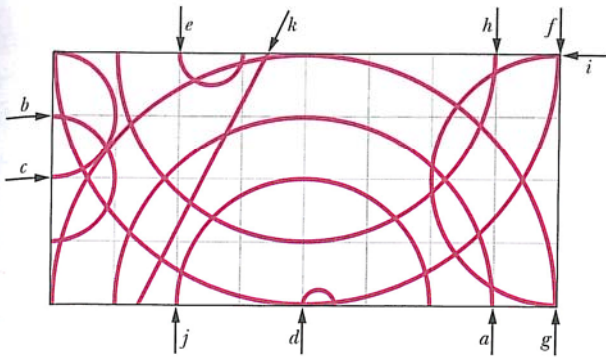




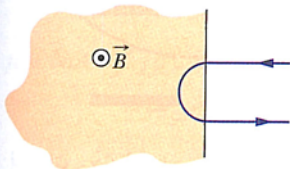
شکل ۲۹-۲۴ پرسش ۱۰

۱۰- دور زدن ذره. شکل ۲۴-۲۹، ۱۱ مسیر را در ناحیه‌ای از میدان مغناطیسی یکنواخت نشان می‌دهد. یکی از مسیرها خط راست است و بقیه نیمدایره‌اند. جدول ۲۴-۴ جرم، بار و تندی ۱۱ ذره را به دست می‌دهد که این مسیرها را در میدان در جهت‌های نشان داده شده پیموده‌اند. کدام مسیر در شکل متناظر با کدام ذره در جدول است؟

جدول ۲۴-۴

پرسش ۱۰			
ذره	جرم	بار	تندی
۱	$2m$	q	v
۲	m	$2q$	v
۳	$m/2$	q	$2v$
۴	$3m$	$3q$	$3v$
۵	$2m$	q	$2v$
۶	m	$-q$	$2v$
۷	m	$-4q$	v
۸	m	$-q$	v
۹	$2m$	$-2q$	$3v$
۱۰	m	$-2q$	$8v$
۱۱	$3m$	0	$3v$

۱۱- در شکل ۲۴-۳۰، ذره‌ی باردار با تندی v_0 وارد میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ می‌شود، و در مدت زمان T_0 یک مسیر نیمدایره‌ای را طی می‌کند و سپس از میدان خارج می‌شود. (الف) بار الکتریکی مثبت است یا منفی؟ (ب) آیا تندی نهایی ذره بزرگتر از v_0 است یا کوچکتر یا با آن مساوی است؟ (پ) اگر تندی اولیه $v_0/5$ باشد، آیا زمان طی شده در میدان $\vec{B}$ بیشتر از T_0 است یا کمتر یا با آن مساوی است؟ (ت) آیا مسیر یک نیمدایره است، بیشتر از نیمدایره یا کمتر از نیمدایره است؟



شکل ۳۰-۲۴ پرسش ۱۱

مسئله‌ها

مسئله‌های آموزشی قابل دسترس (در نسخه مدرس).



<http://www.wiley.com/college/halliday>

WWW: پاسخ در

SSM: پاسخ قابل دسترس در کتاب حل مسئله‌ها

تعداد نقطه‌ها درجه‌ی دشوار بودن سطح مسئله را نشان می‌دهد. ILW: پاسخ یادگیری تعاملی در

اطلاعات اضافی در سیرک پرندگی فیزیک و در flyingcircusofphysics.com قابل دسترس است.

بخش ۲۴-۳ تعریف B

۱۰- ILW SSM پروتونی با زاویه‌ی $23/5^\circ$ نسبت به جهت یک میدان مغناطیسی با شدت $2/60 \text{ mT}$ حرکت می‌کند و نیروی مغناطیسی $6/50 \times 10^{-17} \text{ N}$ بر آن وارد می‌شود. (الف) تندی پروتون و (ب) انرژی جنبشی آن را برحسب الکترون ولت، محاسبه کنید.

۲۰- ذره‌ای به جرم 10 g و بار $80 \mu\text{C}$ در میدان مغناطیسی یکنواخت در ناحیه‌ای که شتاب سقوط آزاد $9/8 \text{ j m/s}^2$ است حرکت می‌کند. سرعت ذره مقدار ثابت 20 km/s است که بر میدان مغناطیسی عمود است. میدان مغناطیسی چگونه است؟

۳۰- الکترونی با سرعت

$$\vec{v} = (2/0 \times 10^6 \text{ m/s})\hat{i} + (3/0 \times 10^6 \text{ m/s})\hat{j}$$

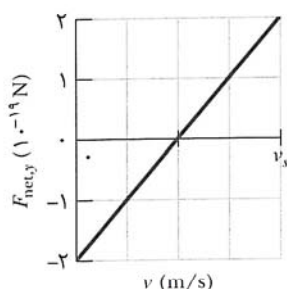
در میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B} = (0/030 \text{ T})\hat{i} + (0/15 \text{ T})\hat{j}$ حرکت می‌کند. (الف) نیروی وارد بر الکترون را پیدا کنید. (ب) محاسبه را برای پروتونی با همین سرعت تکرار کنید.

۴۰- یک ذره‌ی آلفا با سرعت $\vec{v}$ با بزرگی 550 m/s در میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ به بزرگی $0/045 \text{ T}$ حرکت می‌کند (بار ذره‌ی آلفا $3/2 \times 10^{-19} \text{ C}$ و جرم آن $6/6 \times 10^{-27} \text{ kg}$ است). زاویه‌ی میان $\vec{v}$ و $\vec{B}$ برابر با 52° است. بزرگی (الف) نیروی $\vec{F}_B$ وارد بر ذره ناشی از میدان و (ب) شتاب ذره ناشی از $\vec{F}_B$ چقدر است؟ (پ) آیا تندی ذره افزایش می‌یابد یا کاهش یا ثابت می‌ماند؟

۵۰۰- الکترونی در میدان مغناطیسی یکنواختی حرکت می‌کند که با $\vec{B} = B_x\hat{i} + (3/0 B_x)\hat{j}$ داده شده است. در یک لحظه‌ی معین سرعت الکترون $\vec{v} = (2/0\hat{i} + 4/0\hat{j}) \text{ m/s}$ و نیروی مغناطیسی وارد بر آن $(6/4 \times 10^{-19} \text{ N})\hat{k}$ است. B_x را پیدا کنید.

۶۰۰- پروتونی در میدان مغناطیسی یکنواختی حرکت می‌کند که با $\vec{B} = (10\hat{i} - 20\hat{j} + 30\hat{k}) \text{ mT}$ داده شده است. در لحظه‌ی t_1 سرعت پروتون $\vec{v} = v_x\hat{i} + v_y\hat{j} + (2/0 \text{ km/s})\hat{k}$ و نیروی مغناطیسی وارد بر پروتون با $\vec{F}_B = (4/0 \times 10^{-17} \text{ N})\hat{i} + (2/0 \times 10^{-17} \text{ N})\hat{j}$ داده شده است. در آن لحظه (الف) v_x و (ب) v_y چقدر است؟

فرض $B_x = 0$ ، (الف) بزرگی E و (ب) $\vec{B}$ را بر حسب بردار $\vec{v}$ پیدا کنید.

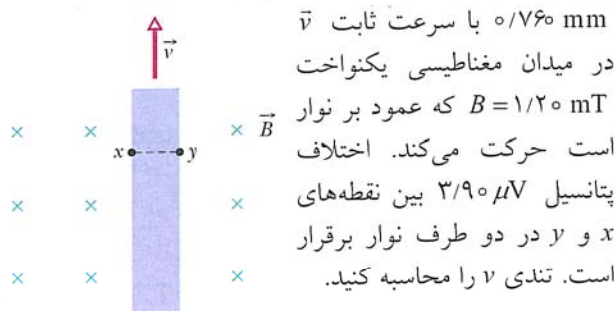


شکل ۲۴-۳۲ مسئله ۱۲

بخش ۲۴-۵ میدان‌های عمود بر هم: اثر هال

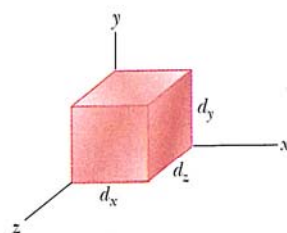
۱۳۰- یک نوار مسی به ضخامت $150 \mu\text{m}$ و پهنای 4.5 mm در میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ با بزرگی 0.65 T و با $\vec{B}$ عمود بر نوار قرار دارد. سپس جریان $i = 23 \text{ A}$ در نوار فرستاده می‌شود به طوری که اختلاف پتانسیل هال V در دو سر پهنای نوار برقرار می‌شود. V را محاسبه کنید. (تعداد حامل‌های بار یکای حجم مس 8.47×10^{28} الکترون بر متر مکعب است.)

