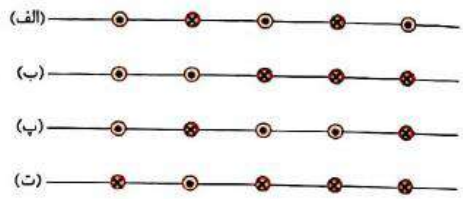
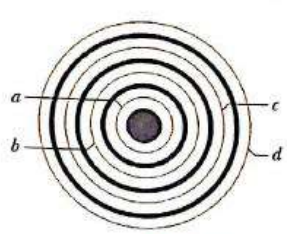
هرکدام به‌گونه‌ای مرتب کنید که بیشترین مقدار در ابتدا باشد.

۸ شکل ۲۹-۳۱ چهار آرایش را نشان می‌دهد که در آنها سیم‌های موازی و بلند که به فاصله‌ی یکسانی از هم قرارگرفته‌اند حامل جریان‌هایی هستند که مستقیماً رو به داخل صفحه‌ی شکل و یا رو به خارج آن هستند. این آرایش‌ها را برطبق بزرگی نیروی خالص وارد بر سیم مرکزی از سوی جریان سیم‌های دیگر به‌گونه‌ای مرتب کنید که بیشترین مقدار در ابتدا باشد.



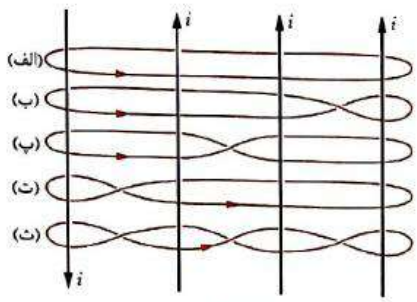
شکل ۲۹-۳۱ پرسش ۸

۹ شکل ۲۹-۳۲ چهار حلقه‌ی آمپری (d, c, b, a) و مقطع چهار رسانای دایره‌ای بلند (ناحیه‌های سایه‌دار) را نشان می‌دهد، که همگی آنها هم‌مرکزند. سه تا از این رساناها استوانه‌هایی توخالی هستند؛ رسانای مرکزی یک استوانه‌ی توپُر است. جریان این رساناها از کوچکترین شعاع تا بزرگترین شعاع عبارت‌اند از ۴A رو به خارج صفحه‌ی شکل، ۹A رو به داخل صفحه‌ی شکل، ۵A رو به خارج صفحه‌ی شکل، و ۳A رو به داخل صفحه‌ی شکل. این حلقه‌های آمپری را برطبق بزرگی $\oint \vec{B}\cdot d\vec{s}$ دور هر کدام به‌گونه‌ای مرتب کنید که بیشترین مقدار در ابتدا باشد.



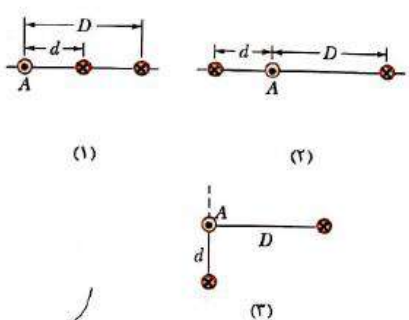
شکل ۲۹-۳۲ پرسش ۹

۱۰ شکل ۲۹-۳۳ چهار جریان یکسان i و پنج مسیر آمپری (a تا e) را نشان می‌دهد که آنها را در برگرفته‌اند. این مسیرها را برطبق مقداری که $\oint \vec{B}\cdot d\vec{s}$ در جهت‌های نشان داده شده به‌دست می‌آورد به‌گونه‌ای مرتب کنید که مثبت‌ترین در ابتدا باشد.



شکل ۲۹-۳۳ پرسش ۱۰

۱۱ شکل ۲۹-۳۴ سه آرایش از سه سیم مستقیم بلند را نشان می‌دهد که حامل جریان‌هایی برابر، مستقیماً رو به داخل صفحه‌ی شکل و یا رو به خارج آن هستند. (الف) این آرایش‌ها را برطبق بزرگی نیروی خالص وارد بر سیم A از سوی جریان سیم‌های دیگر به‌گونه‌ای مرتب کنید که بیشترین مقدار در ابتدا باشد. (ب) در آرایش ۳، آیا زاویه‌ی بین نیروی خالص وارد بر سیم A و خط‌چین برابر با ۴۵° است یا کمتر، و یا بیشتر از آن است؟



شکل ۲۹-۳۴ پرسش ۱۱

مسئله‌ها

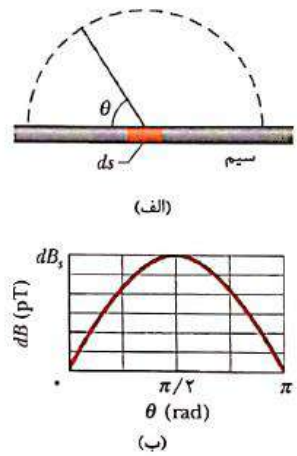
GO حل با راهنمایی مرحله به مرحله (بسته به صلاحدید مدرّس) در WileyPLUS و WebAssign موجود است.
ILW حل در
http://www.wiley.com/college/halliday داده شده است.
WWW حل به روش تعاملی در
••• تعداد نقطه‌ها سطح دشواری مسئله را مشخص می‌کند.
www.flyingcircusofphysics.com اطلاعات بیشتر در کتاب نمایش هیجان‌انگیز فیزیک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

بخش ۲۹-۱ محاسبه‌ی میدان مغناطیسی حاصل از جریان

• ۱۰ یک نقشه‌بردار در فاصله‌ی ۶٫۱m زیر یک خطّ فشار قوی که در آن جریان یکنواخت ۱۰۰A برقرار است. از قطب‌نمایی مغناطیسی استفاده می‌کند. (الف) میدان مغناطیسی حاصل از خطّ فشار قوی در محلّ قطب‌نما چقدر است؟ (ب) آیا این میدان بر آنچه که قطب‌نما نشان می‌دهد تأثیر فاحشی می‌گذارد؟ مؤلفه‌ی افقی میدان مغناطیسی کره زمین در آن محل $20\,\mu T$ است.

• ۲۰ شکل ۲۹-۳۵ الف عنصری به‌طول $ds = 1{,}00\,\mu m$ از یک سیم مستقیم بسیار بلند را نشان می‌دهد که حامل جریان است. جریان در این عنصر، یک میدان مغناطیسی دیفرانسیلی $d\vec{B}$ را در فضای

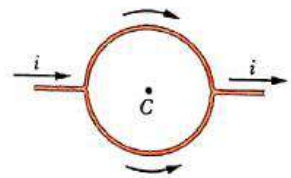
اطراف سیم ایجاد می‌کند. شکل ۲۹-۳۵ ب بزرگی dB ی میدان را در نقاطی به فاصله‌ی $2/5\,cm$ از این عنصر، برحسب تابعی از زاویه‌ی θ ی میان سیم و خطّ مستقیم متصل به آن نقاط نشان می‌دهد. محور قائم با $dB_s = 60/0\,pT$ مقیاس‌بندی شده است. بزرگی میدان مغناطیسی حاصل از کلّ سیم در فاصله‌ی قائم $2/5\,cm$ از سیم چقدر است؟



شکل ۲۹-۳۵ مسئله‌ی ۲

• ۳ در نقطه‌ی معینی از فیلیپین، میدان مغناطیسی کره زمین به بزرگی $39\,\mu T$، افقی و رو به سمت شمال است. فرض کنید میدان خالص دقیقاً در فاصله‌ی $8/0\,cm$ بالای یک سیم افقی، مستقیم و بلند که حامل جریان ثابتی است برابر با صفر باشد. (الف) بزرگی و (ب) جهت جریان چیست؟

• ٤ رسانایی مستقیم که حامل جریان $i = 5/0\,A$ است، مانند شکل ۲۹-۳۶ به دو کمان نیم‌دایره‌ای یکسان تقسیم شده است. میدان مغناطیسی در مرکز C ی حلقه‌ی دایره‌ای حاصل چیست؟

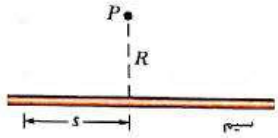


شکل ۲۹-۳۶ مسئله‌ی ۴

• ۵ در شکل ۲۹-۳۷، جریان $i = 10\,A$ در یک سنجاق سرِ رسانای بلند که با خم کردن سیمی به‌صورت نیم‌دایره‌ای به شعاع $R = 5/0\,mm$ درست شده، برقرار شده است. نقطه‌ی b در وسط فاصله‌ی دو بخش مستقیم قرار دارد و در چنان مسافتی از نیم‌دایره واقع است که هر بخش مستقیم را می‌توان به‌صورت یک سیم نامتناهی درنظر گرفت. (الف) بزرگی و (ب) جهت (رو به داخل یا رو به خارج صفحه) $\vec{B}$ در نقطه‌ی a ، و (پ) بزرگی و (ت) جهت $\vec{B}$ در نقطه‌ی b چیست؟

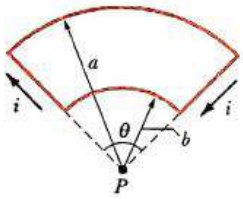
شکل ۲۹-۳۷ مسئله‌ی ۵

• ۶ در شکل ۲۹-۳۸، نقطه‌ی P در فاصله‌ی عمودی $R = 1/50\,cm$ از سیم مستقیم بسیار بلندی قرار دارد که حامل جریان است. میدان مغناطیسی $\vec{B}$ ی ایجاد شده در نقطه‌ی P حاصل از همه‌ی عنصرهای جریان- طول یکسان $i\vec{ds}$ در طول سیم است. فاصله‌ی s تا عنصری که (الف) بیشترین سهم را در میدان $\vec{B}$ دارد و (ب) ۱۰٪ بیشترین سهم را دارد چقدر است؟



