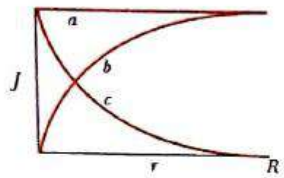
۱۱ شکل ۲۶-۲۳ برای سه سیم به شعاع R، چگالی جریان $J(r)$ را برحسب شعاع r که از مرکز سطح مقطع دایره‌ای سیم اندازه‌گیری شده است، نشان می‌دهد. سیم‌ها همه از یک جنس هستند. سیم‌ها را بر طبق بزرگی میدان الکتریکی (الف) در مرکز، (ب) در وسط فاصله از سطح، و (پ) در روی سطح سیم به‌گونه‌ای مرتب کنید که بیشترین مقدار در ابتدا باشد.



شکل ۲۶-۲۳ پرسش ۱۱

مسئله‌ها

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

بخش ۲۶-۱ جریان الکتریکی

• ۱ در مدت ۴٫۰min، جریان ۵٫۰A در یک سیم برقرار می‌شود. از هر مقطع عرضی این سیم (الف) چند کولن و (ب) چند الکترون می‌گذرد؟

•• ۲ یک کره رسانای منزوی، شعاعی برابر ۱۰cm دارد. سیمی جریان ۱٫۰۰۰۰۰۲۰A را به این کره می‌رساند. سیم دیگری جریان ۱٫۰۰۰۰۰۰۰A را از آن خارج می‌کند. چقدر زمان می‌برد تا پتانسیل این کره به اندازه‌ی ۱۰۰۰V افزایش یابد؟

••• ۳ تسمه‌ی بارداری، به پهنای ۵۰cm در بین یک چشمه‌ی بار و یک کره با ۳۰m/s در حرکت است. این تسمه بار را با آهنگ ۱۰۰μA به داخل کره انتقال می‌دهد. چگالی سطحی بار روی تسمه را محاسبه کنید.

بخش ۲۶-۲ چگالی جریان

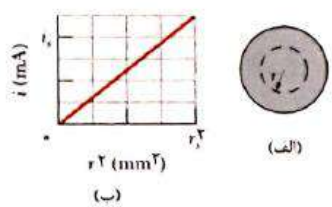
• ۴ بخشی از *نظامنامه‌ی الکتریکی ملی*[1] (در ایالات متحده) که بیشینه‌ی جریان‌های مجاز برای سیم‌های مسی عایق‌بندی شده با قطرهای مختلف را مشخص می‌کند، در جدول زیر ارائه شده است. چگالی جریان مجاز را بر حسب تابعی از قطر سیم رسم کنید. کدام نمره‌ی سیم دارای بیشترین چگالی جریان مجاز است؟ ("نمره" یک سیم راهی برای شناختن قطر سیم‌هاست، و $1\text{mil} = 10^{-3}\text{ in}$.)

نمره‌ی سیم	۴	۶	۸	۱۰	۱۲	۱۴	۱۶	۱۸
قطر میل	۲۰۴	۱۶۲	۱۲۹	۱۰۲	۸۱	۶۴	۵۱	۴۰
جریان مجاز، A	۷۰	۵۰	۳۵	۲۵	۲۰	۱۵	۶	۳

•• ۵ WWW باریکه‌ای شامل $2{,}0\times10^{8}$ یون مثبت دوبار یونیده در هر سانتی‌مترمکعب است، که همگی با تندی $1{,}0\times10^{5}\text{ m/s}$ رو به سمت شمال در حرکت‌اند. (الف) بزرگی و (ب) جهت چگالی جریان $\vec{J}$ چیست؟ (پ) برای محاسبه‌ی جریان کل i در این باریکه‌ی یونی، به چه کمیت دیگری نیاز دارید؟

[1] National Electric Code

•• ۶ یک سیم استوانه‌ای معین حامل جریان است. دایره‌ای به شعاع r حول محور مرکزی آن در شکل ۲۶-۲۴ الف رسم می‌کنیم تا جریان i ی داخل این دایره را تعیین کنیم. شکل ۲۶-۲۴ ب جریان i را بر حسب r^2 نشان می‌دهد. محور قائم با $i_s = 4{,}0\text{mA}$ و محور افقی با $r_s^2 = 4{,}0\text{mm}^2$ مقیاس‌بندی شده است. (الف) آیا چگالی جریان یکنواخت است؟ (ب) اگر بله، بزرگی آن چقدر است؟



شکل ۲۶-۲۴ مسئله‌ی ۶

•• ۷ فیوز یک مدار الکتریکی، سیمی است که چنان طراحی شده که اگر جریان عبوری آن از یک مقدار از پیش تعیین شده بیشتر شود، ذوب شده و در نتیجه مدار باز می‌شود. فرض کنید ماده‌ی به کار رفته در فیوز وقتی ذوب می‌شود که چگالی جریان عبوری به 440A/cm^2 افزایش یابد. قطر یک سیم استوانه‌ای که باید برای محدود ساختن جریان به ۰٫۵۰A استفاده شود، چقدر است؟

•• ۸ جریان کوچک ولی قابل اندازه‌گیری $1{,}2\times10^{-10}\text{ A}$ در سیمی مسی به قطر 2٫5mm جریان دارد. تعداد حامل‌های بار بر واحد حجم $8{,}49\times10^{28}\text{ m}^{-3}$ است. با فرض آنکه جریان یکنواخت باشد (الف) چگالی جریان و (ب) تندی سوق الکترون را محاسبه کنید.

••• ۹ بزرگی $J(r)$ چگالی جریان در یک سیم استوانه‌ای معین بر حسب تابعی از فاصله‌ی شعاعی از مرکز مقطع سیم به صورت $J(r) = Br$ داده شده است، که r بر حسب متر، J بر حسب آمپر بر مترمربع، و $B = 2{,}00\times10^{5}\text{ A/m}^3$ است. این تابع تا شعاع 2٫00mm بیرون از سیم به‌کار می‌آید. چه جریانی در پهنای یک حلقه‌ی نازک هم‌مرکز با سیم وجود دارد، در صورتی که پهنای شعاعی این حلقه $10{,}0\mu\text{m}$ و در فاصله‌ی شعاعی 1٫20mm باشد؟

●●● ۱۰ بزرگی J ی چگالی جریان در یک سیم معین با مقطعی دایره‌ای به شعاع $R = 2.00\,mm$ با $J = (3.00\times10^{8})r^{2}$ داده می‌شود که J بر حسب آمپر بر مترمربع و فاصله‌ی شعاعی r بر حسب متر است. جریان عبوری از بخش بیرونی که بین $r = 0.900R$ و $r = R$ محدود شده، چقدر است؟

