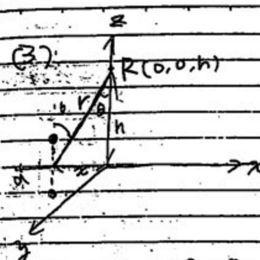
No.
Date.

(3)



$r=\sqrt{x^2+h^2}$

$\cos\theta = \frac{h}{r} = \frac{h}{\sqrt{x^2+h^2}}$

(1)より $V = \frac{P\cos\theta}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = \frac{Ph}{4\pi\varepsilon_0(x^2+h^2)^{3/2}}$

全部でNコなので 0〜aの範囲で(1周につき $\frac{N}{a}$ コあると考えると

半径xからの電位は まず1周分の中和

$V_{x} = \frac{Ph}{4\pi\varepsilon_0(x^2+h^2)^{3/2}} \times \frac{N}{a} = \frac{NPh}{4\pi\varepsilon_0 a(x^2+h^2)^{3/2}}$

$V = \int_0^a \frac{NPh}{4\pi\varepsilon_0 a(x^2+h^2)^{3/2}}\,dx$

$x = h\tan\theta$ とおくと. $x^2+h^2 = h^2(1+\tan^2\theta) = \frac{h^2}{\cos^2\theta}$

$dx = \frac{h}{\cos^2\theta}d\theta$ $(x^2+h^2)^{3/2} = \frac{h^3}{\cos^3\theta}$

x	$0 \to a$
θ	$0 \to \theta_0 = \tan^{-1}\frac{a}{h}$

$V = \frac{NPh}{4\pi\varepsilon_0 a}\int_0^{\theta_0}\frac{\cos\theta}{h}d\theta = \frac{NP}{4\pi\varepsilon_0 a}\left[\sin\theta\right]_0^{\theta_0}$

$\sin\theta_0 = \frac{a}{r} = \frac{a}{\sqrt{\ }}$ $= \frac{NPa}{2\pi\varepsilon_0 a}$

$\frac{NP}{4\pi\varepsilon_0 a}\cdot\frac{a}{r} = \frac{NP}{4\pi\varepsilon_0 r}$

No.
Date.

[2]

(1) $C = \varepsilon_0\frac{S}{d} = \varepsilon_0\frac{\pi a^2}{d}$

$\boxed{V = RI + \frac{1}{C}\int I\,dt}$ コンデンサの式! $I = \frac{dq}{dt}$ より

$\cancel{V = R\frac{dq}{dt} + \frac{q}{C}}$ → ラプラス変換の方がラク

$\cancel{q = CV + C'e^{-\frac{1}{RC}t}}$ $\frac{V}{s} = RI + \frac{1}{C}\left(\frac{I}{s} + \frac{q_0}{s}\right) = RI + \frac{I}{Cs}$

$\cancel{t=0 で q=0 より}$

$\cancel{0 = CV + C' \to C' = -CV}$

$\cancel{\therefore q = CV(1-e^{-\frac{1}{RC}t})}$

$I = \frac{V}{R}e^{-\frac{1}{RC}t}$

$= \frac{V}{R}e^{-\frac{d}{R\varepsilon_0\pi a^2}t}$ [C/s] 単位

(2) $J_d = \frac{I}{\pi a^2} = \frac{V}{\pi a^2 R}e^{-\frac{d}{R\varepsilon_0\pi a^2}t}$ [C/s·m²]

(3) $\oint H\cdot dl = I$

($r<a$)

$2\pi r H = J_d\cdot\pi r^2$

$H = \frac{1}{2\pi r}\frac{Vr^2}{a^2R}e^{-\frac{d}{R\varepsilon_0\pi a^2}t}$

$= \frac{rV}{2\pi a^2 R}e^{-\frac{d}{R\varepsilon_0\pi a^2}t}$

($r>a$)

$2\pi r H = I$ 方向 $\hat{\varphi}$

$H = \frac{V}{2\pi r R}e^{-\frac{d}{R\varepsilon_0\pi a^2}t}$

No.
Date.

