۲۴. دو خط بینهایت بار موازی یکدیگر بوده و دارای چگالیهای توزیع مساوی و ناهمنام هستند (یعنی $\rho_{L_1} = \rho_{L_0}$ و $\rho_{L_2} = -\rho_{L_0}$). نشان دهید که سطوح هم‌پتانسیل به‌صورت سطوح استوانه‌ای شکل موازی با خطوط بار می‌باشند.

۲۵. تحقیق کنید کدام‌یک از میدانهای زیر شرایط یک میدان الکتریکی ساکن را دارا می‌باشد :

الف) در دستگاه مختصات مستطیلی : $\mathbf{A} = \frac{1}{y}\hat{a}_x - \frac{x}{y^2}\hat{a}_y$

ب) در دستگاه مختصات استوانه‌ای : $\mathbf{B} = \frac{1}{r}\hat{a}_\varphi$

ج) در دستگاه مختصات استوانه‌ای : $\mathbf{C} = \frac{1}{r^2}(\cos\varphi\,\hat{a}_r + \sin\varphi\,\hat{a}_\varphi)$

د) در دستگاه مختصات کروی : $\mathbf{D} = \left(3 + \frac{2}{r^3}\right)\cos\theta\,\hat{a}_r - \left(3 - \frac{1}{r^3}\right)\sin\theta\,\hat{a}_\theta$

۲۶. توزیع بار الکتریکی (ρ_V) راکه منجر به تولید هر یک از پتانسیلهای الکتریکی زیر گردیده است به دست آورید :

الف) در دستگاه مختصات مستطیلی : $V = V_0\, e^{-y} \sin y \sinh x$

ب) در دستگاه مختصات کروی : $V = V_0 \frac{\sin\theta\cos\varphi}{r^2}$

۲-۱۰ مسائل

۱. دو بار نقطه‌ای $Q_1 = 2\mu C$ و $Q_2 = 5\mu C$ به ترتیب در نقاط $A(1,6,-4)$ و $B(4,3,0)$ قرار دارند. فضای اطراف بارها خلأ بوده و مختصات نقاط A و B بر حسب متر بیان شده‌اند. شدت میدان الکتریکی را در نقطه $M(3,5,-2)$ به دست آورید.

۲. بار نقطه‌ای $Q_1 = q$ در نقطه $A(-1,2,3)$ و دو بار نقطه‌ای Q_2 و Q_3 به ترتیب در نقاط $B(3,7,-2)$ و $C(2,3,-1)$ قرار دارند. فضای اطراف بارها خلأ می‌باشد. بارهای Q_2 و Q_3 را بر حسب q به گونه‌ای که میدان الکتریکی ناشی از این سه بار در نقطه $M(1,1,1)$ فقط دارای مؤلفه x باشد به دست آورید.

۳. مسئله ۲ را برای حالتی که میدان ناشی از سه بار نقطه‌ای در نقطه M فقط دارای مؤلفه $\hat{a}_\varphi$ باشد تکرار نمایید.

۴. N بار نقطه‌ای در رأسهای یک N ضلعی منظم که شعاع دایره محیطی آن برابر R می‌باشد قرار گرفته‌اند. همه بارها اندازه یکسان q داشته و فضای اطراف آنها خلأ می‌باشد.

الف) میدان الکتریکی را در نقطه‌ای دلخواه روی محور N ضلعی که بر محور z منطبق فرض می‌شود به دست آورید.