●●● ۱۱ جریان عبوری از سیمی به شعاع $R = 3.40\,mm$ چقدر است در صورتی که بزرگی چگالی جریان با (الف) $J_a = J_0 r/R$ و (ب) $J_b = J_0(1 - r/R)$ داده شود، که در آن r فاصله‌ی شعاعی و $J_0 = 5.50\times10^{4}\,A/m^{2}$ است. (پ) چه عاملی چگالی جریان را در نزدیکی سطح سیم بیشینه می‌کند؟

●●● ۱۲ در نزدیکی سطح زمین، چگالی پروتون‌ها در باد خورشیدی (جریانی از ذرات حاصل از خورشید) $8.70\,cm^{-3}$، و تندی آنها $470\,km/s$ است. (الف) چگالی جریان این پروتون‌ها را به‌دست آورید. (ب) اگر میدان مغناطیسی کره زمین این پروتون‌ها را منحرف نکند، چه جریان کلی به سطح زمین می‌رسد؟

●●● ۱۳ GO ILW چقدر طول می‌کشد تا الکترون‌ها از باتری یک اتومبیل به موتور استارت آن برسند؟ فرض کنید جریان $300\,A$ است و الکترون‌ها از طریق یک سیم مسی با سطح مقطع $0.21\,cm^{2}$ و طول $0.85\,m$ حرکت می‌کنند. تعداد حامل‌های بار بر واحد حجم $8.49\times10^{28}\,m^{-3}$ است.

بخش ۲۶-۳ مقاومت و مقاومت ویژه

● ۱۴ اگر جریانی به کوچکی $50\,mA$ از نزدیکی قلب انسان عبور کند، شخص ممکن است بر اثر برق‌گرفتگی کشته شود. یک برقکار که با دستان عرق‌کرده کار می‌کند، تماسی کامل با دو رسانایی پیدا می‌کند که هر یک را در یکی از دستان خود نگه داشته است. اگر مقاومت او $2000\,\Omega$ باشد، چه ولتاژی ممکن است به مرگ او بیانجامد؟

● ۱۵ پیچه‌ای از ۲۵۰ دور سیم مسی عایق‌بندی شده‌ی نمره‌ی ۱۶ (قطر $= 1.3\,mm$) ساخته شده که در یک لایه روی استوانه‌ای به شعاع $12\,cm$ پیچیده شده است. مقاومت این پیچه چقدر است؟ ضخامت عایق روی سیم را نادیده بگیرید. (از جدول ۲۶-۱ استفاده کنید.)

● ۱۶ از مس و آلومینیوم در خطوط انتقال ولتاژ بالا که باید حامل جریان $60.0\,A$ باشند، استفاده می‌شود. مقاومت بر واحد طول $0.150\,\Omega/km$ است. چگالی مس و آلومینیوم به‌ترتیب برابر با $8960\,kg/m^{3}$ و $2600\,kg/m^{3}$ است. (الف) بزرگی J ی چگالی جریان و (ب) جرم بر واحد طول λ ی یک کابل مسی و (پ) J و (ت) λ برای یک کابل آلومینیومی را محاسبه کنید.

● ۱۷ سیمی از جنس نیکروم (آلیاژی از نیکل ـ کروم ـ آهن که معمولاً در المنت‌های وسایل گرم‌کننده به‌کار می‌رود) دارای طول $1.0\,m$ و سطح مقطع $1.0\,mm^{2}$ است. این سیم حامل جریان $4.0\,A$ است هرگاه به دو سر آن اختلاف پتانسیل $2.0\,V$ اعمال شود. رسانندگی σ ی نیکروم را محاسبه کنید.

● ۱۸ سیمی به طول $4.00\,m$ و قطر $6.00\,mm$ دارای مقاومت $15.0\,m\Omega$ است. اختلاف پتانسیل $23.0\,V$ به دو سر این سیم اعمال می‌شود. (الف) جریان سیم چقدر است؟ (ب) بزرگی چگالی جریان چقدر است؟ (پ) مقاومت ویژه‌ی ماده‌ی سازنده‌ی سیم را محاسبه کنید. (ت) با استفاده از جدول ۲۶-۱، جنس آن ماده را تعیین کنید.

● ۱۹ مقاومت ویژه‌ی سیمی به قطر $1.0\,mm$، طول $2.0\,m$، و مقاومت $50\,m\Omega$ چقدر است؟

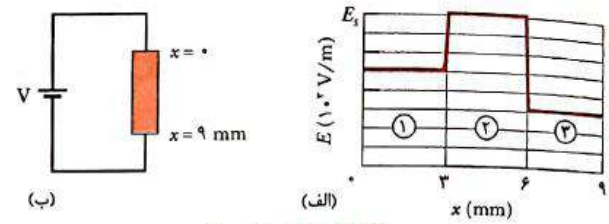
● ۲۰ مقاومت سیم معینی برابر با R است. مقاومت سیم دیگری که از همان جنس ساخته شده، ولی طول و قطر آن نصف شده باشد، چقدر است؟

●●● ۲۱ ILW لامپ یک چراغ قوه‌ی معمولی در $0.30\,A$ و $2.9\,V$ (مقادیر جریان و ولتاژ در شرایط کاری) عمل می‌کند. اگر مقاومت رشته‌ی تنگستنی این لامپ در دمای اتاق ($20^{\circ}C$) برابر با $1.1\,\Omega$ باشد، دمای این رشته وقتی که لامپ روشن است، چقدر می‌شود؟

●●● ۲۲ *بادبادک‌بازی در حین توفان.* این افسانه که بنیامین فرانکلین یک بادبادک را در حین یک توفان هوا کرده است صرفاً یک افسانه است، چرا که او نه احمق بود و نه می‌خواست خودکشی کند. فرض کنید نخ [سیمی] بادبادک به شعاع $2.00\,mm$ مستقیماً تا ارتفاع $0.800\,km$ رو به بالا امتداد یابد و با لایه‌ای 0.500 میلی‌متری از آب به مقاومت ویژه‌ی $150\,\Omega\cdot m$ پوشیده شود. اگر اختلاف پتانسیل بین دو سر نخ برابر با $160\,MV$ باشد، جریان عبوری از لایه‌ی آب چقدر است؟ خطر، ناشی از این جریان نیست، بلکه ناشی از احتمال برخورد آذرخش به نخ است که می‌تواند جریانی به بزرگی $500000\,A$ داشته باشد (که مقداری بسیار بیشتر از آن است که صرفاً کشنده باشد.)

●●● ۲۳ هرگاه اختلاف پتانسیل $115\,V$ به دو سر سیمی به طول $10\,m$ و شعاع $0.10\,mm$ اعمال شود، بزرگی چگالی جریان برابر با $1.4\times10^{4}\,A/m^{2}$ می‌شود. مقاومت ویژه‌ی این سیم را به‌دست آورید.

