

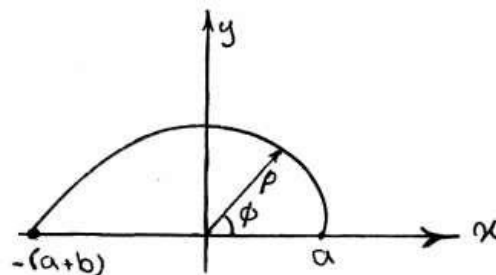
الکترومغناطیس

- ۱ - سیم‌هادی به طول ۲ متر روی محور z به طور متقارن در صفحه $x = 0$ دارای توزیع جریان I به صورت مثلثی و در امتداد محور z می‌باشد. جریان در $z = 0$ حداکثر و برابر با I_0 (بر حسب آمپر) و در $z = -1\text{m}$ و $z = 1\text{m}$ برابر با صفر است. کار انجام شده برای حرکت دادن این سیم به طور موازی در صفحه $x = 0$ به نقطه $y = 1\text{m}$ در میدان مغناطیسی $\left(\frac{wb}{m}\right) \hat{a}_x e^{-1/y}$ ، $\vec{B} = 10^{-4}$ ، کدام است؟

$$(1) -10^{-3} I_0 \frac{1-e}{e} \quad (2) -10^{-3} I_0 \frac{e-1}{e}$$

$$(3) 2 \times 10^{-3} I_0 \frac{1-e}{e} \quad (4) 2 \times 10^{-3} I_0 \frac{e-1}{e}$$

- ۲ - یک قطعه سیم به شکل مارپیچ ارشمیدس خم گردیده که معادله آن توسط $\rho = a + \frac{b}{\pi} \phi$ ($0 \leq \phi \leq \pi$) در دستگاه مختصات استوانه‌ای داده می‌شود. سیم در صفحه xy قرار دارد و مطابق شکل حامل جریان I می‌باشد. میدان مغناطیسی \vec{B} در مبدا مختصات، کدام است؟



$$(1) \frac{\mu_0 I}{4b} \left(1 + \frac{b}{a}\right) \hat{a}_z \quad (2) \frac{\mu_0 I}{\pi b} \left(1 + \frac{b}{a}\right) \hat{a}_z$$

$$(3) \frac{\mu_0 I}{4b} \ln\left(1 + \frac{b}{a}\right) \hat{a}_z \quad (4) \frac{\mu_0 I}{\pi b} \ln\left(1 + \frac{b}{a}\right) \hat{a}_z$$

۳ - باری با چگالی $\rho_s = \rho_0 (x^2 + y^2 + 1)^{\frac{3}{2}} \left(\frac{c}{m}\right)$ روی مربع واقع شده در

$-1m \leq x \leq 1m$ و $-1m \leq y \leq 1m$ و $z = -1m$ قرار گرفته است. شدت

میدان الکتریکی در مبدأ مختصات چند ولت بر متر است؟

$$\frac{\rho_0}{\pi \epsilon_0} \quad (۲)$$

$$\frac{\rho_0}{2\pi \epsilon_0} \quad (۱)$$

$$\frac{\rho_0}{\epsilon_0} \quad (۴)$$

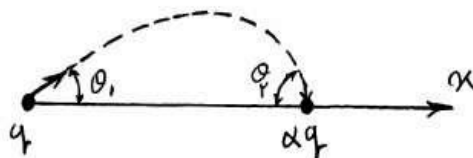
$$\frac{\rho_0}{2\epsilon_0} \quad (۳)$$

۴ - دو بار q و αq روی محور x قرار گرفته‌اند یک خط میدان در زیر رسم شده

است. اگر زاویه خط میدان وقتی که از بار q خارج می‌شود θ_1 باشد، زاویه

(θ_2) آن هنگامی که به بار q_2 فرود می‌آید با محور x ، کدام است؟ (α عددی

منفی است.)



$$\theta_2 = |\alpha| \theta_1 \quad (۱)$$

$$\theta_2 = \frac{1}{|\alpha|} \theta_1 \quad (۲)$$

$$\theta_1 = \cos^{-1} \left(1 - \frac{1 + \cos \theta_2}{|\alpha|} \right) \quad (۳)$$

$$\theta_2 = \cos^{-1} \left(1 - \frac{1 - \cos \theta_1}{|\alpha|} \right) \quad (۴)$$

۵ - چگالی سطحی بار روی یک دیسک هادی نازک به شعاع a که باردار شده به

صورت $\rho_s = \frac{a\epsilon_0}{\sqrt{a^2 - \rho^2}}$ می باشد. (ρ فاصله از مرکز دیسک است).

