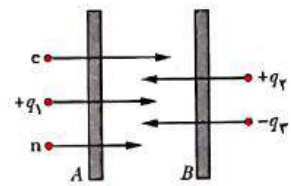
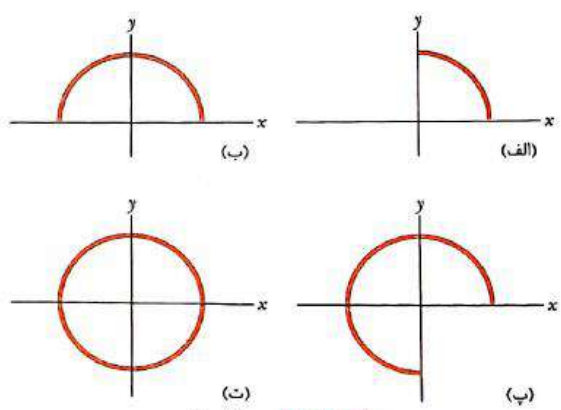
داده شده است) نوترون است، که از لحاظ الکتریکی خنثی است. آیا تندی هر یک از این چهار ذره‌ی دیگر در فضای میان صفحات افزایش می‌یابد یا کاهش، و یا تغییری نمی‌کند؟



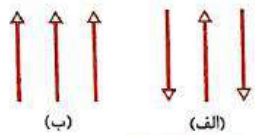
شکل ۲۲-۲۹ پرسش ۱۰

۱۱ در شکل ۲۲-۳۰ الف، یک میله‌ی پلاستیکی دایره‌ای با بار یکنواخت $+Q$ میدانی الکتریکی به بزرگی E در مرکز خمیدگی (واقع در مبدأ) ایجاد می‌کند. در شکل‌های ۲۲-۳۰ ب، پ و ت، میله‌های دایره‌ای دیگری، هر یک با بار یکسان یکنواخت $+Q$ اضافه می‌شوند، تا اینکه دایره کامل گردد. پنجمین آرایش (که می‌شد آن را با (ث) نشان داد) شبیه آرایش ت است، با این تفاوت که میله‌ی ربع چهارم آن دارای بار $-Q$ است. این پنج آرایش را بر طبق بزرگی میدان الکتریکی در مرکز خمیدگی به‌گونه‌ای مرتب کنید که بیشترین مقدار در ابتدا باشد.



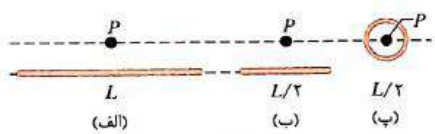
شکل ۲۲-۳۰ پرسش ۱۱

۱۲ هرگاه سه دوقطبی الکتریکی نزدیک یکدیگر قرار گیرند، هر کدام تحت تأثیر میدان الکتریکی حاصل از دو دوقطبی دیگر قرار می‌گیرند، و این دستگاه سه دوقطبی انرژی پتانسیل معینی دارد. شکل ۲۲-۳۱ دو آرایش را نشان می‌دهد که در آن سه دوقطبی الکتریکی پهلو به پهلوی هم قرار گرفته‌اند و فاصله‌ی بین دوقطبی‌های مجاور یکسان است. در کدام آرایش، انرژی پتانسیل دستگاه سه-دوقطبی بیشترین است؟



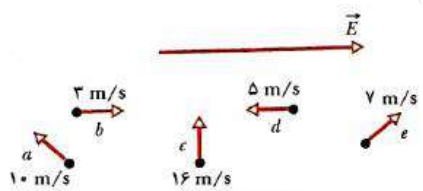
شکل ۲۲-۳۱ پرسش ۱۲

۱۳ شکل ۲۲-۳۲ سه میله را نشان می‌دهد که باری یکسان به‌طور یکنواخت در طول آنها توزیع شده است. میله‌ی الف (به طول L) و میله‌ی ب (به طول $L/2$) مستقیم‌اند، و نقطه‌های P با وسط آنها همردیف‌اند. میله‌ی پ (به طول $L/2$) دایره‌ی کاملی را به دور نقطه‌ی P تشکیل می‌دهد. میله‌ها را بر طبق بزرگی میدان الکتریکی که آنها در نقاط P ایجاد می‌کنند، به‌گونه‌ای مرتب کنید که بیشترین مقدار در ابتدا باشد.



شکل ۲۲-۳۲ پرسش ۱۳

۱۴ شکل ۲۲-۳۳ پنج پروتون را نشان می‌دهد که در میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E}$ پرتاب شده‌اند. بزرگی و جهت سرعت پرتاب‌ها نشان داده شده است. پروتون‌ها را برطبق بزرگی شتابی که میدان به آنها می‌دهد، به‌گونه‌ای مرتب کنید که بیشترین مقدار در ابتدا باشد.



شکل ۲۲-۳۳ پرسش ۱۴

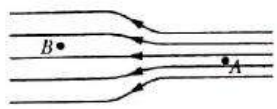
مسئله‌ها

حل با راهنمایی مرحله به مرحله (بسته به صلاحدید مدرّس) در WileyPLUS و WebAssign موجود است.
ILW حل در
WWW حل به روش تعاملی در http://www.wiley.com/college/halliday داده شده است.
••• - • تعداد نقطه‌ها سطح دشواری مسئله را مشخص می‌کند.
اطلاعات بیشتر در کتاب نمایش هیجان‌انگیز فیزیک و در www.flyingcircusofphysics.com

بخش ۲۲-۱ میدان الکتریکی

• ۱۰ طرحی از خطوط میدان الکتریکی را به‌طور کیفی هم در میان دو پوسته‌ی کروی هم‌مرکز رسانا و هم در بیرون آنها به هنگامی رسم کنید که بار مثبت یکنواخت q_1 روی پوسته‌ی داخلی و بار منفی یکنواخت $-q_2$ روی پوسته‌ی خارجی قرار داشته باشد. حالت‌های $q_1 > q_2$، $q_1 = q_2$ و $q_1 < q_2$ را در نظر بگیرید.

۲• در شکل ۲۲-۳۴ فاصله‌ی بین خطوط میدان الکتریکی در سمت چپ، دو برابر فاصله‌ی بین آنها در سمت راست است.



شکل ۲۲-۳۴ مسئله‌ی ۲

(الف) اگر بزرگی میدان در نقطه‌ی A برابر $40\,N/C$ باشد، بزرگی نیروی وارد بر یک پروتون در نقطه‌ی A چقدر می‌شود؟ (ب) بزرگی این میدان در نقطه‌ی B چیست؟

بخش ۲۲-۲ میدان الکتریکی حاصل از یک بار نقطه‌ای

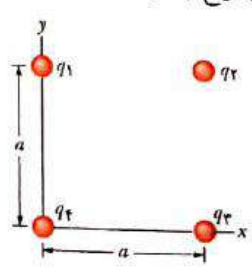
۳• هسته‌ی اتم پلوتونیوم ۲۳۹ دارای ۹۴ پروتون است. فرض کنید این هسته، کره‌ای به شعاع $6.64\,fm$ است و بار پروتون‌ها به‌طور یکنواختی در سرتاسر کره پخش شده است. در سطح هسته، (الف) بزرگی و (ب) جهت (به‌طور شعاعی رو به داخل یا رو به خارج) میدان حاصل از این پروتون‌ها چیست؟

۴• دو ذره روی محور x ثابت شده‌اند: ذره‌ی ۱ با بار $-2.00\times10^{-7}\,C$ در $x=6.00\,cm$ و ذره‌ی ۲ با بار $+2.00\times10^{-7}\,C$ در $x=21.0\,cm$. میدان الکتریکی خالص برحسب نمادگذاری بردارهای یکه در وسط فاصله‌ی این دو ذره چگونه است؟

۵• بزرگی یک بار نقطه‌ای که میدانی الکتریکی به بزرگی $2.0\,N/C$ را در فاصله‌ی $50\,cm$ از آن ایجاد می‌کند، چقدر است؟

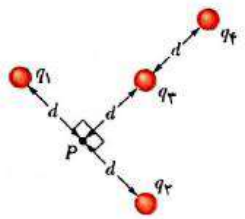
۶• بزرگی یک بار نقطه‌ای که میدان الکتریکی $1.00\,N/C$ را در نقاطی به فاصله‌ی $1.00\,m$ از آن ایجاد می‌کند، چقدر است؟

