דף נוסחאות לבחן אמצע
בפיסיקה 2מ 114075
יניב בר-מימון

כוחות:

כללי: $\vec{F} = -\nabla U(x)$, כח לורנץ: $\vec{F} = \vec{E}q$

חוק קולון: $\vec{F} = \frac{q_1 q_2}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^3}(\vec{r}_2 - \vec{r}_1) \Rightarrow |\vec{F}| = \frac{q_1 q_2}{|r|^2}$

כח משמר: $\nabla \times \vec{F} = 0 \Leftrightarrow \oint \vec{F} d\vec{l} = 0$

עבודה כללי: $W = -\int \vec{F} dx$

כללי למעגלים:

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

נגדים בטור: $I = I_i, R = \sum_{i=1}^{n} R_i, V = \sum_{i=1}^{n} V_i$

חיבור נגדים במקביל: $I = \sum_{i=1}^{n} I, \frac{1}{R_T} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{R_i}, V = V_i$

חיבור קבלים בטור: $V = \sum_{i=1}^{n} V, \frac{1}{C_T} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{C_i}, Q = Q_i$

חיבור קבלים במקביל:

$$V = V_i, C_T = \sum_{i=1}^{n} C_i, Q = \sum_{i=1}^{n} Q_i$$

עבודה: $E = W = \int p \cdot dt = q(\varphi_1 - \varphi_2)$

חוק העניבה: $\sum IR = \sum \varepsilon$

אלקטרודינמיקה:

חוק אוהם: $\nabla \cdot \left(\vec{J} + \frac{\partial E}{\partial t}\frac{1}{4\pi(k)}\right) = 0$

$$E = cnst \Rightarrow \vec{\nabla} \cdot \vec{J} = 0$$

$$\nabla E(x) = 4\pi\rho(x)$$

$$\vec{J} = \frac{I}{A} = \sigma\vec{E} = \rho\vec{v} = \sum n_i q_i \vec{V}_i$$

$$I = \int_a \vec{J} \cdot d\vec{a} = \int_a \sigma\vec{E} \cdot d\vec{a} = \frac{dQ}{dt}$$

זרם בתיל:

$$\partial q = Anq \cdot \partial l, \vec{J} = nq\vec{V}, \vec{I} = nqA\vec{V} = \lambda\vec{V}$$

משוואת הרציפות (שימור מטען): $\left(\frac{d\rho}{dt} + \nabla\vec{J}\right) = 0$

במוליך גלילי: $\Delta\varphi = \left(\frac{d}{\sigma A}\right) I$

קשר בין מוליכות (σ) להתנגדות (ρ) סגולית: $\sigma = \frac{1}{\rho}$

התנגדות: $R = \int_{\vec{r}_2}^{\vec{r}_1} \frac{d\vec{r}}{\sigma(\vec{r}) \cdot A(\vec{r})}$ (ללא יעקוביין)

התנגדות של מוליך: $R = \rho\frac{L}{S} = \frac{L}{\sigma \cdot S}$

שדה חשמלי:

קווי שדה:
1. מתחילים ב (+) לכיוון ה (-)
2. משיק לשדה הוא הכיוון עבור כל נק'
3. השדה מכוון בכיוון מורד הפוטנציאל
4. שדה ניצב למשטח שווה פוטנציאל

מטענים נק':

$$\vec{E}(\vec{r}) = \sum_{i=1}^{n} \frac{q_i}{|\vec{r} - \vec{r}_i|^3}(\vec{r} - \vec{r}_i) = \sum_{i=1}^{n} \frac{q_i}{|r|^2}$$

חוק גאוס: (יעקוביין על הנפח)

$$\phi = \oint_s \vec{E} \cdot d\vec{a} = 4\pi(k)Q_{in} = 4\pi\int_v \rho(r)dv$$

פיזור מטען (מגאוס): $E(r) = \int \frac{\rho(r)}{r^2} dv$ (יעקוביין)

קליפה כדורית:

$$\vec{E}(r) = \frac{Q}{r^2} \Rightarrow r > R$$

$$\vec{E}(r) = 0 \Rightarrow r < R$$

כדור מלא:

$$\vec{E}(r) = \frac{Q}{r^2} \Rightarrow r > R$$

$$\vec{E}(r) = Q\frac{r}{R^3} \Rightarrow r < R$$

טבעת טעונה: $\vec{E}(z) = \frac{2\sigma\pi R}{(z^2 + R^2)^{\frac{3}{2}}}\hat{z}$

דיסקה טעונה:

$$\vec{E}(r) = 2\pi\sigma\left(1 - \frac{z}{\sqrt{z^2 + r^2}}\right)\hat{z}$$

שדה של תיל: $\vec{E}(r) = \frac{2\lambda}{r}$

שדה של לוח: $\vec{E} = 2\pi\sigma$

קפיצה בשדה:

$$\Delta\vec{E}_\perp = \vec{E}_{out} - \vec{E}_{in} = 4\pi\sigma = \frac{I}{A}\left(\frac{1}{\sigma_2} - \frac{1}{\sigma_1}\right)$$