انرژی ذخیره شده در میدان الکتریکی اطراف دیسک چقدر است؟

$$\frac{\pi^2}{4} \epsilon_0 a^3 \quad (1)$$

$$\pi^2 \epsilon_0 a^3 \quad (3)$$

$$2\pi^2 \epsilon_0 a^3 \quad (4)$$

$$\frac{\pi^2}{2} \epsilon_0 a^3 \quad (2)$$

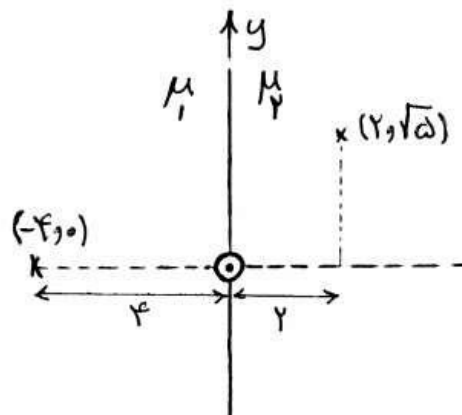
۶ - یک سیم بی نهایت طویل حامل جریان I ، مطابق شکل زیر، منطبق بر محور z و در

مرز دو محیط با ضرایب نفوذپذیری $\mu_1 = 2\mu_0$ و $\mu_2 = 3\mu_0$ قرار دارد. مرز دو

ناحیه بر صفحه $x = 0$ منطبق است. شدت میدان مغناطیسی (H_1) در

در $(x_1 = 2, y_1 = \sqrt{5})$ چند برابر شدت میدان مغناطیسی (H_2) در

در $(x_2 = -4, y_2 = 0)$ است؟



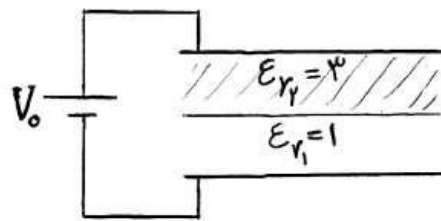
$$\frac{1}{9} \quad (1)$$

$$\frac{4}{3} \quad (2)$$

$$\frac{9}{8} \quad (3)$$

$$2 \quad (4)$$

- ۷ - فضای میان یک خازن صفحه موازی متصل به پتانسیل V_0 از هوا ($\epsilon_{r1} = 1$) پر شده است. اگر نیمی از خازن را مطابق شکل زیر از ماده عایقی با ضریب گذردهی $\epsilon_{r2} = 3$ پر کنیم میدان در ناحیه هوا چند برابر می شود؟



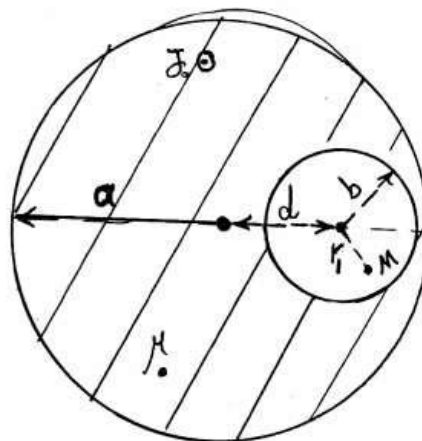
$$\frac{1}{2} \quad (1)$$

$$\frac{2}{3} \quad (2)$$

$$\frac{3}{2} \quad (3)$$

$$2 \quad (4)$$

- ۸ - درون یک هادی استوانه‌ای طویل به شعاع a و نفوذپذیری μ_0 ، حفره استوانه‌ای طویلی، موازی محور استوانه هادی و به شعاع b ($b \ll a$) ایجاد کرد. فاصله محور دو استوانه را d می‌نامیم. چنانچه جریان یکنواختی با چگالی $J_0 \left(\frac{A}{m^2} \right)$ در هادی برقرار کنیم، اندازه چگالی شار مغناطیسی $|\vec{B}|$ در نقطه فرضی M ، به فاصله r_1 از محور حفره استوانه‌ای ($r_1 < b$)، کدام است؟



