مسئله‌ها

GO حل با راهنمایی مرحله به مرحله (بسته به صلاحدید مدرّس) در *WileyPLUS* و WebAssign موجود است.

••• - • تعداد نقطه‌ها سطح دشواری مسئله را مشخص می‌کند. ILW حل در http://www.wiley.com/college/halliday داده شده است.

WWW حل به روش تعاملی در

اطلاعات بیشتر در کتاب نمایش هیجان‌انگیز فیزیک و در www.flyingcircusofphysics.com

بخش ۲۴-۱ پتانسیل الکتریکی

• ۱ یک باتری ۱۲V اتومبیل می‌تواند از طریق یک مدار، بار کلّ ۸۴A·h (۸۴ آمپر-ساعت) را از پایانه‌ای به پایانه‌ی دیگر باتری بفرستد. (الف) این بار نشان‌دهنده‌ی چند کولن است؟ (*راهنمایی:* معادله‌ی ۲۱-۳ را ببینید.) (ب) اگر کلّ این بار تحت اختلاف پتانسیل ۱۲V قرار گیرد، چقدر انرژی منتقل شده است؟

• ۲ اختلاف پتانسیل الکتریکی میان سطح زمین و ابر در یک توفان تندری خاص برابر با $1{,}2\times10^{9}\,V$ است. برحسب الکترون-ولت، بزرگی تغییر در انرژی پتانسیل الکترونی که میان زمین و ابر حرکت کند، چقدر است؟

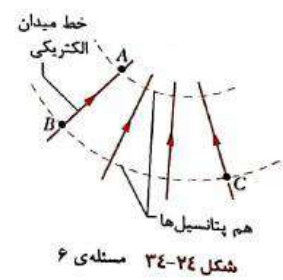
• ۳ فرض کنید در یک آذرخش اختلاف پتانسیل بین ابر و سطح زمین $1{,}0\times10^{9}\,V$ و مقدار بار منتقل شده 30C است. (الف) تغییر انرژی حاصل از این انتقال بار چقدر است؟ (ب) اگر همه‌ی این انرژی آزاد شده را بتوان برای شتاب دادن یک اتومبیل ۱۰۰۰ کیلوگرمی ساکن به کار برد، تندی نهایی آن چقدر خواهد شد؟

بخش ۲۴-۲ سطوح هم‌پتانسیل و میدان الکتریکی

• ۴ دو صفحه‌ی رسانای موازی و بزرگ که به فاصله‌ی 12cm از هم قرار دارند، دارای بارهایی با بزرگی مساوی و علامت مخالف روی سطح‌های مقابل هم‌اند. یک نیروی الکتروستاتیکی به بزرگی $3{,}9\times10^{-15}\,N$ بر الکترونی وارد می‌شود که در جایی بین این دو صفحه قرار گرفته است. (از اثر لبه‌ها چشم‌پوشی کنید.) (الف) میدان الکتریکی را در مکان الکترون پیدا کنید. (ب) اختلاف پتانسیل میان صفحه‌ها چقدر است؟

• ۵ یک ورقه‌ی نارسانای نامتناهی دارای باری با چگالی سطحی $\sigma=0{,}10\,\mu C/m^2$ روی یک طرف خود است. سطوح هم‌پتانسیلی که به اندازه‌ی 50V اختلاف پتانسیل دارند، در چه فاصله‌ای از هم قرار گرفته‌اند؟

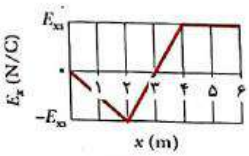
• ۶ وقتی یک الکترون در راستای یکی از خطوط میدان شکل ۲۴-۳۴ از A به B حرکت کند، میدان الکتریکی کاری برابر $3{,}94\times10^{-19}\,J$ روی آن انجام می‌دهد. اختلاف پتانسیل الکتریکی (الف) V_B-V_A، (ب) V_C-V_A، و (پ) V_C-V_B چقدر است؟



شکل ۲۴-۳۴ مسئله‌ی ۶

•• ۷ میدان الکتریکی در ناحیه‌ای از فضا دارای مؤلفه‌های $E_y=E_z=0$ و $E_x=(400\,N/C)x$ است. نقطه‌ی A روی محور y در $y=3{,}00\,m$، و نقطه‌ی B روی محور x در $x=4{,}00\,m$ قرار دارد. اختلاف پتانسیل V_B-V_A چقدر است؟

•• ۸ نمودار مؤلفه‌ی x میدان الکتریکی برحسب تابعی از x در ناحیه‌ای از فضا، در شکل ۲۴-۳۵ نشان داده شده است. محور قائم با $E_{xs}=20{,}0\,N/C$ مقیاس‌بندی شده است. مؤلفه‌های y و z میدان الکتریکی در این ناحیه برابر با صفرند. اگر پتانسیل الکتریکی در مبدأ برابر 10V باشد، (الف) پتانسیل الکتریکی در $x=2{,}0\,m$ چقدر است؟ (ب) بزرگترین مقدار مثبت پتانسیل الکتریکی برای نقاط روی محور x در گستره‌ی $0\le x\le 6{,}0\,m$ چقدر است؟ و (ب) به‌ازای چه مقداری از x، پتانسیل الکتریکی برابر با صفر می‌شود؟



شکل ۲۴-۳۵ مسئله‌ی ۸

•• ۹ یک ورقه‌ی نارسانای نامتناهی دارای چگالی سطحی بار $\sigma=+5{,}80\,pC/m^2$ است. (الف) اگر ذره‌ای به بار $q=+1{,}60\times10^{-19}\,C$ از روی این ورقه به نقطه‌ی P به فاصله‌ی $d=3{,}56\,cm$ از آن جابه‌جا شود، میدان الکتریکی حاصل از ورقه چقدر کار انجام داده است؟ (ب) اگر پتانسیل الکتریکی V روی این ورقه صفر اختیار شود، پتانسیل V در نقطه‌ی P چقدر است؟

•••• ۱۰ GO دو صفحه‌ی نارسانای نامتناهی و باردار یکنواخت موازی صفحه‌ی xy و در مکان‌های $x=-50\,cm$ و $x=+50\,cm$ قرار گرفته‌اند. چگالی بار روی این صفحه‌ها به‌ترتیب عبارت‌اند از $-50\,nC/m^2$ و $+25\,nC/m^2$. بزرگی اختلاف پتانسیل بین این ناحیه و نقطه‌ای روی محور x در $x=+80\,cm$ چقدر است؟ (*راهنمایی:* از قانون گاوس استفاده کنید.)

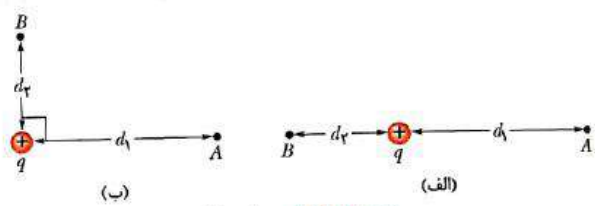
•••• ۱۱ یک کره‌ی نارسانا دارای شعاع $R=2{,}31\,cm$ و بار $q=+3{,}50\,fC$ است که به‌طور یکنواختی توزیع شده است. پتانسیل الکتریکی را در مرکز کره $V_0=0$ اختیار کنید. مقدار V در فاصله‌ی شعاعی (الف) $r=1{,}45\,cm$ و (ب) $r=R$ چقدر است؟ (راهنمایی: بخش ۲۳-۶ را ببینید.)

بخش ۲۴-۳ پتانسیل حاصل از یک بار نقطه‌ای

۱۲• وقتی یک شاتل فضایی از میان یک گاز یونیده‌ی رقیق در جوّ زمین عبور می‌کند، در حین یک دور گردش، پتانسیل آن نوعاً به اندازه‌ی $1/0\,V-$ تغییر می‌کند. با فرض اینکه شاتل کره‌ای به شعاع $10\,m$ است، مقدار باری را که روی آن جمع می‌شود، تخمین بزنید.

۱۳• (الف) بار و (ب) چگالی بار روی سطح یک کره‌ی رسانا به شعاع $0/15\,m$ که پتانسیل آن (با $V=0$ در فاصله‌ی نامتناهی) $200\,V$ است، چقدر است؟

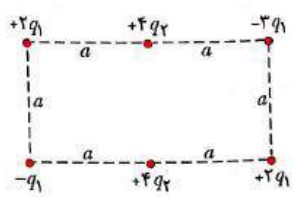
۱۴• بار نقطه‌ای $q=1/0\,\mu C$، نقطه‌ی A به فاصله‌ی $d_1=2/0\,m$ از q، و نقطه‌ی B به فاصله‌ی $d_2=1/0\,m$ را در نظر بگیرید. (الف) اگر A و B، مانند شکل ۲۴-۳۶ الف، به طور قطری در مقابل هم قرار گرفته باشند، اختلاف پتانسیل الکتریکی V_A-V_B چقدر است؟ (ب) اگر A و B در مکان‌هایی مطابق شکل ۲۴-۳۶ قرار گرفته باشند، آن اختلاف پتانسیل الکتریکی چقدر می‌شود؟



شکل ۲۴-۳۶ مسئله‌ی ۱۴

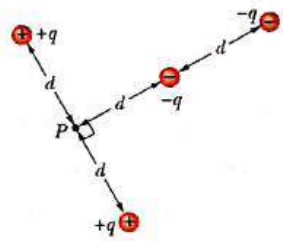
۱۵•• ILW یک قطره‌ی کروی آب که حامل $30\,pC$ بار است دارای پتانسیل $500\,V$ (به‌ازای $V=0$ در فاصله‌ی نامتناهی) روی سطح خود است. (الف) شعاع این قطره چقدر است؟ (ب) اگر دو قطره با همین بار و همین شعاع، تشکیل قطره‌ی کروی واحدی را بدهند، پتانسیل روی سطح این قطره‌ی جدید چقدر می‌شود؟

۱۶•• GO شکل ۲۴-۳۷ آرایه‌ای مستطیلی از چند ذره‌ی باردار را نشان می‌دهد که در مکان‌های خود، به فاصله‌های $a=39/0\,cm$، ثابت شده‌اند و بارهای نشان داده در شکل مضرب‌های درستی از $q_1=3/40\,pC$ و $q_2=6/00\,pC$ هستند. به‌ازای $V=0$ در فاصله‌ی نامتناهی، پتانسیل الکتریکی خالص در مرکز مستطیل چقدر است؟ *(راهنمایی:* یک وارسی ذهنی می‌تواند از میزان محاسبات بکاهد.)



