و مقدار آن همان پتانسیل روی سطح است. به این ترتیب سهم پوسته بزرگ کروی در اختلاف $V(R) - V(r)$ صفر است.

آنچه باقی می‌ماند محاسبهٔ اختلاف فقط با درنظرگرفتن کرهٔ کوچک است. برای تمام نقاط خارجی کرهٔ کوچک، می‌توان آن را یک‌بار نقطه‌ای درنظر گرفت و اختلاف پتانسیل را با بهره‌گیری از معادلهٔ (۱۹) به‌دست آورد:

$$V(R) - V(r) = \frac{q}{۴\pi\epsilon_۰}\left(\frac{۱}{R} - \frac{۱}{r}\right)$$

این رابطه، اختلاف پتانسیل کرهٔ داخلی و پوستهٔ خارجی را به‌دست می‌دهد. توجه داشته باشید که در اینجا اختلاف پتانسیل مستقل از مقدار بار Q روی پوستهٔ خارجی است. اگر بار q مثبت باشد، اختلاف پتانسیل همواره منفی است، که نشان می‌دهد پوستهٔ خارجی همواره در پتانسیل کمتری قرار دارد. اگر بار مثبت بتواند بین دو کره جریان یابد، همواره از پتانسیل بالاتر به پتانسیل پایینتر جاری می‌شود، یعنی از کرهٔ داخلی به کرهٔ خارجی، بدون توجه به اینکه در هر زمان چه مقدار بار روی سطح پوسته کروی خارجی قرار دارد.

پرسشها

۱. آیا می‌توانیم پتانسیل زمین را به‌جای صفر، ۱۰۰V+ اختیارکنیم؟ این فرض چه تأثیری در مقادیر اندازه‌گیری‌شدهٔ به (الف) پتانسیلها و (ب) اختلاف پتانسیلها خواهد داشت؟

۲. اگر روی یک تکیه‌گاه عایق‌بندی‌شده قرار داشتید و پتانسیل شما نسبت به زمین به‌اندازهٔ ۱۰kV افزایش می‌یافت، چه اتفاقی می‌افتاد؟

۳. چرا اغلب الکترون ـ ولت یکای انرژی مناسبتری از ژول است؟

۴. چگونه پروتون ـ ولت را با الکترون‌ـولت مقایسه می‌کنید؟ جرم پروتون ۱۸۴۰ برابر جرم الکترون است.

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

۶. آیا برای انتقال بار الکتریکی از نقطه‌ای به نقطهٔ دیگر در یک میدان الکتروستاتیکی مقدارکار مورد نیاز به‌ازای واحد بار به مقدار بار انتقال‌یافته بستگی دارد؟

۷. اختلاف پتانسیل چه تفاوتی با اختلاف انرژی پتانسیل دارد؟ مثالهایی بیاورید که در آنها هر اصطلاح به‌صورت صحیح به‌کار رفته است.

۸. مجموع انرژی کلیه الکترونهایی که در مدت یک ثانیه به صفحهٔ یک نوسان‌نمای پرتو کاتدی برخورد می‌کنند را برآورد کنید.

۹. چرا می‌توان یک اتاق را در برابر نیروهای الکتریکی حفاظت کرد ولی حفاظت آن در برابر نیروهای گرانشی امکان‌پذیر نیست؟

۱۰. فرض کنید زمین بار خالصی دارد که برابر صفر نیست. چرا هنوز می‌توان زمین را به‌عنوان نقطه مرجع استاندارد پتانسیل اختیار کرد، به آن پتانسیل $V = ۰$ را نسبت دهیم؟

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

۱۲. مثالهایی را مطرح کنید که در آن علامت پتانسیل یک جسم باردار مخالف علامت بار مربوط به آن جسم باشد.

۱۳. آیا دو سطح هم‌پتانسیل متفاوت می‌توانند یکدیگر را قطع کنند؟

۱۴. یک کارگر برقکار به‌طور تصادفی دچار برق‌گرفتگی شد و درگذشت. و روزنامه‌ای در مورد این حادثه چنین نوشت: "او برحسب تصادف کامل ولتاژ بالا را لمس کرد و ۲۰۰۰۰V برق از بدنش عبورکرد." این گزاره را نقد کنید.

۱۵. به کوهنوردان گرفتار آذرخش و توفانهای تندری توصیه می‌شود که (الف) به‌سرعت از قله‌ها و ستیغها فاصله بگیرند و (ب) هر دو را کنار هم قرار دهند و در فضای باز خم شوند تا فقط پاهای آنها 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؟

۱۸. در شکل ۱۶، میدان الکتریکی E در طرف چپ شکل بیشتر است یا در طرف راست آن؟

۱۹. آیا قرص نارسانای مثال ۹ که به‌صورت یکنواخت باردارشده یک سطح با پتانسیل ثابت است؟ توضیح دهید.

۲۰. دیدیم که در داخل یک رسانای توخالی، از میدانهای ناشی از بارهای خارجی مصون هستیم. اگر در خارج یک رسانای توخالی که حاوی مقداری بار است از میدان ناشی از این بارها حفاظت شده‌ایم؟ دربارهٔ جواب مثبت یا منفی خود توضیح دهید.

۲۱. آیا اگر سطح یک رسانای باردار یک سطح هم‌پتانسیل باشد، به معنی آن است که توزیع بار روی سطح آن یکنواخت است؟ اگر اندازهٔ میدان الکتریکی روی سطح یک رسانای باردار ثابت باشد، به‌معنای آن است که توزیع بار روی آن سطح یکنواخت است؟

Scanned by CamScanner

۲۲. در بخش ۳۰ـ۱۰ یادآور شدیم باری که به‌داخل یک رسانای منزوی منتقل شود، بدون توجه به اینکه چقدر بار روی سطح خارجی آن قرار دارد کاملاً به سطح خارجی انتقال می‌یابد. آیا می‌توان این کار را برای همیشه ادامه داد؟ اگر نمی‌شود، چه عاملی مانع از آن است؟

۲۳. چرا یک اتم منزوی نمی‌تواند گشتاور دوقطبی الکتریکی دائمی داشته باشد؟

۲۴. یونها و الکترونها مانند مراکز چگالش عمل می‌کنند؛ یعنی در هوا قطرات ریز آب در اطراف آنها شکل می‌گیرند. بگویید چرا؟

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

۲۶. در فصل ۱۶ دیدیم که شدت میدان گرانشی در داخل یک پوستهٔ کروی ماده برابر صفر است. شدت میدان الکتریکی نه‌تنها در داخل یک رسانای باردار کروی منزوی صفر است بلکه در داخل هر رسانای منزوی با هر شکلی صفر است. آیا شدت میدان گرانشی در داخل، مثلاً، یک پوستهٔ مکعبی از ماده صفر است؟ اگر صفر نیست، چرا مقایسهٔ کامل میدانها ممکن نیست؟

۲۷. چگونه می‌توانید اطمینان یابید که پتانسیل الکتریکی در ناحیهٔ مشخصی از فضا مقداری ثابت است؟

۲۸. سه‌بار نقطه‌ای، که در فاصلهٔ محدودی از یکدیگر قرار گرفته‌اند را طوری مرتب کنید که انرژی پتانسیل الکتریکی آن صفر باشد.

