پرسشها:

۵. الکترونها به نواحی با پتانسیل بالا می‌روند یا پتانسیل پایین؟

۱۱. آیا ممکن است بین دو رسانایی که بارهای هم‌علامت به مقدار مساوی دارند اختلاف پتانسیلی وجود داشته باشد؟

۱۵. به کوهنوردان کرفتار آذرخش و توفانهای تندری توصیه می‌شود که (الف) به‌سرعت از قله‌ها و ستیغها فاصله بگیرند و (ب) هر دو پا را کنار هم قرار دهند و در فضای باز خم شوند تا فقط پاهای آنها با زمین در تماس باشد. اساس این توصیهٔ خوب چیست؟

۱۶. اگر $\mathbf{E}$ در نقطه‌ای برابر صفر باشد، آیا لازم است که V هم در آن نقطه برابر صفر باشد؟ برای اثبات پاسخ خود مثال بیاورید.

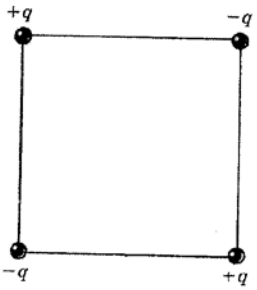
۱۷. اگر $\mathbf{E}$ را تنها در یک نقطه بدانید، آیا می‌توانید V را در آن نقطه محاسبه کنید؟ اگر پاسخ شما منفی است، چه اطلاعات بیشتری لازم دارید؟

۲۵. اگر V در سراسر ناحیه‌ای از فضا ثابت باشد، دربارهٔ $\mathbf{E}$ در آن ناحیه چه می‌توانید بگویید؟

۲۹. باری روی یک رسانای عایق‌بندی‌شده به‌شکل مکعب کامل دارد. چگالی نسبی بار در نقاط مختلف روی مکعب (سطوح، یالها و کنجها) چگونه است؟ اگر مکعب در هوا باشد چه بر سر بار خواهد آمد؟

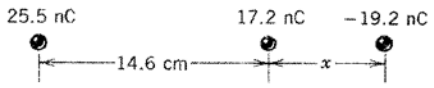
مسئله‌ها:

۲. رابطه‌ای برای کار مورد نیاز یک عامل خارجی برای قراردادن چهار بار الکتریکی به‌صورت نشان داده شده در شکل ۲۵ به‌دست آورید. طول هر ضلع مربع a است.



شکل ۲۵. مسئلهٔ ۲.

۴. بارها در شکل ۲۶ در مکان ثابتی قرار دارند. فاصلهٔ x را چنان تعیین کنید که انرژی پتانسیل الکتریکی این مجموعه برابر با صفر شود.



شکل ۲۶. مسئلهٔ ۴.

۶. اختلاف پتانسیل دو سطح تخت رسانای موازی که در فاصلهٔ $d = ۱٫۰\,\text{cm}$ از یکدیگر قرار دارند، ΔV، برابر $۱۰٫۳\,\text{kV}$ است. الکترونی از یکی از این دو صفحه مستقیماً به صفحهٔ دیگر پرتاب می‌شود. اگر الکترون درست در زمان رسیدن به سطح دوم به حالت سکون در آید، سرعت اولیهٔ الکترون به هنگام پرتاب چقدر بوده است؟ از آثار نسبیتی چشم بپوشید.

۱۴. در مستطیل شکل ۲۸، طول اضلاع $۵٫۰\,\text{cm}$ و $15\,\text{cm}$ و بارها $q_۱ = -۵٫۰\,\mu\text{C}$ و $q_۲ = +۲٫۰\,\mu\text{C}$ است. (الف) پتانسیل الکتریکی در رأسهای B و A چقدر است؟ (ب) چه مقدارکار خارجی لازم است تا بار سومی $q_۳ = +۳٫۰\,\mu\text{C}$ را در امتداد قطر مستطیل از B به A ببریم؟ (ج) آیا در این فرایند کار خارجی به انرژی پتانسیل الکتروستاتیکی تبدیل شده است یا برعکس؟ توضیح دهید.

شکل ۲۸. مسئلهٔ ۱۴.

۲۰. میدان الکتریکی در داخل یک کرهٔ نارسانا به شعاع R که چگالی بار در آن یکنواخت است، شعاعی و دارای اندازهٔ برابر مقدار زیر است با

$$E(r) = \frac{qr}{۴\pi\epsilon_۰ R^۳}$$

که در آن q کل بار هر موجود درکره و r فاصلهٔ نقطهٔ موردنظر از مرکزکره است. (الف) پتانسیل $V(r)$ را در داخل کره معین کنید، فرض کنید که در $r = ۰$ داشته باشیم $V = ۰$. (ب) اختلاف پتانسیل الکتریکی بین یک نقطه روی سطح و مرکز کره چقدر است؟ اگر بار q مثبت باشد، کدام نقطه در پتانسیل بالاتری قرار دارد؟ (ج) نشان دهید که برای $r < R$، پتانسیل در فاصلهٔ r از مرکز از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید

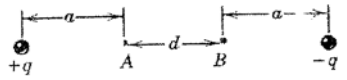
$$V = \frac{q(۳R^۲ - r^۲)}{۸\pi\epsilon_۰ R^۳}$$

که در آن پتانسیل صفر را در $r = \infty$ اختیار کرده‌ایم. چرا این نتیجه با آنچه در قسمت (الف) به‌دست آمد تفاوت دارد؟

۲۲. سرعت فرار الکترون را از سطح یک کرهٔ دارای بار یکنواخت به شعاع ۱٫۲۲cm و بار کل $۱٫۷۶ \times ۱۰^{-۱۵}\mathrm{C}$ محاسبه کنید. از نیروهای گرانشی چشم بپوشید.

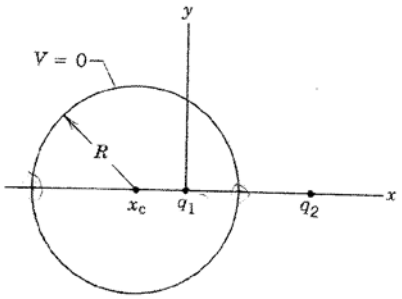
۲۷. یک قطرهٔ کروی آب حامل بار ۳۲٫۰pC و پتانسیل سطح آن ۵۱۲V است. (الف) شعاع قطره چقدر است؟ (ب) اگر دو تا از این قطره‌ها به هم ملحق شوند و تشکیل یک قطرهٔ کروی بدهند، پتانسیل در سطح این قطرهٔ جدید چقدر است؟

۳۱. (الف) در شکل ۳۱ رابطه‌ای برای پتانسیل $V_A - V_B$ به‌دست آورید. (ب) آیا جوابی را که به‌دست آورده‌اید در حالتهای زیر جواب مورد انتظار شما را می‌دهند: وقتی $d = ۰$؟ وقتی $a = ۰$؟ و وقتی $q = ۰$؟



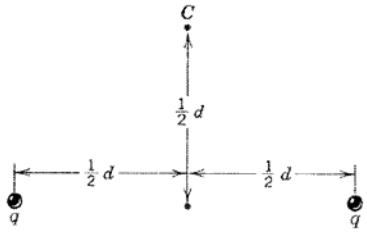
شکل ۳۱. مسئلهٔ ۳۱.

۳۳. بار نقطه‌ای $q_۱ = +۶e$ در مبدأ یک دستگاه مختصات راستگوشه قرار گرفته است و یک‌بار الکتریکی نقطه‌ای دیگر $q_۲ = -۱۰e$ در نقطهٔ $x = ۹٫۶۰\,\mathrm{nm}$ و $y = ۰$ قرار دارد. مکان هندسی تمام نقاطی از صفحهٔ xy با $V = ۰$، مطابق شکل ۳۳، دایره‌ای است که مرکز آن روی محور x است. پیدا کنید (الف) محل x_c یعنی مرکز دایره و (ب) شعاع R دایره. (ج) آیا سطح هم‌پتانسیل $V = ۵\mathrm{V}$ نیز یک دایره است؟



شکل ۳۳. مسئلهٔ ۳۳.

۳۴. دو بار نقطه‌ای $q = +۲٫۱۳\mu\mathrm{C}$ در فضا در فاصلهٔ $d = ۱٫۹۶\mathrm{cm}$ از یکدیگر، مطابق شکل ۳۴، ثابت شده‌اند. (الف) پتانسیل الکتریکی در نقطهٔ C چقدر است؟ (ب) بار سومی به‌مقدار $Q = +۱٫۹۱\mu\mathrm{C}$ را به آرامی از بی‌نهایت به نقطه C می‌آوریم. چقدر کار باید انجام



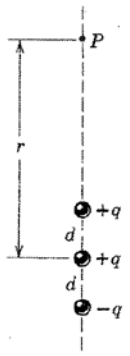
شکل ۳۴. مسئلهٔ ۳۴.

دهیم؟ (ج) وقتی بار سوم در جای خود قرار گرفت، انرژی پتانسیل U این پیکربندی چقدر است؟

۳۵. برای مجموعه بارهای الکتریکی شکل ۳۵ نشان دهید که پتانسیل $V(r)$ برای نقاط روی محور قائم، با فرض اینکه $r \gg d$ باشد، از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید

$$V = \frac{۱}{۴\pi\epsilon_۰}\frac{q}{r}\left(۱ + \frac{۲d}{r}\right)$$

(راهنمایی: این پیکربندی بار را می‌توان مجموعهٔ یک‌بار منزوی و یک دوقطبی درنظر بگیریم.)



شکل ۳۵. مسئلهٔ ۳۵.

