فصل ۲۸ - میدان الکتریکی:

پرسشها:

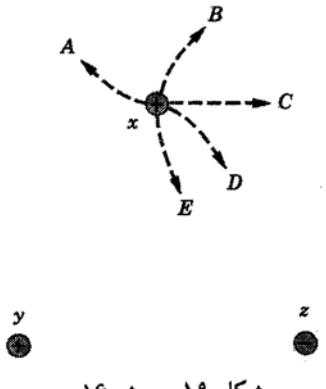
۵. خطوط نیروی الکتریکی هرگز یکدیگر را قطع نمی‌کنند. چرا؟

۱۰. دو بار نقطه‌ای با اندازه و علامت مجهول در فاصلهٔ d از هم قرار دارند. میدان الکتریکی در یک نقطه، روی خط اتصال، بین دو بار صفر است. چه نتیجه‌ای در مورد این بارها می‌گیرید؟

۱۱. دو بار نقطه‌ای با اندازه‌وعلامت مجهول را در فاصلهٔ d از یکدیگر قرار می‌دهیم. (الف) شرط لازم برای اینکه در یک نقطه روی خط اتصال دو بار که بین آنها نیست $E = 0$ باشد چیست و این نقطه در کجا قرار دارد؟ (ب) آیا برای هیچ ترتیبی از دو بار نقطه‌ای می‌توان دو نقطه پیدا کرد (که هیچ‌کدام در بی‌نهایت نباشند) و برای آنها $E = 0$ باشد؟ اگر چنین چیزی ممکن است، شرایط لازم کدام‌اند؟

۱۲. دو بار نقطه‌ای با اندازه‌وعلامت مجهول در فاصلهٔ d از یکدیگر قرار گرفته‌اند. آیا می‌توانیم برای نقاط خارج از محور داشته باشیم $E = 0$ (بجز بی‌نهایت)؟ توضیح دهید.

۱۶. سه کرهٔ کوچک، x، y و z حامل بارهای با اندازهٔ مساوی و علامتهای نشان‌داده‌شده در شکل ۱۹ هستند. این بارها در سه رأس یک مثلث متساوی‌الساقین قرار گرفته‌اند به‌طوری که فاصله بین x و y برابر فاصله بین x و z است. کره‌های y و z در محل خود ثابت‌اند ولی کره x می‌تواند آزادانه روی یک سطح بدون اصطکاک حرکت کند. اگر کره x رها شود چه مسیری را برای حرکت برمی‌گزیند؟



شکل ۱۹. پرسش ۱۶.

۲۱. تغییرات E برحسب r را برای (الف) یک‌بار نقطه‌ای، (ب) یک دوقطبی و (ج) یک چهارقطبی مقایسه کنید.

۲۷. یک دوقطبی الکتریکی را در یک میدان الکتریکی یکنواخت سر و ته می‌کنید. کاری که انجام می‌دهید با سمتگیری اولیه دوقطبی نسبت به میدان چه ارتباطی دارد؟

۲۸. برای کدام سمتگیری یک دوقطبی الکتریکی در یک میدان الکتریکی یکنواخت انرژی پتانسیل دوقطبی (الف) بیشترین و (ب) کمترین مقدار را دارد؟

۲۹. یک دوقطبی الکتریکی را در یک میدان الکتریکی غیریکنواخت قرار داده‌ایم. آیا هیچ نیروی خالصی بر آن وارد می‌آید.

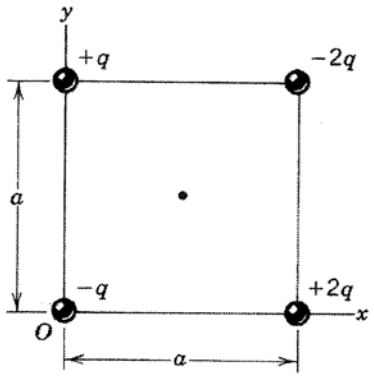
۳۰. یک دوقطبی الکتریکی در یک میدان الکتریکی خارجی یکنواخت ساکن است (شکل ۱۷ الف) سپس آن را رها می‌کنیم. حرکت آن را بررسی کنید.