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؟

۳۰. دیدیم (بخش ۳۰ـ۱۰) که پتانسیل در داخل یک رسانا مانند پتانسیل در سطح آن است. (الف) اگر رسانا شکل نامنظمی داشته باشد و کاواک داخل آن نیز نامنظم باشد چه اتفاقی خواهد افتاد؟ (ب) اگر کاواک با یک "سوراخ کرم‌خوردگی" کوچک به خارج وصل شود چه خواهد شد؟ (ج) اگر کاواک بسته باشد ولی یک‌بار نقطه‌ای در داخل معلق باشد چه خواهد شد؟ در مورد پتانسیل داخل مادهٔ رسانا و در نقاط مختلف درون کاواکها بحث کنید.

۳۱. یک پوستهٔ رسانای کروی عایق‌بندی‌شده حامل مقداری بار منفی است. اگر یک جسم فلزی که حامل بار مثبت است در تماس با جدار داخلی پوسته قرار گیرد چه اتفاقی می‌افتد؟ سه مورد زیر را که در آن اندازه بار مثبت (الف) کمتر از بار منفی (ب) برابر بار منفی و (ج) بیشتر از بار منفی است بررسی کنید.

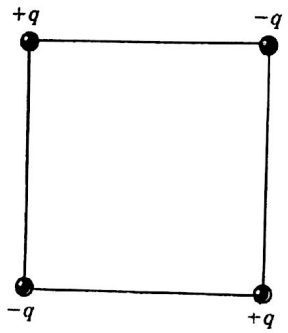
۳۲. یک کرهٔ فلزی بدون بار از یک نخ ابریشمی آویزان و در داخل یک میدان الکتریکی خارجی یکنواخت قرار دارد. اندازهٔ شدت میدان الکتریکی برای نقاط داخل کره چقدر است؟ آیا اگر کره حامل باری باشد جوابهای شما تغییر خواهد کرد؟

مسئله‌ها

بخش ۳۰ـ۲ انرژی پتانسیل الکتریکی

۱. در مدل کوارکی ذرات بنیادی، پروتون از سه کوارک: دو کوارک "بالا"، که بار هرکدام $+\frac{2}{3}e$ و یک کوارک "پایین" با بار $-\frac{1}{3}e$ تشکیل شده است. فرض کنید سه کوارک در فاصلهٔ مساوی از یکدیگر قرار داشته باشند. فاصلهٔ بین آنها را $1{,}32 \times 10^{-15}\,\mathrm{m}$ درنظر بگیرید و (الف) انرژی پتانسیل برهم‌کنش بین دو کوارک "بالا" و (ب) انرژی پتانسیل الکتریکی کل این مجموعه را محاسبه کنید.

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.



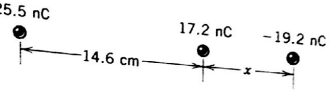
شکل ۲۵. مسئلهٔ ۲.

۳. یک دهه پیش از آنکه اینشتین نظریهٔ نسبیت خود را منتشر کند، جی‌جی. تامسون مطرح کرد که الکترون ممکن است از اجزای کوچکی تشکیل یافته باشد و جرم الکترون ناشی از برهم‌کنش الکتریکی اجزای آن است. علاوه بر آن، او پیشنهاد کرد که انرژی الکترون برابر با mc^2 است. با بهره‌گیری از روش زیر جرم الکترون را تقریباً برآورد کنید: فرض کنید الکترون از سه جزء کاملاً یکسان تشکیل شده است که آنها را از بی‌نهایت آورده و در سه رأس یک مثلث متساوی‌الاضلاع که هر ضلع آن برابر با شعاع کلاسیک الکترون یعنی $2{,}82 \times 10^{-15}\,\mathrm{m}$ است قرار داده‌ایم. (الف) انرژی پتانسیل الکتریکی کل این مجموعه را تعیین کنید. (ب) این مقدار را بر c^2 تقسیم و نتیجهٔ حاصل را با مقدار پذیرفته‌شدهٔ جرم الکترون ($9{,}11 \times 10^{-31}\,\mathrm{kg}$) مقایسه کنید.

Scanned by CamScanner

اگر تعداد اجزا را بیشتر بگیریم نتیجه بهتر می‌شود. امروزه، الکترون را به‌عنوان یک ذرهٔ تقسیم‌نشدنی درنظر می‌گیریم.

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.

۵. شکل ۲۷ نمایش ایدئالی از یک هستهٔ اورانیم $^{۲۳۸}\mathrm{U}$ $(Z = ۹۲)$ را در آستانهٔ شکافت نشان می‌دهد. (الف) نیروی دافعهٔ وارد بر هریک از شکافت پاره‌ها و (ب) انرژی پتانسیل الکتریکی متقابل دو شکافت پاره را محاسبه کنید. فرض کنید که شکافت پاره‌ها از نظر اندازه و بار یکسان و هر دو کروی و مماس با یکدیگر باشند. شعاع هستهٔ اورانیم در ابتدا کروی $^{۲۳۸}\mathrm{U}$ برابر با ۸ر۰ فرمی است. فرض کنید مادهٔ هسته‌ای چگالی ثابتی داشته باشد.

شکل ۲۷. مسئلهٔ ۵.

بخش ۳۰ـ۳ پتانسیل الکتریکی

۶. اختلاف پتانسیل دو سطح تخت رسانای موازی که در فاصلهٔ $d = ۱ر۰\,\mathrm{cm}$ از یکدیگر قرار دارند، ΔV، برابر ۱۰ر۳kV 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.

۷. در یک آذرخش نوعی اختلاف پتانسیل بین نقاط تخلیه در حدود $۱ر۰ \times ۱۰^{۱}\,\mathrm{V}$ است و مقدار باری که انتقال پیدا می‌کند در حدود ۳۰ C است. (الف) در این آذرخش چقدر انرژی آزاد می‌شود؟ (ب) اگر تمام انرژی آزاد شده را صرف شتاب‌دادن به یک اتومبیل ۱۲۰۰ کیلوگرمی می‌کردیم سرعت نهایی آن چقدر می‌شد؟ (ج) اگر از این انرژی برای ذوب کردن یخ استفاده می‌کردیم، چقدر یخ را در ۰°C ذوب می‌کرد؟

۸. اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطهٔ تخلیه در یک آذرخش معین $۱ر۲۳ \times ۱۰^{۱}\,\mathrm{V}$ است. اندازهٔ تغییر در انرژی پتانسیل الکتریکی الکترونی که بین دو نقطه جابه‌جا می‌شود چقدر است؟ جوابهای خود را برحسب (الف) ژول و (ب) الکترون ـ ولت بیان کنید.