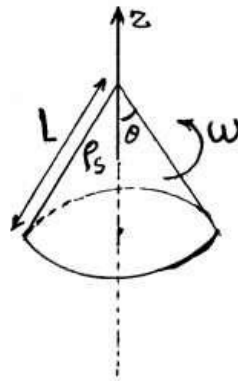
$$\frac{\mu_0 J_0 d}{2} \quad (1)$$

$$\frac{\mu_0 J_0 r_1}{2} \quad (2)$$

$$\frac{\mu_0 J_0 d}{2\pi a} \quad (3)$$

$$\frac{\mu_0 J_0 r_1}{2\pi b} \quad (4)$$

- ۹ - یک پوسته نازک مخروطی شکل با زاویه رأس 2θ و طول یال L حامل بار سطحی یکنواخت با چگالی ρ_s است. مخروط حول محور تقارن خود با سرعت زاویه‌ای ω [rad/s] می‌چرخد. چگالی شار مغناطیسی \vec{B} در رأس مخروط کدام است؟



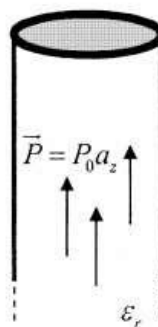
$$\frac{1}{2} \mu_0 \rho_s \omega L \sin^3 \theta \hat{a}_z \quad (1)$$

$$\frac{1}{2} \mu_0 \rho_s \omega L \sin^2 \theta \cos \theta \hat{a}_z \quad (2)$$

$$\frac{1}{2} \mu_0 \rho_s \omega L \sin^3 \theta (1 - \cos \theta) \hat{a}_z \quad (3)$$

(۴) نامحدود است.

- ۱۰ - اگر میدان الکتریکی خارجی سبب قطبی شدگی استوانه نیمه بی‌نهایت دی الکتریک با ثابت دی الکتریک ϵ_r به صورت $\vec{p} = p_0 \hat{a}_z$ مطابق شکل زیر شود. پتانسیل در لبه قاعده بالایی (محیط دایره) کدام است؟



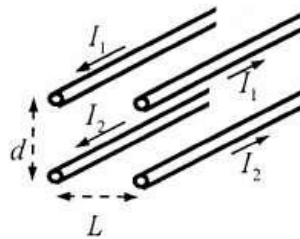
$$-\frac{p_0 a}{2\epsilon_0} \quad (1)$$

$$\frac{p_0 a}{\pi \epsilon_0} \quad (2)$$

$$\frac{p_0}{a \pi \epsilon_0} \quad (3)$$

$$\frac{p_0 a}{2\epsilon_0} \quad (4)$$

- ۱۱- در شکل زیر ضریب القاء متقابل در واحد طول، بین ۲ زوج سیم (سیم‌های بالایی زوج اول و سیم‌های پایینی زوج دوم) کدام است؟ (سیم‌های بالایی دقیقاً بالای سیم‌های پایینی و به فاصله d از آن‌ها قرار دارند).



$$L = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln\left(1 - \frac{d^2}{L^2}\right) \quad (۱)$$

$$L = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln\left(1 - \frac{L^2}{d^2}\right) \quad (۲)$$

$$L = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln\left(1 + \frac{d^2}{L^2}\right) \quad (۳)$$

$$L = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln\left(1 + \frac{L^2}{d^2}\right) \quad (۴)$$

- ۱۲- اگر روی صفحه $x = 0$ بار سطحی با چگالی $\rho_s = \rho_0 \cos \alpha_1 y \cos \alpha_2 z$

توزیع شده باشد پتانسیل الکتریکی (V_1) در $x > 0$ ، کدام است؟

$$\frac{\rho_0}{2\epsilon_0(\alpha_1^2 + \alpha_2^2)} e^{-(\alpha_1^2 + \alpha_2^2)x} \cos \alpha_1 y \cos \alpha_2 z \quad (۱)$$

$$\frac{2\rho_0}{\epsilon_0(\alpha_1^2 + \alpha_2^2)} e^{-(\alpha_1^2 + \alpha_2^2)x} \cos \alpha_1 y \cos \alpha_2 z \quad (۲)$$