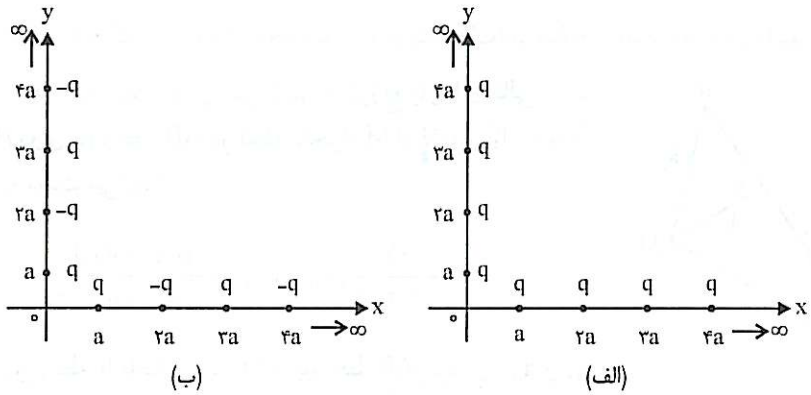
ب) نشان دهید که اگر N به سمت بینهایت میل کند و همزمان مقدار کل بار N ضلعی ثابت بماند (این مقدار ثابت را به‌صورت $Nq = 2\pi R\rho_L$ در نظر بگیرید)، میدان به دست آمده در بند (الف) به میدان یک حلقه بار به شعاع R و چگالی خطی ρ_L که در رابطه ۲-۲۸ داده شده است ساده می‌شود.

۵. دو بار نقطه‌ای همنام Q_1 و Q_2 به ترتیب در نقاط $A(x_1,y_1,z_1)$ و $B(x_2,y_2,z_2)$ در فضای آزاد قرار دارند. اندازه و مکان بار نقطه‌ای Q_3 را به گونه‌ای که نیروی وارد بر هر یک از سه بار نقطه‌ای توسط دو بار دیگر برابر صفر باشد، تعیین کنید.

۶. شدت میدان الکتریکی را در مبدأ مختصات ناشی از بینهایت بار نقطه‌ای که به شرح زیر در فضای آزاد توزیع شده‌اند محاسبه کنید:

الف) همه بارها اندازه یکسان q داشته و روی محورهای x و y مطابق شکل ۲-۳۳-الف توزیع شده‌اند. فاصله بار nام روی هر یک از محورها از مبدأ مختصات برابر na می‌باشد.

ب) بارهای نقطه‌ای متناوباً اندازه‌های q و q- داشته و توزیع آنها روی محورهای x و y همانگونه که در شکل ۲-۳۳-ب نشان داده شده است، همانند بند (الف) می‌باشد.



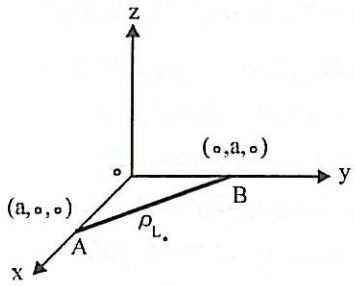
شکل ۲-۳۳

۷. بار الکتریکی با چگالی یکنواخت ρ_{L_0} روی پاره خط AB واقع در صفحه xy مطابق شکل ۲-۳۴ توزیع شده است.

الف) شدت میدان الکتریکی را در نقطه دلخواه $M(0,0,z)$ روی محور z محاسبه کنید.

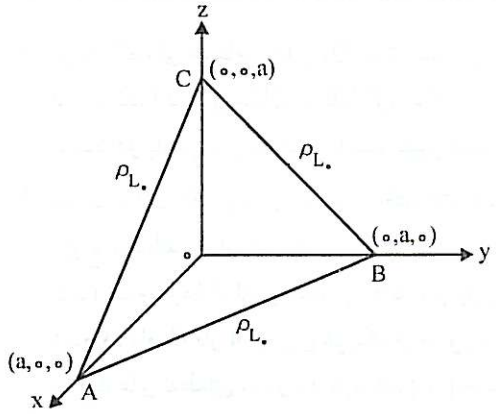
ب) نشان دهید که بردار میدان محاسبه شده در بند (الف) بر پاره خط AB عمود می‌باشد.

ج) میدان را در مبدأ مختصات محاسبه کرده و نشان دهید که نتیجه به دست آمده با رابطه ۲-۲۵ تطبیق می‌کند.



شکل ۲-۳۴

۸. بار الکتریکی به طور یکنواخت با چگالی ρ_{L_0} روی اضلاع مثلث ABC که در شکل ۲-۳۵ نشان داده شده توزیع گردیده است. فضای حاوی بار الکتریکی خلأ می‌باشد.