۷•• WWW ILW در شکل ۲۲-۳۵، چهار ذره با بارهای $q_1=+10.0\,nC$، $q_2=-20.0\,nC$، $q_3=+20.0\,nC$ و $q_4=-10.0\,nC$ تشکیل مربعی به ضلع $a=5.00\,cm$ را داده‌اند. برحسب نمادگذاری بردارهای یکه، میدان الکتریکی خالص حاصل از این ذرات در مرکز مربع چگونه است؟



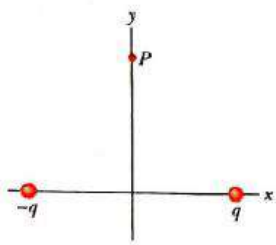
شکل ۲۲-۳۵ مسئله‌ی ۷

۸•• GO در شکل ۲۲-۳۶، چهار ذره با بارهای $q_1=q_2=+5e$، $q_3=+3e$ و $q_4=-12e$ در مکان‌های خود ثابت شده‌اند. فاصله‌ی d برابر با $5.0\,\mu m$ است. بزرگی میدان الکتریکی خالص حاصل از این ذرات در نقطه‌ی P چقدر است؟



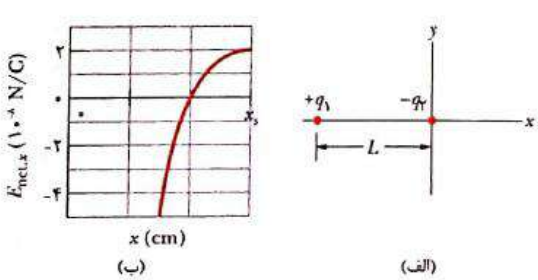
شکل ۲۲-۳۶ مسئله‌ی ۸

۹•• GO شکل ۲۲-۳۷ دو ذره‌ی باردار را روی محور x نشان می‌دهد: $-q=-3.20\times10^{-19}\,C$ در $x=-3.00\,m$ و $q=3.20\times10^{-19}\,C$ در $x=+3.00\,m$. (الف) بزرگی و (ب) جهت (نسبت به سوی مثبت محور x) میدان الکتریکی خالص ایجاد شده در نقطه‌ی P واقع بر $y=4.00\,m$ چیست؟



شکل ۲۲-۳۷ مسئله‌ی ۹

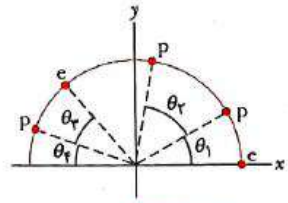
۱۰•• GO شکل ۲۲-۳۸ الف، دو ذره‌ی باردار را نشان می‌دهد که در مکان‌های خود روی محور x، به فاصله‌ی L از یکدیگر، ثابت شده‌اند. نسبت q_1/q_2 بزرگی بار آنها برابر با ۴٫۰۰ است. شکل ۲۲-۳۸ ب، $E_{net,x}$ مؤلفه‌ی x میدان الکتریکی خالص آنها را روی محور x، فقط برای سمت راست ذره‌ی ۲ نشان می‌دهد. محور x با $x_s=30.0\,cm$ مقیاس‌بندی شده است. (الف) به‌ازای چه مقادیری از $x>0$، $E_{net,x}$ بیشینه است؟ (ب) اگر ذره‌ی ۲ دارای بار $-q_2=-3e$ باشد، مقدار این بیشینه چقدر است؟



شکل ۲۲-۳۸ مسئله‌ی ۱۰

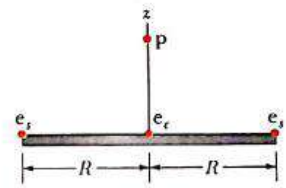
۱۱•• دو ذره روی محور x ثابت شده‌اند: ذره‌ی ۱ با بار $q_1=2.1\times10^{-8}\,C$ در $x=20\,cm$ و ذره‌ی ۲ با بار $q_2=-4.0q_1$ در $x=70\,cm$. در چه مختصه‌ای روی محور x، میدان الکتریکی خالص حاصل از این دو ذره برابر با صفر می‌شود؟

●●۱۲۰۰ GO شکل ۲۲-۳۹ چیدمان نامنظمی از الکترون‌ها (e) و پروتون‌ها (p) را روی کمانی دایره‌ای به شعاع $r = ۲٫۰۰\,\text{cm}$ نشان می‌دهد که در زاویه‌های $\theta_۱ = ۳۰٫۰^\circ$، $\theta_۲ = ۵۰٫۰^\circ$، $\theta_۳ = ۳۰٫۰^\circ$، و $\theta_۴ = ۲۰٫۰^\circ$ واقع شده‌اند. (الف) بزرگی و (ب) جهت (نسبت به سوی مثبت محور x) میدان الکتریکی خالص حاصل از این ذرات در مرکز کمان چیست؟



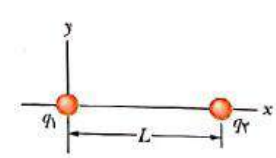
شکل ۲۲-۳۹ مسئله‌ی ۱۲

●●۱۳۰۰ GO شکل ۲۲-۴۰ یک پروتون (p) را روی محور مرکزی قرصی با چگالی بار یکنواختِ حاصل از الکترون‌های اضافی نشان می‌دهد. سه تا از این الکترون‌ها نشان داده شده است: الکترون e_c در مرکز قرص و الکترون‌های e_s در دو سوی مقابل قرص، به فاصله‌ی شعاعی R از مرکز آن. پروتون در ابتدا به فاصله‌ی $z = R = ۲٫۰۰\,\text{cm}$ از قرص قرار دارد. در این مکان، بزرگی (الف) میدان الکتریکی $\vec{E}_c$ حاصل از الکترون e_c و (ب) میدان الکتریکی خالص $E_{s,\text{net}}$ حاصل از الکترون e_s چقدر است؟ سپس پروتون به فاصله‌ی $z = R/۱۰٫۰$ آورده می‌شود. آنگاه بزرگی (پ) $\vec{E}_c$ و (ت) $E_{s,\text{net}}$ در مکان پروتون چقدر می‌شود؟ (ث) از قسمت (الف) و (پ) درمی‌یابیم که وقتی پروتون به قرص نزدیک‌تر می‌شود، بزرگی $\vec{E}_c$ افزایش می‌یابد. چرا با توجه به قسمت‌های (ب) و (ت) بزرگی $E_{s,\text{net}}$ کاهش پیدا می‌کند؟



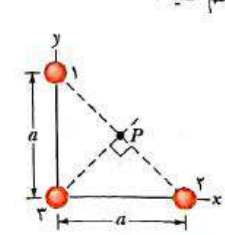
شکل ۲۲-۴۰ مسئله‌ی ۱۳

●●۱۴۰۰ در شکل ۲۲-۴۱، ذره‌ی ۱ با بار $q_۱ = -۵٫۰۰q$ و ذره‌ی ۲ با بار $q_۲ = +۲٫۰۰q$ روی محور x ثابت شده‌اند. (الف) برحسب مضربی از فاصله‌ی L، در چه مختصه‌ای روی این محور، میدان الکتریکی خالص حاصل از این دو ذره برابر صفر می‌شود؟ (ب) طرحی از خطوط میدان الکتریکی خالص را در بین ذره‌ها و در اطراف آنها رسم کنید.



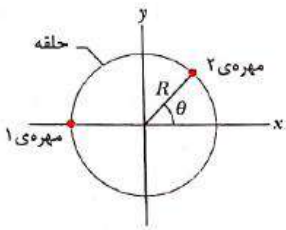
شکل ۲۲-۴۱ مسئله‌ی ۱۴

●●۱۵۰۰ در شکل ۲۲-۴۲ سه ذره با بارهای $q_۱ = q_۲ = +e$ و بار $q_۳ = +۲e$ در مکان‌های خود ثابت شده‌اند. فاصله‌ی a برابر با $۶٫۰۰\,\mu\text{m}$ است. (الف) بزرگی و (ب) جهت میدان الکتریکی خالص حاصل از این ذرات در نقطه‌ی P چیست؟