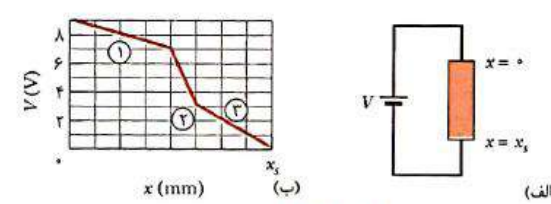
●●● ۲۴ GO شکل ۲۶-۲۵ الف بزرگی $E(x)$ میدان‌های الکتریکی‌ای را نشان می‌دهد که توسط یک باتری در میله‌ی مقاوم الکتریکی‌ای به طول $9.00\,mm$ ایجاد شده‌اند (شکل ۲۶-۲۵ ب). محور قائم با $E_s = 4.00\times10^{3}\,V/m$ مقیاس‌بندی شده است. این میله از سه بخش با جنس‌های یکسان ولی شعاع‌های مختلف تشکیل شده است. (نمودار طرح‌وار شکل ۲۶-۲۵ ب این اختلاف شعاع‌ها را مشخص نمی‌کند.) شعاع بخش ۳ برابر با $2.00\,mm$ است. شعاع (الف) بخش ۱ و (ب) بخش ۲ چقدر است؟



شکل ۲۶-۲۵ مسئله‌ی ۲۴

●●۲۵ ILW سیمی با مقاومت ۶٫۰Ω را با عبور از یک دستگاه حدیده طوری می‌کشند که طول جدید آن سه برابر طول اولیه شود. با فرض آنکه مقاومت ویژه و چگالی سیم تغییر نکند، مقاومت سیم بلندتر را پیدا کنید.

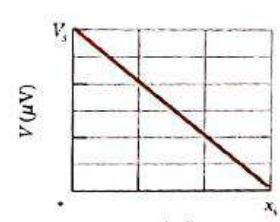
●●۲۶ در شکل ۲۶-۲۶ الف، یک باتری ۹٫۰۰V به مقاومتی نواری متصل شده است که شامل سه بخش با سطح مقطع‌های یکسان، ولی رسانندگی متفاوت‌اند. شکل ۲۶-۲۶ ب، پتانسیل الکتریکی $V(x)$ را بر حسب مکان x در طول این نوار نشان می‌دهد. محور افقی با $x_s = 8{,}00\,\text{mm}$ مقیاس‌بندی شده است. بخش ۳ دارای رسانندگی $3{,}00\times10^{7}\,(\Omega\cdot\text{m})^{-1}$ است. رسانندگی بخش‌های (الف) ۱ و (ب) ۲ چقدر است؟



شکل ۲۶-۲۶ مسئله‌ی ۲۶

●●۲۷ WWW دو رسانا از یک ماده ساخته شده‌اند و طول یکسانی دارند. رسانای A، سیم توپری به قطر ۱٫۰mm است. رسانای B لوله‌ای توخالی به قطر خارجی ۲٫۰mm و قطر داخلی ۱٫۰mm است. نسبت مقاومتی R_A / R_B که نسبت به دو سرِ رساناها اندازه‌گیری می‌شود، چقدر است؟

●●۲۸ GO شکل ۲۶-۲۷ پتانسیل الکتریکی $V(x)$ را در طول یک سیم مسی حامل جریان، از نقطه‌ی با پتانسیل بالاتر $V_s = 12{,}0\,\mu\text{V}$ در $x = 0$ تا نقطه‌ی صفرِ پتانسیل در $x_s = 3{,}00\,\text{m}$ نشان می‌دهد. شعاع این سیم برابر با ۲٫۰۰mm است. جریان عبوری از سیم چقدر است؟



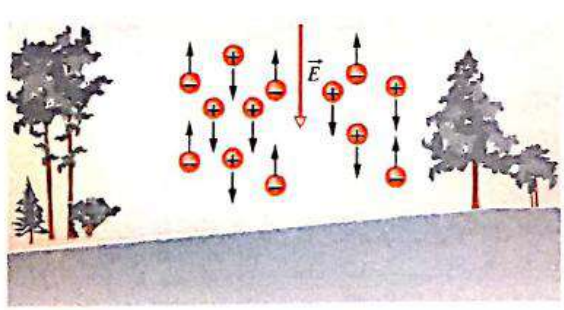
شکل ۲۶-۲۷ مسئله‌ی ۲۸

●●۲۹ اختلاف پتانسیل ۳٫۰۰nV در دو سر سیمی مسی به طول ۲٫۰۰cm برقرار شده است که دارای شعاع ۲٫۰۰mm است. چقدر بار از طریق مقطع این سیم در مدت ۳٫۰۰ms سوق پیدا می‌کند؟

●●۳۰ اگر نمره‌ی سیمی ۶ عدد زیاد شود، قطر سیم نصف می‌شود؛ اگر نمره‌ی سیمی ۱ عدد زیاد شود، قطر آن با ضریب $2^{\frac{1}{6}}$ کم می‌شود (جدول مسئله‌ی ۴ را ببینید). با دانستن این مطالب و اینکه ۱۰۰۰ft سیم نمره‌ی ۱۰ دارای مقاومت تقریبی ۱٫۰۰Ω است، مقاومت ۲۵ft سیم مسی نمره‌ی ۲۲ را برآورد کنید.

●●۳۱ یک کابل الکتریکی شامل ۱۲۵ رشته سیم نازک است که مقاومت هر یک ۲٫۶۵μΩ است. اختلاف پتانسیل یکسانی به دو سر همه‌ی این رشته‌ها اعمال می‌شود و به جریان کلّ ۰٫۷۵۰A می‌انجامد. (الف) جریان موجود در هر رشته چقدر است؟ (ب) اختلاف پتانسیل اعمال شده چقدر است؟ (پ) مقاومت کابل چقدر است؟

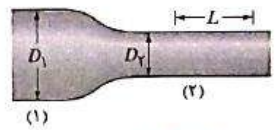
●●۳۲ جوّ پایین‌تر زمین شامل یون‌های منفی و مثبتی است که توسط عناصر پرتوزای موجود در خاک و پرتوهای کیهانی برآمده از فضا تولید شده‌اند. در یک ناحیه‌ی معین، شدت میدان الکتریکی ۱۲۰V/m و جهت این میدان مستقیماً رو به پایین است. این میدان موجب می‌شود یون‌های یک‌بار یونیده‌ی مثبت با چگالی $620\,\text{cm}^{-3}$، رو به پایین و یون‌های یک‌بار یونیده‌ی منفی با چگالی $550\,\text{cm}^{-3}$، رو به بالا سوق پیدا کنند (شکل ۲۶-۲۸). رسانندگی اندازه‌گیری شده‌ی هوا در آن ناحیه $2{,}70\times10^{-14}\,(\Omega\cdot\text{m})^{-1}$ است. (الف) بزرگی چگالی جریان و (ب) تندی سوق یون‌ها را با فرض اینکه برای یون‌های مثبت و منفی یکسان باشد، محاسبه کنید.