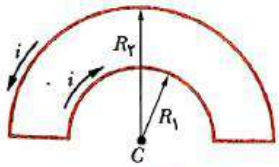
شکل ۲۹-۳۸ مسئله‌ی ۶

• ۷ GO در شکل ۲۹-۳۹، دو کمان دایره‌ای دارای شعاع‌های $a = 13/5\,cm$ و $b = 10/7\,cm$ هستند، زاویه‌ی $\theta = 74/0°$ را در بر دارند، حامل جریان $i = 0/411\,A$ هستند و در مرکز خمیدگی P مشترک‌اند. (الف) بزرگی و (ب) جهت (رو به داخل یا رو به خارج صفحه) میدان مغناطیسی خالص در P چیست؟



شکل ۲۹-۳۹ مسئله‌ی ۷

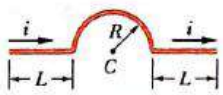
• ۸ در شکل ۲۹-۴۰، دو کمان نیم‌دایره‌ای به شعاع‌های $R_2 = 7/80\,cm$ و $R_1 = 3/15\,cm$، حامل جریان $i = 0/281\,A$ هستند و در مرکز خمیدگی C مشترک‌اند. (الف) بزرگی و (ب) جهت (رو به داخل یا رو به خارج صفحه) میدان مغناطیسی خالص در C چیست؟



شکل ۲۹-٤۰ مسئله‌ی ۲۸

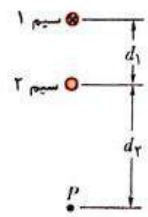
• ۹ دو سیم مستقیم بلند، موازی یکدیگرند و به فاصله‌ی $8/0\,cm$ از هم قرار دارند. هردوی این سیم‌ها حامل جریان‌های یکسانی هستند، طوری که بزرگی میدان مغناطیسی در نقطه‌ی وسط آنها برابر $300\,\mu T$ است. (الف) آیا جریان‌ها باید در یک جهت باشند یا در جهت مخالف؟ (ب) جریان موردنیاز چقدر است؟

●۱۰ در شکل ۲۹-۴۱، سیمی از یک نیم‌دایره به شعاع $R = 9{,}26\,cm$ و دو بخش مستقیم (شعاعی) هریک به طول $L = 13{,}1\,cm$ تشکیل شده است. این سیم حامل جریان $i = 34{,}8\,mA$ است. (الف) بزرگی و (ب) جهت (رو به داخل یا رو به خارج صفحه) میدان مغناطیسی خالص در مرکز خمیدگی C ی نیم‌دایره چیست؟



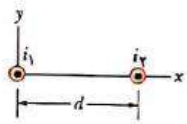
شکل ۲۹-۴۱ مسئله‌ی ۱۰

●۱۱ در شکل ۲۹-۴۲، دو سیم مستقیم بلند بر صفحه‌ی شکل عمودند و به فاصله‌ی $d_1 = 0{,}75\,cm$ از هم قرار دارند. سیم ۱ حامل جریان $6{,}5\,A$ رو به داخل صفحه‌ی شکل است. اگر میدان مغناطیسی خالص حاصل از این دو جریان در نقطه‌ی P واقع در فاصله‌ی $d_2 = 1{,}50\,cm$ از سیم ۲ برابر با صفر باشد. (الف) بزرگی و (ب) جهت (رو به داخل یا رو به خارج صفحه) جریان در سیم ۲ چیست؟



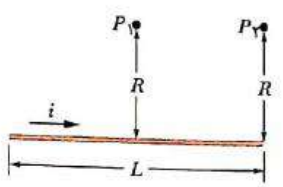
شکل ۲۹-۴۲ مسئله‌ی ۱۱

●۱۲ در شکل ۲۹-۴۳، دو سیم مستقیم بلند که به فاصله‌ی $d = 16{,}0\,cm$ از هم قرار دارند حامل جریان‌های $i_1 = 3{,}61\,mA$ و $i_2 = 3{,}00 i_1$ رو به خارج صفحه هستند. (الف) در چه نقطه‌ای روی محور x نشان داده شده، میدان مغناطیسی خالص حاصل از جریان‌ها برابر با صفر است؟ (ب) اگر این جریان‌ها دو برابر شوند، آیا نقطه‌ی صفرِ میدان مغناطیسی به سمت سیم ۱ جابه‌جا می‌شود یا به سمت سیم ۲، و یا جای آن تغییر نمی‌کند؟



شکل ۲۹-۴۳ مسئله‌ی ۱۲

●●۱۳ در شکل ۲۹-۴۴، نقطه‌ی P_1 در فاصله‌ی $R = 13{,}1\,cm$ روی عمود منصف سیم مستقیمی به‌طول $L = 18{,}0\,cm$ قرار دارد که حامل جریان $i = 58{,}2\,mA$ است. (توجه کنید که این سیم، بلند نیست). بزرگی میدان مغناطیسی حاصل از i در نقطه‌ی P_1 چقدر است؟

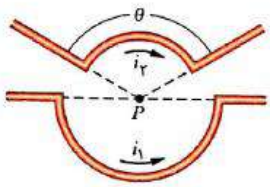


شکل ۲۹-۴۴ مسئله‌های ۱۳ و ۱۷

●●۱۴ معادله‌ی ۲۹-۴ بزرگی B ی میدان مغناطیسی حاصل از یک جریان در سیمی *بلند و نامتناهی* را در نقطه‌ی P به فاصله‌ی عمودی R از سیم به‌دست می‌دهد. فرض کنید نقطه‌ی P واقعاً به فاصله‌ی عمودی R از وسط سیمی به طول L *متناهی* واقع باشد. از معادله‌ی ۲۹-۴ برای محاسبه‌ی B استفاده کنید و سپس خطای آن را برحسب درصد به‌دست آورید. اگر این خطای درصدی کمتر از ٪۱٫۰۰ باشد، نسبت L/R باید به چه مقداری برسد؟ یعنی به ازای چه مقداری از L/R، نتیجه‌ی زیر به‌دست می‌آید؟

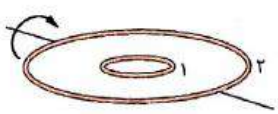
$$\frac{(B \text{ واقعی}) - (B \text{ با استفاده از معادله‌ی ۲۹-۴})}{(B \text{ واقعی})}(٪۱۰۰) = ٪۱٫۰۰$$

●●۱۵ شکل ۲۹-۴۵ دو قطعه‌ی جریان را نشان می‌دهد. قطعه‌ی پایینی حامل جریان $i_1 = 0{,}40\,A$ و شامل یک کمان دایره‌ای به شعاع $5{,}0\,cm$، زاویه‌ی $180°$، و نقطه‌ی مرکزی P است. بخش بالایی حامل جریان $i_2 = 2i_1$ و شامل یک کمان دایره‌ای به شعاع $4{,}0\,cm$، زاویه‌ی $120°$، و همان نقطه‌ی مرکزی P است. (الف) بزرگی و (ب) جهت میدان مغناطیسی خالص $\vec{B}$ در P را برای جهت‌های جریان نشان داده شده تعیین کنید. اگر جهت i_1 معکوس شود، (پ) بزرگی و (ت) جهت $\vec{B}$ چگونه است؟



شکل ۲۹-۴۵ مسئله‌ی ۱۵

●●۱۶ GO در شکل ۲۹-۴۶، دو حلقه‌ی سیمی دایره‌ای هم‌مرکز که حامل جریان‌هایی هم‌جهت هستند در یک صفحه قرار دارند. حلقه‌ی ۱ دارای شعاع $1{,}50\,cm$ و حامل جریان $4{,}00\,mA$ است. حلقه‌ی ۲ دارای شعاع $2{,}50\,cm$ و حامل جریان $6{,}00\,mA$ است. حلقه‌ی ۲ را باید حول یک قطر بچرخانیم و در همان حال میدان مغناطیسی خالص $\vec{B}$ ی ایجاد شده توسط دو حلقه را در مرکز مشترک‌شان اندازه بگیریم. برای آنکه بزرگی میدان مغناطیسی خالص [در مرکز مشترک دو حلقه] برابر با $100\,nT$ باشد، حلقه‌ی ۲ باید تا چه زاویه‌ای چرخانده شود؟

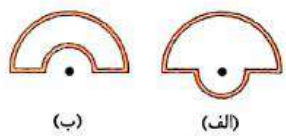


شکل ۲۹-۴۶ مسئله‌ی ۱۶

●●۱۷ در شکل ۲۹-۴۴، نقطه‌ی P_2 در فاصله‌ی عمودی $R = 25{,}1\,cm$ از یک سر سیمی مستقیم به طول $L = 13{,}6\,cm$ قرار دارد که حامل جریان $i = 0{,}693\,A$ است. (توجه کنید که این سیم، بلند نیست.) بزرگی میدان مغناطیسی در P_2 چقدر است؟

●●۱۸ جریانی در یک حلقه‌ی سیمی ایجاد شده است که شامل یک نیم‌دایره به شعاع $4{,}00\,cm$، یک نیم‌دایره‌ی هم‌مرکز کوچکتر، و دو طول مستقیم شعاعی، همه واقع در یک صفحه است. شکل

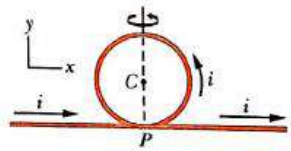
۲۹-۴۷ الف این آرایش را نشان می‌دهد که البته به مقیاس نیست. بزرگی میدان مغناطیسی ایجاد شده در مرکز خمیدگی $47{,}25\,\mu T$ است. سپس نیم‌دایره‌ی کوچکتر آنقدر تابانده (چرخانده) می‌شود تا دوباره به‌طور کامل در صفحه‌ی شکل قرار گیرد (شکل ۲۹-۴۷ب). اکنون میدان مغناطیسی ایجاد شده در (همان) مرکز خمیدگی $15{,}57\,\mu T$ است، ولی جهت آن معکوس شده است. شعاع نیم‌دایره‌ی کوچک چقدر است؟



شکل ۲۹-۴۷ مسئله‌ی ۱۸

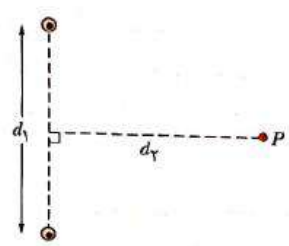
●●۱۹ یک سیم بلند روی محور x قرار دارد و حامل جریان ۳۰A در سوی مثبت محور x است. سیم بلند دیگری عمود بر صفحه‌ی xy است، از نقطه‌ی $(0, 4{,}0\,m, 0)$ می‌گذرد و حامل جریان ۴۰A در سوی مثبت محور z است. بزرگی میدان مغناطیسی حاصل در نقطه‌ی $(0, 2{,}0\,m, 0)$ چقدر است؟