۹. (الف) یک الکترون باید در چه اختلاف پتانسیلی سقوط کند، تا با توجه به مکانیک نیوتونی سرعت، v، آن برابر با سرعت نور، c، شود؟ (ب) وقتی $v \to c$ مکانیک نیوتونی با شکست مواجه می‌شود بنابراین، با بهره‌گیری از رابطهٔ صحیح نسبیتی برای انرژی جنبشی (معادلهٔ (۲۷) فصل ۲۱)

$$K = mc^{۲}\left[\frac{۱}{\sqrt{۱-(v/c)^{۲}}} - ۱\right]$$

به‌جای عبارت نیوتونی $K = \frac{۱}{۲}mv^{۲}$، سرعت واقعی الکترون را پس از سقوط در اختلاف پتانسیل قسمت (الف) تعیین کنید. این سرعت را به‌صورت کسر مناسبی از سرعت نور بیان کنید.

۱۰. الکترونی با سرعت اولیهٔ $۳ر۴۴ \times ۱۰^{۵}\,\mathrm{m/s}$ مستقیماً به‌طرف پروتونی که در حال سکون است پرتاب می‌شود. اگر فاصلهٔ الکترون از پروتون در ابتدا زیاد باشد، در چه فاصله‌ای از پروتون سرعت لحظه‌ای آن دو برابر سرعت اولیه‌اش خواهد شد؟

۱۱. ذره‌ای با بار q را در مکان ثابتی در نقطهٔ P نگه‌داشته‌ایم و ذرهٔ دیگری به جرم m را که حامل همان بار q است ابتدا در حالت سکون در فاصلهٔ $r_۱$ از نقطهٔ P نگه می‌داریم. سپس ذرهٔ دوم را رها می‌کنیم و ذرهٔ اول آن را دفع می‌کند. سرعت ذرهٔ دوم را در لحظه‌ای که در فاصلهٔ $r_۲$ از P قرار دارد معین کنید. فرض کنید $q = ۳ر۱\,\mu\mathrm{C}$، $m = ۱۸\,\mathrm{mg}$، $r_۱ = ۰ر۹۰\,\mathrm{mm}$ و $r_۲ = ۲ر۵\,\mathrm{mm}$.

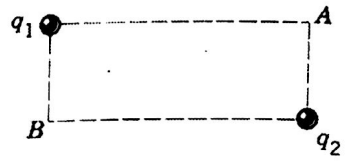
۱۲. (الف) پتانسیل الکتریکی که هستهٔ اتم هیدروژن در فاصلهٔ میانگین الکترونی که گرد آن می‌چرخد $(r = ۵ر۲۹ \times ۱۰^{-۱۱}\,\mathrm{m})$، (ب) انرژی پتانسیل الکتریکی اتم وقتی الکترون در این فاصله قرار دارد و (ج) انرژی جنبشی الکترون را، با فرض اینکه مدار الکترون دایره‌ای با این شعاع به‌مرکز هسته است، محاسبه کنید. (د) برای یونش اتم هیدروژن چقدر انرژی لازم است؟ تمام انرژیها را برحسب الکترون ـ ولت بیان کنید.

۱۳. فرض می‌کنیم ذره‌ای با بار "مثبت" Q در مکان ثابت P قرار دارد. ذرهٔ دومی به‌جرم m و بار (منفی) $-q$ با سرعتی ثابت در دایره‌ای به‌شعاع $r_۱$ و به مرکز P در حال حرکت است. رابطه‌ای برای

Scanned by CamScanner

کار W که یک عامل خارجی باید روی ذرهٔ دوم انجام دهد تا شعاع حرکت دایره‌ای حول P با r_2 افزایش یابد به‌دست آورید.

۱۴. در مستطیل شکل ۲۸، طول اضلاع ۵٫۰cm و ۱۵cm و بارها $q_1 = -5.0\,\mu C$ و $q_2 = +2.0\,\mu C$ است. (الف) پتانسیل الکتریکی در رأسهای B و A چقدر است؟ (ب) چه مقدار کار خارجی لازم است تا بار سومی $q_3 = +3.0\,\mu C$ 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.

۱۵. سه‌بار ۱۲۲mC+ روی سه رأس مثلث متساوی الاضلاعی به ضلع ۱٫۷۲m قرارگرفته‌اند. اگر انرژی با آهنگ ۸۳۱ وات تأمین شود، چند روز طول می‌کشد تا یکی از این بارها را وسط خطی که دوبار دیگر را به‌هم متصل می‌کند ببریم؟

بخش ۳۰ـ۴ محاسبهٔ پتانسیل از میدان

۱۶. یک ورقهٔ باردار نامتناهی دارای چگالی بار $\sigma = 0.12\,\mu C/m^2$ است. سطوح هم‌پتانسیلی که اختلاف پتانسیل آنها ۴۸V است در چه فاصله‌ای از هم قرار دارند؟

۱۷. دو صفحهٔ بزرگ رسانای موازی در فاصلهٔ ۱۲٫۰cm از هم قرار دارند و هر دو حامل بارهای مساوی و با علامت مخالف روی سطوحی هستند که مقابل هم قرارگرفته‌اند. بر الکترونی که در وسط دو صفحه قرارگرفته است نیروی $3.90 \times 10^{-15}\,N$ وارد می‌شود. (الف) شدت میدان الکتریکی را در محل الکترون معین کنید. (ب) اختلاف پتانسیل بین صفحات چقدر است؟

۱۸. در آزمایش قطرهٔ روغن میلیکان (نگاه کنید به بخش ۲۸ـ۶)، یک میدان الکتریکی ثابت $1.92 \times 10^5\,N/C$ بین دو صفحه که در فاصله ۱٫۵۰cm از هم قرار دارند برقرار است. اختلاف پتانسیل بین صفحات را به‌دست آورید.

۱۹. یک شمارگر گایگر دارای یک استوانهٔ فلزی به قطر ۲٫۱۰cm است که در امتداد محور آن رشته سیمی به‌قطر $1.34 \times 10^{-4}\,cm$ کشیده شده است. اگر پتانسیل ۸۵۵ V بین آنها اعمال شود، شدت

میدان الکتریکی را در سطح (الف) سیم و (ب) استوانه معین کنید. (راهنمایی: از نتیجهٔ مسئله ۳۶، فصل ۲۹ استفاده کنید.)