שדה בין לוחות קבל: $\vec{E} = 4\pi\sigma = \frac{V_0}{d}$

שדה על שפת מוליך (בפנים 0): $\vec{E}_\perp = 4\pi\sigma \cdot \hat{n}$

גליל איסופי:

$$\vec{E}(r) = \frac{2\pi\rho R^2}{r} \Rightarrow r > R$$

$$\vec{E}(r) = 2\pi\rho r \Rightarrow r < R$$

שדה של טבלה:

$$\vec{E}(x) = 2\pi\sigma_{in}\frac{\vec{x}}{x} \Rightarrow |x| > \frac{d}{2}$$

$$\vec{E}(x) = 4\pi\rho x\hat{x} \Rightarrow |x| < \frac{d}{2}$$

פוטנציאל ועבודה:

עבודה בהזזת מטען: $W = \Delta\varphi \cdot q$

קשר בין שדה לפוט': $\vec{E} = -\nabla\varphi$

הפרש פוטנציאל:

$$\varphi(r_2) - \varphi(r_1) = -\int_{r_1}^{r_2} \vec{E} d\vec{l}$$

מתח בין לוחות:

$$V = \int d\varphi = \int -\vec{E} d\vec{s}$$

פט' של מטען נק': $\varphi(\vec{r}) = Q/r$

התפלגות

דיסקרטית: $\varphi(\vec{r}) = \sum_{i=1}^{n} \frac{q_i}{|\vec{r} - \vec{r}_i|}$

התפלגות רציפה: $\varphi(\vec{r}) = \int_v \frac{\rho(\vec{r}')dv}{|\vec{r} - \vec{r}'|}$

פוט' עובד עפ"י עיקרון סופרפוזיציה.

פוט' בכדור מוליך:

$$\varphi(r) = Q/r \Rightarrow r > R$$

$$\varphi(r) = Q/R \Rightarrow r < R$$

בכדור מלא:

$$\varphi(r) = Q/r \Rightarrow r \geq R$$

$$\left(\frac{3Q}{2R} - \frac{Qr^2}{2R^3}\right) \Rightarrow r < R$$

פוט' של תיל: $\varphi(r) = A_1 \ln(r) + A_2$

$$\varphi(r_2) - \varphi(r_1) = 2\lambda\ln(r_1/r_2)$$

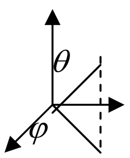
הפרש פוט' של לוח:

$$\Delta\varphi(X_{21}) = 2\pi\sigma(x_2 - x_1)$$

פוטנציאל על מוליך קבוע.

פוט' של טבעת: $\varphi(z) = \frac{2\sigma\pi R}{\sqrt{z^2 + R^2}}$

קואורדינטות כדוריות:



$$x = R\sin\theta\cos\varphi$$

$$y = R\sin\theta\cos\varphi$$

$$z = R\cos\theta$$

יעקוביין:

$$dv = \overbrace{dr}^{\text{עובי}} \cdot \overbrace{rd\theta}^{\text{קשת}} \cdot \overbrace{r\sin\theta d\varphi}^{\text{קשת}}$$

$$ds = r \cdot d\varphi \cdot dr$$

על מעטפת כדורית:

$$ds = r^2 \cdot \sin\theta d\theta \cdot d\varphi$$

גליל: $dv = r \cdot dr \cdot d\varphi \cdot dl$

דיסקה: $dv = r \cdot d\theta \cdot dr$

מימדים גיאומטריים:

גליל: $V = \pi R^2 h$, $M = 2\pi Rh$

כדור: $V = \frac{4}{3}\pi R^3$, $S = 4\pi R^2$

אינטגרל מסלולי:

$$\int \lambda dl = \int_{t_i}^{t_f} f(x(t), y(t))\left(\frac{dl}{dt}\right)dt$$

טריגו:

$$\sin(\alpha + \beta) = \sin\alpha\cos\beta + \cos\alpha\sin\beta$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos\alpha\cos\beta - \sin\alpha\sin\beta$$

$$tg(\alpha + \beta) = (tg\alpha + tg\beta)/(1 - tg\alpha tg\beta)$$

$$\arcsin\alpha + \arccos\alpha = \pi/2$$

$$\sin\alpha + \sin\beta = 2\sin(\alpha/2 + \beta/2)\cos(\alpha/2 - \beta/2)$$

$$\cos\alpha + \cos\beta = 2\cos(\alpha/2 + \beta/2)\cos(\alpha/2 - \beta/2)$$

$$\sin\alpha\sin\beta = \tfrac{1}{2}(\cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta))$$

$$\sin\alpha\cos\beta = \tfrac{1}{2}(\sin(\alpha + \beta) + \sin(\alpha - \beta))$$

$$\cos\alpha\cos\beta = \tfrac{1}{2}(\cos(\alpha + \beta) - \cos(\alpha - \beta))$$

