

از قاعده‌ی بالا پیروی می‌کند.

### آزمایش

هدف: مشاهده‌ی راستای میدان مغناطیسی در فضای

سه‌بعدی

برای مشاهده‌ی میدان مغناطیسی در فضای سه‌بعدی می‌توان از آهنربای میله‌ای که در محفظه‌ای پر شده از محلول گلیسرین حاوی براده‌ی آهن است استفاده کرد. با قرار گرفتن آهنربای میله‌ای در این فضا با نگاه کردن به محفظه از جهت‌های مختلف خط‌های میدان مغناطیسی توسط براده‌های آهن در یک فضای سه‌بعدی نشان داده می‌شود.

براده‌های آهن بر روی منحنی‌هایی قرار می‌گیرند که این منحنی‌ها، خطوط میدان مغناطیسی هستند.

اشتباه‌های رایج: جهت میدان مغناطیسی آهنربا را می‌توان از قرار دادن عقربه مغناطیسی در اطراف آهنربا تعیین کرد که قطب S به قطب N عقربه، جهت میدان مغناطیسی در اطراف آهنربا را نشان می‌دهد.

اشتباهی که بین دانش‌آموزان ایجاد می‌شود برای آهنربای میله‌ای است که قطب S به قطب N آن را جهت میدان مغناطیسی می‌گیرند. با این تعریف می‌توان از این اشتباه رایج جلوگیری کرد:

جهت میدان مغناطیسی برای هر آهنربایی (اعم از عقربه مغناطیسی و یا هر آهنربای دیگر) در داخل آن از قطب S به قطب N است و در فضای اطراف آن از قطب N به قطب S است و همین جا می‌توان به خط‌های میدان مغناطیسی اشاره کرد که همواره به شکل منحنی‌هایی بسته هستند که جهت حلقه همواره



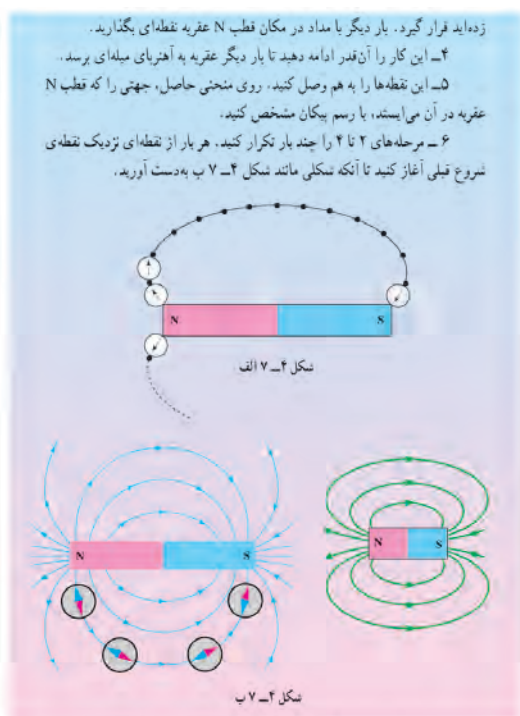
میدان مغناطیسی آهنربای میله‌ای در سه بعد

شکل (۱۲)



پرسش: خط‌های میدان مغناطیسی زمین در شکل (۱۳) نشان داده شده‌اند. میدان مغناطیسی زمین در قطب‌ها شدیدتر است یا خطوط استوا؟ پاسخ: مقدار میدان مغناطیسی در قطب‌ها بزرگ‌تر است. خط‌های میدان در قطب‌ها به یکدیگر نزدیک‌تر و فشرده‌ترند.

توجه: تراکم خط‌های میدان مغناطیسی (مانند خط‌های میدان الکتریکی) نشانگر بزرگ‌تر بودن کیت برداری  $B$  است.



با استفاده از مفهاری برآدمی آهن می‌توان طرحی از خط‌های میدان مغناطیسی یک آهن‌ربا تهیه کرد. برای این کار آزمایش ۳-۴ را انجام دهید.

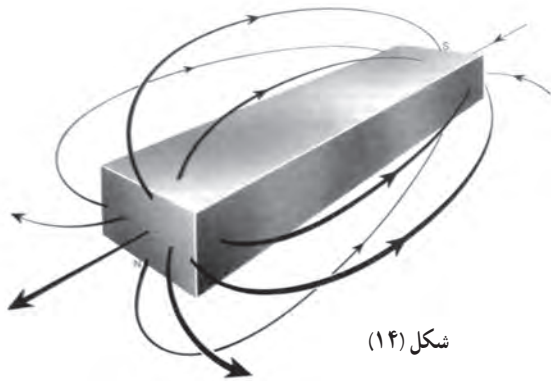
۱۴۵

راهنمای تدریس: آزمایش ۲-۴ و ۳-۴: می‌توان این آزمایش‌ها را همزمان انجام داد تا در عین این که دانش‌آموزان خط‌های میدان مغناطیسی را به صورت براده‌های آهن بر روی صفحه کاغذ مشاهده می‌کنند، با قرار دادن عقربه مغناطیسی در اطراف آهن‌ربای میله‌ای و رسم خطی که در نهایت مماس بر خط‌های ترسیم است، خط‌های میدان مغناطیسی را رسم کنند و آن را با شکل واقعی که در آزمایش ۳-۴ مشاهده می‌شود، تطبیق دهند. ابتدا توسط براده‌های آهن، خط‌های میدان مغناطیسی بدون جهت را مشخص کنند و سپس توسط عقربه‌ی مغناطیسی جهت این خط‌ها را معلوم کنند.



## فعالیت ۱۶

هدف: جمع‌بندی نتیجه‌ی آزمایش‌های ۲-۴ و ۳-۴ با قراردادن یک آهن‌ربای میله‌ای که دارای قطب S و N مشخص است بر روی صفحه‌ی کاغذ خط‌های میدان مغناطیسی و جهت آن را رسم کنید.



شکل (۱۴)

توجه: هنگام مشاهده‌ی خط‌های میدان مغناطیسی به وسیله براده‌های آهن بر روی یک کاغذ، به‌خاطر داشته باشید که فقط به قسمت کوچکی از میدان نگاه می‌کنید، زیرا این میدان در تمام اطراف آهنربا، در سه جهت گسترده است.