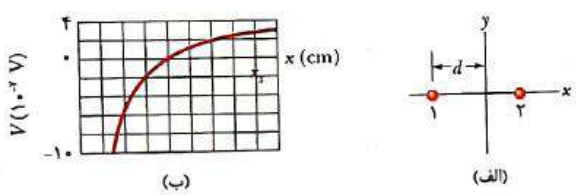
شکل ۲۴-۳۷ مسئله‌ی ۱۶

۱۷•• GO در شکل ۲۴-۳۸ پتانسیل الکتریکی خالص حاصل از چهار بار در نقطه‌ی P چقدر است، درصورتی‌که $q=5/00\,fC$، $d=4/00\,cm$، و در فاصله‌ی نامتناهی $V=0$ باشد؟



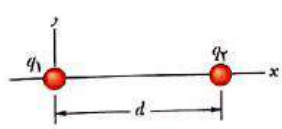
شکل ۲۴-۳۸ مسئله‌ی ۱۷

۱۸••• GO دو ذره‌ی باردار در شکل ۲۴-۳۹ الف نشان داده شده است. ذره‌ی ۱، با بار q_1، در مکان خود به فاصله‌ی d ثابت شده است. ذره‌ی ۲، با بار q_2 می‌تواند روی محور x حرکت کند. شکل ۲۴-۳۹ ب پتانسیل الکتریکی خالص V ی ناشی از این دو ذره را برحسب تابعی از مختصه‌ی x ذره‌ی ۲ نشان می‌دهد. محور x با $x_s=16/0\,cm$ مقیاس‌بندی شده است. در $x\to\infty$، منحنی دارای مجانب $V=5/76\times10^{-7}\,V$ است. q_2 برحسب e چقدر است؟



شکل ۲۴-۳۹ مسئله‌ی ۱۸

۱۹•• در شکل ۲۴-۴۰، ذره‌های $q_1=+5e$ و $q_2=-15e$ در مکان‌های خود به فاصله‌ی $d=24/0\,cm$ ثابت شده‌اند. به‌ازای $V=0$ در فاصله‌ی نامتناهی، مقدار متناهی (الف) مثبت و (ب) منفی x که در آن پتانسیل الکتریکی خالص روی محور x برابر صفر است، چیست؟



شکل ۲۴-۴۰ مسئله‌های ۱۹ و ۲۰

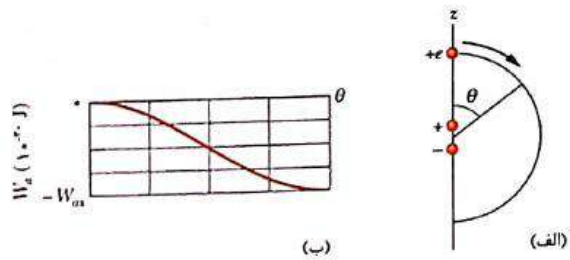
۲۰•• دو ذره‌ی باردار q_1 و q_2 در شکل ۲۴-۴۰ به فاصله‌ی d از هم قرار گرفته‌اند. میدان الکتریکی خالص حاصل این ذره‌ها در $x=d/4$ برابر با صفر است. به‌ازای $V=0$ در فاصله‌ی نامتناهی، (برحسب d) نقطه‌ای روی محور x (غیر از فاصله‌ی نامتناهی) را بیابید که در آن پتانسیل الکتریکی حاصل از این دو ذره صفر باشد.

بخش ۲۴-۴ پتانسیل حاصل از یک دوقطبی الکتریکی

۲۱• ILW مولکول آمونیاک NH_3 دارای گشتاور دوقطبی الکتریکی دائمی‌ای برابر با $1/47\,D$ است، که در آن $1\,D=3/34\times10^{-30}\,C.m$ یکای دبی. پتانسیل الکتریکی حاصل از یک مولکول آمونیاک را در نقطه‌ای به فاصله‌ی $52/0\,nm$

روی محور دوقطبی محاسبه کنید. (در فاصله‌ی نامتناهی $V = 0$ اختیار کنید.)

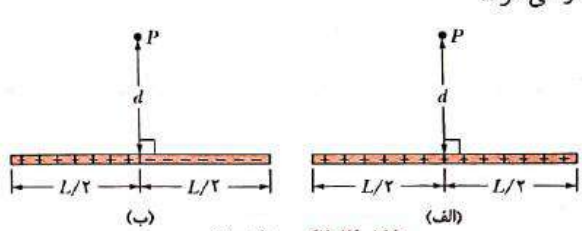
• ۲۲ در شکل ۲۴-۴۱ الف، ذره‌ای با بار $+e$ ابتدا در مختصه‌ی $z = 20\,\text{nm}$ روی محور عبوری از یک دوقطبی و در طرف مثبت آن قرار دارد. (مبداء z در مرکز دوقطبی واقع است.) سپس ذره روی مسیری دایره‌ای، دور مرکز دوقطبی می‌چرخد تا اینکه به مختصه‌ی $z = -20\,\text{nm}$ برسد. شکل ۲۴-۴۱ ب کار W_aای انجام شده توسط نیرویی که ذره را حرکت می‌دهد بر حسب زاویه‌ی θی مکان ذره نسبت به سوی مثبت محور z نشان می‌دهد. محور قائم با $W_{as} = 4.0 \times 10^{-30}\,\text{J}$ مقیاس‌بندی شده است. بزرگی گشتاور دوقطبی چقدر است؟



شکل ۲۴-۴۱ مسئله‌ی ۲۲

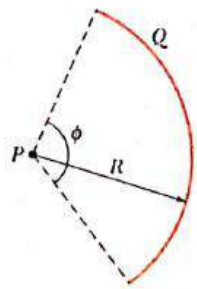
بخش ۲۴-۵ پتانسیل حاصل از یک توزیع بار پیوسته

• ۲۳ (الف) شکل ۲۴-۴۲ الف یک میله‌ی نارسانا به طول $L = 6.00\,\text{cm}$ و چگالی خطی بار یکنواخت $\lambda = +3.68\,\text{pC/m}$ را نشان می‌دهد. در فاصله‌ی نامتناهی $V = 0$ اختیار کنید. V در نقطه‌ی P به فاصله‌ی $d = 8.00\,\text{cm}$ روی عمود منصف این میله چقدر است؟ (ب) شکل ۲۴-۴۲ ب میله‌ی مشابهی را نشان می‌دهد، با این تفاوت که اکنون یک نیمه‌ی آن باردار منفی شده است. هر دو نیمه دارای چگالی خطی باری به بزرگی $3.68\,\text{pC/m}$ هستند. به‌ازای $V = 0$ در فاصله‌ی نامتناهی، مقدار V در نقطه‌ی P چقدر می‌شود؟



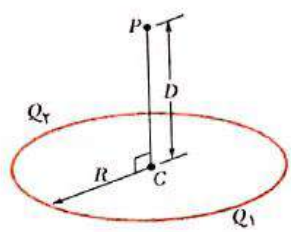
شکل ۲۴-۴۲ مسئله‌ی ۲۳

• ۲۴ در شکل ۲۴-۴۳، یک میله‌ی پلاستیکی به شکل کمانی دایره‌ای به شعاع $R = 3.71\,\text{cm}$ و زاویه‌ی مرکزی $Q = 120°$ در آمده است، و دارای بار $Q = -25.6\,\text{pC}$ است که به‌طور یکنواختی روی آن توزیع شده است. به‌ازای $V = 0$ در فاصله‌ی نامتناهی، پتانسیل الکتریکی در نقطه‌ی P، واقع در مرکز خمیدگی میله، چقدر است؟



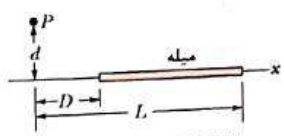
شکل ۲۴-۴۳ مسئله‌ی ۲۴

• ۲۵ یک میله‌ی پلاستیکی به شکل دایره‌ای به شعاع $R = 8.20\,\text{cm}$ در آمده است. این میله دارای بار $Q_1 = +4.20\,\text{pC}$ روی یک‌ـ چهارم محیط خود و بار $Q_2 = -6Q_1$ روی بقیه‌ی آن است که به‌طور یکنواختی توزیع شده‌اند (شکل ۲۴-۴۴). به‌ازای $V = 0$ در فاصله‌ی نامتناهی، پتانسیل الکتریکی در (الف) مرکز Cی دایره و (ب) نقطه‌ی P که روی محور مرکزی دایره به فاصله‌ی $D = 6.71\,\text{cm}$ از این مرکز قرار دارد، چیست؟



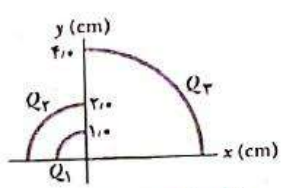
شکل ۲۴-۴۴ مسئله‌ی ۲۵

•• ۲۶ شکل ۲۴-۴۵ میله‌ی باریکی با چگالی بار یکنواخت $2.00\,\mu\text{C/m}$ را نشان می‌دهد. اگر $d = D = L/4.00$ باشد، پتانسیل الکتریکی را در نقطه‌ی P محاسبه کنید.



