

הוראות לדף הנוסחאות



הוראות הדפסה! :

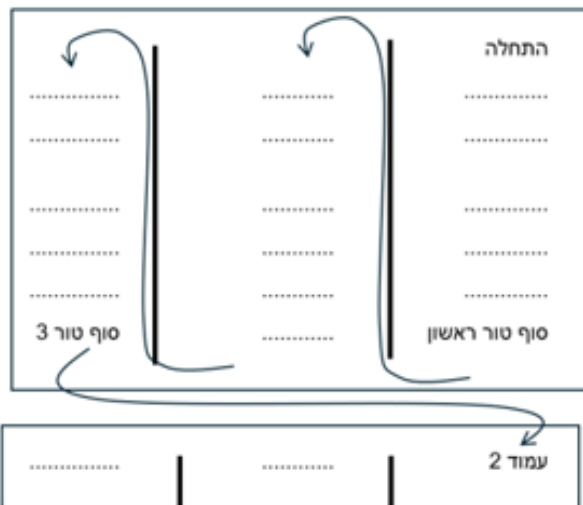
את הדף יש להדפיס עם שוליים מותאמות אישית ברוחב 0.5 בכל צד.

ב WORD, יש לבחור בלשונית הדפסה את חלון השוליים, לבחור שוליים מותאמים אישית ולשנות ל 0.5 בכל הכיוונים

עריכה:

בדף הכנסנו כמה שיותר הסברים, נוסחאות ותמונות. אם מספר העמודים חורג ממספר העמודים המותר בבחינה ניתן לערוך את קובץ ה WORD ולהוריד הסברים מורחבים, תמונות או נוסחאות טריוויאליות. ניתן גם כמובן להוסיף הסברים שלכם או נוסחאות. בכל מקרה מומלץ מאוד לעבור על הדף לפני המבחן!! הוא גם סיכום של החומר. אין להוריד את הסמל של GOOL או כל סימן מסחרי אחר!!

מבנה הדף:



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

כל הזכויות שמורות למני גבאי ולאתר GOOL

הדף מיועד לכל שימוש שאינו מסחרי ובפרט לשימוש מרצים, מורים, סטודנטים ותלמידים בקורסים שונים, ניתן לערוך את הדף אך יש להשאיר סימונים של אתר גול.

פזיקה חופשית וזריקה אנכית

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

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

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

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

- **בפזיקה 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 פזיקה 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 y : $t_{\text{שיא גובה}} = \frac{v_0}{g}$; $y_{\text{שיא גובה}} = y_0 + \frac{v_0^2}{2g}$

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

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

$$R = \frac{v_0^2 \sin(2\theta)}{g}$$

- **טווח** (בהנחה שהזריקה מהקרקע): טווח מקסימלי בזווית 45 מעלות

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

GOOL **תנועה יחסית**

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

$\vec{r}_{1,2}$ הם 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 הצירים הנמצאת על גוף 2)

כני"ל לגבי המהירות היחסית והתאוצה היחסית:

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

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

החוק הראשון של ניוטון: אם גוף נע במהירות קבועה **בין 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 תחום כוחות.

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

- גודלו משתנה בהתאם לכוחות הפועלים. **ערך מקסימלי**: $f_{s,max} = \mu_s N$ או $f_s \leq \mu_s N$

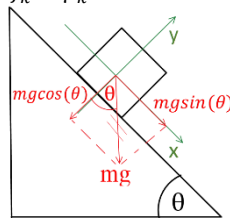
חיכוך קינטי: פועל כאשר הגוף בתנועה (ביחס למשטח המגע). גודלו קבוע (אינו תלוי במהירות או בכוחות האחרים בניגוד לסטטי) ושווה ל:

$$f_k = \mu_k N$$

המישור המשופע: 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.



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

גרפים: התאוצה היא השיפוע בגרף של המהירות כתלות בזמן. השטח מתחת לגרף של התאוצה כתלות בזמן שווה לשינוי המהירות.

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

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:

$$a(t) = \frac{dv}{dt}; \quad v(t) = \int a(t) dt$$

- כשעושים אינטגרל צריך להוסיף קבוע, את הקבוע מוצאים מתנאי התחלה.