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

$$E(r) = \frac{qr}{4\pi\epsilon_0 R^3}$$

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 $r = 0$ داشته باشیم $V = 0$. (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

$$V = \frac{q(3R^2 - r^2)}{8\pi\epsilon_0 R^3}$$

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

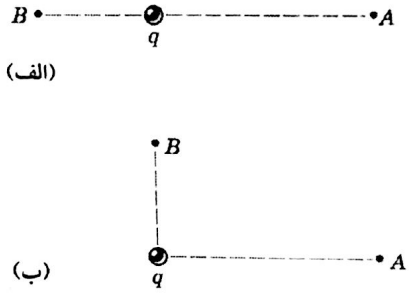
بخش ۳۰ـ۵ پتانسیل ناشی از یک‌بار نقطه‌ای

۲۱. هستهٔ طلا حاوی بار مثبت برابر با بار ۷۹ پروتون است و شعاع آن ۷٫۰ فرمی است؛ مثال ۶ را ببینید. ذرهٔ آلفایی (که از دو پروتون و دو نوترون تشکیل شده است) در فاصله‌های بسیار دور از هستهٔ طلا دارای انرژی جنبشی K است و مستقیماً به‌سمت آن حرکت می‌کند. ذرهٔ آلفا با سطح هستهٔ طلا مماس می‌شود و جهت سرعت آن تغییر می‌کند. (الف) انرژی جنبشی K را محاسبه کنید. (ب) انرژی واقعی ذرهٔ آلفایی که در آزمایش رادرفورد و همکارانش مورد استفاده قرار گرفت و به کشف مفهوم اتم دارای هسته انجامید برابر ۵٫۰MeV بود از این موضوع چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

۲۲. سرعت فرار الکترون را از سطح یک کرهٔ دارای بار یکنواخت به شعاع ۱٫۲۲cm و بار کل $1.76 \times 10^{-15}\,C$ محاسبه کنید. از نیروهای گرانشی چشم بپوشید.

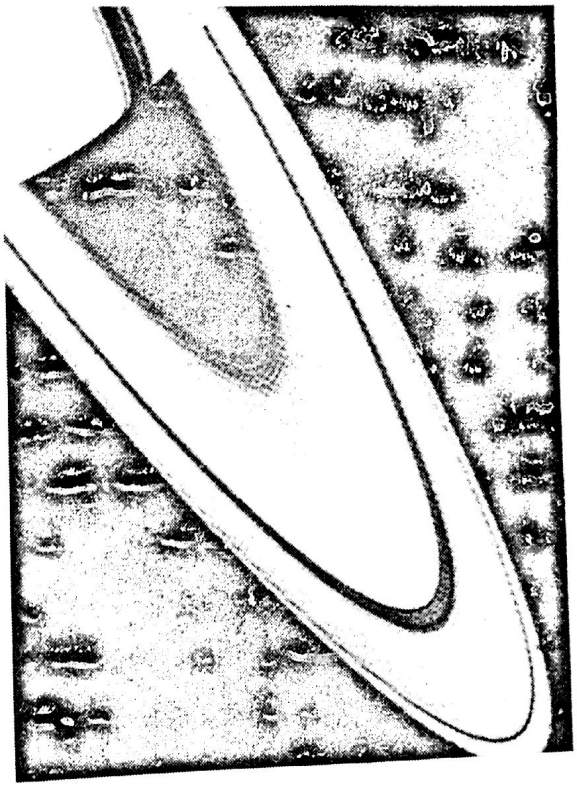
۲۳. یک‌بار نقطه‌ای $q = +1.16\,\mu C$ داریم. نقطهٔ A را در فاصلهٔ ۲٫۰۶m از آن و نقطهٔ B را در فاصلهٔ ۱٫۱۷m در طرف دیگر آن، مطابق شکل ۲۹ الف، درنظر بگیرید. (الف) اختلاف پتانسیل $V_A - V_B$ را معین کنید. (ب) همین کار برای وقتی که نقاط A و B در محل نشان داده شده در شکل ۲۹ب قرارگرفته‌اند تکرار کنید.

Scanned by CamScanner



شکل ۲۹. مسئلهٔ ۲۳.

۲۴. بخش اعظم موادی که حلقه‌های زحل را تشکیل می‌دهند (نگاه کنید به شکل ۳۰) ذرات غبار بسیار ریز با شعاعهای از مرتبه $1.0\,\mu m$ هستند. این دانه‌های ریز در ناحیه‌ای قرار دارند که حاوی گاز یونیدهٔ رقیق است و این ذرات الکترونهای اضافی را جمع می‌کنند. اگر پتانسیل الکتریکی در سطح این دانه‌ها برابر $-400\,V$ باشد، آنها چند الکترون اضافی جمع کرده‌اند؟



شکل ۳۰. مسئلهٔ ۲۴.

۲۵. وقتی یک فضاپیما در ناحیهٔ حاوی گاز یونیدهٔ رقیق در یون سپهرزمین حرکت می‌کند، پتانسیل آن قبل از اینکه یک دور کامل بزند، نوعاً به‌اندازهٔ $-1.0\,V$ تغییر می‌کند. با فرض اینکه فضاپیما کره‌ای به شعاع $10\,m$ باشد، مقدار بار گردآوری‌شده را برآورد کنید.

۲۶. ذره‌ای به جرم m، بار $q > 0$، و انرژی جنبشی اولیهٔ K (از "بی‌نهایت") به‌طرف یک هستهٔ سنگین با بار Q، که فرض می‌کنیم در دستگاه مختصات ثابت است، پرتاب می‌شود. (الف) اگر هسته "کامل" باشد، وقتی که ذرهٔ پرتابه به‌صورت لحظه‌ای متوقف می‌شود فاصلهٔ آن از مرکز هسته چقدر است. (ب) برای یک هدف ثابت مشخص کمترین فاصلهٔ ذره از هسته دو برابر فاصله‌ای است که در بخش (الف) مشخص کردیم. سرعت ذرهٔ پرتابه را در این نزدیکترین فاصله از مرکز هسته معین کنید. فرض کنید که ذره به سطح هسته نمی‌رسد.

۲۷. یک قطرهٔ کروی آب حامل بار $32.0\,pC$ و پتانسیل سطح $512\,V$ 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؟

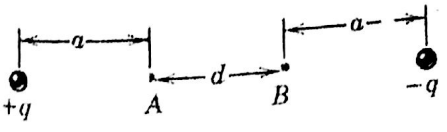
۲۸. فرض کنید که بار منفی موجود در یک سکهٔ مسی را برداریم و به فاصله بسیار دوری از زمین منتقل کنیم — شاید به یک کهکشان دوردست — و بار مثبت آن را به‌طور یکنواخت روی سطح زمین توزیع کنیم. پتانسیل الکتریکی در سطح زمین چه تغییری خواهد کرد؟ (مثال ۲ فصل ۲۷ را ببینید.)

۲۹. در نزدیکی سطح زمین اغلب یک میدان الکتریکی با شدت تقریبی $100\,V/m$ مشاهده می‌شود. اگر این میدان در تمامی سطح زمین یکسان باشد، پتانسیل الکتریکی در یک نقطه روی سطح زمین چقدر می‌شود؟ نگاه کنید به مثال ۶.