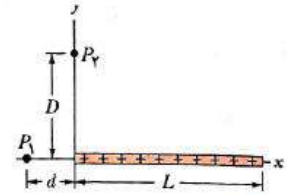
شکل ۲۴-۴۵ مسئله‌ی ۲۶

•• ۲۷ در شکل ۲۴-۴۶، سه میله‌ی پلاستیکی نازک، ربع دایره‌هایی را تشکیل داده‌اند که مرکز مشترک خمیدگی آنها در مبدأ قرار دارد. بارهای یکنواخت روی میله‌ها عبارت‌اند از $Q_1 = +30\,\text{nC}$، $Q_2 = +3.0Q_1$ و $Q_3 = -8.0Q_1$. پتانسیل الکتریکی خالص حاصل از این میله‌ها در مبدأ چقدر است؟



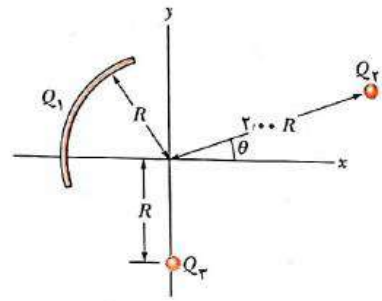
شکل ۲۴-۴۶ مسئله‌ی ۲۷

●●۲۸ GO شکل ۲۴-۴۷ یک میله‌ی پلاستیکی نازک به طول $L = ۱۲٫۰\,cm$ و بار مثبت یکنواخت $Q = ۵۶٫۱\,fC$ را نشان می‌دهد که روی محور x قرار دارد. به‌ازای $V = ۰$ در فاصله‌ی نامتناهی، پتانسیل الکتریکی را در نقطه‌ی $P_۱$ واقع بر این محور و به فاصله‌ی $d = ۲٫۵۰\,cm$ از یک سر میله پیدا کنید.



شکل ۲۴-۴۷ مسئله‌های ۲۸، ۳۳، ۳۸، و ۴۰

●●۲۹ در شکل ۲۴-۴۸، پتانسیل الکتریکی خالص حاصل از یک کمان دایره‌ای با بار $Q_۱ = +۷٫۲۱\,pC$ و دو ذره با بارهای $Q_۲ = +۴٫۰۰Q_۱$ و $Q_۳ = -۲٫۰۰Q_۱$ چقدر است؟ مرکز خمیدگی کمان در مبدأ قرار دارد، شعاع کمان $R = ۲٫۰۰\,m$، و زاویه‌ی نشان داده شده در شکل، $\theta = ۲۰٫۰^\circ$ است؟



شکل ۲۴-۴۸ مسئله‌ی ۲۹

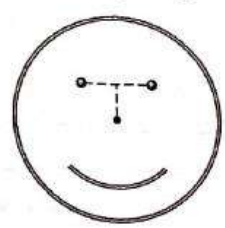
●●۳۰ GO صورتک خندان شکل ۲۴-۴۹ از سه بخش تشکیل شده است:

۱. یک میله‌ی باریک به بار $-۳٫۰\,\mu C$ که به شکل دایره‌ای به شعاع $۶٫۰\,cm$ در آمده است.

۲. یک میله‌ی باریک دیگر به بار $۲٫۰\,\mu C$ که به شکل کمانی دایره‌ای به شعاع $۴٫۰\,cm$ در آمده است و زاویه‌ی ۹۰° را حول مرکز دایره‌ی کامل شامل می‌شود.

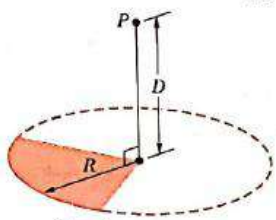
۳. یک دوقطبی الکتریکی با گشتاور دوقطبی‌ای که عمود بر یک خطّ شعاعی و دارای بزرگی $۱٫۲۸\times۱۰^{-۲۱}\,C\cdot m$ است.

پتانسیل الکتریکی خالص در مرکز این شکل چقدر است؟



شکل ۲۴-۴۹ مسئله‌ی ۳۰

●●۳۱ WWW یک طرف قرصی پلاستیکی به شعاع $R = ۶۴٫۰\,cm$ با چگالی سطحی بار یکنواخت $\sigma = ۷٫۷۳\,fC/m^۲$ باردار شده، و سپس سه ربع آن برداشته می‌شود. ربع قرصِ برجای مانده، در شکل ۲۴-۵۰ نشان داده شده است. به‌ازای $V = ۰$ در فاصله‌ی نامتناهی، پتانسیل حاصل از ربع بر جای مانده در نقطه‌ی P، که بر محور مرکزی قرص اولیه و به فاصله‌ی $D = ۲۵٫۹\,cm$ از مرکز آن قرار دارد، چیست؟



شکل ۲۴-۵۰ مسئله‌ی ۳۱

●●●۳۲ GO یک توزیع خطی بار یکنواخت که با $\lambda = bx$ داده می‌شود و در آن b یک ثابت است، روی محور x از $x = ۰$ تا $x = ۰٫۲۰\,m$ قرار دارد. اگر $b = ۲۰\,nC/m^۲$ و در فاصله‌ی نامتناهی $V = ۰$ باشد، پتانسیل الکتریکی در (الف) مبدأ و (ب) نقطه‌ی $y = ۰٫۵\,m$ روی محور y چقدر است؟

●●●۳۳ GO میله‌ی پلاستیکی نازک نشان داده شده در شکل ۲۴-۴۷ دارای طول $L = ۱۲٫۰\,cm$ و چگالی خطی بار یکنواخت $\lambda = cx$ است، که در آن $c = ۲۸٫۹\,pC/m^۲$. به‌ازای $V = ۰$ در فاصله‌ی نامتناهی، پتانسیل الکتریکی را در نقطه‌ی $P_۱$ واقع بر محور، به فاصله‌ی $d = ۳٫۰۰\,cm$ از یک سر میله به‌دست آورید.

بخش ۲۴-۶ محاسبه‌ی میدان الکتریکی از روی پتانسیل الکتریکی

●۳۴ دو صفحه‌ی فلزی موازی و بزرگ به فاصله‌ی $۱٫۵\,cm$ از هم قرار دارند و دارای بارهایی با بزرگی یکسان ولی علامت‌های مخالف در سطوح مقابل‌اند. پتانسیل صفحه‌ی منفی را صفر اختیار کنید. اگر، در این صورت، پتانسیل در وسط صفحه‌ها $+۵٫۰\,V$ باشد، میدان الکتریکی در ناحیه‌ی میان صفحه‌ها چقدر است؟

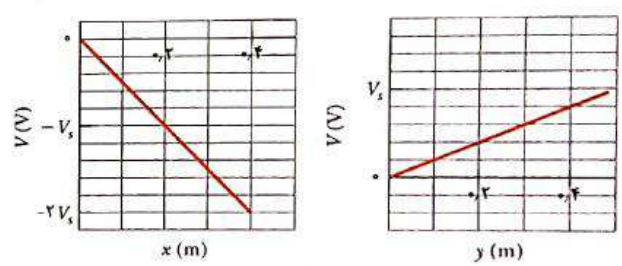
●۳۵ پتانسیل الکتریکی در نقاط واقع در صفحه‌ی xy با $V = (۲٫۰\,V/m^۲)x^۲ - (۳٫۰\,V/m^۲)y^۲$ داده شده است. برحسب نمادگذاری بردارهای یکه، میدان الکتریکی در نقطه‌ی $(۳٫۰\,m, ۲٫۰\,m)$ چیست؟

●۳۶ پتانسیل الکتریکی V در فضای میان دو صفحه‌ی موازی تخت ۱ و ۲ با $V = ۱۵۰۰x^۲$ (برحسب ولت) داده شده است، که در آن x (برحسب متر) فاصله‌ی عمودی از صفحه‌ی ۱ است. در $x = ۱٫۳\,cm$ (الف) بزرگی میدان الکتریکی چقدر است و (ب) آیا جهت این میدان به سمت صفحه‌ی ۱ است و یا از آن دور می‌شود؟

•• ۳۷ اگر پتانسیل الکتریکی با $V = 2{,}00\,xyz^2$ داده شده باشد، که در آن V برحسب ولت و x، y و z برحسب متر، بزرگی میدان الکتریکی در نقطه‌ی $(3{,}00\hat{i} - 2{,}00\hat{j} + 4{,}00\hat{k})$ چقدر می‌شود؟

•• ۳۸ شکل ۲۴-۴۷ یک میله‌ی پلاستیکی نازک به طول $L = 13{,}5\,\text{cm}$ و بار یکنواخت $43{,}6\,\text{fC}$ را نشان می‌دهد. (الف) بر حسب فاصله‌ی d، رابطه‌ای برای پتانسیل الکتریکی در نقطه‌ی P_1 به‌دست آورید. (ب) سپس، متغیر x را با d جایگزین کنید و رابطه‌ای برای بزرگی مؤلفه‌ی E_x میدان الکتریکی در نقطه‌ی P_1 به‌دست آورید. (پ) جهت E_x نسبت به سوی مثبت محور x چگونه است؟ (ت) مقدار E_x در نقطه‌ی P_1 به‌ازای $x = d = 6{,}20\,\text{cm}$ چقدر است؟ (ث) از روی تقارن شکل ۲۴-۴۷، E_y را در نقطه‌ی P_1 تعیین کنید.