۳۱. یک دوقطبی الکتریکی با گشتاور دوقطبی $\mathbf{p}$ در جهت میدان الکتریکی خارجی یکنواخت $\mathbf{E}$ قرار دارد. (الف) این تعادل پایدار یا ناپایدار است؟ (ب) در مورد سرشت تعادل وقتی که $\mathbf{p}$ و $\mathbf{E}$ در خلاف جهت یکدیگر قرار دارند بحث کنید.

مسئله‌ها:

۵. اندازهٔ یک‌بار نقطه‌ای که در فاصلهٔ ۷۵٫۰cm از خود یک میدان الکتریکی ۲٫۳۰N/C تولید می‌کند، چقدر است؟

۸. میدان الکتریکی را در مرکز مربع شکل ۲۱ معین کنید. فرض کنید که $q = 11{,}8\text{nC}$ و $a = 5{,}20\text{cm}$ است.

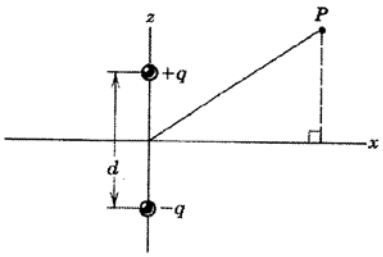


شکل ۲۱. مسئلهٔ ۸.

۱۲. نشان دهید که مؤلفه‌های $\mathbf{E}$ ناشی از یک دوقطبی، در نقاط دوردست، با معادله‌های زیر مشخص می‌شود:

$$E_x = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{3pxz}{(x^2+z^2)^{5/2}}, \qquad E_z = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{p(2z^2-x^2)}{(x^2+z^2)^{5/2}}$$

که در آن x و z مختصات نقطهٔ P در شکل ۲۲ است. نشان دهید که این نتیجه کلی شامل نتایج خاص معادلهٔ (۱۰) و مسئلهٔ (۱۱) نیز می‌شود.

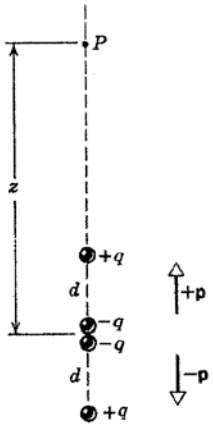


شکل ۲۲. مسئلهٔ ۱۲.

۱۴. شکل ۲۴ نوعی چهارقطبی الکتریکی را نشان می‌دهد. این چهارقطبی متشکل از دو دوقطبی است که آثار آنها در نقاط خارجی کاملاً یکدیگر را خنثا نمی‌کنند. نشان دهید که مقدار E روی محور چهارقطبی برای نقاطی که در فاصلهٔ z از مرکز چهارقطبی قرارگرفته‌اند (فرض می‌کنیم که $z \gg d$) از رابطه زیر به‌دست می‌آید

$$E = \frac{3Q}{4\pi\epsilon_0 z^4}$$

که در رابطه بالا Q (مساوی $2qd^2$) را گشتاور چهارقطبی توزیع بار می‌خوانیم.

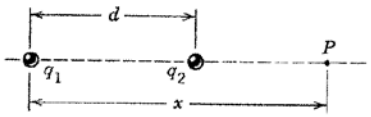


شکل ۲۴. مسئلهٔ ۱۴.

۱۷. به خطوط نیروی مربوط به یک قرص دایره‌ای نازک باردار به شعاع R که به‌طور یکنواخت باردار شده است را به‌طور کیفی رسم کنید. (راهنمایی: حالتهای حدی برای نقطه‌هایی را درنظر بگیرید که به قرص بسیار نزدیک و در آنجا میدان الکتریکی عمود بر سطح است و نقاطی که از قرص بسیار دور هستند و میدان الکتریکی مانند میدان الکتریکی مربوط به یک‌بار نقطه‌ای است.)

۱۸. به‌طورکیفی خطوط نیروی مربوط به دو بار نقطه‌ای $+q$ و $-2q$ جدا از هم به‌طور کیفی ترسیم کنید.

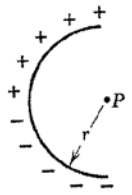
۲۱. دو بار نقطه‌ای در فاصلهٔ ثابت d از یکدیگر قرار گرفته‌اند (شکل ۲۸). فرض کنید که $x = 0$ محل بار سمت چپ است و میدان $E(x)$ را رسم کنید. مقادیر مثبت و منفی x را درنظر بگیرید. اگر جهت $\mathbf{E}$ به سمت راست بود E را مثبت و اگر جهت $\mathbf{E}$ به سمت چپ بود آن را منفی ترسیم کنید. فرض کنید که $q_1 = +10 \times 10^{-6}\,\mathrm{C}$، $q_2 = +30 \times 10^{-6}\,\mathrm{C}$ و $d = 10\,\mathrm{cm}$ باشد.



