

הוראות לדף הנוסחאות



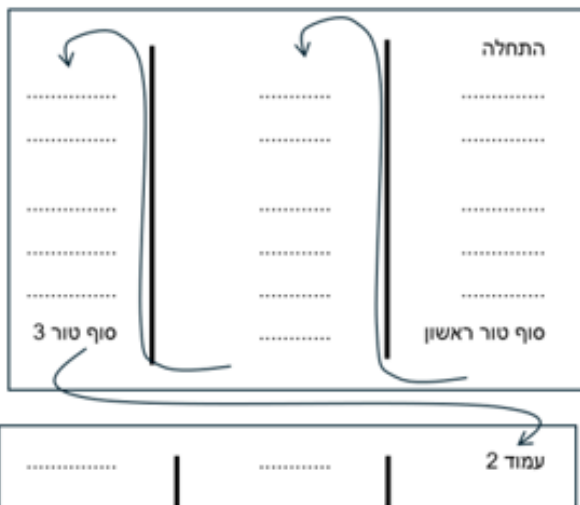
הוראות הדפסה!

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

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

עריכה:

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



מבנה הדף:

הדף בנוי משלושה טורים. ההתחלה היא 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.

קטורים

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 נצמיד ראש לזנב. וקטור הסכום יהיה וקטור מהזנב הראשון לראש הוקטור האחרון.
תמיד ניתן להזיז וקטור במרחב כל עוד שומרים על האורך והכיוון שלו.
 - בצורה אלגברית נסכום את הרכיבים:

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

בצורה פולרית, נפרק לרכיבים ונסכום.
 כפל/חלוקה בסקלר: בצורה אלגברית, נכפיל/נחלק כל

רכיב בסקלר:
 $\vec{B} = \alpha \vec{A} = (\alpha A_x, \alpha A_y)$
 - בצורה פולרית, נכפיל/נחלק את הגודל בסקלר (הכיוון לא משתנה אלא אם הסקלר שלילי ואז הכיוון מתהפך)
מכפלה סקלרית בין שני וקטורים:

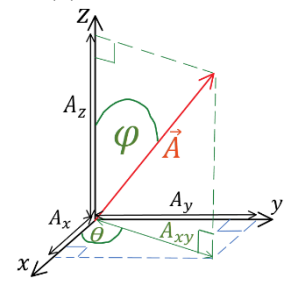
$$\vec{A} \cdot \vec{B} = A_x \cdot B_x + A_y \cdot B_y + A_z \cdot B_z = |\vec{A}| |\vec{B}| \cos \alpha$$

- תוצאת המכפלה היא תמיד סקלר (ולא וקטור)
 - מכפלה סקלרית של וקטורים מאונכים מתאפסת.
נוסחה למציאת זווית בין וקטורים:

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

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

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



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

פירוק לרכיבים: $A_{xy} = |\vec{A}| \sin \varphi$; $A_z = |\vec{A}| \cos \varphi$
 $A_x = |\vec{A}| \sin \varphi \cos \theta$; $A_y = |\vec{A}| \sin \varphi \sin \theta$
מכפלה וקטורית:
 - דרך 1 לעשות את המכפלה עם דטרמיננטה:

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

- דרך 2 לפי גודל וכיוון בנפרד:

גודל המכפלה הוא: $|\vec{A} \times \vec{B}| = |\vec{A}| |\vec{B}| \sin \alpha$
 וכיוון לפי כלל יד ימין:

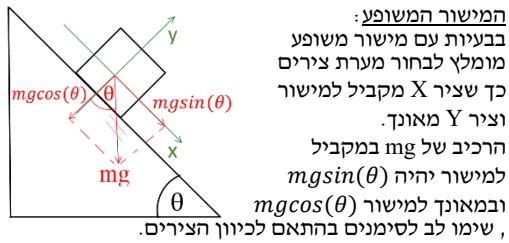


שימו לב שאתם עם יד ימין!!
 - בתמונה השמאלית, קודם לעשות אקדה ואחר כך לפתוח את האמה!