•• ۳۹ الکترونی در صفحه‌ی xy قرار دارد که در آنجا پتانسیل الکتریکی، همان طور که در شکل ۲۴-۵۱ نشان داده شده است، به x و y بستگی دارد (پتانسیل مستقل از z است). محور قائم با $V_s = 500\,\text{V}$ مقیاس‌بندی شده است. بر حسب نمادگذاری بردارهای یکه، نیروی الکتریکی وارد بر این الکترون چیست؟



شکل ۲۴-۵۱ مسئله‌ی ۳۹

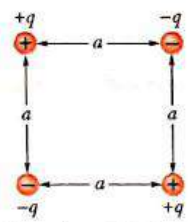
•••• ۴۰ میله‌ی پلاستیکی نازک شکل ۲۴-۴۷ دارای طول $L = 10{,}0\,\text{cm}$ و چگالی خطی بار $\lambda = cx$ است، که در آن $c = 49{,}9\,\text{pC/m}^2$. (الف) به‌ازای $V = 0$ در فاصله‌ی نامتناهی، پتانسیل الکتریکی در نقطه‌ی P_2 روی محور y، واقع در $y = D = 3{,}56\,\text{cm}$ چقدر است؟ (ب) مؤلفه‌ی E_y میدان الکتریکی در نقطه‌ی P_2 چیست؟ (پ) چرا مؤلفه‌ی E_x میدان در نقطه‌ی P_2 را نمی‌توان با استفاده از نتیجه‌ی قسمت (الف) به‌دست آورد؟

بخش ۲۴-۷ انرژی پتانسیل الکتریکی دستگاهی از بارهای نقطه‌ای

• ۴۱ ذره‌ای با بار $+7{,}5\,\mu\text{C}$ از حالت سکون در نقطه‌ی $x = 60\,\text{cm}$ روی محور x رها می‌شود. این ذره، تحت تأثیر بار Q که در مبدأ ثابت شده است، شروع به حرکت می‌کند. انرژی جنبشی ذره در لحظه‌ای که به اندازه‌ی $40\,\text{cm}$ حرکت کرده است، در صورتی که (الف) $Q = 20\,\mu\text{C}$ و (ب) $Q = -20\,\mu\text{C}$ باشد، چقدر است؟

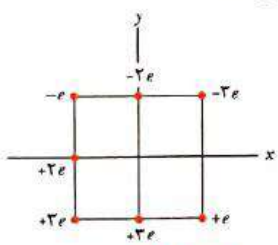
• ۴۲ (الف) انرژی پتانسیل الکتریکی دو الکترون که به فاصله‌ی $2{,}0\,\text{nm}$ از هم قرار دارند، چقدر است؟ (ب) اگر این فاصله افزایش یابد، آیا انرژی پتانسیل افزایش می‌یابد یا کاهش؟

•• ۴۳ WWW ILW برای تشکیل چیدمان بارهای شکل ۲۴-۵۲ چقدر کار لازم است، اگر $q = 2{,}30\,\text{pC}$، $a = 64{,}0\,\text{cm}$، و ذره‌ها ابتدا در فاصله‌ای نامتناهی از هم قرار داشته و ساکن باشند؟



شکل ۲۴-۵۲ مسئله‌ی ۴۳

•• ۴۴ در شکل ۲۴-۵۳ هفت ذره‌ی باردار برای تشکیل مربعی به ضلع $4{,}0\,\text{cm}$ در جای خود ثابت شده‌اند. چقدر کار باید صورت پذیرد تا ذره‌ای با بار $+6e$ که در ابتدا ساکن است از فاصله‌ای نامتناهی به مرکز مربع آورده شود؟



شکل ۲۴-۵۳ مسئله‌ی ۴۴

•• ۴۵ ILW ذره‌ای با بار q در نقطه‌ی P ثابت شده است، و ذره‌ی دیگری به جرم m و همان بار q در ابتدا به فاصله‌ی r_1 از P نگه داشته شده است. سپس ذره‌ی دوم رها می‌شود. تندی این ذره را وقتی در فاصله‌ی r_2 از P قرار دارد، تعیین کنید. فرض کنید $q = 3{,}1\,\mu\text{C}$، $m = 20\,\text{mg}$، $r_1 = 0{,}90\,\text{mm}$، و $r_2 = 2{,}5\,\text{mm}$ است.

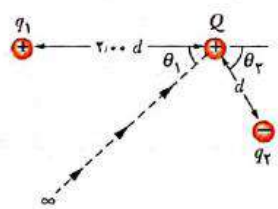
•• ۴۶ بار $-9{,}0\,\text{nC}$ به‌طور یکنواخت روی حلقه‌ی پلاستیکی نازکی توزیع شده است که در صفحه‌ی yz واقع است و مرکز آن در مبدأ قرار دارد. بار نقطه‌ای $-6{,}0\,\text{pC}$ روی محور x در $x = 3{,}0\,\text{m}$ قرار دارد. برای حلقه‌ای به شعاع $1{,}5\,\text{m}$، یک نیروی خارجی باید چقدر کار روی بار نقطه‌ای انجام دهد تا آن را به مبدأ بیاورید؟

•• ۴۷ GO تندی فرار الکترونی که در ابتدا به حالت سکون روی سطح کره‌ای به شعاع $1{,}0\,\text{cm}$ و باری با توزیع یکنواخت $1{,}6\times10^{-15}\,\text{C}$ قرار دارد، چیست؟ یعنی، تندی اولیه‌ی الکترون باید چقدر باشد تا الکترون به فاصله‌ی نامتناهی از کره برسد و دارای انرژی جنبشی صفر در آنجا شود؟

۴۸•• یک پوسته‌ی نازک رسانای کروی به شعاع R روی پایه‌ی عایقی قرار گرفته است و تا پتانسیل $-125\,V$ باردار شده است. سپس الکترونی از نقطه‌ی P به فاصله‌ی r از مرکز پوسته $(r \gg R)$ مستقیماً به سمت مرکز پوسته شلیک می‌شود. تندی اولیه‌ی v_0 مورد نیاز برای آنکه الکترون پیش از تغییر جهت، درست به پوسته برسد چقدر است؟

۴۹•• GO دو الکترون در فاصله‌ی $2.0\,cm$ از یکدیگر ثابت شده‌اند. الکترون دیگری از فاصله‌ی نامتناهی شلیک و در وسط این دو الکترون متوقف می‌شود. تندی اولیه‌ی این الکترون چقدر بوده است؟

۵۰•• در شکل ۲۴-۵۴، چقدر کار باید انجام گیرد تا ذره‌ای با بار $Q=+16e$ که در ابتدا ساکن است، در طول مسیر خط‌چین از فاصله‌ای نامتناهی به نقطه‌ی مشخص‌شده در نزدیکی بارهای ثابت‌شده‌ی $q_1=+4e$ و $q_2=-q_1/2$ آورده شود؟ فاصله $d=1.40\,cm$، $\theta_1=43^\circ$ و $\theta_2=60^\circ$ است.