נגזרות של סינוס וקוסינוס:

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

GOOL **וקטורים**

פירוק לרכיבים:

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

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

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

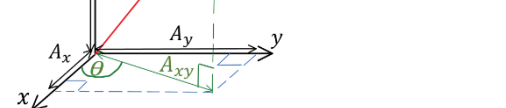
$$\vec{A} \cdot \vec{B} = A_x \cdot B_x + A_y \cdot B_y + A_z \cdot B_z = |\vec{A}| |\vec{B}| \cos \alpha$$

- 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: **וקטור בשלושה מימדים**:

$$0 \leq \varphi \leq \pi; \quad 0 \leq \theta \leq 2\pi; \quad \tan \theta = \frac{A_y}{A_x}$$



$$\sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}; \quad \cos \varphi = \frac{A_z}{|\vec{A}|} = \frac{A_z}{\sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}}$$

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: **ד-ד** 1 לך 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-ד 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 עם יד ימין!! בתמונה השמאלית, קודם לעשות אקדח ואחרי"כ לפתוח את האמה!

פונקציות טריגונומטריות

GOOL ניצב שמול יתר

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

ניצב ליד יתר

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

ניצב שמול ליד ניצב

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

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

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

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

GOOL **משוואת הקו הישר**

משוואת הקו הישר: $y = mx + n$

הישר עם ציר ה-x. $m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \tan \alpha$ כאשר α היא הזווית של המרחק בין שתי נקודות: $d^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2$

הפרבולה: $y = ax^2 + bx + c$

חיוב הפרבולה מחייכת, שלילי בוכה. **קודקוד הפרבולה**: $x_{\text{קודקוד}} = -\frac{b}{2a}$

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

מעברים בין יחידות: $1 \text{ km} = 1000 \text{ m}; \quad 1 \text{ kg} = 1000 \text{ gr}$

קילו (k) זה 1000: $1 \text{ mm} = \frac{1}{1000} \text{ m}$ מילימטר $\frac{1}{1000}$

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

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

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

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

GOOL **מבוא פיזיקלי**

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

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. 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)

דינמיקה - חוק II של ניוטון

GOOL

חוק II של ניוטון: גלגל שהשוויון קטורי צריך שיהיה שוויון בכל ציר...
כלומר: ΣFy = may, ΣFx = max.
בבעיות עם מספר גופים נעשה תרשים כוחות וחוק שני לכל גוף בנפרד.

GOOL

חוק הוק - הכוח שמפעיל קפיץ: F = -kΔx
התארכות ממצב הרפוי של הקפיץ (מסומן גם ב Δl)
הוא קבוע הקפיץ ותלוי בחומר ממנו עשוי הקפיץ

חיבור במקביל / חיבור בטור
Handwritten diagrams showing two parallel springs and two series springs.
Equation: 1/keff = 1/k1 + 1/k2
Equation: keff = k1 + k2

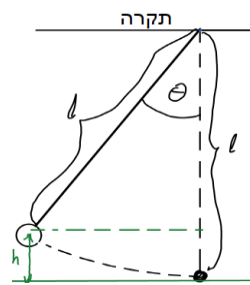
GOOL

עבודה שמבצע כוח קבוע או כוח ממוצע:
W = F · Δx = FΔxcosα
כאשר α היא הזווית בין הכוח להעתק
כוח שפועל במאונך לתנועה (למהירות) אינו מבצע עבודה.

אנרגיה קינטית: Ek = 1/2 mv^2
העבודה הכוללת (כולל הכוחות המשמרים) שווה לשינוי
אנרגיה קינטית: WΣF = ΔEk
אנרגיה פוטנציאלית הכובדית: Ug = mgh
h זה הגובה של הגוף. ניתן לבחור גובה אפס איפה שרוצים.
העבודה שמבצע כוח הכובד שווה לשינוי האנרגיה
פוטנציאלית הכובדית: Wg = -ΔUg
אנרגיה פוטנציאלית האלסטית (האנרגיה של קפיץ):
Uel = 1/2 k(Δx)^2
k הוא קבוע הקפיץ
Δx היא התארכות מהמצב הרפוי (לפעמים מסומן ב Δl)
האנרגיה הכוללת היא האנרגיה הקינטית של הגוף ועוד סך
כל האנרגיות הפוטנציאליות:

E = Ek + U = 1/2 mv^2 + mgh + 1/2 k(Δx)^2
בשוויון השני רשמנו את האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית
והאלסטית. תיאורטית יכולות להיות עוד אנרגיות
פוטנציאליות אבל זה מאוד נדיר בקורס הזה.
משפט עבודה אנרגיה: Ei + WNC = Ef
Ei ו-Ef הם האנרגיות הכולליות בהתחלה ובסוף.

