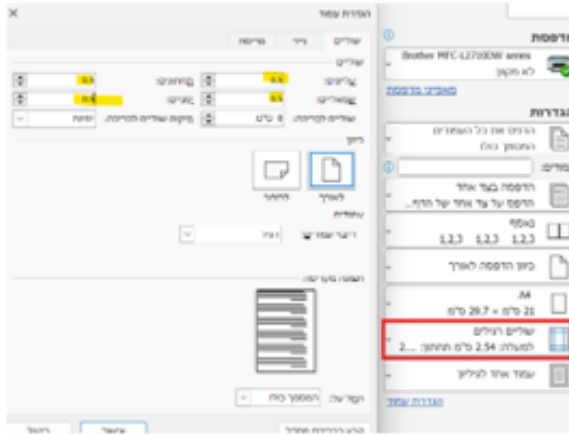


הוראות לדף הנוסחאות

הוראות הדפסה!

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

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



עריכה:

בדף הכנסנו כמה שיותר הסברים, נוסחאות ותמונות. אם מספר העמודים חורג ממספר העמודים המותר בבחינה ניתן לערוך את קובץ ה WORD ולהוריד הסברים מורחבים, תמונות או נוסחאות טריוויאליות. ניתן גם כמובן להוסיף הסברים שלכם או נוסחאות.

בכל מקרה מומלץ מאוד לעבור על הדף לפני המבחן!! הוא גם סיכום של החומר.

אין להוריד את הסמל של GOOL או כל סימן מסחרי אחר!!

מבנה הדף:

הדף בנוי משלושה טורים.

ההתחלה היא בפינה הימנית העליונה.

בסוף הטור הראשון עוברים לטור השני באות 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 ולאטר 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 זריקה אנכית

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

y(t) = y_0 + v_0(t - t_0) + 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 לפתור באופן הבא:

- 1. כיוון הציר החיובי יהיה כלפי מטה ואז a = g (במשוואות הנ"ל).
- 2. נבחר את הראשית בנקודת ההתחלה ואז y_0 = 0
- בזריקה אנכית: יש לגוף מהירות התחלתית כלפי מעלה או מטה. התנועה היא בתאוצה קבועה g כלפי מטה (כמו 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_0^2 = 2g y_0 ; t_גובה = v_0/g

תנועה במישור - בליסטית

וקטור המיקום: r = x i + y j = (x, y)

העתק: Δr = Δx i + Δy j = (Δx, Δy)

מהירות ממוצעת או קבועה: v_avg = Δr/Δt

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(θ) t ; v_x(t) = v_0 cos(θ)

y(t) = y_0 + v_0 sin(θ) t + 1/2 a_y t^2

v_y(t) = v_0 sin(θ) + a_y t

- אם נבחר כיוון חיובי בציר Y כלפי מעלה אז a_y = -g

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

- שיא גובה (v_y(t) = 0): t_גובה = v_0 sin(θ) / g

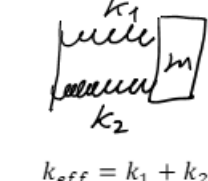
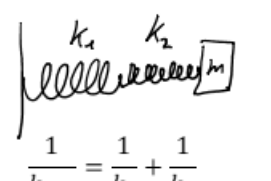
שיא גובה: y_0 + (v_0 sin(θ))^2 / 2g

דינמיקה - חוק II של ניוטון

חוק II של ניוטון: $\vec{F} = m\vec{a}$
- בגלל שהשוויון קטורי 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.

קפיצים

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

חיבור במקביל	חיבור בטור
	

כבידה והכוח הריבועי ההפוך

כוח הכבידה בין שני גופים בעלי מסה: $F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$
- כאשר m_1 ו- m_2 הן שתי המסות ביניהם פועל הכוח.
- r הוא המרחק בין מרכזי הכובד של הגופים. מפה השם הכוח הריבועי ההפוך.
- G הוא קבוע הנקרא **קבוע הכבידה העולמי** (או קבוע הגריטציה העולמי או קבוע ניוטון), ערכו נמדד בניסויים והוא: $G = 6.67384 \cdot 10^{-11} \frac{m^3}{s^2 kg} = 6.67384 \cdot 10^{-8} \frac{cm^3}{s^2 gr}$

עבודה ואנרגיה

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: $E_k = \frac{1}{2}mv^2$
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 למינוס השינוי 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)
כל האנרגיות הפוטנציאליות:

$E = E_k + U = \frac{1}{2}mv^2 + mgh + \frac{1}{2}k(\Delta x)^2$
*בשוויון השני רשמנו את האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית והאלסטית. תיאורטית יכולות להיות עוד אנרגיות פוטנציאליות אבל זה מאוד נדיר בקורס הזה.
משפט עבודה אנרגיה: $W_{NC} = \Delta E$ או $E_i + W_{NC} = E_f$ 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
 θ - זווית ביחס לאנך מהתקרה.
חוס (Q): האנרגיה הנוצרת מחיכוך קינטי. כמות החוס 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 החוס 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 נכונה גם להספק רגעי (ולא רק להספק ממוצע או קבוע)

תנועה מעגלית

תנועה מעגלית היא תנועה במעגל ברדיוס קבוע. מיקום הגוף: $x = R \cos \theta$; $y = R \sin \theta$
חדר (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: $\omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t} = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$ (ביחידות של רדיאן לשניה)
 f היא התדירות (יחידות הרץ או 1/sec). T זמן מחזור. הקשר בין המהירות הזוויתית למהירות הקווית (נכון גם למהירויות שאינן קבוע): $|\vec{v}| = \omega R$
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 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. עבור תאוצה זוויתית קבועה או ממוצעת: $\alpha = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$ (ביחידות של רדיאן לשנייה בריבוע).
הקשר בין התאוצה הזוויתית 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

המתקף שמפעיל כוח קבוע או ממוצע על גוף: $\vec{J} = \vec{F} \cdot \Delta t$
התנגשות אלסטית: התנגשות שבה האנרגיה הקינטית נשמרת. נוסף למשוואת שימור התנע את משוואת שימור האנרגיה: $\frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 = \frac{1}{2}m_1u_1^2 + \frac{1}{2}m_2u_2^2$
בהתנגשות אלסטית במימד אחד (מצחית) 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 (ססם 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.

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 $\vec{x}(t) = \vec{x}(t + T)$ 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 נוספים 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 מקסי' - 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 t_0 הוא הזמן שעבר מהרגע שבו הגוף היה בקצה החיובי עד ש $t = 0$ (מתחילים למדוד את התנועה)
בדרי"כ נמצא את A ו- ϕ מתנאי התחלה: $x(t=0) = A \sin \phi$; $v(t=0) = -\omega A \sin \phi$
מהירות ותאוצה מקסימליות: $v_{max} = \pm \omega A$; $a_{max} = \pm \omega^2 A$

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:

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

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 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 משפיע 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

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

חוק קולון: 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 בתווך (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.

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/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

Q הוא סך המטען של הכדור

r הוא המרחק ממרכז הכדור

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

- 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)

השדה של מישור אינסופי:

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

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

$E = 0$

$E = 4\pi k \sigma$

$E = 0$

$E = 0$

$E = 0$

$E = 0$

$E = 0$

$E = 0$

$E = 0$

$E = 0$

$E = 0$

$E = 0$

$E = 0$

$E = 0$

$E = 0$

$E = 0$

$E = 0$

$E = 0$

$E = 0$

$E = 0$

$E = 0$

$E = 0$

$E = 0$

U_f / U_i - האנרגיה הפוטנציאלית בהתחלה / סוף התנועה.

אנרגיה פוטנציאלית של שני מטענים נקודתיים (אב)

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):

$W = -\Delta U$ כוח חשמלי

העבודה הדרושה להזיז מטען היא עבודה שאנחנו מבצעים

כנגד הכוח החשמלי ולכן היא מינוס העבודה של הכוח

החשמלי ושווה לשינוי האנרגיה הפוטנציאלית (ללא

מינוס): $\Delta U = -W_{\text{כוח חשמלי}}$ להזיז מטען

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:

r - המרחק מהמטען.

היחידות הסטנדרטיות של הפוטנציאל הן וולט [V]. אחד

וולט הוא גאול חלקי קולון.

סופרפוזיציה: על מנת לחשב את הפוטנציאל בנקודה

במרחב ניתן לחבר את הפוטנציאל שיוצר כל מטען באותה

נקודה. החיבור הוא סקלרי ויותר פשוט מחיבור שדות.

מתח: הפרש פוטנציאלים, מסומן ב ΔV אבל לפעמים

מסומן גם ב V לבד כמו הפוטנציאל, כי פוטנציאל בנקודה

הוא גם מתח (הפרש פוטנציאלים) מהאפס.