דינמיקה - חוק I ו- II של ניוטון

GOOL
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 מקסימאלי: $f_s \leq \mu_s N$ או $f_{s,max} = \mu_s N$
חיכוך קינטי:
 - פועל כאשר הגוף בתנועה (ביחס למשטח המגע).
 - גודלו קבוע (אינו תלוי במהירות או בכוחות האחרים)
 $f_k = \mu_k N$
 בניגוד לסטטי ושווה ל:



דינמיקה - חוק II של ניוטון

GOOL
חוק II של ניוטון:
 - בגלל ההשוויון וקטורי צריך שיהיה שוויון בכל ציר בנפרד. כלומר: $\Sigma F_y = ma_y$, $\Sigma F_x = ma_x$.
 - בבעיות עם מספר גופים נעשה תרשים כוחות וחוק שני לכל גוף בנפרד. אח"כ נוסיף את הקשר בין התאוצות של הגופים.

GOOL
קפיצים
חוק הוק - הכוח שמפעיל קפיץ:
 $F = -k \Delta x$
 - התארכות מצב הרפוי של הקפיץ (מסומן גם ב Δl)
 - k הוא קבוע הקפיץ ותלוי בחומר ממנו עשוי הקפיץ

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

עבודה ואנרגיה

GOOL
העבודה שמבצע כוח קבוע או כוח ממוצע:
 $W = \vec{F} \cdot \Delta \vec{x} = F \Delta x \cos \alpha$
 כאשר α היא הזווית בין הכוח להעתק
 - כוח שפועל במאונך לתנועה (למהירות) אינו מבצע עבודה.
 - אם הגוף לא נע העבודה אפס (לכן חיכוך סטטי אינו מבצע עבודה).

אנרגיה קינטית:
 $E_k = \frac{1}{2} m v^2$
העבודה הכוללת (כולל הכוחות המשמרים) שווה לשינוי באנרגיה קינטית:
 $W_{\Sigma F} = \Delta E_k$
האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית:
 $U_g = mgh$

h זה הגובה של הגוף. ניתן לבחור גובה אפס איפה שרוצים.
העבודה שמבצע כוח הכובד שווה לשינוי באנרגיה הפוטנציאלית הכובדית:
 $W_g = -\Delta U_g$
האנרגיה הפוטנציאלית האלסטית (האנרגיה של קפיץ):
 $U_{el} = \frac{1}{2} k (\Delta x)^2$

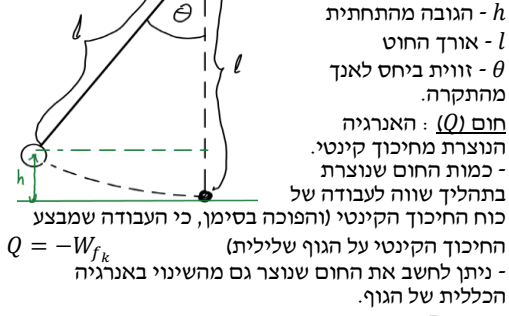
k הוא קבוע הקפיץ
 Δx היא התארכות מהמצב הרפוי (לפעמים מסומן ב Δl)
האנרגיה הכללית היא האנרגיה הקינטית של הגוף ועוד סך כל האנרגיות הפוטנציאליות:

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

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

משפט עבודה אנרגיה: $E_i + W_{NC} = E_f$ או $E_i + W_{NC} = \Delta E$
 E_i ו- E_f הם האנרגיות הכלליות בהתחלה ובסוף.
 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:
 $P = \frac{W}{\Delta t}$
 היחידה הסטנדרטית של הספק היא Watt (W) והיא שווה לגאול חלקי שניה.
יחידת נוספת היא כוח סוס (Hp): $1 \text{ Hp} = 746 \text{ Watt}$
נוסחה נוספת להספק:
 $P = \vec{F} \cdot \vec{v}$
 - בנוסחה יש מכפלה סקלרית של הכוח במהירות הגוף.

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

GOOL
תנועה מעגלית
 תנועה מעגלית היא תנועה במעגל ברדיוס קבוע. מיקום הגוף:
 $x = R \cos \theta$; $y = R \sin \theta$
 חדרב: אורך הקשת שמול הזווית):
 $S = R \cdot \Delta \theta$
 - יש להציב את שינוי הזווית ברדיאנים

המהירות הזוויתית היא קצב שינוי הזווית בזמן.
מהירות זוויתית קבועה או ממוצעת:
 (ביחידות של רדיאן לשניה)
 $\omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t} = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$
 f היא התדירות (יחידות הרץ או 1/sec). T זמן מחזור.
הקשר בין המהירות הזוויתית למהירות הקווית (נכון גם למהירויות שאינן קבועות):
 $|\vec{v}| = \omega R$
תאוצה רדיאלית (למרכז המעגל):
 $a_r = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$
סכום הכוחות למרכז המעגל:
 $\Sigma F_r = m \left(\frac{v^2}{R} \right) = m(\omega^2 R)$