۱۴۰- همان‌طور که در شکل ۲۴-۳۳ نشان داده شده است، یک نوار فلزی به درازای 6.5 cm ، به پهنای 0.85 cm و ضخامت



شکل ۲۴-۳۳ مسئله ۱۴

۱۵۰۰- در شکل ۲۴-۳۴، مکعب رسانای توپری با ابعاد $d_x = 5.0 \text{ cm}$ ، $d_y = 3.0 \text{ cm}$ و $d_z = 2.0 \text{ cm}$ با سرعت ثابت $\vec{v} = (2.0 \text{ m/s})\hat{i}$ در میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B} = (3.0 \text{ mT})\hat{j}$ حرکت می‌کند. (الف) میدان الکتریکی داخل مکعب بر حسب بردار $\vec{E}$ و (ب) اختلاف پتانسیل دو سر مکعب چقدر است؟



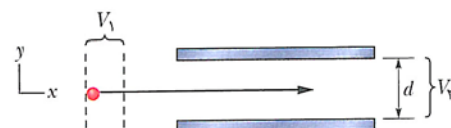
شکل ۲۴-۳۴ مسئله‌های ۱۵ و ۱۶

بخش ۲۴-۴ میدان‌های عمود بر هم: کشف الکترون

۷۰- سرعت اولیه الکترونی $(12.0\hat{j} + 15.0\hat{k}) \text{ km/s}$ و شتاب ثابت آن در ناحیه‌ای که میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی یکنواختی وجود دارند $(2.00 \times 10^{13} \text{ m/s}^2)\hat{i}$ است. اگر $\vec{B} = (4.00 \mu\text{T})\hat{i}$ باشد، میدان الکتریکی $\vec{E}$ را پیدا کنید.

۸۰- میدان الکتریکی 1.50 kV/m و میدان مغناطیسی 0.400 T بر الکترون متحرکی اثر می‌کنند به طوری که هیچ نیروی خالصی ایجاد نمی‌شود. اگر میدان‌ها بر یکدیگر عمود باشند، تندی الکترون چقدر است؟

۹۰- در شکل ۲۴-۳۱، الکترونی از حالت سکون با اختلاف پتانسیل $V_1 = 100 \text{ kV}$ شتابدار شده و وارد شکاف میان دو صفحه موازی با فاصله $d = 2.0 \text{ mm}$ و اختلاف پتانسیل $V_2 = 100 \text{ V}$ می‌شود. صفحه‌ی پایینی در پتانسیل کمتر است. اثر لبه‌ها چشمپوشی کرده و فرض کنید که بردار سرعت الکترون بر بردار میدان الکتریکی میان صفحه‌ها عمود است. بر حسب بردار $\vec{v}$ ، یک، میدان مغناطیسی یکنواختی که موجب حرکت الکترون در راستای یک خط راست در شکاف می‌شود چقدر است؟



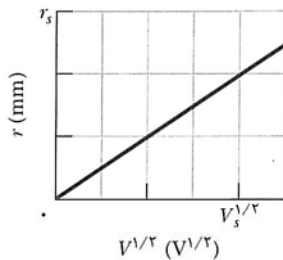
شکل ۲۴-۳۱ مسئله ۹

۱۰۰۰- پروتونی در میدان‌های مغناطیسی و الکتریکی یکنواختی حرکت می‌کند. میدان مغناطیسی $\vec{B} = -2.50\hat{i} \text{ mT}$ است. در یک لحظه سرعت پروتون $\vec{v} = 2.00\hat{j} \text{ m/s}$ است. در این لحظه اگر میدان الکتریکی (الف) 4.00 kV/m ، (ب) -4.00 kV/m و (پ) $4.00\hat{i} \text{ V/m}$ باشد، نیروی خالص وارد بر ذره را بر حسب بردار $\vec{F}$ پیدا کنید.

۱۱۰۰- یک چشمه‌ی یون، یون‌های ${}^6\text{Li}$ ایجاد می‌کند که بار آنها $+e$ و جرم آنها $9.99 \times 10^{-27} \text{ kg}$ است. یونها توسط اختلاف پتانسیل 10 kV شتاب می‌گیرند و به طور افقی وارد ناحیه‌ای می‌شوند که در آنجا میدان مغناطیسی یکنواخت قائمی به بزرگی $B = 1.2 \text{ T}$ وجود دارد. شدت کمترین میدان الکتریکی را محاسبه کنید که در همان منطقه برقرار شود و یون‌های ${}^6\text{Li}$ بتوانند بدون انحراف از آن بگذرند.

۱۲۰۰۰- در لحظه‌ی t_1 ، الکترونی در جهت مثبت محور x از میان دو میدان الکتریکی $\vec{E}$ و میدان مغناطیسی $\vec{B}$ فرستاده می‌شود که $\vec{E}$ موازی محور y است. شکل ۲۴-۳۲ مؤلفه‌ی y نیروی خالص وارد بر الکترون، $F_{\text{net},y}$ را از طرف دو میدان بر حسب تابعی از تندی v الکترون در لحظه‌ی t_1 نشان می‌دهد. مقیاس محور سرعت با $v_s = 100 \text{ m/s}$ مشخص شده است. مؤلفه‌های x و z نیروی خالص در لحظه‌ی t_1 برابر صفرند. با

۲۴-۳۹ شعاع r این حرکت را برحسب $V^{1/2}$ به دست می‌دهد. مقیاس محور عمودی $r_s = 3/0 \text{ mm}$ و مقیاس محور افقی با $V_s^{1/2} = 40/0 \text{ V}^{1/2}$ مشخص شده است. بزرگی میدان مغناطیسی چقدر است؟



شکل ۳۷-۲۴ مسئله ۲۰

۲۱۰- SSM الکترونی با انرژی جنبشی $1/20 \text{ keV}$ دایره‌ای را در صفحه‌ی عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی می‌پیماید. شعاع مدار $25/0 \text{ cm}$ است. (الف) تندی الکترون، (ب) بزرگی میدان مغناطیسی، (پ) بسامد چرخش و (ت) دوره‌ی تناوب حرکت را پیدا کنید.

۲۲۰- در یک آزمایش هسته‌ای پروتونی با انرژی جنبشی $1/0 \text{ MeV}$ در مسیری دایره‌ای در میدان مغناطیسی یکنواختی حرکت می‌کند. انرژی (الف) یک ذره‌ی آلفا ($q = +2e, m = 4/0 \text{ u}$) و (ب) یک دوترون ($q = +e, m = 2/0 \text{ u}$) چقدر باید باشد تا در همان مسیر دایره‌ای حرکت کنند؟

۲۳۰- چه میدان مغناطیسی یکنواختی باید عمود بر باریکه‌ای از الکترون‌های متحرک با تندی $1/30 \times 10^6 \text{ m/s}$ اعمال شود تا الکترون‌ها در دایره‌ای به شعاع $0/350 \text{ m}$ حرکت کنند؟

۲۴۰- الکترونی از حالت سکون توسط اختلاف پتانسیل 350 V شتاب می‌گیرد. الکترون سپس با سرعتی عمود بر میدان وارد میدان مغناطیسی یکنواختی (با بزرگی 200 mT) می‌شود. (الف) تندی الکترون و (ب) شعاع مسیر آن در میدان مغناطیسی را محاسبه کنید.

