۲۰

نشر الگو

# تمام

تمرین امتحان

# فیزیک یازدهم

## تجربی

رضا خالو، امیرعلی میری

- درس‌نامهٔ کامل
- سؤالات تألیفی
- سؤالات مهارتی
- سؤالات امتحانی
- آزمون‌های شبیه‌ساز نهایی
- پاسخ‌های تشریحی

# پیشگفتار

**به نام خدا**

**سلام به شما یازدهمی‌های عزیز**

با برگزاری امتحانات نهایی و تأثیر آن بر آزمون ورودی دانشگاه‌ها، لزوم آماده‌سازی برای شرکت در این امتحان‌ها دوچندان شده است. کتاب تمام یازدهم را برای یاری رساندن به شما در این امر نوشته و به قسمت‌های زیر تقسیم کرده‌ایم.

### درس‌نامه

امتحان نهایی در درس فیزیک معمولاً شامل دو بخش است، یک **بخش حفظی** با سؤال‌های جای خالی، تعریف کنید، درست و نادرست و ... از متن کتاب و بخش دیگر **مسئله‌های محاسباتی**.

الف) برای بخش حفظی، در درس‌نامه تمام قسمت‌های حفظی و مهمِ متن کتاب درسی را تحت عنوان «خط به خط کتاب درسی» و شکل‌های مهم کتاب را به‌صورت «عکس و مکث» آورده‌ایم.

ب) برای بخش مسئله‌ها هم، در هر درس‌نامه، مثال‌های متعددی آورده‌ایم که آنها را تیپ‌بندی کرده‌ایم و نکته‌های مهم برای حل رو هم در پاسخ اون‌ها نوشته‌ایم.

### تمرین‌های تألیفی

در هر فصل بعد از درس‌نامهٔ کامل، یک‌سری تمرین و کار در منزل برای شما قرار دادیم تا با حل اون‌ها قدرت حل مسئله و آزمون دادن شما بالا بره. این تمرین‌ها شامل چند قسمت بوده یعنی یک مبحث رو به چند صورت از شما پرسیده‌ایم تا هم شما و هم همکار عزیز ما یعنی معلمتون خیالتون راحت باشه این نمونه سؤال رو یاد گرفته‌اید. همچنین مشخص کرده‌ایم که هر مسئله به کدام تیپ درسنامه مربوط است تا بتوانید با مطالعهٔ آن بخش، مسئله رو راحت‌تر حل کنید.

### تمرین‌های مهارتی

برای محکم‌کاری بیشتر در آخر هر فصل سؤالاتی با سطح بالاتر گذاشته شده که این سؤال‌ها کمی سخت‌تر هستند و مهارت شما رو در حل مسائل بالا می‌برند، اما پیشنهاد می‌کنیم که پس از مشورت با معلم این مسائل رو حل کنین.

## آزمایش‌های کتاب درسی

برای پاسخ‌گویی شما به سؤال مربوط به «آزمایش کنیدها» تمام آزمایش‌های کتاب را در یک جا جمع کرده و در قالب فصل به فصل در انتهای قسمت اول کتاب قرار داده‌ایم.

## گام نهایی

یک کتاب مستقل شامل:

الف) خلاصه هر فصل در یک صفحه شامل تمام روابط و مفاهیم مهم

ب) مسائل و پرسش‌های امتحان‌های نهایی و مشابه آنها با بارم‌بندی

پ) پاسخ کلیدی شبیه امتحانات آموزش و پرورش برای آموزش شما از نحوه به کارگیری فرمول‌ها و روابط برای گرفتن نمرهٔ کامل

## پاسخ تشریحی

حل تمام مسائل و تمرین‌ها به طور کاملاً تشریحی

در آخر باید بگیم این کتاب

**«تمام آن چیزی است که شما برای ۲۰ گرفتن لازم دارید»**

در پایان از تلاش صمیمانهٔ کارکنان نشر الگو به ویژه خانم زهره نوری ویراستار کتاب و خانم‌ها فاطمه کزازی و سوده زارعی که ویرایش این کتاب بی‌یاری ایشان امکان‌پذیر نبود و خانم ویدا محسنی برای تایپ و صفحه‌آرایی کتاب تشکر و قدردانی می‌کنیم.

**رضا خالو - امیرعلی میری**

# فهرست مطالب


## فصل اول: الکتریسیتهٔ ساکن

بخش اول: بار الکتریکی و ویژگی‌های آن ..... ۲
تمرین‌های بخش اول ..... ۸
بخش دوم: قانون کولن ..... ۱۱
تمرین‌های بخش دوم ..... ۱۷
بخش سوم: میدان الکتریکی ..... ۲۱
تمرین‌های بخش سوم ..... ۳۰
بخش چهارم: انرژی پتانسیل الکتریکی ..... ۳۵
تمرین‌های بخش چهارم ..... ۴۱
بخش پنجم: توزیع بار در رسانا - میدان الکتریکی داخل رسانا ..... ۴۴
تمرین‌های بخش پنجم ..... ۴۶
بخش ششم: خازن ..... ۴۸
تمرین‌های بخش ششم ..... ۵۳
تمرین‌های مهارتی ..... ۵۷