כח F	dyne
מרחק X	cm
שדה חשמלי E	$dyne/dyne$
מטען Q	esu
עבודה W אנרגיה U	erg
פוט' φ	Statvolt
הספק P	erg/sec
קיבול C	cm
צפיפות זרם J	$esu/sec\cdot cm^2$
זרם I	esu/sec
מוליכות σ	$1/sec$
התנגדות R	sec/cm

$e=1.6\cdot10^{-19}[C]$

$m_e=9.11\cdot10^{-31}[kg]$

$m_p=1.67\cdot10^{-27}[kg]$

$k=9\cdot10^9\ Nm^2/C^2$

$\varepsilon_0=1/4\pi k$

קיבול:

כללי: $Q=c\Delta\varphi=CV$, קבל לוחות: $C=\dfrac{A}{4\pi d}$

$$V=Ed$$

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

קבל כדורי: $C=R$

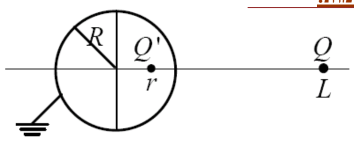
שתי קליפות: $C=\dfrac{R_1R_2}{R_1-R_2}\Rightarrow(R_1>R_2)$

קבל גלילי: $C=\dfrac{1}{2\ln\left(\frac{b}{a}\right)}\Rightarrow(b>a)$

$\tau=\dfrac{1}{4\pi\sigma}=RC$, R של הנגד המחובר בטור לקבל

$$Q=Q_0e^{\frac{-t}{\tau}}$$

מטעני דמות:



$$Q'=\frac{-QR}{L}\qquad r=\frac{R^2}{L}$$

עבור מטען Q מול לוח, נשים באותו מרחק מצידו השני של הלוח מטען Q-

שאלת משוואת הרציפות מהתרגול:

נתון: שטח לוח A , מרחק בין הלוחות S, פוט' קבוע V_0, זרם קבוע I , מצב סטציונרי $\partial\rho/\partial t=0$, מהי צפיפות המטען כפו' של x

$$J=\rho v,\nabla J=0\Rightarrow\nabla J=(\partial\rho/\partial x)v+\rho(\partial v/\partial x)=0$$

$$\Delta E_K=F\cdot x\Rightarrow\tfrac{1}{2}m_ev^2=q_eE\cdot x\Rightarrow v=\sqrt{2q_eEx/m_e}$$

$$E=V_0/S\Rightarrow v=\sqrt{2q_eV_0x/sm_e}$$

נציב את מה שקיבלו במשוואה למעלה ונקבל מד"ר פרידה שפתרונה: $\rho=C/\sqrt{x}$

$$J=I/A=\rho v\Rightarrow C=\sqrt{m_es/2q_eV_0}$$

אנרגיה:

v-כל המרחב (יעקוביין):

$$U=\frac{1}{8\pi}\int_v E^2dv$$

כדור מלא: $U=\dfrac{3Q^2}{5R}$

קליפה כדורית: $U=\dfrac{Q^2}{2R}$

אנרגיה האצורה בנפח עם מטען:

$$U=\tfrac{1}{2}\int_v\rho(\vec r)\cdot\varphi(\vec r)dv$$

פואסון: $\nabla^2\varphi=-4\pi\rho$

$$\overbrace{\nabla\cdot E}^{\text{צפיפות\_שטף}}=4\pi\rho$$

$$\nabla\times E=0$$

לפלס:

$$\nabla^2\varphi=0\Leftrightarrow\rho=0$$

סטוקס(הפיכת אינטגרל קווי למשטחי)

$$\int\underbrace{F}_{\text{עקומה}}dl=\iint_S\underbrace{(\nabla\times F)}_{\text{משטח}}ds$$

$$\vec\nabla\cdot(\vec\nabla\times\vec F)=0$$

$$\vec\nabla\times(\vec\nabla\varphi)=0$$

אינטגרלים:

$$\int\frac{dx}{x^2+a^2}=\frac{1}{a}\arctan\frac{x}{a}$$

$$\int\frac{dx}{x^2-a^2}=\frac{1}{2a}\ln\left|\frac{x-a}{x+a}\right|$$

$$\int\frac{dx}{a^2-x^2}=\frac{1}{2a}\ln\left|\frac{a+x}{a-x}\right|$$

$$\int\frac{dx}{\sqrt{x^2+-a^2}}=\ln\left|x+\sqrt{x^2+-a^2}\right|$$

$$\int\frac{dx}{\sqrt{a^2-x^2}}=\arcsin\frac{x}{a}$$

$$\int\frac{-dx}{\sqrt{a^2-x^2}}=\arccos\frac{x}{a}$$

$$\int a^xdx=\frac{a^x}{\ln a}$$

$$\int\ln x=x\ln x-x$$

$$\int\frac{-dx}{1+x^2}=arcct(x)$$

$$\int\frac{dx}{\cos^2x}=tgx$$

$$\int\frac{dx}{\sin^2x}=-ctx$$

$$\int\frac{dx}{\sin x}=\ln\left|tg\frac{x}{2}\right|$$

$$\int\frac{dx}{\cos x}=\ln\left|tg\left(\frac{x}{2}-\frac{\pi}{4}\right)\right|$$

המשך שאלת משוואת הרציפות מהתרגול:

מטען הכולל: $Q=\int_{X=0}^{X=S}\rho\cdot dv=-AC2\sqrt{S}$

מספר אלקטרונים: Q/q_e

	קרטזיות	גליליות	כדוריות
גרדיאנט	$\nabla f=\frac{\partial f}{\partial x}\hat X+\frac{\partial f}{\partial y}\hat Y+\frac{\partial f}{\partial z}\hat Z$	$\nabla f=\frac{\partial f}{\partial r}\hat r+\frac{\partial f}{\partial\theta}\hat\theta+\frac{\partial f}{\partial z}\hat Z$	$\nabla f=\frac{\partial f}{\partial r}\hat r+\frac{1}{r}\frac{\partial f}{\partial\theta}\hat\theta+\frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial f}{\partial\varphi}\hat\varphi$
דיברגנץ	$\nabla\cdot f=\frac{\partial f_x}{\partial x}+\frac{\partial f_y}{\partial y}+\frac{\partial f_z}{\partial z}$	$\nabla\cdot f=\frac{1}{r}\frac{\partial(r\cdot f_r)}{\partial r}+\frac{1}{r}\frac{\partial f_\theta}{\partial\theta}+\frac{\partial f_z}{\partial z}$	$\nabla\cdot f=\frac{1}{r^2}\frac{\partial(r^2\cdot f_r)}{\partial r}+\frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial(\sin\theta f_\theta)}{\partial\theta}+\frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial f_\varphi}{\partial\varphi}$
רוטור	$\nabla\times f=\left(\frac{\partial f_z}{\partial y}-\frac{\partial f_y}{\partial z}\right)\hat X+\left(\frac{\partial f_x}{\partial z}-\frac{\partial f_z}{\partial x}\right)\hat Y+\left(\frac{\partial f_y}{\partial x}-\frac{\partial f_x}{\partial y}\right)\hat Z$	$\nabla\times f=\left(\frac{1}{r}\frac{\partial f_z}{\partial\theta}-\frac{\partial f_\theta}{\partial z}\right)\hat r+\left(\frac{\partial f_r}{\partial z}-\frac{\partial f_z}{\partial r}\right)\hat\theta+\frac{1}{r}\left(\frac{\partial(r\cdot f_\theta)}{\partial r}-\frac{\partial f_r}{\partial\theta}\right)\hat Z$	$\nabla\times f=\frac{1}{r\sin\theta}\left(\frac{\partial\sin\theta f_\theta}{\partial\theta}-\frac{\partial f_\theta}{\partial\varphi}\right)\hat r+\left(\frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial f_r}{\partial\varphi}-\frac{1}{r}\frac{\partial(rf_\varphi)}{\partial r}\right)\hat\theta+\frac{1}{r}\left(\frac{\partial(r\cdot f_\theta)}{\partial r}-\frac{\partial f_r}{\partial\theta}\right)\hat\varphi$
לפלסיאן	$\nabla^2f=\frac{\partial^2f}{\partial x^2}+\frac{\partial^2f}{\partial y^2}+\frac{\partial^2f}{\partial z^2}$	$\nabla^2f=\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial f}{\partial r}\right)+\frac{1}{r^2}\frac{\partial^2f}{\partial\theta^2}+\frac{\partial^2f}{\partial z^2}$	$\nabla^2f=\frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}\left(r^2\frac{\partial f}{\partial r}\right)+\frac{1}{r^2\sin\theta}\frac{\partial}{\partial\theta}\left(\sin\theta\frac{\partial f}{\partial\theta}\right)+\frac{1}{r^2\sin^2\theta}\frac{\partial^2f}{\partial\varphi^2}$

* $f_X\Leftarrow$ הכוונה לרכיב x של הפוני' f