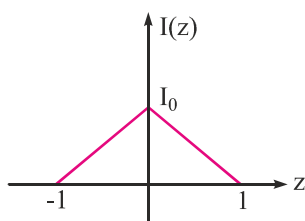
$$\frac{\rho_0(\alpha_1^2 + \alpha_2^2)}{4\epsilon_0} e^{-(\alpha_1^2 + \alpha_2^2)x} \cos \alpha_1 y \cos \alpha_2 z \quad (۳)$$

$$\frac{2\rho_0(\alpha_1^2 + \alpha_2^2)}{\epsilon_0} e^{-(\alpha_1^2 + \alpha_2^2)x} \cos \alpha_1 y \cos \alpha_2 z \quad (۴)$$

پاسخ تشریحی

۱. گزینه ۲ درست است.

برای یک y معین:



$$\begin{aligned}\bar{\mathbf{F}}_m &= \int d\bar{\mathbf{l}} \times \bar{\mathbf{B}} \\ &= \int_{-1}^1 I(z) dz \hat{\mathbf{z}} \times 10^{-4} e^{-0.1y} \hat{\mathbf{x}} \\ &= \hat{\mathbf{y}} 10^{-4} e^{-0.1y} \underbrace{\int_{-1}^1 I(z) dz}_{I_0}\end{aligned}$$

$$\Rightarrow \bar{\mathbf{F}}_m = \hat{\mathbf{y}} 10^{-4} e^{-0.1y} I_0$$

$$\Rightarrow W = \int \bar{\mathbf{F}}_m \cdot d\bar{\ell} = \int_0^{10} 10^{-4} e^{-0.1y} I_0 dy = 10^{-3} I_0 (1 - e^{-1}) = 10^{-3} I_0 \left(\frac{e-1}{e} \right)$$

چون سیستم به وضعیتی با انرژی کم‌تر رفته است، طبق قرارداد باید علامت کار آن منفی باشد:

$$W = -10^{-3} I_0 \frac{e-1}{e}$$

۲. گزینه ۳ درست است.

$$\begin{aligned}\bar{\mathbf{B}} &= \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{d\bar{\mathbf{l}} \times \bar{\mathbf{l}}}{\bar{l}^3} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{d\bar{\ell}' \times (-\mathbf{r}' \hat{\mathbf{r}}')}{r'^3} \\ &= \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{(r' d\phi' \hat{\phi}' + dr' \hat{\mathbf{r}}') \times (-\hat{\mathbf{r}}')}{r'^2} \\ &= \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int_0^\pi d\phi' \frac{1}{r'} \hat{\mathbf{z}} = \hat{\mathbf{z}} \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int_0^\pi \frac{d\phi'}{a + \frac{b}{\pi} \phi'}\end{aligned}$$

$$= \hat{z} \frac{\mu_0 I}{4b} \text{Ln} \left(a + \frac{b}{\pi} \varphi' \right) \Big|_0^\pi = \hat{z} \frac{\mu_0 I}{4b} \text{Ln} \frac{a+b}{a}$$

۳. گزینه ۲ درست است.

$$\begin{aligned} \bar{E} &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{\rho_s \bar{\Pi} ds'}{\Pi^3} \\ &= \frac{\rho_0}{4\pi\epsilon_0} \int_{-1}^1 \int \frac{\left(x'^2 + y'^2 + 1 \right)^{\frac{3}{2}} \left(\bar{0} - x' \hat{x} - y' \hat{y} + 1 \hat{z} \right) dx' dy'}{\left(x'^2 + y'^2 + 1 \right)^{\frac{3}{2}}} \\ &= \frac{\rho_0}{4\pi\epsilon_0} \left\{ \underbrace{\int_{-1}^1 \int x' dx' dy'}_{\substack{\text{تابع فرد} \leftarrow \text{انتگرال صفر}}} \hat{x} - \underbrace{\int_{-1}^1 \int y' dx' dy'}_{\substack{\text{تابع فرد} \leftarrow \text{انتگرال صفر}}} \hat{y} + \int_{-1}^1 \int dx' dy' \right\} \\ \Rightarrow \bar{E} &= \hat{z} \frac{\rho_0}{4\pi\epsilon_0} \int_{-1}^1 \int dx' dy' = \hat{z} \frac{\rho_0}{\pi\epsilon_0} \end{aligned}$$

۴. گزینه ۴ درست است.

