בס"ד דף טרור חשמל:

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

פרמיטיביות חשמלית בוואקום: $8.98 \cdot 10^9 = k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$

שדה חשמלי: $E = \frac{kq}{|r|^2}$ $F = Eq'$

$$dE = \frac{kdq}{r^2}\hat{r}$$

גאוס:(רק לדברים אינסופיים וכדור): $\oiint E \cdot dA = \frac{Q_{in}}{\epsilon_0}$

שטף אלקטרי:

$$\phi e = E \cdot A$$

פוטנציאל: $\varphi = -\oint E \cdot dl$

שדה משמר: $\nabla \times E = 0$

עבודה: $W = q\Delta\varphi$

אנרגיה העצורה במערכת: $U = \frac{\epsilon 0}{2}\iiint E^2 dV$

$$E = -\nabla(\varphi)$$

חוק גאוס: $\nabla \cdot E = \frac{\rho}{\epsilon_0}$

פואסון: $\nabla^2\varphi = -\frac{\rho}{\epsilon_0}$

מטעני דמה תנאי ספף:

1) $\lim_{z\to\infty} \varphi = 0$

2) $\varphi_{(z=0)} = 0$

מוליכים: 1) $E_{(in)} = 0$

2) $\varphi_{(in)} = const$

3) $\rho_{(in)} = 0$

4) שדה חשמלי על פני מוליך: $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}\hat{n}$

הארקה לאינסוף:

$$\Delta\varphi_{(\infty - r)} = 0$$

גאוס בתוך מוליך: $0 = \frac{Qa}{\epsilon_0}$

קיבול: $C = \frac{Q}{|\Delta\varphi|}$ תמיד קבוע.

חיבור קבלים: במקביל:

$$C = \sum c_{[i]}$$

בטור: $\frac{1}{C} = \sum \frac{1}{c_{[i]}}$

בקבל: $\Delta\varphi = \Delta\varphi_i$

$$Q = \sum Q_{[i]}$$

האנרגיה העצורה בקבל: $U = \frac{Q^2}{2C}$

חומר דיאלקטרי: $E = \frac{E_0}{\epsilon_r}$

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left[\frac{k_0}{r} + \frac{k_1}{r^2} + \cdots\right]$$

$$k_0 = \int \rho dV$$

$$k_1 = \vec{p} \cdot \hat{r}$$

rבמקרה זה הוא וקטור ראשית הצירים לנקודת המדידה.

מומנט דיפול: $p = \sum_i q_{(i)} r_i$

כעת r הוא וקטור בין ראשית הצירים למטען.

טורק של דיפול בשדה חשמלי קבוע E: $|\tau| = p \times E$

וקטור פולריזציהP: מומנט דיפול ליחידת נפח.

$$P = \epsilon_0(\epsilon_r - 1)E$$

צפיפות מטען על המשטח הדיאלקטרי: $\sigma[b] = \vec{P} \cdot \hat{n}$

צפיפות מטען נפחית בתוך החומר: $\rho[b] = -\nabla \cdot P$

וקטור ההעתק: $D = \epsilon_{[0]}E + P$

חוק גאוס: $\nabla \cdot D = \rho_{[\mathrm{free}]}$

גאוס: $\oiint D \cdot dA = Q_{[free]}$

חומר לינארי: $D = \epsilon_{[0]}\epsilon_{[r]}E$

$$\chi = \epsilon_r - 1$$

$$P = \epsilon[0](\epsilon[r] - 1)E$$

זרם: $I = ne < v > A$

צפיפות הזרם: $J = ne < v >$

חוק דרודה: $\sigma = \frac{ne^2\tau}{m}$

ρ התנגדות סגולית. $\sigma = \frac{1}{\rho}$

$$J = \sigma E$$

$$I = \oiint J \cdot dA$$

התנגדות: $R = \frac{\rho L}{A}$

$$dR = \frac{\rho dl}{A}$$

נגד: $R = \frac{\varphi}{I}$

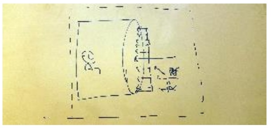
חיבור נגדים: בטור:

$$R = \sum R_{[i]}$$

במקביל: $\frac{1}{R} = \sum \frac{1}{R_{[i]}}$

$$\frac{1}{R} = \int \frac{1}{dr}$$

כאשר הdr במכנה אזי הרעיון הוא חיבור נגדים במקביל:



בנגד: $\Delta\varphi = \Delta\varphi_{[i]}$

$$I = \sum I_{[i]}$$

חוק הרציפות: $\oiint J \cdot dA = -\frac{dq}{dt}$

$$div(J) = -\frac{d\rho}{dt}$$

כוח לורנץ: $F = qV \times B$

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

תיל בשדה מגנטי שזורם בו זרם: $F = Il \times B$

l אורך התיל בכיוון הזרם.

חוק ביו סבר: r וק' בין אלמנט האורך לנקודת המדידה:

$$dB = \mu_0 I dl \times \frac{\hat{r}}{4\pi r^2}$$

חוק אמפר [לדברים אינוספיים וטורואיד!!!]: מעשיה וטיול:

$$Bl = \mu_{[0]}I[enc]$$

פיזיקאים:

$$\oint B \cdot dl = \mu_{[0]}I_{[enc]}$$

חוקי יד ימין: תייל: אגודל: זרם.

אצבעות: שדה מגנטי.

לולאה: א: שדה מגנ' אצ': זרם.

א: B *אצ:*E

כא"מ מושרה: $\epsilon = -\frac{d(B \cdot A)}{dt}$

הספק: $P = VI$ $P = I^2R$

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

$$P = \varphi I$$

חוק לנץ הוא רובין הוד.

משרן: $L = \frac{\phi[b]}{I}$

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

במשרן סלילי: N מספר כריכות.

$$L = \frac{\mu_{[0]}N^2 A}{l}$$

חוקי מקסוול:

1) חוק גאוס

2) $\oiint B \cdot dA = 0$

3) $\oint E \cdot dl = -\frac{d\phi_{[b]}}{dt}$

4) $\oint B \cdot dl = \mu_{[0]}I + \frac{\mu_{[0]}\epsilon_{[0]}d\phi_{[e]}}{dt}$

בצורה הדריפנצילית:

$$\nabla \cdot E = \frac{\rho_0}{\epsilon_0}$$

$$\nabla \times E = -\frac{dB}{dt}$$

$$\nabla \cdot B = 0$$

$$\nabla \times B = \mu_0 J + \frac{\mu_0\epsilon_0\partial B}{\partial t}$$

מעגל RC*: טעינה:*

$$Q(t) = \Delta\varphi C(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

פריקה: $Q = Q_{[0]}e^{-\frac{t}{RC}}$

מעגל RL: טעינה:

$$I(t) = \frac{\Delta\varphi}{R}(1 - e^{-\frac{Rt}{L}})$$

פריקה: $I = I[0]e^{-\frac{Rt}{L}}$

$$\tau = \frac{L}{R}$$

מעגל RLC: בלי סוללה:

$$I = I_0 e^{-\frac{R}{2L}t}\sin(\omega t)$$

$$U = U_c + U_L$$

כש $\omega^2 = \frac{1}{LC}$: *אזי:*

$$\frac{1}{2}LI_0 = \frac{q_0^2}{2C}$$

זרם חילופין במעגל RLC הוא מקביל לאוסילטור הרמוני מאולץ.