●●۲۰ در شکل ۲۹-۴۸، قسمتی از یک سیم بلند عایق‌بندی‌شده که حامل جریان $i = 5{,}78\,mA$ است به شکل یک بخش دایره‌ای به شعاع $R = 1{,}89\,cm$ خم شده است. برحسب نمادگذاری بردارهای یکه، میدان مغناطیسی در مرکز خمیدگی C چگونه است، اگر آن بخش دایره‌ای (الف) مانند شکل در صفحه‌ی کاغذ واقع باشد و (ب) پس از چرخش $90°$ پادساعتگرد و در جهت نشان داده شده، عمود بر صفحه‌ی کاغذ قرار گیرد؟



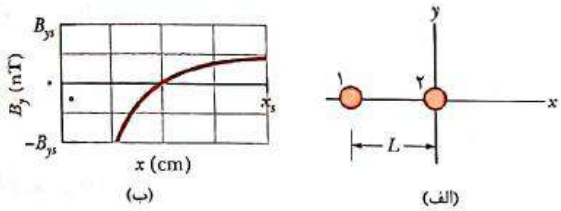
شکل ۲۹-۴۸ مسئله‌ی ۲۰

●●۲۱ شکل ۲۹-۴۹ مقطع دو سیم بسیار بلند را نشان می‌دهد که هریک حامل جریان ۴٫۰۰A مستقیماً رو به خارج صفحه‌ی شکل‌اند. فاصله‌ها عبارت‌اند از $d_1 = 6{,}00\,m$ و $d_2 = 4{,}00\,m$. بزرگی میدان مغناطیسی خالص در نقطه‌ی P، واقع بر عمود منصف سیم‌ها، چقدر است؟



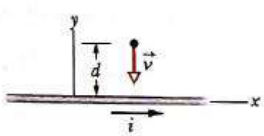
شکل ۲۹-۴۹ مسئله‌ی ۲۱

●●۲۲ شکل ۲۹-۵۰ الف مقطع دو سیم موازی بلند حامل جریان را نشان می‌دهد که به فاصله‌ی L از هم قرارگرفته‌اند. نسبت i_1/i_2 جریان آنها برابر با ۴٫۰۰ است؛ جهت جریان‌ها مشخص نشده است. شکل ۲۹-۵۰ ب مؤلفه‌ی B_y میدان مغناطیسی خالص آنها را در طول محور x، در سمت راست سیم ۲ نشان می‌دهد. محور قائم با $B_{ys} = 4{,}0\,nT$ و محور افقی با $x_s = 20{,}0\,cm$ مقیاس‌بندی شده است. (الف) به‌ازای چه مقدار $x > 0$، B_y بیشینه است؟ (ب) اگر $i_2 = 3\,mA$ باشد، این مقدار بیشینه چقدر است؟ جهت (رو به داخل یا رو به خارج صفحه) (پ) i_1 و (ت) i_2 چگونه است؟



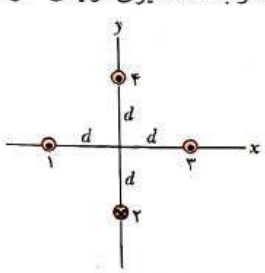
شکل ۲۹-۵۰ مسئله‌ی ۲۲

●●۲۳ ILW شکل ۲۹-۵۱ پروتون متحرکی را نشان می‌دهد که با سرعت $\vec{v} = (-200\,m/s)\hat{j}$ به سمت سیم مستقیم بلندی با جریان $i = 350\,mA$ در حرکت است. در لحظه‌ی نشان داده شده، فاصله‌ی پروتون از سیم $d = 2{,}89\,cm$ است. برحسب نمادگذاری بردارهای یکه، نیروی مغناطیسی وارد بر پروتون از سوی جریان چگونه است؟



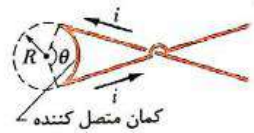
شکل ۲۹-۵۱ مسئله‌ی ۲۳

●●۲۴ شکل ۲۹-۵۲ مقطع چهار سیم نازک موازی، مستقیم، و بسیار بلند را نشان می‌دهد. این سیم‌ها حامل جریان‌های یکسانی در جهت‌های نشان داده شده‌اند. در ابتدا هر چهار سیم به فاصله‌ی $d = 15{,}0\,cm$ از مبدأ دستگاه مختصات واقع‌اند، جائیکه در آن میدان مغناطیسی خالص $\vec{B}$ را ایجاد کرده‌اند. (الف) سیم ۱ را تا کدام مقدار x باید جابه‌جا کرد تا $\vec{B}$ به‌طور ساعتگرد به اندازه‌ی $30°$ بچرخد؟ (ب) وقتی سیم ۱ در وضعیت جدید قرار گرفت، سیم ۳ را تا کدام مقدار x روی محور x باید جابه‌جا کرد تا $\vec{B}$ به اندازه‌ی $30°$ بچرخد و به سمتگیری اولیه‌ی خود بازگردد؟



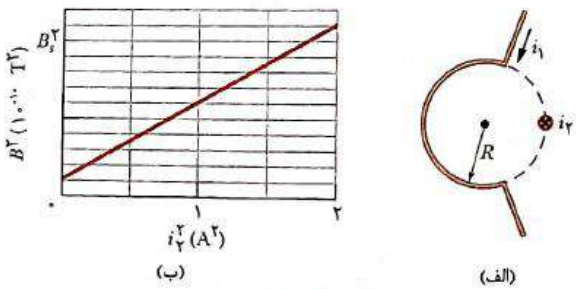
شکل ۲۹-۵۲ مسئله‌ی ۲۴

۲۵•• سیمی با جریان $i = ۳٫۰۰\,A$ در شکل ۲۹-۵۳ نشان داده شده است. دو بخش مستقیم نیمه‌نامتناهی، هر دو مماس بر یک دایره، از طریق یک کمان دایره‌ای با زاویه‌ی مرکزی θ که بر محیط آن دایره تغییر می‌کند، به هم متصل شده‌اند. کمان دایره‌ای و دو بخش مستقیم، همگی بر صفحه‌ی یکسانی قرار دارند. اگر در مرکز دایره $B = ۰$ باشد، θ چقدر است؟



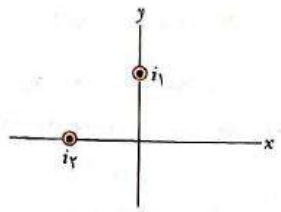
شکل ۲۹-۵۳ مسئله‌ی ۲۵

۲۶•• GO در شکل ۲۹-۵۴ الف، سیم ۱ شامل یک کمان دایره‌ای و دو طول شعاعی است؛ این سیم حامل جریان $i_۱ = ۰٫۵۰\,A$ در جهت نشان داده شده است. سیم ۲، که مقطع آن نشان داده شده است، سیم بلند مستقیمی عمود بر صفحه‌ی شکل است. فاصله‌ی آن از مرکز کمان برابر با شعاع R کمان و حامل جریان $i_۲$ است که می‌تواند تغییر کند. این دو جریان، میدان مغناطیسی خالص $\vec{B}$ را در مرکز کمان ایجاد می‌کنند. شکل ۲۹-۵۴ ب مربع بزرگی میدان $B^۲$ را برحسب مربع جریان $i_۲^۲$ نشان می‌دهد. محور قائم با $B_s^۲ = ۱۰٫۰ \times ۱۰^{-۱۰}\,T^۲$ مقیاس‌بندی شده است. زاویه‌ای که توسط کمان در برگرفته شده چقدر است؟



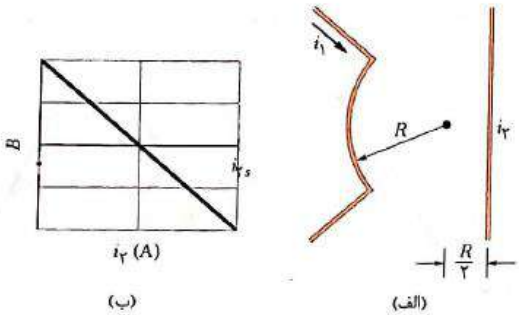
شکل ۲۹-۵۴ مسئله‌ی ۲۶

۲۷•• در شکل ۲۹-۵۵ دو سیم مستقیم بلند (که مقطع آنها نشان داده شده است) حامل جریان‌های $i_۱ = ۳۰٫۰\,mA$ و $i_۲ = ۴۰٫۰\,mA$ مستقیماً رو به خارج صفحه‌ی شکل هستند. آنها به فاصله‌ی یکسانی از مبدأ قرار دارند، جائیکه در آن میدان مغناطیسی $\vec{B}$ را ایجاد می‌کنند. جریان $i_۱$ باید تا چه مقدار تغییر کند تا $\vec{B}$ به‌اندازه‌ی $۲۰٫۰^\circ$ ساعتگرد بچرخد؟



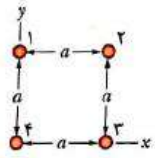
شکل ۲۹-۵۵ مسئله‌ی ۲۷

۲۸•• GO شکل ۲۹-۵۶ الف دو سیم حامل جریان را نشان می‌دهد. سیم ۱ شامل یک کمان دایره‌ای به شعاع R و دو قسمت شعاعی است؛ این سیم حامل جریان $i_۱ = ۲٫۰\,A$ در جهت نشان داده شده است. سیم ۲ یک سیم مستقیم و بلند است که حامل جریان $i_۲$یی است که می‌تواند تغییر کند و فاصله‌ی آن از مرکز کمان برابر $R/۲$ است. میدان مغناطیسی $\vec{B}$ی حاصل از این دو جریان در مرکز خمیدگی کمان اندازه‌گیری می‌شود. شکل ۲۹-۵۶ ب نموداری از مؤلفه‌ی $\vec{B}$ در جهت عمود بر صفحه‌ی شکل را برحسب تابعی از جریان $i_۲$ نشان می‌دهد. محور افقی با $i_{۲s} = ۱٫۰۰\,A$ مقیاس‌بندی شده است. چه زاویه‌ای توسط کمان در برگرفته شده است؟