شار در نزدیکی هر بار، فقط به میدان همان بار مربوط است؛ از طرفی شار موجود در یک tube نیرو ثابت است:

$$\begin{aligned} \frac{q}{2} (1 - \cos \theta_1) &= \frac{\alpha q}{2} (1 - \cos \theta_2) \\ \Rightarrow 1 - \cos \theta_2 &= \frac{1}{\alpha} (1 - \cos \theta_1) \\ \Rightarrow \theta_2 &= \cos^{-1} \left(1 - \frac{1}{\alpha} (1 - \cos \theta_1) \right) \end{aligned}$$

۵. گزینه ۱ درست است.

$$\begin{aligned} W_e &= \frac{1}{2} \int \rho_s V ds \xrightarrow{\text{جسم هادی}} W_e = \frac{1}{2} V \int \rho_s ds \\ \Rightarrow W_e &= \frac{1}{2} Q_s V \\ Q_s &= \int \rho_s ds = \int_0^{2\pi} \int_0^a \frac{a\epsilon_0}{\sqrt{a^2 - r^2}} r dr d\varphi = 2\pi a\epsilon_0 \int_0^a \frac{r dr}{\sqrt{a^2 - r^2}} \\ &= 2\pi a\epsilon_0 \sqrt{a^2 - r^2} \Big|_a^0 = 2\pi a^2 \epsilon_0 \end{aligned}$$

محاسبه V برای یک نقطه دلخواه روی دیسک مشکل است اما برای مرکز:

$$V_{\text{مرکز}} = \int \frac{\rho_s ds}{4\pi\epsilon_0 \Pi} = \int_0^{2\pi} \int_0^a \frac{\frac{a\epsilon_0}{\sqrt{r'^2 - a^2}} r' dr' d\varphi'}{4\pi\epsilon_0 r'} = \frac{a}{2} \int_0^a \frac{dr'}{\sqrt{r'^2 - a^2}}$$

$$= \frac{a}{2} \sin^{-1} \left(\frac{r'}{a} \right) \Big|_0^a = \frac{a}{2} \sin^{-1} 1 = \frac{a}{2} \frac{\pi}{2} = \frac{a\pi}{4}$$

$$\Rightarrow W_e = \frac{1}{2} Q_s V = \frac{1}{2} Q_s V_{\text{مرکز}}$$

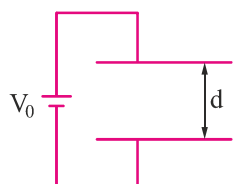
$$= \frac{1}{2} 2\pi a^2 \epsilon_0 \frac{\pi a}{4} = \frac{\pi^2 a^3 \epsilon_0}{4}$$

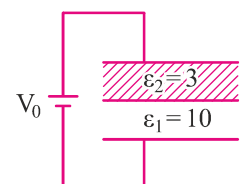
۶. گزینه ۱ درست است.

برای یک جریان قرار گرفته روی مرز بین دو محیط همگن، تنها جریان مقیدی که ایجاد می‌شود یک خط جریان منطبق بر خود جریان اصلی است؛ یعنی معادل فضای آزاد مسئله به صورت زیر است:

$$\begin{aligned} \mu_0 \odot \Rightarrow \vec{B} &= \frac{\mu_0 (I + I')}{2\pi r} \varphi' \\ I + I' \\ \Rightarrow |\vec{B}_1| &= \frac{\mu_0 (I_1 + I')}{2\pi\sqrt{4+5}} = \frac{\mu_0 (I + I')}{6\pi}, \quad |\vec{B}_2| = \frac{\mu_0 (I_1 + I')}{2\pi(4)} = \frac{\mu_0 (I + I')}{8\pi} \\ \Rightarrow \left\{ \begin{aligned} |\vec{H}_1| &= \frac{|\vec{B}_1|}{\mu_2} = \frac{\mu_0 (I + I')}{6\pi \times 3\mu_0} = \frac{I + I'}{18\pi} \\ |\vec{H}_2| &= \frac{|\vec{B}_2|}{\mu_1} = \frac{\mu_0 (I + I')}{8\pi \times 2\mu_0} = \frac{I + I'}{16\pi} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{|\vec{H}_1|}{|\vec{H}_2|} = \frac{8}{9} \end{aligned}$$