במצב רזוננס:

$$I = I_{[0]}\sin(\omega t - \alpha)$$

$$I_{[0]} = \frac{\varphi_{[0]}}{\mathrm{sqrt}\left(R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2\right)}$$

$$\tan(\alpha) = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$$

$$< P > = \frac{V_0 I_0 \cos(\alpha)}{2}$$

$$< P_c > = 0$$

$$< P_L > = 0$$

ובמצב של $\omega^2 = \frac{1}{LC}$:

אזי : $\alpha = 0$

$$I_{[0]} = \frac{V_{[0]}}{R}$$

עקבה: [די דומה להתנגדות]

$$\mathrm{sqrt}\left(R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2\right)$$

ממוצע: $< (X) > = \frac{1}{T}\int_0^T X dt$

$$\rho = ne$$

במקרים מסוימים נשקר ונגיד ש:

$$\sigma = ne$$

שדות מגנטיים וחשמליים:

חלקיק: $\frac{kq}{r^2}$

כדור: $r > R: E = \frac{\rho R^3}{3r^2\epsilon_0}$

$$r < R \quad \frac{\rho r}{3\epsilon}\hat{r}$$

תיל אינסופי: $E = \frac{\lambda}{2\pi r\epsilon_0}\hat{r}$

לוח אינסופי: $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$

קליפה כדורית: *r>R:* $E = \frac{\sigma R^2}{\epsilon_0 r^2}$

r<R: E=0

גליל אינסופי: *r>R:* $E = \frac{R^2\rho}{2\epsilon_0}$

r<R: $E = \frac{r\rho}{2\epsilon_0}$

מגנטי: תיל דק אינסופי:

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

תיל עבה אינסופי: $B = \frac{\mu_0 J r}{2}\hat{\theta}$ [בפנים]. בחוץ: $B = \frac{\mu_0 J R}{r}\hat{\theta}$

טורואיד: $B = \frac{\mu_0 I N}{2\pi r}\hat{\theta}$

סליל אינסופי: $B = \frac{\mu_0 I N}{L}\hat{y}$

קבל לוחות: $C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$

קבל לוחות כדוריים: $C = \frac{4\pi\epsilon_0 ab}{b-a}$

בקואורדינטות גליליות:

$$\hat{r} = \cos(\theta)\,\hat{x} + \sin(\theta)\,\hat{y}$$

$$\hat{\theta} = -\sin(\theta)\,\hat{x} + \cos(\theta)\,\hat{y}$$

בקואורדינטות כדוריות:

$$\hat{r} = \sin(\theta)\,(\cos(\varphi)\,\hat{x} + \sin(\varphi)\,\hat{y}) + \cos(\theta)\hat{z}$$

$$\hat{\theta} = \cos(\theta)\,(\cos(\varphi)\,\hat{x} + \sin(\varphi)\,\hat{y}) - \sin(\theta)\hat{z}$$