۲۵۰- (الف) بسامد چرخش الکترونی با انرژی 100 eV را در میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی $35/0 \text{ mT}$ پیدا کنید. (ب) اگر سرعت الکترون بر میدان مغناطیسی عمود باشد، شعاع مسیر آن را محاسبه کنید.

۲۶۰۰- در شکل ۲۴-۳۸، ذره‌ی بارداری وارد ناحیه‌ای از یک میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ می‌شود، نصف دایره‌ای را طی می‌کند و سپس از آن ناحیه خارج می‌شود. ذره می‌تواند پروتون یا الکترون باشد (شما باید تصمیم بگیرید). این ذره 130 ns را در این ناحیه سپری می‌کند. (الف) بزرگی $\vec{B}$ چقدر است؟ (ب) اگر ذره با دو برابر انرژی جنبشی اولیه (در راستای همان مسیر) دوباره به میدان مغناطیسی برگردد، در این حرکت چه مدت زمان در میدان خواهد بود؟

۱۶۰۰۰- GO شکل ۲۴-۳۴ قطعه فلزی را نشان می‌دهد که وجه‌های آن با محورهای مختصات موازی‌اند. این قطعه در میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی $0/020 \text{ T}$ قرار دارد. طول یک ضلع این قطعه 25 cm است که با مقیاس نشان داده نشده است. این قطعه با تندی $3/0 \text{ m/s}$ به نوبت موازی با هر محور حرکت می‌کند و اختلاف پتانسیل V ظاهر شده در دو طرف قطعه اندازه‌گیری می‌شود. در حرکت موازی با محور y ، $V = 12 \text{ mV}$ ، موازی با محور z ، $V = 18 \text{ mV}$ و موازی با محور x ، $V = 0$ است. ابعاد قطعه (الف) d_x ، (ب) d_y و (پ) d_z چقدرند؟

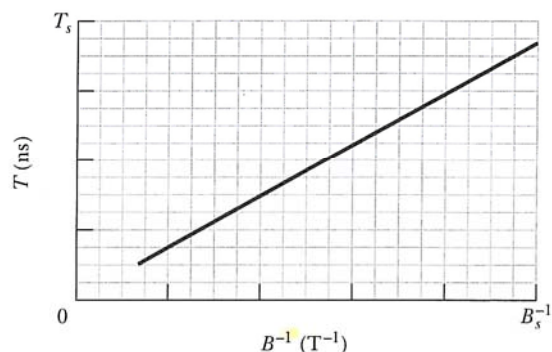
بخش ۲۴-۶ ذره‌ی باردار در حرکت دایره‌ای

۱۷۰- یک ذره‌ی آلفا ($q = +2e, m = 4/00 \text{ u}$) در مسیری دایره‌ای به شعاع $4/50 \text{ cm}$ در میدان مغناطیسی یکنواختی با $B = 1/20 \text{ T}$ حرکت می‌کند. (الف) تندی ذره، (ب) دوره‌ی تناوب چرخش آن، (پ) انرژی جنبشی آن و (ت) اختلاف پتانسیلی را که برای رسیدن به این انرژی توسط آن شتابدار شده است، محاسبه کنید.

۱۸۰- GO در شکل ۲۴-۳۵ ذره‌ای روی یک دایره در ناحیه‌ای که در آن میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی $B = 4/00 \text{ mT}$ وجود دارد حرکت می‌کند. ذره می‌تواند پروتون یا الکترون باشد (شما باید انتخاب کنید). به این ذره نیروی مغناطیسی با بزرگی $3/20 \times 10^{-15} \text{ N}$ وارد می‌شود. (الف) تندی ذره، (ب) شعاع دایره و (پ) دوره‌ی تناوب حرکت چقدر است؟

شکل ۳۵-۲۴ مسئله ۱۸

۱۹۰- ذره‌ی معینی با بردار سرعت عمود بر جهت یک میدان مغناطیسی یکنواخت به داخل آن فرستاده می‌شود. شکل ۲۴-۴۰ دوره‌ی تناوب T حرکت ذره را برحسب معکوس میدان مغناطیسی B نشان می‌دهد. مقیاس محور قائم با $T_s = 40/0 \text{ ns}$ و مقیاس محور افقی با $B_s^{-1} = 5/0 \text{ T}^{-1}$ مشخص شده است. نسبت m/q جرم ذره به بزرگی بار آن چقدر است؟



شکل ۳۶-۲۴ مسئله ۱۹

۲۰۰- الکترونی از حالت سکون با اختلاف پتانسیل V شتاب می‌گیرد و سپس وارد ناحیه‌ای با میدان مغناطیسی یکنواخت می‌شود که در آن حرکت دایره‌ای یکنواختی انجام می‌گیرد. شکل

۳۱۰۰- نوع خاصی از ذره‌ی بنیادی با تبدیل به یک الکترون e^- و یک پروتون e^+ واپاشیده می‌شود. فرض کنید ذره‌ای که واپاشیده می‌شود در حالت سکون در میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ با بزرگی $3/53 \text{ T}$ قرار داشته و e^- و e^+ از نقطه‌ی واپاشی در مسیرهایی که در صفحه‌ی عمود بر $\vec{B}$ قرار دارند از هم دور شوند. چه مدت پس از واپاشی e^- و e^+ برخورد می‌کنند؟

۳۲۰۰- چشمه‌ای الکترونی را با تندی $v = 1/5 \times 10^6 \text{ m/s}$ به میدان مغناطیسی یکنواختی با بزرگی $B = 1/0 \times 10^{-2} \text{ T}$ پرتاب می‌کند. سرعت الکترون با جهت میدان مغناطیسی زاویه‌ی $\theta = 10^\circ$ می‌سازد. فاصله‌ی d از نقطه‌ی پرتاب که در آن الکترون بعداً خط میدانی را که از نقطه‌ی پرتاب می‌گذرد قطع می‌کند پیدا کنید.

۳۳۰۰- WWW SSM پوزیترونی با انرژی جنبشی $2/0 \text{ keV}$ به داخل میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی $0/100 \text{ T}$ پرتاب می‌شود، به طوری که بردار سرعت آن با $\vec{B}$ زاویه‌ی $89/0^\circ$ می‌سازد. (الف) دوره‌ی تناوب، (ب) گام p و (پ) شعاع r مسیر مارپیچی آن را پیدا کنید.

۳۴۰۰- الکترونی روی مسیری مارپیچی در میدان مغناطیسی یکنواختی که با رابطه‌ی $\vec{B} = (20\hat{i} - 50\hat{j} - 30\hat{k}) \text{ mT}$ داده می‌شود حرکت می‌کند. در زمان $t = 0$ سرعت الکترون با رابطه‌ی $\vec{v} = (20\hat{i} - 30\hat{j} + 50\hat{k}) \text{ m/s}$ داده می‌شود. (الف) زاویه‌ی ϕ میان $\vec{B}$ و $\vec{v}$ چقدر است؟ سرعت الکترون نسبت به زمان تغییر می‌کند. آیا (ب) تندی آن و (پ) زاویه‌ی ϕ نسبت به زمان تغییر می‌کند؟ (ت) شعاع مسیر مارپیچی چقدر است؟

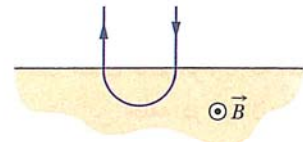
بخش ۲۴-۷ سیکلوترون‌ها و سینکروترون‌ها

۳۵۰۰- پروتونی در یک سیکلوترون با شروع از حالت تقریباً سکون در مرکز، در مسیری دایره‌ای حرکت می‌کند. وقتی که از شکاف بین دی‌ها می‌گذرد، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دی‌ها 200 V است. (الف) با هر بار عبور از شکاف انرژی جنبشی آن چقدر افزایش می‌یابد؟ (ب) وقتی که 100 بار از شکاف بگذرد انرژی جنبشی آن چقدر است؟ فرض کنید شعاع مسیر دایره‌ای پروتون در هنگام کامل شدن دور صدم و موقع ورود به یک دی، r_{101} شعاع بعدی موقع ورود به دی در زمان بعدی باشد، (پ) وقتی شعاع از r_{100} به r_{101} تغییر کند درصد افزایش شعاع چقدر است؟ یعنی

$$(\text{درصد}) = \frac{r_{101} - r_{100}}{r_{100}} \times 100 = \text{درصد افزایش}$$