## فصل دوم: جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

بخش اول: جریان الکتریکی ..... ۶۲
تمرین‌های بخش اول ..... ۶۴
بخش دوم: مقاومت الکتریکی - قانون اهم ..... ۶۵
تمرین‌های بخش دوم ..... ۷۰
بخش سوم: نیروی محرکهٔ الکتریکی ..... ۷۴
تمرین‌های بخش سوم ..... ۷۶
بخش چهارم: توان در مدارهای الکتریکی - توان مصرفی باتری ..... ۷۸
تمرین‌های بخش چهارم ..... ۸۱
بخش پنجم: ترکیب مقاومت‌ها - به هم بستن مقاومت‌ها ..... ۸۲
تمرین‌های بخش پنجم ..... ۸۹
بخش ششم: تحلیل توان در مقاومت‌های متوالی و موازی ..... ۹۴
تمرین‌های بخش ششم ..... ۹۸
تمرین‌های مهارتی ..... ۱۰۰

## فصل سوم: مغناطیس و القای الکترومغناطیسی

بخش اول: مغناطیس - میدان مغناطیسی ..... ۱۰۴
تمرین‌های بخش اول ..... ۱۰۸
بخش دوم: نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی ..... ۱۱۰
تمرین‌های بخش دوم ..... ۱۱۵
بخش سوم: نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان ..... ۱۱۸
تمرین‌های بخش سوم ..... ۱۲۳
بخش چهارم: میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی ..... ۱۲۵
تمرین‌های بخش چهارم ..... ۱۳۰
بخش پنجم: میدان مغناطیسی ناشی از یک حلقه دایره‌ای حامل جریان ..... ۱۳۴
تمرین‌های بخش پنجم ..... ۱۳۶
بخش ششم: میدان مغناطیسی حاصل از سیملولهٔ حامل جریان ..... ۱۳۷
تمرین‌های بخش ششم ..... ۱۴۰
بخش هفتم: ویژگی‌های مغناطیسی مواد ..... ۱۴۲
تمرین‌های بخش هفتم ..... ۱۴۴
بخش هشتم: پدیدهٔ القای الکترومغناطیسی - شار مغناطیسی ..... ۱۴۶
تمرین‌های بخش هشتم ..... ۱۴۹

بخش نهم: قانون القای الکترومغناطیسی فاراده ..... ۱۵۱
تمرین‌های بخش نهم ..... ۱۵۴
بخش دهم: قانون لنز ..... ۱۵۷
تمرین‌های بخش دهم ..... ۱۶۰
بخش یازدهم: القاگرها ..... ۱۶۲
تمرین‌های بخش یازدهم ..... ۱۶۵
بخش دوازدهم: جریان متناوب ..... ۱۶۶
تمرین‌های بخش دوازدهم ..... ۱۷۰
تمرین‌های مهارتی ..... ۱۷۳

## آزمایش‌های کتاب درسی

آزمایش‌های فصل‌های ۱، ۲ و ۳ ..... ۱۷۸

## فصل چهارم: پاسخ تشریحی

پاسخ تمرین‌های فصل اول ..... ۱۸۰
پاسخ تمرین‌های فصل دوم ..... ۲۰۵
پاسخ تمرین‌های فصل سوم ..... ۲۳۰
پاسخ آزمایش‌های کتاب درسی ..... ۲۶۴

## کتاب درسی در یک قاب

خلاصه فصل اول ..... ۲۶۷
خلاصه فصل دوم ..... ۲۶۸
خلاصه فصل سوم ..... ۲۶۹

## شبیه‌ساز امتحان نهایی

شبیه‌ساز امتحان نهایی فصل اول ..... ۲۷۲
شبیه‌ساز امتحان نهایی فصل دوم ..... ۲۷۹
شبیه‌ساز امتحان نهایی فصل سوم ..... ۲۸۴

## آزمون‌های نیمسال

آزمون نیمساول اول (۱) ..... ۲۹۲
آزمون نیمساول اول (۲) ..... ۲۹۴
آزمون نیمساول اول (۳) ..... ۲۹۶

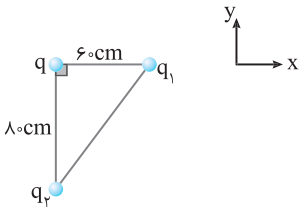
## آزمون‌های جامع

آزمون جامع (۱) ..... ۲۹۸
آزمون جامع (۲) ..... ۳۰۱
آزمون جامع (۳) ..... ۳۰۳
آزمون جامع (۴) ..... ۳۰۵