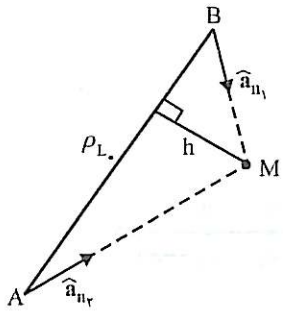
شکل ۲-۳۵

الف) میدان الکتریکی را در مبدأ مختصات محاسبه کنید.

راهنمایی: از نتیجه بند (ج) در مسئله ۷ استفاده کرده و تبدیلهای $x \to y$، $y \to z$ و $z \to x$ را به کار گیرد.

ب) نشان دهید که بردار میدان محاسبه شده در بند (الف) بر صفحه مثلث عمود می‌باشد.

۹. نشان دهید که میدان الکتریکی ناشی از توزیع بار با چگالی ثابت ρ_{L_0} روی پاره خط AB در نقطه دلخواه M از فضای آزاد از رابطه زیر به دست می‌آید:



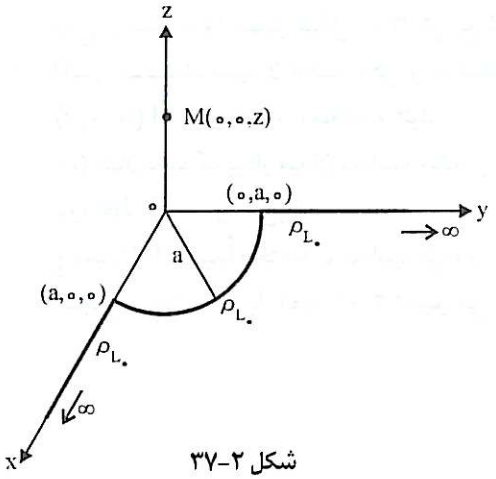
شکل ۲-۳۶

$$E = -\frac{\rho_{L_0}}{4\pi\varepsilon_0 h}(\hat{a}_{n_1} - \hat{a}_{n_2}) \times \frac{(\hat{a}_{n_1} \times \hat{a}_{n_2})}{|\hat{a}_{n_1} \times \hat{a}_{n_2}|}$$

در این رابطه h فاصله نقطه M از پاره‌خط AB بوده و $\hat{a}_{n_1}$ و $\hat{a}_{n_2}$ بردارهای واحدی به ترتیب در امتداد BM و AM مطابق شکل ۲-۳۶ می‌باشند.

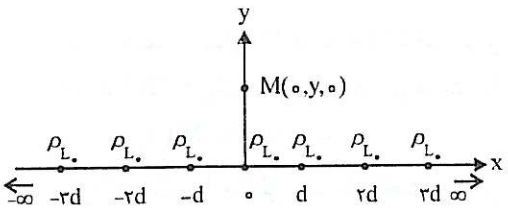
راهنمایی: از نتیجه مثال ۲-۱ و رابطه ۲-۲۳ استفاده کنید.

۱۰. بار الکتریکی با چگالی یکنواخت ρ_{L_0} روی دو نیم‌خط در امتداد محورهای x و y و یک ربع‌دایره به شعاع a، مرکز مبدأ مختصات و واقع روی صفحه xy مطابق شکل ۲-۳۷ توزیع شده است. شدت میدان الکتریکی را در یک نقطه روی محور z محاسبه کنید.



شکل ۲-۳۷

۱۱. تعداد بینهایت خط بار موازی و چگالی توزیع یکسان ρ_{L_0} مطابق شکل ۲-۳۸ در نظر بگیرید. خطوط بار موازی محور z و روی صفحه y=۰ قرار گرفته و فاصله خط بار nام از محور z در هر طرف صفحه x=۰ برابر nd می‌باشد.

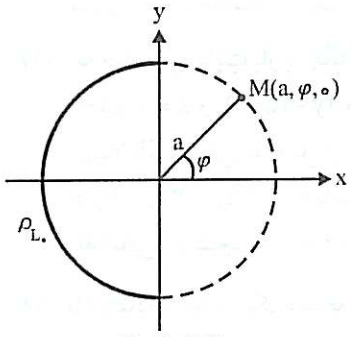


شکل ۲-۳۸

الف) میدان الکتریکی ناشی از این توزیع بار را در یک نقطه دلخواه روی محور y (مثل نقطه M) به دست آورید.