شکل ۲۹-۵۶ مسئله‌ی ۲۸

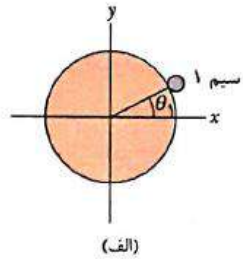
۲۹•• در شکل ۲۹-۵۷، چهار سیم مستقیم بلند بر صفحه‌ی شکل عمودند و مقطع آنها تشکیل مربعی به ضلع $a = ۲۰\,cm$ را می‌دهد. جهت جریان‌ها در سیم‌های ۱ و ۴ رو به خارج صفحه‌ی شکل و در سیم‌های ۲ و ۳ رو به داخل صفحه‌ی شکل است و هریک از سیم‌ها حامل جریان ۲۰ A هستند. برحسب نمادگذاری بردارهای یکه، میدان مغناطیسی خالص در مرکز مربع چگونه است؟



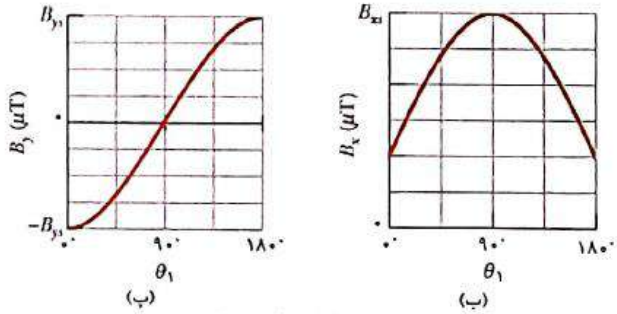
شکل ۲۹-۵۷ مسئله‌های ۲۹، ۳۷، و ۴۰

۳۰••• GO دو سیم نازکِ بلند و مستقیمِ حامل جریان، روی استوانه‌ی پلاستیکی‌ای به همان طول سیم‌ها و در شعاع $R = ۲۰٫۰\,cm$ از محور مرکزی استوانه قرار دارند. شکل ۲۹- ۵۸ الف مقطع استوانه و سیم ۱ را نشان می‌دهد، ولی سیم ۲ نشان داده نشده است. در حالی‌که سیم ۲ در مکان خود ثابت شده است، سیم ۱ به دور استوانه، از زاویه‌ی $\theta_۱ = ۰^\circ$ تا زاویه‌ی $\theta_۱ = ۱۸۰^\circ$ با عبور از ربع‌های اوّل و دوّم دستگاه مختصات xy، حرکت می‌کند. میدان مغناطیسی خالص $\vec{B}$ در مرکز استوانه برحسب تابعی از زاویه‌ی $\theta_۱$ اندازه‌گیری می‌شود. شکل ۲۹-۵۸ ب مؤلفه‌ی B_x این میدان را برحسب تابعی از $\theta_۱$ نشان می‌دهد (محور قائم با $B_{xs} = ۶٫۰\,\mu T$ مقیاس‌بندی شده است) و شکل ۲۹-۵۸ پ

مؤلفه‌ی B_y این میدان را نشان می‌دهد (محور قائم با $B_{ys} = ۴٫۰\mu T$ مقیاس‌بندی شده است). (الف) سیم ۲ در چه زاویه‌ی $\theta_۲$ یی قرار گرفته است؟ (ب) اندازه و (پ) جهت (رو به داخل یا رو به خارج صفحه‌ی شکل) جریان در سیم ۱، و (ت) اندازه و (ث) جهت جریان در سیم ۲ چیست؟

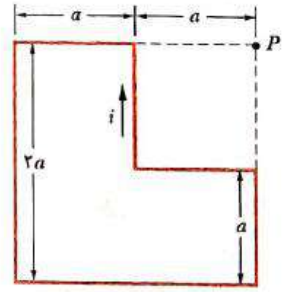


(الف)



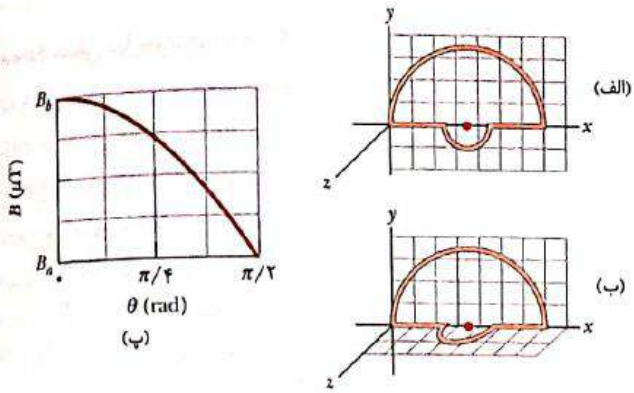
شکل ۲۹-۵۸ مسئله‌ی ۳۰

●●● ۳۱ در شکل ۲۹-۵۹، طول a برابر ۴٫۷cm و جریان i برابر ۱۳A است. (الف) بزرگی و (ب) جهت (رو به داخل یا رو به خارج صفحه) میدان مغناطیسی در نقطه‌ی P چیست؟



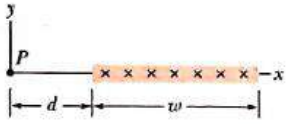
شکل ۲۹-۵۹ مسئله‌ی ۳۱

●●● ۳۲ GO حلقه‌ی حامل جریان شکل ۲۹-۶۰ الف کاملاً در یک صفحه قرار دارد و شامل یک نیم‌دایره به شعاع ۱۰٫۰cm، یک نیم‌دایره کوچکتر به همان مرکز و دو قسمت شعاعی است. نیم‌دایره‌ی کوچکتر به اندازه‌ی زاویه‌ی θ رو به بیرون آن صفحه می‌چرخد، تا اینکه عمود بر صفحه قرار گیرد (شکل ۲۹-۶۰ ب). شکل ۲۹-۶۰ پ، بزرگی میدان خالص را در مرکز خمیدگی برحسب زاویه‌ی θ نشان می‌دهد. محور قائم $B_a = ۱۰٫۰\mu T$ و $B_b = ۱۲٫۰\mu T$ مقیاس‌بندی شده است. شعاع نیم‌دایره‌ی کوچکتر چقدر است؟



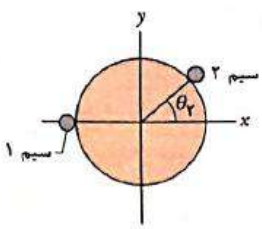
شکل ۲۹-۶۰ مسئله‌ی ۳۲

●●● ۳۳ ILW شکل ۲۹-۶۰ مقطع یک نوار نازک بلند به پهنای $w = ۴٫۹۱cm$ را نشان می‌دهد که حامل جریان کلی برابر با $i = ۴٫۶۱\mu A$ به سمت داخل صفحه است که به‌طور یکنواختی توزیع شده است. برحسب نمادگذاری بردارهای یکه، میدان مغناطیسی $\vec{B}$ در نقطه‌ی P واقع بر صفحه‌ی نوار و به فاصله‌ی $d = ۲٫۱۶cm$ از لبه‌ی آن چگونه است؟ (*راهنمایی:* تصور کنید که این نوار از تعداد زیادی سیم موازی، نازک، و بلند ساخته شده است.)



شکل ۲۹-۶۱ مسئله‌ی ۳۳

●●● ۳۴ GO شکل ۲۹-۶۲، مقطع دو سیم مستقیم بلند را نشان می‌دهد که روی یک استوانه‌ی پلاستیکی به شعاع ۲۰٫۰cm نگه داشته شده‌اند. سیم ۱ حامل جریان رو به خارج صفحه‌ی $i_۱ = ۶۰٫۰mA$ است و در مکان خود در طرف چپ استوانه ثابت شده است. سیم ۲ حامل جریان رو به خارج صفحه‌ی $i_۲ = ۴۰٫۰mA$ است و می‌تواند به دور استوانه حرکت کند. سیم ۲ در چه زاویه‌ی $\theta_۲$ (مثبتی) باید قرار گیرد تا بزرگی میدان مغناطیسی خالص حاصل از این دو جریان در مبدأ برابر با ۸۰٫۰nT شود؟

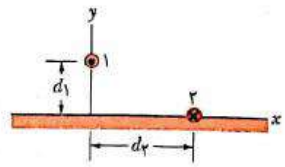


شکل ۲۹-۶۲ مسئله‌ی ۳۴

بخش ۲۹-۲ نیروی بین دو جریان موازی

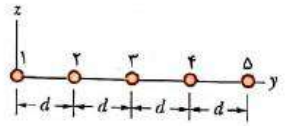
● ۳۵ شکل ۲۹-۶۳ مقطع سیم ۱ را نشان می‌دهد؛ این سیم مستقیم و بلند حامل جریان ۴٫۰۰mA رو به خارج صفحه‌ی شکل است و به فاصله‌ی $d_۱ = ۲٫۴۰cm$ از یک سطح قرار دارد. سیم ۲، که

موازی سیم ۱ و همانند آن بلند است، به فاصله‌ی افقی $d_2 = 5{,}00\,\text{cm}$ از سیم ۱ قرار دارد و حامل جریان $6{,}80\,\text{mA}$ رو به داخل صفحه‌ی شکل است. مؤلفه‌ی x نیروی مغناطیسی بر *واحد طول* سیم ۲ از سوی سیم ۱ چقدر است؟