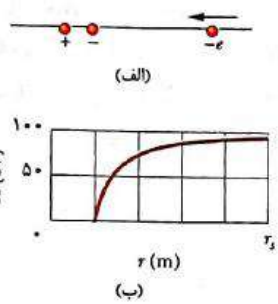


شکل ۲۴-۵۴ مسئله‌ی ۵۰

۵۱•• GO در مستطیل شکل ۲۴-۵۵، طول ضلع‌ها $5.0\,cm$ و $15\,cm$، $q_1=-5.0\,\mu C$ و $q_2=+2.0\,\mu C$ است. به‌ازای $V=0$ در فاصله‌ی نامتناهی، پتانسیل الکتریکی در (الف) گوشه‌ی A و (ب) گوشه‌ی B چقدر است؟ (پ) چقدر کار لازم است تا بار $q_3=+3.0\,\mu C$ در طول قطر این مستطیل از B به A حرکت داده شود؟ (ت) آیا این کار، انرژی پتانسیل الکتریکی این دستگاه سه‌ذره‌ای را افزایش می‌دهد یا کاهش؟ اگر q_3 در طول مسیری (ث) در داخل مستطیل، ولی نه روی یک قطر، و (ج) در بیرون مستطیل حرکت داده شود، آیا باید کار بیشتری انجام شود یا کمتر و یا کاری مساوی آن؟

شکل ۲۴-۵۵ مسئله‌ی ۵۱

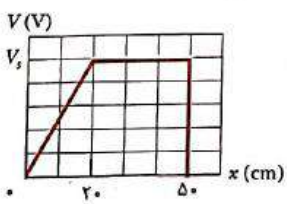
۵۲•• شکل ۲۴-۵۶ الف، الکترونی را نشان می‌دهد که روی محور یک دوقطبی الکتریکی به سمت طرف منفیِ این دوقطبی در حرکت است. دوقطبی در مکان خود ثابت شده است. الکترون در ابتدا، با انرژی جنبشی $100\,eV$ در فاصله‌ای بسیار دور بوده است. شکل ۲۴-۵۶ ب انرژی جنبشی Kی این الکترون را برحسب فاصله‌ی r آن از مرکز دوقطبی نشان می‌دهد. محور افقی با $r_s=0.10\,m$ مقیاس‌بندی شده است. بزرگی گشتاور دوقطبی چقدر است؟



شکل ۲۴-۵۶ مسئله‌ی ۵۲

۵۳•• دو کره‌ی فلزی کوچک A و B به جرم‌های $m_A=5.00\,g$ و $m_B=10.0\,g$ دارای بار مثبت $q=5.00\,\mu C$ هستند. این کره‌ها با نخ نارسانای بدون جرمی به طول $a=1.00\,m$ به هم وصل شده‌اند، که d بسیار بزرگتر از شعاع کره‌هاست. (الف) انرژی پتانسیل الکتریکی این دستگاه چقدر است؟ (ب) فرض کنید نخ را می‌بُرید. در لحظه‌ی بریدن، شتاب هر یک از کره‌ها چقدر می‌شود؟ (پ) مدتی طولانی پس از بریدن نخ، تندی هر یک از کره‌ها چقدر است؟

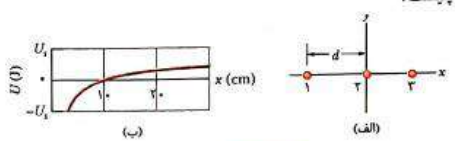
۵۴•• GO پوزیترونی (با بار $+e$ و جرمی برابر با جرم الکترون) که با $1.0\times10^7\,m/s$ در جهت مثبت محور x در حرکت است، وقتی به $x=0$ می‌رسد با میدان الکتریکی‌ای مواجه می‌شود که در جهت مثبت محور x است. پتانسیل الکتریکی Vی مربوط به این میدان در شکل ۲۴-۵۷ نشان داده شده است. محور قائم با $V_s=500.0\,V$ مقیاس‌بندی شده است. (الف) آیا پوزیترون در $x=0$ از میدان خارج می‌شود (یعنی جهت حرکتش برمی‌گردد) یا در $x=0.50\,m$ (یعنی جهت حرکتش برنمی‌گردد)؟ (ب) تندی پوزیترون به هنگام خروج از میدان چقدر است؟



شکل ۲۴-۵۷ مسئله‌ی ۵۴

۵۵•• الکترونی با تندی اولیه‌ی $3.2\times10^5\,m/s$ مستقیماً به سمت پروتونی پرتاب می‌شود که در مکان خود ثابت شده است. اگر این الکترون ابتدا در فاصله‌ی بسیار دوری از پروتون قرار داشته باشد، در چه فاصله‌ای از پروتون، تندی آن به طور لحظه‌ای دو برابر مقدار اولیه می‌شود؟

●● ۵۶ شکل ۲۴-۵۸ الف سه ذره را روی محور x نشان می‌دهد. ذره‌ی ۱ (با بار $+5{,}0\,\mu C$) و ذره‌ی ۲ (با بار $+3{,}0\,\mu C$) در مکان‌های خود به فاصله‌ی $d = 4{,}0\ cm$ از یکدیگر، ثابت شده‌اند. ذره‌ی ۳ می‌تواند روی محور x، به سمت راست ذره‌ی ۲ حرکت کند. شکل ۲۴-۵۸ ب انرژی پتانسیل الکتریکی U ی این دستگاه سه ذره‌ای را بر حسب تابعی از مختصه‌ی x ذره‌ی ۳ نشان می‌دهد. محور قائم با $U_s = 5{,}0\ J$ مقیاس‌بندی شده است. بار ذره‌ی ۳ چیست؟



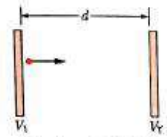
شکل ۲۴-۵۸ مسئله‌ی ۵۶

●● ۵۷ بارهای مشابه $50\,\mu C$ روی محور $x = \pm 3{,}0\ m$ ثابت شده‌اند. سپس ذره‌ای با بار $q = -15\,\mu C$ از نقطه‌ای روی بخش مثبت محور y از حالت سکون رها می‌شود. به دلیل تقارن شکل، ذره روی محور y حرکت می‌کند و به هنگام عبور از نقطه‌ی $x = 0$ و $y = 4{,}0\ m$، انرژی جنبشی‌ای برابر با $1{,}2\ J$ دارد. (الف) انرژی جنبشی ذره به هنگام عبور از مبدأ، چقدر است؟ (ب) در چه مقدار منفیِ y، این ذره به‌طور لحظه‌ای متوقف می‌شود؟

●● ۵۸ GO پروتون در یک چاه. شکل ۲۴-۵۹ پتانسیل الکتریکی V را روی یک محور x نشان می‌دهد. محور قائم با $V_s = 10{,}0\ V$ مقیاس‌بندی شده است. پروتونی با انرژی جنبشی اولیه‌ی $4{,}00\ eV$ از $x = 3{,}5\ cm$ شلیک می‌شود. (الف) اگر این پروتون در ابتدا رو به سمت منفیِ محور x در حرکت باشد، آیا به یک نقطه‌ی برگشت می‌رسد (اگر بله، مختصه‌ی x آن نقطه چیست) یا اینکه از ناحیه‌ی رسم شده می‌گریزد (اگر چنین است، تندی آن در $6{,}0\ cm$ چیست)؟ اگر این پروتون فقط در سمت چپ $x = 3{,}0\ cm$ حرکت کند، (پ) بزرگی F و (ت) جهت (رو به سمت مثبت یا منفی محور x) نیروی الکتریکی وارد بر آن چیست؟ اگر پروتون فقط در سمت راست $x = 5{,}0\ cm$ حرکت کند، (ث) F و (ج) جهت آن چیست؟

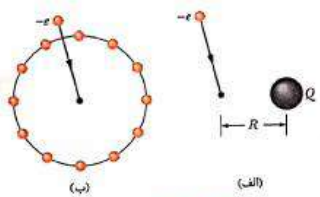
شکل ۲۴-۵۹ مسئله‌ی ۵۸

●● ۵۹ در شکل ۲۴-۶۰، یک ذره‌ی باردار (الکترون یا پروتون) بین دو صفحه‌ی موازی باردار که به فاصله‌ی $d = 2{,}00\ mm$ از هم قرار دارند، رو به سمت راست در حرکت است. پتانسیل صفحه‌ها عبارت‌اند از $V_1 = -70{,}0\ V$ و $V_2 = -50{,}0\ V$. تندی ذره از مقدار اولیه‌ی $90{,}0\ km/s$ در محلّ صفحه‌ی سمت چپ، رو به کُند شدن می‌گذارد. (الف) آیا این ذره، الکترون است یا پروتون؟ (ب) تندی آن درست در لحظه‌ی رسیدن به صفحه‌ی ۲ چقدر است؟



شکل ۲۴-۶۰ مسئله‌ی ۵۹

●● ۶۰ در شکل ۲۴-۶۱ الف، الکترونی را از فاصله‌ی نامتناهی تا نقطه‌ای به فاصله‌ی $R = 8{,}00\ cm$ از یک گوی باردار کوچک حرکت می‌دهیم. این حرکت به کاری برابر با $W = 2{,}16\times10^{-13}\ J$ نیاز دارد. (الف) بار Q ی روی این گوی چقدر است؟ در شکل ۲۴-۶۱ ب، همان گوی به قطعه‌هایی با مقدار بار یکسان تقسیم شده است و آن قطعه‌ها در محلّ شماره‌های ساعت یک صفحه‌ی ساعت دایره‌ای به شعاع $R = 8{,}00\ cm$ قرار گرفته‌اند. اکنون الکترونی از یک فاصله‌ی نامتناهی به مرکز این دایره آورده می‌شود. (ب) با اضافه شدن این الکترون به دستگاه ۱۲ ذره‌ی باردار، تغییر حاصل در انرژی پتانسیل الکتریکی این دستگاه چقدر می‌شود؟



شکل ۲۴-۶۱ مسئله‌ی ۶۰

●●● ۶۱ فرض کنید N الکترون را بتوان در یکی از دو پیکربندی زیر قرار داد. در پیکربندی ۱، همه‌ی آنها به‌طور یکنواخت روی محیط حلقه‌ی نازکی به شعاع R پخش شده‌اند، طوری که فاصله‌ی بین الکترون‌های مجاور در همه جا یکسان است. در پیکربندی ۲، $N-1$ الکترون به‌طور یکنواخت روی همان حلقه پخش شده‌اند و یک الکترون در مرکز حلقه قرار گرفته است. (الف) کمترین مقدار N که به‌ازای آن انرژی پیکربندی دوم از پیکربندی اول کمتر است، چقدر است؟ (ب) برای آن مقدار N، یکی از الکترون‌های واقع بر محیط حلقه را در نظر بگیرید و آن را مثلاً e_* بنامید. چه تعداد از سایر الکترون‌های واقع بر محیط حلقه به e_* نزدیکتر از الکترون مرکزی‌اند؟