چقدر است؟

۳۶۰۰- سیکلوترونی با دی به شعاع $53/0 \text{ cm}$ در بسامد نوسانگر برابر با $12/0 \text{ MHz}$ برای شتاب دادن به پروتون‌ها کار می‌کند. (الف) بزرگی B میدان مغناطیسی مورد نیاز برای رسیدن به تشدید چقدر است؟ (ب) در این بزرگی، انرژی جنبشی پروتونی که از سیکلوترون خارج می‌شود چقدر است؟ اکنون فرض کنید که $B = 1/57 \text{ T}$ باشد. (پ) حالا چه بسامد نوسانگری برای رسیدن



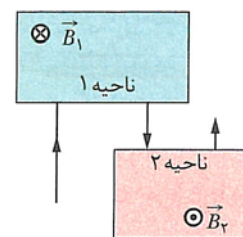
شکل ۲۴-۳۸ مسئله‌ی ۲۶

۲۷۰۰- یک طیف‌سنج جرم (شکل ۲۴-۱۲) برای جداکردن یون‌های اورانیوم با جرم $3/92 \times 10^{-25} \text{ kg}$ و بار الکتریکی $3/20 \times 10^{-19} \text{ C}$ از نمونه‌های مربوط به کار می‌رود. یون‌ها توسط اختلاف پتانسیل 100 kV شتاب می‌گیرند و سپس وارد میدان مغناطیسی یکنواختی می‌شوند و در مسیری به شعاع $1/00 \text{ m}$ خم می‌شوند. یون‌ها پس از انحراف به اندازه‌ی 180° و عبور از شکافی به پهنای $1/00 \text{ mm}$ و ارتفاع $1/00 \text{ cm}$ در ظرفی جمع‌آوری می‌شوند. (الف) بزرگی میدان مغناطیسی (عمودی) جداکننده چقدر است؟ اگر این دستگاه برای جداکردن 100 mg ماده در ساعت به کار رود، (ب) جریان یون‌های موردنظر در دستگاه و (پ) انرژی گرمایی ایجاد شده در ظرف را در مدت $1/00 \text{ h}$ محاسبه کنید.

۲۸۰۰- ذره‌ای با حرکت دایره‌ای یکنواخت به شعاع $26/1 \mu\text{m}$ در میدان مغناطیسی یکنواختی قرار دارد. نیروی مغناطیسی وارد بر ذره دارای بزرگی $1/60 \times 10^{-17} \text{ N}$ است. انرژی جنبشی ذره چقدر است؟

۲۹۰۰- الکترونی در یک مسیر مارپیچی در میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی $0/300 \text{ T}$ حرکت می‌کند. گام مسیر $6/00 \mu\text{m}$ و بزرگی نیروی مغناطیسی وارد بر الکترون برابر با $2/00 \times 10^{-15} \text{ N}$ است. تندی الکترون چقدر است؟

۳۰۰۰- در شکل ۲۴-۳۹، الکترونی با انرژی جنبشی اولیه‌ی $4/0 \text{ keV}$ در لحظه‌ی $t = 0$ وارد ناحیه‌ی ۱ می‌شود. در آن ناحیه میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی $0/010 \text{ T}$ و به طرف داخل صفحه برقرار است. الکترون یک نیمدایره را طی می‌کند و سپس از ناحیه‌ی ۱ خارج و به طرف ناحیه‌ی ۲ که $25/0 \text{ cm}$ با آن فاصله دارد حرکت می‌کند. یک اختلاف پتانسیل الکتریکی $\Delta V = 2000 \text{ V}$ در دو سر این فاصله برقرار است با قطبیتی که تندی الکترون‌ها را به طور یکنواخت با عبور از این فاصله افزایش می‌دهد. در ناحیه‌ی ۲ میدان مغناطیسی یکنواختی به طرف خارج از صفحه با بزرگی $0/020 \text{ T}$ وجود دارد. الکترون یک نیمدایره را می‌پیماید و سپس ناحیه‌ی ۲ را ترک می‌کند. در چه زمان t آنجا را ترک می‌کند؟



شکل ۲۴-۳۹ مسئله‌ی ۳۰

به تشدید لازم است؟ (ت) در این بسامد، انرژی جنبشی پروتون خارج شده چقدر است؟

۳۷۰۰- طول کل مسیر پیموده شده توسط یک دوترون در سیکلوترونی با شعاع ۳۵ cm با بسامد ۱۲ MHz کار می‌کند را در ضمن (کل) فرایند شتاب‌گیری محاسبه کنید. فرض کنید که پتانسیل شتاب دهنده میان دی‌ها ۸۰ kV باشد

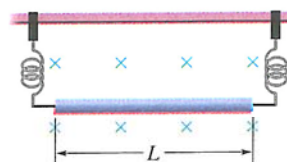
۳۸۰۰- در یک سیکلوترون مشخص پروتون در دایره‌ای به شعاع ۰/۵۰۰ m حرکت می‌کند. بزرگی میدان مغناطیسی ۱/۲۰ T است. (الف) بسامد نوسانگر چقدر است؟ (ب) انرژی جنبشی پروتون برحسب الکترون ولت چقدر است؟

بخش ۲۴-۸ نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان

۳۹۰- SSM یک خط قدرت افقی از جنوب به شمال حامل جریان ۵۰۰۰ A است. میدان مغناطیسی زمین (۶۰/۰ μT) به طرف شمال است و نسبت به افق به اندازه‌ی ۷۰/۰° به پایین تمایل دارد. (الف) بزرگی و (ب) جهت نیروی مغناطیسی وارد بر ۱۰۰ m از سیم ناشی از میدان زمین را پیدا کنید.

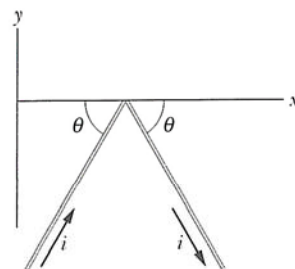
۴۰۰- سیمی به طول ۱/۸۰ m حامل جریان ۱۳/۰ A است و با میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی $B = ۱/۵۰$ T زاویه‌ی ۳۵/۰° می‌سازد. نیروی مغناطیسی وارد بر سیم را محاسبه کنید.

۴۱۰- ILW یک سیم ۱۳/۰ گرمی به طول $L = ۶۲/۰$ cm توسط دو رابط قابل انعطاف در میدان مغناطیسی یکنواختی آویزان است (شکل ۲۴-۴۰). (الف) بزرگی و (ب) جهت (چپ یا راست) جریان مورد نیاز برای حذف نیروی کشش در رابط‌های نگهدارنده چیست؟



شکل ۲۴-۴۰ مسئله ۴۱

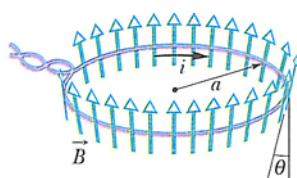
۴۲۰- سیم خمیده‌ی نشان داده شده در شکل ۲۴-۴۱ در میدان مغناطیسی یکنواختی قرار دارد. طول هر قسمت مستقیم ۲/۰ m و با محور x زاویه‌ی $\theta = ۶۰^\circ$ می‌سازد و حامل جریان ۲/۰ A است. اگر میدان مغناطیسی با (الف) $۴/۰$ kT و (ب) $۴/۰$ iT داده شود، نیروی مغناطیسی خالص وارد بر سیم برحسب بردار یک‌پارچه چگونه است؟