شکل ۲۹-۶۳ مسئله‌ی ۳۵

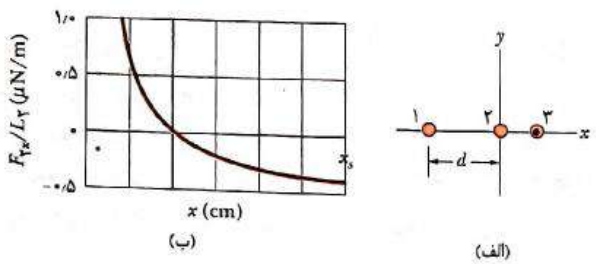
●●۳۶ در شکل ۲۹-۶۴، پنج سیم موازی بلندی که در صفحه‌ی xy واقع‌اند به فاصله‌ی $d = 8{,}00\,\text{cm}$ از هم قرار گرفته‌اند، دارای طول $10{,}0\,\text{m}$ و حامل جریان‌های یکسان $3{,}00\,\text{A}$ رو به خارج صفحه‌ی شکل‌اند. به هر سیم، نیرویی مغناطیسی از سوی سیم‌های دیگر وارد می‌شود. برحسب نمادگذاری بردارهای یکه، نیروی مغناطیسی خالص وارد بر (الف) سیم ۱، (ب) سیم ۲، (پ) سیم ۳، (ت) سیم ۴، و (ث) سیم ۵ چگونه است؟



شکل ۲۹-۶۴ مسئله‌های ۳۶ و ۳۹

●●۳۷ GO در شکل ۲۹-۵۷ چهار سیم مستقیمِ بلند، عمود بر صفحه‌ی شکل‌اند و مقطع آنها تشکیل مربعی به ضلع $a = 13{,}5\,\text{cm}$ را می‌دهد. هر سیم حامل جریان $7{,}50\,\text{A}$ است و این جریان در سیم‌های ۱ و ۴ رو به خارج و در سیم‌های ۲ و ۳ رو به داخل صفحه‌ی شکل است. برحسب نمادگذاری بردارهای یکه، نیروی مغناطیسی خالص وارد بر هر متر *از طول* سیم ۴ چگونه است؟

●●۳۸ GO شکل ۲۹-۶۵ الف مقطع سه سیم حامل جریان بلند، مستقیم و موازی یکدیگر را نشان می‌دهد. سیم‌های ۱ و ۲ در مکان‌های خود روی محور x، به فاصله‌ی d از یکدیگر، ثابت شده‌اند. سیم ۱ دارای جریان $0{,}750\,\text{A}$ است ولی جهت آن داده نشده است. سیم ۳، با جریان $0{,}250\,\text{A}$ رو به خارج صفحه، می‌تواند روی محور x، در طرف راست سیم ۲ جابه‌جا شود. وقتی سیم ۳ حرکت کند، بزرگی نیروی مغناطیسی خالص $\vec{F}_2$ی وارد بر سیم ۲ از سوی سیم‌های ۱ و ۳ تغییر می‌کند. مؤلفه‌ی x این نیرو، F_{2x} و مقدار آن بر واحد طول سیم ۲ برابر F_{2x}/L_2 است. شکل ۲۹-۶۵ ب، F_{2x}/L_2 را برحسب مکان x سیم ۳ نشان می‌دهد. این نمودار، وقتی $x \to \infty$ میل کند، دارای مجانب $F_{2y}/L_2 = -0{,}627\,\mu\text{N/m}$ است. محور افقی با $x_s = 12{,}0\,\text{cm}$ مقیاس‌بندی شده است. (الف) اندازه و (ب) جهت (رو به داخل یا رو به خارج صفحه) جریان در سیم ۲ چیست؟

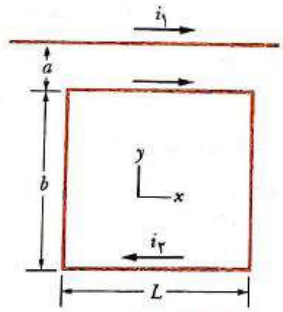


شکل ۲۹-۶۵ مسئله‌ی ۳۸

●●۳۹ GO در شکل ۲۹-۶۴، پنج سیم موازیِ بلند که در صفحه‌ی xy واقع‌اند به فاصله‌ی $d = 50{,}0\,\text{cm}$ از هم قرار گرفته‌اند. جریان‌های رو به داخل صفحه عبارت‌اند از $i_1 = 2{,}00\,\text{A}$، $i_2 = 0{,}250\,\text{A}$، $i_4 = 4{,}00\,\text{A}$، و $i_5 = 2{,}00\,\text{A}$؛ جریان رو به خارج صفحه $i_3 = 4{,}00\,\text{A}$ است. بزرگی نیروی خالص بر واحد طول وارد بر سیم ۳ از سوی جریان سیم‌های دیگر چقدر است؟

●●۴۰ در شکل ۲۹-۵۷، چهار سیم مستقیمِ بلند بر صفحه‌ی شکل عمودند و مقطع آنها تشکیل مربعی به ضلع $a = 8{,}50\,\text{cm}$ را می‌دهد. هر سیم حامل جریان $15{,}0\,\text{A}$ است و جهت همه‌ی جریان‌ها به سمت خارج صفحه‌ی شکل است. برحسب نمادگذاری بردارهای یکه، نیروی مغناطیسی خالص وارد بر هر متر *از طول* سیم ۱ چگونه است؟

●●●۴۱ ILW در شکل ۲۹-۶۶، سیم بلندِ مستقیم حامل جریان $i_1 = 30{,}0\,\text{A}$ و حلقه‌ی مستطیلی حامل جریان $i_2 = 20{,}0\,\text{A}$ است. فرض کنید $a = 1{,}00\,\text{cm}$، $b = 8{,}00\,\text{cm}$، و $L = 30{,}0\,\text{cm}$ است. برحسب نمادگذاری بردارهای یکه، نیروی خالص وارد بر حلقه از سوی i_1 چگونه است؟



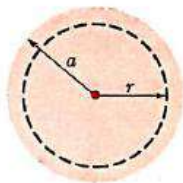
شکل ۲۹-۶۶ مسئله‌ی ۴۱

بخش ۲۹-۳ قانون آمپر

●۴۲ در یک ناحیه‌ی خاص، چگالی جریان یکنواخت $15\,\text{A/m}^2$ در سوی مثبت محور z وجود دارد. مقدار انتگرال $\oint \vec{B}\cdot d\vec{s}$ چقدر است، وقتی این انتگرال در طول سه قطعه‌خط مستقیم در مختصات (x,y,z)، از $(4d,0,0)$ به $(4d,3d,0)$ به $(0,0,0)$ به $(4d,0,0)$

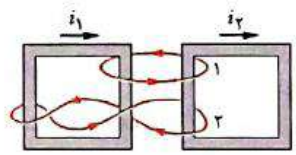
گرفته شود، که در آن $d = ۲۰\text{cm}$ است؟

• ۴۳ شکل ۲۹-۶۷ مقطعی از قطر یک سیم رسانای استوانه‌ای بلند به شعاع $a = ۲٫۰۰\text{cm}$ را نشان می‌دهد که حامل جریان یکنواخت ۱۷۰A است. بزرگی میدان مغناطیسی حاصل از این جریان در فاصله‌های شعاعی (الف) ۰، (ب) ۱٫۰۰cm، (پ) ۲٫۰۰cm (روی سطح سیم)، و (ت) ۴٫۰۰cm چقدر است؟



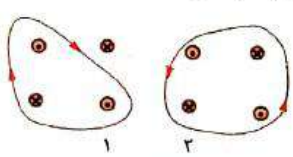
شکل ۲۹-۶۷ مسئله‌ی ۴۳

•• ۴۴ شکل ۲۹-۶۸ دو مسیر بسته را نشان می‌دهد که به دور دو حلقه‌ی رسانا حامل جریان‌های $i_۱ = ۵٫۰\text{A}$ و $i_۲ = ۳٫۰\text{A}$ پیچیده شده‌اند. مقدار انتگرال $\oint \vec{B}\cdot d\vec{s}$ برای (الف) مسیر ۱ و (ب) مسیر ۲ چقدر است؟



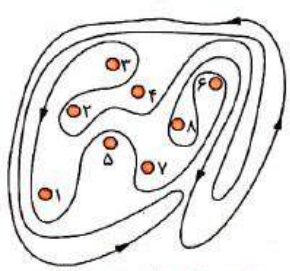
شکل ۲۹-۶۸ مسئله‌ی ۴۴

•• ۴۵ هریک از هشت رسانای شکل ۲۹-۶۹ حامل جریان ۲٫۰A رو به داخل صفحه یا رو به خارج آن هستند. دو مسیر برای انتگرال خطی $\oint \vec{B}\cdot d\vec{s}$ نشان داده شده است. مقدار این انتگرال برای (الف) مسیر ۱ و (ب) مسیر ۲ چقدر است؟



شکل ۲۹-۶۹ مسئله‌ی ۴۵

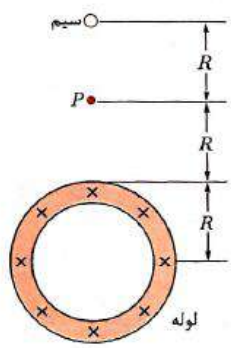
•• ۴۶ هشت سیم، صفحه‌ی کاغذ را به‌طور قائم در نقاط نشان داده شده در شکل ۲۹-۷۰ قطع می‌کنند. هر سیم با عدد درست k مشخص شده است $(k = ۱,۲,...,۸)$ و حامل جریان ki است، که در آن $i = ۴٫۵۰\text{mA}$ است. برای سیم‌های با k ی فرد، جریان رو به خارج صفحه‌ی کاغذ است؛ برای سیم‌های با k ی زوج، جریان رو به داخل صفحه‌ی کاغذ است. $\oint \vec{B}\cdot d\vec{s}$ را در طول مسیر بسته و در جهت نشان داده شده، محاسبه کنید.



شکل ۲۹-۷۰ مسئله‌ی ۴۶

•• ۴۷ ILW چگالی جریان $\vec{J}$ داخل یک سیم استوانه‌ای توپُر و بلند به شعاع $a = ۳٫۱\text{mm}$ در جهت محور مرکزی و دارای بزرگی است که طبق رابطه‌ی $J = J_۰ r / a$ با فاصله‌ی شعاعی r از محور به‌طور خطی تغییر می‌کند، که در آن $J_۰ = ۳۱۰\text{A/m}^۲$ است. بزرگی میدان مغناطیسی را در (الف) $r = ۰$، (ب) $r = a/۲$، و (پ) $r = a$ به‌دست آورید.