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

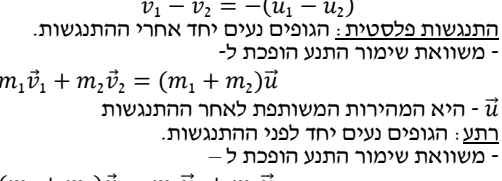
עבור תאוצה משיקית קבועה או ממוצעת:
 $a_\theta = \frac{\Delta v}{\Delta t}$
סכום הכוחות בכיוון המשיק (ציר Y) יהיה: $\Sigma F_\theta = ma_\theta$
תאוצה זוויתית: קצב שינוי המהירות הזוויתית בזמן.
 $\alpha = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$
עבור תאוצה זוויתית קבועה או ממוצעת:
 (ביחידות של רדיאן לשניה בריבוע).
הקשר בין תאוצה זוויתית לתאוצה המשיקית (גם עבור תאוצה משתנה):
 $a_\theta = \alpha R$
מהירות זוויתית כתלות בזמן בתאוצה זוויתית קבועה:
 $\omega(t) = \omega_0 + \alpha \cdot (t - t_0)$
זווית כתלות בזמן בתאוצה זוויתית קבועה:
 $\theta(t) = \theta_0 + \omega_0(t - t_0) + \frac{1}{2} \alpha (t - t_0)^2$

מתקף ותנע

GOOL
המתקף שמפעיל כוח קבוע או ממוצע על גוף: $\vec{J} = \vec{F} \cdot \Delta t$
התנגשות אלסטית: התנגשות שבה האנרגיה הקינטית נשמרת. נוסיף למשוואת שימור התנע את משוואת שימור האנרגיה:
 $\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} m_1 u_1^2 + \frac{1}{2} m_2 u_2^2$
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-
 $m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{u}$
 - \vec{u} היא המהירות המשותפת לאחר ההתנגשות.
תנע: הגופים נעים יחד לפני ההתנגשות. משוואת שימור התנע הופכת ל-
 $(m_1 + m_2) \vec{v} = m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2$
 - 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 (סגסגות התנגשויות) בהן יש רק את משוואת שימור התנע הרגילה.
 - הערה: בפרקים 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 הפועל לגוף במנוחה. כלומר הגוף הפועל ייעצר והגוף שהיה במנוחה ינע לאחר ההתנגשות במהירות שבו פגע בו הגוף הראשון.

תנועה מחזורית

GOOL
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 ועבורו מתקיים $\vec{x}(t) = \vec{x}(t + T)$ לכל $\vec{x}(t)$ כאשר T הוא זמן המחזור. שימו לב, כל תנועה הרמונית היא תנועה מחזורית אבל לא כל תנועה מחזורית היא הרמונית.
 בתנועה הרמונית יש תנאים מסוימים שהכוח ביחס ישר למיקום.



התנועה 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 ועבורו מתקיים $\vec{x}(t) = \vec{x}(t + T)$ לכל $\vec{x}(t)$ כאשר T הוא זמן המחזור. שימו לב, כל תנועה הרמונית היא תנועה מחזורית אבל לא כל תנועה מחזורית היא הרמונית.
 בתנועה הרמונית יש תנאים מסוימים שהכוח ביחס ישר למיקום.

תנועה מחזורית

GOOL
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 ועבורו מתקיים $\vec{x}(t) = \vec{x}(t + T)$ לכל $\vec{x}(t)$ כאשר T הוא זמן המחזור. שימו לב, כל תנועה הרמונית היא תנועה מחזורית אבל לא כל תנועה מחזורית היא הרמונית.
 בתנועה הרמונית יש תנאים מסוימים שהכוח ביחס ישר למיקום.

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 מס' - A אמפליטודת התנועה, מרחק מקסימאלי משווי משקל.

ω - תדירות זוויתית. ϕ - פאזה.