#### آزمایش ۳-۴

وسایلهای آزمایش: آهنربای میله‌ای، آهنربای نعلی‌شکل، براده‌ی آهن، یک صفحه‌ی شیشه‌ای یا مقوایی، یک نمک‌پاش (یا وسیله‌ی دیگری برای پاشیدن براده‌ی آهن).  
 ۱- آهنربای میله‌ای را روی میز قرار دهید و صفحه‌ی شیشه‌ای (یا مقوایی) را روی آن بگذارید.  
 ۲- به کمک نمک‌پاش براده‌های آهن را به‌طور بکثراخت به‌ضخامت خیلی کم روی شیشه بپاشید.  
 ۳- چند ضربه‌ی آرام به صفحه‌ی شیشه‌ای بزنید تا براده‌های آهن در راستای خط‌های میدان مغناطیسی قرار گیرند. طریقی که روی صفحه‌ی شیشه‌ای پدیدار می‌شود، نقشه‌ای از خط‌های میدان مغناطیسی یک آهنربای میله‌ای است.

#### پرسش ۱-۴

با استفاده از خاصیت القای مغناطیسی، توضیح دهید که چرا براده‌های آهن در آزمایش ۳-۴ در راستای خط‌های میدان مغناطیسی می‌ایستند.

میدان مغناطیسی یکتواخت: اگر خط‌های میدان مغناطیسی در ناحیه‌ای از فضا با یک‌دیگر موازی و هم‌فاصله باشند، بردار میدان مغناطیسی در همه‌ی نقطه‌های آن ناحیه، بزرگی و جهت ثابتی دارد. یک چنین میدان مغناطیسی‌ای را میدان مغناطیسی یکتواخت می‌نامند.  
 خط‌های میدان مغناطیسی مربوط به آهنرباها را که در وضعیت‌های مختلف به کمک براده‌های آهن به‌دست آمده است، در شکل ۸-۲ مشاهده می‌کنید.



شکل ۸-۲ خط‌های میدان مغناطیسی آهنرباها در وضعیت‌های مختلف

۱۴۶

#### پرسش ۱-۴

پاسخ: هر ذره‌ی براده‌ی آهن در اثر خاصیت القای مغناطیسی خود، تبدیل به یک آهنربای کوچک که دارای قطب‌های N و S است می‌شود و دقیقاً شبیه به یک عقربه‌ی مغناطیسی در میدان مغناطیسی آهنربا جهت‌گیری کرده و مماس بر خطوط میدان قرار می‌گیرد، چنین طریقی از ذره‌های براده‌های آهن معرف خطوط میدان مغناطیسی است.

### فعالیت ۱۷



از دانش‌آموزان می‌خواهیم در مورد مفهوم‌های بخش ۴-۲ که امروز یاد گرفته‌اند بر روی برگه توضیح‌هایی را بنویسند.

- میدان مغناطیسی
- خطوط میدان مغناطیسی و جهت آن در داخل و خارج یک آهنربا
- قوی‌تر بودن میدان مغناطیسی از روی چه عاملی قابل بررسی است؟
- از یکی از دانش‌آموزان هر گروه می‌خواهیم که جمع‌بندی نظرات گروهشان را بخواند و در نهایت با بحث و بررسی یک جمع‌بندی کلی از درس ارائه می‌شود.

## تعمیم آزمایش ۳-۴

روی کاغذ

وسایل لازم: آهنربای میله‌ای - کاغذ یا مقوا - سینی

پلاستیکی - موم یا شمع - نمک پاش و براده‌ی آهن

روش کار: کاغذ را موم اندود می‌کنیم، آهنربا را روی

سینی و کاغذ را روی آن می‌گذاریم و روی آن براده می‌پاشیم تا

شکل میدان مغناطیسی مشخص شود. به آرامی آهنربا را از زیر

کاغذ خارج می‌کنیم و سینی را در محل گرم قرار می‌دهیم تا موم

نرم شود و براده‌ها به آن بچسبند. بعد از سرد شدن طرح میدان

روی کاغذ ثابت می‌ماند.

آزمایش را با دو آهنربای میله‌ای انجام دهید.

الف) قطب‌های همنامشان نزدیک یکدیگر است.

ب) قطب‌های ناهمنامشان نزدیک یکدیگر است.

با پاشیدن براده‌های آهن بر روی صفحه‌ای که آهنرباها زیر

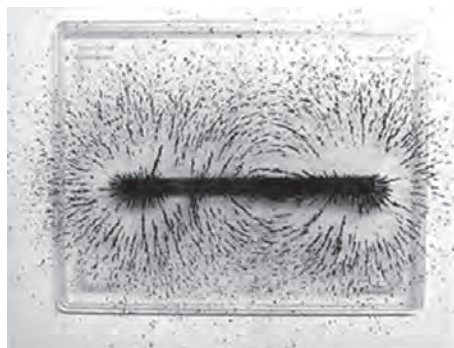
آن قرار دارند شکل‌های (ب) و (پ) کتاب مربوط به شکل ۴-۸

را مشاهده کرده و سپس خطوط میدان مغناطیسی را بر روی کاغذ

رسم کنید.

## آزمایش

روشی برای ثبت کردن طرح خط‌های میدان مغناطیسی



شکل (۱۵)

## فعالیت ۱۸



خط‌های میدان مغناطیسی میان دو قطب همنام S و S از دو آهنربای یکسان را رسم کنید و با انجام آزمایش

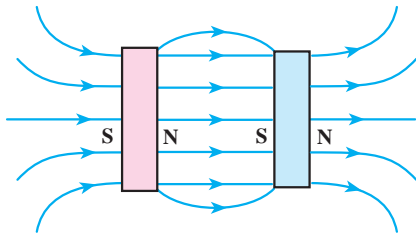
درستی پاسخ خود را بررسی کنید.

پاسخ: دقیقاً مشابه شکل کتاب قسمت (ب) خواهد بود.

## فعالیت ۱۹



با استفاده از تعریف میدان الکتریکی یکنواخت، تعریفی برای میدان مغناطیسی یکنواخت ارائه کنید و سپس تعریف میدان مغناطیسی یکنواخت را از روی کتاب بخوانید و بر روی مفهوم میدان مغناطیسی یکنواخت بحث و بررسی کرده و شکل خط‌های میدان مغناطیسی یکنواخت را رسم کنید و یک میدان مغناطیسی یکنواخت درست کنید.



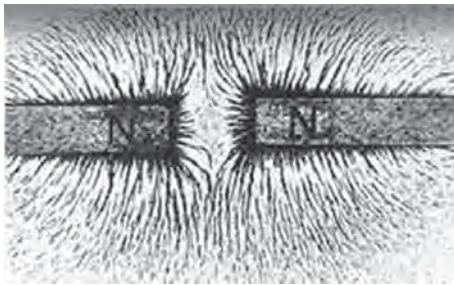
شکل (۱۶)

پاسخ: قطب‌های مخالف دو آهنربای میله‌ای (یا تخت) را به‌طور موازی مقابل یکدیگر قرار می‌دهیم. در فضای بین دو آهنربا، خط‌های میدان با یکدیگر موازی و هم‌فاصله‌اند و میدان مغناطیسی در این فضا یکنواخت است.

## فعالیت ۲۰



میدان یکنواخت

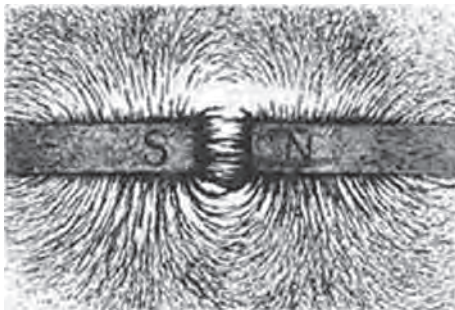


میدان یکنواخت  
شکل (۱۷)

در شکل (۱۷) ناحیه‌هایی را بیابید که خط‌های میدان مغناطیسی موازی با یکدیگرند.

پاسخ: مثلاً جایی که در قسمت بالا و پایین طرح، خط‌های میدان موازی و به یک فاصله از یکدیگر هستند.

## فعالیت ۲۱



شکل (۱۸)

در شکل (۱۸) منطقه‌هایی را شناسایی کنید که میدان مغناطیسی یکنواخت است.

پاسخ مورد انتظار: در فضای محدود و کوچک بین دو قطب S و N میدان مغناطیسی یکنواخت است.





شکل (۱۹)

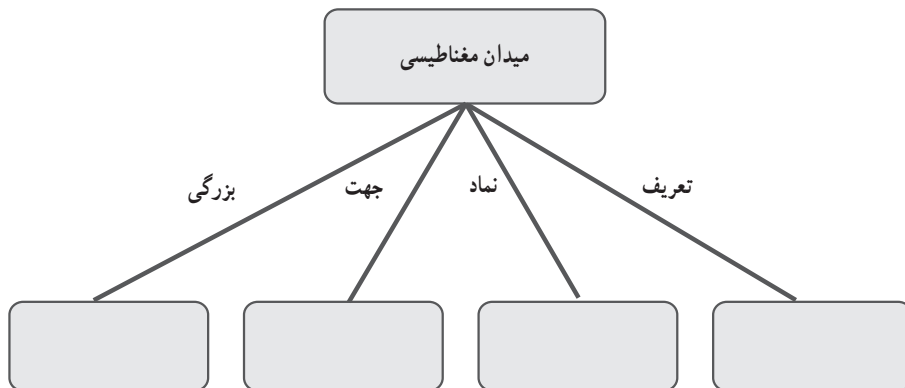
پرسش: شکل (۱۹) یک «آهنربای گاوی» را نشان می‌دهد. منظور از «آهنربای گاوی»، آهنربایی میله‌ای است که در شکمبه‌ی گاو قرار داده می‌شود. به نظر شما علت انجام این کار چیست؟

پاسخ: این آهنربا از رسیدن آهن پاره‌های بلعیده شده به طور تصادفی، به روده‌ی گاو جلوگیری می‌کند. براده‌های آهن در دوسر آهنربا امتداد خط‌های میدان مغناطیسی را آشکار می‌کنند.

## فعالیت ۲۲



یک نقشه‌ی مفهومی مربوط به این بخش رسم کنید. (آن را در گروه‌ها به بحث و بررسی می‌گذاریم)  
پاسخ: به عنوان مثال نقشه‌ی زیر پیشنهاد می‌شود.



### ۳-۴- تعریف میدان مغناطیسی با استفاده از نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی

هدف :

– بررسی اثر میدان مغناطیسی بر سیم حامل جریان  
– تعیین جهت نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی

– شناسایی عامل‌های مؤثر بر بزرگی نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی  
– تعریف بزرگی میدان مغناطیسی و یکای آن  
– آشنایی با کاربردهای اثر میدان مغناطیسی بر سیم حامل جریان

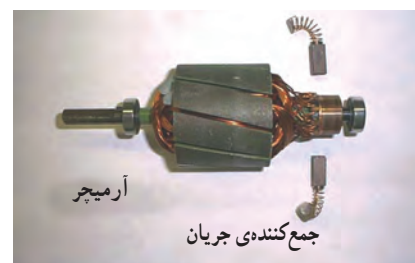
دانسته‌های قبلی :

– دانش آموزان با موتور الکتریکی به عنوان مبدل انرژی الکتریکی به مکانیکی و کاربردهای آن در بعضی از وسایل خانگی آشنا هستند.

ایجاد انگیزه : آرمیچر موجود در یکی از اسباب بازی‌هایی که در خانه داریم به کلاس می‌بریم و از دانش آموزان می‌خواهیم تا آن را با باتری به کار اندازند.

– پرسش‌هایی را در مورد تبدیل انرژی‌های آرمیچر مطرح می‌کنیم و کاربرد فراوان این نوع تبدیل انرژی را در زندگی روزمره یادآور می‌شویم.

– با این تذکر که در پایان این درس می‌توانیم نحوه‌ی عملکرد آرمیچر را توضیح دهیم مشغول تدریس می‌شویم.



الف)

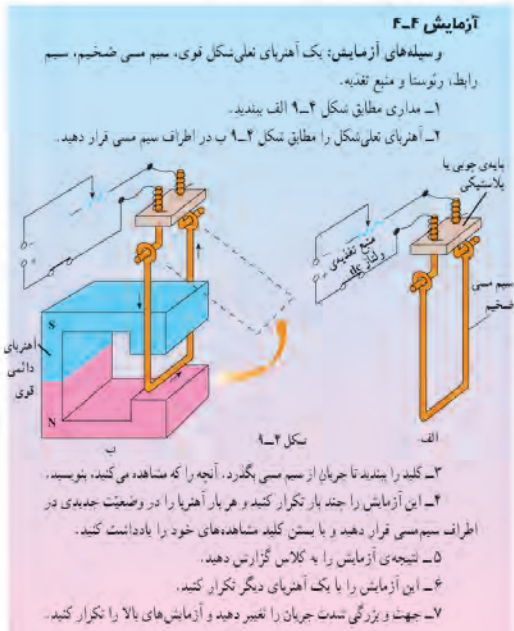


ب)

شکل (۲۰)

### ۴-۳- تعریف میدان مغناطیسی با استفاده از نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی

دیدیم که هرگاه یک عقربه‌ی مغناطیسی یا هر آهنربای دیگری در میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد، بر آن نیرو وارد می‌شود. در ادامه خواهیم دید که بر سیم‌های حامل جریان الکتریکی نیز در میدان مغناطیسی نیرو وارد می‌شود، بزرگی میدان مغناطیسی و یکای آن را می‌توان با استفاده از این اثر تعریف کرد. برای مشاهده‌ی این نیرو آزمایش زیر را انجام دهید.



راهنمای تدریس : درس را با مرور جهت میدان

مغناطیسی و جهت جریان الکتریکی آغاز می‌کنیم.

۱- از دانش آموزان می‌خواهیم با قرار دادن عقربه‌ی مغناطیسی در کنار آهنربا و مشاهده‌ی اثر آهنربا بر عقربه، در مورد علت آن توضیح دهند و جهت میدان مغناطیسی اطراف آهنربا را مشخص کنند.

۲- یک باتری و تکه‌ای سیم در اختیار گروه‌ها قرار می‌دهیم و می‌خواهیم تعیین کنند اگر دوسر سیم به باتری وصل شود جریان در سیم در چه جهتی خواهد بود؟

### آزمایش

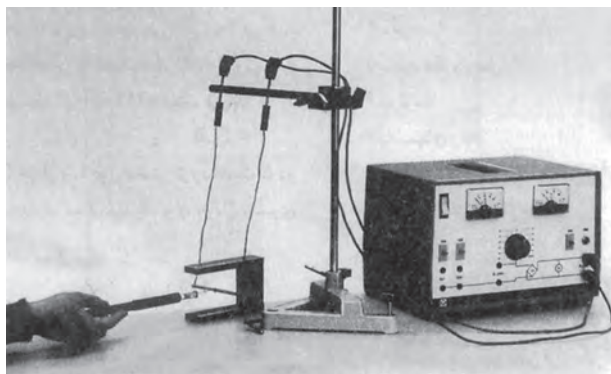
هدف : مشاهده‌ی اثر آهنربا و سیم حامل جریان

– تأثیر جهت جریان و جهت میدان مغناطیسی بر جهت

حرکت سیم حامل جریان

توجه: برای آنکه انحراف سیم حامل جریان به خوبی مشاهده شود باید نیروی اصطکاک در مقابل حرکت سیم را به حداقل ممکن برسانیم.

با تنظیم مدار مطابق شکل (۲۲) مشغول انجام آزمایش می‌شویم (یک نیروسنج حساس نیز نیاز داریم).



شکل (۲۲)

۱- مدار را به گونه‌ای می‌بندیم که جهت جریان الکتریکی و میدان مغناطیسی کاملاً مشابه آزمایش کتاب باشد.

۲- جهت میدان مغناطیسی بین قطب‌های آهن‌ریا را با بحث و گفت‌وگو مشخص می‌کنیم و در پای تخته آن را رسم می‌کنیم.

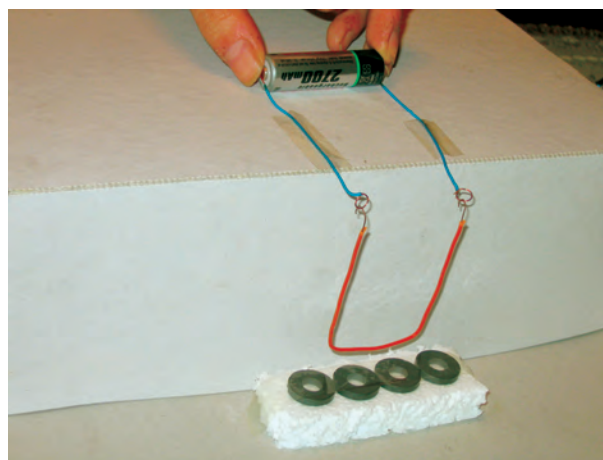


۳- سپس بند ۲ و ۳ آزمایش را انجام می‌دهیم.



در آزمایش شکل بالا پرسش‌های زیر را مطرح می‌کنیم:  
 ۱- جهت جریان الکتریکی را روی تخته رسم کنید. (در همین جا بهتر است بردارهای درون‌سو  $\otimes$  و برون‌سو  $\odot$  را معرفی کنیم)

۱- از دانش‌آموزان می‌خواهیم وسیله‌ها (بند ۳ قسمت آمادگی از قبل) را مطابق شکل (۲۱) بچینند و با برقراری جریان نتیجه‌ی مشاهده‌های خود را بیان کنند.



شکل (۲۱)

۲- از دانش‌آموزان می‌خواهیم با تعویض اتصال باتری جهت جریان را تغییر دهند و نتیجه را مشاهده و بیان کنند.

۳- از دانش‌آموزان می‌خواهیم با توجه به محل قطب‌های آهن‌ریاهای حلقوی، جهت میدان مغناطیسی را تغییر دهند و نتیجه را مشاهده و بیان کنند.

پاسخ: ۱- وقتی در سیم جریان برقرار می‌شود به حرکت درمی‌آید. یعنی بر آن نیرو وارد می‌شود.

۲- وقتی جهت جریان در سیم برعکس می‌شود، جهت حرکت (نیرو) آن نیز عوض می‌شود.

۳- وقتی جهت میدان مغناطیسی برعکس می‌شود، جهت حرکت (نیرو) سیم نیز برعکس می‌شود.

## آزمایش ۴-۴

هدف:

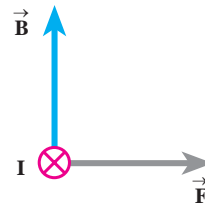
۱- تشخیص تأثیر جهت جریان و جهت میدان مغناطیسی بر جهت نیروی وارد بر سیم (استفاده از قاعده‌ی دست راست).  
 ۲- شناسایی عامل‌های مؤثر بر بزرگی نیروی وارد بر سیم حامل جریان و نتیجه‌گیری فرمول  $F = I l B \sin \alpha$ .

۱- به نحوه‌ی اتصال سیم‌های عمودی به سیم‌های افقی توجه کنید. در این روش اعمال کمترین نیرو موجب انحراف سیم‌ها می‌شود.



– جهت نیروی وارد بر سیم را روی تخته رسم کنید.  
 – زاویه‌ی بین راستای  $\vec{F}$  بر دو و راستای  $I$  و  $\vec{B}$  را

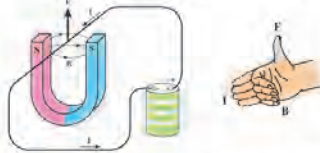
تعیین کنید.



رسم کمیت‌ها به شکل سه بعدی از یک نقطه

– اگر راستای میدان مغناطیسی و شدت جریان را از حالت عمود خارج کنیم مثلاً به جای زاویه‌ی  $90^\circ$ ، راستای آن‌ها را با زاویه‌ی کمتر از  $90^\circ$  تنظیم کنیم (حدود  $45^\circ$ ). در این حالت مشاهده‌های خود را در مورد حرکت سیم و راستای نیروی وارد بر سیم بیان کنید و نتیجه بگیرید که: اگر راستای  $I$  و راستای  $\vec{B}$  با هم زاویه بسازند باز هم راستای نیرو عمود بر آن‌هاست. و نکته‌ی دیگر آن که جهت آن به جهت  $I$  و  $\vec{B}$  بستگی دارد.  
 – در این مرحله قاعده‌ی دست راست را با روش پرسش و پاسخ به صورت شفاهی به کمک دانش‌آموزان معرفی می‌کنیم.

اورستد (فیزیکدان دانمارکی) با انجام آزمایش‌هایی مشابه آزمایش ۳-۴ و اندازه‌گیری دقیق تریبی که بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی وارد می‌شود، نشان داد که: نیرویی که در میدان مغناطیسی بر سیم حامل جریان الکتریکی وارد می‌شود، بر راستای جریان و نیز بر میدان مغناطیسی عمود است.  
 جهت نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی را می‌توان از قاعده‌ای به نام قاعده‌ی دست راست به این صورت پیش‌بینی کرد:  
 اگر دست راست خود را باز نگاه دارید و چهار انگشت را مطابق شکل ۴-۱ در جهت جریان بگیرید به طوری که اگر انگشتان خود را خم کنید، در جهت میدان مغناطیسی قرار گیرد. در این صورت، انگشت شست شما جهت نیروی وارد بر سیم حامل جریان را نشان خواهد داد.



شکل ۴-۱- قاعده‌ی دست راست برای تعیین جهت نیروی  $\vec{F}$  وارد بر سیم حامل جریان الکتریکی  $I$  در میدان مغناطیسی  $\vec{B}$

عامل‌های مؤثر بر نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی: بزرگی نیروی  $F$  که در میدان مغناطیسی بر سیم حامل جریان الکتریکی وارد می‌شود، به عامل‌های زیر بستگی دارد:  
 ۱- جریانی که از سیم می‌گذرد ( $I$ ): هرچه جریان بیش‌تر باشد، نیروی وارد بر سیم از سوی میدان مغناطیسی بیش‌تر خواهد بود.

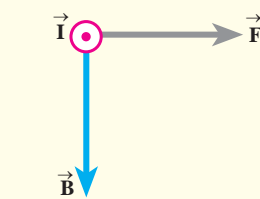
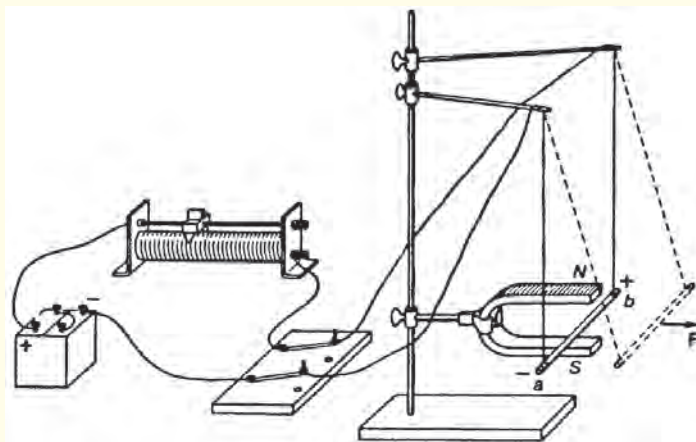
$$F \propto I$$

۲- طول قسمتی از سیم که در میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد ( $l$ ): هرچه طول بیش‌تری از سیم در میدان قرار گیرد، نیروی وارد بر آن بزرگ‌تر خواهد بود.

$$F \propto l$$

پرسش: در آزمایش کتاب جهت جریان الکتریکی و میدان مغناطیسی را بر عکس می‌کنیم. مطابق شکل (۲۳) جهت کمیت‌های  $I$  و  $\vec{B}$  و  $\vec{F}$  را با استفاده از رسم سه بعدی (درون سو و برون سو) مشخص کنید و با قاعده‌ی دست راست تطبیق دهید.

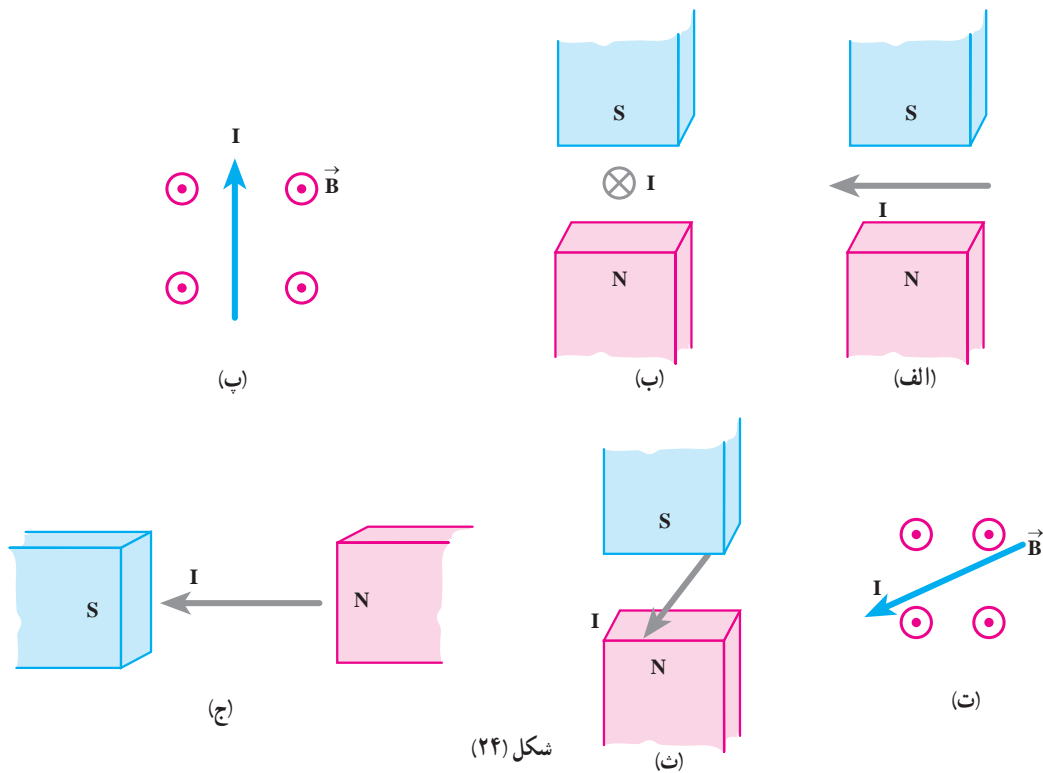
پاسخ: کاربرد تکثیر شده را در اختیار آن‌ها می‌گذاریم و از یکی از گروه‌ها می‌خواهیم پاسخ درست را برای کلاس شرح دهند.



شکل (۲۳)

## کاربرگ :

۱- در هریک از شکل‌های زیر با به‌کار بردن قاعده‌ی دست راست جهت نیروی وارد بر سیم حامل جریان را تعیین کنید.

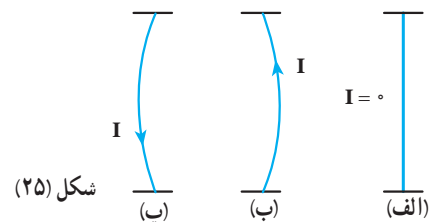


شکل (۲۴)

۲- شکل‌های ۴-۹ ب، ۴-۱۰ و ۴-۱۱ کتاب درسی را در گروه بررسی و سپس با استفاده از بردارهای درون‌سو و برون‌سو شکل‌های معادل هریک را رسم کنید.

۳- سیمی انعطاف‌پذیر مطابق شکل (۲۵-ب) و (۲۵-پ) حامل جریان و کمی خمیده شده است.

(الف) جهت میدان مغناطیسی را در هر شکل تعیین کنید. (ب) در هر شکل محل قرار گرفتن قطب‌های آهن‌ربا را مشخص کنید.

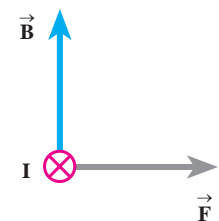


شکل (۲۵)

پاسخ کاربرگ :

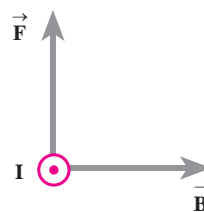
۱- الف) درون‌سو (ب) سمت راست (پ) سمت راست

(ت) سمت  
۲-  
۴-۹ ب



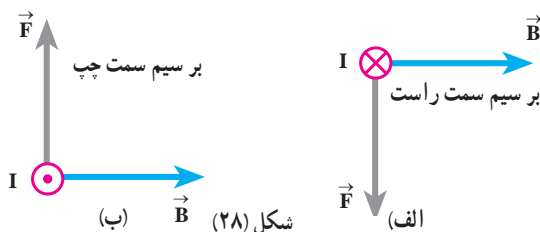
شکل (۲۶)

۴-۱۰



شکل (۲۷)

۴-۱۱ بر سیم بالایی و پایینی صفر است.



شکل (۲۸)

۳- در شکل الف : میدان هم راستای سیم است.

در شکل ب : B برون سو است.

در شکل پ : B درون سو است.

۳- میدان مغناطیسی ( $\vec{B}$ ) : نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان های مغناطیسی مختلف یکسان نیست. نیرویی که در میدان مغناطیسی یک آهنربای قوی تر بر سیم حامل جریان وارد می شود، بزرگ تر است. با استفاده از این واقعیت، می توانیم بزرگی میدان مغناطیسی را تعریف کنیم. اندازه ی میدان مغناطیسی را با B نمایش می دهند:

$$F \propto B$$

۴- سینوس زاویه ای که جریان با میدان مغناطیسی می سازد ( $\sin \alpha$ ) : نیروی وارد بر سیم حامل جریان در یک میدان مغناطیسی با سینوس زاویه ی بین راستای میدان و راستای جریان متناسب است.

$$F \propto \sin \alpha$$

تناسب های بالا را می توان با استفاده از ضرب تناسب k، به صورت زیر خلاصه کرد.

$$F = kBI \sin \alpha \quad (۱-۴)$$

با انتخاب یکای مناسب برای میدان مغناطیسی، می توان ضریب تناسب k را برابر یک گرفت. در نتیجه داریم

$$F = BI \sin \alpha \quad (۲-۴)$$

اگر جریان I و میدان B بر هم عمود باشند، داریم:

$$\sin \alpha = 1$$

در نتیجه، نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی عمود بر آن به قرار زیر است:

$$F = BI \quad (۳-۴)$$

این بیشترین نیروی است که میدان مغناطیسی B می تواند بر طول l از سیم حامل جریان I وارد کند. بنابراین، می توانیم اندازه ی میدان مغناطیسی B را با رابطه ی زیر تعریف کنیم.

$$B = \frac{F}{Il} \quad (۴-۴)$$

یعنی بزرگی میدان مغناطیسی در هر نقطه، برابری است با نیرویی که بر یک متر از طول سیم حامل جریانی به سمت یک آمپر که در راستای عمود بر میدان قرار گرفته باشد وارد می شود.

یکای میدان مغناطیسی، تسلا: رابطه ی ۴-۴ را برای تعریف یکای میدان مغناطیسی به کار می بریم. یکای میدان مغناطیسی در SI تسلا نام دارد و با نماد T نشان داده می شود.

بنا به تعریف، یک تسلا بزرگی میدان مغناطیسی است که در آن بر یک متر از سیمی که حامل جریان الکتریکی به سمت یک آمپر است و در راستای عمود بر میدان قرار دارد نیرویی به بزرگی یک نیوتون وارد شود. در نتیجه، می توانیم بنویسیم:

$$1 \text{ تسلا} = \frac{1 \text{ نیوتون}}{(1 \text{ متر}) \times (1 \text{ آمپر})}$$

پاسخ

چند آهنربای مشابه با آزمایش صفحه ی ۲۶۸ را به گونه ای

کنار یکدیگر قرار می دهیم که میدان مغناطیسی وسیع تر شده و طول بیشتری از سیم در میدان مغناطیسی قرار گیرد سپس با اندازه گیری نیرو به وسیله ی نیروسنج، نیروی وارد بر سیم را اندازه می گیریم.

پرسش: بین طول سیم (حامل جریان الکتریکی) قرار

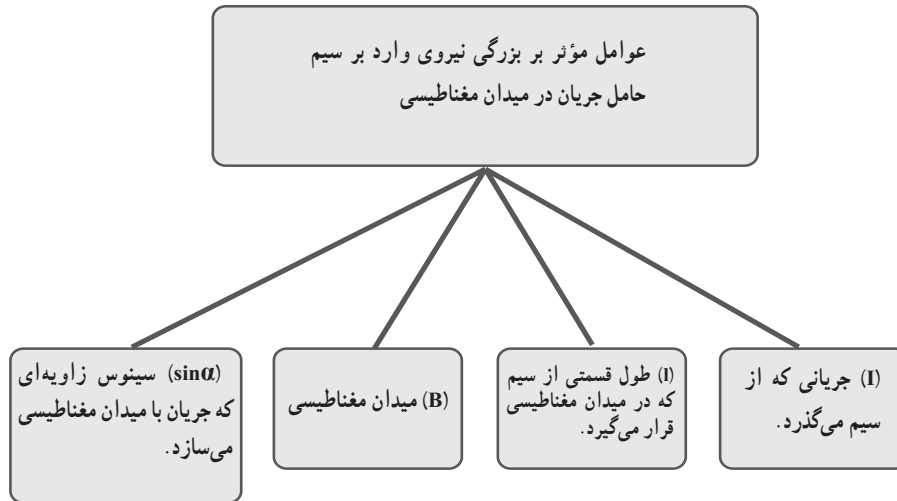
گرفته در میدان مغناطیسی و نیروی وارد بر آن رابطه ی  $F \propto L$  وجود دارد. آزمایشی طراحی کنید که به کمک آن بتوان اثر طول سیم بر نیرویی که از طرف میدان مغناطیسی بر سیم حامل جریان وارد می شود را بررسی کرد.

پرسش: سینوس زاویه ی بین سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی و راستای میدان مغناطیسی با نیروی وارد بر آن از طرف میدان متناسب است. آزمایشی طراحی کنید که به کمک آن بتوان اثر سینوس زاویه ی بین سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی و راستای میدان را تحقیق کرد.

پاسخ: می توان سیم حامل جریان را برای زوایای  $0^\circ$  و  $30^\circ$  و  $45^\circ$  و  $90^\circ$  درجه نسبت به راستای میدان مغناطیسی قرار داد و با یک نیروسنج دقیق مقدار نیروی وارد بر آن را اندازه گرفت.



نتیجه‌های آزمایش‌های این بخش را در نقشه‌ی مفهومی زیر ثبت و فرمول نهایی را نتیجه‌گیری کنید.  
(توضیح: هر کدام از قسمت‌ها را می‌توانیم به عنوان جای خالی بدهیم تا دانش‌آموزان پر کنند)



پرسش: در آزمایشی که برای شروع در کلاس به وسیله‌ی دانش‌آموزان انجام شد با مقایسه و انجام آزمایش برای دو حالت  $\alpha = 0^\circ$  و  $\alpha = 90^\circ$  از دانش‌آموزان می‌خواهیم که رابطه‌ای برای بیش‌ترین نیروی وارد بر سیم پیدا کنند.  
پرسش: از میان کمیت‌های I و l و B و F و  $\alpha$  کدام یک برای ما قابل اندازه‌گیری هستند؟  
پاسخ: همه به جز B

با این روش به مجهول مسئله که همان شناسایی بزرگی میدان مغناطیسی است می‌رسیم. و فرمول کتاب را با روش پرسش و پاسخ به سمت تعریف بزرگی میدان مغناطیسی هدایت می‌کنیم. به همین ترتیب، دانش‌آموزان را به سوی تعریف تسلا راهنمایی می‌کنیم.

## دانستنی



### نیکلا تسلا

در این دانستنی؛ تاریخچه‌ی کوتاهی از کارهای علمی تسلا بیان می‌شود.

در این دانستنی؛ تاریخچه‌ی کوتاهی از کارهای علمی گاوس بیان می‌شود.

پرسش: با توجه به در جدول (۲) میدان مغناطیسی روی سطح زمین و در اطراف آهنربای الکتریکی بزرگ آزمایشگاهی را برحسب گاوس محاسبه و آن‌ها را با هم مقایسه کنید.