شکل ۲۴-۴۱ مسئله ۴۲

۴۳۰- یک حلقه‌ی جریان تک دور که از آن جریان ۴/۰۰ A می‌گذرد به شکل یک مثلث قائم الزاویه به اضلاع ۱۲۰، ۱۳۰ و ۱۴۰ سانتی‌متر است. این حلقه در میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی ۷۵/۰ mT که جهت آن موازی با جریان در ضلع ۱۳۰ سانتی‌متری حلقه است قرار دارد. بزرگی نیروی مغناطیسی وارد بر (الف) ضلع ۱۳۰ سانتی‌متری، (ب) ۵۰/۰ سانتی‌متری و (پ) ۱۲۰ سانتی‌متری چقدر است؟

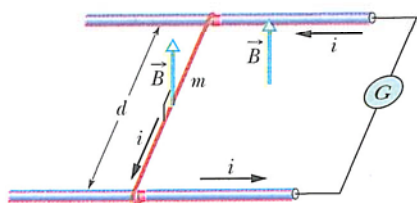
۴۴۰۰- شکل ۲۴-۴۲ یک حلقه سیم به شعاع $a = ۱/۸$ m را نشان می‌دهد که بر جهت کلی یک میدان مغناطیسی واگرا و با تقارن شعاعی عمود است. بزرگی میدان مغناطیسی در همه جای حلقه یکسان و مساوی $B = ۳/۴$ mT است و جهت آن در همه جای حلقه با خط عمود بر صفحه‌ی حلقه زاویه‌ی $\theta = ۲۰^\circ$ می‌سازد. سیم‌های رابط پیچیده شده اثری در مسئله ندارند. اگر از حلقه جریان $i = ۴/۶$ mA عبور کند، بزرگی و جهت نیرویی را که میدان بر حلقه وارد می‌کند پیدا کنید.



شکل ۲۴-۴۲ مسئله ۴۴

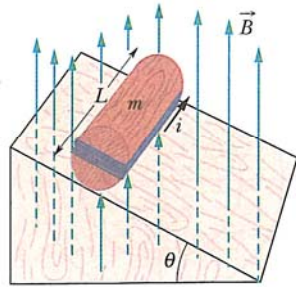
۴۵۰۰- سیمی به طول ۵۰/۰ cm حامل جریان ۰/۵۰۰ A در جهت مثبت محور x در میدان مغناطیسی $\vec{B} = (۳/۰۰ \text{ mT})\hat{j} + (۱۰/۰ \text{ mT})\hat{k}$ است. برحسب بردار یک‌پارچه، نیروی مغناطیسی وارد بر سیم چیست؟

۴۶۰۰- در شکل ۲۴-۴۳، یک سیم فلزی به جرم $m = ۲۴/۱$ mg می‌تواند روی دو ریل موازی افقی به فاصله‌ی $d = ۲/۵۶$ cm از یکدیگر و با اصطکاک ناچیز بلغزد. این دستگاه در میدان مغناطیسی قائم یکنواختی با بزرگی ۵۶/۳ mT واقع است. در لحظه‌ی $t = ۰$ ، وسیله‌ی G به ریل‌ها وصل می‌شود که در سیم و ریل‌ها جریان ثابت $i = ۹/۸۳$ mA را ایجاد می‌کند (حتی در وقتی که سیم در حرکت است). در $t = ۶۱/۱$ ms (الف) تندی و (ب) جهت حرکت (چپ یا راست) سیم را پیدا کنید.



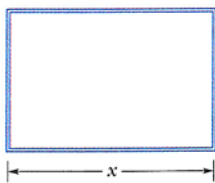
شکل ۲۴-۴۳ مسئله ۴۶

۴۷۰۰۰- GO یک میله‌ی مسی به جرم ۱/۰ kg روی دو ریل افقی به فاصله‌ی ۱/۰ m از یکدیگر قرار دارد و حامل جریان ۵۰ A از یک ریل به ریل دیگر است. ضریب اصطکاک استاتیک میان میله



شکل ۲۴-۴۵ مسئله ۵۱

۵۲۰۰- در شکل ۲۴-۴۶ حلقه‌ی مستطیل شکلی که حامل جریان است در صفحه‌ی میدان مغناطیسی یکنواختی با بزرگی 0.040 T قرار دارد. این حلقه شامل یک دور سیم رسانای قابل انعطاف است که دور پایه‌ای قابل انعطاف پیچیده شده است به طوری که ابعاد مستطیل می‌تواند تغییر کند. (طول کل سیم تغییر نمی‌کند). وقتی طول لبه‌ی x تقریباً از صفر تا بیشینه مقدار آن برابر 4.0 cm تغییر کند، بزرگی گشتاور نیروی τ وارد بر حلقه تغییر می‌کند. بیشینه مقدار τ برابر با $4/80 \times 10^{-8}\text{ N}$ است. جریان در حلقه



شکل ۲۴-۴۶ مسئله ۵۲

۵۳۰۰- ثابت کنید که رابطه‌ی $\tau = NiAB \sin \theta$ نه تنها در مورد حلقه‌ی مستطیلی شکل ۲۴-۱۹ بلکه در مورد هر حلقه‌ی بسته با هر شکلی درست است. (راهنمایی: تا جایی که به توزیع جریان مربوط است، به جای یک حلقه با شکل دلخواه، مجموعه‌ای از حلقه‌های دراز و نازک پهلوی هم و تقریباً مستطیلی شکل را در نظر بگیرید که تقریباً معادل با حلقه با شکل دلخواه است).

بخش ۲۴-۱۰ گشتاور دوقطبی مغناطیسی

۵۴۰- یک دو قطبی مغناطیسی با گشتاور دو قطبی با بزرگی 0.02 J/T در میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی 0.02 mT از حالت سکون رها می‌شود. از چرخش دو قطبی به واسطه‌ی نیروی مغناطیسی وارد بر آن نمی‌توان جلوگیری کرد. وقتی که این دو قطبی به اندازه‌ای که گشتاور دو قطبی آن در جهت میدان مغناطیسی است می‌چرخد، انرژی جنبشی آن برابر 0.080 mJ است. (الف) زاویه‌ی اولیه‌ی میان گشتاور دو قطبی و میدان مغناطیسی چقدر است؟ (ب) وقتی دو قطبی (به طور لحظه‌ای) بعداً به سکون می‌رسد این زاویه چقدر است؟

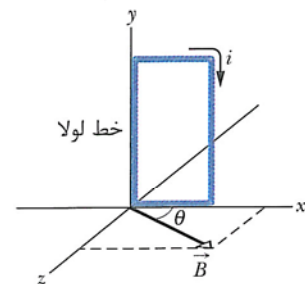
۵۵۰- SSM دو حلقه سیم دایره‌ای شکل هم مرکز به شعاع‌های $r_1 = 20.0\text{ cm}$ و $r_2 = 30.0\text{ cm}$ واقع در صفحه xy ، هر یک حامل جریان ساعتگرد 7.00 A هستند (شکل ۲۴-۴۷). (الف) بزرگی گشتاور دو قطبی مغناطیسی خالص را پیدا کنید. (ب) اگر در حلقه‌ی داخلی جریان معکوس شود محاسبه را تکرار کنید.

و ریل‌ها 0.60 m است. (الف) بزرگی و (ب) زاویه‌ی (نسبت به قائم) کمترین میدان مغناطیسی که میله را در آستانه‌ی لغزش قرار می‌دهد چقدر است؟

۴۸۰۰- رسانای دراز صلبی که در امتداد محور x قرار دارد در جهت منفی x حامل جریان 5.0 A است. میدان مغناطیسی موجود $\vec{B}$ با رابطه‌ی $\vec{B} = 3.0\hat{i} + 8.0x^2\hat{j}$ داده می‌شود که x بر حسب متر و B بر حسب میلی تسلاست. بر حسب بردار یک، نیروی وارد بر یک بخش 2.0 m متری این رسانا را که میان $x = 1.0\text{ m}$ و $x = 3.0\text{ m}$ قرار دارد پیدا کنید.