המהירות בתנועה הרמונית: $v(t) = -\omega A \sin(\omega t + \phi)$

התאוצה בתנועה הרמונית: $a(t) = -\omega^2 A \cos(\omega t + \phi)$

קשר בין התדירות הזוויתית (אומגה) לתדירות זמן המחזור:

$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$

עבור מסה המחוברת לקפיץ:

$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

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

הפאזה: $\phi = \omega \cdot t_0$

כאשר t₀ הוא הזמן שעבר מהרגע שבו הגוף היה בקצה החיובי עד ש t = 0 (מתחילים למדוד את התנועה)

בדרכי נמצא את ϕ ו- ω מתנאי התחלה:

$x(t=0) = A \sin \phi$; $v(t=0) = -\omega A \cos \phi$

מהירות ותאוצה מקסימאליים:

$v_{max} = \pm \omega A$; $a_{max} = \pm \omega^2 A$

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

שינוי נקודת שיווי המשקל. אפשר לחשוב שכוח הכובד

גורם למתיחה התחלתית של הקפיץ עד לנקודה שבה כוח

הקפיץ שווה לכוח הכובד (נק' ש.מ. חדשה) משם התנועה

תהיה כרגיל. אפשר לקבוע את x=0 בנקודת ש.מ ולהתעלם

מהכובד.

האנרגיה בתנועה הרמונית:

$E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}mv_{max}^2$

מרכז מסה

מיקום מרכז המסה:

$\vec{r}_{c.m.} = \frac{m_1\vec{r}_1 + m_2\vec{r}_2}{m_1 + m_2}$

ניתן לרשום אותה לכל רכיב בנפרד, לדוגמה לרכיב x:

$x_{c.m.} = \frac{m_1x_1 + m_2x_2}{m_1 + m_2}$

מהירות מרכז המסה:

$\vec{v}_{c.m.} = \frac{m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2}{m_1 + m_2}$

תאוצת מרכז המסה:

$\vec{a}_{c.m.} = \frac{m_1\vec{a}_1 + m_2\vec{a}_2}{m_1 + m_2}$

עבור יותר משני גופים הנוסחאות ממשיות בהתאמה.

מספר גופים קשיחים (לא נקודתיים): עושים מרכז מסה

בין מרכזי המסה.

מומנט כוח

מומנט כוח: $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$

כאשר \vec{r} הוא וקטור שיוצא מהציר עד לנקודה שבה פועל

הכוח (ניתן לחשב את המכפלה באמצעות דטרמיננטה או

באמצעות גודל וכיוון)

גודל המומנט: $|\vec{\tau}| = |\vec{r}||\vec{F}|\sin \alpha = |\vec{F}|r_{\perp}$

כאשר r_⊥ הוא הרכיב של \vec{r} המאונך לכוח

כיוון לפי כלל יד ימין או כלל הברז.

מבנה המומנט

גודל אטום המימן (הקטן ביותר): $0.53 \cdot 10^{-10}m$

יחידת האנגסטרם: $1\text{\AA} = 10^{-10}m$

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

מסת הפרוטון והנייטרון: $m_n \approx m_p = 1.67 \cdot 10^{-27}kg$

מסת האלקטרון: $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31}kg$

מסת האלק' קטנה בערך פי 2000 ממסת הפרוטון וזניחה

ביחס אליו, לכן, בקירוב טוב, הפרוטונים והנייטרונים

קובעים את מסת האטום.

מטען האלקטרון: $q_e = -1.6 \cdot 10^{-19}C$

מטען הפרוטון זהה והפוך בסימנו: $q_p = 1.6 \cdot 10^{-19}C$

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: $F = \frac{kq_1q_2}{r^2}$

r - הוא המרחק בין הגופים

קבוע הכוח החשמלי האוניברסלי: $k = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$

הכוח הוא כוח דחיה אם סימן המטענים זהה ומשיכה אם הסימן הפוך.

הנוסחה נכונה רק עבור מטענים נקודתיים או כדורים

הטעונים בצורה אחידה. מטען נקודתי הוא גוף שהגודל

שלו קטן בהרבה מ-r, המרחק שבו מחשבים את הכוח.

הנוסחה נכונה עבור שני מטענים הנמצאים בריק, כאשר

המטענים נמצאים בתוך (לדוגמה מים או שמן) הכוח

משתנה.

השדה החשמלי

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

השדה שיוצר מטען נקודתי בכל המרחב: $E = \frac{kq}{r^2}$

r - הוא המרחק מהמטען לנקודה בה מחשבים את השדה.

עקרון הסופרפוזיציה: השדה השקול בנקודה במרחב הוא

סכום וקטורי של כל השדות שיוצרים כל המטענים באותה

נקודה.

קווי שדה: מתארים איכותית את השדה במרחב. כיוון

השדה בנקודה משיק לקווי השדה וגודלו בהתאם לצפיפות

הקווים.