WNC היא העבודה שנעשתה על ידי הכוחות הלא משמרים
בתהליך שבין נקודת ההתחלה לסוף.
נוסחה לשינוי גובה של מטוטלת:



h = l(1 - cos theta)
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 = -Wfk
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/dt
היחידה הסטנדרטית של הספק היא Watt (W) והיא שווה
לגואל חלקי שנייה.

יחידת נוספת היא כוח סוס (Hp): 1Hp = 746Watt
נוסחה נוספת להספק: P = F · v
בנוסחה יש מכפלה סקלרית של הכוח במהירות הגוף.
הנוסחה נכונה גם להספק רגעי (ולא רק להספק ממוצע
או קבוע)

GOOL

מתקף ומפעיל כוח קבוע או ממוצע על גוף: j = F · Δt
התנגשות אלסטית: התנגשות שבה האנרגיה הקינטית
נשמרת. נוסף למשוואת שימור התנע את משוואת שימור
האנרגיה: 1/2 m1v1^2 + 1/2 m2v2^2 = 1/2 m1u1^2 + 1/2 m2u2^2
בהתנגשות אלסטית במימד אחד (מצחית) בלבד, ניתן
להחליף את משוואת שימור האנרגיה במשוואה הבאה:
v1 - v2 = -(u1 - u2)

התנגשות פלסטית: הגופים נעים יחד אחרי ההתנגשות.
משוואת שימור התנע והפכת ל-
m1v1 + m2v2 = (m1 + m2)u
u היא המהירות המשותפת לאחר ההתנגשות.
רתע: הגופים נעים יחד לפני ההתנגשות.
משוואת שימור התנע והפכת ל-
(m1 + m2)v = m1u1 + m2u2

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

GOOL מבנה החומר

גודל אטום המימן (הקטן ביותר): 0.53 · 10^-10m
יחידת האנגסטרם: 1Å = 10^-10m
פרוטונים מסמנים ב-p נייטרונים ב-n ואלקטרונים ב-e
מסת הפרוטון והנייטרון: mn ≈ mp = 1.67 · 10^-27kg
מסת האלקטרון: me = 9.1 · 10^-31kg
מסת האלק' קטנה בערך פי 2000 ממסת הפרוטון וזניחה
ביחס אליו. לכן, בקירוב טוב, הפרוטונים והנייטרונים
קובעים את מסת האטום.
מטען האלקטרון: qe = -1.6 · 10^-19c
מטען הפרוטון זהה והפוך בסימנו: qp = 1.6 · 10^-19c
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 = kq1q2/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 מים 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 ברמה איכותית

הקבוע הדיאלקטרי של הריק: ε0 = 1/4πk = 8.85 · 10^-12 C^2/N·m^2
ניתן לרשום את כל הנוסחאות עם k או עם ε0.
השדה של כדור וקליפה כדורית מחוץ לכדור או הקליפה
הוא כמו של מטען נקודתי: E = kQ/r^2
כאשר Q הוא סך כל המטען. r הוא המרחק ממרכז
הקליפה/כדור.
כיוון השדה הוא בכיוון הרדיאלי (כמו מטען נקי)
ב-קליפה דקה ובכדור מוליך השדה בתוך הקליפה/כדור
מוליך הוא אפס.

השדה של מישור אינסופי: E = 2πkσ
כאשר σ היא צפיפות המטען
ליחידת שטח במישור (σ = Q/A)
כיוון השדה במאונך למישור
(החוצה מהמישור עבור מטען
חיובי וכלפי המישור עבור מטען שלילי)

Diagram showing electric field lines for a positive charge (+σ) and a negative charge (-σ).
Equation: E = 4πkσ for positive charge, E = 0 for negative charge.
Equation: E = 2kλ/r for a line of charge.