شکل ۲۶-۲۸ مسئله‌ی ۳۲

●●۳۳ یک قالب مستطیل‌شکلِ توپُر دارای مساحت مقطع عرضی $3{,}50\,\text{cm}^2$، طول از جلو تا عقب ۱۵٫۸cm و مقاومت ۹۳۵Ω است. ماده‌ی سازنده‌ی این قالب دارای $5{,}33\times10^{22}$ الکترون رسانش در هر مترمکعب است. اختلاف پتانسیلی برابر با ۳۵٫۸V بین عقب و جلوی قطعه برقرار شده است. (الف) جریان موجود در قطعه چقدر است؟ (ب) اگر چگالی جریان یکنواخت باشد، مقدار

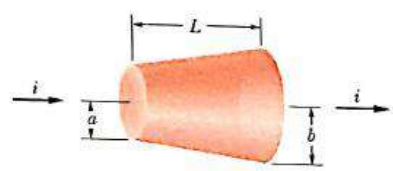
آن چقدر است؟ (پ) تندی سوق الکترون‌های رسانش و (پ) بزرگی میدان الکتریکی موجود در قطعه چقدر است؟



شکل ۲۶-۲۹ مسئله‌ی ۳۴

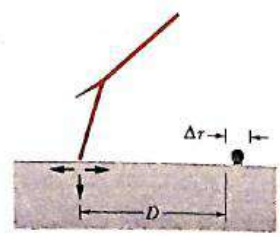
••• ۳۴ GO شکل ۲۶-۲۹ سیمی شامل دو بخش را نشان می‌دهد که بخش ۱ با قطر $D_1 = 4{,}00R$ از طریق ناحیه‌ای که به‌تدریج باریک می‌شود به بخش ۲ با قطر $D_2 = 2{,}00R$ متصل شده است. جنس سیم از مس است و جریانی از آن می‌گذرد. فرض کنید این جریان به‌طور یکنواختی در هر سطح مقطع عرضی سیم توزیع شده است. تغییر پتانسیل الکتریکی V در طول $L = 2{,}00\,\text{m}$ نشان داده شده از بخش ۲ برابر با $10{,}0\,\mu\text{V}$ است. تعداد حامل‌های بار بر واحد حجم $8{,}49\times10^{28}\,\text{m}^{-3}$ است. تندی سوق الکترون‌های رسانش بخش ۱ چقدر است؟

••• ۳۵ GO در شکل ۲۶-۳۰، جریان در مخروط ناقصی با مقطع دایره‌ای و مقاومت ویژه‌ی $731\,\Omega\cdot\text{m}$ برقرار شده است که شعاع سمت چپ آن $a = 2{,}00\,\text{mm}$، شعاع سمت راست آن $b = 2{,}30\,\text{mm}$، و طول آن $L = 1{,}94\,\text{cm}$ است. فرض کنید چگالی جریان در هر مقطع عمود بر طول این مخروط، یکنواخت باشد. مقاومت مخروط چقدر است؟



شکل ۲۶-۳۰ مسئله‌ی ۳۵

••• ۳۶ GO *شنا در حین توفان.* شکل ۲۶-۳۰ شناگری را در فاصله‌ی $D = 35{,}0\,\text{m}$ از محلّ اصابت یک آذرخش به آب، با جریان $I = 78\,\text{kA}$، نشان می‌دهد. مقاومت ویژه‌ی آب $30\,\Omega\cdot\text{m}$، عرض شناگر در امتداد خطّ شعاعی حاصل از اصابت آذرخش $0{,}70\,\text{m}$، و مقاومت او در دو سوی این پهنا $4{,}00\,\text{k}\Omega$ است. فرض کنید که این جریان از طریق آب بر نیم‌کره‌ای به مرکز نقطه‌ی اصابت گسترش می‌یابد. جریان عبوری از شناگر چقدر است؟



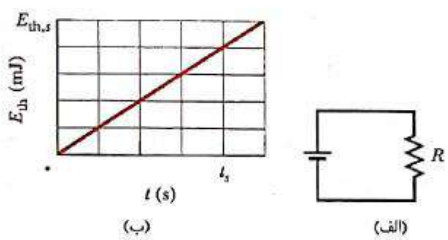
شکل ۲۶-۳۱ مسئله‌ی ۳۶

بخش ۲۶-۴ قانون اهم

•• ۳۷ بر مبنای مدل الکترون- آزادِ رسانش الکتریکی در فلزات، و نیز با استفاده از فیزیک کلاسیک نشان دهید که مقاومت ویژه‌ی فلزها با $\sqrt{T}$ متناسب است، که T دما بر حسب کلوین است (معادله‌ی ۱۹-۳۱ را ببینید).

بخش ۲۶-۵ توان، نیمرسانا، آبَررسانا

• ۳۸ در شکل ۲۶-۳۲ الف، یک مقاومت $20\,\Omega$ به یک باتری بسته شده است. شکل ۲۶-۳۲ ب افزایش انرژی گرمایی E_{th} در این مقاومت را بر حسب تابعی از زمان t نشان می‌دهد. محور قائم با $E_{\text{th,s}} = 2{,}50\,\text{mJ}$ و محور افقی با $t_s = 4{,}0\,\text{s}$ مقیاس‌بندی شده است. پتانسیل الکتریکی دو سر باتری چقدر است؟



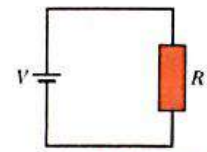
شکل ۲۶-۳۲ مسئله‌ی ۳۸

• ۳۹ نوع خاصی از یک اجاق سوسیس‌پز، با اعمال اختلاف پتانسیل $120\,\text{V}$ به دو سر سوسیس کار می‌کند و امکان می‌دهد که سوسیس بر اثر انرژی گرمایی تولید شده در آن بپزد. جریان برابر $10{,}0\,\text{A}$ و انرژی لازم برای پختن یک سوسیس $60{,}0\,\text{kJ}$ است. اگر آهنگی که با آن انرژی اعمال می‌شود تغییر نکند، چقدر طول می‌کشد تا سه سوسیس به‌طور همزمان پخته شود؟

•• ۴۰ وقتی جریان $3{,}00\,\text{A}$ از یک وسیله‌ی مقاوم الکتریکی می‌گذرد، انرژی گرمایی با آهنگ $100\,\text{W}$ در آن تولید می‌شود، مقاومت این وسیله چقدر است؟

•• ۴۱ اختلاف پتانسیل $120\,\text{V}$ به بخاری برقی‌ای اعمال شده است که مقاومت آن وقتی‌که داغ می‌شود برابر $14\,\Omega$ است. (الف) انرژی الکتریکی با چه آهنگی به انرژی گرمایی منتقل می‌شود؟ (ب) اگر قیمت مصرف هر کیلووات- ساعت برابر با ۰٫۰۵ دلار باشد، هزینه‌ی $5{,}0\,\text{h}$ کار این بخاری چقدر می‌شود؟