חומרים דיאלקטרים

חומר דיאלקטרי הוא חומר מבודד (בפסודות, במקרים

יותר מורכבים אפשר לדבר גם על חומרים דיאלקטרים

מוליכים)

בחומר דיאלקטרי יש דיפולים, כאשר החומר נמצא

בשדה חשמלי הדיפולים מתיישרים בכיוון השדה ויוצרים

שדה נגדי.

השדה השקול בתוך החומר (בהנחה שהחומר אחיד ובעל

סימטריה): $\vec{E}_T = \frac{\vec{E}_0}{\epsilon_r}$

E_T - השדה השקול בתוך החומר, זה השדה שמרגיש מטען

בתוך החומר. E₀ - 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 $\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2}$

חוק גאוס ברימה איכותית

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

ניתן לרשום את כל הנוסחאות עם k או עם ε₀.

השדה של כדור וקליפה כדורית מחוץ לכדור או הקליפה

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

כאשר Q הוא סך כל המטען. r הוא המרחק ממרכז

הקליפה/כדור.

כיוון השדה הוא בכיוון הרדיאלי (כמו מטען נק')

בקליפה דקה ובכדור מוליך השדה בתוך הקליפה/כדור

מוליך הוא אפס.

השדה של מישור אינסופי: $E = 2\pi k\sigma = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$

כאשר σ היא צפיפות המטען

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

כיוון השדה במאונך למישור

(החוצה מהמישור עבור מטען

חיובי וכפלי המישור עבור מטען שלילי)

השדה של שני מישורים

אינסופיים עם צפיפות הפוכה

הוא $4\pi k\sigma$ בין המישורים ואפס

מחוץ

השדה של תיל אינסופי: $E = \frac{2k\lambda}{r}$

λ היא צפיפות המטען ליחידת אורך בתיל (λ = $\frac{Q}{L}$)

r הוא המרחק מהתיל.

אזוה הנוסחה גם עבור גליל מלא או קליפה גלילית

אינסופיים מחוץ לגליל או לקליפה.

בקליפה גלילית דקה ובגליל מלא מוליך השדה בתוך

הקליפה/גליל מוליך הוא אפס.

כיוון השדה הוא בכיוון הרדיאלי (גלילי)

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 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):

העבודה הדרושה להזיז מטען היא עבודה שאנחנו מבצעים

נגד הכוח החשמלי ולכן היא מינוס העבודה של הכוח החשמלי ושווה לשינוי האנרגיה הפוטנציאלית (ולא מינוס): $\Delta U = -W_{\text{חשמלי}}$

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

U = qV : הוא V

פונקציית הפוטנציאל שיוצר מטען נקודתי במרחב: $V = \frac{kq}{r}$

r - המרחק מהמטען.

היחידות הסטנדרטיות של הפוטנציאל הן וולט [V]. אחד

וולט הוא גאול חלקי קולון.

סופרפוזיציה: על מנת לחשב את הפוטנציאל בנקודה

במרחב ניתן לחבר את הפוטנציאל שיוצר כל מטען באותה

נקודה. החיבור הוא סקלרי ויותר פשוט מחיבור שדות.

מתח: הפרש פוטנציאלים, מסומן ב ΔV אבל לפעמים

מסומן גם ב V לבד כמו הפוטנציאל, כי פוטנציאל בנקודה

הוא גם מתח (הפרש פוטנציאלים) מהאפס.

יחידת האלקטרון וולט [eV]: יחידת של עבודה/אנרגיה.

נוחה לעבודה, לדוגמה: האנרגיה של אלקטרון בפוטנציאל

5 וולט היא פשוט 5 אלקטרון וולט. $1eV = 1.6 \cdot 10^{-19}J$

הפרש 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 בורחים 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).

הפוטנציאל של כדור: כדור 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)

האנרגיה: חיבור מוליך כדורית, מאלץ את הפוטנציאל של

המוליך להיות אפס (כמו כדורית).

חישוב אנרגיה פוטנציאלית של מערכת שלמה (העבודה

הדרושה לבניית המערכת):

דך 1: נסכים 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:

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

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

במקרה של שלושה מטענים:

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

זרם מתח והתנגדות

הזרם הוא כמות המטען שעוברת ביחידת זמן

חישוב זרם קבוע או ממוצע: $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$

I הוא סקלר אבל כיוון הזרם נקבע לפי כיוון תנועת

המטענים החיוביים.