λ - היא צפיפות המטען ליחידת אורך בתיל (λ = Q/L)

r - הוא המרחק מהתיל.
אותה הנוסחה גם עבור גליל מלא או קליפה גלילית
אינסופיים מחוץ לגליל או לקליפה.
ב-קליפה גלילית דקה ובגליל מלא מוליך השדה בתוך
הקליפה/גליל מוליך הוא אפס.
כיוון השדה הוא בכיוון הרדיאלי (גלילי)

GOOL תנועה בשדה חשמלי אחיד

אם השדה אחיד אז יש תנועה בתאוצה קבועה. כמו תנועה
בליסטית. גודל התאוצה הוא: a = qE/m
כיוון התאוצה בכיוון השדה עבור מטען חיובי והפוך
לשדה עבור מטען שלילי

GOOL מוליכים

במוליך המטענים חופשיים לזוז.
השדה מתאפס (או ליתר דיוק הכוח) בתוך המוליך.
העבודה 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: 1/2 mv_f^2 + Ui = 1/2 mv_i^2 + Uf
vf / vi - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.
Uf / Ui - 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 = kq1q2/r

שימו לב להציב גם את סימני המטענים בנוסחה!
העבודה שמבצע הכוח החשמלי שווה לשינוי
באנרגיה הפוטנציאלית של המערכת (או המטען שנו):
Wשמלי = -ΔU

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

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
U = qV

הוא V: הוא V
פונקציית הפוטנציאל שיוצר מטען נקודתי במרחב:
V = 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 · 10^-19J
הפרש הפוטנציאלים (או המתח) בשדה אחיד:

ΔV = -E · Δx = -|E| |Δx| cos α
פוטנציאל של לוח אינסופי (כאשר בוררים פוטנציאל אפס
על הלוח): U(x) = -2πkσx
σ - צפיפות המטען המשטחית על הלוח.
x - המרחק מהלוח.

הפוטנציאל במוליכים קבוע (אחיד) ושווה לערך על השפה
(לא בהכרח אפס)
הפוטנציאל של כדור מוליך בכל המרחב:

Q - סך המטען של הכדור
R - רדיוס הכדור
r - המרחק ממרכז הכדור
שימו לב שהפוטנציאל בתוך
הכדור אינו תלוי במרחק (קבוע).

הפוטנציאל של כדח"א: כדח"א הוא כדור מוליך מאוד
גדול, R = ∞ 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).
חיבור אנרגיה פוטנציאלית של מערכת שלמה (העבודה
הדרושה לבניית המערכת):
דך - 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**, וכך הלאה.
במקרה של שלושה מטענים החישוב הוא:

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.

GOOL נצילות במעגל החשמלי

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

η - נצילות המעגל.

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

GOOL 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. בד"ר"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: $\text{---}||\text{---}$

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:

חומרים דיאלקטריים בקבל: $W = QV = 2U_c$

לקבל מקטינה את השדה והמתח בקבל ולכן מגדילה את הקיבול.

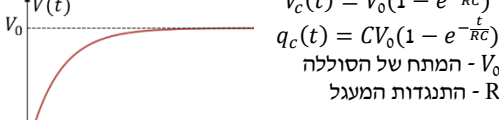
קיבול של קבל המלא בחומר דיאלקטרי אחיד: $C' = \epsilon_r C_0$

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

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

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

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

GOOL 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 $IA = I \cdot C / \text{sec}$. בגרף של $I(t)$ סך המטען שעבר הוא השטח מתחת לגרף. בגרף של $q(t)$ שיפוע הגרף שווה לזרם. אם הגרף לינארי ניתן לרשום:

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

$I = n_e A q_e v_d$

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 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. נגד: מוליך שהתנגדות 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) ללא הזרם: $V_{\text{הדקים}} = \frac{\epsilon R_T}{R_T + r}$

GOOL עבודה אנרגיה והספק ברכיבים במעגל

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: $1W = 1J / \text{sec}$

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.

GOOL חיבור נגדים במעגל

הצד בו הפוטנציאל גבוה בנגד הוא הצד שבו הזרם נכנס לנגד.

חיבור נגדים בטור: חיבור בטור נעשה כאשר הזרם בנגדים זהה

המתח על הנגד השקול שווה לסכום המתחים: $R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$

חיבור נגדים במקביל: $V_T = V_1 = V_2 = V_3 + \dots$

חיבור בטור נעשה כאשר המתח בנגדים זהה

הזרם בנגד השקול שווה לסכום הזרמים: $\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$

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

הספק קירכהוף: $I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$

GOOL חוקי קירכהוף

מתאים לפתור מעגלים עם מספר מקורות מתח.