بخش ۲۴-۹ گشتاور نیروی وارد بر حلقه‌ی جریان

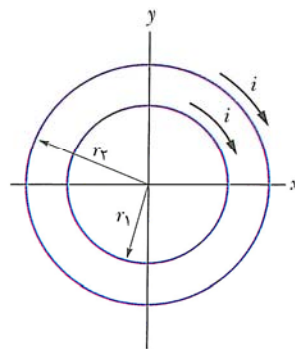
۴۹۰- SSM شکل ۲۴-۴۴ یک پیچه‌ی مستطیل شکل را با 20 cm دور سیم به ابعاد 10 cm در 5.0 mT نشان می‌دهد. این پیچه حامل جریان 0.10 A است و در یک طولش لولا شده است. پیچه در صفحه‌ی xy قرار دارد و با جهت میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی 0.50 T زاویه‌ی $\theta = 30^\circ$ می‌سازد. بر حسب بردار یک، گشتاور نیروی وارد بر پیچه نسبت به خط لولا چیست؟



شکل ۲۴-۴۴ مسئله ۴۹

۵۰۰۰- الکترونی با تندی $2/19 \times 10^6\text{ m/s}$ روی دایره‌ای به شعاع $r = 5/29 \times 10^{-11}\text{ m}$ حرکت می‌کند. این مسیر دایره‌ای را به صورت یک حلقه‌ی جریان با جریان ثابت برابر با نسبت بزرگی بار الکترون به دوره‌ی تناوب حرکت در نظر بگیرید. اگر دایره در میدان مغناطیسی یکنواختی با بزرگی $B = 7/10\text{ mT}$ قرار گیرد، بیشینه‌ی بزرگی ممکن گشتاور نیروی ایجاد شده توسط میدان روی حلقه چقدر است؟

۵۱۰۰- شکل ۲۴-۴۵ یک استوانه‌ی چوبی به جرم $m = 0.250\text{ kg}$ و طول $L = 0.100\text{ m}$ را نشان می‌دهد که $N = 100$ دور سیم در امتداد طول به دور آن پیچیده شده است، به طوری که صفحه‌ی پیچه‌ی سیم محور استوانه را شامل می‌شود. این استوانه روی سطح شیب‌داری با زاویه‌ی θ نسبت به راستای افقی، با صفحه‌ی پیچه موازی با سطح شیب‌دار رها می‌شود. اگر بزرگی میدان مغناطیسی یکنواخت 0.500 T باشد، کمترین جریان در پیچه باید چقدر باشد تا مانع از غلتیدن استوانه به طرف پایین شود؟



شکل ۲۴-۴۷ مسئله ۵۵

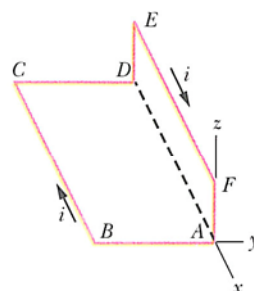
۵۶۰- یک حلقه‌ی سیمی دایره‌ای به شعاع ۱۵/۰ cm حامل جریان ۲/۶۰ A است. این حلقه طوری قرار گرفته است که بردار عمود بر صفحه‌ی آن با میدان مغناطیسی یکنواخت با بزرگی ۱۲/۰ T زاویه‌ی ۴۱/۰° می‌سازد. (الف) بزرگی گشتاور دو قطبی مغناطیسی حلقه را محاسبه کنید. (ب) بزرگی گشتاور نیروی وارد بر حلقه چقدر است؟

۵۷۰- SSM شعاع یک پیچه‌ی دایره‌ای با ۱۶۰ دور برابر با ۱/۹۰ cm است. (الف) جریانی را که باعث ایجاد گشتاور دو قطبی مغناطیسی با بزرگی ۲/۳۰ A·m² می‌شود محاسبه کنید. (ب) بیشینه‌ی بزرگی گشتاوری را که به پیچه‌ی حامل این جریان در میدان مغناطیسی یکنواخت ۳۵/۰ mT وارد می‌شود پیدا کنید.

۵۸۰- بزرگی گشتاور دو قطبی مغناطیسی زمین $8/۰۰ \times 10^{22}$ J/T است. فرض کنید که این گشتاور بر اثر بارهایی که در قسمت بیرونی هسته‌ی مذاب زمین حرکت می‌کنند ایجاد می‌شود. اگر شعاع مسیر دایره‌ای این بارها ۳۵۰۰ km باشد، جریانی را که ایجاد می‌کند محاسبه کنید.

۵۹۰- ضلع‌های یک حلقه‌ی حامل جریان ۵/۰ A به شکل مثلث قائم الزاویه برابر ۳۰، ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متر است. این حلقه در میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی ۸۰ mT واقع است که جهت آن با جریان در ضلع ۵۰ سانتی‌متر حلقه موازی است. بزرگی (الف) گشتاور دو قطبی مغناطیسی حلقه و (ب) گشتاور نیروی وارد بر حلقه را پیدا کنید.

۶۰۰۰- شکل ۲۴-۴۸ حلقه‌ی جریان ABCDEFA را نشان می‌دهد که حامل جریان $i = 5/۰۰$ A است. ضلع‌های حلقه با محورهای نشان داده شده موازی‌اند و $AB = 20/۰$ cm ، $BC = 30/۰$ cm و $FA = 10/۰$ cm و گشتاور دو قطبی مغناطیسی این حلقه برحسب



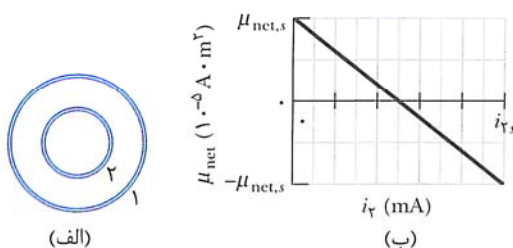
بردار یک‌جهت؟ (راهنمایی: دو جریان یکسان و مخالف i را در قسمت AD در نظر بگیرید، سپس مسئله را برای دو حلقه‌ی مستطیلی ABCDA و ADEFA حل کنید.)

شکل ۲۴-۴۸ مسئله ۶۰

۶۱۰۰- پیچه‌ی شکل ۲۴-۴۹ حامل جریان $i = 2/۰۰$ A است و در جهت نشان داده شده موازی با صفحه‌ی xy دارای ۳/۰۰ دور و مساحت $4/۰۰ \times 10^{-3}$ m² است و در میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B} = (2/۰۰\hat{i} - 3/۰۰\hat{j} - 4/۰\hat{k})$ mT قرار دارد. (الف) انرژی پتانسیل مغناطیسی پیچه-میدان مغناطیسی و (ب) گشتاور نیروی مغناطیسی وارد بر پیچه (برحسب بردار یک‌جهت) را پیدا کنید.

شکل ۲۴-۴۹ مسئله ۶۱

۶۲۰۰- GO در شکل ۲۴-۵۰ الف، دو پیچه‌ی هم مرکز که در یک صفحه واقع‌اند حامل جریان‌هایی در جهت مخالف یکدیگرند. جریان در پیچه‌ی بزرگتر ۱ ثابت است. جریان i_2 در پیچه‌ی ۲ می‌تواند تغییر کند. شکل ۲۴-۵۰ ب گشتاور مغناطیسی خالص دو پیچه را برحسب تابعی از i_2 به دست می‌دهد. مقیاس محور عمودی با $\mu_{net,s} = 2/۰ \times 10^{-5}$ A·m² ، و مقیاس محور افقی با $i_{2,s} = 10/۰$ mA مشخص شده‌اند. اگر جریان در پیچه‌ی ۲ معکوس شود، بزرگی گشتاور مغناطیسی دو پیچه وقتی $i_2 = 7/۰$ mA باشد چقدر است؟



شکل ۲۴-۵۰ مسئله ۶۲

۶۳۰۰- یک حلقه سیم دایره‌ای شکل به شعاع ۸/۰ cm حامل جریان ۰/۲۰ A است. بردار یک‌جهت موازی با گشتاور دو قطبی $\vec{\mu}$ با $0/۶۰\hat{i} - 0/۸۰\hat{j}$ داده شده است. اگر حلقه در میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B} = (0/۲۵\text{T})\hat{i} + (0/۳۰\text{T})\hat{k}$ قرار گیرد، (الف) گشتاور نیروی وارد بر حلقه (برحسب بردار یک‌جهت) و (ب) انرژی پتانسیل مغناطیسی حلقه را پیدا کنید.

