דף נוסחאות – פיסיקה 2ג׳

תוכן עניינים

יחידות וקבועים

$\varepsilon_0 \approx 8.85 \cdot 10^{-12}\left[\frac{C^2}{N\times m^2}\right]$,$k=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\approx 9\cdot 10^9\left[\frac{N\times m^2}{C^2}\right]$ $\mu_0 \approx 1.26\times10^{-6}\ N\cdot A^{-2}$ **כוח - ניוטון:** $[F]=N=kg\cdot m/\,sec^2$ **שדה חשמלי:** $[E]=N/C$ **מתח/פוטנציאל - וולט:** $[V]=Volt=J/C$ **עבודה/אנרגיה - ג׳אול:** $[W]=J=N\cdot m$ **קיבול - פאראד:** $[Capacity]=Farad=C/V$ **זרם - אמפר:** $[I]=A=C/sec$ **השראות - הנרי:** $[L]=H=(sec\cdot Volt)/A$ **מטען האלקטרון** $q_e=-1.6*10^{-19}C$ **מטען הפרוטון** $q_p=1.6*10^{-19}C$	**התנגדות - אוהם:** $[R]=\Omega=V/A$ **התנגדות סגולית:** $[\rho]=\Omega m$ **מוליכות - סימנס:** $[1/R]=siemens=1/\Omega$ **הספק - ואט:** $[P]=Watt=J/sec$ **שדה מגנטי - טסלה:** $[B]=T=N/(A\cdot m)$ **שטף מגנטי - ובר:** $[\phi]=Wb=T\cdot m^2$ $1C=10^6[\mu C]=10^9[nC]$ **צפיפות מטען:** $[\lambda]=\frac{C}{m},[\sigma]=\frac{C}{m^2},[\rho]=\frac{C}{m^3}$ **צפיפות זרם:** $[K]=\frac{A}{m},[J]=\frac{A}{m^2}$

חשמל

חוק קולון

$$\vec{F} = K\frac{q_1 q_2}{r^2}\hat{r} = K\frac{q_1 q_2}{r^3}\vec{r}$$

הכוח שפועל על מטען נקודתי q

$$\vec{F} = q\vec{E}$$

שטף חשמלי

$$\Phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{S}$$

חוק גאוס

$$\varepsilon_0 \oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = Q_{in}$$

חוק גאוס עם חומר דיאלקטרי

$$\varepsilon_0 \oint \kappa(\vec{r})\vec{E} \cdot d\vec{S} = Q_{in}$$

צפיפות מטען

אורכית	משטחית	נפחית
$\lambda = \frac{dq}{dl}$	$\sigma = \frac{dq}{dS}$	$\rho = \frac{dq}{dV}$

פוטנציאל חשמלי

הקשר בין פוטנציאל ושדה

$\vec{E}_z = -\frac{\partial V}{\partial z}\hat{z}$	$\vec{E}_y = -\frac{\partial V}{\partial y}\hat{y}$	$\vec{E}_x = -\frac{\partial V}{\partial x}\hat{x}$

הפוטנציאל החשמלי הינו פונקציה רציפה

תנאי שפה

$$V(r \to \infty) = 0$$

בקואורדינטות כדוריות מתקיים

$$V = -\int_{\infty}^{r} \vec{E} \cdot d\vec{r}$$

$$\vec{E} = -\frac{\partial}{\partial r}(V)\hat{r}$$

משפט עבודה-אנרגיה

$$W = \Delta U = U_f - U_i$$

אנרגיה של מטען q בפוטנציאל V

$$U = qV$$

שדה חשמלי של מטען נקודתי q

$$\vec{E} = K\frac{q}{r^2}\hat{r}$$

פוטנציאל של מטען נקודתי q

$$V = K\frac{q}{r}$$

שדה חשמלי של מישור אינסופי

$$\vec{E} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\hat{z}$$

עבודה של הכוח החשמלי החיצוני

$$W_{A\to B} = q(V_B - V_A) = -q\int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{r}$$

העבודה הדרושה להרכבת אוסף של מטענים נקודתיים

$$W = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n} q_i V(r_i) = \sum_{pairs} q_i V(r_i)$$

קבוע דיאלקטרי

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \kappa$$

אנרגיה של שדה חשמלי

$$U = \frac{\varepsilon_0 \kappa}{2}\int E^2\, dV$$

צפיפות האנרגיה החשמלית

$$u = \frac{1}{2}\varepsilon_0 \kappa E^2$$

קיבול

$$C = \frac{Q}{V}$$

קיבול של קבל לוחות

$$C = \varepsilon_0 \kappa \frac{A}{d}$$

חיבור קבלים

בטור

$$\frac{1}{C_{tot}} = \sum_i \frac{1}{C_i}$$

במקביל

$$C_{tot} = \sum_i C_i$$

אנרגיה של קבל טעון

$$U = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}QV = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$$