•• ۴۲ در شکل ۲۶-۳۳، یک باتری با اختلاف پتانسیل $V = 12\,\text{V}$ به یک مقاومت نواری با $R = 6{,}0\,\Omega$ متصل شده است. وقتی الکترونی از یک سر نوار به سر دیگر آن حرکت کند، (الف) الکترون‌ها در کدام جهت شکل حرکت می‌کنند، (ب) چقدر کار توسط میدان الکتریکی داخل نوار روی الکترون انجام می‌گیرد و (پ) چقدر انرژی توسط الکترون‌ها به انرژی گرمایی نوار منتقل می‌شود؟



شکل ۲۶-۳۳ مسئله‌ی ۴۲

۴۳۰ ILW مقاومت مجهولی به پایانه‌های یک باتری ۳٫۰۰V بسته شده است. انرژی با آهنگ ۰٫۵۴۰W در این مقاومت تلف می‌شود. سپس همین مقاومت به یک باتری ۱٫۵۰V بسته می‌شود. اکنون انرژی با چه آهنگی تلف می‌گردد؟

۴۴۰ دانشجویی رادیوی ۹٫۰V و ۷٫۰W خود را با بالاترین صدا از ۹٫۰۰ صبح تا ۲٫۰۰ بعدازظهر روشن می‌گذارد. در این مدت چقدر بار از رادیو عبور کرده است؟

۴۵۰ ILW یک گرمکن تابشی ۱۲۵۰W برای عمل در پتانسیل ۱۱۵V ساخته شده است. (الف) در حین کار کردن گرمکن، جریان عبوری از آن چقدر است؟ (ب) مقاومت پیچه‌ی گرمکن چقدر است؟ (پ) چقدر انرژی گرمایی در ۱٫۰h تولید می‌شود؟

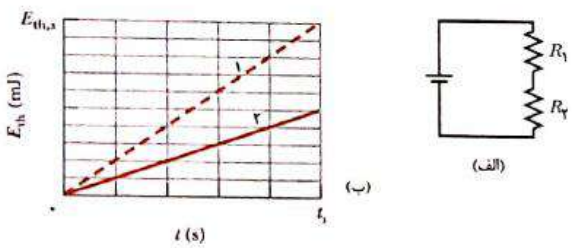
۴۶۰ GO یک سیم مسی با سطح مقطع $2{,}00\times10^{-6}\,m^2$ و طول ۴٫۰۰m دارای جریان ۲٫۰۰A است که به‌طور یکنواختی در سرتاسر مساحت مقطع آن پخش شده است. (الف) بزرگی میدان الکتریکی در طول این سیم چقدر است؟ (ب) در مدت ۳۰min چقدر انرژی الکتریکی به انرژی گرمایی منتقل می‌شود؟

۴۷۰ GO یک اِلمنت گرم‌کننده با ثابت نگه داشتن اختلاف پتانسیل ۷۵٫۰V در دو سر طولی از یک سیم نیکرومی با سطح مقطع $2{,}60\times10^{-6}\,m^2$ ساخته شده است. مقاومت ویژه‌ی نیکروم $5{,}00\times10^{-7}\,\Omega\cdot m$ است. (الف) اگر توان تلف شده در این المنت ۵۰۰۰W باشد، طول آن چقدر است؟ (ب) اگر برای به‌دست آوردن همان آهنگ اتلاف، از اختلاف پتانسیل ۱۰۰V استفاده شود، طول المنت باید چقدر باشد؟

۴۸۰۰ *تلاشی کفش‌ها.* کفش باران‌خورده‌ی یک شخص ممکن است متلاشی شود، در صورتی که "جریان زمین" حاصل از آذرخشی در نزدیکی آن، آبش را بخار کند. تبدیل ناگهانی آب به بخار آب باعث یک انبساط غیرمنتظره می‌شود که می‌تواند کفش شخص را از هم بگسلد. آب دارای چگالی $1000\,kg/m^3$ است و به $2256\,kJ/kg$ برای بخار شدن نیاز دارد. اگر جریان افقی به مدت ۲٫۰۰ms طول بکشد و با آبی به مقاومت ویژه‌ی $150\,\Omega\cdot m$، طول ۱۲٫۰cm، و سطح مقطع قائم $15\times10^{-5}\,m^2$ مواجه شود، به چه جریان متوسطی برای بخار کردن آب نیاز است؟

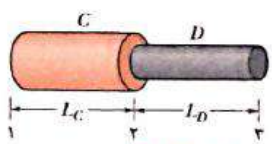
۴۹۰۰ لامپی ۱۰۰W به برق خروجی استاندارد ۱۲۰V متصل شده است. (الف) اگر این لامپ در یک ماه ۳۱ روز به‌طور پیوسته روشن گذاشته شود، هزینه‌ی مصرف آن چقدر می‌شود؟ فرض کنید قیمت هر کیلووات‌ـساعت انرژی الکتریکی برابر با ۰٫۰۶ دلار باشد. (ب) مقاومت این لامپ چقدر است؟ (پ) جریان این لامپ چقدر است؟

۵۰۰۰ GO جریان عبوری از باتری و مقاومت‌های ۱ و ۲ در شکل ۲۶-۳۴ الف برابر با ۲٫۰۰A است. انرژی از این جریان به انرژی گرمایی E_{th} در هر دو مقاومت منتقل می‌شود. منحنی‌های ۱ و ۲ در شکل ۲۶-۳۳ ب انرژی گرمایی E_{th} را به‌ترتیب برای مقاومت‌های ۱ و ۲ برحسب تابعی از زمان t نشان می‌دهد. محور قائم با $E_{th,s}=40{,}0\,mJ$ و محور افقی با $t_s=5{,}00\,s$ مقیاس‌بندی شده است. توان باتری چقدر است؟



شکل ۲۶-۳۴ مسئله‌ی ۵۰

۵۱۰۰ GO WWW سیم‌های C و D از مواد مختلفی ساخته شده‌اند و دارای طول $L_C=L_D=1{,}0\,m$ هستند. مقاومت ویژه و قطر سیم C به‌ترتیب برابر با $2{,}0\times10^{-6}\,\Omega\cdot m$ و ۱٫۰۰mm، و این دو مقدار برای سیم D برابر با $1{,}0\times10^{-6}\,\Omega\cdot m$ و ۰٫۵۰mm است. این سیم‌ها مطابق شکل ۲۶-۳۵ به هم وصل شده‌اند و جریان ۲٫۰A از آنها می‌گذرد. اختلاف پتانسیل الکتریکی میان (الف) نقطه‌های ۱ و ۲ و (ب) نقطه‌های ۲ و ۳ چقدر است؟ آهنگ اتلاف انرژی میان (پ) نقطه‌های ۱ و ۲ و (ت) نقطه‌های ۲ و ۳ چقدر است؟