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

נוחה לעבודה, לדוגמה: האנרגיה של אלקטרון בפוטנציאל

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

הפרש הפוטנציאלים בשדה אחיד:

$\Delta V = -\vec{E} \cdot \Delta \vec{x} = -|\vec{E}| |\Delta \vec{x}| \cos \alpha$

פוטנציאל של לוח אינסופי (כאשר בוחרים פוטנציאל אפס

על הלוח): $U(x) = -2\pi k \sigma x$

σ - צפיפות המטען המשטחית על הלוח.

x - המרחק מהלוח.

הפוטנציאל במוליכים קבוע (אחיד) ושווה לערך על השפה

(לא בהכרח אפס)

הפוטנציאל של כדור מוליך בכל המרחב:

Q - 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, $R = \infty$ ולכן הפוטנציאל אפס.

חיבור של שני מוליכים בחוט מוליך: מאלץ את

הפוטנציאלים שלהם להיות שווים (מטען יזרום ממוליך

אחד לשני עד השוואת הפוטנציאלים)

הארקה: חיבור מוליך לכדח"א, מאלץ את הפוטנציאל של

המוליך להיות אפס (כמו כדח"א).

חישוב אנרגיה פוטנציאלית של מערכת שלמה (העבודה

הדרושה לבניית המערכת):

דרך 1: נסכום את העבודות להביא את המטענים אחד

אחרי השני. עבור המטען הראשון, העבודה היא אפס (כי

אין אף מטען אחר 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.

היחזות 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:

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 האלקר

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).

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

$\frac{1}{2}mv_i^2 + U_i = \frac{1}{2}mv_f^2 + U_f$

משוואת שימור אנרגיה:

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

מהירות האות החשמלי היא מהירות האור והיא גדולה

בהרבה מהמהירות החסיפה.

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.

ננד: מוליך שההתנגדות שלו גדולה בהרבה מן החוטים.

תלות ההתנגדות במבנה הנד:

$R = \frac{l}{A} \cdot \rho$

l - אורך הנד (הדרך שהמטענים עושים בנגד).

A - שטח חתך, שטח בנגד המאונך לכיוון הזרם.

ρ - התנגדות סגולית, תכונה שתלויה בסוג החומר

ובטמפרטורה ונתונה בטבלאות.

ההתנגדות של ננד משתנה:

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

כאשר x הוא אורך הנד

(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 ההתנגדות השקולה (R_T)

וללא הזרם:

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

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: $1W = 1J/sec$

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 חוק פארדיי והשראות

כא"מ הנוצר במוט הנע בשדה מגנטי: $\varepsilon = BLv \sin \alpha$
כאשר v היא מהירות המוט, L האורך שלו ו- α היא הזווית בין המהירות לשדה.

כיוון הכא"מ הוא בכיוון של הכוח המגנטי הפועל על מטען חיובי בתוך המוט.

חוק פארדיי: $\varepsilon = -\frac{d\phi_B}{dt}$

$$\phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{S} = B_{\perp} \cdot S$$

השוויון השני נכון אם $B_{\perp}$ אחיד בכל השטח. כאמ 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.



חוק פארדיי: $P = F \cdot v \cdot \cos \alpha$
כאשר v היא מהירות הגוף ו- α הזווית בין הכוח למהירות

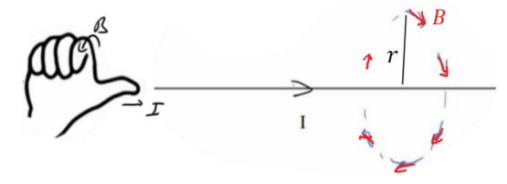
GOOL מומנט כוח מגנטי

מומנט הכוח הפועל על מסגרת מלבנית הנמצאת בשדה מגנטי אחיד: $\tau = BIS \sin \alpha$

S – שטח המסגרת.
 α – הזווית בין האנך למסגרת לבין השדה.

הערות: לא תלוי בציר הסיבוב. אותה הנוסחה גם עבור לולאה סגורה בכל צורה שהיא.

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):

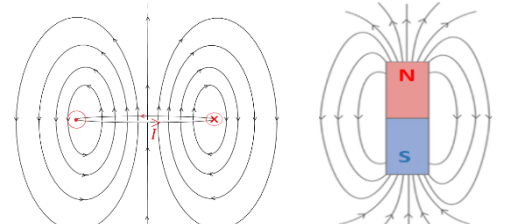


היחידות הסטנדרטיות של השדה המגנטי הן T (טסלה).