۶۴۰۰- GO شکل ۲۴-۵۱ انرژی پتانسیل U یک دو قطبی مغناطیسی واقع در میدان مغناطیسی خارجی $\vec{B}$ را برحسب زاویه‌ی ϕ میان جهت‌های $\vec{B}$ و گشتاور دو قطبی نشان می‌دهد. مقیاس محور قائم با $U_s = 2/۰ \times 10^{-4}$ J مشخص شده است. این دو قطبی می‌تواند برای تغییر ϕ ، حول محوری با اصطکاک ناچیز بچرخد. چرخش پاد ساعتگرد از $\phi = 0$ مقدارهای مثبت ϕ و چرخش ساعتگرد مقدارهای منفی به دست می‌دهد. دو قطبی در زاویه‌ی $\phi = 0$ با انرژی جنبشی چرخشی $6/7 \times 10^{-4}$ J در جهت چرخش پاد ساعتگرد رها می‌شود. دو قطبی تا چه مقدار بیشینه‌ی ϕ خواهد چرخید؟ (به بیان بخش ۸-۶، نقطه‌ی برگشت در چاه

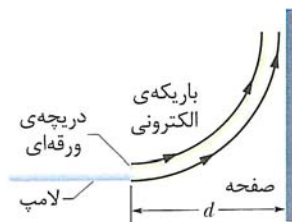
میدان الکتریکی یکنواختی با بزرگی 10 kV/m در جهت منفی محور y برقرار است. یک میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ برای حفظ حرکت الکترون در امتداد محور x برقرار و جهت $\vec{B}$ طوری انتخاب می‌شود که بزرگی مورد نیاز $\vec{B}$ را کمینه کند. برحسب بردار $\vec{B}$ چگونه است؟

۷۱- فیزیکدانی به نام گوداشمیت^۱ روشی برای اندازه‌گیری دقیق جرم یون‌های سنگین با سنجش دوره‌ی چرخش آنها در یک میدان مغناطیسی معلوم ابداع کرده است. یون یک بار یونیده‌ی ید در مدت زمان $1/29 \text{ ms}$ در میدان مغناطیسی $45/0 \text{ mT}$ به اندازه‌ی $7/00$ دور می‌چرخد. جرم آن را برحسب یکای جرم اتمی حساب کنید.

۷۲- باریکه‌ای از الکترون‌ها با انرژی جنبشی K از یک «دریچه‌ی» نازک ورقه‌ای در انتهای یک لوله‌ی شتاب‌دهنده خارج می‌شود. یک صفحه‌ی فلزی در فاصله‌ی d از این دریچه به طور عمود بر جهت باریکه‌ی خروجی قرار دارد. (شکل ۲۴-۵۲). (الف) نشان دهید که اگر میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ را طوری برقرار کنیم که مقدار آن برابر با

$$B = \sqrt{\frac{2mK}{e^2 d^2}}$$

باشد، از برخورد باریکه با صفحه می‌توان جلوگیری کرد. در این رابطه m و e جرم و بار الکترون هستند. (ب) $\vec{B}$ باید در چه جهتی باشد؟



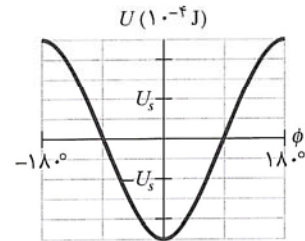
شکل ۲۴-۵۲ مسئله ۷۲

۷۳- SSM در لحظه‌ی $t=0$ الکترونی با انرژی جنبشی 12 keV از $x=0$ در جهت مثبت محور x که موازی با مؤلفه‌ی افقی میدان مغناطیسی $\vec{B}$ زمین است حرکت می‌کند. بزرگی مؤلفه‌ی قائم رو به پایین میدان برابر با $55/0 \mu\text{T}$ است. (الف) بزرگی شتاب الکترون ناشی از $\vec{B}$ چقدر است؟ (ب) وقتی که الکترون به نقطه‌ی $x=20 \text{ cm}$ می‌رسد، فاصله‌ی الکترون از محور x چقدر است؟

۷۴- ذره‌ای با بار $2/0 \text{ C}$ در میدان مغناطیسی یکنواختی حرکت می‌کند. در یک لحظه سرعت ذره $(2/0\hat{i} + 4/0\hat{j} + 6/0\hat{k}) \text{ m/s}$ و نیروی مغناطیسی وارد بر ذره $(4/0\hat{i} - 2/0\hat{j} + 12\hat{k}) \text{ N}$ است. مؤلفه‌های x و y میدان مغناطیسی برابرند. $\vec{B}$ به چه صورت است؟

۷۵- یک پروتون، یک دوترون ($q=+e, m=2/0u$) و یک ذره‌ی آلفا ($q=+2e, m=4/0u$) همگی با انرژی جنبشی یکسان و در ناحیه‌ای با میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ می‌شوند و عمود بر $\vec{B}$ حرکت می‌کنند. نسبت (الف) شعاع r_d مسیر دوترون I. S.A. Goudsmit

پتانسیل شکل ۲۴-۵۲ در چه مقدار ϕ است؟



شکل ۲۴-۵۱ مسئله ۶۴

۶۵۰۰- SSM ILW سیمی به طول $25/0 \text{ cm}$ که حامل جریان $4/51 \text{ mA}$ است باید به شکل یک پیچ‌های دایره‌ای شکل درآمده و در میدان مغناطیسی یکنواخت B با بزرگی $5/71 \text{ mT}$ قرار داده شود. اگر گشتاور نیروی وارد بر پیچ از میدان بیشینه شود، (الف) زاویه‌ی میان $\vec{B}$ و گشتاور دو قطبی مغناطیسی پیچ و (ب) تعداد دورهای پیچ چقدر است؟ (پ) بزرگی این بیشینه‌ی گشتاور نیرو چقدر است؟

مسئله‌های اضافی

۶۶- پروتونی با بار e و جرم m با سرعت اولیه‌ی $\vec{v} = v_{0x}\hat{i} + v_{0y}\hat{j}$ وارد میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B} = B\hat{i}$ می‌شود. عبارتی را برای سرعت $\vec{v}$ برحسب بردار $\vec{r}$ یک در هر لحظه‌ی t پیدا کنید.

۶۷- یک ساعت دیواری دایره‌ای ساکن دارای صفحه‌ای به شعاع 15 cm است. شش دور سیم روی پیرامون آن پیچیده شده است؛ این سیم حامل جریان $2/0 \text{ A}$ در جهت ساعتگرد است. ساعت در جایی قرار دارد که میدان مغناطیسی خارجی یکنواختی با بزرگی 70 mT وجود دارد (اما ساعت هنوز دقیق کار می‌کند). عقربه‌ی ساعت شمار در ساعت $1/00$ بعد از ظهر دقیقاً در جهت میدان مغناطیسی خارجی قرار دارد. (الف) عقربه‌ی دقیقه شمار پس از چند دقیقه در جهت گشتاور نیروی وارد بر سیم پیچ بر اثر میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد؟ (ب) بزرگی گشتاور نیرو را پیدا کنید.

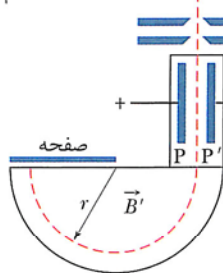
۶۸- سیمی که در امتداد محور y از $y=0$ تا $y=0/250 \text{ m}$ قرار دارد حامل جریان $2/00 \text{ mA}$ در جهت منفی محور است. این سیم به طور کامل در میدان مغناطیسی غیر یکنواختی قرار دارد که با $\vec{B} = (0/300 \text{ T/m})y\hat{i} + (0/400 \text{ T/m})\hat{j}$ داده شده است. نیروی مغناطیسی وارد بر سیم را برحسب بردار $\vec{r}$ یک در هر لحظه پیدا کنید.