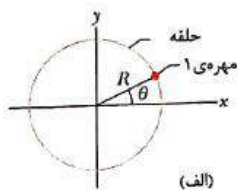
شکل ۲۲-۴۲ مسئله‌ی ۱۵

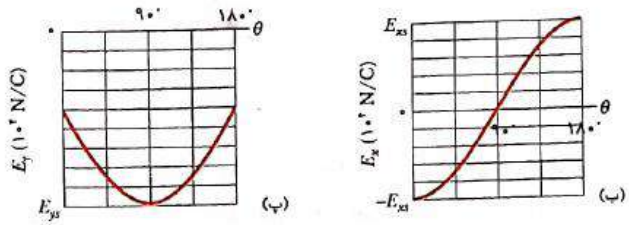
●●●۱۶۰۰ شکل ۲۲-۴۳ حلقه‌ای پلاستیکی به شعاع $R = ۵۰٫۰\,\text{cm}$ را نشان می‌دهد. دو مهره‌ی باردار کوچک روی حلقه قرار دارند: مهره‌ی ۱ با بار $+۲٫۰۰\,\mu\text{C}$ در جای خود در سمت چپ ثابت شده است؛ مهره‌ی ۲ با بار $+۶٫۰۰\,\mu\text{C}$ می‌تواند روی حلقه جابه‌جا شود. این دو مهره، میدان الکتریکی خالصی به بزرگی E را در مرکز حلقه ایجاد می‌کنند. مهره‌ی ۲ در چه زاویه‌ای θی (الف) مثبت و (ب) منفی‌ای باید قرار داده شود تا بزرگی میدان الکتریکی خالص در مرکز حلقه برابر با $E = ۲٫۰۰\times۱۰^۵\,\text{N/C}$ شود؟



شکل ۲۲-۴۳ مسئله‌ی ۱۶

●●●۱۷۰۰ دو مهره‌ی باردار روی حلقه‌ی پلاستیکی شکل ۲۲-۴۴ الف قرار دارند. مهره‌ی ۲، که نشان داده نشده است، در جایی روی حلقه، به شعاع $R = ۶۰٫۰\,\text{cm}$، ثابت شده است. مهره‌ی ۱ در ابتدا روی محور x در زاویه‌ی $\theta = ۰^\circ$ قرار دارد. این مهره سپس با عبور از ربع‌های اوّل و دوّم دستگاه مختصات xy به سمت مقابل، در زاویه‌ی $\theta = ۱۸۰^\circ$، می‌رود. شکل ۲۲-۴۴ ب مؤلفه‌ی x میدان الکتریکی خالص حاصل از این دو مهره را در مبدأ، برحسب تابعی از θ، و شکل ۲۲-۴۴ پ مؤلفه‌ی y همان میدان را نشان می‌دهد. محورهای قائم با $E_{xs} = ۵٫۰\times۱۰^۴\,\text{N/C}$ و $E_{ys} = -۹٫۰\times۱۰^۴\,\text{N/C}$ مقیاس‌بندی شده‌اند. (الف) مهره‌ی ۲ در چه زاویه‌ی θیی قرار گرفته است؟ بار (ب) مهره‌ی ۱ و (پ) مهره‌ی ۲ چقدر است؟





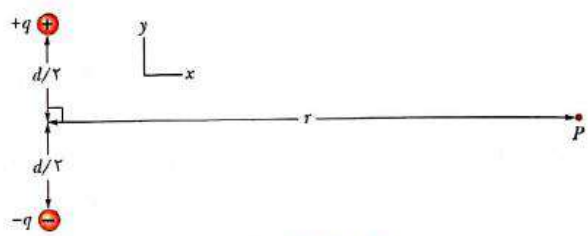
شکل ۲۲-۴۴ مسئله‌ی ۱۷

بخش ۲۲-۳ میدان الکتریکی حاصل از یک دوقطبی الکتریکی

۱۸••• میدان الکتریکی یک دوقطبی الکتریکی روی محور آن با معادله‌های ۲۲-۸ و ۲۲-۹ تقریب زده می‌شود. اگر با استفاده از قضیه‌ی دوجمله‌ای معادله‌ی ۲۲-۷ را بسط دهیم، جمله‌ی بعدی در عبارت میدان الکتریکی دوقطبی روی محور آن چه می‌شود؟ یعنی، $E_{\text{بعدی}}$ در عبارت زیر چیست؟

$$E = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\frac{qd}{z^3} + E_{\text{بعدی}}?$$

۱۹•• شکل ۲۲-۴۵ یک دوقطبی الکتریکی را نشان می‌دهد. (الف) بزرگی و (ب) جهت (نسبت به سوی مثبت محور x) میدان الکتریکی دوقطبی در نقطه‌ی P واقع در فاصله‌ی $r \gg d$ چیست؟



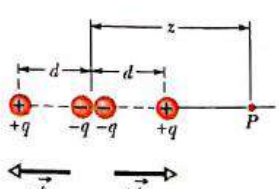
شکل ۲۲-۴۵ مسئله‌ی ۱۹

۲۰•• معادله‌های ۲۲-۸ و ۲۲-۹ تقریب‌هایی از بزرگی میدان الکتریکی یک دوقطبی در نقاطی روی محور دوقطبی هستند. نقطه‌ی P را روی این محور به فاصله‌ی $z = 5{,}00d$ از مرکز دوقطبی در نظر بگیرید (d فاصله‌ی میان ذره‌های دوقطبی است). تقریبی E را بزرگی میدان در نقطه‌ی P فرض کنید که با معادله‌های ۲۲-۸ و ۲۲-۹ تقریب زده شده است. واقعی E را بزرگی واقعی میدان در نظر بگیرید نسبت واقعی E/ تقریبی E چیست؟

۲۱••• *چهارقطبی الکتریکی.* شکل ۲۲-۴۶ یک چهارقطبی الکتریکی را نشان می‌دهد. این چهارقطبی شامل دو دوقطبی با گشتاورهای دوقطبی است که بزرگی آنها برابر و جهت آنها مخالف یکدیگر است. نشان دهید که مقدار E روی محور چهارقطبی در نقطه‌ی P به فاصله‌ی z از مرکز آن (با فرض $z \gg d$) با رابطه‌ی زیر داده می‌شود

$$E = \frac{3Q}{4\pi\varepsilon_0 z^4}$$

که در آن $Q(=2qd^2)$ *گشتاور چهارقطبی* توزیع بار خوانده می‌شود.

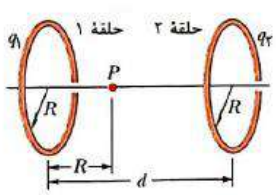


شکل ۲۲-۴۶ مسئله‌ی ۲۱

بخش ۲۲-۴ میدان الکتریکی حاصل از یک خطّ بار

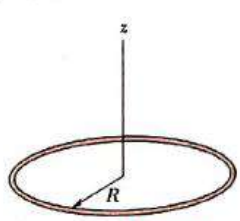
۲۲• *چگالی، چگالی، چگالی.* (الف) بار $-300e$ به‌طور یکنواخت روی کمانی دایره‌ای به شعاع $4{,}00\text{cm}$ توزیع شده است که زاویه‌ای 40° را در بر گرفته است. چگالی خطی بار روی این کمان چقدر است؟ (ب) بار $-300e$ به‌طور یکنواخت روی یک طرف قرصی دایره‌ای به شعاع $2{,}00\text{cm}$ توزیع شده است. چگالی سطحی بار روی این وجه قرص چقدر است؟ (پ) بار $-300e$ به‌طور یکنواخت روی کره‌ای به شعاع $2{,}00\text{cm}$ توزیع شده است. چگالی سطحی بار روی سطح این کره چقدر است؟ (ت) بار $-300e$ به‌طور یکنواخت در سرتاسر حجم کره‌ای به شعاع $2{,}00\text{cm}$ پخش شده است. چگالی حجمی بار داخل این کره چقدر است؟

۲۳• شکل ۲۲-۴۷ دو حلقه‌ی نارسانای موازی را نشان می‌دهد که محورهای مرکزی آنها روی خط مشترکی قرار دارد. حلقه‌ی ۱ دارای بار یکنواخت q_1 و شعاع R، و حلقه‌ی ۲ دارای بار یکنواخت q_2 و همان شعاع R است. حلقه‌ها به فاصله‌های $d = 3{,}00R$ از هم قرار گرفته‌اند. میدان الکتریکی خالص در نقطه‌ی P واقع بر خط مشترک، به فاصله‌ی R از حلقه‌ی ۱، برابر با صفر است. نسبت q_1/q_2 چقدر است؟



شکل ۲۲-۴۷ مسئله‌ی ۲۳

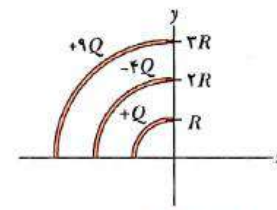
۲۴•• یک میله‌ی نارسانای نازک با توزیع بار مثبت یکنواخت Q به شکل دایره‌ای به شعاع R درآمده است (شکل ۲۲-۴۸). محور قائم عبوری از مرکز حلقه محور z است که مبداء آن در مرکز حلقه واقع است. بزرگی میدان الکتریکی حاصل از میله در (الف) $z = 0$ و (ب) $z = \infty$ چقدر است؟ (پ) برحسب R، در چه مقدار مثبتی از z، این بزرگی بیشینه است؟ (ت) اگر $R = 2{,}00\text{cm}$ و $Q = 5{,}00\mu\text{C}$ باشد، بزرگی این مقدار بیشینه چقدر است؟



