

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.

פונקציות טריגונומטריות

GOOL

ניצב שמואל

$$\sin \alpha = \frac{a}{c}$$

יתר

$$\cos \alpha = \frac{b}{c}$$

ניצב ליד

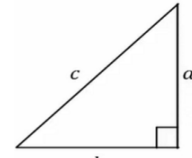
$$\tan \alpha = \frac{a}{b}$$

ניצב שמואל

$$\cot \alpha = \frac{b}{a}$$

ליד ניצב

$$\frac{1}{\tan \alpha} = \frac{b}{a} = \cot \alpha$$

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


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

משוואת הקו הישר

GOOL

משוואת הקו הישר:

$$y = mx + n$$

שיעור המשיק $m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \tan \alpha$ כאשר α היא הזווית של הישר עם ציר ה-x.

נחלק בין שתי נקודות:

$$d^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2$$

GOOL

משוואת הפרבולה:

$$y = ax^2 + bx + c$$

חיוב הפרבולה מחייבת, שלילי בוכה.

קודקוד הפרבולה:

$$x_{\text{קודקוד}} = -\frac{b}{2a}$$

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

GOOL

מבוא פיזיקלי

חוקי חזקות:

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

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

מעברים בין יחידות:

קילו (k) זה 1000:

$$1 \text{ km} = 1000 \text{ m} ; 1 \text{ kg} = 1000 \text{ gr}$$

מילי (m) זה $\frac{1}{1000}$ לדוגמה: מילימטר $\frac{1}{1000} \text{ m}$

$$1 \text{ mm} = \frac{1}{1000} \text{ m}$$

ומיליגרם $1 \text{ mg} = \frac{1}{1000} \text{ gr}$

ליטר:

$$1 \text{ liter} = 1000 \text{ cm}^3$$

קוב:

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ liter}$$

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: $\lambda = \frac{M}{l}$

V, S, l הם נפח שטח ואורך הגוף בהתאמה

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. שיעור 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) בתאוצה קבועה:

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

גרפים:

התאוצה היא השיעור 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 עצובה.

נפילה חופשית חריקה אנכית

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

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

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

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

בנפילה חופשית הגוף מתחיל ממנוחה ולכן $v_0 = 0$ בדרי"כ נבחר לתפוח באופן הבא:

$$a = g$$

(במשוואות הני"ל).

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 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.

מומלץ לבחור את הראשית בקרקע.

שיא גובה כאשר $v(t) = 0$ הצבה במשוואה נותנת בשיא גובה ש:

$$v_0 = \frac{v_0^2}{2g} ; t_{\text{שיא גובה}} = \frac{v_0}{g}$$

GOOL

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:

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

תוצאת המכפלה היא תמיד סקלר (ולא וקטור)

מכפלה סקלרית של וקטורים מאונכים מתאפסת.

נוסחה למציאת זווית בין וקטורים:

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

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:

$$A_{xy} = |\vec{A}| \sin \varphi ; A_z = |\vec{A}| \cos \varphi$$

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

מכפלה וקטורית:

דבר 1 לעשות את המכפלה עם דטרמיננטה:

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

דבר 2 לפי גודל וכיוון בנפרד:

גודל המכפלה הוא:

$$|\vec{A} \times \vec{B}| = |\vec{A}| |\vec{B}| \sin \alpha$$

וכיוון המכפלה הוא כיוון שניתן לקבל על ידי יד ימין!!

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 או קבועה:

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

נפרד 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 אז $a_y = -g$

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

שיא גובה $(v_y(t) = 0)$: 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- $y(t)$.

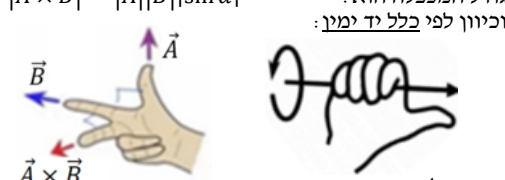
תנועה בליסטית

דבר 2 לפי גודל וכיוון בנפרד:

גודל המכפלה הוא:

$$|\vec{A} \times \vec{B}| = |\vec{A}| |\vec{B}| \sin \alpha$$

וכיוון לפי כלל יד ימין:



שימו לב שאתם עדי ימין!!

בתמונה השמאלית, קודם לעשות אקדח ואחר"כ לפתוח את האמה!

GOOL

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).

נפרד 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 אז $a_y = -g$

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

שיא גובה $(v_y(t) = 0)$: 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- $y(t)$.

תנועה יחסית

נוסחה למיקום היחסי:

$$\vec{r}_{1,2} = \vec{r}_1 - \vec{r}_2$$

הם וקטורי המיקומים 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)

כ"ל לגבי המהירות היחסית והתאוצה היחסית:

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

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.

חיכוך סטטי:

פועל כאשר הגוף במנוחה (ביחס למשטח המגע).