۶۹- اتم ۱ به جرم $35u$ و اتم ۲ به جرم $37u$ هر دو با بار e یک بار یونیده‌اند. پس از ورود آنها به یک طیف‌سنج جرم (شکل ۲۴-۱۴) و شتاب گرفتن آنها با اختلاف پتانسیل $V=7/3 \text{ kV}$ از حالت سکون، هر یون در مسیری دایره‌ای در میدان مغناطیسی یکنواخت $B=0/50 \text{ T}$ حرکت می‌کند. فاصله‌ی Δx میان نقطه‌هایی که یون‌ها با آشکارساز برخورد می‌کنند چقدر است؟

۷۰- الکترونی که با انرژی جنبشی $2/5 \text{ keV}$ در امتداد جهت مثبت محور x حرکت می‌کند وارد ناحیه‌ای می‌شود که در آن

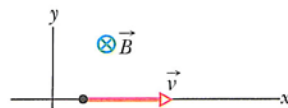
به شعاع r_p مسیر پروتون و (ب) شعاع r_α مسیر ذره α به r_p چقدر است؟

۷۶- طیف‌سنجی که در شکل ۲۴-۵۳ نشان داده شده است، یون‌هایی را که دارای سرعت یکسانی هستند از هم جدا می‌کند. یون‌ها پس از عبور از دو شکاف S_1 و S_2 از یک جداکننده سرعت عبور می‌کنند که مرکب از یک میدان الکتریکی است که به وسیله صفحاتی باردار P و P' ایجاد می‌شود و یک میدان مغناطیسی $\vec{B}$ که عمود بر میدان الکتریکی و مسیر یون است. یون‌هایی که بدون انحراف از میدان‌های عمود برهم $\vec{B}$ و $\vec{E}$ عبور می‌کنند وارد ناحیه‌ای می‌شوند که میدان مغناطیسی $\vec{B}'$ وجود دارد و وادار می‌شوند S_1 و S_2 که مسیرهایی دایره‌ای را طی کنند. یک صفحه‌ی عکاسی ورود آنها را ثبت می‌کند. نشان دهید برای یون‌ها $q/m = E/rBB'$ که در آن r شعاع مدار دایره‌ای است.



شکل ۲۴-۵۳ مسئله ۷۶

۷۷- در شکل ۲۴-۵۴، الکترونی با تندی $v = 100 \text{ m/s}$ در امتداد محور x در میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی یکنواخت حرکت می‌کند. جهت میدان مغناطیسی $\vec{B}$ به طرف داخل صفحه و بزرگی آن 500 T است. میدان الکتریکی برحسب بردار یکه را پیدا کنید.



شکل ۲۴-۵۴ مسئله ۷۷

۷۸- (الف) در شکل ۲۴-۸ نشان دهید که نسبت بزرگی میدان الکتریکی E به بزرگی E_C میدان الکتریکی مسبب حرکت بار (جریان) در طول نوار عبارت است از

$$\frac{E}{E_C} = \frac{B}{n e p}$$

که در آن p مقاومت ویژه‌ی ماده و n چگالی عددی حامل‌های بار است. (ب) مقدار عددی این نسبت را برای مسئله ۱۳ محاسبه کنید. (به جدول ۲۲-۱ نگاه کنید.)

۷۹- SSM یک پروتون، یک دوترون ($m = 2u$, $q = +e$) و یک ذره α ($m = 4u$, $q = +2e$) با اختلاف پتانسیل یکسانی شتاب می‌گیرند و سپس وارد ناحیه‌ای از میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ می‌شوند و عمود بر $\vec{B}$ حرکت می‌کنند. نسبت (الف) انرژی جنبشی پروتون K_p به انرژی جنبشی ذره α K_α و (ب) انرژی جنبشی دوترون K_d به K_α چقدر است؟ اگر شعاع مسیر دایره‌ای پروتون 10 cm باشد، شعاع (پ) مسیر دوترون و (ت) مسیر ذره α چقدر است؟

۸۰- الکترونی در لامپ تصویر یک تلویزیون قدیمی در میدان مغناطیسی با شدت 83 mT با سرعت $7/20 \times 10^6 \text{ m/s}$ حرکت می‌کند. (الف) بیشینه و (ب) کمینه‌ی بزرگی نیروی وارد بر الکترون از طرف میدان چقدر است؟ (پ) در نقطه‌ای شتاب الکترون $4/90 \times 10^4 \text{ m/s}^2$ است. زاویه‌ی میان سرعت الکترون و میدان مغناطیسی چقدر است؟

۸۱- ذره‌ای با بار $50 \mu\text{C}$ در ناحیه‌ای با میدان مغناطیسی $20 \hat{i} \text{ mT}$ و میدان الکتریکی $300 \hat{j} \text{ V/m}$ حرکت می‌کند. در یک لحظه سرعت ذره $(17\hat{i} - 11\hat{j} + 7\hat{k}) \text{ km/s}$ است. در این لحظه نیروی الکترومغناطیسی خالص (مجموع نیروهای الکتریکی و مغناطیسی) وارد بر ذره برحسب بردار یکه چیست؟

۸۲- در آزمایش اثر هال، جریان 3 A از رسانایی به پهنای 10 cm و طول 40 cm و ضخامت $10 \mu\text{m}$ عبور می‌کند و وقتی میدان مغناطیسی $1/5 \text{ T}$ به طور عمود از ضخامت رسانا می‌گذرد یک اختلاف پتانسیل عرضی هال (در پهنای برابر با $10 \mu\text{V}$) ایجاد می‌کند. از این داده‌ها، (الف) سرعت رانشی حامل‌های بار و (ب) چگالی عددی حامل‌های بار را پیدا کنید. (پ) روی نمودار قطبیت اختلاف پتانسیل هال را با جهت‌های جریان و میدان مغناطیسی فرض شده و نیز با فرض اینکه حامل‌های بار الکترون هستند نشان دهید.

۸۳- SSM ذره‌ای به جرم 60 g با تندی 40 km/s در صفحه‌ی xy در ناحیه‌ای با میدان مغناطیسی یکنواخت داده شده با $500 \hat{i} \text{ mT}$ حرکت می‌کند. در یک لحظه، وقتی سرعت ذره در جهت 37° نسبت به جهت مثبت محور x به طور پاد ساعتگرد قرار گرفته است، نیروی مغناطیسی وارد بر ذره 0.48 kN است. بار ذره چقدر است؟

۸۴- سیمی که در امتداد محور x از $x=0$ تا $x=100 \text{ m}$ قرار دارد حامل جریان 300 A در جهت مثبت x است. این سیم در میدان مغناطیسی غیر یکنواخت $\vec{B} = (400 \text{ T/m}^2)x\hat{i} - (600 \text{ T/m}^2)x^2\hat{j}$ قرار دارد. نیروی مغناطیسی وارد بر سیم را برحسب بردار یکه پیدا کنید.

۸۵- در یک لحظه، $\vec{v} = (-200\hat{i} + 400\hat{j} - 600\hat{k}) \text{ m/s}$ ، سرعت پروتون در میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B} = (200\hat{i} - 400\hat{j} + 800\hat{k}) \text{ mT}$ است. در این لحظه (الف) نیروی مغناطیسی $\vec{F}$ وارد بر پروتون برحسب بردار یکه، (ب) زاویه‌ی میان $\vec{v}$ و $\vec{F}$ و (پ) زاویه‌ی میان $\vec{v}$ و $\vec{B}$ را پیدا کنید.

۸۶- سرعت الکترون وقتی وارد میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B} = 60 \hat{i} \text{ mT}$ می‌شود برابر $\vec{v} = (32\hat{i} + 40\hat{j}) \text{ km/s}$ است. (الف) شعاع مسیر مارپیچی الکترون و (ب) گام مسیر چقدر است؟ (پ) از نظر ناظری که به ناحیه‌ی میدان مغناطیسی از نقطه‌ی ورود الکترون نگاه می‌کند، آیا حرکت مارپیچی الکترون ساعتگرد است یا پاد ساعتگرد؟