شکل ۲۲-۴۸ مسئله‌ی ۲۴

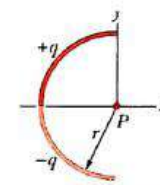
۲۵•• شکل ۲۲-۴۹ سه کمان دایره‌ای را نشان می‌دهد که در مبداء یک دستگاه مختصات هم‌مرکزند. روی هر کمان، بارهایی که

برحسب $Q = ۲٫۰۰\mu C$ نشان داده شده‌اند، به‌طور یکنواخت توزیع شده است. شعاع‌ها برحسب $R = ۱۰٫۰ cm$ داده شده‌اند. (الف) بزرگی و (ب) جهت (نسبت به سوی مثبت x) میدان الکتریکی حاصل از کمان‌ها در مبدأ چیست؟



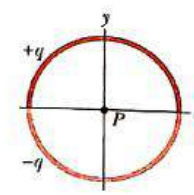
شکل ۲۲-۴۹ مسئله‌ی ۲۵

●●۲۶ ILW GO در شکل ۲۲-۵۰ یک میله‌ی شیشه‌ای نازک به شکل نیم‌دایره‌ای با شعاع $r = ۵٫۰۰ cm$ درآمده است. بار به‌طور یکنواخت روی میله توزیع شده است، با $+q = ۴٫۵۰ pC$ روی نیمه‌ی بالایی و $-q = -۴٫۵۰ pC$ روی نیمه‌ی پایینی. (الف) بزرگی و (ب) جهت (نسبت به سوی مثبت محور x) میدان الکتریکی $\vec{E}$ در نقطه‌ی P واقع بر مرکز این نیم‌دایره چیست؟



شکل ۲۲-۵۰ مسئله‌ی ۲۶

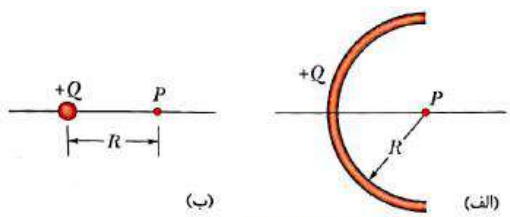
●●۲۷ GO در شکل ۲۲-۵۱، دو میله‌ی پلاستیکی خمیده، یکی با بار $+q$ و دیگری با بار $-q$ تشکیل دایره‌ای به شعاع $R = ۸٫۵۰ cm$ را در صفحه‌ی xy داده‌اند. محور x از هر دو نقطه‌ی اتصال میله‌ها می‌گذرد، و بار روی هر دو میله به‌طور یکنواختی توزیع شده است. اگر $q = ۱۵٫۰ pC$ باشد، (الف) بزرگی و (ب) جهت (نسبت به سوی مثبت محور x) میدان الکتریکی ایجاد شده در نقطه‌ی P، واقع در مرکز دایره، چیست؟



شکل ۲۲-۵۱ مسئله‌ی ۲۷

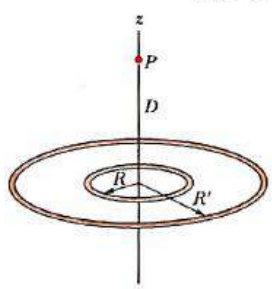
●●۲۸ بار روی حلقه‌ای به شعاع $R = ۲٫۴۰ cm$ به‌طور یکنواخت توزیع شده است، و بزرگی E ی میدان الکتریکی حاصل از آن روی محور مرکزی (عمود بر صفحه‌ی حلقه) اندازه گرفته می‌شود. در چه فاصله‌ای از مرکز حلقه، E بیشینه است؟

●●۲۹ GO شکل ۲۲-۵۲ الف میله‌ی نارسانایی با توزیع بار یکنواخت $+Q$ را نشان می‌دهد. میله به شکل نیم‌دایره‌ای به شعاع R درآمده است و میدان الکتریکی به بزرگی کمان E را در مرکز خمیدگی P ایجاد می‌کند. اگر این کمان به شکل نقطه‌ای در فاصله‌ی R از P متمرکز شود (شکل ۲۲-۴۷ ب)، بزرگی میدان الکتریکی حاصل در نقطه‌ی P با چه مضربی افزایش می‌یابد؟



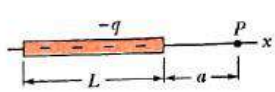
شکل ۲۲-۵۲ مسئله‌ی ۲۹

●●۳۰ GO شکل ۲۲-۵۳ دو حلقه‌ی هم‌مرکز به شعاع‌های R و $R' = ۳٫۰۰R$ را نشان می‌دهد که روی یک صفحه قرار دارند. نقطه‌ی P واقع بر محور مرکزی z، به فاصله‌ی $D = ۲٫۰۰R$ از مرکز حلقه‌ها قرار دارد. حلقه‌ی کوچک‌تر دارای بار $+Q$ است که به‌طور یکنواختی توزیع شده است. اگر میدان الکتریکی خالص در نقطه‌ی P برابر صفر باشد، برحسب Q چه باری به‌طور یکنواخت روی حلقه‌ی بزرگتر توزیع شده است؟



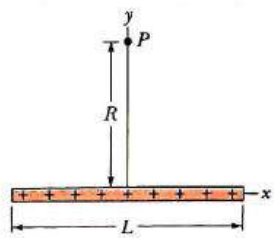
شکل ۲۲-۵۳ مسئله‌ی ۳۰

●●۳۱ ILW WWW در شکل ۲۲-۵۴، یک میله‌ی نارسانا به طول $L = ۸٫۱۵ cm$ دارای بار $-q = -۴٫۲۳ fC$ است که به‌طور یکنواخت روی طول آن توزیع شده است. (الف) چگالی خطی بار میله چقدر است؟ (ب) بزرگی و (پ) جهت (نسبت به سوی مثبت محور x) میدان الکتریکی حاصل در نقطه‌ی P، به فاصله‌ی $a = ۱۲٫۰ cm$ از میله چیست؟ بزرگی میدان الکتریکی حاصل از (ت) میله و (ث) ذره‌ای با بار $-q = -۴٫۲۳ fC$ که جایگزین میله می‌شود در فاصله‌ی $a = ۵۰ m$ چقدر است؟ (در این فاصله، میله شبیه یک ذره "به‌نظر می‌رسد".)



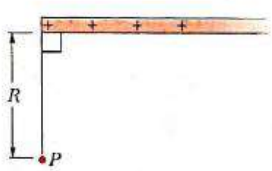
شکل ۲۲-۵۴ مسئله‌ی ۳۱

۳۲••• GO در شکل ۲۲-۵۵، بار مثبت $q = 7{,}81\text{pC}$ به‌طور یکنواخت روی میله‌ی نارسانای نازکی به طول $L = 14{,}5\text{cm}$ پخش شده است. (الف) بزرگی و (ب) جهت (نسبت به سوی محور x) میدان الکتریکی حاصل در نقطه‌ی P، به فاصله‌ی $R = 6{,}00\text{cm}$ از میله، در امتداد عمود منصف آن چیست؟



شکل ۲۲-۵۵ مسئله‌ی ۳۲

۳۳••• GO در شکل ۲۲-۵۶، یک میله‌ی نارسانای "نیمه متناهی" (یعنی میله‌ای که فقط از یک طرف نامتناهی است) دارای چگالی خطی بار λ است. نشان دهید میدان الکتریکی $\vec{E}_p$ در نقطه‌ی P با میله زاویه‌ی $45°$ می‌سازد و این نتیجه مستقل از فاصله‌ی R است. (*راهنمایی:* مؤلفه‌های $\vec{E}_p$ ی موازی با میله و عمود بر آن را به‌طور جداگانه پیدا کنید.)