بخش ۲۴-۸ پتانسیل یک رسانای باردار منزوی

● ۶۲ کره‌ی ۱ به شعاع R_1 دارای بار مثبت q است. کره‌ی ۲ به شعاع $2{,}00R_1$ در فاصله‌ی دوری از کره‌ی ۱ قرار دارد و در ابتدا

بدون بار است. پس از آنکه این کره‌های جدا از هم توسط سیم بسیار نازکی به هم وصل شدند که فقط بار ناچیزی را حفظ می‌کند (الف) آیا پتانسیل V_1 کره‌ی ۱ بزرگتر از پتانسیل V_2ی کره‌ی ۲ یا کوچکتر، و یا برابر با آن می‌شود؟ سرانجام چه کسری از بار q روی (ب) کره‌ی ۱ و (پ) کره‌ی ۲ باقی می‌ماند؟ (ت) نسبت چگالی‌های سطحی σ_1/σ_2 این کره‌ها چقدر می‌شود؟

• ۶۳ WWW دو کره‌ی فلزی، هر یک به شعاع ۳٫۰cm، در فاصله‌ی مرکز به مرکز ۲٫۰m از هم قرار گرفته‌اند. کره‌ی ۱ دارای بار $+1{,}0\times10^{-8}\,C$ و کره‌ی ۲ دارای بار $-3{,}0\times10^{-8}\,C$ است. فرض کنید فاصله‌ی جدایی کره‌ها به حدی بزرگ است که می‌توانیم فرض کنیم بار روی هر کره به‌طور یکنواخت توزیع شده است (یعنی کره‌ها بر یکدیگر تأثیر نمی‌گذارند). به‌ازای $V=0$ در فاصله‌ی نامتناهی، (الف) پتانسیل در وسط فاصله‌ی مرکز این کره‌ها و پتانسیل روی سطح (ب) کره‌ی ۱ و (پ) کره‌ی ۲ را محاسبه کنید.

• ۶۴ یک کره‌ی فلزی توخالی دارای پتانسیل $+400\,V$ نسبت به زمین (که پتانسیل آن $V=0$ تعریف شده است) و بار $5{,}0\times10^{-9}\,C$ است. پتانسیل الکتریکی را در مرکز این کره به‌دست آورید.

• ۶۵ اگر پتانسیل الکتریکی کره‌ای رسانا به شعاع $r=0{,}15\,m$ برابر با $1500\,V$ باشد و در فاصله‌ی نامتناهی $V=0$ در نظر گرفته شود، بار اضافی روی این کره چقدر است؟

•• ۶۶ دو پوسته‌ی کروی رسانا، هم‌مرکز و منزوی دارای شعاع‌های $R_1=0{,}500\,m$ و $R_2=1{,}00\,m$، بارهای یکنواخت $q_1=+2{,}00\,\mu C$ و $q_2=+1{,}00\,\mu C$، و ضخامت ناچیزند. بزرگی میدان الکتریکی E در فاصله‌ی شعاعی (الف) $r=4{,}00\,m$، (ب) $r=0{,}700\,m$ و (پ) $r=0{,}200\,m$ چقدر است؟ به‌ازای $V=0$ در فاصله‌ی نامتناهی، V در (ت) $r=4{,}00\,m$، (ث) $r=1{,}00\,m$، (ج) $r=0{,}700\,m$، (چ) $r=0{,}500\,m$، (ح) $r=0{,}200\,m$، و (خ) $r=0$ چقدر است؟ (د) نمودارهای $E(r)$ و $V(r)$ را رسم کنید.

• ۶۷ یک کره‌ی فلزی به شعاع ۱۵cm دارای بار خالص $3{,}0\times10^{-8}\,C$ است. (الف) میدان الکتریکی روی سطح این کره چقدر است؟ (ب) اگر در فاصله‌ی نامتناهی $V=0$ باشد، پتانسیل الکتریکی در مرکز این کره چقدر است؟ (پ) در چه فاصله‌ای از سطح این کره پتانسیل الکتریکی به اندازه‌ی $500\,V$ کاهش پیدا می‌کند؟

مسئله‌های تکمیلی

۶۸ بارها و مختصات دو بار نقطه‌ای که در صفحه‌ی xy قرار دارند عبارتند از $q_1=+3{,}00\times10^{-6}\,C$، $x=+3{,}50\,cm$، $y=+0{,}500\,cm$، $q_2=-4{,}00\times10^{-6}\,C$، $x=-2{,}00\,cm$، و $y=+1{,}50\,cm$. چقدر کار باید انجام شود تا این بارها، با شروع از فاصله‌ای نامتناهی از یکدیگر، در مکان‌های خود قرار گیرند؟

۶۹ استوانه‌ی رسانای توپُر و بلندی دارای شعاع ۲٫۰ cm است. میدان الکتریکی روی سطح این استوانه برابر با $160\,N/C$ و جهت آن به‌طور شعاعی رو به بیرون است. A، B، و C را نقطه‌هایی در نظر بگیرید که به‌ترتیب در فاصله‌ی ۱٫۰ cm، ۲٫۰ cm و ۵٫۰ cm از محور مرکزی استوانه قرار دارند. (الف) بزرگی میدان الکتریکی در نقطه‌ی C و اختلاف پتانسیل‌های الکتریکی (ب) V_B-V_C و (پ) V_A-V_B چقدر است؟

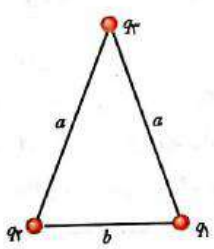
۷۰ *معمای خرده‌های شکلات.* این داستان با مسئله‌ی ۶۰ فصل ۲۳ آغاز می‌شود. (الف) با استفاده از پاسخ قسمت (الف) آن مسئله، عبارتی برای پتانسیل الکتریکی برحسب تابعی از فاصله‌ی شعاعی r از مرکز لوله به‌دست آورید. (پتانسیل الکتریکی روی دیواره‌ی متصل به زمین لوله برابر با صفر است.) (ب) برای چگالی حجمی بار نوعی $\rho=-1{,}1\times10^{-3}\,C/m^3$، اختلاف پتانسیل الکتریکی میان مرکز لوله و دیواره‌ی داخلی آن چقدر است؟ (این داستان با مسئله‌ی ۶۰ فصل ۲۵ ادامه می‌یابد.)

۷۱ با شروع از معادله‌ی ۲۴-۳۰، عبارتی برای میدان الکتریکی حاصل از یک دوقطبی در نقطه‌ای روی محور دوقطبی به‌دست آورید.

۷۲ بزرگی Eی میدان الکتریکی، طبق رابطه‌ی $E=A/r^4$ به فاصله‌ی شعاعی r بستگی دارد، که در آن A ثابتی با یکای ولت-مترمکعب است. برحسب مضربی از A، بزرگی اختلاف پتانسیل الکتریکی میان $r=2{,}00\,m$ و $r=3{,}00\,m$ چقدر است؟

۷۳ (الف) اگر یک کره‌ی رسانای منزوی به شعاع ۱۰ cm دارای بار خالص $4{,}0\,\mu C$ باشد، و اگر در فاصله‌ی نامتناهی $V=0$ اختیار شود، پتانسیل روی سطح این کره چقدر است؟ (ب) با فرض آنکه هوای اطراف این کره وقتی فروریزش الکتریکی پیدا می‌کند که بزرگی میدان الکتریکی آن از $3{,}0\,MV/m$ بیشتر شود، آیا این وضعیت واقعاً می‌تواند رخ دهد؟

۷۴ سه ذره با بارهای $q_1=+10\,\mu C$، $q_2=-20\,\mu C$، $q_3=+30\,\mu C$ در رأس‌های مثلث متساوی‌الساقین شکل ۲۴-۶۲ قرار گرفته‌اند. اگر $a=10\,cm$ و $b=6{,}0\,cm$ باشد، یک عامل خارجی باید چقدر کار انجام دهد تا جای بارهای (الف) q_1 و q_3 و یا (ب) q_1 و q_2 را با هم عوض کند؟



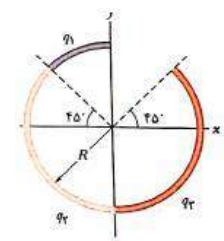
شکل ۲۴-۶۲ مسئله‌ی ۷۴

۷۵ میدان الکتریکی که اغلب در نزدیکی سطح کره‌ی زمین مشاهده می‌شود دارای بزرگی تقریبی ۱۰۰V/m است. اگر میدان الکتریکی در کلّ سطح کره زمین همین مقدار را می‌داشت، پتانسیل الکتریکی در نقطه‌ای روی این سطح چقدر می‌شد؟ (در فاصله‌ی نامتناهی، $V = 0$ اختیار کنید.)