•• ۴۸ در شکل ۲۹-۷۱ یک لوله‌ی دایره‌ای بلند به شعاع خارجی $R = ۲٫۶\text{cm}$ حامل جریان $i = ۸٫۰۰\text{mA}$ (با توزیع یکنواخت) به سمت داخل صفحه‌ی شکل است. سیمی موزای لوله، در فاصله‌ی مرکز به مرکز $۳٫۰۰R$ از آن قرار دارد. (الف) بزرگی و (ب) جهت (رو به داخل یا رو به خارج صفحه) جریان در سیم را برای وضعیتی پیدا کنید که بزرگی میدان مغناطیسی خالص در نقطه‌ی P دارای همان بزرگی میدان مغناطیسی خالص در مرکز لوله، ولی در جهت مخالف باشد.



شکل ۲۹-۷۱ مسئله‌ی ۴۸

بخش ۲۹-۴ سیملوله و چنبره

• ۴۹ یک چنبره با مقطعی مربعی به ضلع ۵٫۰۰cm و شعاع داخلی ۱۵٫۰cm، دارای ۵۰۰ دور و حامل جریان ۰٫۸۰۰A است. (این چنبره به جای آنکه مانند شکل ۲۹-۱۷ از سیملوله‌های مدوّر ساخته شده باشد، از سیملوله‌های مربعی‌ای ساخته شده است که به شکل یک دونات خم شده‌اند.) میدان مغناطیسی داخل چنبره در (الف) شعاع داخلی و (ب) شعاع خارجی آن چقدر است؟

• ۵۰ سیملوله‌ای به‌طول ۹۵٫۰cm دارای شعاع ۲٫۰۰cm و پیچه‌ای ۱۲۰۰ دور است؛ سیملوله حامل جریان ۳٫۶۰A است. بزرگی میدان مغناطیسی را در داخل سیملوله محاسبه کنید.

• ۵۱ سیملوله‌ای ۲۰۰ دور به‌طول ۲۵cm و قطر ۱۰cm، حامل جریان ۰٫۲۹A است. بزرگی میدان مغناطیسی $\vec{B}$ را در داخل این سیملوله محاسبه کنید.

• ۵۲ سیملوله‌ای به‌طول ۱٫۳۰m و قطر ۲٫۶۰cm حامل جریان ۱۸٫۰A است. میدان مغناطیسی داخل این سیملوله ۲۳٫۰mT است. طول سیمی را که سیملوله از آن ساخته شده است، پیدا کنید.

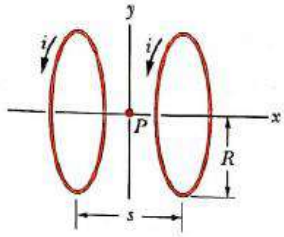
۵۳•• سیملوله‌ی بلندی با ۱۰۰ دور/cm حامل جریان i است. الکترونی در داخل این سیملوله، بر دایره‌ای به شعاع ۲٫۳۰cm عمود بر محور سیملوله حرکت می‌کند. تندی الکترون $0.4600c$ (تندی = c نور) است. جریان i ی سیملوله را به‌دست آورید.

۵۴•• الکترونی به سمت یک سرِ سیملوله‌ای پرتاب شده است. وقتی این الکترون وارد میدان مغناطیسی یکنواخت داخل سیملوله شود، تندی آن ۸۰۰m/s است و بردار سرعت آن با محور مرکزی سیملوله زاویه‌ی ۳۰° می‌سازد. این سیملوله حامل جریان ۴٫۰A و دارای ۸۰۰۰ دور در طول خود است. این الکترون در طی مسیر مارپیچ خود تا زمان خروج از سرِ دیگر سیملوله چند دور می‌زند؟ (در یک سیملوله‌ی واقعی، که میدان در دو سر آن یکنواخت نیست، تعداد دورها اندکی کمتر از پاسخی است که در اینجا به‌دست می‌آید.)

۵۵•• WWW ILW سیملوله‌ی بلندی با ۱۰٫۰ دور/cm و شعاع ۷٫۰۰cm حامل جریان ۲۰٫۰mA است. در رسانای مستقیمی که بر محور مرکزی سیملوله قرار دارد، جریان ۶٫۰۰A برقرار است. (الف) در چه فاصله‌ی شعاعی از محور مرکزی، جهت میدان مغناطیسی حاصل در زاویه‌ی ۴۵٫۰° نسبت به جهت این محور خواهد بود؟ (ب) بزرگی میدان مغناطیسی در آنجا چقدر است؟

بخش ۲۹-۵ پیچه‌ی حامل جریان به عنوان دوقطبی مغناطیسی

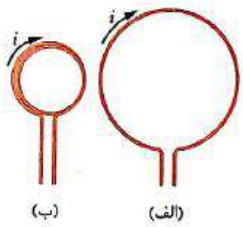
۵۶• شکل ۲۹-۷۲ آرایشی موسوم به پیچه‌ی *هلمهولتز* را نشان می‌دهد. این آرایش شامل دو پیچه‌ی هم‌محور دایره‌ای، هر یک با ۲۰۰ دور و شعاع $R = 25.0\,\text{cm}$ است که به فاصله‌ی $s = R$ از هم قرارگرفته‌اند. این دو پیچه حامل جریان‌های مساوی $i = 12.2\,\text{mA}$ در یک جهت هستند. بزرگی میدان مغناطیسی خالص را در P، واقع در وسط پیچه‌ها، به‌دست آورید.



شکل ۲۹-۷۲ مسئله‌ی ۵۶

۵۷• دانشجویی با پیچاندن ۳۰۰ دور سیم به دور یک استوانه‌ی چوبی به قطر $d = 5.0\,\text{cm}$، یک آهنربای الکتریکی کوچک را می‌سازد. این پیچه به یک باتری متصل شده است که جریان ۴٫۰A را در سیم ایجاد می‌کند. (الف) بزرگی گشتاور دوقطبی مغناطیسی این وسیله چقدر است؟ (ب) در چه فاصله‌ی محوری $z \gg d$ میدان مغناطیسی دارای بزرگی $5.0\,\mu\text{T}$ (تقریباً یک-دهم میدان مغناطیسی کره زمین) است؟

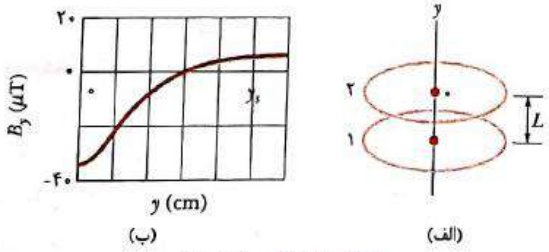
۵۸• شکل ۲۹-۷۳ الف طولی از یک سیم حامل جریان i را نشان می‌دهد که به شکل یک پیچه‌ی دایره‌ای تک‌دور خم شده است. در شکل ۲۹-۷۳ ب، همان طول از سیم به شکل پیچه‌ای با دو دور خم شده است، که شعاع هر کدام نصف شعاع اولیه است. (الف) اگر B_a و B_b بزرگی میدان‌های مغناطیسی در مرکز دو پیچه باشند، نسبت B_b / B_a چقدر است؟ (ب) نسبت μ_b / μ_a بزرگی گشتاورهای دوقطبی پیچه‌ها چقدر است؟



شکل ۲۹-۷۳ مسئله‌ی ۵۸

۵۹• بزرگی گشتاور دوقطبی مغناطیسی $\vec{\mu}$ ی سیملوله‌ی توصیف شده در مسئله‌ی ۵۱ چقدر است؟

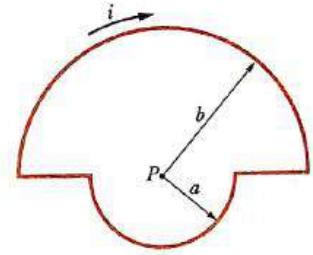
۶۰•• GO در شکل ۲۹-۷۴ الف، مرکزهای دو حلقه‌ی دایره‌ای با جریان‌های مختلف، ولی شعاع‌های یکسان ۴٫۰cm، روی محور y قرار گرفته‌اند. این دو حلقه در ابتدا به فاصله‌ی $L = 3.0\,\text{cm}$ از هم قرار دارند، در حالی‌که حلقه‌ی ۲ در مبدأ محور قرار گرفته است. جریان‌های دو حلقه، یک میدان مغناطیسی خالص با مؤلفه‌ی y یی برابر B_y در مبدأ ایجاد می‌کنند. این مؤلفه باید هنگامی اندازه‌گیری شود که حلقه‌ی ۲ به‌تدریج در سوی مثبت محور y حرکت کند. شکل ۲۹-۷۴ ب، B_y را برحسب تابعی از مکان y ی حلقه‌ی ۲ نشان می‌دهد. وقتی $y \to \infty$ میل کند، این منحنی دارای مجانب $B_y = 7.20\,\mu\text{T}$ است. محور افقی با $y_s = 10.0\,\text{cm}$ مقیاس‌بندی شده است. (الف) جریان i_1 در حلقه‌ی ۱ و (ب) جریان i_2 در حلقه‌ی ۲ چقدر است؟



شکل ۲۹-۷۴ مسئله‌ی ۶۰

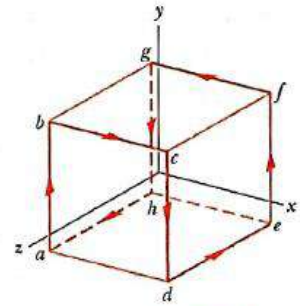
۶۱•• یک حلقه‌ی دایره‌ای به شعاع 12cm حامل جریان 15A است. پیچه‌ی مسطحی به شعاع 0.82cm که دارای ۵۰ دور و جریان 1.3A است، هم‌مرکز با این حلقه قرار گرفته است. صفحه‌ی حلقه عمود بر صفحه‌ی پیچه است. فرض کنید میدان مغناطیسی حلقه در طول پیچه، یکنواخت است. بزرگی (الف) میدان مغناطیسی ایجاد شده توسط حلقه در مرکز آن و (ب) گشتاور نیروی وارد بر پیچه از سوی حلقه چقدر است؟