شکل ۲۲-۵۶ مسئله‌ی ۳۳

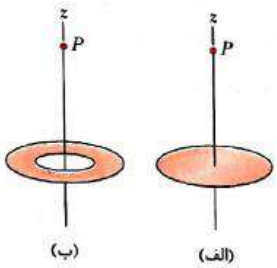
بخش ۲۲-۵ میدان الکتریکی حاصل از یک قرص باردار

۳۴• قرصی به شعاع $2{,}5\text{cm}$ دارای چگالی سطحی باری برابر با $5{,}3\,\mu\text{C/m}^2$ روی وجه بالایی خود است. بزرگی میدان الکتریکی حاصل در نقطه‌ای روی محور مرکزی به فاصله‌ی $z = 12\text{cm}$ از قرص چقدر است؟

۳۵• WWW در چه فاصله‌ای روی محور قائم مرکزی یک قرص پلاستیکی باردار یکنواخت به شعاع $0{,}600\text{m}$، بزرگی میدان الکتریکی برابر با نصف بزرگی میدان درمرکز سطح قرص می‌شود؟

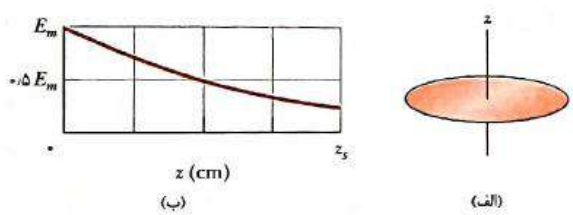
۳۶•• یک قرص پلاستیکی به شعاع $R = 2{,}00\text{cm}$ دارای بار $Q = +(2{,}00\times10^{6})e$ روی یک وجه خود است که به‌طور یکنواختی توزیع شده است. حلقه‌ای دایره‌ای به پهنای $30\,\mu\text{m}$ هم‌مرکز با قرص روی آن وجه قرار گرفته است، طوری که مرکز پهنای آن در شعاع $r = 0{,}50\text{cm}$ قرار دارد. برحسب کولن، چه باری در داخل پهنای حلقه قرار گرفته است؟

۳۷•• فرض کنید شما وسیله‌ای را طراحی کرده‌اید که در آن یک قرص باردار یکنواخت به شعاع R میدانی الکتریکی را ایجاد کند. مهمترین چیز برای شما، بزرگی میدان الکتریکی روی محور عمودی مرکزی قرص در نقطه‌ی P به فاصله‌ی $2{,}00R$ از قرص است (شکل ۲۲-۵۷ الف). برآورد هزینه‌ها شما را وامی‌دارد که قرص را با حلقه‌ای با همان شعاع خارجی R ولی با شعاع داخلی $R/2{,}00$ جایگزین کنید (شکل ۲۲-۵۷ ب). فرض کنید این حلقه همان چگالی سطحی بار قرص اولیه را دارد. اگر این حلقه را برگزینید، بزرگی میدان الکتریکی در نقطه‌ی P با چه درصدی کاهش پیدا می‌کند؟



شکل ۲۲-۵۷ مسئله‌ی ۳۷

۳۸•• شکل ۲۲-۵۸ الف قرصی با بار یکنواخت را نشان می‌دهد. محور مرکزی z عمود بر سطح قرص است و مبداء آن روی قرص قرار دارد. شکل ۲۲-۵۸ ب بزرگی میدان الکتریکی را روی این محور برحسب بیشینه‌ی بزرگی E_m آن بر سطح قرص نشان می‌دهد. محور z با $z_s = 8{,}0\text{cm}$ مقیاس‌بندی شده است. شعاع قرص چقدر است؟



شکل ۲۲-۵۸ مسئله‌ی ۳۸

بخش ۲۲-۶ بار نقطه‌ای در میدان الکتریکی

۳۹• در آزمایش میلیکان، وقتی میدان الکتریکی پایین‌سوی $1{,}92\times10^{5}\,\text{N/C}$ بر قطره‌ی روغنی به شعاع $1{,}64\,\mu\text{m}$ و چگالی $0{,}851\,\text{g/cm}^3$ اثر کند، این قطره در اتاقک C (شکل ۲۲-۱۶) معلق می‌ماند. بار روی قطره را برحسب e پیدا کنید.

۴۰• GO الکترونی با تندی $5{,}00\times10^{8}\,\text{cm/s}$ وارد میدانی الکتریکی به بزرگی $1{,}00\times10^{3}\,\text{N/C}$ می‌شود و با حرکت بر راستای یک خطّ میدان در جهتی پیش می‌رود که حرکتش کند گردد. (الف) این الکترون پیش از آنکه به توقف لحظه‌ای برسد چه مسافتی را می‌پیماید، و (ب) زمان طیّ این مسافت چقدر است؟ (پ) اگر طول ناحیه‌ای که شامل میدان الکتریکی است $8{,}00\text{mm}$ باشد (که بسیار کوچک‌تر از آن است که الکترون در داخل آن

متوقف شود)، چه کسری از انرژی جنبشی اولیه‌ی الکترون در این ناحیه از دست خواهد رفت؟

• ۴۱ ستاره‌ای ابر باردار در نزدیکی سطح کره زمین میدانی الکتریکی ایجاد می‌کند. وقتی ذره‌ی بارداری به بار $-۲٫۰\times۱۰^{-۹}\,C$ در این میدان قرار گیرد، بر آن نیروی الکترواستاتیکی پایین‌سویی با بزرگی $۳٫۰\times۱۰^{-۶}\,N$ وارد می‌شود. (الف) بزرگی این میدان الکتریکی چقدر است؟ (ب) بزرگی و (پ) جهت نیروی الکترواستاتیکی $\vec{F}_{el}$ وارد بر پروتون که در این میدان قرار گرفته است، چیست؟ (ت) بزرگی نیروی گرانشی $\vec{F}_g$ی وارد بر این پروتون چقدر است؟ (ث) نسبت F_{el}/F_g در این حالت چیست؟

• ۴۲ هوای مرطوب در میدان الکتریکی $۳٫۰\times۱۰^{۶}\,N/C$ دستخوش فروریزش الکتریکی می‌شود (مولکول‌های آن یونیده می‌گردند.) در این میدان، بزرگی نیروی الکترواستاتیکی وارد بر (الف) یک الکترون و (ب) یک یون که یک الکترون از دست داده است چقدر است؟

• ۴۳ الکترونی از حالت سکون در میدان الکتریکی یکنواختی به بزرگی $۲٫۰۰\times۱۰^{۴}\,N/C$ رها می‌شود. شتاب این الکترون را محاسبه کنید. (تأثیر گرانش را نادیده بگیرید.)

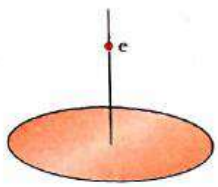
• ۴۴ ذره‌ی آلفا (هسته‌ی اتم هلیم) دارای جرم $۶٫۶۴\times۱۰^{-۲۷}\,kg$ و بار $+۲e$ است. (الف) بزرگی و (ب) جهت میدان الکتریکی‌ای که با نیروی گرانشی وارد بر ذره به توازن می‌رسد، چیست؟

• ۴۵ ILW الکترونی روی محور یک دوقطبی الکتریکی به فاصله‌ی ۲۵nm از مرکز دوقطبی قرار دارد. بزرگی نیروی الکترواستاتیکی وارد بر دوقطبی چقدر است، اگر گشتاور دوقطبی برابر با $۳٫۶\times۱۰^{-۲۹}\,C\cdot m$ باشد. فرض کنید ۲۵nm بسیار بزرگتر از فاصله‌ی جدایی بارهای دوقطبی است.

• ۴۶ الکترونی بر اثر یک میدان الکتریکی با $۱٫۸۰\times۱۰^{۹}\,m/s^{۲}$ رو به شرق شتاب می‌گیرد. (الف) بزرگی و (ب) جهت میدان الکتریکی را تعیین کنید.