(4) $P(t) = IR = \frac{V^2}{R}e^{-\frac{2d}{R\varepsilon_0\pi a^2}t}$

$t\to\infty \Rightarrow \frac{V^2}{R}$

$P_{all} = \int_0^\infty P(t)\,dt$

$= \frac{V^2}{R}\left(-\frac{R\varepsilon_0\pi a^2}{2d}\right)(-1)$

$= \frac{\varepsilon_0\pi a^2 V^2}{2d}$

コンデンサに蓄えられるエネルギーは. 同じ

$W = \frac{1}{2}QV = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{\varepsilon_0\pi a^2V^2}{2d}$

$\boxed{W = \int_0^{t_0} P(t)\,dt}$ [エネルギー 仕事 > 電力]

H12

No.
Date. 7

電気磁気学

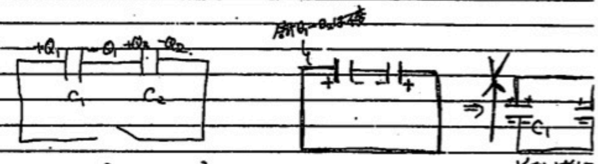
1a. $W = qV$

1) $dW = dq(\phi_1 - \phi_2)$

2) $C = \frac{Q}{V} = \frac{q}{\phi_1-\phi_2}$

3) $W = \frac{QV}{2} = \frac{Q^2}{2C}$ $\boxed{W = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{Q^2}{2C}}$ $Q = CV$

1b.



並列で考える

4) $W_1 = \frac{Q_1^2}{2C_1} + \frac{Q_2^2}{2C_2} = \frac{1}{2}\left(\frac{Q_1^2}{C_1} + \frac{Q_2^2}{C_2}\right)$ $W = \frac{1}{2}(C_1+C_2)V^2$

5) $C = C_1 + C_2$ 合成容量

$V = \frac{Q_1 - Q_2}{C} = \frac{Q_1 - Q_2}{C_1 + C_2}$

$W_2 = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}\frac{(Q_1-Q_2)^2}{C_1+C_2}$ $\frac{Q_1^2C_2 + Q_2^2C_1}{C_1C_2}$

6) $W_2 - W_1 = \frac{1}{2}\left\{\frac{(Q_1-Q_2)^2}{C_1+C_2} - \left(\frac{Q_1^2}{C_1} + \frac{Q_2^2}{C_2}\right)\right\}$

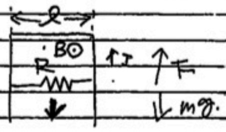
$= \frac{1}{2}\frac{C_1C_2(Q_1^2 - 2Q_1Q_2 + Q_2^2) - C_2(C_1+C_2)Q_1^2 - C_1(C_1+C_2)Q_2^2}{(C_1+C_2)C_1C_2}$

$= \frac{1}{2}\frac{-2C_1C_2Q_1Q_2 - C_2^2Q_1^2 - C_1^2Q_2^2}{(C_1+C_2)C_1C_2}$

$= -\frac{1}{2}\frac{(C_1Q_2 + C_2Q_1)^2}{(C_1+C_2)C_1C_2}$ 回路に電流が流れた熱になった ジュール熱

No.
Date.

2 上向き $F=IBl$ 　　下向き $F=mg$



$V=vBl$

$I=\dfrac{vBl}{R}$ より

終速度なので 上向きの加速度と下向きの加速度が等しくなる

$IBl=\dfrac{v(Bl)^2}{R}=mg$

$v=\dfrac{mgR}{(Bl)^2}$

No.
Date. 7.16 　　H11

電気磁気学

1

(a) $dQ=\rho(x)\,dx$

線密度[C/m] 電荷密度[C/m] 長さ[m]

(b) $\oint E\,ds=\dfrac{Q}{\varepsilon}$ より

$dE=\dfrac{dQ}{\varepsilon}=\dfrac{\rho(x)dx}{\varepsilon}$

(C) $dV=-\int_0^x dE$ 　微小区間におけるdVの電位

$=-\int_0^x\dfrac{\rho(x)dx}{\varepsilon}$

?

$=-\dfrac{\rho(x)}{\varepsilon}x$

(d) $C=\dfrac{Q}{V}$ より 微小区間 dQ

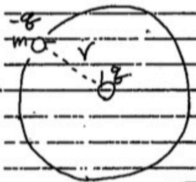
$\boxed{C=\dfrac{dQ}{dV}}=\dfrac{\rho(x)dx}{-\dfrac{\rho(x)}{\varepsilon}x}=\dfrac{\varepsilon dx}{x}$

(A)

(C) 微小区間における電位 dV

2

ベクトルなので大きさは



(a) クーロン力 $F_1=\dfrac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

遠心力 $F_2=\dfrac{mv^2}{r}$

$\dfrac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}=\dfrac{mv^2}{r}$

(b) $v=\sqrt{\dfrac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 rm}}$

1周するのにかかる時間 $\dfrac{2\pi r}{v}$ 秒 　$I=\dfrac{q}{\frac{2\pi r}{v}}$

$I=q\cdot\dfrac{v}{2\pi r}=q^2\dfrac{1}{4\pi r}\sqrt{\dfrac{1}{\pi\varepsilon_0 rm}}$

全電荷 　秒数

No.
Date.