●●۶۲ در شکل ۲۹-۷۵، جریان $i = 56/2\,\text{mA}$ در حلقه‌ای برقرار شده است که دارای دو قسمت شعاعی و دو نیم‌دایره به شعاع‌های $a = 5/72\,\text{cm}$ و $b = 9/36\,\text{cm}$ به مرکز مشترک P است. (الف) بزرگی و (ب) جهت (رو به داخل یا رو به خارج صفحه) میدان مغناطیسی در P و (پ) بزرگی و (ت) جهت گشتاور دوقطبی مغناطیسی حلقه چیست؟



شکل ۲۹-۷۵ مسئله‌ی ۶۲

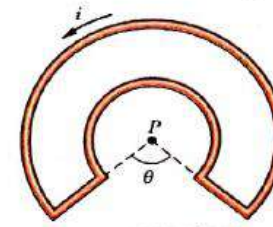
●●۶۳ در شکل ۲۹-۷۶، یک رسانا حامل جریان $6/0\,\text{A}$ در طول مسیر بسته‌ی *abcdefgha* است که از ۸ ضلع از ۱۲ ضلع مکعبی به ضلع $10\,\text{cm}$ می‌گذرد. (الف) با در نظر گرفتن این مسیر به‌صورت ترکیبی از سه حلقه‌ی مربعی جریان (*bcfgb*, *abgha*, *cdefc*)، گشتاور مغناطیسی خالص مسیر را برحسب نمادگذاری بردارهای یکه به‌دست آورید. (ب) بزرگی میدان مغناطیسی خالص در مختصات xyz به قرار $(0,5/0\,\text{m}, 0)$ چقدر است؟



شکل ۲۹-۷۶ مسئله‌ی ۶۳

مسئله‌های تکمیلی

۶۴ در شکل ۲۹-۷۷ حلقه‌ی بسته‌ای حامل جریان $i = 200\,\text{mA}$ است. این حلقه شامل دو سیم مستقیم شعاعی و دو کمان دایره‌ای به شعاع‌های $2/00\,\text{m}$ و $4/00\,\text{m}$ است. زاویه‌ی θ برابر $\pi/4$ رادیان است. (الف) بزرگی و (ب) جهت (رو به داخل یا رو به خارج صفحه) میدان مغناطیسی خالص در مرکز خمیدگی P چیست؟



شکل ۲۹-۷۷ مسئله‌ی ۶۴

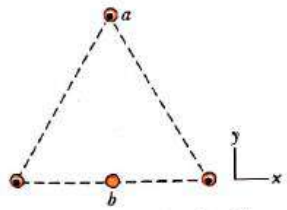
۶۵ یک کابل استوانه‌ای به شعاع $8/00\,\text{mm}$ حامل جریان $25/0\,\text{A}$ است که به‌طور یکنواخت در سرتاسر مساحت مقطع آن توزیع شده است. در چه فاصله‌ای از مرکز سیم، نقطه‌ای در داخل سیم وجود دارد که در آنجا بزرگی میدان مغناطیسی برابر با $0/100\,\text{mT}$ است؟

۶۶ دو سیم بلند در صفحه‌ی xy قرار دارند و هریک حامل جریانی در سوی مثبت محور x هستند. سیم ۱ واقع در $y = 10/0\,\text{cm}$ حامل جریان $6/00\,\text{A}$، و سیم ۲ واقع در $y = 5/00\,\text{cm}$ حامل جریان $10/0\,\text{A}$ است. (الف) برحسب نمادگذاری بردارهای یکه، میدان مغناطیسی خالص $\vec{B}$ در مبداء مختصات چگونه است؟ (ب) به‌ازای چه مقداری از y، میدان $\vec{B} = 0$ می‌شود؟ (پ) اگر جریان در سیم ۱ معکوس شود، به‌ازای چه مقداری از y، میدان $\vec{B} = 0$ می‌شود؟

۶۷ دو سیم، هریک به طول L به شکل یک دایره و یک مربع درآورده شده‌اند و هریک حامل جریان i هستند. نشان دهید که میدان مغناطیسی ایجاد شده در مرکز مربع، بزرگتر از میدان مغناطیسی است که در مرکز دایره ایجاد می‌شود.

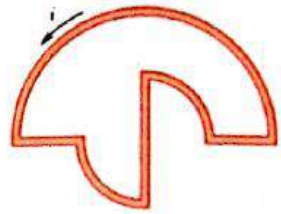
۶۸ یک سیم مستقیم بلند حامل جریان $50\,\text{A}$ است. الکترونی که با $1/0\times10^7\,\text{m/s}$ در حرکت است، $5/0\,\text{cm}$ از این سیم فاصله دارد. مطلوب است بزرگی نیروی مغناطیسی وارد بر الکترون، در صورتی که جهت سرعت الکترون (الف) رو به سمت سیم، (ب) موازی سیم در جهت جریان، و (پ) عمود بر دو جهت مشخص شده در (الف) و (ب) باشد.

۶۹ سه سیم بلند که موازی محور z قرار دارند، هریک حامل جریان $10\,\text{A}$ در سوی مثبت محور z هستند. نقطه‌های تلاقی این سیم‌ها با صفحه‌ی xy تشکیل مثلث متساوی‌الاضلاعی به ضلع $50\,\text{cm}$ را می‌دهند، که در شکل ۲۹-۷۸ نشان داده شده است. سیم چهارمی (سیم b) از وسط قاعده‌ی مثلث و موازی با سه سیم دیگر می‌گذرد. اگر نیروی مغناطیسی وارد بر سیم a برابر با صفر باشد، (الف) اندازه و (ب) جهت ($+z$ یا $-z$) جریان در سیم b چه می‌شود؟



شکل ۲۹-۷۸ مسئله‌ی ۶۹

۷۰ شکل ۲۹-۷۹ حلقه‌ی بسته‌ای با جریان $i = 2/00\,\text{A}$ را نشان می‌دهد که شامل یک نیم‌دایره به شعاع $4/00\,\text{m}$، دو ربع دایره هریک به شعاع $2/00\,\text{m}$، و سه سیم مستقیم شعاعی است. بزرگی میدان مغناطیسی خالص در مرکز مشترک این بخش‌های دایره‌ای چقدر است؟



شکل ۲۹-۷۹ مسئله‌ی ۷۰

۷۱ یک سیم مسی لُخت نمره‌ی ۱۰ (به قطر ۲٫۶mm) می‌تواند جریان ۵۰A را تحمل کند، بی‌آنکه خیلی داغ شود. به‌ازای این جریان، بزرگی میدان مغناطیسی در سطح سیم چقدر است؟

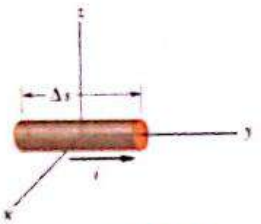
۷۲ یک سیم قائم بلند، حامل جریانی نامعلوم است. هم‌محور با این سیم، یک سطح رسانای استوانه‌ای بلند و نازک قرار دارد که حامل جریان رو به بالای ۳۰mA است. شعاع این سطح استوانه‌ای برابر ۳٫۰mm است. اگر بزرگی میدان مغناطیسی در نقطه‌ای به فاصله‌ی ۵٫۰mm از سیم برابر با ۱٫۰μT باشد، (الف) اندازه و (ب) جهت جریان در سیم چیست؟

۷۳ شکل ۲۹-۸۰ یک رسانای استوانه‌ای بلند به شعاع $a = 2{,}00\,cm$ را نشان می‌دهد که دارای یک حفره‌ی استوانه‌ای به شعاع $b = 1{,}50\,cm$ است. محورهای مرکزی استوانه و حفره موازی هم و به فاصله‌ی $d = 2{,}00\,cm$ از یکدیگر واقع‌اند؛ جریان $i = 5{,}25\,A$ به‌طور یکنواخت در سرتاسر ناحیه‌ی توپر توزیع شده است. (الف) بزرگی میدان مغناطیسی در مرکز حفره چقدر است؟ (ب) در مورد دو حالت خاص $b = 0$ و $d = 0$ بحث کنید.

شکل ۲۹-۸۰ مسئله‌ی ۷۳

۷۴ بزرگی میدان مغناطیسی در فاصله‌ی 88,0cm از محور یک سیم مستقیم و بلند برابر با 7,30μT است. جریان در این سیم چقدر است؟

۷۵ شکل ۲۹-۸۱ قطعه‌سیمی به‌طول $\Delta x = 3{,}0\,cm$ را نشان می‌دهد که مرکزش در مبداء دستگاه مختصات قرار دارد و حامل جریان $i = 2{,}0\,A$ در سوی مثبت محور y (به عنوان بخشی از یک مدار کامل) است. برای محاسبه‌ی بزرگی میدان مغناطیسی $\vec{B}$ ی ایجاد شده توسط این قطعه در نقطه‌ای به فاصله‌ی چندین متر از مبداء، می‌توانیم از $B = (\mu_0 / 4\pi)\, i\, \Delta x\, (\sin\theta) / r^2$ به عنوان قانون بیو-ساوار استفاده کنیم، چرا که r و θ اساساً در سرتاسر قطعه ثابت‌اند. $\vec{B}$ را (برحسب نمادگذاری بردارهای یکه) در مختصات (x, y, z) (الف) $(0{,}0, 0{,}5{,}0\,m)$، (ب) $(0{,}0, 6{,}0\,m, 0{,}0)$، (پ) $(7{,}0\,m, 7{,}0\,m, 0{,}0)$، و (ت) $(-3{,}0, -4{,}0\,m, 0{,}0)$ محاسبه کنید.