• ۴۷ باریکه‌های پروتون‌های پرسرعت را می‌توان در "تفنگ‌هایی" ایجاد کرد که با استفاده از میدان‌های الکتریکی، پروتون‌ها را شتاب می‌دهند. (الف) اگر میدان الکتریکی تفنگ برابر با $۲٫۰\times۱۰^{۴}\,N/C$ باشد، شتاب پروتون چقدر خواهد شد؟ (ب) اگر این میدان در طی مسافت ۱٫۰۰cm به پروتون شتاب دهد، پروتون به چه تندی‌ای خواهد رسید؟

•• ۴۸ در شکل ۲۲-۵۹، الکترون (e) از حالت سکون روی محور مرکزی قرص باردار یکنواختی به شعاع R رها می‌شود. چگالی سطحی بار روی قرص $+۴٫۰۰\,\mu C/m^{۲}$ است. اگر الکترون از فاصله‌ی R (الف)، $R/۱۰۰$ (ب)، و $R/۱۰۰۰$ (پ) از مرکز قرص رها شود، بزرگی شتاب اولیه‌ی آن چقدر است؟ (ت) چرا با نزدیکتر شدن نقطه‌ی رهاشدگی به قرص، بزرگی شتاب الکترون فقط اندکی افزایش پیدا می‌کند؟



شکل ۲۲-۵۹ مسئله‌ی ۴۸

•• ۴۹ قطعه‌ای به جرم ۱۰٫۰g و بار $+۸٫۰۰\times۱۰^{-۵}\,C$ در میدان الکتریکی $\vec{E}=(۳۰۰\hat{i}-۶۰۰\hat{j})\,N/C$ قرار گرفته است. (الف) بزرگی و (ب) جهت (نسبت به سوی مثبت محور x) نیروی الکترواستاتیکی وارد بر قطعه چیست؟ اگر قطعه در زمان $t=۰$ از حالت سکون در مبدأ رها شود، مختصات (پ) x و (ت) y آن در $t=۳٫۰۰\,s$ چقدر می‌شود؟

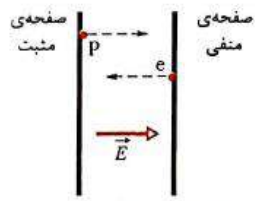
•• ۵۰ در لحظه‌ی معینی مؤلفه‌های سرعت الکترونی که بین دو صفحه‌ی باردار در حرکت است عبارت‌اند از $v_x=۱٫۵\times۱۰^{۵}\,m/s$ و $v_y=۳٫۰\times۱۰^{۳}\,m/s$. فرض کنید میدان الکتریکی میان این صفحات با $\vec{E}=(۱۲۰\,N/C)\hat{j}$ داده شود. برحسب نمادگذاری بردارهای یکه، (الف) شتاب الکترون در این میدان و (ب) سرعت الکترون وقتی مختصه‌ی x آن به اندازه‌ی ۲٫۰cm تغییر کرده است، چیست؟

•• ۵۱ فرض کنید زنبور عسل کره‌ای است به قطر ۱٫۰۰۰cm با بار $+۴۵٫۰\,pC$ که به‌طور یکنواختی روی سطح آن پخش شده است. همچنین فرض کنید که یک گرده‌ی کروی به قطر $۴۰٫۰\,\mu m$ به دلیل آنکه بار زنبور عسل، باری به اندازه‌ی $-۱٫۰۰\,pC$ را در طرف نزدیک‌تر این کره و باری به اندازه‌ی $+۱٫۰۰\,pC$ را در طرف دورتر آن القا می‌کند، به‌طور الکتریکی روی سطح این کره نگه داشته شده است. (الف) بزرگی نیروی الکترواستاتیکی خالص وارد بر گرده از سوی زنبور عسل چقدر است؟ سپس فرض کنید که این زنبور عسل، گرده را به فاصله‌ی ۱٫۰۰۰mm از نوک کلاله‌ی گل بیاورد و نیز فرض کنید که نوک کلاله ذره‌ای با بار $-۴۵٫۰\,pC$ است. (ب) بزرگی نیروی الکترواستاتیکی خالص وارد بر گرده از سوی کلاله چقدر است؟ (پ) آیا گرده روی زنبور عسل باقی می‌ماند یا اینکه به سوی کلاله حرکت می‌کند؟

•• ۵۲ الکترونی با سرعت اولیه‌ی $۴۰\,km/s$ هم‌جهت با میدانی به بزرگی $E=۵۰\,N/C$ وارد ناحیه‌ی این میدان می‌شود. (الف) تندی الکترون ۱٫۵ns پس از ورود به این ناحیه چقدر می‌شود؟ (ب) در حین این ۱٫۵ns، الکترون چه مسافتی را پیموده است؟

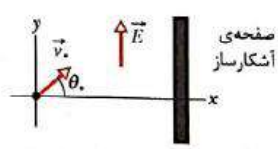
•• ۵۳ میان دو صفحه‌ی مسی موازی بزرگ که به فاصله‌ی ۵٫۰cm از هم قرار گرفته‌اند، میدان الکتریکی یکنواختی مانند شکل

۲۲-۶۰ برقرار شده است. الکترونی از صفحه‌ی منفی، همزمان با پروتونی که از صفحه‌ی مثبت رها شده است، رها می‌گردد. با چشم‌پوشی از نیرویی که این دو ذره بر هم وارد می‌کنند، فاصله‌ی آنها را از صفحه‌ی مثبت به هنگام عبور از کنار یکدیگر پیدا کنید (آیا برایتان جالب نیست که نیازی به دانستن میدان الکتریکی برای حلّ این مسئله ندارید؟)



شکل ۲۲-۶۰ مسئله‌ی ۵۳

۵۴•• GO در شکل ۲۲-۶۱، الکترونی با تندی اولیه‌ی $v_0 = 2{,}00\times10^6\ \mathrm{m/s}$، تحت زاویه‌ی $\theta_0 = 40{,}0^\circ$ نسبت به محور x شلیک شده است و در میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E} = (5{,}00\ \mathrm{N/C})\hat{j}$ حرکت می‌کند. صفحه‌ای برای آشکارسازی الکترون‌ها، موازی محور y در فاصله‌ی $x = 3{,}00\ \mathrm{m}$، قرار داده شده است. برحسب نمادگذاری بردارهای یکه، سرعت الکترون وقتی به این صفحه برخورد می‌کند، چگونه است؟



شکل ۲۲-۶۱ مسئله‌ی ۵۴

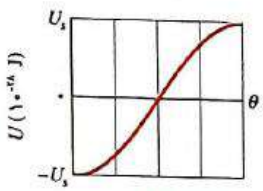
۵۵•• ILW در فضای میان این دو صفحه‌ی باردار با علامت مخالف، میدان الکتریکی یکنواختی وجود دارد. الکترونی از حالت سکون از روی سطح صفحه‌ی باردار منفی رها می‌شود و پس از $1{,}5\times10^{-8}\ \mathrm{s}$ با صفحه‌ی مقابل که به فاصله‌ی $2{,}0\ \mathrm{cm}$ از آن قرار دارد، برخورد می‌کند. (الف) تندی الکترون به هنگام برخورد با صفحه‌ی دوم چقدر است؟ (ب) بزرگی میدان الکتریکی $\vec{E}$ چیست؟

بخش ۲۲-۷ دوقطبی در میدان الکتریکی

۵۶• یک دوقطبی الکتریکی متشکل از بارهای $+2e$ و $-2e$ است که به فاصله‌ی $0{,}78\ \mathrm{nm}$ از هم قرار گرفته‌اند. این دوقطبی در میدان الکتریکی‌ای به بزرگی $3{,}4\times10^6\ \mathrm{N/C}$ قرارگرفته است. بزرگی گشتاور نیروی وارد بر دوقطبی را در هنگامی محاسبه کنید که گشتاور دوقطبی (الف) موازی با، (ب) عمود بر، و (پ) پادموازی با میدان الکتریکی باشد.

۵۷• یک دوقطبی الکتریکی که متشکل از بارهایی به بزرگی $1{,}50\ \mathrm{nC}$ و به فاصله‌ی جدایی $6{,}20\ \mu\mathrm{m}$ است در میدان الکتریکی‌ای به بزرگی $1100\ \mathrm{N/C}$ قرار گرفته است. (الف) بزرگی گشتاور دوقطبی الکتریکی و (ب) اختلاف بین انرژی‌های پتانسیل مربوط به سمتگیری‌های موازی و پادموازی دوقطبی با میدان الکتریکی $\vec{E}$ چقدر است؟

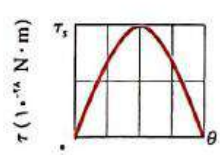
۵۸•• یک دوقطبی الکتریکی خاص در میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E}$ به بزرگی $20\ \mathrm{N/C}$ قرار گرفته است. شکل ۲۲-۶۲ انرژی پتانسیل Uی دوقطبی را برحسب زاویه‌ی θی بین $\vec{E}$ و گشتاور دوقطبی $\vec{p}$ نشان می‌دهد. محور قائم با $U_s = 100\times10^{-28}\ \mathrm{J}$ مقیاس‌بندی شده است. بزرگی $\vec{p}$ چقدر است؟



شکل ۲۲-۶۲ مسئله‌ی ۵۸

۵۹•• برای چرخاندن یک دوقطبی با گشتاور دوقطبی $p = 3{,}02\times10^{-25}\ \mathrm{C\cdot m}$ به اندازه‌ی 180° در میدان الکتریکی یکنواختی به بزرگی $E = 46{,}0\ \mathrm{N/C}$ چقدر کار لازم است، در صورتی که زاویه‌ی اولیه 64° باشد؟

۶۰•• یک دوقطبی الکتریکی خاص در میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E}$ با بزرگی $40\ \mathrm{N/C}$ قرار گرفته است. شکل ۲۲-۶۳ بزرگی τی گشتاور نیروی وارد بر دوقطبی را برحسب زاویه‌ی θی بین $\vec{E}$ و گشتاور دوقطبی $\vec{p}$ نشان می‌دهد. محور قائم با $\tau_s = 100\times10^{-28}\ \mathrm{N\cdot m}$ مقیاس‌بندی شده است. بزرگی $\vec{p}$ چقدر است؟



شکل ۲۲-۶۳ مسئله‌ی ۶۰

۶۱•• برای بسامد نوسان‌های کم‌دامنه‌ی یک دوقطبی الکتریکی با گشتاور دوقطبی $\vec{p}$ و لختی‌چرخشی I حول مکان تعادل آن در میدان الکتریکی یکنواختی به بزرگی E، عبارتی را به‌دست آورید.