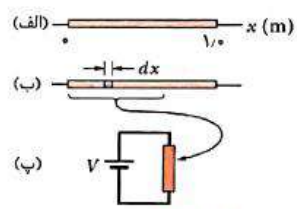
شکل ۲۶-۳۵ مسئله‌ی ۵۱

۵۲۰۰ GO بزرگی چگالی جریان در یک سیم خاص با مقطع دایره‌ای و شعاع ۳٫۰۰mm برابر با $J=(2{,}75\times10^{10}\,A/m^4)r^2$ است، که در آن r فاصله‌ی شعاعی رو به بیرون سیم است. پتانسیل اعمال‌شده به (دو سر) سیم برابر ۶۰٫۰V است. در مدت ۱٫۰۰h چقدر انرژی به انرژی گرمایی تبدیل می‌شود؟

۵۳۰۰ اختلاف پتانسیل ۱۲۰V به یک بخاری برقی اعمال می‌شود که در حین کار ۵۰۰W تلف می‌کند. (الف) مقاومت این بخاری در

حین کار کردن چقدر است؟ (ب) الکترون‌ها با چه آهنگی از هر مقطع اِلمنت گرم‌کننده‌ی این بخاری می‌گذرند؟

●●● ۵۴ GO شکل ۲۶-۳۶ الف میله‌ای از جنس یک مقاومت الکتریکی را نشان می‌دهد. مقاومت بر واحد طول این میله در جهت مثبت محور x افزایش می‌یابد. در هر نقطه‌ی x در طول این میله، مقاومت dR یک بخش (دیفرانسیلی) باریک به پهنای dx با $dR = 5{,}00x\,dx$ داده می‌شود که dR بر حسب اهم و x بر حسب متر است. شکل ۲۶-۳۶ ب، چنین بخش باریکی را نشان می‌دهد. قرار است طولی از این میله بین $x = 0$ و $x = L$ را ببرید و سپس آن را به یک باتری با اختلاف پتانسیل $V = 5{,}0\,V$ وصل کنید (شکل ۲۶-۳۶ پ). به جریانی در طول این سیم نیاز دارید که انرژی را با آهنگ ۲۰۰W به انرژی گرمایی منتقل کند. در چه مکان $x = L$ای باید این میله را ببرید؟



شکل ۲۶-۳۶ مسئله‌ی ۵۴

مسئله‌های تکمیلی

۵۵ یک گرمکن از جنس نیکروم، وقتی اختلاف پتانسیل اعمال شده ۱۱۰V و دمای سیم ۸۰۰°C باشد، ۵۰۰W تلف می‌کند. اگر با فرو بردن این سیم در یک حمام روغن سردکننده، دمای آن در ۲۰۰°C ثابت نگه داشته شود، آهنگ اتلاف چقدر خواهد شد؟ اختلاف پتانسیل اعمال شده یکسان، و αی نیکروم در دمای ۸۰۰°C برابر با $4{,}0\times10^{-4}\,K^{-1}$ است.

۵۶ اختلاف پتانسیل ۱٫۲۰V به ۳۳٫۰m طول یک سیم مسی نمره‌ی ۱۸ (به قطر ۰٫۰۴۰۰in.) اعمال می‌شود. (الف) جریان، (ب) بزرگی چگالی جریان، (پ) بزرگی میدان الکتریکی داخل سیم، و (ت) آهنگی که با آن انرژی گرمایی در سیم ظاهر می‌شود چقدر است؟

۵۷ اختلاف پتانسیل دو سر یک وسیله‌ی ۱۸٫۰W برابر با ۹٫۰۰V است. در مدت ۴٫۰۰h چقدر بار از این وسیله می‌گذرد؟

۵۸ میله‌ای آلومینیومی با مقطع مربعی دارای طول ۱٫۳m و به ضلع ۵٫۲mm است. (الف) مقاومت دو سر این میله چقدر است؟ (ب) برای آنکه مقاومت یک میله‌ی مسی استوانه‌ای به طول ۱٫۳m برابر با این مقدار باشد، قطر میله‌ی مسی باید چقدر باشد؟

۵۹ یک میله‌ی فلزی استوانه‌ای ۱٫۶۰m طول و ۵٫۵۰mm قطر دارد. مقاومت بین دو سر آن (در دمای ۲۰°C) برابر با $1{,}09\times10^{-2}\,\Omega$ است. (الف) جنس این فلز چیست؟ (ب) قرص گردی، به قطر ۲٫۰۰cm و ضخامت ۱٫۰mm از همان ماده ساخته شده است. با فرض اینکه هر دو صفحه‌ی این قرص سطوحی هم‌پتانسیل باشند، مقاومت بین آنها چقدر است؟

۶۰ *معمای خرده‌های شکلات*. این داستان با مسئله‌ی ۶۰ فصل ۲۳ آغاز می‌شود و در فصل‌های ۲۴ و ۲۵ ادامه می‌یابد. گرد خرده‌های شکلات از طریق لوله‌ای به شعاع R با تندی یکنواخت v و چگالی بار یکنواخت ρ به داخل سیلو ریخته می‌شوند. (الف) عبارتی برای جریان عبوری i (آهنگی که با آن بار روی گرده‌ها حرکت می‌کند) از مقطعی عمود بر لوله پیدا کنید. (ب) i را برای شرایط کارخانه محاسبه کنید: شعاع لوله $R = 5{,}0\,cm$، تندی $v = 2{,}0\,m/s$، و چگالی بار $\rho = 1{,}1\times10^{-3}\,C/m^3$ است.

اگر گرده‌ها بر اثر تغییر Vی پتانسیل الکتریکی حرکت می‌کردند، انرژی آنها می‌توانست با آهنگ $P = iV$ به یک جرقه منتقل شود. (پ) آیا چنین انتقالی می‌توانست در داخل لوله بر اثر اختلاف پتانسیل شعاعی مطرح شده در مسئله‌ی ۷۰ فصل ۲۴ رخ دهد؟

وقتی گرده‌ها از لوله به سیلو جریان پیدا کردند، پتانسیل الکتریکی گرده‌ها تغییر کرد. بزرگی این تغییر دست‌کم برابر با اختلاف پتانسیل شعاعی داخلی لوله بود (که در مسئله‌ی ۷۰ فصل ۲۴ محاسبه شد.) (ت) با فرض این مقدار برای اختلاف پتانسیل و با استفاده از جریان به‌دست آمده در قسمت (ب)، آهنگی را که با آن انرژی می‌توانست به هنگام خروج گرده‌ها از لوله به جرقه منتقل شود، پیدا کنید. (ث) اگر جرقه در خروج از لوله رخ می‌داد و ۰٫۲۰s طول می‌کشید (یک توقع معقول) چقدر انرژی به جرقه منتقل شده بود؟ از مسئله‌ی ۶۰ فصل ۲۳ به یاد آورید که کمینه‌ی انرژی موردنیاز برای وقوع یک انفجار ۱۵۰mJ است. (ج) محتمل‌ترین محلی که ممکن است انفجار در آنجا رخ داده باشد کجاست: در گرده‌هایی که می‌توانستند در سطل تخلیه‌ی بار باشند (مسئله‌ی ۶۰ فصل ۲۵)، در داخل لوله، یا در خروجی لوله‌ی درون سیلو؟