$$\hat{\varphi} = -\sin(\varphi)\,\hat{x} + \cos(\varphi\,)\hat{y}$$

8.7.2016 Del in cylindrical and spherical coordinates - Wikipedia, the free encyclopedia

Table with the del operator in cartesian, cylindrical and spherical coordinates

Operation	Cartesian coordinates (x, y, z)	Cylindrical coordinates (ρ, φ, z)	Spherical coordinates (r, θ, φ), where θ is the polar angle and φ is azimuthal
A vector field $\mathbf{A}$	$A_x\hat{\mathbf{x}} + A_y\hat{\mathbf{y}} + A_z\hat{\mathbf{z}}$	$A_\rho\hat{\boldsymbol{\rho}} + A_\varphi\hat{\boldsymbol{\varphi}} + A_z\hat{\mathbf{z}}$	$A_r\hat{\mathbf{r}} + A_\theta\hat{\boldsymbol{\theta}} + A_\varphi\hat{\boldsymbol{\varphi}}$
Gradient ∇f	$\frac{\partial f}{\partial x}\hat{\mathbf{x}} + \frac{\partial f}{\partial y}\hat{\mathbf{y}} + \frac{\partial f}{\partial z}\hat{\mathbf{z}}$	$\frac{\partial f}{\partial \rho}\hat{\boldsymbol{\rho}} + \frac{1}{\rho}\frac{\partial f}{\partial \varphi}\hat{\boldsymbol{\varphi}} + \frac{\partial f}{\partial z}\hat{\mathbf{z}}$	$\frac{\partial f}{\partial r}\hat{\mathbf{r}} + \frac{1}{r}\frac{\partial f}{\partial \theta}\hat{\boldsymbol{\theta}} + \frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial f}{\partial \varphi}\hat{\boldsymbol{\varphi}}$
Divergence $\nabla\cdot\mathbf{A}$	$\frac{\partial A_x}{\partial x} + \frac{\partial A_y}{\partial y} + \frac{\partial A_z}{\partial z}$	$\frac{1}{\rho}\frac{\partial(\rho A_\rho)}{\partial \rho} + \frac{1}{\rho}\frac{\partial A_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{\partial A_z}{\partial z}$	$\frac{1}{r^2}\frac{\partial(r^2 A_r)}{\partial r} + \frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial}{\partial\theta}(A_\theta\sin\theta) + \frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial A_\varphi}{\partial\varphi}$
Curl $\nabla\times\mathbf{A}$	$\left(\frac{\partial A_z}{\partial y} - \frac{\partial A_y}{\partial z}\right)\hat{\mathbf{x}} + \left(\frac{\partial A_x}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial x}\right)\hat{\mathbf{y}} + \left(\frac{\partial A_y}{\partial x} - \frac{\partial A_x}{\partial y}\right)\hat{\mathbf{z}}$	$\left(\frac{1}{\rho}\frac{\partial A_z}{\partial \varphi} - \frac{\partial A_\varphi}{\partial z}\right)\hat{\boldsymbol{\rho}} + \left(\frac{\partial A_\rho}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial \rho}\right)\hat{\boldsymbol{\varphi}} + \frac{1}{\rho}\left(\frac{\partial(\rho A_\varphi)}{\partial \rho} - \frac{\partial A_\rho}{\partial \varphi}\right)\hat{\mathbf{z}}$	$\frac{1}{r\sin\theta}\left(\frac{\partial}{\partial\theta}(A_\varphi\sin\theta) - \frac{\partial A_\theta}{\partial\varphi}\right)\hat{\mathbf{r}} + \frac{1}{r}\left(\frac{1}{\sin\theta}\frac{\partial A_r}{\partial\varphi} - \frac{\partial}{\partial r}(rA_\varphi)\right)\hat{\boldsymbol{\theta}} + \frac{1}{r}\left(\frac{\partial}{\partial r}(rA_\theta) - \frac{\partial A_r}{\partial\theta}\right)\hat{\boldsymbol{\varphi}}$
Differential displacement $d\boldsymbol{\ell}$	$dx\,\hat{\mathbf{x}} + dy\,\hat{\mathbf{y}} + dz\,\hat{\mathbf{z}}$	$d\rho\,\hat{\boldsymbol{\rho}} + \rho\,d\varphi\,\hat{\boldsymbol{\varphi}} + dz\,\hat{\mathbf{z}}$	$dr\,\hat{\mathbf{r}} + r\,d\theta\,\hat{\boldsymbol{\theta}} + r\sin\theta\,d\varphi\,\hat{\boldsymbol{\varphi}}$
Differential normal area $d\mathbf{S}$	$dy\,dz\,\hat{\mathbf{x}} + dx\,dz\,\hat{\mathbf{y}} + dx\,dy\,\hat{\mathbf{z}}$	$\rho\,d\varphi\,dz\,\hat{\boldsymbol{\rho}} + d\rho\,dz\,\hat{\boldsymbol{\varphi}} + \rho\,d\rho\,d\varphi\,\hat{\mathbf{z}}$	$r^2\sin\theta\,d\theta\,d\varphi\,\hat{\mathbf{r}} + r\sin\theta\,dr\,d\varphi\,\hat{\boldsymbol{\theta}} + r\,dr\,d\theta\,\hat{\boldsymbol{\varphi}}$
Differential volume dV	$dx\,dy\,dz$	$\rho\,d\rho\,d\varphi\,dz$	$r^2\sin\theta\,dr\,d\theta\,d\varphi$