בזמן t .
 λ - קבוע דעיכה של החומר הרדיואקטיבי.
פעילות (מינוס קצב ההתפרקות) של מקור רדיואקטיבי:

$R = \lambda N$
זמן מחצית החיים: $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$

GOOL

הידרוסטטיקה

זורמים: נוזלים וגזים (כל חומר שיכול לזרום)

צפיפות (מסה חלקי נפח): $\rho = \frac{M}{V}$

מוצקים	צפיפות (kg/m ³)	נוזלים	צפיפות (kg/m ³)	גזים
אלומיניום	2.70×10^3	מים (4°C)	1.00×10^3	
ברזל ופלדה	7.8×10^3	פלזמת דם	1.03×10^3	
נחושת	8.9×10^3	דם מלא	1.05×10^3	
עופרת	11.3×10^3	מי ים	1.025×10^3	
זהב	19.3×10^3	כספית	13.6×10^3	
בטון	2.3×10^3	אתנול (אלכוהול אתילי)	0.79×10^3	
גרניט	2.7×10^3	בנוין	0.68×10^3	
עץ (טיפוסים)	$0.3-0.9 \times 10^3$	גזים		
זכוכית רגילה	$2.4-2.8 \times 10^3$	אוויר	1.29	
קרח (H ₂ O)	0.917×10^3	הליום	0.179	
עצם	$1.7-2.0 \times 10^3$	פחמן דו-חמצני (CO ₂)	1.98	
		אדי מים (100°C)	0.598	

לחץ: $P = \frac{F}{A}$
 F - גודל הכוח המאונך למשטח. A - שטח.
 $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$: יחידות ב-SI.
 - זורמים מפעילים לחץ בכל הכיוונים.
 - עבור גוף במנוחה, הלחץ זהה מכל הכיוונים.
 - אם אין זרימה אז הלחץ מאונך לדופן, רכיב מקביל לדופן יגרום לזרימה.
הלחץ בעומק h בתוך נוזל(בעל צפיפות אחידה): $P = \rho gh$
 ρ - הנוסחה היא ללחץ שפועל מהנוזל בלבד, לחישוב הלחץ המוחלט יש להוסיף את הלחץ בפני הנוזל.

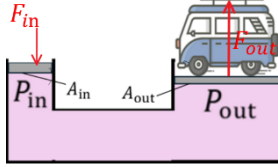
לחץ בזורם בעל צפיפות משתנה:

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

לחץ אטמוספרי:

$P_0 = 1.013 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 101.3 \text{ kPa} = 1 \text{ atm}$
 $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$

לחץ יחסי (הלחץ ביחס ללחץ האטמוספרי): $P = P_0 + P_G$
 P - לחץ אבסולוטי. P_0 - לחץ אטמוספרי. P_G - לחץ יחסי.
עקרון פסקל: אם לחץ חיצוני מופעל על זורם תחום אז הלחץ בכל נקודה בזורם גדל באותה ערך.
מערכת הידראולית:



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

כוח ציפה: $F_b = \rho_l V g$

ρ_l - צפיפות הזורם. V - נפח הגוף.

GOOL

הידרודינמיקה

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

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

ספיקה מסית Q_m (המסה של הזורם שעוברת דרך שטח חתך ביחידת זמן): $Q_m = \frac{\Delta m}{\Delta t} = \rho A v$

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

ספיקה נפחית Q_V (נפח הזורם העובר דרך שטח חתך ביחידת זמן): $Q_V = \frac{\Delta V}{\Delta t} = A v$

במצב יציב הספיקה לא משתנה לאורך הזרימה:

$Q_{m1} = Q_{m2}$

משוואת הרציפות: $\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2$

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

עקרון ברנולי: הלחץ הפוך למהירות הזורם

משוואת ברנולי:

$\frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 + P_1 = \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2 + P_2$

או $\frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g h + P = \text{const}$

הנחות למשוואת ברנולי: 1. הזרימה למינרית ובמצב יציב.

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

חוק טורביצ'לי: מהירות הזרימה של נוזל דרך חור בתחתית של מיכל מלא בגובה h , זהה למהירות שצובר גוף בנפילה חופשית מאותו הגובה h

$v = \sqrt{2gh}$

צינור ונטורי:

