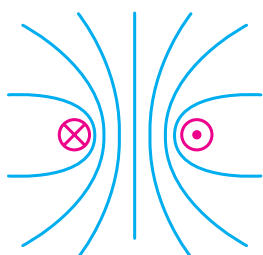




## فعالیت ۳۸



شکل (۵۳)



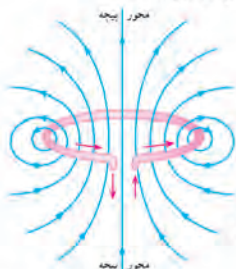
شکل (۵۴)

با توجه به فعالیت ۴-۶ و با فرض این که در شکل (۵۳) نقاط A و A' تقاطع پیچه با سطح مقواست، خط‌های میدان مغناطیسی را رسم کنید. و میدان در فاصله‌ی بین دو سیم را با بیرون مقایسه کنید. (تراکم براده‌ها و نحوه‌ی قرارگرفتن آن‌ها در فعالیت ۴-۶ شما را راهنمایی می‌کند)

پاسخ: میدان درون پیچه‌ی مسطح به مراتب از بیرون آن بزرگ‌تر

است.

خط‌های میدان مغناطیسی پیچه روی صفحه‌ای که از محور پیچه می‌گذرد، در شکل ۴-۱۸ نشان داده شده است. همان‌گونه که در این شکل دیده می‌شود، خط‌های میدان در ناحیه‌ی داخل پیچه به یک‌دیگر نزدیک‌ترند؛ یعنی، میدان در این ناحیه قوی‌تر است.



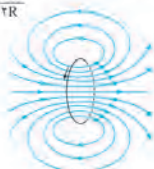
شکل ۴-۱۸: تقاطع خط‌های میدان مغناطیسی در صفحه‌ی عمود بر سطح پیچه که از محور پیچه می‌گذرد.

هم‌چنین در شکل ۴-۱۸ دیده می‌شود که در نقطه‌هایی که بر محور پیچه قرار دارند، میدان موازی با محور پیچه است.

جهت میدان مغناطیسی پیچه را در هر نقطه می‌توان با قاعده‌ی دست راست - به روشی که قبلاً توضیح داده شد - تعیین کرد (شکل ۴-۱۹).

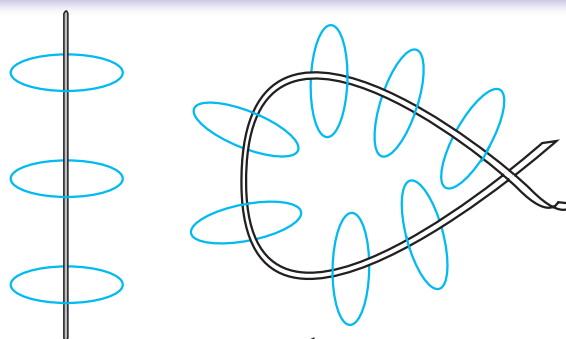
بزرگی میدان مغناطیسی پیچه‌ی مسطحی به شعاع R که N دور دارد و جریان الکتریکی‌ای به شدت I آمپر از آن می‌گذرد، در مرکز پیچه از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2R} \quad (۴-۸)$$



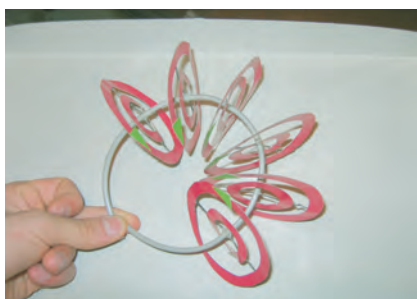
شکل ۴-۱۹: استفاده از قاعده‌ی دست راست برای تعیین جهت میدان مغناطیسی پیچه

۱۵۹



شکل (۵۵)

با توجه به شکل (۵۵) می‌توان گفت وقتی سیم راست حامل جریانی را به شکل حلقه درمی‌آوریم، در واقع میدان در هر نقطه درون حلقه‌ی حامل جریان برابر با برآیند همه‌ی میدان‌های ناشی از هر نقطه‌ی آن سیم خواهد بود. با استفاده از یک ماکت ساده مطابق شکل (۵۵) می‌توان این موضوع را نشان داد. از دانش‌آموزان می‌خواهیم شکل ۴-۱۸ را به‌طور گروهی نقد و بررسی کنند و در مورد جهت‌هایی که روی خطوط میدان گذاشته شده است با توجه به آنچه در فعالیت ۴-۶ انجام داده و دیده‌اند، به بحث بپردازند. استفاده از دست راست در تعیین جهت میدان مغناطیسی پیچه‌ی مسطح را درس می‌دهیم.



(ب)



(الف)

شکل (۵۶)

توجه: گاهی ساده‌تر است که چهار انگشت دست راست جهت میدان را نشان می‌دهد. را در جهت جریان پیچه قرار دهیم و در این حالت انگشت شست

## فعالیت ۳۹



با سیم‌هایی که در اختیار دارید دو پیچه‌ی مسطح طوری بسازید که شعاع یکی تقریباً دو برابر دیگری باشد و هریک بر سطح مقوایی عمود قرار گیرند (توجه کنید N برای هر دو یکی باشد) از هر دو پیچه جریان‌های یکسان عبور دهید و با پاشیدن براده روی مقواها میدان‌های حاصل را مقایسه و نتیجه را گزارش کنید.

پاسخ: میدان حاصل از پیچه‌ای که شعاع بزرگ‌تر دارد ضعیف‌تر است چون براده‌ها با تراکم کمتری قرار گرفته‌اند.

$$B \propto \frac{1}{r}$$

## فعالیت ۴۰



پیچه‌ی مسطحی که بر سطح مقوایی عمود قرار گرفته باشد مانند ابزار فعالیت ۴-۶ آماده کنید. ضمن عبور جریان از پیچه روی مقوا براده بپاشید، سپس جریان عبوری پیچه را بیشتر کنید و چند ضربه به مقوا بزنید و نتیجه‌ی مشاهدات خود را گزارش دهید.

پاسخ: براده‌ها متراکم‌تر می‌شوند یعنی با افزایش جریان میدان قوی‌تر می‌شود:  $B \propto I$

با آزمایش‌های دقیق‌تر بزرگی میدان مغناطیسی در مرکز پیچه با رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$B = \frac{\mu_0 N I}{2R}$$

مثال:

الف) شعاع پیچه‌ی مسطح تک حلقه‌ای را که حامل جریان  $A = 3$  است چنان تعیین کنید که میدان مغناطیسی در مرکز آن  $6/28 \times 10^{-6}$  تسلا باشد.

ب) آیا چنین میدانی می‌تواند بر عقربه‌ی مغناطیسی موجود در آزمایشگاه مدرسه تأثیر بگذارد؟

پ) برای آن که میدان در درون این پیچه  $2512$  تسلا شود تعداد دورهای سیم را چند برابر کنیم؟ برای ساختن چنین پیچه‌ای چند متر سیم نازک لازم داریم؟ آیا چنین پیچه‌ای را

می‌توانیم مسطح فرض کنیم؟  
پاسخ:

$$\text{الف) } B = \frac{4\pi \times 10^{-7} N I}{2R}$$

$$6/28 \times 10^{-6} = \frac{2 \times 3/14 \times 10^{-7} \times 3 \times 10^0}{R}$$

$$\Rightarrow R = 3 \times 10^{-2} \text{ m}$$

ب) این میدان حدود میدان مغناطیسی زمین است پس می‌تواند به عقربه‌ی مغناطیسی تأثیر بگذارد.

$$\text{پ) } \frac{B'}{B} = \frac{N'}{N} \Rightarrow \frac{2512}{6/28 \times 10^{-6}} = \frac{N'}{3} \Rightarrow N' = 400$$

$$N' = \frac{1}{2\pi R} \Rightarrow I = 400 \times 2 \times 3/14 \times 3 \times 10^{-2} = 75/4 \text{ m}$$

## دانستنی



### سرگذشت اورستد

در این دانستنی؛ زندگی نامه‌ی هانس کریستین اورستد، فیزیکدان دانمارکی، و کشف اثرهای مغناطیسی جریان الکتریکی شرح داده می‌شود.

## دانستنی



### قطارهای مغناطیسی

در این دانستنی؛ در مورد اساس کار قطارهای مغناطیسی، چگونگی ترمز کردن آن‌ها و حدود سرعت نمونه‌هایی که در کشورهای چین و آلمان وجود دارند توضیح داده می‌شود.

## دانستنی



### اندازه‌گیری میدان مغناطیسی در هر نقطه

در این دانستنی؛ روش‌های اندازه‌گیری میدان مغناطیسی براساس اندازه‌گیری زاویه‌ی پیش‌سوزن مغناطیس، اندازه‌گیری دوره‌ی نوسان سوزن مغناطیسی در میدان‌های مختلف و تغییر مقاومت الکتریکی بیسموت در اثر میدان مغناطیسی و حدود کاربرد هر روش توضیح داده می‌شود.

**مثال ۴-۴**  
از بیجه‌ی مسطحی به شعاع  $6/280\text{m}$  که از  $11$  دور سیم‌تارک درست شده است جریانی به شدت  $4$  آمپر می‌گذرد. میدان مغناطیسی را در مرکز بیجه به دست آورید.  
حل: داریم

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 4 \times 11}{2 \times 6/280} = 2.4 \times 10^{-3} \text{ T}$$

میدان مغناطیسی حاصل از سیم‌لوله‌ی حامل جریان: سیم‌لوله از چند دور سیم تشکیل شده است که شبیه به یک فنر پیچیده شده است. اگر جریان الکتریکی از سیم‌لوله عبور کند، در فضای اطراف سیم‌لوله خاصیت مغناطیسی ایجاد می‌شود. با انجام فعالیت زیر به وجود میدان مغناطیسی در اطراف سیم‌لوله‌ی حامل جریان پی می‌برید.

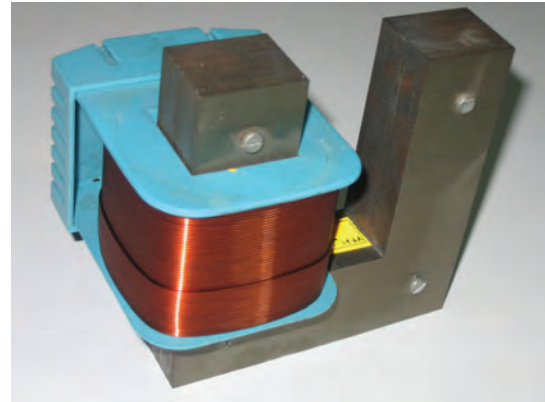
**فعالیت ۴-۴**  
روی یک جعبه‌ی مقوایی یا پلاستیکی دو ردیف سوراخ با فاصله‌های مساوی ایجاد کنید. سیم را به صورتی که در شکل ۴-۳ نشان داده شده است از میان سوراخ‌ها عبور دهید تا یک سیم‌لوله درست شود. جریان الکتریکی ناشی از سیم‌لوله عبور دهید و با استفاده از غشیه‌ی مغناطیسی یا براده‌های آهن، خط‌های میدان مغناطیسی سیم‌لوله را مشخص کنید.

شکل ۴-۳

### میدان مغناطیسی حاصل از سیم‌لوله‌ی حامل جریان :

ابتدا تعریف سیم‌لوله را بیان می‌کنیم و یا از دانش‌آموزان می‌خواهیم تا تعریف آن را در متن کتاب بخوانند سپس سیم‌لوله‌های مختلف که در آزمایشگاه موجود است را در اختیار گروه‌ها قرار می‌دهیم. از دانش‌آموزان می‌خواهیم که تفاوت سیم‌لوله‌های مختلف را بیان کنند.

توجه: بین حلقه‌های سیم‌لوله فاصله‌ای وجود ندارد در غیر این صورت با عبور جریان حلقه‌ها مانند فنر جمع می‌شوند و در آن انرژی ذخیره می‌شود اما برای مشاهده‌ی میدان درون سیم‌لوله نمونه‌های آزمایشگاهی مطابق شکل ۲-۴ ساخته شده‌اند



شکل (۵۷)

## تعمیم فعالیت ۴-۷

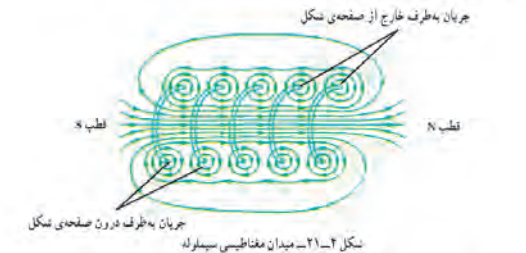
الف) با پاشیدن براده‌ی آهن در درون و اطراف سیم‌لوله‌ی حامل جریان و نیز با به‌کار بردن عقربه‌ی مغناطیسی، خط‌های میدان اطراف سیم‌لوله‌ی حامل جریان را رسم و جهت خط‌ها را نیز تعیین کنید.

ب) شکلی را رسم کرده‌اید با شکل ۲۱-۴ مقایسه کنید. آیا در این شکل‌ها می‌توانید ناحیه‌ای بیابید که خط‌های میدان در آن با یکدیگر موازی باشند؟

پ) آیا می‌توانید دستور یا قاعده‌ای پیشنهاد کنید تا به کمک آن بتوان جهت میدان مغناطیسی در درون سیم‌لوله را تعیین کرد؟ پاسخ:

الف) دانش‌آموزان با توجه به نقش براده‌ها می‌توانند خطوط میدان را رسم کنند و با توجه به نحوه‌ی قرار گرفتن قطب‌های عقربه جهت خطوط را نیز تعیین می‌کنند.

نقش خط‌های میدان مغناطیسی یک سیم‌لوله‌ی حامل جریان الکتریکی در داخل و خارج آن در شکل ۲۱-۴ نشان داده شده است. همان‌گونه که در این شکل می‌بینید، خط‌های میدان داخل سیم‌لوله بسیار متراکم‌تر از خط‌های میدان در خارج آن است و این نشان‌دهنده‌ی قوی‌تر بودن میدان در داخل سیم‌لوله است. علاوه بر این خط‌های میدان در داخل سیم‌لوله، بویژه در نقطه‌های نسبتاً دور از لبه‌های سیم‌لوله تقریباً موازی و هم‌فاصله‌اند و این نشانگر یکنواخت بودن میدان مغناطیسی درون سیم‌لوله است. همان‌طور که دیده می‌شود، جهت میدان مغناطیسی در داخل سیم‌لوله خلاف جهت میدان مغناطیسی در خارج آن است.



جهت میدان مغناطیسی سیم‌لوله‌ی حامل جریان را نیز می‌توان با استفاده از قاعده‌ی دست راست تعیین کرد.

اگر شمع قاعده‌ی سیم‌لوله در مقایسه با طول آن کوچک باشد و حلقه‌های سیم‌لوله خیلی به هم نزدیک باشند، میدان مغناطیسی داخل سیم‌لوله در نقطه‌های دور از لبه‌ها یکنواخت است و بزرگی آن از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$B = \mu_0 n I \quad (۴-۹)$$

در این رابطه،  $I$  جریانی است که از سیم‌لوله می‌گذرد و  $n$  تعداد دورهای سیم‌لوله در واحد طول است که از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$n = \frac{N}{l} \quad (۴-۱۰)$$

که  $N$  تعداد کل دورهای سیم‌لوله و  $l$  طول سیم‌لوله است.

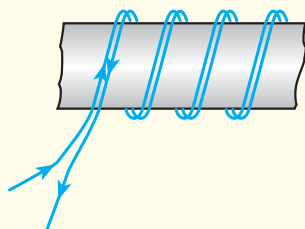
۱۶۱

ب) در این قسمت یکنواخت بودن میدان درون سیم‌لوله را تدریس می‌کنیم.

پ) اگر توجه دانش‌آموزان را به قاعده‌ی دست راست برای تعیین جهت میدان در مرکز حلقه یا پیچه‌ی مسطح جلب کنیم آن‌ها می‌توانند آن قاعده را به سیم‌لوله تعمیم دهند و بگویند:

اگر انگشت شست روی حلقه‌ها در جهت جریان قرار گیرد نوک چهار انگشت خمیده نشانگر قطب  $N$  است و یا اگر چهار انگشت خمیده را روی حلقه‌ها و در جهت جریان قرار دهیم نوک انگشت شست قطب  $N$  را نشان می‌دهد.

پرسش : از فصل ۳ به خاطر دارید که مقاومت الکتریکی با طول سیم نسبت مستقیم دارد و برای درست کردن مقاومت‌های مورد نظر می‌توانیم سیم درازی را به دور یک استوانه‌ی نارسانا پیچیم که به شکل سیملوله می‌شود. آیا امکان دارد سیم را طوری روی استوانه ببندیم تا میدان مغناطیسی درون آن صفر باشد؟

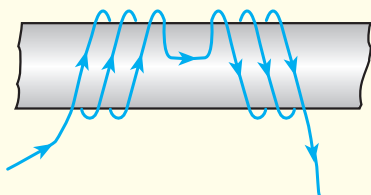


شکل (۵۸)

پاسخ : بله اگر سیم را دولا کنیم و روی استوانه ببندیم جهت جریان در حلقه‌های مجاور هم در خلاف یکدیگر است و میدان‌های یکدیگر را خنثی می‌کند.

پرسش : آیا امکان دارد سیملوله طوری باشد تا با عبور جریان از آن دوسر سیملوله قطب‌های یکسان داشته

باشیم؟



شکل (۵۹)

پاسخ : بله با توجه به نحوه‌ی پیچش سیم.

## فعالیت ۴۱



الف) از وسیله‌ای که برای فعالیت ۴-۷ تدارک دیده‌اید جریان عبور دهید و در اطراف آن براده بپاشید. سپس جریان را تا حد ممکن افزایش دهید و به سطح مقوا چند ضربه بزنید و به طرز قرار گرفتن براده‌ها توجه کنید و نتیجه را به کلاس گزارش دهید.

ب) وسیله‌ی دیگری شبیه وسیله‌ی مربوط به فعالیت ۴-۷ آماده کنید طوری که تعداد حلقه‌های آن‌ها برابر ولی فاصله‌ی هر دو حلقه از هم کمتر باشد. از دو وسیله جریان‌های یکسانی عبور دهید و تراکم براده‌ها در درون آن‌ها را مقایسه کنید و نتیجه را به کلاس گزارش دهید.

پاسخ :

الف) هرچه جریان بیشتر باشد براده‌ها متراکم‌تر می‌شوند یعنی میدان درون سیملوله قوی‌تر می‌شود.

ب) هرچه حلقه‌ها به هم نزدیک‌تر باشند یعنی حلقه‌ها متراکم‌تر باشند تراکم براده‌ها هم بیشتر می‌شود.

آزمایش‌های دقیق‌تر نشان می‌دهد که میدان در درون سیملوله از رابطه‌ی ۴-۹ به دست می‌آید.

## فعالیت ۴۲



معمولاً در آزمایشگاه سیملوله‌های ۳۰۰، ۶۰۰، ۹۰۰ یا ۱۲۰۰ دور موجودند. یکی از سیملوله‌ها را انتخاب کنید.

- (الف) با اندازه‌گیری طول سیملوله، تعداد حلقه در واحد طول آن را حساب کنید.
- (ب) شعاع متوسط حلقه‌های سیملوله را اندازه بگیرید و طول سیم لازم برای ساختن آن را برآورد کنید.
- (پ) وقتی جریان  $A \ 5/0$  از آن عبور کند بزرگی میدان درون آن را محاسبه کنید.
- پاسخ:

(الف) معمولاً حدود ۵ cm

- (ب) شعاع متوسط آن‌ها ۲ تا ۲/۵ سانتی‌متر و برای ۶۰۰ دور حدود ۷۰ تا ۷۵ متر سیم لازم است.
- (پ) برای ۶۰۰ دور:  $7/2 \text{ mT}$

**مثال ۴-۵**

از سیملوله‌ای که در هر متر طول آن ۲۰۰۰ دور سیم پیچیده شده است، جریانی به شدت ۳ آمپر عبور می‌کند. بزرگی میدان مغناطیسی را در درون سیملوله (دور از لبه‌ها) به دست آورید.

حل: داریم

$$B = \mu_0 \frac{N}{l} I = 2\pi \times 10^{-7} \times \frac{2000}{1} \times 3 = 7/5 \times 10^{-3} \text{ T}$$

خط‌های میدان مغناطیسی، متخی‌های بستای هستند. و نقطه‌ای آغاز یا پایانی ندارند. این موضوع برای یجه و سیملوله در شکل‌های ۴-۱۸ و ۴-۲۱ دیده می‌شود.

سیملوله یا هسته‌ی آهنی - آهنربای الکتریکی: در بخش ۴-۱۸ دیدیم که اگر یک میله‌ی آهنی را در میدان مغناطیسی قرار دهیم، خاصیت مغناطیسی در آن القا خواهد شد. می‌توانیم میله‌ی آهنی را درون یک سیملوله‌ی حامل جریان که میدان در آنجا از هر جای دیگر در اطراف سیملوله قوی‌تر است جای دهیم. در این صورت، این میله‌ی آهنی را هسته‌ی سیملوله می‌نامند. بیش از آنکه جریانی از سیملوله عبور کند، سیملوله و هسته‌ی آهنی خاصیت مغناطیسی ندارند. اما وقتی جریانی در سیملوله برقرار می‌کنیم، میدان مغناطیسی سیملوله، خاصیت مغناطیسی در هسته‌ی آهنی القا می‌کند و هسته‌ی آهنی آهنربا می‌شود. این آهنربا را آهنربای الکتریکی می‌نامند.

به این ترتیب خاصیت آهنربایی آهنربای الکتریکی را می‌توانیم قطع و وصل کنیم. هرچه تعداد دورهای سیملوله در واحد طول بیش‌تر باشد و جریانی که از آن می‌گذرد بزرگ‌تر باشد آهنربای الکتریکی قوی‌تر خواهد بود.

وجود هسته‌ی آهنی باعث تقویت میدان مغناطیسی سیملوله می‌شود، سیملوله‌ی بدون هسته‌ی آهنی دارای میدان مغناطیسی ضعیفی است که در عمل کاربردی ندارد.

### ۴-۶ نیروی بین سیم‌های موازی حامل جریان

در آزمایش آورشد، دیدیم که در فضای اطراف هر سیم حامل جریان میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود. هم‌چنین در بخش ۴-۲ دیدیم که آهنربا بر سیم حامل جریان نیرو وارد می‌کند. حال فرض کنید که برای ایجاد میدان مغناطیسی به جای آهنربا از یک سیم حامل جریان استفاده کنیم. اگر سیم حامل جریان دیگری را در مجاورت این سیم قرار دهیم، آیا بر آن نیروی وارد می‌شود؟ برای پاسخ دادن به این پرسش آزمایش ۴-۶ را انجام دهید.

۱۶۲

پس از آن که گروه‌ها به حل و بحث مثال ۴-۵ پرداختند انجام تمرین زیر پیشنهاد می‌شود:

تمرین:

(الف) اگر این سیملوله ۱۰ cm طول داشته باشد دارای چند حلقه است؟

(ب) میدان مغناطیسی درون این سیملوله تقریباً چند برابر میدان مغناطیسی زمین در استوا (حدود  $5 \times 10^{-5} \text{ T}$ ) است؟

پاسخ:

$$n = \frac{N}{l} \text{ (الف)}$$

$$2000 = \frac{N}{0/1} \Rightarrow N = 2000$$

$$\text{ب) } \frac{B}{B_e} = \frac{7/5 \times 10^{-3}}{5 \times 10^{-5}} = 150$$

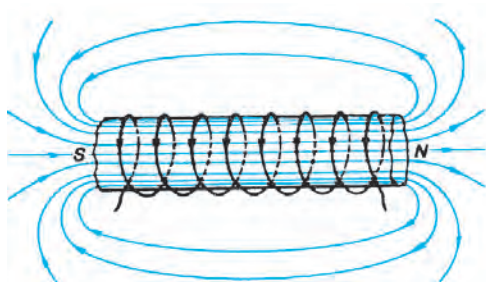


سیملوله با هسته‌ی آهنی – آهنربای الکتریکی :

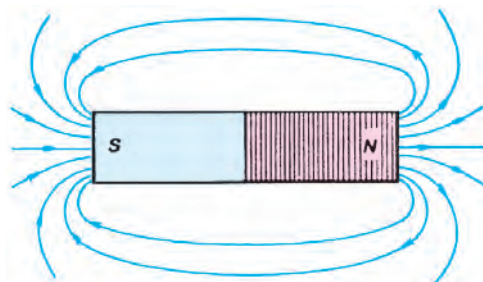
## فعالیت ۴۳



شکل میدان مغناطیسی سیملوله را با میدان مغناطیسی تیغه‌ی آهنربا مقایسه و نتیجه را بیان کنید.



(ب)



(الف)

شکل (۶۰)

نتیجه : شکل میدان سیملوله‌ی حامل جریان و آهنربای میله‌ای را دارد.  
میله‌ای مشابه‌اند پس سیملوله‌ی حامل جریان حکم آهنربای

## فعالیت ۴۴



آزمایشی طراحی و اجرا کنید که نشان دهد سیملوله‌ی حامل جریان مانند یک آهنربا عمل می‌کند.  
پاسخ : به دور یک میخ چندین دور سیم تک‌ رشته‌ی روپوش‌دار (یا سیم لاک‌ی) می‌پیچیم و دوسر سیم را به باتری وصل می‌کنیم. هنگام عبور جریان از سیم براده‌ها را به میخ نزدیک می‌کنیم و می‌بینیم که ربوده می‌شوند و با قطع جریان فرو می‌ریزند.

با معرفی هسته‌ی سیملوله و آهنربای الکتریکی می‌توانیم الکتریکی نسبت به آهنرباهای دائمی توضیح دهیم.  
ضمن بیان کاربردهای انواع آهنربا در مورد مزایای آهنرباهای

## فعالیت ۴۵



برای بررسی قدرت آهنربای الکتریکی در بلند کردن اجسام با جرم‌های مختلف، آزمایشی انجام داده‌ایم که نتایج آن در جدول پایین به شرح زیر است :

جدول (۳)

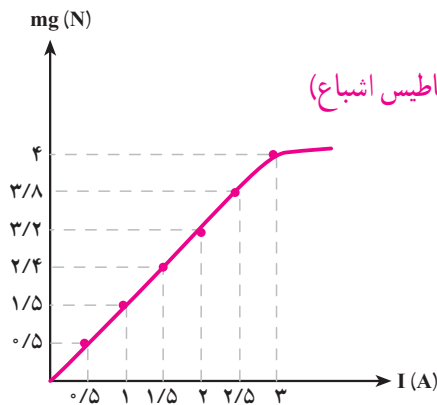
۴	۳/۵	۳/۰	۲/۵	۲/۰	۱/۵	۱/۰	۰/۵	۰	جریان (A)
۴/۰	۴/۰	۴/۰	۳/۸	۳/۳	۲/۴	۱/۵	۰/۵	۰	وزن جسم بلند شده (N)

الف) با توجه به نتایج به دست آمده نمودار تغییرات وزن (جسمی که توسط آهنربای الکتریکی بلند کرده ایم) نسبت به جریان (عبوری از سیملوله ی آهنربای الکتریکی) را رسم کنید.

ب) آیا فکر می کنید وزنی که هر آهنربای الکتریکی می تواند بلند کند محدود است؟

پاسخ: الف)

ب) نمودار این طور نشان می دهد. ( بحث مربوط به مغناطیس اشباع)



شکل (۶۱)

## فعالیت ۴۶



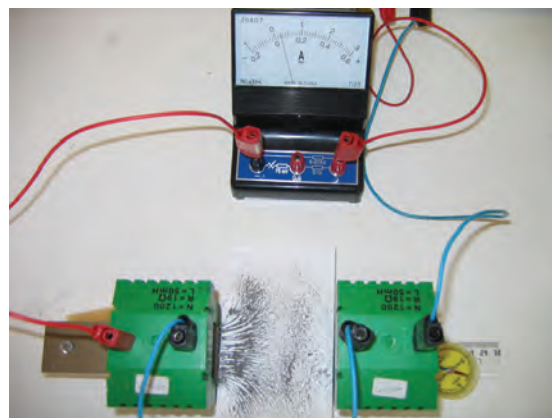
با بحث و تبادل نظر در گروه خود آزمایشی طراحی کنید که نشان دهد وجود هسته ی آهنی باعث تقویت میدان مغناطیسی سیملوله می شود.

پاسخ: گروه ها پاسخ های متنوعی می دهند که از آن جمله می توان به آزمایش های زیر اشاره کرد:

۱- دو سیملوله که تعداد حلقه های یکسان دارند را به طور متوالی به منبع تغذیه وصل می کنیم تا جریان در آن ها یکسان باشد. داخل یکی از آن ها هسته ی آهنی قرار می دهیم و با استفاده از براده ی آهن و مقایسه ی تراکم براده ها می توان بزرگی میدان دو سیملوله را مقایسه کرد.



ب)

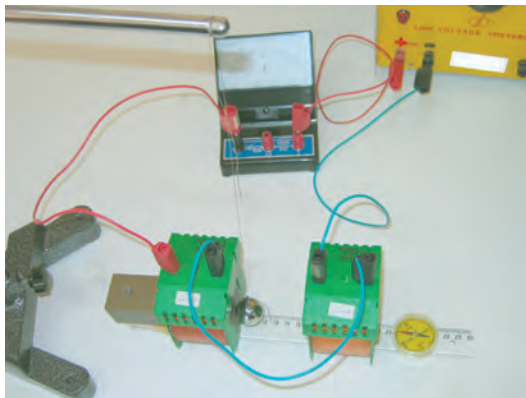


الف)

شکل (۶۲)



۲- مطابق شکل دو سیملوله را که تعداد حلقه و جریان یکسان دارند، روبه روی هم قرار می دهیم و یک گوی آهنی را درست در وسط آن‌ها می آویزیم. با برقراری جریان، گوی به سمت سیملوله‌ای که میدان قوی‌تر دارد متمایل می شود.



(ب)



(الف)

شکل (۶۳)

## فعالیت خارج از کلاس



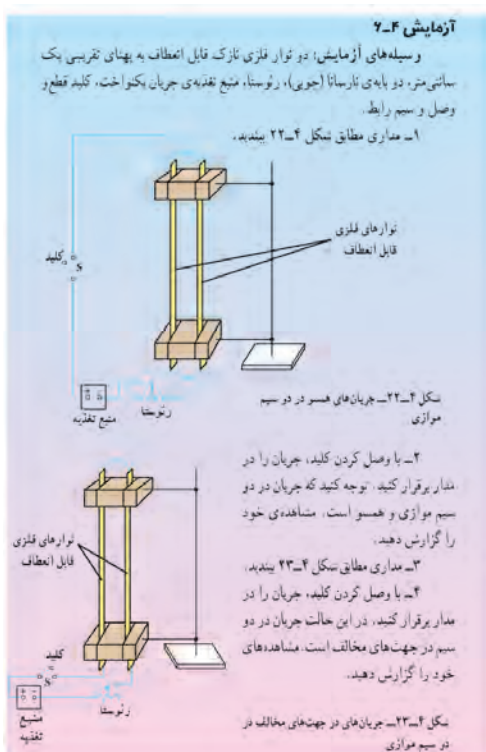
در مورد کاربردهای آهنرباهای الکتریکی تحقیق و نتیجه را به کلاس گزارش دهید.

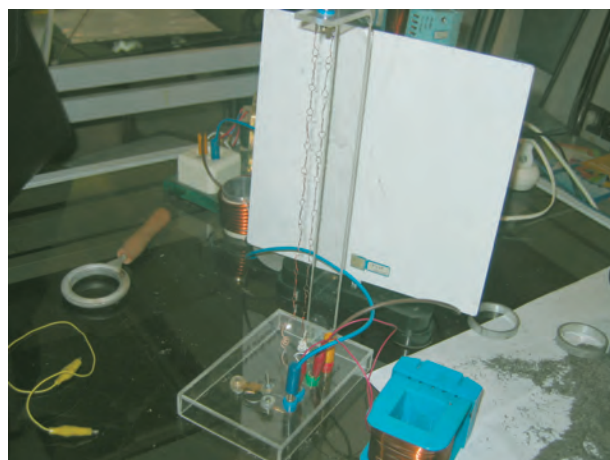
## ۶-۴- نیروی بین سیم‌های موازی حامل جریان

هدف: ارایه‌ی تعریفی برای یکای آمپر

### آزمایش ۶-۴

ابتدا از دانش‌آموزان می‌خواهیم شکل‌های ۲۲-۴ و ۲۳-۴ را باهم مقایسه کنند تا تشخیص دهند که جهت جریان در نوارها در هر شکل چگونه است. سپس با بستن مدار آزمایش را انجام دهند و نتایج آزمایش را با ذکر دلیل بیان کنند.





شکل (۶۴)

توجه: برای آن که نتایج آزمایش بهتر به دست آید باید طول نوارها زیاد و حدود  $30^\circ$  سانتی متر باشد. منبع تغذیه باید بتواند جریان‌های حدود ۳ آمپر تولید کند. فاصله‌ی دو نوار از هم حدود ۲ تا ۳ سانتی متر باشد (بیشتر نباشد).

نکته: چون نوارهای فلزی در مقابل تغییر شکل مقاومت می‌کنند می‌توانیم با سیم تک رشته مطابق شکل (۶۴) زنجیرهای سبکی بسازیم و به جای نوار زنجیرها را بیاویزیم و از آن‌ها جریان عبور دهیم تا رانده یا ربوده شدن خیلی بهتر مشاهده شود.

## فعالیت ۴۷



الف) در شکل (۶۵) جهت میدان حاصل از عبور جریان  $I_1$  را در نقطه‌های A و B و C تعیین کنید و بزرگی میدان را نیز محاسبه و باهم مقایسه کنید.

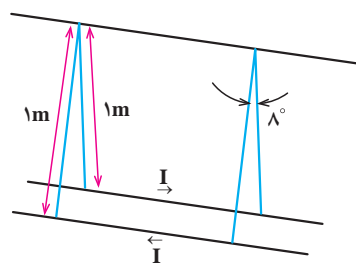


- A ب) سیم راستی حامل جریان بالا سوی  $I_1$  طوری به این شکل اضافه کنید که از نقاط A تا C بگذرد، سپس با اعمال قاعده‌ی کف دست راست، جهت نیروی وارد بر این سیم را تعیین کنید.
- B پ) میدان مغناطیسی حاصل از عبور  $I_1$  از سیم راست را در محل قرار گرفتن سیم حامل جریان  $I_1$  رسم کنید.
- C ت) قاعده‌ی دست راست را به کار ببرید و جهت نیروی وارد بر سیم حامل جریان  $I_1$  را تعیین کنید.

شکل (۶۵)

ث) نتیجه‌ی انجام این فعالیت چیست؟

- د) دو سیم راست و موازی حامل جریان‌های همسو یکدیگر را با نیروی یکسانی می‌ربایند.
- ج) از قسمت ب به بعد را برای سیم راست حامل جریان پایین سوی  $I_1$  تکرار کنید.



شکل (۶۶)

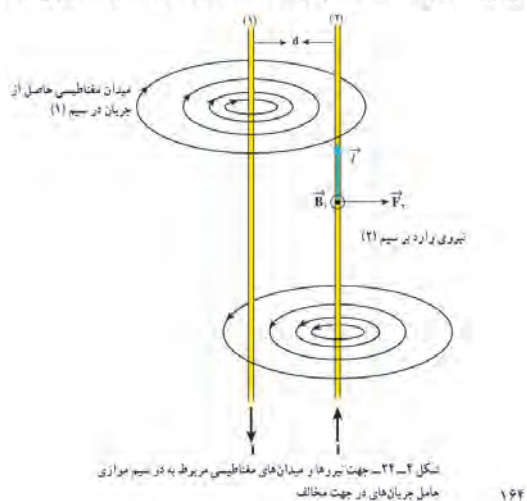
تمرین ۴۷: دو سیم راست و موازی و دراز مطابق شکل (۶۶) معلق‌اند و به حال تعادل. جرم هر متر از این سیم‌ها  $20$  گرم است. جریان عبوری از هر کدام را حساب کنید.

در هر مرحله از آزمایش از دانش‌آموزان می‌خواهیم با توجه به جهت جریان در هر نوار و با به‌کار بردن قاعده‌ی دست راست جهت میدان اطراف هر نوار در محل قرار گرفتن نوار دیگر را تعیین کنند.

سپس با به‌کار بردن قانون دست راست جهت نیروی وارد بر هر نوار را نیز تعیین کنند و با آنچه مشاهده کرده‌اند مقایسه کنند.

آزمایش صفحه‌ی قبل نشان می‌دهد که سیم‌های حامل جریان الکتریکی بر یکدیگر نیرو وارد می‌کنند. هرگاه جریانی که از دو سیم می‌گذرد همسو باشد (شکل ۲۲-۴)، دو سیم یکدیگر را می‌ریانند، و اگر جریانی که از دو سیم می‌گذرد در جهت‌های مخالف باشد (شکل ۲۳-۴) دو سیم یکدیگر را می‌رانند.

نیروی را که بر هر سیم وارد می‌شود، می‌توان برحسب میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی در سیم دیگر توضیح داد. برای این کار، دو سیم مستقیم و خیلی دراز موازی را که حامل جریان  $I$  هستند و به فاصله‌ی  $d$  از یکدیگر قرار گرفته‌اند، مطابق شکل ۲۴-۴ در نظر می‌گیریم. جریان الکتریکی در سیم شماره‌ی (۱) در فضای اطراف آن، میدان مغناطیسی  $(B_1)$  را ایجاد می‌کند. جهت میدان  $B_1$  در محل سیم شماره‌ی (۲) همان‌گونه که در شکل نشان داده شده است برونسوس است. چون سیم شماره‌ی (۲) نیز حامل جریان الکتریکی  $I$  است، میدان  $B_1$  بر آن نیرو وارد می‌کند. این نیرو را در شکل با  $F_2$  نشان داده‌ایم. جهت  $F_2$  با استفاده از قاعده‌ی دست راست تعیین می‌شود.



شکل ۲۴-۴: جهت نیروها و میدان‌های مغناطیسی مربوط به دو سیم موازی حامل جریان‌های در جهت مخالف

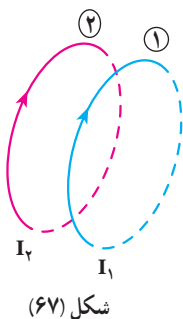
۶۶۴

## فعالیت ۴۸



دیدید که دو سیم راست و موازی حامل جریان‌های همسو یکدیگر را می‌ریانند. الف) با استدلال توضیح دهید که آیا دو حلقه‌ی حامل جریان‌های همسانگرد نیز می‌توانند یکدیگر را بریانند؟ ب) اگر از یک فنر فلزی جریان عبور دهیم آیا امکان دارد فنر جمع شود. (بحث کنید)

پاسخ:



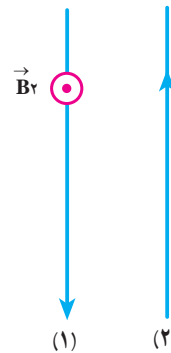
شکل (۶۷)

الف) بله زیرا عبور جریان  $I_1$  موجب می‌شود سمت چپ حلقه‌ی ① قطب N باشد و عبور جریان  $I_2$  موجب می‌شود سمت راست حلقه‌ی ② قطب S باشد و می‌دانیم قطب‌های ناهمنام یکدیگر را می‌ریانند.

ب) بله اما بستگی به ضریب سختی فنر و جریان عبوری از آن دارد.

## تمرین ۲-۴

پاسخ: در محل سیم شماره‌ی (۱) میدان مغناطیسی حاصل از عبور جریان از سیم شماره‌ی (۲) برون‌سو است.



شکل (۶۸)

حال اگر چهار انگشت دست راست را در جهت جریان سیم شماره‌ی (۱) طوری قرار دهیم که با خم کردن آن‌ها میدان برون‌سو نشان داده شود انگشت شست نیروی وارد بر سیم (۱) را به سمت چپ نشان خواهد داد. اگر ابتدا با توجه به جهت جریان در سیم (۱) میدان را در محل سیم (۲) تعیین و سپس نیروی وارد بر سیم (۲) را تعیین کنیم خواهیم دید که نیرو به سمت راست است یعنی دو سیم یکدیگر را می‌رانند.

(تعمیم تمرین ۲-۴)



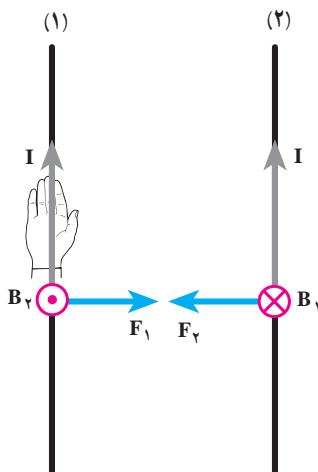
## فعالیت ۴۹

آیا می‌توانستید همین نتیجه را با اعمال قانون سوم نیوتن به دست آورید؟  
پاسخ: وقتی سیم (۲) بر سیم (۱) نیرو به سمت چپ وارد کند حتماً سیم (۱) هم بر (۲) همان اندازه نیرو به سمت راست وارد می‌کند.

## فعالیت ۸-۴

پاسخ:

نتیجه: دو سیم راست حامل جریان‌های هم‌سو یکدیگر را می‌ربایند.



شکل (۶۹)

### تمرین ۲-۴

جهت نیروی وارد بر سیم شماره‌ی (۱) در شکل ۲-۴ را با استدلالی مشابه تعیین کنید.

### فعالیت ۸-۴

جهت نیروها و میدان‌های مغناطیسی مربوط به دو سیم موازی حامل جریان‌های هم‌سو را با رسم شکل و استفاده از قاعده‌ی دست راست مشخص کنید.

### تمرین ۳-۴

از دو سیم بلند موازی که به فاصله‌ی ۱۰ از یک‌دیگر قرار دارند، جریانی به‌سبب ۱ می‌گذرد، جهت جریان در هر دو سیم یکسان است. نیروی را که به یک متر از هر یک از سیم‌ها وارد می‌شود به‌دست آورید.

دیدیم که دو سیم مستقیم دراز و موازی حامل جریان یا توجه به جهت جریان بر هم نیروهای ریاضی یا رانشی وارد می‌کنند. این واقعیت، اساسی تعریف عملیاتی<sup>۳۳</sup> یکای شدت جریان یعنی آمپر در SI است. مطابق این تعریف:

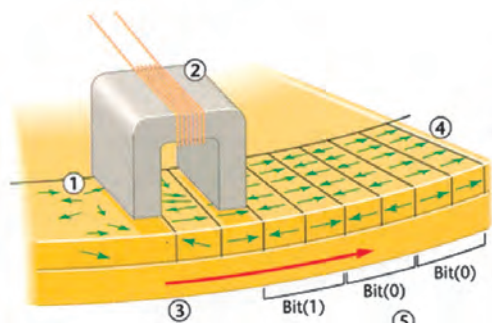
هرگاه از دو سیم نازک، موازی، مستقیم و بسیار دراز، که به فاصله‌ی یک متر از یک‌دیگر در خلأ قرار دارند، جریان‌های مساوی عبور کند - به‌گونه‌ای که بر یک متر از طول هر یک از سیم‌ها نیرویی برابر  $2 \times 10^{-7}$  نیوتون وارد شود - جریانی که از هر یک از سیم‌ها می‌گذرد، برابر یک آمپر است.

### ۷-۴-۱ خاصیت مغناطیسی مواد

پیش از این دیدیم که برخی مواد خاصیت آهنربایی دارند، و در برخی مواد دیگر در حضور میدان مغناطیسی خاصیت آهنربایی القا می‌شود. برای نمونه هسته‌ی آهنی یک آهنربای الکتریکی را به‌یاد بیاورید، این سؤال پیش می‌آید که منشأ این رفتار مواد چیست؟ در این بخش به بررسی این موضوع می‌پردازیم.

<sup>۳۳</sup> تعریف عملیاتی یکا به معنای ارائه‌ی روش اندازه‌گیری آن یکا است.

ویژگی مغناطیسی مواد ساخته می‌شوند. وقتی اطلاعات در یک لوح فشرده (CD) یا دیسکت (Floppy) ذخیره می‌شود، روی لوح صفی از نقطه‌هایی به وجود می‌آید که هریک از آن‌ها یک آهنربای دائمی میکروسکوپی است (دوقطبی‌های مغناطیسی با آرایش خاص).



شکل (۷۰)

تمرین ۳-۴: می‌دانیم سیم شماره‌ی (۱) در میدان مغناطیسی  $B_y$  حاصل از عبور جریان از سیم شماره‌ی (۲) قرار گرفته است و بر آن نیروی  $F_1$  وارد می‌شود.

$$\left. \begin{aligned} F_1 &= I_1 I_2 B_y \sin 90^\circ \\ B_y &= \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_2}{d} \end{aligned} \right\} F_1 = I_1 I_2 \left( \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_2}{d} \right) \xrightarrow{I_1=1\text{m}}$$

$$F_1 = 2 \times 10^{-7} \frac{I_1 I_2}{d}$$

و با همین استدلال

$$F_2 = 2 \times 10^{-7} \frac{I_2 I_1}{d}$$

از دانش‌آموزان می‌خواهیم امپر را تعریف کنند.

## ۷-۴- خاصیت مغناطیسی مواد

هدف: بررسی میکروسکوپی رفتار مواد از نظر مغناطیسی

در حضور و غیاب میدان مغناطیسی.

**ایجاد انگیزه:** در قرن حاضر رشد علم و فناوری با سرعت بیشتری انجام خواهد شد و حجم اطلاعات بیشتر روزه‌روز افزایش خواهد یافت و به دنبال آن نیاز به محیط‌هایی که بتوان در آن‌ها مقدار زیادی اطلاعات را در یک فضای کوچک و برای مدت زمان طولانی ذخیره نمود، بیشتر از قبل مورد توجه است. محیط‌های مغناطیسی یکی از محیط‌های مناسب برای ذخیره‌ی اطلاعات و بازیابی آن‌ها در کمترین زمان هستند. به نظر شما چگونه می‌توان مقدار زیادی اطلاعات را در یک فضای کوچک ذخیره و آن را حفظ کرد و سپس به هنگام استفاده آن را بازیابی کرد؟

آهنرباهای الکتریکی نوارهای ضبط مغناطیسی (کاست‌ها) نوارهای ویدئویی، دیسک‌های رایانه و ... همگی با استفاده از

یکی از ویژگی‌های جالب آهنرباها این است که اگر آهنربایی را به دو یا چند قطعه بشکنیم، هر قطعه نیز خود یک آهنربا با دو قطب N و S است (شکل ۲۵-۴). آزمایش‌ها نشان می‌دهند که هر قدر این عمل تکرار را ادامه دهیم، باز هم قطعه‌های حاصل دارای دو قطب N و S خواهند بود. می‌توان چنین نتیجه گرفت که قطب N از قطب S جداشدنی نیست و کوچکترین ذره‌های تشکیل‌دهنده‌ی آهنرباها (یعنی اتم‌ها یا مولکول‌ها) نیز آهنربا هستند و دو قطب N و S دارند.

این آهنرباهای کوچک را دو قطبی مغناطیسی می‌نامند: زیرا هر یک همواره دو قطب N و S دارند. خطی را که دو قطب یک دوقطبی مغناطیسی را به هم متصل می‌کند، محور مغناطیسی آن می‌نامند. یک دوقطبی مغناطیسی را با یک پیکان نمایش می‌دهند (شکل ۲۶-۴).



شکل ۲۶-۴

موادی را که اتم‌ها یا مولکول‌های سازنده‌ی آن‌ها خاصیت مغناطیسی دارند، مواد مغناطیسی می‌نامند. نحوه‌ی سمت‌گیری دوقطبی‌های مغناطیسی کوچک در مواد مغناطیسی مختلف، متفاوت است. به همین دلیل مواد از لحاظ ویژگی‌های مغناطیسی نیز با هم تفاوت دارند. بر ادامه، به بررسی برخی از مواد مغناطیسی می‌پردازیم.

**مواد پارامغناطیس:** دوقطبی‌های مغناطیسی در یک ماده‌ی پارامغناطیسی دارای سمت‌گیری مشخص و منظمی نیستند و در جهت‌های کاتوره‌ای قرار دارند (شکل ۲۷-۴). در نتیجه این مواد خاصیت مغناطیسی ندارند. اگر آن‌ها را درون یک میدان مغناطیسی (مثلاً نزدیک یک آهنربا) قرار دهیم، دوقطبی‌های کوچک مانند عقربه‌های مغناطیسی در نزدیکی آهنربا رفتار می‌کنند؛ یعنی، در



شکل ۲۷-۴: سمت‌گیری دوقطبی‌های مغناطیسی در ماده‌ی پارامغناطیس در غیاب میدان مغناطیسی



میدان مغناطیسی را در مرکز اتم نشان دهند و قطب‌های N و S آن را مشخص کنند. پس از انجام این فعالیت به مفاهیم دوقطبی مغناطیسی، محور مغناطیسی و مواد مغناطیسی می‌پردازیم.

راهنمای تدریس: از گروه‌ها می‌خواهیم پاراگراف اول را بخوانند و یک مدل ساده از یک اتم (مثلاً اتم هیدروژن) را رسم کنند و چرخش الکترون به دور هسته را معادل یک جریان بگیرند (دستگاه را همانند یک پیچه مسطح فرض کنند) و جهت

## فعالیت ۵۰



توضیح می‌دهیم که سمت‌گیری دوقطبی‌ها می‌تواند شکل‌های مختلفی داشته باشد. در حالت‌های زیر بردارهای دوقطبی را رسم کنید.

الف) به‌طور کاملاً بی‌نظم و کاتوره‌ای

ب) مواد به قسمت‌هایی تقسیم می‌شوند طوری که در هر قسمت همه‌ی دوقطبی‌ها همسو هستند.  
پ) کاملاً منظم

## فعالیت ۵۱



در کدام یک از حالت‌های فعالیت قبلی میدان مغناطیسی ماده حتماً مخالف صفر است؟ در کدام حالت می‌تواند صفر باشد؟ به کدام حالت می‌توان آهنربای دائمی گفت؟

پاسخ: در حالت پ میدان مغناطیسی ماده حتماً مخالف صفر است، زیرا تمام دوقطبی‌ها هم جهت هستند.

– در حالت الف و ب، برآیند دوقطبی‌ها می‌تواند صفر باشد.

– به حالت پ می‌توان آهنربای دائمی گفت. زیرا دارای میدان مغناطیسی غیر صفر است.



مواد پارامغناطیس: ماده‌ای که در حالت الف فعالیت

۴۹ دوقطبی‌هایش رسم شده است را در یک میدان مغناطیسی قرار می‌دهیم. به نظر شما چه اتفاقی می‌افتد؟ آیا ماده دارای خاصیت مغناطیسی می‌شود؟ یعنی میدان مغناطیسی آن مخالف صفر می‌شود؟

اگر به تدریج میدان را قوی‌تر کنیم، خاصیت مغناطیسی ماده چگونه تغییر می‌کند؟ اگر ماده را از میدان مغناطیسی دور کنیم چه اتفاقی می‌افتد؟

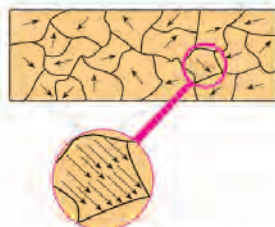
پس از طرح پرسش‌های بالا، به دانش‌آموزان می‌گوییم که موادی با این ویژگی‌ها را پارامغناطیس گویند و بعضی از موادی که در طبیعت دارای خاصیت پارامغناطیسی هستند را نام می‌بریم.

راستای خط‌های میدان مغناطیسی منظم می‌شوند. هرچه میدان مغناطیسی قوی‌تر باشد، تعداد بیش‌تری از این دوقطبی‌های مغناطیسی کوچک با میدان هم‌خط می‌شوند. در نتیجه، خاصیت مغناطیسی ماده بیش‌تر می‌شود.

اگر آهن‌ریا را از این مواد دور کنیم، دوقطبی‌های مغناطیسی دوباره به سرعت به وضعیت کائورهای که در غیاب میدان داشتند، برمی‌گردند.

به این ترتیب، مواد پارامغناطیس در میدان‌های مغناطیسی قوی خاصیت مغناطیسی پیدا می‌کنند. مثلاً، پلاتین، آلومینیم، فلزهای قلیایی و قلیایی خاکی، اکسیژن و اکسید ازن از جمله مواد پارامغناطیسی‌اند.

مواد فرومغناطیس: در برخی از مواد مغناطیسی، دوقطبی‌های مغناطیسی کوچک به‌طور خود به خود با دوقطبی‌های مجاور خود هم‌خط می‌شوند. این گونه مواد را فرومغناطیس می‌نامند. در غل، همه‌ی بخش‌های مغناطیسی در یک ماده‌ی فرومغناطیس در یک راستا قرار ندارند بلکه این گونه مواد مانند شکل ۴-۲۸ از بخش‌های بسیار کوچکی با ابعاد خیلی کم‌تر از میلی‌متر تشکیل شده‌اند به‌طوری که دوقطبی‌های مغناطیسی درون هر بخش به‌طور کامل، هم‌خط‌اند. ولی سمت‌گیری دوقطبی‌های مغناطیسی هر بخش با بخش‌های مجاور آن تفاوت دارد. هر بخش را یک حوزه‌ی مغناطیسی می‌نامند.



شکل ۴-۲۸ یک ماده‌ی فرومغناطیس در حالت طبیعی

ممکن است سمت‌گیری و اندازه‌ی حوزه‌های مغناطیسی در یک ماده‌ی فرومغناطیس به‌گونه‌ای باشد که در کل اثر یک‌دیگر را خنثی کنند و ماده در مجموع، آهن‌ریا نباشد (شکل ۴-۲۹ الف).

۱۶۷



## فعالیت ۵۲

ماده‌ای را که در حالت «پ» فعالیت ۴۹، دوقطبی‌هایش رسم شده است را در یک میدان مغناطیسی قرار می‌دهیم. به نظر شما چه اتفاقی می‌افتد؟ آیا ماده دارای خاصیت مغناطیسی می‌شود؟ اگر به تدریج میدان مغناطیسی خارجی را زیاد کنیم، خاصیت مغناطیسی ماده چگونه تغییر می‌کند؟ (به تدریج زیاد می‌شود تا به حالت بیشینه می‌رسد یعنی همه‌ی دوقطبی‌ها در جهت میدان مغناطیسی خارجی قرار می‌گیرند و از آن‌جا به بعد دیگر تغییر نمی‌کنند.)

به شکل‌های صفحه‌ی ۱۶۸ کتاب درسی جلب می‌کنیم.  
برای پی‌بردن به خواص مغناطیسی مواد فرومغناطیس  
سخت و نرم، آزمایش زیر را انجام می‌دهیم.

بعد از انجام فعالیت به دانش‌آموزان می‌گوییم موادی با  
ویژگی‌های فوق را فرومغناطیس گوئیم و (نام‌گذاری) حوزه‌های  
مغناطیسی را نیز برای آن‌ها توضیح می‌دهیم و بعضی از مواد که  
در طبیعت دارای این ویژگی هستند را نام می‌بریم و توجه آن‌ها را

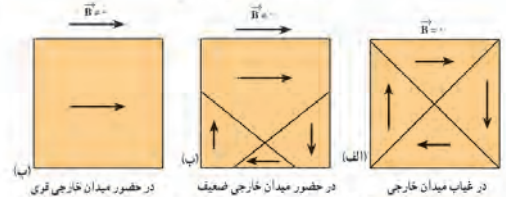
در برخی از مواد فرومغناطیس مانند آهن، کبالت و نیکل در صورتی که خالص باشند، حجم  
حوزه‌ها به سهولت تغییر می‌کند و در نتیجه به سهولت به روش ذکر شده آهنربا می‌شوند و خاصیت  
آهنربایی خود را نیز به راحتی از دست می‌دهند. این مواد را فرومغناطیس نرم می‌نامند. از این گونه  
مواد در هسته‌ی سیم‌لوله‌ها استفاده می‌شود. مواد فرومغناطیس نرم با حذف میدان مغناطیسی خارجی  
خاصیت آهنربایی خود را از دست می‌دهند و به دلیل همین خاصیت، آن‌ها برای ساختن آهنرباهای  
الکتریکی (آهنرباهای عبور دانه) مناسب‌اند.

برخی دیگر از مواد مانند فولاد (آهن به اضافه‌ی دو درصد کربن)، آلیاژهای دیگری از آهن،  
کبالت و نیکل به سختی آهنربا می‌شوند؛ یعنی، حجم حوزه‌ها در آن‌ها به سختی تغییر می‌کند. این مواد  
را فرومغناطیس سخت می‌نامند. در این گونه مواد برای افزایش حجم حوزه‌هایی که سمت‌گیری  
مناسب دارند (یعنی با میدان همسو هستند) به میدان‌های مغناطیسی خارجی قوی‌تری نیاز است. در  
این مواد، سمت‌گیری دوفضی‌های مغناطیسی حوزه‌ها پس از حذف میدان خارجی به سهولت تغییر  
نمی‌کند. به عبارت دیگر، پس از برداشتن میدان مغناطیسی خارجی، ماده‌ی فرومغناطیس سخت،  
خاصیت آهنربایی خود را حفظ می‌کند. به همین دلیل این مواد برای ساختن آهنرباهای دائمی مناسب‌اند.  
برای خاصیت آهنربایی هر ماده‌ی فرومغناطیس مقدار پهنیست‌های وجود دارد. این وضعیت  
هنگامی پیش می‌آید که ماده‌ی فرومغناطیس در یک میدان مغناطیسی بسیار قوی قرار گیرد؛ به‌طوری  
که همه‌ی دوفضی‌های مغناطیسی انی در همه‌ی حوزه‌ها به موازات هم به خط شوند.

این گونه مواد را می‌توان با قرار دادن در یک میدان مغناطیسی آهنربا کرد. اثر میدان مغناطیسی  
خارجی بر حوزه‌های مغناطیسی باعث می‌شود که دوفضی‌های مغناطیسی هر حوزه تحت تأثیر میدان  
مغناطیسی قرار گیرد و جهت آن‌ها به جهت میدان خارجی متمایل شود. علاوه بر این حوزه‌هایی که  
نسبت به میدان در وضع مناسبی قرار دارند (با میدان همسویند) رشد می‌کنند؛ یعنی، حجمشان زیاد  
می‌شود و در نتیجه، حوزه‌هایی که سمت‌گیری آن‌ها نسبت به میدان مناسب نیست، کوچک شوند؛ یعنی،  
مرز بین حوزه‌ها جابه‌جا می‌شود. و در نتیجه ماده در مجموع خاصیت آهنربایی پیدا می‌کند. شکل  
۳-۴، حرکت مرز حوزه‌ها در مواد فرومغناطیس به صورت طرح وار در شکل ۳-۴ نشان داده  
شده است. در شکل ۳-۴ الف یک ماده‌ی فرومغناطیسی با چهار حوزه در میدان خارجی صفر قرار  
دارد. سمت‌گیری حوزه‌های مغناطیسی در این شکل به صورتی است که در کل ماده دارای خاصیت  
مغناطیسی نیست. در شکل ۳-۴ ب ماده‌ی فرومغناطیسی را در یک میدان مغناطیسی خارجی B قرار  
داده‌ایم؛ مرزهای حوزه‌ها جابه‌جا شده‌اند و در نتیجه، ماده در مجموع خاصیت مغناطیسی پیدا کرده  
است. در شکل ۳-۴ ج میدان مغناطیسی خارجی آن قدر قوی است که حجم حوزه‌های با سمت‌گیری  
نامناسب عملاً به صفر رسیده است و همه‌ی حجم ماده را حوزه‌ی با سمت‌گیری مناسب (همسو با  
میدان) اشغال کرده است. در این حالت ماده در مجموع بیش‌ترین خاصیت آهنربایی را دارد.



شکل ۳-۴ - حوزه‌های مغناطیسی (ب) ماده‌ی فرومغناطیسی آهنربا است.



شکل ۳-۴ - جابه‌جا شدن مرزهای بین حوزه‌ها در مواد فرومغناطیسی

۱۶۸

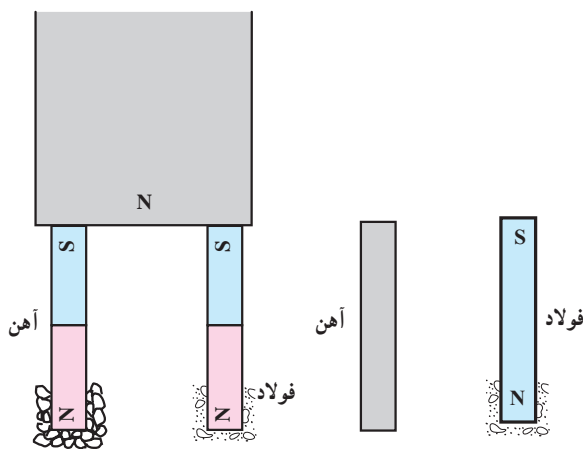
**مطالعه‌ی آزاد**

**میدان مغناطیسی زمین و اثرهای آن**

بسر از گذشته‌های بسیار دور به خاصیت مغناطیسی زمین پی برده است. ملاحان  
و جهانگردان در کارهای جاری خود همواره از قطب‌نما استفاده می‌کنند. اثرهای میدان  
مغناطیسی زمین نیز بر زندگی جانوران و گیاهان، موضوعی جالب و بهجت‌انگیز برای  
پژوهشگران است. مثلاً پژوهش‌هایی در قرن بیستم نشان داد که در معر برخی از پرندگان  
کوچنده، ساز و کاری جهت تشخیص راستای میدان مغناطیسی زمین موجود است.  
در سال ۱۹۵۸ میلادی (۱۳۳۷ هجری خورشیدی) با پژوهش‌هایی که توسط

۱۶۹

براده‌های چسبیده به تیغه‌ی فولادی به‌طور کامل نمی‌ریزد) چه  
نتیجه‌ای می‌گیرد؟ (خاصیت مغناطیسی به‌وجود آمده در آهن  
موقتی و در فولاد دائمی است).



شکل (۷۱)

## آزمایش

دو تیغه‌ی یکسان یکی آهنی و دیگری از فولاد را که  
از قبل خاصیت مغناطیسی نداشته باشند به یکی از قطب‌های  
یک آهنربا وصل می‌کنیم و انتهای آزاد آن‌ها را در براده‌ی آهن  
فرومی‌بریم و سپس آن‌ها را بیرون می‌آوریم. مشاهده می‌شود که  
تیغه‌ی آهنی بیشتر از تیغه‌ی فولادی براده جذب کرده است. از  
این مشاهده چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ (خاصیت مغناطیسی القایی  
در آهن خالص بیشتر از فولاد است) اگر دو تیغه را بین انگشتان  
دست محکم نگه داریم و آهنربا را از آن‌ها دور کنیم چه اتفاقی  
می‌افتد؟ (تمام براده‌های چسبیده به تیغه‌ی آهنی فرومی‌ریزند اما

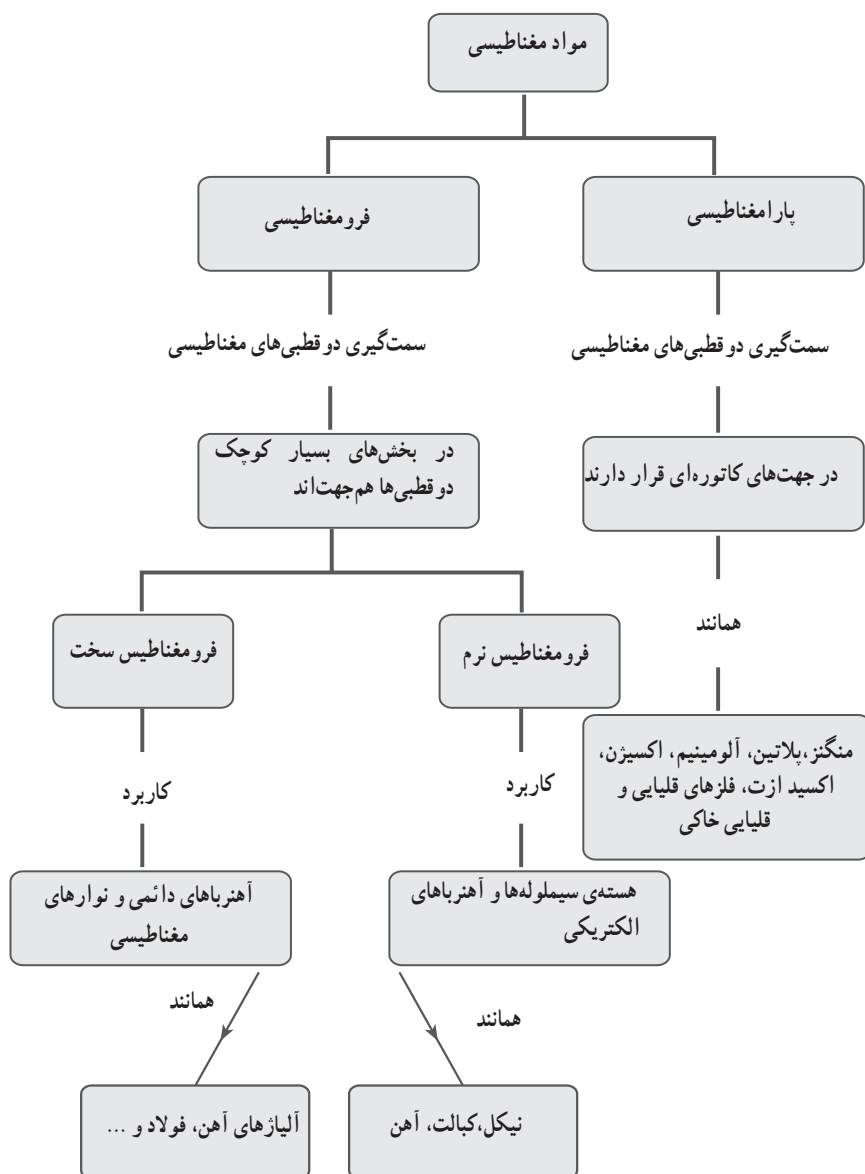
فرومغناطیس نرم : هسته‌ی سیملوله‌ی آهنرباهای الکتریکی  
غیردائم، ترانسفورماتور، موتور و مولد.  
فرومغناطیس سخت : آهنرباهای دائمی، حافظه‌ی رایانه،  
نوارهای ضبط مغناطیسی مانند لوح فشرده، دیسکت، کاست،  
ویدئویی و ...

پس از انجام این آزمایش در ارتباط با مواد فرومغناطیس  
نرم و سخت توضیح می‌دهیم و از دانش‌آموزان می‌خواهیم با  
توجه به ویژگی‌های این مواد چند کاربرد برای فرومغناطیس نرم  
و سخت پیدا کنند.  
پاسخ:

## فعالیت ۵۳



با توجه به مطالب بخش ۷-۴، نقشه‌ی مفهومی زیر طراحی شده است. با توجه به این نقشه می‌توان خانه‌هایی را  
خالی کرده و از دانش‌آموزان بخواهیم آن‌ها را پر کنند یا متنی متناسب با نقشه مفهومی بنویسند و یا...





## فعالیت خارج از کلاس

از گروه‌های داوطلب می‌خواهیم در رابطه با فرآیندهای ذخیره و بازیابی اطلاعات از محیط‌های مغناطیسی تحقیق کنند و آن را به کلاس ارائه کنند.

## دانستنی



### مواد مغناطیسی

در این دانستنی؛ مواد با توجه به رفتارشان در یک میدان مغناطیسی خارجی به پنج دسته تقسیم می‌شود که عبارتند از؛ دیامغناطیس، پارامغناطیس، فرومغناطیس، پادفرومغناطیس و فری مغناطیس، و سپس در مورد عواملی که نسبت خواص مغناطیسی مواد هستند، بحث می‌شود.

## دانستنی



### کاربرد میدان‌های مغناطیسی در پزشکی

در این دانستنی؛ کاربردهای متنوع استفاده از خواص مغناطیسی در تجهیزات پزشکی همانند MCG، NMR و ... مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

## دانستنی



### زیست مغناطیس

در این دانستنی؛ در مورد حس مغناطیسی موجودات زنده مانند کبوتران، باکتری‌ها، زنبورها و ... مطالب جالبی آورده شده است.

## دانستنی

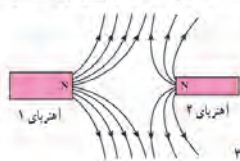


### میدان‌های مغناطیسی بدن انسان

در این دانستنی؛ فعالیت الکتریکی عصب‌ها و عضله‌ها که سبب تولید جریان الکتریکی در بدن انسان می‌شود، مورد بررسی قرار می‌گیرد و سپس براساس این جریان، اختلاف پتانسیل تولید شده اندازه‌گیری می‌شود.

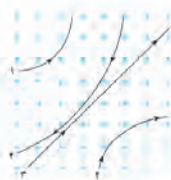
## پاسخ تمرین‌های فصل چهارم

تمرین‌های فصل چهارم  
۱- الف - آهنربایی یا قطب‌های نامشخص در اختیار داریم. حداقل دو روش برای تعیین قطب‌های این آهنربا، بیان کنید.



ب - خط‌های میدان مغناطیسی میان دو آهنربا در شکل ۳۳-۴ نشان داده شده است. کدام آهنربا ضعیف‌تر است؟

شکل ۳۳-۴

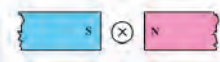


۲- چهار ذره هنگام عبور از میدان مغناطیسی درون مسرهایی مطابق شکل ۳۴-۴ می‌یابند. درباره‌ی نوع بار هر ذره چه می‌توان گفت؟

شکل ۳۴-۴



۳- سیم قائمی در میدان مغناطیسی زمین (که رو به شمال است) قرار دارد. جریانی از پایین به بالا از این سیم عبور می‌کند. جهت نیروی وارد بر این جریان چگونه است؟



۴- جهت نیروی الکترومغناطیسی بر سیم حامل جریان را در هر یک از شکل‌های ۳۵-۴ الف، ب و پ با استفاده از قاعده‌ی دست راست بیابید.



شکل ۳۵-۴

(۷۱)

۱- الف) آهنربا را از وسط با نخ آویزان می‌کنیم. پس از مدتی در راستای شمال و جنوب مغناطیسی می‌ایستد. طرف روبه شمال N و طرف دیگر S است. روش دیگر این که، آهنربایی که قطب‌های مشخص دارد به آن نزدیک و از روی اثر قطب‌های مغناطیسی بر یکدیگر، قطب‌ها مشخص می‌شود.

ب) آهنربای (۲) ضعیف‌تر است زیرا تراکم خطوط میدان مغناطیسی در نزدیکی قطب N آهنربای (۲) کمتر از آهنربای (۱) است.

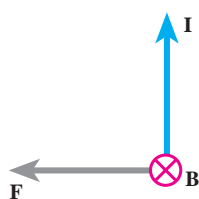
۲- با استفاده از قاعده‌ی سمت راست نوع بار را تعیین می‌کنیم. راستای سرعت بر مسیر حرکت، مماس است و جهت نیروی وارد بر بار مثبت و منفی برخلاف یکدیگرند، ذره‌ی ۱ مثبت و ۳ و ۴ منفی و چون ذره‌ی ۲ از مسیر منحرف نمی‌شود، خنثی می‌باشد.

۳- با استفاده از قاعده‌ی دست راست، جهت نیرو به سمت غرب است.

۴- الف) جهت نیرو به سمت داخل صفحه (درون سو) است.

ب) جهت نیرو به سمت بالا است.

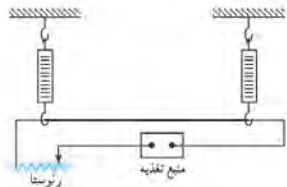
پ) جهت نیرو به سمت بالا است.



به سمت غرب

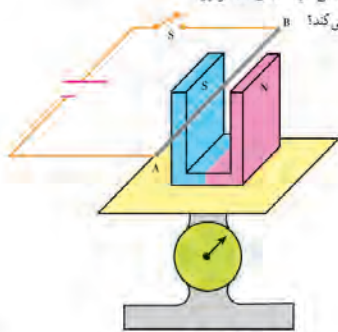
شکل (۷۲)

۸- یک سیم که حامل جریانی به شدت ۱۶ آمپر است، مطابق شکل ۴-۳۹ توسط دو نیروستنج قتری که به دو انتهای آن بسته شده است، به طور افقی و در راستای غرب به شرق قرار دارد. میدان مغناطیسی زمین را افقی و بکواخت و دقیقاً به سوی شمال با بزرگی  $0.5 \text{ mT}$  بگیرند. (الف) نیروی مغناطیسی وارد بر هر متر این سیم را تعیین کنید. (ب) اگر بخواهم نیروستنج‌ها عدد صفر را نشان دهند، چه جریانی و در چه جهتی باید از سیم عبور دهیم؟ جرم یک متر از طول این سیم  $8 \text{ g}$  است. ( $g = 10 \text{ N/kg}$ )



شکل ۳۹-۴

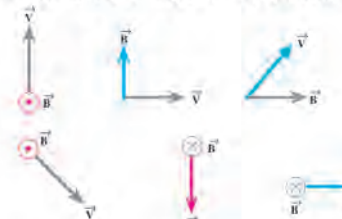
۹- یک آهنربای مغناطی شکل را روی کف یک ترازوی حساس قرار می‌دهیم. سیم  $AB$  را که مطابق شکل ۴-۴۰ در میان دو قطب آهنربا قرار دارد به وسیله یک کلید به دو پایانه‌ی یک باتری وصل می‌کنیم. آیا با بستن کلید عددی که ترازو



شکل ۴۰-۴

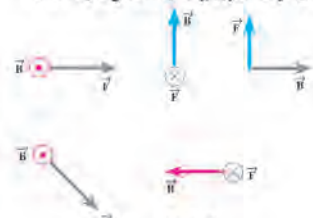
۱۷۳

۵- جهت نیروی وارد بر بار مثبت را در هر یک از نمودارهای شکل ۴-۳۶ تعیین کنید.



شکل ۳۶-۴

۶- نیروی  $\vec{F}$  وارد بر الکترونی که در میدان مغناطیسی  $\vec{B}$  در حرکت است در شکل ۴-۳۷ نشان داده شده است. در هر یک از حالت‌های نشان داده شده جهت سرعت الکترون را تعیین کنید. (فرض کنید راستای حرکت الکترون بر میدان مغناطیسی عمود است.)



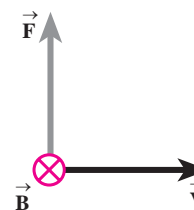
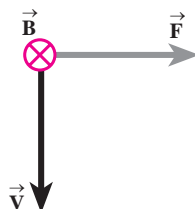
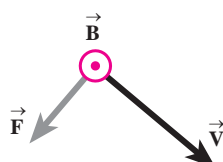
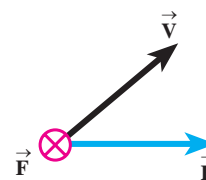
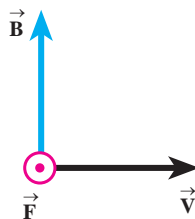
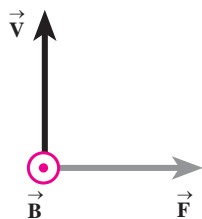
شکل ۳۷-۴

۷- سیم رسانای  $CD$  به طول  $2 \text{ m}$  مطابق شکل ۴-۳۸ عمود بر میدان مغناطیسی با اندازه‌ی  $0.5 \text{ T}$  قرار گرفته است. اگر نیروی الکترومغناطیسی وارد بر سیم برابر  $1 \text{ N}$  باشد، جهت و اندازه‌ی جریان عبوری از سیم را تعیین کنید.



شکل ۳۸-۴

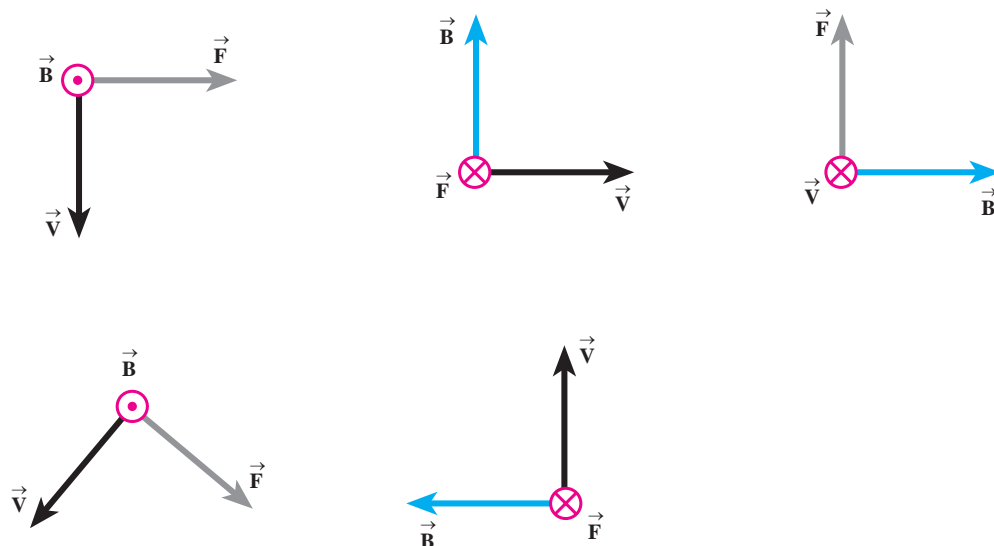
۱۷۴



شکل (۷۳)



۶-



شکل (۷۴)

۷-

$$F = BIl \sin \alpha \Rightarrow \sin \alpha = \frac{F}{B I l} = \frac{0.5}{18 \times 10^{-2} \times 16} = 0.17$$

$$\Rightarrow \alpha = 10^\circ$$

طبق قاعده‌ی دست راست جهت جریان از D به سمت C است.

$$F = BIl \sin \alpha$$

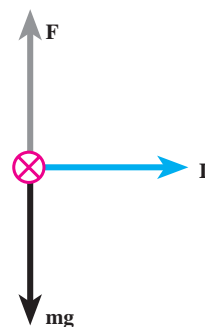
۸- الف)

$$F = 0.5 \times 10^{-2} \times 16 \times 1 \times 1 = 8 \times 10^{-4} \text{ N}$$

$$F = mg \Rightarrow BIl \sin \alpha = mg$$

$$0.5 \times 10^{-2} \times I \times 1 \times 1 = 8 \times 10^{-4} \times 10 \Rightarrow I = 160 \text{ A}$$

ب)



شکل (۷۵)

با توجه به شکل و قاعده‌ی دست راست، جهت جریان از غرب به سمت شرق است.

۹- با بستن کلید، طبق قاعده‌ی دست راست، جهت نیروی وارد بر سیم AB به سمت پایین است. اگر این نیرو عمل نامیده شود، عکس‌العمل آن نیرویی است که سیم بر آهنربا وارد می‌کند و جهت آن به سمت بالاست، در نتیجه ترازو عدد کمتری را نشان می‌دهد.

$$F = qvB \sin \theta \Rightarrow F = 1/6 \times 10^{-19} \times 4/4 \times 10^6 \times 18 \times 10^{-2} \times 0.8$$

۱۰- الف)

$$\Rightarrow F = 10^{-14} \text{ N}$$

$$F = ma \Rightarrow 10^{-14} = 1/7 \times 10^{-27} \times a$$

ب)

$$a = 5/88 \times 10^{12} \text{ m/s}^2$$

۱۱- راستای نیروی الکتریکی وارد بر یک الکترون متحرک همراستا با میدان الکتریکی است ( $\vec{F} = q\vec{E}$ ) و

راستای نیروی مغناطیسی وارد بر یک الکترون متحرک عمود بر راستای میدان مغناطیسی است.

$$B = \mu_0 \frac{NI}{2R} \Rightarrow B = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{200 \times 12}{5 \times 10^{-2}} \quad -12$$

$$B = 9/6 \pi \times 10^{-2} \text{ T}$$

$$B = \mu_0 nI = \mu_0 \frac{M}{L} I \Rightarrow B = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{250}{0/14} \times 0/8 \quad -13$$

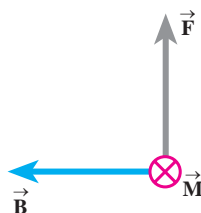
$$B = 5/7 \pi \times 10^{-2} \text{ T}$$

۱۴- چون جهت جریان الکتریکی در دو سیملوله مخالف یکدیگر است. جهت میدان مغناطیسی هر کدام از آنها نیز در نقطه‌ای M مخالف دیگری است و برای این که برآیند میدان مغناطیسی در نقطه‌ای M صفر شود این است که مقدار میدان‌های مغناطیسی دو سیملوله در این نقطه برابر باشد.

$$B_Q = B_R \Rightarrow \mu_0 \frac{N_P}{L_P} I_P = \mu_0 \frac{N_Q}{L_Q} I_Q \Rightarrow N_P I_P = N_Q I_Q$$

$$200 \times I_P = 300 \times 1 \Rightarrow I_P = \frac{3}{2} = 1/5 \text{ A}$$

۱۵- الف) جهت میدان مغناطیسی به سمت غرب است



$$F = qvB \sin \theta \Rightarrow 6/8 \times 10^{-14} = 1/6 \times 10^{-19} \times 2/4 \times 10^5 \times B \times 1$$

$$B = 1/77 \text{ T}$$

ب)

$$F = qE \Rightarrow 6/8 \times 10^{-14} = 1/6 \times 10^{-19} \times E$$

$$E = 4/25 \times 10^5 \text{ N/C}$$

۱۵- الکترونی با سرعت  $2/4 \times 10^5 \text{ m/s}$  در یک میدان مغناطیسی در حرکت است. نیرویی که از طرف میدان مغناطیسی بر این الکترون وارد می‌شود، هنگامی پهنیبه است که الکترون به سمت جنوب حرکت کند. الف) اگر این نیروی پهنیبه بالاسو و برابر  $6/8 \times 10^{-14} \text{ N}$  باشد، بزرگی و جهت میدان مغناطیسی را تعیین کنید. ب) چه میدان الکتریکی همین نیرو را ایجاد می‌کند؟ (بار الکتریکی الکترون  $1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$  است).

۱۶- کودکی یک قطعه‌ای کوچک فلز را پهنیبه است که در گلولی او گیر کرده است. پرنک با دستگاهی که در شکل ۴۲-۴ دیده می‌شود، می‌خواهد فلز را بیرون بیاورد.



شکل ۴۲-۴

الف) هنگامی که آهن‌ریز دائم به نوک ثابت آهنی نزدیک می‌شود چه اتفاقی می‌افتد؟

ب) آهن برای سباحتین نوک ثابت چه مزیتی دارد؟

ب) این وسیله را باید به درون گلولی کودک وارد و به سوی فلز پهنیبه شده هدایت کرد. چرا

غلاف باید انعطاف‌پذیر باشد؟

ت) پرنک می‌خواهد یک گیره‌ای آهنی کاغذ و یک واتر آلومینیومی را از گلولی کودک بیرون

بیاورد. کدامیک را می‌توان بیرون آورد؟ چرا؟

- ۱۶- الف) نوک ثابت آهنی به آهنربا تبدیل می‌شود.
- ب) آهن به علت این که ماده‌ی مغناطیسی نرم است خاصیت این را دارد که به سرعت تبدیل به آهنربا می‌شود و قادر خواهد بود قطعه‌ی بلعیده شده را جذب کرده و به بیرون بکشد.
- پ) به علت این که مجرای گلو دارای فرورفتنی و برآمدگی است.
- ت) گیره‌ی آهنی کاغذ را می‌توان بیرون آورد زیرا آهن ماده‌ی مغناطیسی است و به آهنربا جذب می‌شود.