?

(C) ~~$\dfrac{q^2}{2\pi rm}\dfrac{1}{4\pi}\sqrt{\dfrac{1}{\pi\varepsilon_0 rm}}$ ごとく~~

(d) ~~$\oint B\,dl=\mu I$~~ アンペアの法則 ✕

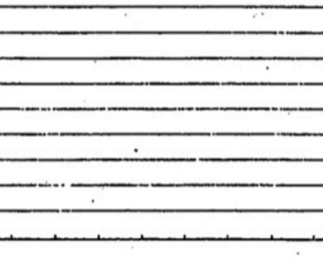
~~$B=\dfrac{I}{2\pi r}=\dfrac{\mu_0 q^2}{8\pi^2 r^2}\sqrt{\dfrac{1}{\pi\varepsilon_0 rm}}$~~

円周は ビオ・サバール

電流がループを描く

別解

半径rの円電流Iにより、中心軸上の一点に生じる磁界を考える。



また、dB_1はdsを一周させると和は0となるので、ここではdB_2のみを考える。

ビオサバールの法則より

$dB=\dfrac{\mu_0 I\sin\theta}{4\pi R^2}=\dfrac{\mu_0}{4\pi}\dfrac{I}{r^2+x^2}\sin\theta$

ここで $\sin\theta\fallingdotseq1$ と近似できるので

$dB=\dfrac{\mu_0}{4\pi}\dfrac{I}{r^2+x^2}$

$dB_2=dB\sin\phi=\dfrac{\mu_0}{4\pi}\dfrac{I}{r^2+x^2}\cdot\dfrac{r}{\sqrt{r^2+x^2}}=\dfrac{\mu_0 Ir}{4\pi(r^2+x^2)^{3/2}}$

$B=\int_0^{2\pi r}\dfrac{\mu_0 Ir}{4\pi(r^2+x^2)^{3/2}}ds=\dfrac{\mu_0 Ir^2}{2(r^2+x^2)^{3/2}}$

$x=0$とすると

$B|_{x=0}=\dfrac{\mu_0 I}{2r}=\dfrac{\mu_0 q^2}{8\pi r^2\sqrt{\pi\varepsilon_0 rm}}$

H10

No.
Date. 7.

電気磁気学

1

(1) $\nabla^2\phi=0$

$\left(\dfrac{\partial^2\phi}{\partial x^2}+\dfrac{\partial^2\phi}{\partial y^2}+\dfrac{\partial^2\phi}{\partial z^2}\right)=0$

(2) $E=xE_x+yE_y+zE_z$

<ラプラスを求めろ>

$\boxed{\nabla\times\nabla\times E=\nabla\nabla\cdot E-\nabla^2 E}$

$A\times(B\times C)=B(A\cdot C)-C(A\cdot B)$

静電界 $\nabla\times E=0$ $\leftarrow -\dfrac{\partial B}{\partial t}$

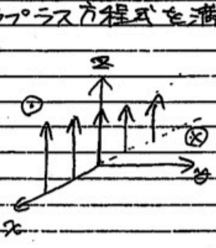
ガウスの定理 $\nabla\cdot E=\dfrac{\rho}{\varepsilon_0}$

$\nabla\nabla\cdot E=\nabla\dfrac{\rho}{\varepsilon_0}=0$

$\therefore\ \nabla^2 E=0$

よって静電界Eの各座標成分 E_x, E_y, E_z は ラプラス方程式を満たす。$\nabla^2E_x=\nabla^2E_y=\nabla^2E_z=0$

2



ベクトルポテンシャルをAとすると

$\nabla^2 A=-\mu_0 J$

$\nabla^2 V=-\dfrac{\rho}{\varepsilon_0}$ (ポアソンの方程式)

$A\longleftrightarrow V$

$\mu_0\longleftrightarrow\dfrac{1}{\varepsilon_0}$

$J\longleftrightarrow\rho$ 　と対比できる

面積密度ρの無限に広い平面板より yだけ離れた点の電位は

? $V=-\dfrac{\rho}{2\varepsilon_0}y$

$A=-\dfrac{\mu_0}{2}Jy=-z\dfrac{1}{2}\mu_0 J\cdot y$?