כיוונו מונגד 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:

$$f_k = \mu_k N$$

המישור המשווץ:

בבעיות עם מישור משופע מומלץ לבחור מערכת 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: $\Sigma F_x = ma_x ; \Sigma F_y = ma_y$

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

קפיצים

חוק הוק - הכוח שמפעיל קפיץ:

$$F = -k\Delta x$$

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

הוא קבוע הקפיץ ותלוי בחומר ממנו עשוי הקפיץ

GOOL

חוק הוק - הכוח שמפעיל קפיץ:

$$F = -k\Delta x$$

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

הוא קבוע הקפיץ ותלוי בחומר ממנו עשוי הקפיץ

חוק הוק - הכוח שמפעיל קפיץ:

$$F = -k\Delta x$$

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

הוא קבוע הקפיץ ותלוי בחומר ממנו עשוי הקפיץ

חוק הוק - הכוח שמפעיל קפיץ:

$$F = -k\Delta x$$

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

הוא קבוע הקפיץ ותלוי בחומר ממנו עשוי הקפיץ

חוק הוק - הכוח שמפעיל קפיץ:

$$F = -k\Delta x$$

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

הוא קבוע הקפיץ ותלוי בחומר ממנו עשוי הקפיץ

חוק הוק - הכוח שמפעיל קפיץ:

$$F = -k\Delta x$$

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

הוא קבוע הקפיץ ותלוי בחומר ממנו עשוי הקפיץ

חוק הוק - הכוח שמפעיל קפיץ:

$$F = -k\Delta x$$

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

הוא קבוע הקפיץ ותלוי בחומר ממנו עשוי הקפיץ

GOOL

תנועה הרמונית

המיקום כתלות בזמן בתנועה הרמונית:

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

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 - רוחב החריץ.

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

ניתן 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 פועל.
 t - משך הזמן שהקול פועל בשטח החתך.

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 ונייטרונים ב- n ואלקטרונים ב- e .
מסת הפרוטון והנייטרון: $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} kg$
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 והנייטרונים קובעים את מסת האטום.

מטען האלקטרון: $q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} C$
מטען הפרוטון וזהו והפך בסימנו: $q_p = 1.6 \cdot 10^{-19} C$
הנייטרון לא מושפע מהכוח החשמלי ולכן אין לו מטען.
המטען החשמלי של כל גוף יהיה חיובי להיות כפולה שלמה של מטען הפרוטון או האלקטרון.

הכוח החשמלי - חוק קולון

חוק קולון: $F = \frac{k q_1 q_2}{r^2}$
 r - הוא המרחק בין הגופים

- קבוע הכוח החשמלי האוניברסלי: $k = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$
הכוח הוא כוח דחיה אם סימן המטענים זהה ומשיכה אם הסימן הפוך.
הנוסחה נכונה רק עבור מטענים נקודתיים או כדורים הטעונים בצורה אחידה. **מטען נקודתי** הוא גוף שהגודל שלו קטן בהרבה מ- r , המרחק שבו מחשבים את הכוח. הנוסחה נכונה עבור שני מטענים הנמצאים בריק, כאשר המטענים נמצאים בתוך (לדוגמה מים או שמן) הכוח משתנה.

השדה החשמלי

כוח 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

צפיפות מטען נפחית ρ , משטחית σ , אורכית λ , אחידה:
 $\rho = \frac{Q}{V}, \sigma = \frac{Q}{S}, \lambda = \frac{Q}{L}$
 Q - סך המטען שבגוף. V - נפח הגוף. S - שטח. L - אורך.
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 .
השטף דרך משטח בשדה אחיד: $\phi_E = E_{\perp} \cdot s$
 $E_{\perp}$ רכיב השדה שמאונך למעטפת. s הוא שטח המעטפת.
אם השדה לא אחיד על המשטח ניתן לחלק את המשטח 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 Q הוא סך כל המטען. r הוא המרחק ממרכז הקליפה/הכדור.
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

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

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 וככלי 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)

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

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 וככלי 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:
- 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** (במצב סטטי).
- **הפוטנציאל במוליך אחיד** (קבוע).
הארקה: חיבור לקרקע, מאפסת את הפוטנציאל.

מתח פוטנציאל ואנרגיה של הכוח החשמלי

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

משוואת שימור אנרגיה: $\frac{1}{2}mv_i^2 + U_i = \frac{1}{2}mv_f^2 + U_f$
 v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.
 U_f / U_i - האנרגיה פוטנציאלית בהתחלה / סוף התנועה.