אנרגיה של מוליך טעון

$$U = \frac{1}{2}QV$$

הפרש פוטנציאלים

כללי

$$V = V_A - V_B$$

עבור קבל לוחות

$$V = Ed$$

כוח משמר

$$\vec{F} = -\frac{\partial}{\partial x}\big(U(x)\big)\hat{x}$$

דיפול חשמלי

זוג מטענים

$$\vec{p} = q\vec{d}$$

אוסף מטענים

$$\vec{p} = \sum_i q_i \vec{r_i}$$

אנרגיה בשדה חיצוני

$$U = -\vec{p} \cdot \vec{E}$$

מומנט סיבוב בשדה חיצוני

$$\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E}$$

מעגלים חשמליים

זרם רגעי

$$I = \frac{dq}{dt}$$

חוק אוהם

$$V = IR$$

התנגדות של תיל

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

חיבור נגדים

בטור

$$R_{tot} = \sum_i R_i$$

במקביל

$$\frac{1}{R_{tot}} = \sum_i \frac{1}{R_i}$$

צפיפות זרם

ליחידת שטח

$$j = \frac{dI}{dS} \quad I = \int \vec{j} \cdot d\vec{s}$$

ליחידת אורך

$$K = \frac{dI}{dl} \quad I = \int \vec{K} \cdot d\vec{l}$$

חוק אוהם הדיפרנציאלי

$$\vec{j} = \sigma \vec{E} = \frac{1}{\rho} \vec{E}$$

עבודת הזרם החשמלי

$$W = VIt$$

הספק חשמלי

$$P = VI = I^2 R = \frac{V^2}{R}$$

מתח הדקים

$$V_{AB} = \sum IR - \sum \varepsilon$$

חוקי קירכהוף

- $\sum I_{in} = \sum I_{out}$ בצומת
- $\sum V = 0$ בלולאה סגורה

חוק לנץ

המתח המושרה יוצר זרם שמתנגד לשינוי בשטף המגנטי המקורי

חיבור משרנים

בטור

$$L_{tot} = \sum_i L_i$$

במקביל

$$\frac{1}{L_{tot}} = \sum_i \frac{1}{L_i}$$

מעגל RC

קבוע זמן אופייני

$$\tau = RC$$

טעינת קבל

$$V_c(t) = V_0\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

$$Q_c(t) = CV_0\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

$$I_c(t) = I_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

פריקת קבל

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

$$Q_c(t) = CV_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$I_c(t) = I_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

מעגל RL

קבוע זמן אופייני

$$\tau = L/R$$

טעינת משרן

$$I_L(t) = I_0(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

$$V_L(t) = V_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

פריקת משרן

$$I_L(t) = I_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$V_L(t) = V_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

מעגל LC

תדירות זוויתית

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

תדירות תנודות א״מ

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{LC}}$$

זמן המחזור

$$T = \frac{1}{f} = 2\pi\sqrt{LC}$$

מטען על הקבל

$$Q_c(t) = Q_0 \cos(\omega t + \varphi)$$

מגנטיות

חוק אמפר

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

חוק ביו-סבר

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\int \frac{I\,d\vec{l}\times\vec{r}}{r^3}$$