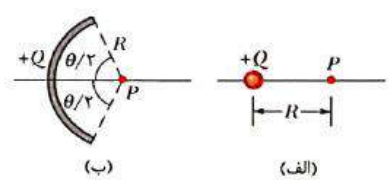
مسئله‌های تکمیلی

۶۲ (الف) بزرگی شتاب یک الکترون در میدان الکتریکی یکنواختی به بزرگی $1{,}40\times10^6\ \mathrm{N/C}$ چقدر است؟ (ب) با شروع از حالت سکون، چقدر طول می‌کشد تا الکترون به یک- دهم سرعت نور برسد؟ (پ) در این مدت، الکترون چه مسافتی را پیموده است؟

۶۳ یک قطره‌ی آب کروی به قطر $1/20\mu m$ بر اثر میدان الکتریکی جوّی پایین‌سویی به بزرگی $E = 462 N/C$ در هوای آرام معلق شده است. (الف) بزرگی نیروی گرانشی وارد بر این قطره چقدر است؟ (ب) این قطره، چند الکترون اضافی دارد؟

۶۴ سه ذره، هر یک با بار مثبت Q، تشکیل مثلث متساوی‌الاضلاعی را داده‌اند که طول هر ضلع آن برابر با d است. بزرگی میدان الکتریکی حاصل از این ذره‌ها در وسط هر ضلع چقدر است؟

۶۵ در شکل ۲۲-۶۴ الف، ذره‌ای با بار $+Q$ میدانی الکتریکی به بزرگی $E_{ذره}$ را در نقطه‌ی P، به فاصله‌ی R از این ذره ایجاد می‌کند. در شکل ۲۲-۶۴ ب، همان مقدار بار به‌طور یکنواخت روی کمانی دایره‌ای به شعاع R و زاویه‌ی θ پخش شده است. بار روی این کمان، میدانی الکتریکی به بزرگی $E_{کمان}$ را در مرکز خمیدگی P ی آن ایجاد می‌کند. به‌ازای چه مقداری از θ، $E_{کمان} = 0/500 E_{ذره}$ است؟ (*راهنمایی:* شما احتمالاً یک حلّ ترسیمی را به‌کار می‌گیرید.)

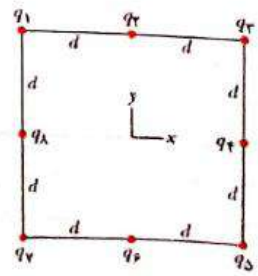


شکل ۲۲-۶۴ مسئله‌ی ۶۵

۶۶ یک پروتون و یک الکترون دو رأس مثلث متساوی‌الاضلاعی را تشکیل داده‌اند که طول هر ضلع آن $2/0 \times 10^{-6} m$ است. بزرگی میدان الکتریکی خالص حاصل از این دو ذره در محل رأس سوم چقدر است؟

۶۷ باری (با چگالی خطی یکنواخت $9/0 nC/m$) روی تاری قرار دارد که بر محور x از $x = 0$ تا $x = 3/0 m$ امتداد یافته است. بزرگی میدان الکتریکی را در $x = 4/0 m$ روی محور x تعیین کنید.

۶۸ در شکل ۲۲-۶۵، هشت ذره تشکیل مربعی را داده‌اند که در آن $d = 2/0 cm$ است. بارها عبارت‌اند از: $q_1 = +3e$، $q_2 = +e$، $q_3 = -5e$، $q_4 = -2e$، $q_5 = +3e$، $q_6 = +e$، $q_7 = -5e$، و $q_8 = +e$. برحسب نمادگذاری بردارهای یکه، میدان الکتریکی خالصی که این ذره‌ها در مرکز مربع ایجاد می‌کنند، چگونه است؟



شکل ۲۲-۶۵ مسئله‌ی ۶۸

۶۹ دو ذره، هر یک با بار $12 nC$، در دو رأس مثلث متساوی‌الاضلاعی به ضلع $2/0 m$ قرار دارند. بزرگی میدان الکتریکی در رأس سوم چقدر است، در صورتی که (الف) هر دو بار مثبت و (ب) یکی از بارها مثبت و دیگری منفی باشد؟

۷۰ جدول زیر بارهایی را نشان می‌دهد که میلیکان در آزمایش خود در زمان‌های مختلف روی یک قطره مشاهده کرد. با استفاده از این داده‌ها، بار بنیادی e را محاسبه کنید.

$6/563 \times 10^{-19} C$	$13/13 \times 10^{-19} C$	$19/71 \times 10^{-19} C$
$8/204 \times 10^{-19} C$	$16/48 \times 10^{-19} C$	$22/89 \times 10^{-19} C$
$11/50 \times 10^{-19} C$	$18/08 \times 10^{-19} C$	$26/13 \times 10^{-19} C$

۷۱ بار $20 nC$ به‌طور یکنواخت روی میله‌ی مستقیمی به طول $4/0 m$ توزیع شده است که به شکل کمانی دایره‌ای به شعاع $2/0 m$ درآمده است. بزرگی میدان الکتریکی در مرکز خمیدگی این کمان چقدر است؟

۷۲ الکترونی مقید است که بر محور مرکزی حلقه‌ی باردار شکل ۲۲-۱۱ به شعاع R، با $z \ll R$، حرکت کند. نشان دهید نیروی الکتروستاتیکی وارد بر الکترون می‌تواند موجب نوسان آن حول مرکز حلقه با بسامد زاویه‌ای زیر شود

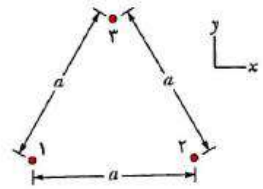
$$\omega = \sqrt{\frac{eq}{4\pi\varepsilon_0 mR^3}}$$

که در آن q بار حلقه و m جرم الکترون است.

۷۳ میدان الکتریکی در صفحه‌ی xy حاصل از ذره‌ی باردار مثبتی واقع در نقطه‌ی $(3/0, 3/0) cm$ برابر $7/2(4/0\hat{i} + 3/0\hat{j}) N/C$ و در نقطه‌ی $(2/0, 0) cm$ برابر $100\hat{i} N/C$ است. مختصه‌ی (الف) x و (ب) y این ذره چیست؟ (پ) بار روی ذره چقدر است؟

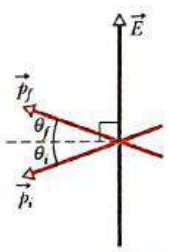
۷۴ (الف) چه بار کلّ (اضافی) q یی باید روی قرص شکل ۲۲-۱۵ باشد تا بزرگی E ی میدان الکتریکی روی سطح قرص در مرکز آن برابر $3/0 \times 10^6 N/C$ شود، مقداری که موجب فروریزش الکتریکی هوا و تخلیه‌ی جرقه‌ای می‌شود؟ شعاع قرص را $2/5 cm$ در نظر بگیرید. (ب) فرض کنید هر اتم سطحی دارای سطح مقطع مؤثر $0/015 nm^2$ است. به چند اتم نیاز است تا سطح این قرص ساخته شود؟ (پ) مقدار بار محاسبه شده در قسمت (الف) ناشی از اتم‌های سطحی است که دارای یک الکترون اضافی هستند. چه کسری از این اتم‌ها باید این‌چنین باردار شده باشند؟

۷۵ در شکل ۲۲-۶۶، ذره‌ی ۱ (با بار $+1/00\mu C$)، ذره‌ی ۲ (با بار $+1/00\mu C$)، و ذره‌ی ۳ (با بار Q) تشکیل مثلث متساوی‌الاضلاعی به ضلع a را داده‌اند. به‌ازای چه مقداری از q (بزرگی همراه با علامت) میدان الکتریکی خالص حاصل از این سه ذره در مرکز مثلث برابر صفر می‌شود؟