بخش ۳۰ـ۶ پتانسیل ناشی از مجموعه‌ای از بارهای نقطه‌ای

۳۰. مولکول آمونیاک NH_3 دارای یک گشتاور دوقطبی الکتریکی دائمی به‌مقدار $1.47\,D$ است، که در آن D یکای دبی و مقدار آن $3.34 \times 10^{-30}\,C \cdot m$ است. پتانسیل الکتریکی ناشی از مولکول آمونیاک را در نقطه‌ای به‌فاصلهٔ $52.0\,nm$ از مرکز دوقطبی و روی محور آن محاسبه کنید.

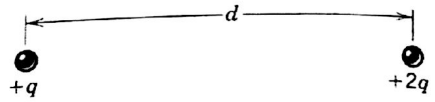
۳۱. (الف) در شکل ۳۱ رابطه‌ای برای پتانسیل $V_A - V_B$ به‌دست آورید. (ب) آیا جوابی را که به‌دست آورده‌اید در حالتهای زیر جواب مورد انتظار شما را می‌دهند: وقتی $d = 0$؟ وقتی $a = 0$؟ و وقتی $q = 0$؟



شکل ۳۱. مسئلهٔ ۳۱.

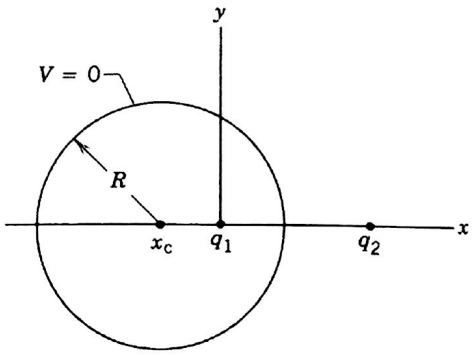
Scanned by CamScanner

۳۲. در شکل ۳۲ محل نقاطی را مشخص کنید که (الف) در آنجا $V = 0$ و (ب) در آنجا $\mathbf{E} = 0$، البته در صورتی که چنین نقاطی وجود داشته باشند. فقط روی محور را درنظر بگیرید.



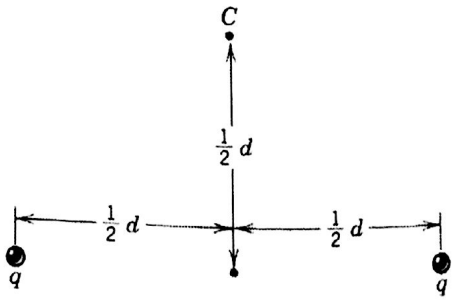
شکل ۳۲. مسئلهٔ ۳۲.

۳۳. بار نقطه‌ای $q_1 = +6e$ در مبدأ یک دستگاه مختصات راستگوشه قرار گرفته است و یک‌بار الکتریکی نقطه‌ای دیگر $q_2 = -10e$ در نقطهٔ $x = 9.60\,\text{nm}$ و $y = 0$ قرار دارد. مکان هندسی تمام نقاطی از صفحهٔ xy با $V = 0$، 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 $V = 5\text{V}$ نیز یک دایره است؟



شکل ۳۳. مسئلهٔ ۳۳.

۳۴. دوبار نقطه‌ای $q = +2.13\mu\text{C}$ در فضا در فاصلهٔ $d = 1.96\,\text{cm}$ از یکدیگر، مطابق شکل ۳۴، ثابت شده‌اند. (الف) پتانسیل الکتریکی در نقطهٔ C چقدر است؟ (ب) بار سومی به‌مقدار $Q = +1.91\mu\text{C}$ را به آرامی از بی‌نهایت به نقطه C می‌آوریم. چقدر کار باید انجام



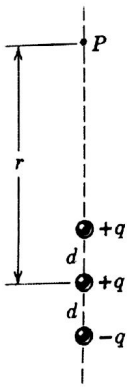
شکل ۳۴. مسئلهٔ ۳۴.

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

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r}\left(1 + \frac{2d}{r}\right)$$

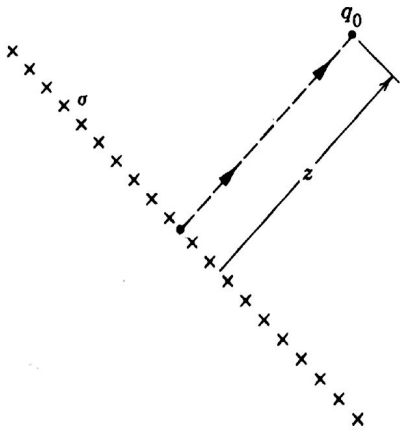
(راهنمایی: این پیکربندی بار را می‌توان مجموعهٔ یک‌بار منزوی و یک دوقطبی درنظر بگیریم.)



شکل ۳۵. مسئلهٔ ۳۵.

بخش ۳۰ـ۷ پتانسیل الکتریکی توزیعهای پیوستهٔ بار

۳۶. شکل ۳۶ مقطع یک ورقهٔ "نامتناهی" از بار مثبت با چگالی σ را نشان می‌دهد. (الف) وقتی یک‌بار آزمون کوچک مثبت q_0 را از یک محل اولیه‌اش در روی ورقه به محل نهایی که در فاصلهٔ عمودی z از ورقه قرار دارد می‌بریم، میدان الکتریکی چه مقدار کار انجام می‌دهد؟ (ب) با استفاده از نتایج قسمت (الف) نشان دهید که پتانسیل



شکل ۳۶. مسئلهٔ ۳۶.

Scanned by CamScanner

الکتریکی یک ورقهٔ نامتناهی از بار را می‌توان به‌صورت زیر نوشت

$$V = V_0 - \left(\frac{\sigma}{2\epsilon_0}\right) z$$

که در آن V_0 پتانسیل در سطح ورقه است.

۳۷. بار الکتریکی $-9{,}12\,\text{nC}$ را به‌طور یکنواخت روی حلقه‌ای به شعاع $1{,}48\,\text{m}$ که در صفحه yz قرار گرفته و مرکزش مبدأ مختصات است توزیع می‌کنیم. ذره‌ای که حامل بار $-5{,}93\,\text{pC}$ است روی محور x در $x = 3{,}07\,\text{m}$ قرار گرفته است. کار یک عامل خارجی را برای آوردن این بار نقطه‌ای به مبدأ مختصات محاسبه کنید.