۳۷. بار الکتریکی $-۹٫۱۲\mathrm{nC}$ را به‌طور یکنواخت روی حلقه‌ای به شعاع ۱٫۴۸m که در صفحه yz قرار گرفته و مرکزش مبدأ مختصات است توزیع می‌کنیم. ذره‌ای که حامل بار $-۵٫۹۳\mathrm{pC}$ است روی محور x در $x = ۳٫۰۷\mathrm{m}$ قرار گرفته است. کار یک عامل خارجی را برای آوردن این بار نقطه‌ای به مبدأ مختصات محاسبه کنید.

۳۸. بار مثبت Q را روی یک طوق دایره‌ای تخت نارسانا به شعاع داخلی a و شعاع خارجی b توزیع کرده‌ایم. این بار چنان توزیع شده است که چگالی بار (بار بر واحد سطح) آن از رابطهٔ $\sigma = k/r^{۲}$ به‌دست می‌آید که در آن r فاصلهٔ هر نقطه از مرکز طوق است. نشان دهید که پتانسیل در مرکز طوق برابر است با

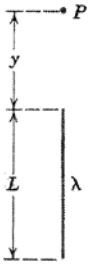
$$V = \frac{Q}{۲\pi\epsilon_{۰}}\left(\frac{a+b}{ab}\right)$$

۳۹. دو توزیع بار خطی به‌موازات محور z قرارگرفته‌اند. یکی از آنها، دارای بار $+\lambda$ در واحد طول است و در فاصلهٔ a در طرف راست محور قرار دارد. توزیع دوم، دارای بار $-\lambda$ در واحد طول است و در فاصلهٔ a در طرف چپ محور قرار دارد (این خطوط و محور z همه در یک صفحه قرار دارند). برخی از سطحهای هم‌پتانسیل را رسم کنید.

۴۲. در شکل ۳۸(الف) خطوط نیرو و (ب) فصل مشترک سطحهای هم‌پتانسیل با صفحهٔ شکل را به‌صورت کیفی رسم کنید. (راهنمایی: رفتار را در نزدیکی هریک از دو بار و در فاصله‌های بسیار دور از آنها بررسی کنید.)

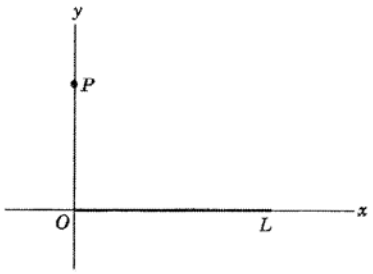
شکل ۳۸. مسئلهٔ ۴۲.

۵۰. بار λ به‌ازای واحد طول به‌طور یکنواخت روی پاره‌خط مستقیمی به‌طول L توزیع شده است. (الف) پتانسیل الکتریکی این توزیع را در نقطهٔ P که به فاصلهٔ y از یک سر پاره‌خط و در امتداد آن قرار دارد (با فرض صفربودن پتانسیل در بی‌نهایت) معین کنید (نگاه کنید به شکل ۴۱). (ب) با استفاده از نتیجهٔ به‌دست آمده در قسمت (الف) مؤلفهٔ y (در امتداد پاره‌خط) میدان الکتریکی در نقطهٔ P را محاسبه کنید. (ج) مؤلفه میدان الکتریکی در راستای عمود بر پاره‌خط را در نقطهٔ P تعیین کنید.



شکل ۴۱. مسئلهٔ ۵۰.

۵۱. روی میلهٔ نازکی به‌طول L که در امتداد محور x طوری قرار دارد که یک سر آن در مبدأ مختصات است ($x = ۰$) شکل ۴۲، توزیع بار به‌ازای واحد طول به‌صورت $\lambda = kx$ وجود دارد، که در آن k مقداری ثابت است. (الف) با فرض اینکه پتانسیل الکتروستاتیکی در بی‌نهایت صفر باشد، پتانسیل V را در نقطهٔ P روی محور y معین کنید (ب) مؤلفهٔ قائم میدان الکتریکی، E_y، را در نقطهٔ P از نتیجهٔ قسمت (الف) و به‌طور مستقیم محاسبه کنید. (ج) چرا نمی‌توان مؤلفهٔ افقی میدان الکتریکی E_x در نقطهٔ P را با بهره‌گیری از نتایج قسمت (الف) به‌دست آورد؟ (د) در چه فاصله‌ای از میله در امتداد محور y پتانسیل نصف پتانسیل الکتریکی در سر طرف چپ میله است؟



شکل ۴۲. مسئلهٔ ۵۱.

۵۳. دو کرهٔ رسانای ۱ و ۲ را به فاصلهٔ بسیار زیاد از یکدیگر درنظر بگیرید که قطر دومی دو برابر قطر اولی است. کرهٔ کوچکتر در آغاز حامل بار مثبت q است و کرهٔ بزرگتر بدون بار است. اکنون دو کره را با یک رشته سیم نازک و دراز به‌هم متصل کنید. (الف) پتانسیلهای نهایی $V_{۱}$ و $V_{۲}$ دو کره چه رابطه‌ای با یکدیگر دارند؟ (ب) بارهای نهایی $q_{۱}$ و $q_{۲}$ روی دو کره را برحسب بار q تعیین کنید.