אנרגיה פוטנציאלית של שני מטענים נקודתיים (או האנרגיה פוטנציאלית של מטען נקודתי הנע בהשפעת הכוח החשמלי של מטען נקודתי אחר): $U = \frac{kq_1 q_2}{r}$

- שימו לב להציב גם את סימני המטענים בנוסחה!
- **העבודה שמבצע הכוח החשמלי** שווה למינוס השינוי באנרגיה הפוטנציאלית של המערכת (או המטען שנע):
 $W = -\Delta U$

העבודה הדרושה להזיז מטען היא עבודה שאנחנו מבצעים כנגד הכוח החשמלי ולכן היא מינוס העבודה של הכוח החשמלי ושווה לשינוי האנרגיה הפוטנציאלית (ללא מינוס): $\Delta U = W - W_{\text{חשמלי}}$ = להזיז מטען $W_{\text{פוטנציאל}}$ 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.
יחידות 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 פוטנציאלים (או המתח) בשדה אחיד: $\Delta V = -\vec{E} \cdot \Delta \vec{x} = -|\vec{E}| |\Delta \vec{x}| \cos \alpha$

פוטנציאל של לוח אינסופי (כאשר בוחרינו 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:

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

Q - סך המטען של הכדור
 R - רדיוס הכדור
 r - המרחק ממרכז הכדור
שימו לב שהפוטנציאל בתוך הכדור אינו תלוי במרחק (קבוע).
פוטנציאל של כדה"א: כדה"א הוא כדור מוליך מאוד גדול, $R = \infty$ ולכן הפוטנציאל אפס.

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

הארקה: חיבור מוליך לכדה"א, מאלץ את הפוטנציאל של המוליך להיות אפס (כמו כדה"א).
חישוב אנרגיה פוטנציאלית של מערכת שלמה (העבודה הדרושה לבניית המערכת):

- דרך 1: נסכום את העבודות להביא את המטענים אחד אחר השני. עבור המטען הראשון, העבודה היא אפס (כי אין אף מטען אחד במרחב שיוצר פוטנציאל). עבור המטען השני, העבודה לקרב אותו למטען הראשון*. עבור המטען השלישי העבודה לקרב לשני המטענים**, וכן הלאה. במקרה של שלושה מטענים החישוב הוא:

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

- דרך 2: 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

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 לינארי ניתן לרשום:** $q(t) = I \cdot \Delta t + q_0$

מהירות סחיפה: $I = n_e A q_e v_d$

n_e - מספר האלקטרונים ליחידת נפח.
 A - שטח חתך של המוליך. q_e - מטען האלקטרון.

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

מהירות האות החשמלי היא המהירות שבה ההשפעה של שינוי במקום אחד במעגל מגיעה למקום אחר (לדוגמה, המהירות שבה תידלק נורה כתוצאה מהדלקה של מתג). מהירות האות החשמלי היא מהירות האור והיא גדולה בהרבה ממהירות הסחיפה.

מקור מתח במבצע 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:

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

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: $V = \frac{\epsilon R_T}{R_T + r}$

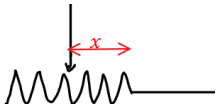
עבודה אנרגיה והספק ברכיבים במעגל GOOL

העבודה שמתבצעת על מטען q שעובר בנגד תחת מתח V היא: $W = qV = Q$

כאשר Q זה החום שנוצר בנגד.

הספק קבוע או ממוצע: $P = \frac{W}{\Delta t}$

W - העבודה שהתבצעה במרווח הזמן Δt



- היחידות הסטנדרטיות של הספק הן וואט: $1W=1J/1sec$
 - נוסחה נוספת להספק שנכונה 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. נוסיף משוואות זרמים ונקבל מערכת משוואות ממנה ניתן למצוא את הזרמים.

נצילות במעגל החשמלי

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

η - נצילות המעגל.

P_{out} - ההספק המופק/מונצל ברכיבים השימושיים במעגל
 P_{in} - ההספק המושקע (של הסוללה)

חומרים דיאלקטריים

חומר דיאלקטרי הוא חומר מבודד (בפשטות, במקרים יותר מורכבים אפשר לדבר גם על חומרים דיאלקטריים 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 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: $\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$

$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85 \frac{C^2}{N \cdot m^2}$

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 - 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 נעסוק בקבלים עם שני לוחות (קבל לוחות).

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

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.

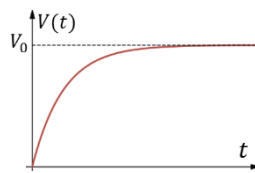
קיבול של קבל המלא בחומר דיאלקטרי אחיד: $C' = \epsilon_r C_0$

- במידה והקבל אינו מלא בחומר אחיד, ניתן לפצל אותו לקבלים חלקיים, לחשב את הקיבול של כל אחד ולחבר

זרם לפי החוקים של חיבור קבלים בטור או במקביל.

טעינה של קבל:

המתח והמטען כתלות בזמן במהלך הטעינה:



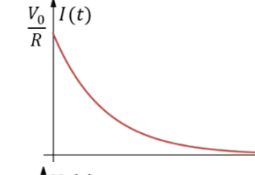
$$V_c(t) = V_0(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

$$q_c(t) = CV_0(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

V_0 - המתח של הסוללה

R - התנגדות המעגל

הזרם כתלות בזמן:

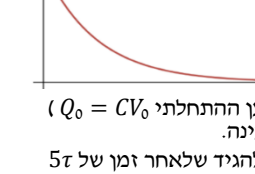


$$I(t) = \frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$$

פריקה של קבל:

המתח והמטען כתלות

בזמן במהלך הטעינה:



$$V_c(t) = V_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$q_c(t) = CV_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$

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/פרוק לגמרי