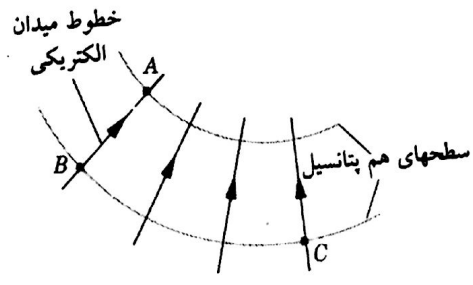
۳۸. بار مثبت Q را روی یک طوق دایره‌ای تخت نارسانا به شعاع داخلی a و شعاع خارجی b توزیع کرده‌ایم. این بار چنان توزیع شده است که چگالی بار (بار بر واحد سطح) آن از رابطهٔ $\sigma = k/r^2$ به‌دست می‌آید که در آن r فاصلهٔ هر نقطه از مرکز طوق است. نشان دهید که پتانسیل در مرکز طوق برابر است با

$$V = \frac{Q}{8\pi\epsilon_0}\left(\frac{a+b}{ab}\right)$$

بخش ۳۰ـ۸ سطحهای هم‌پتانسیل

۳۹. دو توزیع بار خطی به‌موازات محور z قرار گرفته‌اند. 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.

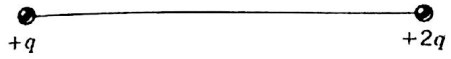
۴۰. در جابه‌جایی از نقطهٔ A به نقطهٔ B در امتداد یک خط میدان الکتریکی، میدان الکتریکی شکل ۳۷ مقدار $3{,}94 \times 10^{-19}\,\text{J}$ کار روی یک الکترون انجام می‌دهد. اختلاف پتانسیل الکتریکی در حالتهای زیر چقدر است؟ (الف) $V_B - V_A$، (ب) $V_C - V_A$ و (ج) $V_C - V_B$.



شکل ۳۷. مسئلهٔ ۴۰.

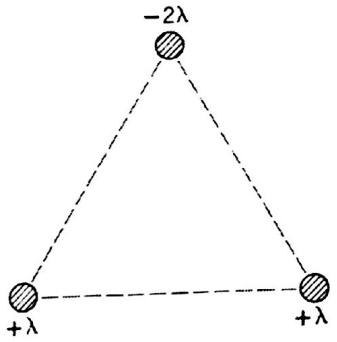
۴۱. بار نقطه‌ای $q = 1{,}5 \times 10^{-8}\,\text{C}$ را درنظر بگیرید. (الف) شعاع سطح هم‌پتانسیل دارای پتانسیل $30\,\text{V}$ چقدر است؟ (ب) آیا سطحهایی که اختلاف پتانسیل آنها از یکدیگر مقدار ثابتی (مثلاً $1{,}0\,\text{V}$) است دارای فاصلهٔ مساوی هستند؟

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.

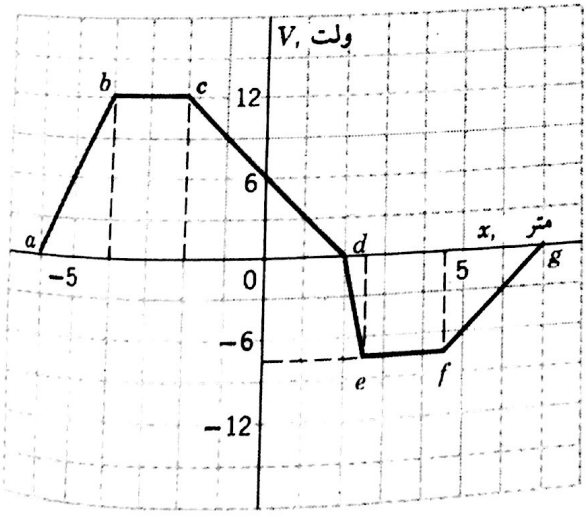
۴۳. سه خط بار موازی طویل دارای چگالی طولی بار نسبی نشان داده شده در شکل ۳۹ هستند. برخی از خطوط نیرو و تعدادی از فصل مشترک سطحهای هم‌پتانسیل با صفحهٔ شکل را رسم کنید.



شکل ۳۹. مسئلهٔ ۴۳.

بخش ۳۰ـ۹ محاسبهٔ میدان از پتانسیل

۴۴. فرض کنید که پتانسیل الکتریکی روی محور x مطابق نمودار شکل ۴۰ تغییر می‌کند. در بین بازه‌های نشان داده شده در این شکل



شکل ۴۰. مسئلهٔ ۴۴.

Scanned by CamScanner

(از رفتار نقاط انتهایی بازه‌ها چشم‌پوشی کنید) بازه‌هایی را تعیین کنید که برای آنها E_x دارای (الف) بیشترین قدرمطلق و (ب) کمترین قدرمطلق است. (ج) E_x را برحسب x رسم کنید.

۴۵. دو صفحهٔ فلزی بزرگ موازی که در فاصلهٔ ۱٫۴۸cm از هم قرار دارند حامل بارهای مساوی و مختلف‌العلامه روی سطوح مقابل هم هستند. صفحهٔ منفی به زمین متصل شده است و پتانسیل آن را صفر می‌گیریم. اگر پتانسیل در وسط این دو صفحه برابر ۵٫۵۲V+ باشد، میدان الکتریکی در این ناحیه چقدر است؟

۴۶. از معادلهٔ (۲۵) رابطه‌ای برای میدان E در نقاط روی محور یک حلقهٔ دارای بار یکنواخت بار به‌دست آورید.

۴۷. شیب پتانسیل شعاعی را روی سطح هستهٔ طلا، برحسب V/m محاسبه کنید. مثال ۶ را ببینید.

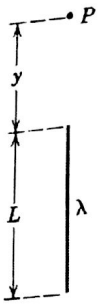
۴۸. مسئلهٔ ۴۹ فصل ۲۹ مربوط به محاسبهٔ رادرفورد از میدان الکتریکی در فاصلهٔ r از مرکز یک اتم است. او پتانسیل الکتریکی را نیز به‌صورت زیر ارائه داد

$$V = \frac{Ze}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{1}{r} - \frac{3}{2R} + \frac{r^2}{2R^3}\right)$$

(الف) نشان دهید که چگونه عبارت مربوط به میدان الکتریکی در مسئلهٔ ۴۹ فصل ۲۹ از رابطهٔ مربوط به V به‌دست می‌آید. (ب) چرا به‌ازای $r \to \infty$ رابطهٔ بالا برای V صفر نمی‌شود؟

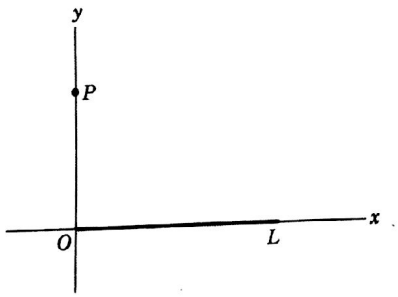
۴۹. پتانسیل الکتریکی V در فضای بین صفحات یک لامپ تخلیه خاص که اکنون مهجور شده است از رابطهٔ $V = 1530x^2$ به‌دست می‌آید، که در آن V برحسب ولت است اگر x، فاصلهٔ بین نقطهٔ مورد بررسی تا یکی از صفحات، برحسب متر باشد. مقدار و جهت میدان الکتریکی را در فاصلهٔ $x = 1{,}28\text{cm}$ محاسبه کنید.