השדה המגנטי של תיל אינסופי

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}\hat{\varphi}$$

הכוח הפועל על מטען q הנע במהירות v בשדה מגנטי B

$$\vec{F} = q\vec{v}\times\vec{B}$$

$$\left|\vec{F}\right| = qvB\sin\alpha$$

הכוח הפועל על תיל באורך l נושא זרם i בשדה מגנטי B

$$\vec{F} = l\vec{i}\times\vec{B}$$

$$\left|\vec{F}\right| = liB\sin\alpha$$

השטף של שדה מגנטי

$$\Phi_B = \int \vec{B}\cdot d\vec{S}$$

בשדה אחיד

$$\Phi_B = \vec{B}\cdot\vec{S} = BS\cos\alpha$$

מומנט כוח על לולאת זרם עם שטח A העשויה מN ליפופים

$$\vec{\tau} = NI\left(\vec{A}\times\vec{B}\right)$$

חוק ההשראה של פראדיי

$$\varepsilon = -\frac{d}{dt}\Phi_B$$

חוק ההשראה של פראדיי בכתיב אינטגרלי

$$\oint \vec{E}\cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt}\Phi_B$$

האנרגיה של שדה מגנטי

$$dU = \frac{1}{2\mu_0}B^2 dV$$

$$U = \frac{1}{2\mu_0}\int B^2 dV$$

הכוח ליחידת אורך בין שני תילים ארוכים מקבילים

$$\frac{F}{l} = \frac{\mu_0}{2\pi}\cdot\frac{I_1 I_2}{d}$$

כא"מ מושרה

$$\varepsilon = -N\frac{d\Phi_B}{dt}$$

כא"מ מושרה בסליל עם השראות L

$$\varepsilon = -L\frac{dI}{dt}$$

כא"מ תנועתי מושרה בתיל מוליך בשדה מגנטי

$$\varepsilon = Blv\sin\alpha$$

האנרגיה האגורה במשרן

$$U = \frac{1}{2}LI^2$$

הכוח המושרה במוט הנע במהירות v במאונך לשדה מגנטי

$$F = \frac{B^2L^2v}{R}$$

השראות עצמית של סליל

$$L = N\frac{\Phi_B}{I}$$

השראות עצמית של סליל ישר באורך l ושטח חתך A

$$L = \mu_0 n^2 lA$$

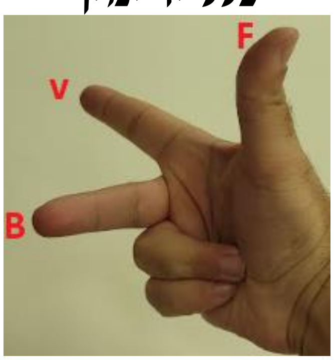
רדיוס הסיבוב של חלקיק הטעון במטען q בעל מסה m בשדה מגנטי B ומהירות v

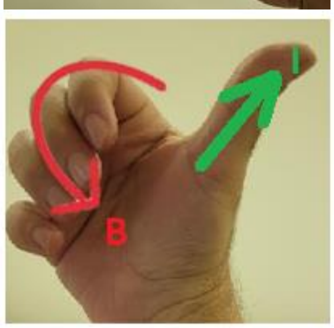
$$R = \frac{mv}{qB}$$

תדירות הסיבוב של חלקיק הטעון במטען q בעל מסה m בשדה מגנטי B

$$f = \frac{1}{2\pi}\frac{qB}{m}$$

כלל יד ימין





מכניקה

קינמטיקה	
משוואת התנועה	$x(t)=x_0+\upsilon_0(t-t_0)+\frac{a}{2}(t-t_0)^2$
משוואת המהירות	$\upsilon(t)=\upsilon_0+a(t-t_0)$
מהירות והעתק	$\upsilon^2(t)=\upsilon_0^2+2a(x-x_0)$
חוק שני של ניוטון	$\Sigma\vec{F}=m\vec{a}$
כוח חיכוך קינטי	$f_k=\mu_k N$
כוח חיכוך סטטי	$f_s\le f_{s\,\max}=\mu_s N$
חוק הוק (כוח קפיץ)	$\vec{F}_{\text{קפיץ}}=-k\vec{x}$
כוח הכובד	$\vec{W}=m\vec{g}$
מהירות קווית	$\upsilon=\omega R$
מהירות זוויתית	$\omega=2\pi f=2\pi/T$
זמן מחזור	$T=2\pi R/\upsilon=1/f$
תאוצה מרכזית (צנטריפטלית)	$a_R=\upsilon^2/R=\omega^2R=4\pi^2f^2R$

עבודה ואנרגיה	
עבודת כוח F	$W_{\vec{F}}=\|\vec{F}\|\cos\alpha\cdot S$
הספק ממוצע	$\bar{P}_{\vec{F}}=W_{\vec{F}}/\Delta t$
אנרגיה קינטית	$E_K=m\upsilon^2/2$
אנרגיה פוטנציאלית	$E_p=mgh$
אנרגית קפיץ	$E_S=kx^2/2$
אנרגיה מכנית כללית	$E=E_K+E_p+E_S$
שינוי באנרגיה	$\Delta E=E_{\text{סופית}}-E_{\text{התחלתית}}$
עבודה כוללת	$W=W_{fk}+W_{\Sigma F\ \text{חיצוניים}}$
משוואת עבודה-אנרגיה	$W=\Delta E$