۷۶ در مرکز یک سطح گاوسی به شعاع ۴٫۰۰cm گویی به شعاع ۱٫۰۰cm با توزیع بار یکنواخت قرار دارد. شار الکتریکی (خالص) عبوری از سطح این کره‌ی گاوسی $+5{,}60\times10^{4}\ \mathrm{N\cdot m^2/C}$ است. پتانسیل الکتریکی در فاصله‌ی ۱۲٫۰cm از مرکز این گوی چقدر است؟

۷۷ در یک آزمایش قطره‌های روغن میلیکان (بخش ۲۲-۶)، میدان الکتریکی یکنواخت $1{,}92\times10^{5}\ \mathrm{N/C}$ در ناحیه‌ی میان دو صفحه که به فاصله‌ی ۱٫۵۰cm از هم قرار دارند، برقرار شده است. پتانسیل الکتریکی میان این صفحه‌ها را به‌دست آورید.

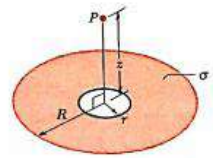
۷۸ شکل ۲۴-۶۳ سه کمان نارسانا به شعاع $R = 8{,}50\ \mathrm{cm}$ را نشان می‌دهد. بار روی کمان‌ها عبارت‌اند از $q_1 = 4{,}52\ \mathrm{pC}$، $q_2 = -2{,}00q_1$، و $q_3 = +3{,}00q_1$. به‌ازای $V = 0$ در فاصله‌ی نامتناهی، پتانسیل الکتریکی خالص حاصل از این کمان‌ها در مرکز مشترک خمیدگی آنها چقدر است؟



شکل ۲۴-۶۳ مسئله‌ی ۷۸

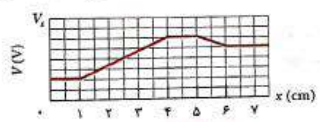
۷۹ الکترونی از حالت سکون روی محور یک دوقطبی الکتریکی که در جای خود ثابت شده است و دارای بار e و فاصله‌ی جدایی بارهای $d = 20\ \mathrm{pm}$ است، رها می‌شود. نقطه‌ی رها شدن در طرف مثبت دوقطبی، به فاصله‌ی $7{,}0d$ از مرکز دوقطبی است. تندی الکترون وقتی به نقطه‌ی $5{,}0d$ از مرکز دوقطبی می‌رسد، چقدر است؟

۸۰ شکل ۲۴-۶۴ حلقه‌ای به شعاع خارجی $R = 13{,}0\ \mathrm{cm}$، شعاع داخلی $r = 0{,}200R$ و چگالی سطحی بار یکنواخت $6{,}20\ \mathrm{pC/m^2}$ را نشان می‌دهد. به‌ازای $V = 0$ در فاصله‌ی نامتناهی، پتانسیل الکتریکی در نقطه‌ی P واقع بر محور مرکزی حلقه، به فاصله‌ی $z = 2{,}00R$ از مرکز حلقه، چقدر است؟



شکل ۲۴-۶۴ مسئله‌ی ۸۰

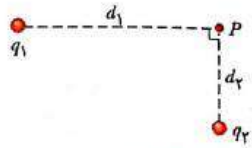
۸۱ GO *الکترون در چاه.* شکل ۲۴-۶۵ پتانسیل الکتریکی V را روی محور x نشان می‌دهد. محور قائم با $V_s = 8{,}0\ \mathrm{V}$ مقیاس‌بندی شده است. الکترونی از $x = 4{,}5\ \mathrm{cm}$ با انرژی جنبشی اولیه‌ی ۳٫۰۰eV رها می‌شود. (الف) اگر این الکترون در ابتدا رو به سمت منفی محور x در حرکت باشد، آیا به یک نقطه‌ی برگشت می‌رسد (اگر بله، مختصه‌ی x این نقطه چیست) یا اینکه از ناحیه‌ی رسم شده می‌گریزد (اگر چنین است، تندی آن در $x = 0$ چقدر است؟) (ب) اگر این الکترون در ابتدا رو به سمت مثبت محور x در حرکت باشد، آیا به یک نقطه‌ی برگشت می‌رسد (اگر بله، مختصه‌ی x این نقطه چیست) یا اینکه از ناحیه‌ی رسم شده می‌گریزد (اگر چنین است، تندی آن در $x = 7{,}0\ \mathrm{cm}$ چقدر است؟) اگر این الکترون فقط در سمت چپ $x = 4{,}0\ \mathrm{cm}$ حرکت کند، (پ) بزرگی F و (ت) جهت (رو به سمت مثبت یا رو به سمت منفی محور x) نیروی الکتروستاتیکی وارد بر آن چیست؟ اگر این الکترون فقط در سمت راست $x = 5{,}0\ \mathrm{cm}$ حرکت کند، (ث) F و (ج) جهت آن چیست؟



شکل ۲۴-۶۵ مسئله‌ی ۸۱

۸۲ (الف) اگر کره زمین دارای چگالی سطحی بار خالص $1{,}0\ \mathrm{electron/m^2}$ بود (یک فرض بسیار غیرواقعی)، پتانسیل آن چقدر می‌شد؟ (در فاصله‌ی نامتناهی، $V = 0$ اختیار کنید.) (ب) بزرگی و (پ) جهت (به طور شعاعی رو به داخل یا رو به خارج) میدان الکتریکی حاصل از کره‌ی زمین درست در بیرون سطح آن چگونه می‌شد؟

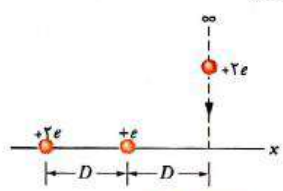
۸۳ در شکل ۲۴-۶۶، نقطه‌ی P به فاصله‌ی $d_1 = 4{,}00\ \mathrm{m}$ از ذره‌ی ۱ ($q_1 = -2e$) و به فاصله‌ی $d_2 = 2{,}00\ \mathrm{m}$ از ذره‌ی ۲ ($q_2 = +2e$) قرار دارد، و هر دو ذره در مکان‌های خود ثابت شده‌اند. (الف) به‌ازای $V = 0$ در فاصله‌ی نامتناهی، V در نقطه‌ی P چقدر است؟ اگر ذره‌ای به بار $q_3 = +2e$ را از فاصله‌ای نامتناهی به نقطه‌ی P بیاوریم (ب) چقدر کار باید انجام دهیم؟ و (پ) انرژی پتانسیل این دستگاه سه‌ذره‌ای چقدر می‌شود؟



شکل ۲۴-۶۶ مسئله‌ی ۸۳

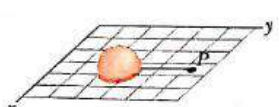
۸۴ کره‌ی رسانای توپُری به شعاع ۳٫۰cm دارای بار ۳۰nC است که به‌طور یکنواختی روی سطح آن پخش شده است. A را نقطه‌ای به فاصله‌ی ۱٫۰cm از مرکز این کره، S را نقطه‌ای روی سطح این کره، و B را نقطه‌ای به فاصله‌ی ۵٫۰cm از مرکز این کره در نظر بگیرید. اختلاف پتانسیل الکتریکی (الف) $V_S - V_B$ و (ب) $V_A - V_B$ چقدر است؟

۸۵ در شکل ۲۴-۶۷، ذره‌ای به بار $+2e$ را از فاصله‌ی نامتناهی تا محور x حرکت می‌دهیم. چقدر کار باید انجام دهیم؟ فاصله‌ی D برابر با ۴٫۰۰m است.



شکل ۲۴-۶۷ مسئله‌ی ۸۵

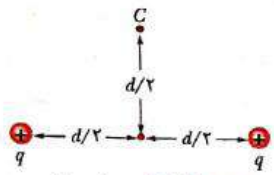
۸۶ شکل ۲۴-۶۸ نیم‌کره‌ای با بار $+4{,}00\mu C$ را نشان می‌دهد که بار به‌طور یکنواختی در سرتاسر حجم آن پخش شده است. این نیم‌کره مثل گریپ‌فروت نصفه‌ای از طرف صاف خود، روی صفحه‌ی xy قرار گرفته است. نقطه‌ی P روی این صفحه، در راستای یک خطّ شعاعی از مرکز خمیدگی نیم کره، به فاصله‌ی شعاعی 15cm قرار دارد. پتانسیل الکتریکی حاصل از این نیم‌کره در نقطه‌ی P چقدر است؟



شکل ۲۴-۶۸ مسئله‌ی ۸۶

۸۷ سه بار $+0{,}12C$ تشکیل مثلث متساوی‌الاضلاعی به ضلع ۱٫۷m را داده‌اند. با فرض آنکه انرژی با آهنگ ۰٫۸۳kW اعمال شود، چند روز لازم است تا یکی از بارها به وسط خطّ واصل دو بار آورده شود؟

۸۸ دو بار $q = +2{,}0\mu C$ به فاصله‌ی $d = 2{,}0cm$ از هم ثابت شده‌اند (شکل ۲۴-۶۹). (الف) به‌ازای $V = 0$ در فاصله‌ی نامتناهی، پتانسیل الکتریکی در نقطه‌ی C چقدر است؟ (ب) بار سوم $q = +2{,}0\mu C$ را از فاصله‌ای نامتناهی به نقطه‌ی C می‌آوریم. چقدر کار باید انجام دهیم؟ (پ) وقتی بار سوم در جای خود قرار گیرد، انرژی پتانسیل Uی این پیکربندی شامل سه بار چقدر می‌شود؟