ب) نشان دهید که اگر d و ρ_{L_0} بسیار کوچک شده به طوری که نسبت ρ_{L_0}/d همواره ثابت بماند (این مقدار ثابت را ρ_{S_0} فرض کنید)، میدان مزبور به سمت میدان الکتریکی یک صفحه بینهایت بار با چگالی توزیع یکنواخت میل خواهد نمود.

۱۲. بار الکتریکی با چگالی ثابت ρ_{L_0} روی نیم‌دایره‌ای به شعاع a و مرکز مبدأ مختصات مطابق شکل ۲-۳۹ توزیع شده است. میدان الکتریکی را در یک نقطه دلخواه (M) روی نیم‌دایره مکمل که به‌صورت خط‌چین نشان داده شده است، محاسبه کنید. نیم‌دایره بار و نیم‌دایره خط‌چین، تشکیل یک دایره کامل روی صفحه xy به مرکز مبدأ مختصات و شعاع a می‌دهند.



شکل ۲-۳۹

۱۳. بار الکتریکی با چگالی غیر یکنواخت $\rho_L = \rho_{L_0}\cos^m(n\varphi)$ روی دایره‌ای به شعاع a، به مرکز مبدأ مختصات و واقع روی صفحه xy توزیع شده است. m و n در تابع چگالی توزیع بار اعدادی صحیح می‌باشند (m,n= ۰,۱,۲,۳,...). میدان الکتریکی را در نقطه دلخواه M(۰,۰,z) روی محور z در نظر بگیرید.

الف) نشان دهید که میدان الکتریکی در نقطه M فاقد مؤلفه y می‌باشد. این نتیجه را ناشی از چه خاصیت تابع توزیع بار می‌دانید؟

ب) به ازای چه مقادیری از m و n میدان الکتریکی در نقطه M فقط (i) دارای مؤلفه x، (ii) دارای مؤلفه z، یا (iii) برابر صفر می‌باشد؟

۱۴. یک صفحه بار بینهایت با چگالی توزیع ثابت ρ_{S_0} منطبق بر سطح ax+by+cz=d در نظر بگیرید. نشان دهید که شدت میدان الکتریکی ناشی از این صفحه بار در نقطه دلخواه $M(x_0,y_0,z_0)$ از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$E=\frac{\rho_{S_0}}{2\varepsilon_0}\,\frac{ax_0+by_0+cz_0-d}{|ax_0+by_0+cz_0-d|}\,\frac{a\,\hat{a}_x+b\,\hat{a}_y+c\,\hat{a}_z}{\sqrt{a^2+b^2+c^2}}$$

توجه کنید که اندازه $\mathbf{E}$ در کلیه نقاط فضا برابر است با $|\mathbf{E}| = \rho_{S_0}/2\varepsilon_0$. به عنوان مثال، شدت میدان الکتریکی یک صفحه بینهایت بار منطبق بر سطح $6x-3y-2z=1$ را در نقطه $M(1,2,-1)$ محاسبه کنید.

۱۵. بار الکتریکی با چگالی غیریکنواخت سطحی $\rho_S = \rho_{S_0} r\cos\varphi$ روی یک دیسک که با روابط $r \le a$ و $z=0$ در دستگاه مختصات استوانه‌ای بیان می‌شود توزیع شده است. شدت میدان الکتریکی را در نقطه $M(0,0,z)$ روی محور دیسک به دست آورید.

۱۶. بار الکتریکی با چگالی $\rho_S = \rho_{S_0} \cos\theta \sin\varphi$ روی بخشی از سطح یک کره به شعاع a که با روابط $r=a$، $0 \le \theta \le \theta_0$ و $0 \le \varphi \le \varphi_0$ در دستگاه مختصات کروی بیان می‌شود توزیع شده است. شدت میدان الکتریکی را در مبدأ مختصات محاسبه کنید. نتیجه به دست آمده را برای (i) سطح کروی در $\frac{1}{8}$ اول فضا $(x>0, y>0, z>0)$، (ii) یک نیم‌کره بالای صفحه $z=0$ و (iii) یک سطح کروی کامل محاسبه نمایید.

