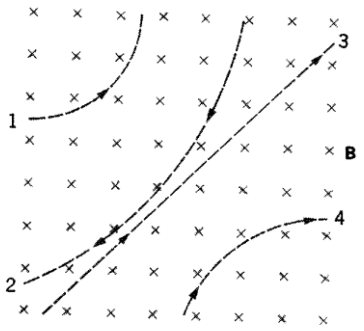
فصل ۳۴ - میدان مغناطیسی:

مسئله‌ها:

۱. چهار ذره در عبور از یک میدان مغناطیسی مسیرهای نشان داده شده در شکل ۲۹ را می‌پیمایند. از این مسیرها چه نتیجه‌ای در مورد بار ذرات می‌توان گرفت؟



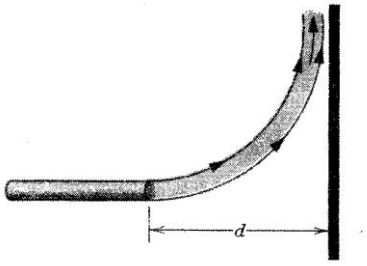
شکل ۲۹. مسئلهٔ ۱.

۵. یک پروتون پرتوی کیهانی با سرعت قائم $۲٫۸ \times ۱۰^۷ \text{m/s}$ در نزدیکی استوا به‌زمین برخورد می‌کند. فرض کنید که مؤلفهٔ افقی میدان مغناطیسی زمین در استوا برابر $۳۰\,\mu\text{T}$ باشد. نسبت نیروی مغناطیسی وارد بر پروتون را به نیروی گرانشی وارد بر آن محاسبه کنید.

۱۶. باریکه‌ای از الکترونها با انرژی جنبشی K از یک "پنجرهٔ" نازک در انتهای یک لولهٔ شتاب‌دهنده به‌خارج نفوذ می‌کند. یک صفحهٔ فلزی در فاصلهٔ d از این پنجره و عمود بر راستای باریکهٔ نفوذی قرار دارد. نگاه کنید به شکل ۳۰. (الف) نشان دهید که اگر از یک میدان مغناطیسی B به‌صورت زیر استفاده کنیم می‌توانیم مانع برخورد باریکه به صفحهٔ فلزی شویم:

$$B \geq \sqrt{\frac{۲mK}{e^۲d^۲}}$$

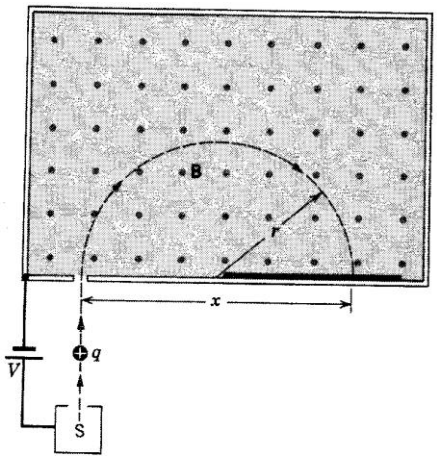
که آن m و e به‌ترتیب عبارت‌اند از جرم و بار الکترون. (ب) جهت میدان $\mathbf{B}$ باید چگونه باشد؟



شکل ۳۰. مسئلهٔ ۱۶.

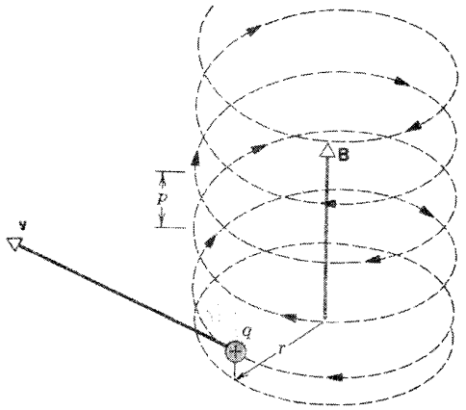
۲۲. شکل ۳۲ ترتیبی از تجهیزات را نشان می‌دهد که برای اندازه‌گیری جرم یونها به‌کار می‌رود. یونی به جرم m و بار الکتریکی $q+$، در حالت سکون در چشمهٔ S تولید می‌شود. چشمهٔ S اتاقکی است که در آن تخلیه گاز صورت می‌گیرد. یونها در اختلاف پتانسیل V شتاب می‌گیرند و وارد میدان مغناطیسی $\mathbf{B}$ می‌شوند. در این ناحیه و در حضور میدان مغناطیسی، یونها مسیرهای نیمدایره‌ای را می‌پیمایند و در فاصلهٔ x از شکاف ورودی با صفحه حساس عکاسی برخورد می‌کنند. نشان دهید که جرم یونها از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$m = \frac{B^۲q}{۸V}x^۲$$