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 ($x = 0$) 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.

بخش ۳۰ـ۱۰ رسانای منزوی

۵۲. یک پوستهٔ کروی رسانای نازک با شعاع خارجی ۲۰cm حامل بار ۳٫۰μC+ است. (الف) اندازه میدان الکتریکی $\mathbf{E}$ و (ب) پتانسیل V این توزیع بار را برحسب فاصلهٔ r از مرکز پوسته ترسیم کنید.

۵۳. دوکرهٔ 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 دوکره را با یک رشته سیم نازک و دراز به‌هم متصل کنید. (الف) پتانسیلهای نهایی V_1 و V_2 دوکره چه رابطه‌ای با یکدیگر دارند؟ (ب) بارهای نهایی q_1 و q_2 روی دوکره را برحسب بار q تعیین کنید.

Scanned by CamScanner

۵۴. اگر زمین بار خالصی معادل یک الکترون بر مترمربع به‌ازای کل مساحتش داشت (فرضی بسیار غیرطبیعی)، (الف) پتانسیل زمین چقدر می‌شد؟ (ب) میدان الکتریکی ناشی از زمین درست روی سطح آن چقدر می‌بود؟

۵۵. بار ۱۵nC را می‌توان به‌راحتی با مالش به‌دست آورد. این مقدار بار پتانسیل یک کرهٔ رسانای منزوی با شعاع ۱۶-cm را چقدر افزایش می‌دهد؟

۵۶. (الف) مقدار بار و (ب) چگالی بار روی سطح یک کرهٔ رسانا به شعاع ۱۵٫۲cm که پتانسیل آن ۲۱۵V است را تعیین کنید.

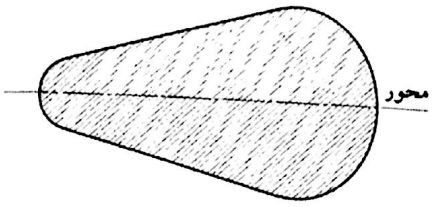
۵۷. فرض کنید که زمین کرهٔ رسانایی به‌شعاع ۶۳۷۰km و در ابتدا بدون بار است. یک کرهٔ فلزی به شعاع ۱۳cm که حامل ۶٫۲nC− بار است به‌زمین متصل می‌شود، یعنی با زمین تماس الکتریکی پیدا می‌کند. نشان دهید که این فرایند به‌طور مؤثر کره را تخلیه می‌کند، این کار را با محاسبه نسبت تعداد الکترون اضافی که پس از اتصال به زمین روی کره باقی می‌ماند به‌تعدادی که در آغاز روی کره قرار دارد انجام دهید.

۵۸. دوکرهٔ رسانا، یکی به‌شعاع ۵٫۸۸cm و دیگری به‌شعاع ۱۲٫۲cm را در نظر بگیرید که هرکدام دارای ۲۸٫۶nC بار الکتریکی هستند و در آغاز در فاصلهٔ بسیار دوری از هم قرار دارند. اگر این دو کره را با یک رشته سیم رسانا به‌هم متصل کنیم، (الف) بار نهایی واقع بر و (ب) پتانسیل هریک از دو کره را تعیین کنید.

۵۹. یک پوستهٔ نازک کروی از رسانای منزوی را درنظر بگیرید که به‌طور یکنواخت با چگالی ثابت σ(C/m^2) باردار شده است. چقدر کار باید انجام داد تا یک‌بار آزمون کوچک q_0 (الف) از سطح پوسته از طریق یک سوراخ کوچک به داخل پوسته برود، (ب) از یک نقطه روی سطح خارجی پوسته بدون توجه به مسیر حرکت به نقطهٔ دیگری روی پوسته برود، (ج) از نقطه‌ای در داخل پوسته به نقطه دیگری در آنجا برود و (د) از هر نقطه‌ای مانند P در خارج پوسته روی هر مسیری که ممکن است پوسته را سوراخ کند یا نکند مجدداً به P باز گردد؟ (ه) در شرایط بالا، آیا اینکه پوسته رسانا باشد، اهمیتی دارد؟

۶۰. دوکرهٔ رسانای کاملاً یکسان به‌شعاع ۱۵٫۰cm در فاصلهٔ ۱۰٫۰m از یکدیگر قرارگرفته‌اند. اگر پتانسیل یکی ازکره‌ها ۱۵۰۰V+ وکره دیگر ۱۵۰۰V− باشد بار روی هرکدام از آنها چقدر است؟ چه فرضهایی را پذیرفته‌اید؟

۶۱. جسم فلزی شکل ۴۳ یک جسم دوّار حول محور [illegible] اگر این جسم دارای بار منفی باشد، چندتایی از سطحهای هم‌پتانسیل و خطوط نیروی آن را به‌طور تقریبی رسم کنید. برای انجام این کار از استدلال فیزیکی استفاده کنید و نه از تحلیل ریاضی.



شکل ۴۳. مسئلهٔ ۶۱.

۶۲. یک کره مسی به شعاع ۱٫۰۸cm دارای یک پوشش بسیار نازک نیکل است. برخی از اتمهای نیکل پرتوزا هستند و به هنگام واپاشی یک الکترون گسیل می‌دارند. نصف این الکترونها وارد کره مسی می‌شوند و هرکدام از آنها ۱۰۰keV انرژی در آنجا تخلیه می‌کنند. نصف دیگر این الکترونها فرار می‌کنند و با خود بار الکتریکی $e-$ را به خارج می‌برند. پوشش نیکلی دارای فعالیت ۱۰٫۰mCi (مساوی ۱۰٫۰ میلی‌کوری $= 10^8 \times 3{,}70$ واپاشی در هر ثانیه) است. این کره از یک ریسمان نارسانا و طویل آویزان است و از محیط اطرافش منزوی شده است. چقدر طول می‌کشد تا پتانسیل کره به‌اندازهٔ ۱۰۰۰V افزایش پیدا کند؟

۶۳. یک کرهٔ فلزی باردار به‌شعاع ۱۶٫۲cm حامل ۳۱٫۵nC بار خالص است. (الف) پتانسیل الکتریکی را در سطح کره معین کنید. (ب) در چه فاصله‌ای از سطح کره پتانسیل الکتریکی به‌اندازهٔ ۵۵۰V کاهش می‌یابد؟

بخش ۳۰ـ۱۱ شتاب‌دهندهٔ الکتروستاتیکی

۶۴. (الف) برای رساندن پتانسیل یک کرهٔ فلزی منزوی به‌شعاع ۱٫۰m به پتانسیل ۱٫۰MV چقدر بار لازم است؟ این محاسبه را برای کره‌ای به شعاع ۱٫۰cm تکرارکنید. (ب) چرا در یک شتاب‌دهندهٔ الکتروستاتیک از یک کرهٔ بزرگ استفاده می‌کنیم در حالی که با بهره‌گیری ازکره کوچکتر و مقدار کمتری بار می‌توان به‌همان پتانسیل دست یافت (راهنمایی: چگالی بار را محاسبه کنید.)