תנועה הרמונית פשוטה	
משוואת התנועה	$x(t)=A\cos(\omega t+\varphi)$
משוואת המהירות	$\upsilon(t)=-\omega A\sin(\omega t+\varphi)$
משוואת התאוצה	$a(t)=-\omega^2A\cos(\omega t+\varphi)$
מהירות קווית	$\upsilon=\pm\omega\sqrt{A^2-x^2}$
מהירות זוויתית	$\omega=\sqrt{k/m}\,,\ \omega=\sqrt{g/l}$

כללי

סופרפוזיציה

$$\vec{E}=\sum_i\vec{E}_i$$

$$V=\sum_i V_i$$

$$\vec{B}=\sum_i\vec{B}_i$$

הספק - הגדרה

$$P=\frac{dW}{dt}$$

הספק מכני של גוף הפועל עליו כוח חיצוני F

$$P=\vec{F}\cdot\vec{v}$$

***הפתרון של משוואה דיפרנציאלית מהצורה**

$$\ddot{x}+\omega_0^2x=0$$

הינו

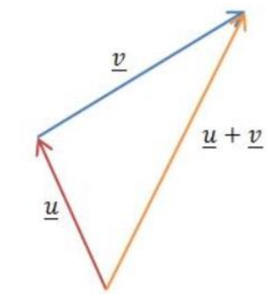
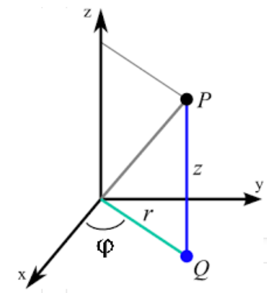
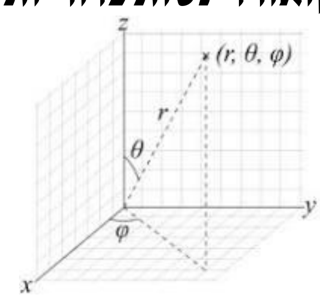
$$x=A\cos(\omega_0 t+\varphi)$$

כאשר את A ו-φ יש לחשב מתנאיי ההתחלה.

***חוק גאוס וחוק אמפר ניתן לבצע רק על בעיות סימטריות!**

***לזכור שבחוק גאוס וחוק אמפר יש להתחשב רק במטען/זרם הכלוא <u>בתוך</u> המעטפת/לולאה.**

מתמטיקה

וקטורים  	$\vec{A}\cdot\vec{B} = AB\cos(\phi) = A_xB_x + A_yB_y + A_zB_z$ $\lvert\vec{A}\times\vec{B}\rvert = AB\sin(\phi)$ $\vec{A}\times\vec{B} = Det\begin{bmatrix}\hat{x} & \hat{y} & \hat{z}\\ A_x & A_y & A_z\\ B_x & B_y & B_z\end{bmatrix}$ $\vec{A}\times\vec{B} = \hat{x}(A_yB_z - A_zB_y) - \hat{y}(A_xB_z - A_zB_x) + \hat{z}(A_xB_y - A_yB_x)$ $\hat{r} = \frac{\vec{r}}{\lvert\vec{r}\rvert}$ $\lvert\hat{r}\rvert = 1$ $\hat{x} = (1,0,0)$ $\hat{y} = (0,1,0)$ $\hat{z} = (0,0,1)$ $\hat{x}\times\hat{y} = \hat{z}$ $\hat{z}\times\hat{x} = \hat{y}$ $\hat{y}\times\hat{z} = \hat{x}$
קואורדינטות גליליות  	$x = r\cos\varphi$ $y = r\sin\varphi$ $\vec{r} = (x,y) = x\hat{x} + y\hat{y}$ $\lvert\vec{r}\rvert = \sqrt{x^2 + y^2}$ $0 < \varphi < 2\pi$ $\hat{r}\times\hat{\varphi} = \hat{z}$ $\hat{z}\times\hat{r} = \hat{\varphi}$ $\hat{\varphi}\times\hat{z} = \hat{r}$
קואורדינטות כדוריות  	$\vec{r} = (x,y,z) = x\hat{x} + y\hat{y} + z\hat{z}$ $\lvert\vec{r}\rvert = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ $0 < \theta < \pi$ $0 < \varphi < 2\pi$ $x = r\cos\varphi\sin\theta$ $y = r\sin\varphi\sin\theta$ $z = r\cos\theta$ $\hat{r}\times\hat{\theta} = \hat{\varphi}$ $\hat{\varphi}\times\hat{r} = \hat{\theta}$ $\hat{\theta}\times\hat{\varphi} = \hat{r}$
אלמנטיי אורך,שטח ונפח	$dV = r^2 dr\, sin\theta d\theta d\phi$ – *אלמנט נפח כדורי* $dV = rdrd\phi dz$ - *אלמנט נפח גלילי* $dS = rdrd\phi$ - *אלמנט שטח דיסקה* $dS = Rd\phi dz$ - *אלמנט שטח מעטפת גלילית* $dS = R^2 sin\theta d\theta d\phi$ - *אלמנט שטח קליפה כדורית* $dl = Rd\phi$ - *אלמנט אורך טבעת*
טריגונומטריה $\cos^2\theta + \sin^2\theta = 1$ $tan\theta = \frac{sin\theta}{cos\theta}$	$\cos 2\theta = \cos^2\theta - \sin^2\theta = 2\cos^2\theta - 1 = 1 - 2\sin^2\theta$ $\cos\frac{\theta}{2} = \pm\sqrt{\frac{1+\cos\theta}{2}}$ $\sin 2\theta = 2\sin\theta\cos\theta$ $\sin\frac{\theta}{2} = \pm\sqrt{\frac{1-\cos\theta}{2}}$ $\sin(\alpha\pm\beta) = \sin\alpha\cos\beta \pm \cos\alpha\sin\beta$ $\cos(\alpha\pm\beta) = \cos\alpha\cos\beta \mp \sin\alpha\sin\beta$