۶۱ باریکه‌ی یکنواختی از ذرات آلفا $(q = +2e)$ که با انرژی جنبشی ثابت ۲۰ MeV در حرکت‌اند حامل جریانی برابر با ۰٫۲۵μA هستند. (الف) اگر این باریکه در راستای عمود بر یک سطح تخت باشد، در عرض ۳٫۰s چند ذره‌ی آلفا با این سطح برخورد می‌کنند؟ (ب) در هر طول ۲۰ سانتی‌متری از این باریکه، چند ذره‌ی آلفا در هر لحظه وجود دارد؟ (پ) برای شتاب دادن هر ذره‌ی آلفا از وضعیت سکون تا رسیدن به انرژی ۲۰MeV به چه اختلاف پتانسیلی نیاز است؟

۶۲ یک وسیله‌ی مقاوم الکتریکی با اختلاف پتانسیل ۲۰۰V در دو سر آن انرژی الکتریکی را با آهنگ ۳۰۰۰W به انرژی گرمایی منتقل می‌کند. مقاومت این وسیله چقدر است؟

۶۳ اِلمنت گرمکن ۲٫۰kW یک خشک‌کننده دارای طول ۸۰cm است. اگر یک بخش ۱۰ سانتی‌متری از آن برداشته شود، اکنون چه توانی توسط این اِلمنت کوتاه شده در ۱۲۰V استفاده می‌شود؟

۶۴ مقاومتی استوانه‌ای به شعاع ۵٫۰mm و طول ۲٫۰cm از ماده‌ای ساخته شده است که دارای مقاومت ویژه‌ی $3{,}5\times10^{-5}\,\Omega\cdot m$ است. (الف) بزرگی چگالی جریان و (ب) اختلاف پتانسیل چقدر است، در صورتی که آهنگ اتلاف انرژی برابر با ۱٫۰W باشد؟

۶۵ اختلاف پتانسیل V به سیمی با سطح مقطع A، طول L، و مقاومت ویژه‌ی ρ اعمال شده است. می‌خواهید اختلاف پتانسیل اعمال‌شده را تغییر دهید و سیم را طوری بکشید که آهنگ اتلاف انرژی ۳۰٫۰ برابر و جریان ۴٫۰۰ برابر شود. با فرض آنکه چگالی سیم تغییر نکند (الف) نسبت طول جدید به L و (ب) نسبت سطح مقطع جدید به A چقدر است؟

۶۶ چراغ‌های یک اتومبیل در حال حرکت تقریباً به ۱۰A از یک مولد ۱۲V نیاز دارند، که توسط موتور تأمین می‌شود. با فرض آنکه بازده‌ی مولد ۸۰٪ باشد (یعنی توان الکتریکی خروجی آن ۸۰٪ توان مکانیکی ورودی آن باشد)، توان موتور بر حسب اسب بخار را که باید برای روشن کردن چراغ‌ها اعمال شود، محاسبه کنید.

۶۷ یک بخاری برقی ۵۰۰W برای عمل با اختلاف پتانسیل ۱۱۵V طراحی شده است. (الف) اگر اختلاف پتانسیل اعمال‌شده به ۱۱۰V کاهش پیدا کند، خروجی گرمای آن تا چند درصد کاهش می‌یابد؟ فرض کنید مقاومت تغییر نمی‌کند؟ (ب) اگر تغییر مقاومت با دما را به حساب آورید، آیا افت واقعی خروجی گرما بزرگتر از مقدار محاسبه شده در قسمت (الف) می‌شود یا کوچکتر از آن؟

۶۸ مقاومت سیم‌پیچ‌های مسی یک موتور خاموش در دمای ۲۰°C برابر با ۵۰Ω است. پس از آنکه این موتور برای چند ساعت کار کرد، مقاومت آن به ۵۸Ω می‌رسد. اکنون دمای سیم‌پیچ‌های آن چقدر است؟ از تغییرات در اندازه‌ی سیم‌پیچ‌ها چشم‌پوشی کنید.

۶۹ در مدت ۲٫۰h چقدر انرژی توسط یک مقاومت الکتریکی ۴۰۰Ω به هنگام اعمال پتانسیل ۹۰٫۰V به دو سر آن مصرف می‌شود؟

۷۰ هزارپایی به طول ۴٫۰cm در جهت سوق الکترون‌ها در طول یک سیم مسی لخت به قطر ۵٫۲mm که حامل جریان یکنواخت ۱۲A است می‌خزد. (الف) اختلاف پتانسیل میان دو سر این هزارپا چقدر است؟ (ب) آیا دُم آن نسبت به سرش مثبت است یا منفی؟ (پ) اگر این هزارپا با تندی سوق الکترون‌ها در سیم بخزد، چقدر طول می‌کشد تا ۱٫۰cm را طی کند؟ (تعداد حامل‌های بار بر واحد حجم برابر با $8{,}49\times10^{28}\,m^{-3}$ است.)

۷۱ در چه دمایی مقاومت یک رسانای مسی دو برابر مقاومت آن در ۲۰°C می‌شود؟ (از ۲۰°C به عنوان نقطه‌ی مرجع در معادله‌ی ۲۶-۱۷ استفاده کنید؛ پاسخ خود را با شکل ۲۶-۱۰ مقایسه کنید.) (ب) آیا "این دمای دو برابر کننده" برای همه‌ی رساناهای مسی، بی‌توجه به شکل یا اندازه‌ی آنها برقرار است؟

۷۲ سطح مقطع یک ریل فولادی تراموا برابر با $56{,}0\,cm^2$ است. مقاومت ۱۰٫۰km از این ریل چقدر است؟ مقاومت ویژه‌ی فولاد $3{,}00\times10^{-7}\,\Omega\cdot m$ است.

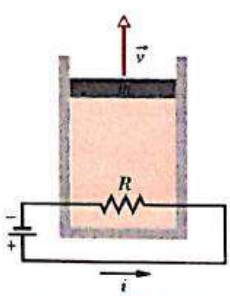
۷۳ یک پیچه‌ی سیم نیکرومی حامل جریان، در مایعی غوطه‌ور شده است. (نیکروم یک آلیاژ نیکل ـ کروم ـ آهن است که عموماً در اِلمنت‌های گرم‌کننده به کار می‌رود.) وقتی اختلاف پتانسیل دو سر این پیچه برابر با ۱۲V و جریان عبوری از آن ۵٫۲A است، مایع با آهنگ یکنواخت ۲۱mg/s تبخیر می‌شود. گرمای تبخیر مایع را محاسبه کنید. (بخش ۱۸-۴ را ببینید.)