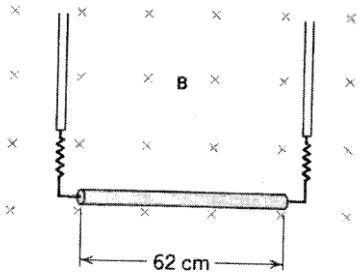
شکل ۳۲. مسئلهٔ ۲۲.

۳۱. پوزیترونی (الکترونی با بار الکتریکی مثبت) با انرژی ۲۲٫۵eV به داخل یک میدان مغناطیسی یکنواخت $B = ۴۵۵\mu\text{T}$ پرتاب می‌شود. بردار سرعت این ذره با میدان مغناطیسی $\mathbf{B}$ زاویهٔ $۶۵٫۵^\circ$ می‌سازد. (الف) دورهٔ تناوب، (ب) گام p و (ج) شعاع مسیر مارپیچی را محاسبه کنید. نگاه کنید به شکل ۳۳.



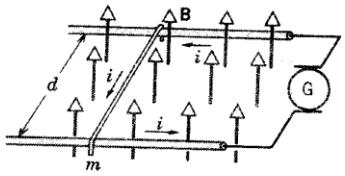
شکل ۳۳. مسئلهٔ ۳۱.

۴۱. سیمی به‌طول ۶۲٫۰cm و جرم ۱۳٫۰g به‌وسیله یک جفت سیم رابط انعطاف‌پذیر در یک میدان مغناطیسی به‌شدت ۴۴۰mT آویخته شده است. اندازه و جهت جریانی را معین کنید که باید در سیم برقرار شود تا کشش در سیمهای نگهدارنده را خنثا کند نگاه کنید به شکل ۳۵.



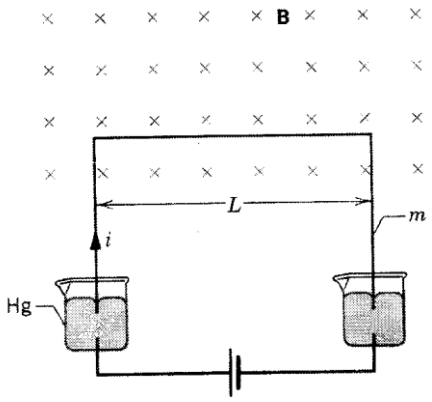
شکل ۳۵. مسئلهٔ ۴۱.

۴۲. یک سیم فلزی به‌جرم m بدون اصطکاک روی دو ریل افقی که در فاصلهٔ d از هم قرار گرفته‌اند، مطابق شکل ۳۶، می‌لغزد. این مسیر در یک میدان مغناطیسی یکنواخت قائم $\mathbf{B}$ قرار گرفته است. جریان ثابت i از مولد G از طریق یک ریل وارد سیم و از طریق ریل دیگر خارج می‌شود. بردار سرعت (اندازه و جهت) سیم را برحسب زمان بنویسید، فرض کنید که در لحظهٔ $t = ۰$ سیم ساکن باشد.



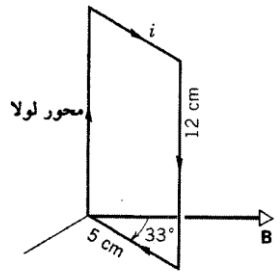
شکل ۳۶. مسئلهٔ ۴۲.

۴۵. دو انتهای یک سیم U شکل به‌جرم m و طول L در جیوه غوطه‌ور است (شکل ۳۸). سیم در یک میدان مغناطیسی همگن $\mathbf{B}$ قرار گرفته است. اگر مقداری بار، یعنی یک تپ جریان $q = \int i\,dt$، در داخل سیم فرستاده شود، سیم به بالا می‌پرد. از ارتفاع h که سیم به آن می‌رسد، مقدار بار یا تپ جریان را با این فرض که زمان اعمال تپ در مقایسه با زمان پرواز سیم بسیار کوتاه است محاسبه کنید. از این واقعیت استفاده کنید که تکان نیرو یعنی $\int F dt$ برابر با mv است. (راهنمایی: $\int i\,dt$ را به $\int F dt$ ربط دهید.) بار q را برای مقادیر زیر محاسبه کنید: $B = ۰٫۱۲\,\mathrm{T}$، $m = ۱۳\,\mathrm{g}$، $L = ۲۰\,\mathrm{cm}$ و $h = ۳٫۱\,\mathrm{cm}$.