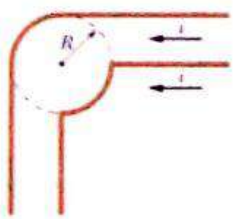


شکل ۲۹-۸۱ مسئله‌ی ۷۵

۷۶ شکل ۲۹-۸۲ مقطع دو سیم موازی را نشان می‌دهد که به فاصله‌ی $d = 10{,}0\,cm$ از هم قرار گرفته‌اند؛ هریک از سیم‌ها حامل جریان ۱۰۰A هستند که این جریان در سیم ۱ به سمت خارج صفحه‌ی شکل است. نقطه‌ی P روی عمود منصف خط واصل سیم‌ها قرار دارد. اگر جریان در سیم ۲ (الف) به سمت خارج صفحه و (ب) به سمت داخل صفحه باشد، میدان مغناطیسی خالص در نقطه‌ی P برحسب نمادگذاری بردارهای یکه چگونه می‌شود؟

شکل ۲۹-۸۲ مسئله‌ی ۷۶

۷۷ در شکل ۲۹-۸۳، دو سیم بلند نامتناهی حامل جریان‌های یکسان i هستند. هریک از دو سیم، بر کمانی 90° روی محیط دایره‌ی یکسانی به شعاع R قرار دارند. نشان دهید میدان مغناطیسی $\vec{B}$ در مرکز دایره همان میدان $\vec{B}$ به فاصله‌ی R زیر یک سیم مستقیم نامتناهی است که حامل جریان i رو به سمت چپ است.



شکل ۲۹-۸۳ مسئله‌ی ۷۷

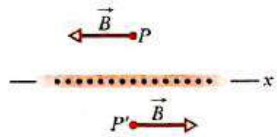
۷۸ سیم بلندی حامل جریان ۱۰۰A عمود بر خطوط میدان مغناطیسی یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی 50,0mT است. در چه فاصله‌ای از این سیم، میدان مغناطیسی خالص برابر با صفر است؟

۷۹ یک رسانای استوانه‌ای، توخالی و بلند (به شعاع داخلی 2,0mm و شعاع خارجی 4,0mm) حامل جریان ۲۴A است که به‌طور یکنواختی در مقطع آن توزیع شده است. یک سیم بلند نازک که هم‌محور با استوانه است حامل جریان ۲۴A در جهت مخالف است.

بزرگی میدان مغناطیسی در فاصله‌ی (الف) ۱٫۰mm، (ب) ۳٫۰mm، و (پ) ۵٫۰mm از محور مرکزی سیم و استوانه چقدر است؟

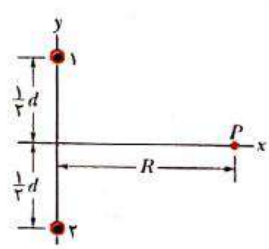
۸۰ معلوم شده است یک سیم بلند که شعاعی بزرگتر از ۴٫۰mm دارد حامل جریانی است که به‌طور یکنواخت در مقطع آن توزیع شده است. بزرگی میدان مغناطیسی حاصل از این جریان در نقطه‌ای به فاصله‌ی ۴٫۰mm از محور سیم برابر با ۰٫۲۸mT و در نقطه‌ای به فاصله‌ی ۱۰mm از محور سیم برابر ۰٫۲۰mT است. شعاع سیم چقدر است؟

۸۱ شکل ۲۹-۸۴ مقطع یک ورقه‌ی رسانای نامتناهی را نشان می‌دهد که حامل جریان بر واحد طول x ای برابر با λ است؛ جریان به‌طور قائم و رو به بیرون از صفحه‌ی شکل خارج می‌شود. (الف) با استفاده از قانون بیو- ساوار و تقارن نشان دهید که برای تمام نقاط P ی بالای این ورقه و نقاط P' زیر آن، میدان مغناطیسی $\vec{B}$ موازی با ورقه و در جهت نشان داده شده است. (ب) با استفاده از قانون آمپر ثابت کنید که برای تمام نقاط P و P'، داریم $B = \frac{1}{2}\mu_0\lambda$.



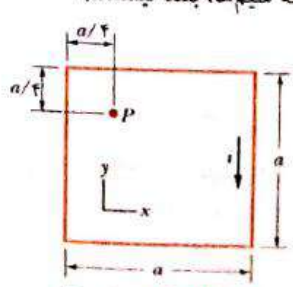
شکل ۲۹-۸۴ مسئله‌ی ۸۱

۸۲ شکل ۲۹-۸۵ مقطع دو سیم بلندِ موازی را نشان می‌دهد که به فاصله‌ی $d = 18{,}6\,\text{cm}$ از هم قرار گرفته‌اند. هر سیم حامل جریان $4{,}23\,\text{A}$ است، که برای سیم ۱ رو به خارج صفحه و برای سیم ۲ رو به داخل صفحه است. برحسب نمادگذاری بردارهای یکه، میدان مغناطیسی در نقطه‌ی P به فاصله‌ی $R = 34{,}2\,\text{cm}$ چگونه است؟



شکل ۲۹-۸۵ مسئله‌ی ۸۲

۸۳ برحسب نمادگذاری بردارهای یکه، میدان مغناطیسی در نقطه‌ی P ی شکل ۲۹-۸۶ چگونه است، اگر $i = 10\,\text{A}$ و $a = 8{,}0\,\text{cm}$ باشد؟ (توجه کنید که سیم‌ها، بلند نیستند.)



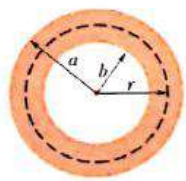
شکل ۲۹-۸۶ مسئله‌ی ۸۳

۸۴ سه سیم بلند، همگی در صفحه‌ی xy و موازی با محور x قرار دارند. آنها در فاصله‌ی یکسان ۱۰cm از هم قرارگرفته‌اند. دو سیم بیرونی حامل جریان ۵٫۰A در سوی مثبت محور x هستند. بزرگی نیروی وارد بر یک بخش ۳٫۰متری از هریک از سیم‌های بیرونی چقدر است، اگر جریانی برابر ۳٫۲A از سیم مرکزی (الف) در سوی مثبت محور x و (ب) در سوی منفی محور x عبور کند؟

۸۵ شکل ۲۹-۸۷ مقطع یک رسانای استوانه‌ای توخالی به شعاع‌های a و b را نشان می‌دهد که حامل جریان i یی است که به‌طور یکنواخت توزیع شده است. (الف) نشان دهید که میدان مغناطیسی $B(r)$ برای فاصله‌ی شعاعی r در گستره‌ی $b < r < a$ چنین داده می‌شود

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi(a^2 - b^2)}\frac{r^2 - b^2}{r}$$

(ب) نشان دهید هرگاه $a = b$ باشد، این معادله بزرگی میدان مغناطیسی B برسطح یک سیم مستقیم و بلند را که حامل جریان i است، به‌دست می‌دهد؛ هرگاه $r = b$ باشد، میدان مغناطیسی صفر و هرگاه $b = 0$ باشد، میدان مغناطیسی داخل یک رسانای توپُر به شعاع a و حامل جریان i را به‌دست می‌دهد. (پ) فرض کنید $a = 2{,}0\,\text{cm}$، $b = 1{,}8\,\text{cm}$، و $i = 100\,\text{A}$ باشد؛ در این صورت $B(r)$ را برای گستره‌ی $0 < r < 6\,\text{m}$ رسم کنید.

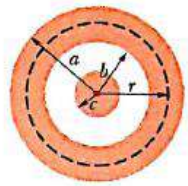


شکل ۲۹-۸۷ مسئله‌ی ۸۵

۸۶ نشان دهید بزرگی میدان مغناطیسی ایجاد شده در مرکز یک حلقه‌ی سیمی مستطیلی به طول L و عرض W که حامل جریان i است، عبارت است از

$$B = \frac{2\mu_0 i}{\pi}\frac{(L^2 + W^2)^{1/2}}{LW}$$

۸۷ شکل ۲۹-۸۸ مقطع یک کابل هم‌محور رسانای بلند را همراه با شعاع‌های آن (a, b, c) نشان می‌دهد. جریان‌هایی یکسان ولی درخلاف جهت i به‌طور یکنواخت در این دو رسانا توزیع شده است. عبارت‌هایی برای $B(r)$ در فاصله‌ی شعاعی r در گستره‌های (الف) $r < c$، (ب) $c < r < b$، (پ) $b < r < a$، و (ت) $r > a$ به‌دست آورید. (ث) این عبارت‌ها را برای همه‌ی حالت‌های خاص ممکن امتحان کنید. (ج) با فرض آنکه $a = 2{,}0\,\text{cm}$، $b = 1{,}8\,\text{cm}$، $c = 0{,}40\,\text{cm}$ و $i = 120\,\text{A}$ باشد، $B(r)$ را در گستره‌ی $0 < r < 3\,\text{cm}$ رسم کنید.

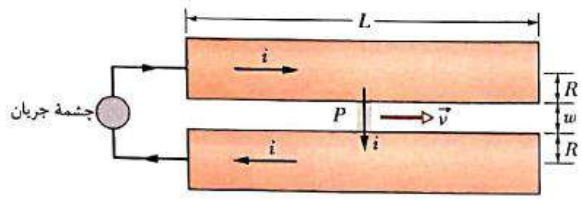


شکل ۲۹-۸۸ مسئله‌ی ۸۷

۸۸ شکل ۲۹-۸۹ طرح‌واره‌ی ساده‌شده‌ای از یک تفنگ ریلی را نشان می‌دهد. پرتابه‌ی P بین دو ریل پهن با مقطع دایره‌ای قرار دارد؛ یک چشمه‌ی جریان، جریانی را از ریل‌ها و پرتابه (رسانا) عبور می‌دهد (از فیوز استفاده نشده است). (الف) w را فاصله‌ی بین ریل‌ها، R را شعاع هر ریل، و i را جریان در نظر بگیرید. نشان دهید نیروی وارد بر پرتابه رو به سمت راست ریل‌هاست و تقریباً با رابطه‌ی زیر داده می‌شود.

$$F = \frac{i^2 \mu_0}{2\pi} \ln \frac{w+R}{R}$$

(ب) اگر پرتابه از انتهای چپ ریل‌ها از حالت سکون شروع کند، تندی v یی را به‌دست آورید که با آن به سمت راست پرت می‌شود. فرض کنید $i = 450\,\text{kA}$، $w = 12\,\text{mm}$، $R = 6.7\,\text{cm}$، $L = 4.0\,\text{m}$، و جرم پرتابه $10\,\text{g}$ است.



شکل ۲۹-۸۹ مسئله‌ی ۸۸