۱۷. سه صفحه بینهایت بار با چگالیهای توزیع یکنواخت ρ_{S_1}، ρ_{S_2} و ρ_{S_3} به ترتیب منطبق بر صفحات $x=0$، $z=0$ و $4y-3z=2$ مفروضند. مقادیر ρ_{S_1}، ρ_{S_2} و ρ_{S_3} را به گونه‌ای محاسبه کنید که میدان الکتریکی حاصل از این سه صفحه بینهایت بار، در نقطه $M(2,1,5)$ برابر با $\hat{a}_x + 2\hat{a}_y + 3\hat{a}_z \ \ V/m$ باشد.

راهنمایی: از نتیجه مسئله ۱۴ استفاده کنید.

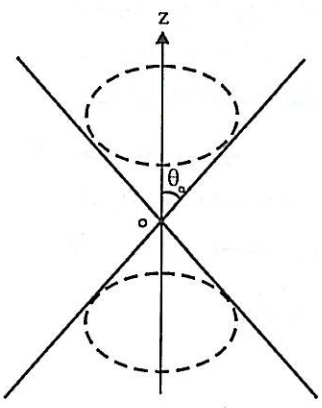
۱۸. با استفاده از میدان یک صفحه بینهایت بار با چگالی توزیع ثابت و اصل جمع آثار، میدان‌الکتریکی ناشی از توزیعهای زیر را در یک نقطه دلخواه از فضا به دست آورید.

الف)
$$\rho_V = \begin{cases} \rho_0 \sin\left(\frac{\pi}{2d}|z|\right) & |z|<d \\ 0 & \text{جاهای دیگر} \end{cases}$$

ب)
$$\rho_V = \begin{cases} \rho_0 e^{-z/d_0} & z>0 \\ 0 & \text{جاهای دیگر} \end{cases}$$

ج)
$$\rho_V = \rho_0 e^{-|z|/d_0}$$

پارامترهای d و d_0 مقادیر ثابت و مثبت می‌باشند.



شکل ۲-۴۰

۱۹. بار الکتریکی به طور یکنواخت با چگالی ρ_{S_0} روی دو بخش یک سطح مخروطی بینهایت، که با معادلات $\theta=\theta_0$ و $\theta=\pi-\theta_0$ مطابق شکل ۲-۴۰ بیان می‌شوند، توزیع شده است.
الف) نشان دهید که میدان الکتریکی در نقطه‌ای دلخواه روی محور z همواره مقدار ثابت دارد که از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\mathbf{E} = \frac{z}{|z|}\frac{\rho_{S_0}\sin\theta_0}{\varepsilon_0}\left[1+\cos\theta_0 \ln\left(\tan\frac{\theta_0}{2}\right)\right]\hat{a}_z$$

ب) نتیجه مزبور را به ازای $\theta_0 = \frac{\pi}{2}$ محاسبه نموده و آن را با میدان یک صفحه بینهایت بار با چگالی توزیع ρ_{S_0} مقایسه کنید.

۲۰. بار الکتریکی به طور یکنواخت با چگالی $\rho_V = \rho_0$ در ناحیه‌ای از فضا که با روابط $0 \le x \le a$ و $0 \le y \le b$ مشخص شده، توزیع گردیده است. میدان الکتریکی را در یک نقطه دلخواه روی محور z به دست آورید. نتیجه را برای وقتی که a=b باشد، خلاصه نمایید.

۲۱. بار الکتریکی به طور یکنواخت با چگالی $\rho_V = \rho_0$ در یک لایه استوانه‌ای بینهایت طویل، که با روابط $0 \le \varphi \le \varphi_0$ و $a \le r \le b$ بیان شده، توزیع گردیده است. میدان الکتریکی را در یک نقطه دلخواه روی محور z به دست آورید. نتیجه را برای وقتی که $\varphi_0 = \frac{\pi}{2}$ یا π باشد، خلاصه نمایید.