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

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

בגרף של q(t) שיפוע הגרף שווה לזרם. אם הגרף 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 מהמהירות 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.

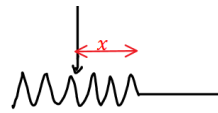
נגד: מוליך שההתנגדות שלו גדולה בהרבה מן החוטים.

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

l - אורך הנגד

התנגדות 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: $\varepsilon = V + Ir$

ε - כא"מ, המתח המקסימאלי של הסוללה.

V - מתח הדקים. r - התנגדות פנימית. I - זרם בסוללה.

נוסחה נוספת למתח הדקים עם התנגדות השקולה (R_T)

$$V_{\text{הדקים}} = \frac{\varepsilon R_T}{R_T + r}$$

ולא הזרם:

עבודה אנרגיה והספק ברכיבים במעגל GOOL

העבודה שמתבצעת על מטען q שעובר בנגד תחת מתח V

$$W = qV = Q$$

כאשר Q זה החום שנוצר בנגד.

$$P = \frac{W}{\Delta t}$$

הספק קבוע או ממוצע:

W - העבודה שהתבצעה במרווח הזמן Δt

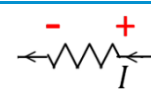
היחידות הסטנדרטיות של הספק הן וואט: $1W = 1J/sec$

נוסחה נוספת להספק שנכונה גם להספק רגע:

$$P = IV = I^2 R = V^2 / R$$

השוויון הראשון נכון לכל רכיב חשמלי והשניים האחרונים (עם R) נכונים רק לנגד.

חיבור נגדים במעגל GOOL



הצד בו הפוטנציאל גבוה בנגד הוא

הצד שבו הזרם נכנס לנגד.

חיבור נגדים בטור:

חיבור בטור נעשה כאשר הזרם

בנגדים זהה

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

המתח על הנגד השקול שווה לסכום המתחים

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

חיבור נגדים במקביל:

חיבור בטור נעשה כאשר המתח בנגדים זהה

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

הזרם בנגד השקול שווה לסכום הזרמים

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

הספק המעגל הוא סך ההספקים של הנגדים במעגל או

ההספק של הנגד השקול. הספק המעגל שווה להספק

המקור (בסוללה אידיאלית).

הוקי קירכהוף GOOL

מתאים לפתור מעגלים עם מספר מקורות מתח.

1. סך הזרמים שנכנסים לצומת שווה לסכום הזרמים

שיוצאים מהצומת.

2. סכום המתחים בלולאה סגורה שווה לאפס.

נעשה לולאות מתחים עד אשר נעבור על כל הרכיבים

במעגל. נוסיף משוואות זרמים ונקבל מערכת משוואות

ממנה ניתן למצוא את הזרמים.

נצילות במעגל החשמלי GOOL

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

נצילות:

η - נצילות המעגל.

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

P_{in} - ההספק המושקע (של הסוללה)

גלים והתאבכות גלים GOOL

$$v = \lambda f$$

מהירות גל מחזורי:

λ - אורך הגל. f - תדירות הגל.

$$\ell = n \frac{\lambda}{2}$$

גל עומד במיתר שקצותיו קשורים:

ℓ - אורך המיתר. n - מספר נקודות הקמר (מקסי"מ מיני)

קווי מקסימום ראשיים בהתאבכות משני מקורות (ויותר)

$$\sin \theta_n = \frac{x_n}{L_n} = n \frac{\lambda}{d}$$

שווי-מופע:

θ_n - זווית הסטייה של האור המגיע לנק' המקסימום n

ביחס לכיוון המאונך למישור החריצים.

X_n - המרחק בין אמצע הלוח והמקסימום מסדר n .

L_n - המרחק בין המרכז של החריצים למקסימום מסדר n

n - סדר קו המקסימום. λ - אורך הגל.

d - המרחק בין החריצים.

$$\frac{I_a}{I_0} = 10^{\left(\frac{\alpha}{10}\right)}$$

עוצמה של גלי קול ביחס לסף השמע:

כאשר I_a היא עוצמת הקול של α דציבל. I_0 - סף השמע

של אדם.

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

שונים α ו- β :

$$E = I \cdot S \cdot t$$

האנרגיה של גל קול:

E - האנרגיה הכוללת של גל הקול. I - העוצמה בדציבל.

S - שטח החתך בו הגל פוגע.

t - משך הזמן שהקול פוגע בשטח החתך.