۷. گزینه ۳ درست است.



$$E = \frac{V_0}{d} \quad (I)$$


$$\begin{cases} E_2 \frac{d}{2} + E_1 \frac{d}{2} = V_0 \\ \epsilon_2 E_2 = \epsilon_1 E_1 \Rightarrow 3E_2 = E_1 \end{cases} \Rightarrow E_1 = \frac{3}{2} \frac{V_0}{d} \quad (II)$$

$$(I), (II) \Rightarrow \frac{E_1}{E} = \frac{3}{2}$$

۸. گزینه ۱ درست است.

درون یک استوانه با توزیع جریان یکنواخت J_0 :

$$B 2\pi r = \mu_0 J_0 \pi r^2 \Rightarrow \vec{B} = \frac{\mu_0 J_0 r}{2} \hat{\phi}$$

با استفاده از جمع آثار در مسئله، مثل این است که دو استوانه با جریان‌های J_0 و $-J_0$ داریم:

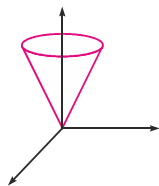
$$\begin{aligned} \vec{B} &= \vec{B}_1 + \vec{B}_2 \\ &= \frac{\mu_0 J_0}{2} (r_1 \hat{\phi}_1 - r_2 \hat{\phi}_2) \\ &= \frac{\mu_0 J_0}{2} \hat{z} \times (r_1 \hat{r}_1 - r_2 \hat{r}_2) = \frac{\mu_0 J_0}{2} \hat{z} \times (\vec{r}_1 - \vec{r}_2) \end{aligned}$$

$$= \frac{\mu_0 J_0}{2} \hat{z} \times \hat{d} d \Rightarrow |\vec{B}| = \frac{\mu_0 J_0 d}{2}$$

۹. گزینه ۱ درست است.

اگر جهت محور z را عوض کنیم:

$$\begin{aligned} \vec{k} &= \rho_s \vec{v} = \rho_s \vec{\omega} \times \vec{r} \\ &= \rho_s (-\omega \hat{z}) \times (R' \sin \theta_0 \hat{r}') \\ &= -\rho_s \omega R' \sin \theta_0 \hat{\phi}' \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \vec{B} &= \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{\vec{k} ds' \times \vec{\Pi}}{\Pi^3} \\ &= \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{(-\rho_s \omega R' \sin \theta_0 \hat{\phi}' dR' R' \sin \theta_0 d\phi') \times (\vec{0} - R' \hat{R}')}{R'^3} \\ &= \frac{+\mu_0 \rho_s \omega \sin^2 \theta_0}{4\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^L (\hat{\phi}' \times \hat{R}') dR' d\phi' \\ &= \frac{\mu_0 \rho_s \omega \sin^2 \theta_0}{4\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^L \hat{\theta}' dR' d\phi' \\ &= \frac{\mu_0 \rho_s \omega \sin^2 \theta_0}{4\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^L [-\sin \theta_0 \hat{z} + \cos \theta_0 (\cos \phi' \hat{x} + \sin \phi' \hat{y})] \end{aligned}$$

انتگرال روی ϕ' برای \hat{x} و \hat{y} صفر می‌شود:

$$\begin{aligned} \vec{B} &= \frac{-\mu_0 \rho_s \omega \sin^3 \theta_0}{4\pi} \hat{z} \int_0^{2\pi} \int_0^L dR' d\phi' \\ &= -\hat{z} \frac{\mu_0 \rho_s \omega L \sin^3 \theta_0}{2} \end{aligned}$$

با چرخاندن دستگاه مختصات به حالت اولیه:

$$\vec{B} = \hat{z} \frac{1}{2} \mu_0 \rho_s \omega L \sin^3 \theta_0$$

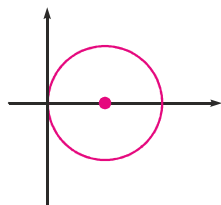
۱۰. گزینه ۲ درست است.