شکل ۲۲-۶۶ مسئله‌های ۷۵ و ۸۶

۷۶ در شکل ۲۲-۶۷، یک دوقطبی الکتریکی از سمتگیری اولیه‌ی i $(\theta_i = ۲۰٫۰°)$ به سمتگیری نهایی f $(\theta_f = ۲۰٫۰°)$ در یک میدان الکتریکی یکنواخت خارجی $\vec{E}$ تاب می‌خورد. گشتاور دوقطبی الکتریکی $۱٫۶۰\times۱۰^{-۲۷}\,\mathrm{C\cdot m}$ و بزرگی میدان $۳٫۰۰\times۱۰^{۶}\,\mathrm{N/C}$ است. تغییر انرژی پتانسیل دوقطبی چقدر است؟



شکل ۲۲-۶۷ مسئله‌ی ۷۶

۷۷ ذره‌ای با بار $-q_۱$ در مبداء محور x قرار دارد. (الف) ذره‌ای با بار $-۴q_۱$ در چه مکانی روی این محور باید قرار داده شود تا میدان الکتریکی خالص در $x = ۲٫۰\,\mathrm{mm}$ برابر صفر شود؟ (ب) اگر، به جای این ذره، ذره‌ای با بار $+۴q_۱$ در آن مکان قرار داده شود، جهت میدان الکتریکی خالص (نسبت به سوی مثبت محور x) در $x = ۲٫۰\,\mathrm{mm}$ چگونه می‌شود؟

۷۸ دوذره، هر یک با بار مثبت q، روی محور y، یکی در $y = d$ و دیگری در $y = -d$ ثابت شده‌اند. (الف) عبارتی بنویسید که بزرگی E ی میدان الکتریکی خالص حاصل از این دو ذره را در نقاطی به‌دست دهد که با $x = \alpha d$ داده شده‌اند. (ب) برای گستره‌ی $۰ < \alpha < ۴$، E را برحسب α رسم کنید. از روی این نمودار، مقادیر αیی را تعیین کنید که (پ) مقدار بیشینه‌ی E و (ت) نصف مقدار بیشینه‌ی E را به‌دست دهند.

۷۹ یک صفحه‌ی ساعت دارای بارهای نقطه‌ای $-q$، $-۲q$، $-۳q$، ...، $-۱۲q$ است که در مکان‌های مربوط به شماره‌ی آنها قرار گرفته‌اند. عقربه‌های ساعت، میدان الکتریکی خالص حاصل از این بارهای نقطه‌ای را بر هم نمی‌زنند. در چه زمانی، عقربه‌ی ساعت‌شمار در همان جهتی است که بردار میدان الکتریکی در مرکز صفحه‌ی ساعت قرار دارد؟ (*راهنمایی:* از تقارن استفاده کنید.)

۸۰ گشتاور دوقطبی الکتریکی یک الکترون و یک پروتون را که در فاصله‌ی $۴٫۳۰\,\mathrm{nm}$ از هم قرار دارند، محاسبه کنید.

۸۱ میدان الکتریکی $\vec{E}$ در جوّ نزدیک سطح زمین دارای بزرگی متوسطی حدود $۱۵۰\,\mathrm{N/C}$ و رو به پایین است. می‌خواهیم کره‌ای از جنس گوگرد به وزن $۴٫۴\,\mathrm{N}$ را با باردار کردن آن در این میدان "شناور کنیم". (الف) از چه باری (بزرگی همراه با علامت) باید استفاده شود؟ (ب) چرا این آزمایش، عملی نیست؟

۸۲ بر میله‌ای کمانی با شعاع خمیدگی $R = ۹٫۰۰\,\mathrm{cm}$ و زاویه‌ی $\theta = ۲٫۴۰\,\mathrm{rad}$، بار مثبت $Q = ۶٫۲۵\,\mathrm{pC}$ به‌طور یکنواختی توزیع شده است. بزرگی میدان الکتریکی Q ی حاصل در مرکز خمیدگی چقدر است؟

۸۳ یک دوقطبی الکتریکی با گشتاور دوقطبی

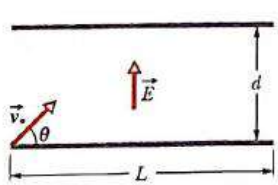
$$\vec{p} = (۳٫۰۰\hat{i} + ۴٫۰۰\hat{j})(۱٫۲۴\times۱۰^{-۳۰}\,\mathrm{C\cdot m})$$

در میدان الکتریکی $\vec{E} = (۴۰۰۰\,\mathrm{N/C})\hat{i}$ قرار دارد. (الف) انرژی پتانسیل این دوقطبی الکتریکی چقدر است؟ (ب) گشتاور نیروی وارد بر آن چیست؟ (پ) اگر یک عامل خارجی دوقطبی را تا وضعیتی بچرخاند که گشتاور دوقطبی الکتریکی آن

$$\vec{p} = (-۴٫۰۰\hat{i} + ۳٫۰۰\hat{j})(۱٫۲۴\times۱۰^{-۳۰}\,\mathrm{C\cdot m})$$

شود، چقدر کار توسط آن عامل خارجی صورت گرفته است؟

۸۴ در شکل ۲۲-۶۸، بر اثر باردار شدن مثبتِ صفحه‌ی پایینی و باردار شدن منفیِ صفحه‌ی بالایی، میدان الکتریکی یکنواخت بالاسوی $\vec{E}$ به بزرگی $۲٫۰۰\times۱۰^{۳}\,\mathrm{N/C}$ بین این دو صفحه ایجاد شده است. طول هر صفحه $L = ۱۰٫۰\,\mathrm{cm}$ و فاصله‌ی جدایی آنها $d = ۲٫۰۰\,\mathrm{cm}$ است. سپس الکترونی از لبه‌ی چپ صفحه‌ی پایینی به فضای میان دو صفحه شلیک می‌شود. سرعت اولیه‌ی $\vec{v}_۰$ الکترون با صفحه‌ی پایینی زاویه‌ی $\theta = ۴۵٫۰°$ می‌سازد و دارای بزرگی $۶٫۰۰\times۱۰^{۶}\,\mathrm{m/s}$ است. (الف) آیا الکترون با یکی از این دو صفحه برخورد می‌کند؟ (ب) اگر چنین است، با کدامیک از آنها و در چه فاصله‌ی افقی از لبه‌ی سمت چپ؟



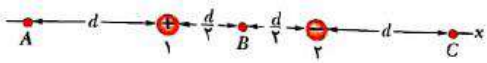
شکل ۲۲-۶۸ مسئله‌ی ۸۴

۸۵ برای داده‌های مسئله ۷۰ فرض کنید که بار qی روی قطره با $q = ne$ داده می‌شود، که n یک عدد درست و e بار بنیادی است. (الف) n را برای هر مقدار معین q به‌دست آورید. (ب) یک برازش رگرسیون خطی[۱] از مقادیر q برحسب مقادیر n انجام دهید و سپس با استفاده از آن برازش، e را تعیین کنید.

[۱] linear regression fit

۸۶ در شکل ۲۲-۶۶ ، ذره‌ی ۱ (با بار $+۲٫۰۰\text{pC}$)، ذره‌ی ۲ (با بار $-۲٫۰۰\text{pC}$)، و ذره‌ی ۳ (با بار $+۵٫۰۰\text{pC}$) تشکیل مثلث متساوی‌الاضلاعی را به‌طول ضلع $a = ۹٫۵۰\text{cm}$ داده‌اند. (الف) نسبت به سوی مثبت محور x، جهت نیروی $\vec{F}_۳$ ی وارد بر ذره‌ی ۳ از سوی دو ذره‌ی دیگر را با رسم خطوط میدان الکتریکی آن دو ذره، تعیین کنید. (ب) بزرگی نیروی $\vec{E}_۳$ را محاسبه کنید.

۸۷ در شکل ۲۲-۶۹ ، ذره‌ی ۱ با بار $q_۱ = ۱٫۰۰\text{pC}$ و ذره‌ی ۲ با بار $q_۲ = -۲٫۰۰\text{pC}$ در فاصله‌ی $d = ۵٫۰۰\text{cm}$ از یکدیگر ثابت شده‌اند. برحسب نمادگذاری بردارهای یکه، میدان الکتریکی خالص در نقطه‌های (الف) A ، (ب) B ، و (پ) C چگونه است؟ (ت) خطوط میدان الکتریکی را رسم کنید.



شکل ۲۲-۶۹ مسئله‌ی ۸۷