۶۵. فرض کنید که اختلاف پتانسیل بین پوسته داخلی پتانسیل بالای یک شتاب‌دهندهٔ وان دوگراف و نقطه‌ای که بارها روی تسمهٔ متحرک پاشیده می‌شود برابر ۳٫۴۱MV است. اگر تسمه بار را با آهنگ ۲٫۸۳mC/s به‌پوسته منتقل کند، حداقل توان مورد نیاز برای به حرکت درآوردن تسمه چقدر است؟

Scanned by CamScanner

۶۶. الکترود ولتاژ- بالای یک شتاب‌دهندهٔ الکتروستاتیکی عبارت است از یک پوسته کروی فلزی باردار با پتانسیل $V = +۹٫۱۵\text{MV}$. (الف) فروریزش الکتریکی در گاز این ماشین وقتی صورت می‌گیرد که میدان برابر $E = ۱۰۰\text{MV/m}$ شود. برای پیشگیری از وقوع این رویداد، چه محدودیتی را باید بر شعاع r پوسته اعمال کرد؟ (ب) یک تسمهٔ متحرک لاستیکی طویل بارها را با آهنگ $۳۲۰\,\mu\text{C/s}$ به‌پوسته منتقل می‌کند، در عین حال به واسطهٔ نشت، پتانسیل پوسته ثابت می‌ماند. حداقل توان مورد نیاز برای انتقال بار چقدر است؟ (ج) عرض تسمه $w = ۴۸٫۵\text{cm}$ است و با سرعت $v = ۳۳٫۰\text{m/s}$ حرکت می‌کند. چگالی بار سطحی روی تسمه چقدر است؟

پروژه‌های کامپیوتری

۶۷. بار $q_۱ = -۱٫۲ \times ۱۰^{-۹}\text{C}$ در مبدأ مختصات دارد و بار $q_۲ = ۲٫۵ \times ۱۰^{-۹}\text{C}$ در صفحهٔ xy در $x = ۰$ و $y = ۰٫۵\text{m}$ قرار دارد. به‌منظور محاسبهٔ پتانسیل الکتریکی ناشی از این بارها در هر نقطه از صفحهٔ xy یک برنامهٔ کامپیوتری بنویسید یا یک برگ شرح عملیات طراحی کنید. باید بتوانید مختصات نقطه را به‌عنوان ورودی به کامپیوتر بدهید و کامپیوتر پتانسیل را نشان دهد. برنامه باید طوری باشد که بازگردد و مختصات نقطهٔ جدید را بپذیرد. فرض کنید که پتانسیل در فاصله‌های بسیار دور از هر دو بار برابر صفر باشد.

(الف) از این برنامه برای رسم سطح هم‌پتانسیل ۵-V در صفحهٔ xy استفاده کنید. روی یک ورق کاغذ نمودار محورهای x و y رسم کنید که روی آن محورها از -۵m تا $+۵\text{m}$ مشخص شده باشد. محل بارها را نشانه‌گذاری کنید. ابتدا x را برابر صفر اختیار کنید و سپس yهای متفاوت را امتحان کنید تا وقتی که دو مقدار برای y پیدا کنید که اختلاف آنها کمتر از $۰٫۰۰۵\text{m}$ و اختلاف پتانسیل بین آنها $V = ۵\text{V}$ باشد. محل بارها را درنظر بگیرید. مقدار متوسط مربوط به دو نقطه را انتخاب کنید و آن را به‌عنوان نقطه‌ای بر روی سطح در نظر بگیرید. چون سطح موردنظر یک سطح بسته است باید دو نقطه با مختصهٔ x یکسان به‌دست آورید. وقتی این دو نقطه را پیدا کردید آنها روی نمودار نشانه‌گذاری کنید. سپس x را افزایش دهید و آن را برابر $x = ۰٫۲۵\text{m}$ انتخاب کنید. به‌کار اضافه‌کردن x به‌اندازهٔ $۰٫۲۵\text{m}$ ادامه دهید تا وقتی از سطح هم‌پتانسیل خارج شوید، یعنی تا وقتی که هیچ نقطهٔ دیگری نیابید. نمودار را با نشانه‌گذاری نقاط روی سطح برای مقادیر منفی x تکمیل کنید. نظر به‌اینکه سطح حول $x = ۰$ متقارن است نیازی نیست که این نقاط را محاسبه کنید. سطحی را که از نقاط نشانه‌گذاری‌شده می‌گذرد رسم کنید.

(ب) اکنون سطح هم‌پتانسیل ۳-V را در صفحهٔ xy رسم کنید. در اینجا مراقب باشید. برای برخی از مقادیر x چهار نقطه وجود دارد که برای آنها $V = ۳\text{V}$ است. درواقع در اینجا دو سطح هم‌پتانسیل ۳-V وجود دارد.

۶۸. اندازه یا مقدار یک میدان الکتریکی از معادلهٔ $E = |dV/ds|$ به‌دست می‌آید، که در آن ds فاصلهٔ (بی‌نهایت کوچک) بین سطحهای هم‌پتانسیل V و $V + dV$ است. برای دو سطحی که فاصلهٔ بین آنها فاصلهٔ معین Δs است رابطهٔ بالا را می‌توان با عبارت $|\Delta V/\Delta s|$ تقریب زد. پیکربندی بار مسئلهٔ قبلی را درنظر بگیرید و از برنامهٔ کامپیوتری خود برای رسم سطح هم‌پتانسیل ۶-V در حوالی نقطه‌ای که این سطح محور مثبت x را قطع می‌کند استفاده کنید. اگر مسئلهٔ قبلی را هم حل نکرده‌اید سطح هم‌پتانسیل ۵-V را در حوالی همان ناحیه رسم کنید. کارآمدترین برنامه آن است که y را به‌ترتیب برابر مقادیر $-۰٫۱$، ۰ و $+۰٫۱$ متر اختیار کنید و برای هر مقداری از y در پی دو مقدار بسیار نزدیک به هم از x باشید که سطح هم‌پتانسیل را دربر گیرد. خط عمودی از یک سطح به سطح دیگر رسم کنید و مقدار Δs را اندازه بگیرید، سپس قدرمطلق $E = |\Delta V/\Delta s|$ را محاسبه کنید، در اینجا $\Delta V = ۱\text{V}$ است، E بر حسب V/m و Δs برحسب متر بیان می‌شود. صحت نتایج خود را با استفاده از قانون کولن برای محاسبهٔ مقدار میدان الکتریکی در نقطه‌ای روی محور x و درست در وسط دو سطح هم‌پتانسیل ارزیابی کنید؟

Scanned by CamScanner