$$\rho_{bv} = -\nabla \cdot \vec{P} = 0$$

$$\rho_{bs} \Big|_{r=a} = P_0, \hat{z} \cdot \hat{r} = 0$$

$$\rho_{bs} \Big|_{z=0} = P_0 \hat{z} \cdot \hat{z} = P_0$$

بنابراین یک دیسک با چگالی بار یکنواخت P_0 داریم و پتانسیل را روی یک نقطه از محیط آن نیاز داریم:



$$\begin{aligned} V &= \iint \frac{P_0 r' dr' d\phi'}{4\pi \epsilon_0 r'} \\ &= \frac{P_0}{4\pi \epsilon_0} \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \int_0^{R_\phi} dr' d\phi' \end{aligned}$$

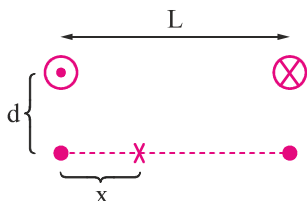
$$R_{\varphi} = 2a \cos \varphi'$$

$$\Rightarrow V = \frac{P_0}{4\pi\epsilon_0} \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} 2a \cos \varphi' d\varphi'$$

$$= \frac{aP_0}{2\pi\epsilon_0} 2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos \varphi' d\varphi' = \frac{aP_0}{\pi\epsilon_0}$$

۱۱. گزینه ۴ درست است.

اگر شار یکی از جریان‌ها را حساب کنیم کافی است؛
چرا که شار هر دو یکسان است.



$$\varphi = \int \vec{B} \cdot d\vec{s} = \int B_n ds$$

$$\Rightarrow \vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi\sqrt{x^2 + d^2}} \hat{\phi}_1 \Rightarrow B_n = \frac{\mu_0 I x}{2\pi(x^2 + d^2)}$$

$$\Rightarrow \int_0^L \frac{\mu_0 I x}{2\pi(x^2 + d^2)} dx = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \ln(x^2 + d^2) \Big|_0^L$$

$$= \frac{\mu_0 I}{4\pi} \ln\left(\frac{L^2 + d^2}{d^2}\right)$$

$$\Rightarrow \varphi_t = 2\varphi = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \ln\left(\frac{L^2}{d^2} + 1\right)$$

$$\Rightarrow M = \frac{\varphi_t}{I} = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln\left(1 + \frac{L^2}{d^2}\right)$$

۱۲. گزینه ۱ درست است.

فرم پتانسیل برای ناحیه بالا و پایین به صورت زیر است:

$$\left. \begin{aligned} V_{up} &= Ae^{-\sqrt{\alpha_1^2 + \alpha_2^2} x} \cos \alpha_1 y \cos \alpha_2 z \\ V_{down} &= Ae^{\sqrt{\alpha_1^2 + \alpha_2^2} x} \cos \alpha_1 y \cos \alpha_2 z \end{aligned} \right\} \Rightarrow D_{1n} - D_{2n} = \rho_s$$

$$\Rightarrow \epsilon_0 \left(\frac{\partial V_{down}}{\partial x} - \frac{\partial V_{up}}{\partial x} \right)_{x=0} = \rho_s \Rightarrow \left(\frac{\partial V_{down}}{\partial x} - \frac{\partial V_{up}}{\partial x} \right)_{x=0} = \frac{\rho_s}{\epsilon_0}$$

$$2A\sqrt{\alpha_1^2 + \alpha_2^2} \cos \alpha_1 y \cos \alpha_2 z = \frac{\rho_0}{\epsilon_0} \cos \alpha_1 y \cos \alpha_2 z$$

$$\Rightarrow A = \frac{\rho_0}{2\epsilon_0 \sqrt{\alpha_1^2 + \alpha_2^2}}$$

$$\Rightarrow V_{\text{up}} = \frac{\rho_0}{2\varepsilon_0 \sqrt{\alpha_1^2 + \alpha_2^2}} e^{-\sqrt{\alpha_1^2 + \alpha_2^2} x} \cos \alpha_1 y \cos \alpha_2 z$$

توضیح در گزینه‌ها اشتباهاً $\sqrt{\quad}$ جا افتاده است.