שדה במרכז של טבעת ברדיוס R: $B = \frac{\mu_0 I}{2R}$

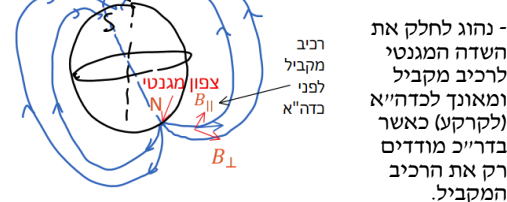


קווי שדה של טבעת, דיפול מגנטי (מגנטי):



השדה המגנטי של כדור הארץ:

הצפון הגאוגרפי אינו הצפון המגנטי. נהוג לחלק את השדה המגנטי לרכיב מקביל ומאונך לכדה"א (לקרקע) כאשר בדרכ"כ מודדים רק את הרכיב המקביל.



שדה של סליל אינסופי:

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

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.



GOOL חוק אמפר – המשך השדה המגנטי

חוק אמפר: $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{in}$

$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l}$ – הוא סכום לאורך מסלול סגור על הרכיב המקביל למסלול של השדה המגנטי. בדרכ"כ 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- $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = B \cdot 2\pi r$

2. סליל/גליל (עם זרם מעגלי) נבחר לולאה בצורת ריבוע בעל צלע l ו- $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = B \cdot l$

3. מישור אינסופי נבחר לולאה בצורת ריבוע בעל צלע l ו- $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = B \cdot 2l$

GOOL כוח על תיל נושא זרם ובין שני תילים

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 למצא לפי כלל יד ימין כמו בחוק לורנץ על מטען בודד כאשר כיוון הזרם (או כיוון ה- $d\vec{l}$) מחליף את המהירות.

הכוח ליחידת אורך בין שני תילים מקבילים: $\frac{F}{L} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}$

d – המרחק בין התיילים. כוח משיכה אם הזרמים באותו כיוון ודחייה אם בכיוונים הפוכים

תכונת הקיבול: הקיבול תלוי רק במבנה הגיאומטרי (אף פעם לא 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 (וזוה 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 (וזוה גם המטען של הקבל השקול).

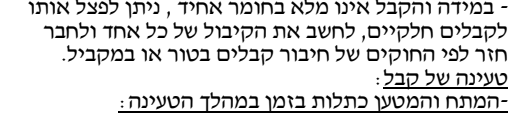
המתח על הקבל השקול שווה לסכום המתחים של כל הקבלים

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:

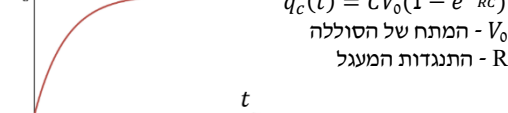
$W = QV = 2U_C$
חומרים דיאלקטריים בקבל: הכנסת חומר דיאלקטרי לקבל מקטינה את השדה והמתח בקבל ולכן מגדילה את הקיבול.

קיבול של קבל המלא בחומר דיאלקטרי אחיד: $C' = \varepsilon_r C_0$
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: $V_C(t) = V_0(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$
המתח והמטען כתלות בזמן במהלך הטעינה:



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



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



המתח והמטען כתלות בזמן במהלך הפריקה:

$V_C(t) = V_0 e^{-\frac{t}{RC}}$
 $q_C(t) = CV_0 e^{-\frac{t}{RC}}$

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

GOOL הכוח המגנטי - חוק לורנץ

חוק לורנץ – הכוח המגנטי: $\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B}$
ניתן לחשב את הכוח בשתי דרכים. דרך דטרמיננטה (ראו מכפלה וקטורית בוקטורים).

דרך גודל וכיוון בנפרד, הגודל הוא: $F_B = qvB \sin \alpha$
כאשר α היא הזווית בין המהירות לשדה. וכיוון לפי כלל יד ימין:

שימו לב שאתם עם יד ימין!!
כיוון הכוח הוא עבור מטען חיובי (עבור מטען שלילי הכוח בכיוון הפוך).

לא להפוך את הסדר של האצבע והאמה (עדיף לעשות קודם אקדה).

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

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

$v \cos \alpha$ היא מהירות ההתקדמות לאורך ציר השדה. עבודת הכוח המגנטי: תמיד מתאפסת (כי הוא מאונך לתנועה).

GOOL השדה המגנטי

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

שדה של תיל אינסופי: $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$