جدول (۲)

میدان مغناطیسی (T)	جسم
$1 \times 10^{12}$	روی سطح هسته‌ی اتم
$1 \times 10^8$	روی سطح ستاره‌های نوترونی
۵	آهنربای الکتریکی بزرگ آزمایشگاهی
$3 \times 10^{-1}$	در لکه‌های خورشیدی
$1 \times 10^{-2}$	روی سطح خورشید
$1 \times 10^{-2}$	نزدیک قطب‌های آهنربای میله‌ای کوچک
$1 \times 10^{-4}$	نزدیک سیم‌کشی خانه
$5 \times 10^{-5}$	روی سطح زمین
$3 \times 10^{-6}$	در نور خورشید
$1 \times 10^{-6}$	نزدیک یخچال روشن
$1 \times 10^{-9}$	امواج رادیویی
$3 \times 10^{-10}$	تولید شده توسط بدن انسان

نسلا یکای بزرگی است. در کاربردهای عملی از یکای کوچکتری استفاده می‌کنیم که گاوس نام دارد و با نماد T نمایش داده می‌شود.

$$1T = 10^4 G$$

### مثال ۱-۴

یک سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی به بزرگی  $0.4 \text{ mT}$  در راستایی که با جهت میدان زاویه‌ی  $30^\circ$  می‌سازد، قرار دارد. اگر شدت جریانی که از سیم می‌گذرد ۵ آمپر باشد، نیروی مغناطیسی وارد بر یک متر از این سیم را محاسبه کنید. حل: بزرگی نیروی مغناطیسی برابر است با:

$$F = IIB \sin \alpha$$

$$F = 5 \times 1 \times 4 \times 10^{-4} \times \sin 30^\circ$$

$$F = 1 \times 10^{-3} \text{ N} = 1 \text{ mN}$$

### تمرین ۱-۴

سیم افقی مستقیم حامل جریانی در یک میدان مغناطیسی یکنواخت افقی که جهت آن از شمال به جنوب است، قرار دارد. جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم را تعیین کنید: (الف) اگر سیم در راستای شمال-جنوب و جریان آن از شمال به جنوب باشد. (ب) اگر سیم در راستای شرق-غرب و جریان آن از غرب به شرق باشد.

### فعالیت ۵-۴

آزمایشی را طراحی کنید که به کمک آن بتوان نیروی وارد بر سیم حامل جریان الکتریکی را اندازه‌گیری کرد.

۱۵۰

از دانش‌آموزان می‌خواهیم مثال ۱-۴ را در گروه خود حل و پاسخ خود را با کتاب مقایسه کنند و توجه دانش‌آموزان را به یکای mN جلب می‌کنیم.

تمرین: مسئله‌ای طرح کنید که برای حل آن از فرمول  $F = IIB \sin \alpha$  استفاده شود و مجهول مسئله غیر از F باشد.

### تمرین ۱-۴

پاسخ: الف)  $F = 0 \Rightarrow \sin \alpha = 0 \Rightarrow \alpha = 0^\circ$  یا  $180^\circ$  یا  $180^\circ$  یا  $0^\circ$  نیرو وارد نمی‌شود.

میدان مغناطیسی زمین را برحسب گاوس بنویسید. پاسخ:

$$5 \times 10^{-5} \text{ T} = 5 \times 10^{-5} \times 10^4 = 5 \times 10^{-1} \text{ G}$$

میدان مغناطیسی روی سطح زمین الکتریکی آزمایشگاه  $5 \text{ T} = 5 \times 10^4 \text{ G}$  در اطراف آهنربای الکتریکی آزمایشگاه

میدان مغناطیسی در اطراف آهنربای الکتریکی آزمایشگاه  $10^5$  برابر میدان مغناطیسی روی سطح زمین است.



(ب) نیرو به سمت پایین است.

توجه:

اشتباه‌های رایج: گاهی دانش‌آموزان راستای شمال - جنوب و بالا - پایین را با هم اشتباه می‌کنند و لازم است یادآور شویم که برای پاسخ به پرسش‌هایی نظیر تمرین ۴-۱ می‌توانند دو نمودار انتخاب کنند.

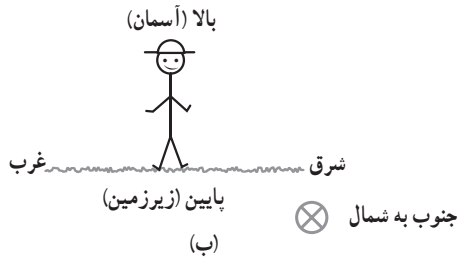
شمال

شرق ⊙ غرب

جنوب

بالا به پایین ⊗ (الف)

در مقایسه‌ی شکل‌های الف و ب می‌توانیم آدمی که یک کلاه حصیری بزرگ بر سر دارد را رسم کنیم و یا تذکر دهیم در شکل الف، آسمان روی صفحه‌ی کاغذ قرار دارد و صفحه‌ی کاغذ حکم سطح زمین را خواهد داشت پس در وسط شکل کلاه آدم که از بالا به آن نگاه می‌کنیم دیده می‌شود.



شکل (۲۹)

## فعالیت ۲۴

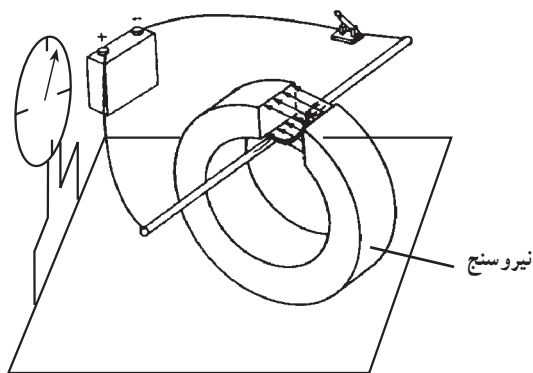


در شکل، سیم قابل انعطاف در میدان مغناطیسی قرار دارد و کلید باز است و جریانی از آن عبور نمی‌کند و سیم به پایین آویزان است. (چرا؟ - به دلیل نیروی گرانش) وقتی کلید را ببندیم چه اتفاقی برای سیم می‌افتد؟ (بحث کنید)  
پاسخ: سیم به سمت بالا کشیده می‌شود که این حالت تابع مقدارهای جریان - زاویه  $\alpha$  - طول سیم و شدت میدان مغناطیسی آهنربا است.

## فعالیت ۴-۵

با استفاده از شکل (۳۰) از گروه‌ها می‌خواهیم که پاسخی برای این فعالیت ارائه کنند.

پاسخ: برای اندازه‌گیری نیروی وارد بر سیم حامل جریان الکتریکی می‌توان از یک نیروسنج دیجیتال استفاده کرد بدین صورت که با وارد شدن نیرو بر سیم حامل جریان، نیرویی متقابلاً بر آهنربا (از طرف سیم) وارد می‌شود که تأثیر آن بر روی نیروسنج خواهد بود.



شکل (۳۰)