۷۴ GO چگالی جریان در داخل یک سیم، یکنواخت و دارای بزرگی $2{,}0\times10^6\,A/m^2$ است. طول این سیم ۵٫۰m و چگالی الکترون‌های رسانش آن $8{,}49\times10^{28}\,m^{-3}$ است. چقدر طول می‌کشد (به‌طور متوسط) یک الکترون طول این سیم را طی کند؟

۷۵ یک لامپ پرتوی x خاص با جریان ۷٫۰۰mA و اختلاف پتانسیل ۸۰٫۰kV کار می‌کند. توان این لامپ برحسب وات چقدر است؟

۷۶ وقتی یک اختلاف پتانسیل به حدّ کافی بزرگ به دو الکترود یک لامپ تخلیه‌ی گازی اعمال شود، در آن جریانی برقرار می‌گردد و گاز یونیده می‌شود؛ الکترون‌ها به سمت پایانه‌ی مثبت و یون‌های یک‌بار یونیده‌ی مثبت به سمت پایانه‌ی منفی حرکت می‌کنند. (الف) جریان در یک لامپ تخلیه‌ی هیدروژنی که در آن $3{,}1\times10^{18}$ الکترون و $1{,}1\times10^{18}$ پروتون از سطح مقطع لوله‌ی لامپ در هر ثانیه می‌گذرد، چقدر است؟ (ب) آیا جهت چگالی جریان $\vec{J}$ به سمت پایانه‌ی منفی است و یا از آن دور می‌شود؟

۷۷ در شکل ۲۶-۳۷، پیچه‌ای مقاومتی که با سیم به یک باتری خارجی وصل شده است در داخل استوانه‌ای حاوی یک گاز کامل قرار دارد که از لحاظ گرمایی عایق است و پیستون بدون اصطکاکی در آن قرار داده شده است. جریان $i=240\,mA$ از پیچه با مقاومت $R=550\,\Omega$ عبور می‌کند. پیستون به جرم $m=12{,}0\,kg$ باید با چه تندی v یی به بالا حرکت کند تا دمای گاز ثابت باقی بماند؟



شکل ۲۶-۳۷ مسئله‌ی ۷۷

۷۸ تسمه‌ی عایقی به پهنای ۵۰cm با تندی ۳۰m/s حرکت می‌کند. این تسمه، بار را با آهنگ ۱۰۰μA به یک وسیله‌ی آزمایشگاهی منتقل می‌کند. چگالی بار سطحی روی تسمه چقدر است؟

۷۹ در یک آزمایشگاه تحقیقاتی گداخت فرضی، گاز هلیوم با دمای بالا کاملاً یونیده می‌شود و هر اتم هلیوم به دو الکترون آزاد و هسته‌ی باردار مثبتی که ذره‌ی آلفا خوانده می‌شود، تفکیک می‌گردد. یک میدان الکتریکی خارجی باعث می‌شود ذرات آلفا با تندی ۲۵٫۰m/s به سمت شرق سوق پیدا کنند، در حالی‌که الکترون‌ها با تندی ۸۸٫۰m/s رو به سمت غرب رانده می‌شوند. چگالی ذرات آلفا $2{,}80\times10^{15}\,\mathrm{cm^{-3}}$ است. (الف) چگالی جریان خالص و (ب) جهت جریان چیست؟

۸۰ هرگاه میله‌ای فلزی گرم شود، نه‌تنها مقاومت آن بلکه طول و مساحت مقطع آن نیز تغییر می‌کند. رابطه‌ی $R=\rho L/A$ حاکی از آن است که هر سه عامل در اندازه‌گیری ρ در دماهای مختلف باید در نظر گرفته شود. اگر دما به اندازه‌ی $1{,}0^\circ C$ تغییر کند، درصد تغییر در (الف) L، (ب) A، و (پ) R برای یک رسانای مسی چقدر می‌شود؟ (ت) از اینجا به چه نتیجه‌ای می‌رسید؟ ضریب انبساط خطی مس $1{,}70\times10^{-5}\,\mathrm{K^{-1}}$ است.

۸۱ باریکه‌ی دوترون‌های ۱۶MeV حاصل از یک سیکلوترون به قطعه‌ای مسی برخورد می‌کند. این باریکه معادل جریان ۱۵μA است. (الف) دوترون‌ها با چه آهنگی به قطعه برخورد می‌کنند؟ (ب) انرژی گرمایی با چه آهنگی در قطعه تولید می‌شود؟

۸۲ یک شتابدهنده‌ی خطی، باریکه‌ای تپی از الکترون‌ها تولید می‌کند. جریان تپ ۰٫۵۰A و دوام هر تپ ۰٫۱۰μs است. (الف) در هر تپ چند الکترون شتاب می‌گیرد؟ (ب) جریان متوسط برای شتابدهنده‌ای که با ۵۰۰ تپ بر ثانیه کار می‌کند، چقدر است؟ اگر الکترون‌ها تا انرژی ۵۰MeV شتابدار شوند، (پ) توان متوسط و (ت) توان بیشینه‌ی شتابدهنده چقدر است؟

۸۳ ۱۰۰ دقیقه طول می‌کشد تا یک گرمکنِ غوطه‌ای در حالت طبیعی دمای آب سرد یک ظرف عایق‌بندی‌شده را به دمایی معین برساند. پس از آن، یک ترموستات گرمکن را خاموش می‌کند. یک روز به دلیل اضافه بار محل، ولتاژ به اندازه‌ی ۶٫۰۰٪ کاهش پیدا می‌کند. اکنون چقدر زمان می‌برد تا آب گرم شود؟ فرض کنید مقاومت اِلمنت گرمکن تغییری نمی‌کند.

۸۴ یک گرمکن غوطه‌ای ۴۰۰W داخل قابلمه‌ای قرار داده شده است که محتوی ۲٫۰۰L آب در دمای ۲۰°C است. (الف) با فرض آنکه ۸۰٪ از انرژی موجود جذب آب شود، چقدر طول می‌کشد تا دمای آب به نقطه‌ی جوش برسد؟ (ب) چه زمان بیشتری باید بگذرد تا نصف آب تبخیر شود؟

۸۵ یک خازن ۳۰μF به دو سر منبع تغذیه‌ی برنامه‌داری وصل شده است. در حین بازه‌ی زمانی از $t=0$ تا $t=3{,}00\,s$ ولتاژ خروجی منبع تغذیه با رابطه‌ی $V(t)=6{,}00+4{,}00t-2{,}00t^2$ برحسب ولت داده می‌شود. در زمان $t=0{,}500\,s$، مطلوب است (الف) بار روی خازن، (ب) جریان ورودی به خازن، و (پ) توان خروجی از منبع تغذیه.