۲۲. بار الکتریکی با چگالی $\rho_V = \rho_0 / r^2$ در درون یک لایه کروی، که با روابط $a \le r \le b$، $0 \le \theta \le \theta_0$ و $0 \le \varphi \le \varphi_0$ بیان گردیده، توزیع شده است. میدان الکتریکی را در مبدأ مختصات محاسبه کنید. نتیجه را برای وقتی که $\theta_0 = \varphi_0 = \frac{\pi}{2}$ باشد، خلاصه نمایید.

۲۳. با استفاده از شکل انتگرالی قانون گوس میدان الکتریکی ناشی از توزیعهای زیر را به دست آورید:

الف) $\rho_V = \rho_0 \frac{1}{z^2+1}$ در تمام فضا. ب) $\rho_V = \begin{cases} \rho_0 \left(1+\frac{z}{d}\right) & -d \le z \le d \\ 0 & |z| > d \end{cases}$

۲۴. برای توزیع بار بند (ب) مسئله ۱۸، میدان الکتریکی را با استفاده از قانون گوس به دست آورید. راهنمایی: چگالی توزیع بار را به‌صورت حاصل‌جمع دو تابع، یکی زوج و دیگری فرد، بیان کنید و از اصل جمع آثار استفاده نمایید.

۲۵. با استفاده از قانون گوس میدان الکتریکی ناشی از توزیعهای زیر را که در دستگاه مختصات استوانه‌ای بیان شده‌اند به دست آورید.

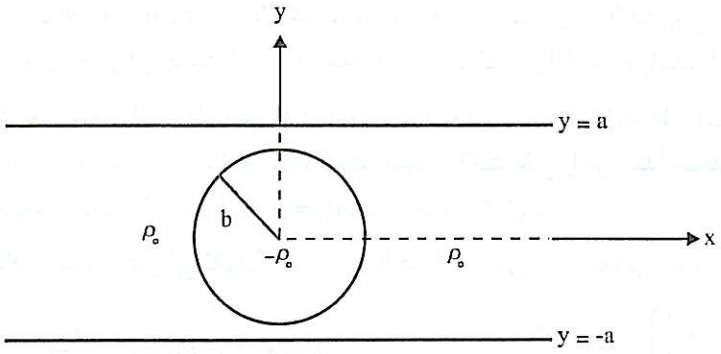
الف) $\rho_V = \rho_0 e^{-r^2/r_0^2}$ در تمام فضا. ب) $\rho_V = \begin{cases} \frac{\rho_0 a}{r} \sin(\pi r/a) & r < a \\ \rho_{S_0} \delta(r-b) & r = b > a \\ 0 & \text{جاهای دیگر} \end{cases}$

توجه کنید که توزیع بار در بند (ب) شامل یک توزیع حجمی محدود به ناحیه r<a و یک توزیع سطحی روی استوانه r=b می‌باشد.

۲۶. بار الکتریکی با چگالی $\rho_V = \frac{\rho_0 a}{r} e^{-r^2/a^2}$ در فضا توزیع شده است. در این تابع توزیع بار، r مختصه شعاعی در دستگاه مختصات کروی می‌باشد. میدان الکتریکی ناشی از این توزیع بار را به دست آورید. میدان الکتریکی در همسایگی مبدأ مختصات چیست؟

۲۷. بار الکتریکی با چگالی ثابت $\rho_V = \rho_0$ در ناحیه $-a < y < a$ از فضا، به‌جز در درون استوانه $r=b$، $(b<a)$، که چگالی توزیع بار، در آن برابر با $\rho_V = -\rho_0$ می‌باشد توزیع شده است. شکل ۲-۴۱ سطح مقطع این مجموعه بار الکتریکی را نشان می‌دهد. محور استوانه منطبق بر محور z فرض می‌شود. میدان الکتریکی را در یک نقطه دلخواه در درون استوانه به دست آورید. جواب را برحسب مختصات و مؤلفه‌های واحد در دستگاه مختصات مستطیلی بیان کنید.