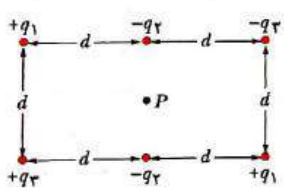
شکل ۲۴-۶۹ مسئله‌ی ۸۸

۸۹ ابتدا دو الکترون به فاصله‌ی جدایی $2{,}00\mu m$ در مکان‌های خود ثابت شده‌اند. چقدر کار باید انجام دهیم تا برای تشکیل یک مثلث متساوی‌الاضلاع، بار سومی را از فاصله‌ای نامتناهی بیاوریم؟

۹۰ ذره‌ای با بار مثبت Q در نقطه‌ی P ثابت شده است. ذره‌ی دیگری به جرم m و بار منفی $-q$ با تندی ثابت روی دایره‌ای به شعاع r_1 و به مرکز P در حرکت است. عبارتی برای کار W به‌دست آورید که باید توسط یک عامل خارجی روی ذره‌ی دوم انجام گیرد تا شعاع دایره‌ی حرکت آن به r_2 افزایش یابد؟

۹۱ دو صفحه‌ی رسانای باردار تخت و موازی، به فاصله‌ی $d = 1{,}00cm$ از هم قرار گرفته‌اند و اختلاف پتانسیل $\Delta V = 625V$ را در میان صفحه‌ها ایجاد کرده‌اند. یک الکترون از سطح یکی از این صفحه‌ها مستقیماً به طرف صفحه‌ی دیگر پرتاب می‌شود. اگر این الکترون درست روی سطح صفحه‌ی مقابل متوقف شود، تندی اولیه‌ی آن چقدر بوده است؟

۹۲ در شکل ۲۴-۷۰، نقطه‌ی P در مرکز مستطیل قرار دارد. به‌ازای $V = 0$ در فاصله‌ی نامتناهی، $q_1 = 5{,}00fC$، $q_2 = 2{,}00fC$، $q_3 = 3{,}00fC$، و $d = 2{,}54cm$، پتانسیل الکتریکی خالص حاصل از این شش ذره‌ی باردار در نقطه‌ی P چقدر می‌شود؟



شکل ۲۴-۷۰ مسئله‌ی ۹۲

۹۳ بار یکنواخت $+16{,}0\mu C$ روی حلقه‌ی دایره‌ای نازکی پخش شده است که در صفحه‌ی xy و به مرکز مبداء آن صفحه قرار دارد. شعاع این حلقه 3٫۰۰cm است. اگر نقطه‌ی A در مبدأ و نقطه‌ی B روی محور z در $z = 4{,}00cm$ واقع باشد، $V_B - V_A$ چقدر است؟

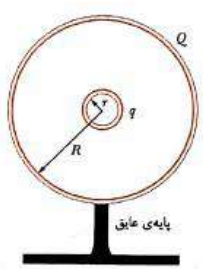
۹۴ بار نقطه‌ای $q = 1{,}50\times10^{-8}C$ را در نظر بگیرید و فرض کنید در فاصله‌ی نامتناهی $V = 0$ است. (الف) شکل و ابعاد سطحی هم‌پتانسیل که دارای پتانسیل 30٫۰V حاصل از فقط بار q است، چگونه است؟ (ب) آیا سطوحی که پتانسیل آنها به اندازه‌ی مقدار ثابتی (مثلاً، 1٫۰V) تفاوت دارند، به فاصله‌ی یکسانی از هم قرار گرفته‌اند؟

۹۵ یک پوسته‌ی کروی ضخیم با بار Q و چگالی حجمی بار یکنواخت ρ در بین شعاع‌های r_1 و $r_2 > r_1$ محدود شده است. به‌ازای $V = 0$ در فاصله‌ی نامتناهی، پتانسیل الکتریکی V را به صورت تابعی از فاصله‌ی r از مرکز این توزیع بار، با در نظر گرفتن ناحیه‌های (الف) $r > r_2$، (ب) $r_1 > r > r_2$، و (پ) $r < r_1$ به‌دست آورید. (ت) آیا این پاسخ‌ها با یکدیگر در $r = r_2$ و $r = r_1$ سازگارند؟ (*راهنمایی:* بخش ۲۳-۶ را ببینید.)

۹۶ بار q به طور یکنواخت در سرتاسر یک حجم کروی به شعاع R پخش شده است. در فاصله‌ی نامتناهی $V = 0$ اختیار کنید. (الف) V در فاصله‌ی شعاعی $r < R$ و (ب) اختلاف پتانسیل میان نقاط واقع در $r = R$ و نقطه‌ی واقع در $r = 0$ چقدر است؟

۹۷ یک کره‌ی مسی توپُر به شعاع ۱٫۰cm دارای پوشش سطحی بسیار نازکی از جنس نیکل است. برخی از اتم‌های نیکل پرتوزا هستند، یعنی هر اتم در حین واپاشی، یک الکترون گسیل می‌دارد. نیمی از این الکترون‌ها وارد کره‌ی مسی می‌شوند و هر کدام ۱۰۰keV انرژی بر جای می‌گذارند. نیم دیگر این الکترون‌ها، با بار $-e$، از کره‌ی مسی دور می‌شوند. پوشش نیکلی دارای فعالیت $3{,}70 \times 10^8$ واپاشی پرتوزا در ثانیه است. کره‌ی مسی از نخ نارسانای بلندی آویزان است و بدین ترتیب از محیط اطراف خود منزوی شده است. (الف) چقدر طول می‌کشد تا پتانسیل این کره به اندازه‌ی ۱۰۰۰V افزایش پیدا کند؟ (ب) چقدر طول می‌کشد تا دمای کره بر اثر انرژی حاصل از الکترون‌ها به اندازه‌ی ۵٫۰K افزایش پیدا کند؟ ظرفیت گرمایی کره ۱۴J/K است.

۹۸ در شکل ۲۴-۷۱، یک کره‌ی فلزی با بار $q = 5{,}00\,\mu C$ و شعاع $r = 3{,}00\,cm$ هم‌مرکز با کره‌ی فلزی بزرگتری است که بار $Q = 15{,}0\,\mu C$ و شعاع $R = 6{,}00\,cm$ دارد. (الف) اختلاف پتانسیل بین کره‌ها چقدر است؟ اگر کره‌ها را با سیمی به هم وصل کنیم، آنگاه بار روی (ب) کره‌ی کوچکتر و (پ) کره‌ی بزرگتر چقدر می‌شود؟



شکل ۲۴-۷۱ مسئله‌ی ۹۸

۹۹ (الف) با استفاده از معادله‌ی ۲۴-۳۲ نشان دهید که پتانسیل الکتریکی در نقطه‌ای روی محور مرکزی یک حلقه‌ی نازک (به بار q و شعاع R) و در فاصله‌ی z از این حلقه برابر است با

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{\sqrt{z^2 + R^2}}$$

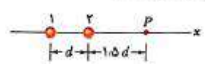
(ب) با استفاده از این نتیجه، عبارتی برای E در نقاط روی محور حلقه به‌دست آورید؛ نتیجه‌ی خود را با محاسبه‌ی E در بخش ۲۲-۴ مقایسه کنید.

۱۰۰ یک ذره‌ی آلفا (که دارای دو پروتون است) مستقیماً به سمت یک هسته‌ی هدف که شامل ۹۲ پروتون است شلیک می‌شود. انرژی جنبشی اولیه‌ی ذره‌ی آلفا برابر با 0٫48pJ است. با فرض آنکه هسته حرکت نکند، کمترین فاصله‌ی مرکز به مرکز ذره‌ی آلفا از هسته‌ی هدف چقدر خواهد بود؟

۱۰۱ در مدل کوارکی ذرات بنیادی، پروتون از سه کوارک ساخته شده است: دو کوارک "بالا"، هر یک به بار $+2e/3$، و یک کوارک "پایین"، به بار $-e/3$. فرض کنید این سه کوارک به فاصله‌ی یکسانی از یکدیگر قرار گرفته‌اند. آن فاصله را $1{,}32 \times 10^{-15}\,m$ در نظر بگیرید و انرژی پتانسیل الکتریکی دستگاه شامل (الف) فقط دو کوارک بالا و (ب) هر سه کوارک را محاسبه کنید.

۱۰۲ بار $1{,}50 \times 10^{-8}\,C$ روی یک کره‌ی فلزی منزوی به شعاع ۱۶٫۰cm قرار دارد. به ازای $V = 0$ در فاصله‌ی نامتناهی، پتانسیل الکتریکی در نقاط روی سطح این کره چقدر است؟

۱۰۳ در شکل ۲۴-۷۲، دو ذره با بارهای q_1 و q_2 روی محور x ثابت شده‌اند. اگر ذره‌ی سومی با بار $+6{,}0\,\mu C$ از فاصله‌ی نامتناهی به نقطه‌ی P آورده شود، این دستگاه سه‌ذره‌ی دارای همان انرژی پتانسیل الکتریکی دستگاه دوذره‌ای اولیه خواهد شد. نسبت بار q_1/q_2 چقدر است؟



شکل ۲۴-۷۲ مسئله‌ی ۱۰۳