شکل ۳۸. مسئلهٔ ۴۵.

۴۸. شکل ۳۹ یک قاب مستطیلی متشکل از ۲۰ دور سیم به ابعاد $۱۲\,\mathrm{cm}$ در $۵٫۰\,\mathrm{cm}$ را نشان می‌دهد. این قاب حامل جریان $۰٫۱۰\,\mathrm{A}$ است و از یک ضلع لولا شده است. این قاب طوری نصب شده است که صفحهٔ آن با جهت یک میدان مغناطیسی یکنواخت به‌شدت $۰٫۵۰\,\mathrm{T}$ زاویهٔ ۳۳° می‌سازد. گشتاور نیروی وارد بر قاب را حول لولا محاسبه کنید.



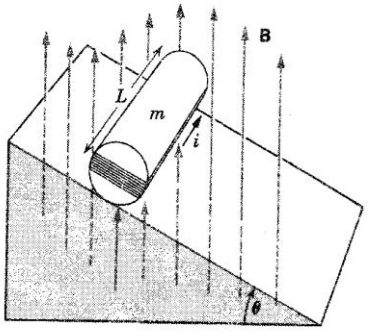
شکل ۳۹. مسئلهٔ ۴۸.

۵۱. سیمی به‌طول L حامل جریان i است. نشان دهید که اگر این سیم را به‌صورت یک پیچهٔ حلقوی درآوریم، بیشترین گشتاور نیرو در یک میدان مغناطیسی معلوم وقتی تولید می‌شود که پیچه تنها شامل یک حلقه باشد و مقدار بیشترین گشتاور نیرو عبارت است از

$$\tau = \frac{۱}{۴\pi} L^۲ i B$$

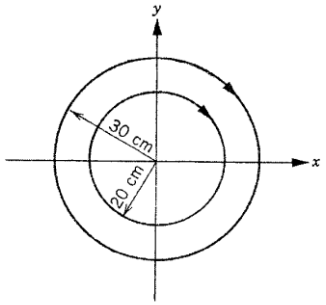
۵۲. ثابت کنید که رابطه $\tau = NiAB\sin\theta$، نه تنها برای قابهای مستطیل شکل ۲۶، بلکه برای تمام حلقه‌های بسته به هر شکل دلخواهی برقرار است. (راهنمایی: به‌جای قاب یا حلقهٔ به‌شکل دلخواه مجموعه‌ای از حلقه‌های دراز و باریک تقریباً مستطیلی‌شکل مجاور هم قرار دهید که حدوداً تا جایی که به توزیع جریان مربوط می‌شود معادل آن باشد.)

۵۵. شکل ۴۱ یک استوانهٔ چوبی به جرم $m = ۲۶۲\,\mathrm{g}$ و طول $L = ۱۲٫۷\,\mathrm{cm}$ را نشان می‌دهد که $N = ۱۳$ دور سیم را به‌صورت طولی دور آن پیچیده‌ایم، به‌طوری که صفحهٔ این قاب شامل محور استوانه است. حداقل چه جریانی باید از این قاب بگذرد تا، یک میدان مغناطیسی یکنواخت قائم به‌شدت $۴۷۷\,\mathrm{mT}$، مانع غلتش استوانه روی سطح شیبداری بشود که با افق زاویهٔ θ می‌سازد؟ فرض کنید که سیم‌پیچها موازی سطح شیبدارند.



شکل ۴۱. مسئلهٔ ۵۵.

۵۹. دو حلقهٔ دایره‌ای متحدالمرکز به شعاعهای $۲۰٫۰\,\mathrm{cm}$ و $۳۰٫۰\,\mathrm{cm}$ در صفحهٔ xy قرار گرفته‌اند و هرکدام، مطابق شکل ۴۲، حامل جریان ساعتگردی به‌شدت $۷٫۰۰\,\mathrm{A}$ هستند. (الف) گشتاور مغناطیسی خالص این سیستم را تعیین کنید. (ب) این محاسبه را برای وقتی که جهت جریان در حلقهٔ بیرونی معکوس شود تکرار کنید.



شکل ۴۲. مسئلهٔ ۵۹.