شکل ۲۸. مسئلهٔ ۲۱.

۲۵. در چه فاصله‌ای روی محور یک قرص باردار به شعاع R شدت میدان الکتریکی برابر با نصف مقدار میدان در مرکز قرص و روی سطح آن می‌شود؟

۳۰. یک میلهٔ شیشه‌ای نازک به شکل نیمدایره‌ای به شعاع r خم شده است. بار $+q$ به‌طور یکنواخت روی نیمهٔ بالایی و بار $-q$ به‌طور

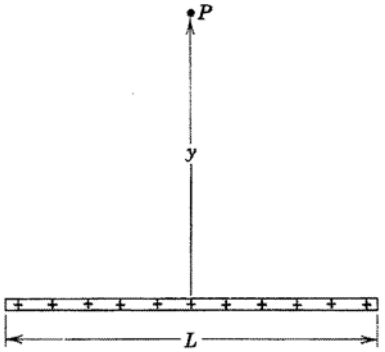


شکل ۳۰. مسئلهٔ ۳۰.

یکنواخت روی نیمهٔ پایینی این نیمدایره توزیع شده است، این موضوع در شکل ۳۰ نشان داده شده است. میدان الکتریکی $\mathbf{E}$ را در نقطهٔ P مرکز نیمدایره معین کنید.

۳۱. یک میلهٔ نارسانای نازک به طول محدود L حامل بارکل q است، که به‌طوریکنواخت درسراسرآن توزیع شده‌است. نشان دهیدکه میدان E در نقطه P، روی عمودمنصف شکل (۳۱)، از معادله زیر به‌دست می‌آید.

$$E = \frac{q}{۲\pi\epsilon_۰ y}\frac{۱}{(L^۲ + ۴y^۲)^{۱/۲}}$$

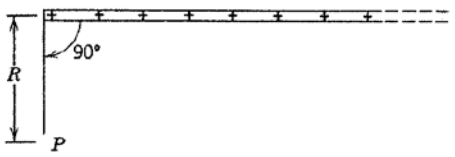


شکل ۳۱. مسئلهٔ ۳۱.

۳۲. یک میلهٔ عایق به طول L دارای بار $-q$ است که مطابق شکل ۳۲ به‌طور یکنواخت در تمام طول آن توزیع شده است. (الف) چگالی خطی بار میله چقدر است؟ (ب) میدان الکتریکی را در نقطهٔ P که به فاصلهٔ a از انتهای میله قرار دارد به‌دست آورید. (ج) اگر P در مقایسه با L از میله بسیار دور باشد، میله مانند یک‌بار نقطه‌ای به‌نظر می‌رسد. نشان دهید که به‌ازای $a \gg L$، جواب قسمت (ب) به میدان الکتریکی یک‌بار نقطه تحویل می‌یابد.

شکل ۳۲. مسئلهٔ ۳۲.

۳۴. یک میلهٔ عایق "نیم‌نامتناهی" (شکل ۳۴) حامل بار ثابت λ به‌ازای واحد طول است. نشان دهید که میدان الکتریکی در نقطهٔ P با امتداد میله زاویهٔ ۴۵° می‌سازد و این نتیجه مستقل از فاصلهٔ R است.



شکل ۳۴. مسئلهٔ ۳۴.

۳۸. میدان الکتریکی یکنواختی در ناحیه بین دو صفحهٔ باردار با علامت مخالف وجود دارد. الکترونی که از حالت سکون از

۴۸. یک دوقطبی الکتریکی، متشکل از بارهایی به اندازهٔ $۱٫۴۸\text{nC}$ و به فاصلهٔ $۶٫۲۳\mu\text{m}$ از هم، در یک میدان الکتریکی به‌شدت ۱۱۰۰N/C قرار دارد. (الف) اندازهٔ گشتاور دوقطبی الکتریکی چقدر است؟ (ب) اختلاف انرژی پتانسیل مربوط به سمتگیرهای موازی و پادموازی دوقطبی با میدان چقدر است؟