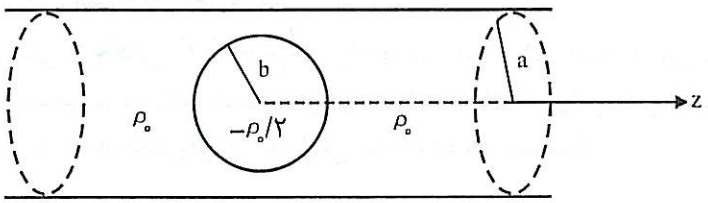
راهنمایی: در این مسئله و نیز مسائل ۲۸ تا ۳۰ از اصل جمع آثار و قانون گوس استفاده کنید.



شکل ۲-۴۱

۲۸. بار الکتریکی با چگالی ثابت $\rho_V = \rho_0$ در ناحیه $-a < z < a$ از فضا، به‌جز در درون کره $r=b$، $(b<a)$، که چگالی توزیع بار در آن برابر با $\rho_V = -2\rho_0$ می‌باشد، توزیع شده است. مرکز کره منطبق بر مبدأ مختصات فرض می‌شود. میدان الکتریکی را در یک نقطه دلخواه در درون کره، به دست آورید. جواب را در دستگاه مختصات استوانه‌ای بیان کنید.

۲۹. بار الکتریکی با چگالی ثابت $\rho_V = \rho_0$ در ناحیه استوانه‌ای $r_c < a$ از فضا، به‌جز در درون کره $r_s = b$، $(b<a)$، که چگالی توزیع بار در آن برابر با $\rho_V = -\rho_0 / 2$ می‌باشد، توزیع شده است، محور استوانه منطبق بر محور z و مرکز کره منطبق بر مبدأ مختصات فرض می‌شود. در اینجا برای رفع ابهام، مختصه شعاعی در دستگاه مختصات استوانه‌ای با r_c و در دستگاه مختصات کروی با r_s نشان داده شده است. میدان الکتریکی در یک نقطه دلخواه در درون کره را به دست آورید. جواب را در دستگاه مختصات مستطیلی بیان کنید. شکل ۲-۴۲ این توزیع بار را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۴۲

۳۰. یک توزیع بار الکتریکی شامل دو بخش به شرح زیر می‌باشد: یک بار کروی با چگالی ρ_{V_1} و یک بار استوانه‌ای با چگالی ρ_{V_2}، به طوری که

$$\rho_{V_1}=\begin{cases}\rho_0\dfrac{a}{r_s} & r_s<a\\ 0 & r_s>a\end{cases}\qquad \rho_{V_2}=\begin{cases}-\rho_0 & 2a<r_c<3a\\ 0 & r_c<2a, r_c>3a\end{cases}$$

در عبارات توزیع مزبور، r_s و r_c به ترتیب بیانگر مختصه شعاعی در دستگاههای مختصات کروی و استوانه‌ای می‌باشند. در ضمن، مرکز کره منطبق بر مبدأ مختصات و محور استوانه منطبق بر محور z فرض می‌شود. میدان الکتریکی را در یک نقطه دلخواه واقع در صفحه xy، به دست آورید. در چه نقاطی میدان برابر صفر می‌باشد؟

۳۱. چگالی توزیع بار الکتریکی را در تمام نقاط فضا برای میدان الکتریکی زیر محاسبه کنید:

$$\mathbf{E}=\begin{cases}4\hat{a}_z & z>2\\ 0 & 1<z<2\\ \left[\dfrac{5}{\pi}\tan^{-1}(z)-2\right]\hat{a}_z & -1<z<1\\ -4\hat{a}_z & z<-1\end{cases}$$

۳۲. مسئله ۳۱ را برای میدانهای الکتریکی زیر تکرار کنید.