קירובים

זוויות קטנות

$\sin\theta \approx \mathrm{tg}\theta$

$\sin\theta \approx \theta$

קירוב טיילור מסדר 1 (עבור x קטן)

$$\sqrt{1+x} \approx 1 + \frac{1}{2}x$$

$$\frac{1}{\sqrt{1+x}} \approx 1 - \frac{1}{2}x$$

נגזרות ואינטגרלים בסיסיים

$f(x)$	$\frac{df}{dx}$
x^n	nx^{n-1}
e^x	e^x
$\ln x$	$\frac{1}{x}$
$\sin x$	$\cos x$
$\cos x$	$-\sin x$

$f(x)$	$\int f(x)$
x^n	$\frac{1}{n+1}x^{n+1} + C$
e^x	$e^x + C$
$\frac{1}{x}$	$\ln\lvert x\rvert + C$
$\cos x$	$\sin x + C$
$\sin x$	$-\cos x + C$

$f(x)$	$\int f(x)$
$\sin^2 x$	$\frac{1}{2}\left(x - \frac{\sin 2x}{2}\right) + C$
$\cos^2 x$	$\frac{1}{2}\left(x + \frac{\sin 2x}{2}\right) + C$

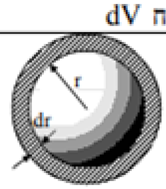
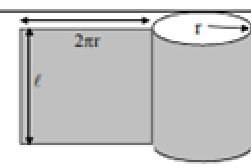
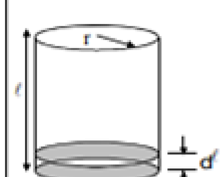
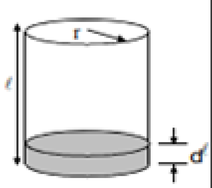
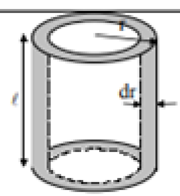
אינטגרלים שימושיים

$$\int \frac{xdx}{(a^2+x^2)^{3/2}} = -\frac{1}{\sqrt{a^2+x^2}} + C \qquad \int \frac{xdx}{\sqrt{a^2+x^2}} = \sqrt{a^2+x^2} + C$$

$$\int \frac{dx}{\sqrt{a^2+x^2}} = \ln\left|x + \sqrt{a^2+x^2}\right| + C \qquad \int \frac{dx}{(a^2+x^2)^{3/2}} = \frac{x}{a^2\sqrt{a^2+x^2}} + C$$

$$\int e^{ax}dx = \frac{1}{a}e^{ax} + C \qquad \int \frac{dx}{a^2+x^2} = \frac{1}{a}arctg\frac{x}{a} + C$$

צורות מרחביות

	שטח A	אלמנט שטח dA	נפח V	אלמנט נפח dV
כדור	$A = 4\pi R^2$		$V = 4\pi R^3/3$ נפח הכדור	 $dV = 4\pi r^2 dr$
גליל	 שטח מעטפת של גליל $A = 2\pi R\ell$ בסיס: $A = \pi R^2$	$dA = 2\pi r\, d\ell$  אלמנט שטח גלילי	$V = \pi r^2 \ell$ נפח הגליל	 אלמנט נפח גלילי $dV = \pi r^2\, d\ell$  אלמנט נפח קליפה גלילית $dV = 2\pi r\ell\, dr$

בהצלחה ☺