الف) در دستگاه مختصات استوانه‌ای:

$$\mathbf{E}=\begin{cases}\dfrac{1}{r}[1-\cos(\pi r)]\hat{a}_r & r<1\\ \dfrac{2}{r}\hat{a}_r & 1<r<3\\ 0 & r>3\end{cases}$$

ب) در دستگاه مختصات کروی:

$$\mathbf{E}=\begin{cases}r^3\hat{a}_r & r<1\\ \dfrac{1}{r^2}\hat{a}_r & 1<r<2\\ 0 & r>2\end{cases}$$

۳۳. برای توزیع بار الکتریکی مسئله ۱۶، پتانسیل را در مبدأ مختصات محاسبه کنید.

۳۴. میدان الکتریکی $\mathbf{E}=xy^2\hat{a}_x+yx^2\hat{a}_y$ مفروض است. اختلاف پتانسیل بین نقاط $A(1,5,-2)$ و $B(3,-4,7)$، یعنی V_{AB} را محاسبه کنید.

۳۵. بار الکتریکی با چگالی $\rho_V=\rho_0 e^{-r/a}$ در درون کره‌ای به شعاع a توزیع شده است. مرکز کره منطبق بر مبدأ مختصات فرض می‌شود. پتانسیل ناشی از این توزیع بار را در یک نقطه دلخواه از فضا، به روش انتگرال‌گیری مستقیم (رابطه ۲-۹۳)، به دست آورید.

۳۶. بار الکتریکی با چگالی $\rho_V=\rho_0\cos\theta$ در درون کره‌ای به شعاع a توزیع شده است. مرکز کره منطبق بر مبدأ مختصات فرض می‌شود. این توزیع بار را می‌توان به‌منزله یک دو قطبی با توزیع پیوسته تلقی کرد. پتانسیل را در نقاط دور از کره $(r>>a)$ به دست آورید. نتیجه به‌دست آمده را با پتانسیل یک دو قطبی متشکل از بارهای q و q- واقع در $(0,0,d/2)$ و $(0,0,-d/2)$ که در آن

اندازه q معادل بار الکتریکی موجود در نیمه فوقانی کره است مقایسه کنید. به ازای چه مقداری از d، برحسب a، دو تابع پتانسیل یکسان می‌شوند؟

۳۷. پتانسیل ناشی از توزیعهای بار الکتریکی در مسائل ۲۳ و ۳۵ را با استفاده از رابطه $V=-\int_{\infty}^{r}\mathbf{E}\cdot d\mathbf{L}$ به دست آورید. میدان الکتریکی مورد نظر در هر حالت را ابتدا با استفاده از قانون گوس محاسبه کنید. اگر بینهایت را نتوان به عنوان نقطه مبنا در نظر گرفت، نقطه مبنای مناسبی را که پتانسیل آن صفر فرض می‌شود، انتخاب کنید.

۳۸. بار الکتریکی با چگالی ثابت ρ_L روی پاره خطی در امتداد محور z در فاصله $-a<z<a$ توزیع شده است. نشان دهید که خطوط میدان الکتریکی برای این توزیع بار هذلولی‌هایی هستند که کانونهای آنها نقاط انتهایی پاره‌خط بار می‌باشند. همچنین نشان دهید که سطوح هم پتانسیل، سطوح بیضوی شکلی هستند که کانونهای آنها همان نقاط انتهایی پاره‌خط بار می‌باشند.

۳۹. برای میدان الکتریکی داده شده در مسئله ۳۴، معادلات خطوط میدان و سطوح هم‌پتانسیل را به دست آورده، ماهیت آنها را مورد بررسی قرار داده، و تعدادی از هر کدام را ترسیم نمایید.

۴۰. برای میدانهای زیر ساده‌ترین شکل تابع f را به گونه‌ای تعیین کنید که شرایط میدان الکتریکی ساکن فراهم شود.

الف) در دستگاه مختصات مستطیلی: $\mathbf{E}=x^{2}y\,\hat{a}_x+f(x)\,\hat{a}_y$

ب) در دستگاه مختصات استوانه‌ای: $\mathbf{E}=r\sin\varphi\,\hat{a}_r+f(r,\varphi)\,\hat{a}_\varphi$

ج) در دستگاه مختصات کروی: $\mathbf{E}=\frac{\sin^{2}\varphi}{r}\hat{a}_\varphi+f(r,\theta,\varphi)\,\hat{a}_\theta$