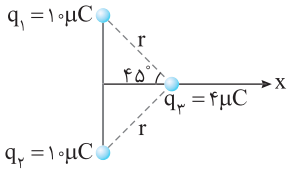
## پاسخ تشریحی

پاسخ شبیه‌ساز امتحان نهایی فصل اول ..... ۳۱۰
پاسخ شبیه‌ساز امتحان نهایی فصل دوم ..... ۳۱۵
پاسخ شبیه‌ساز امتحان نهایی فصل سوم ..... ۳۱۸
پاسخ آزمون نیمسال اول (۱) ..... ۳۲۴
پاسخ آزمون نیمسال اول (۲) ..... ۳۲۵
پاسخ آزمون نیمسال اول (۳) ..... ۳۲۷
پاسخ آزمون جامع (۱) ..... ۳۲۹
پاسخ آزمون جامع (۲) ..... ۳۳۰
پاسخ آزمون جامع (۳) ..... ۳۳۲
پاسخ آزمون جامع (۴) ..... ۳۳۳

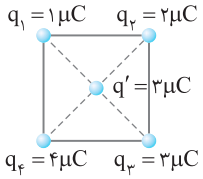
**۴۵** الف) در شکل روبه‌رو بردار نیروی خالص وارد بر بار $q=5\mu C$ در SI به صورت $\vec{F}=-\vec{i}-0/9\vec{j}$ است. مقدار و نوع بارهای $q_1$ و $q_2$ را به دست آورید. $(k=9\times10^9\,Nm^2/C^2)$ (تیپ ۲ - ۱۲)




ب) در شکل روبه‌رو نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار $q_3$ توسط دو بار الکتریکی $q_1$ و $q_2$ در SI به صورت $\vec{F}=4\sqrt{2}\,\vec{i}$ است. r را حساب کنید. $(k=9\times10^9\,Nm^2/C^2)$



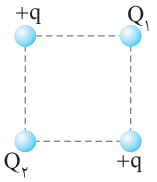

**۴۶** چهار بار مطابق شکل روبه‌رو در رأس‌های یک مربع به ضلع ۳۰cm قرار گرفته است. نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار $q'$ را در مرکز مربع حساب کنید. $(k=9\times10^9\,N.m^2/C^2)$ (تیپ ۲ - ۱۱)




**۴۷** در چهار رأس مربع، چهار بار نقطه‌ای مطابق شکل روبه‌رو قرار دارد. برایند نیروهای وارد بر بار $Q_1$ صفر است:

الف) علامت بار $Q_2$ را مشخص کنید.

ب) اگر $q=+4\mu C$ باشد، $Q_2$ برابر چند میکروکولن است؟



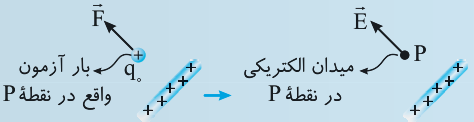

## بخش سوم: میدان الکتریکی

صفحهٔ ۱۰ تا ۱۹ کتاب درسی

**تعریف** میدان الکتریکی خاصیتی است که در اطراف هر جسم باردار ایجاد می‌شود به گونه‌ای که هر گاه جسم باردار دیگری در این فضا قرار گیرد، بر آن نیروی الکتریکی وارد می‌شود. این خاصیتی که در فضا به واسطه حضور بار q به‌وجود آمده است را میدان الکتریکی می‌گوییم. به طور مثال اگر بار q در مکانی قرار گیرد، در فضای اطراف خود خاصیتی به وجود می‌آورد که اگر بار مثبت $+q_1$ به آن نزدیک شود، آن را دفع می‌کند و اگر بار منفی $q_2$ به آن نزدیک شود بدون نیاز به تماس آن را جذب می‌کند.

### عکس‌ومکث کتاب

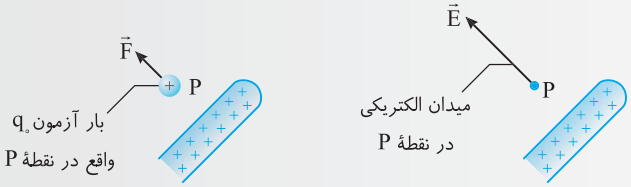
برای مشخص کردن جهت میدان الکتریکی در یک نقطه از فضا، در آن نقطه بار فرضی مثبت به نام بار آزمون* قرار می‌دهیم، جهت میدان الکتریکی در آن نقطه هم‌جهت نیروی الکتریکی وارد بر بار آزمون در آن نقطه است.

| جهت میدان الکتریکی اطراف بار منفی | جهت میدان الکتریکی اطراف بار مثبت |
|---|---|
| |  |



### خط‌به‌خط کتاب

۱ در شکل روبه‌رو چگونگی تعیین میدان الکتریکی در نقطهٔ P در مجاورت یک جسم باردار نشان داده شده است. نخست بار کوچک و مثبت $q_0$ موسوم به بار آزمون را در نقطه P قرار می‌دهیم و سپس نیروی الکتریکی $\vec{F}$ وارد بر آن را اندازه‌گیری می‌کنیم. آن‌گاه میدان الکتریکی $\vec{E}$ ناشی از جسم باردار را به‌دست می‌آوریم. ۲ $\vec{E}=\frac{\vec{F}}{q_0}$ میدان الکتریکی کمیتی برداری است. اندازهٔ آن برابر $E=\frac{F}{q_0}$ و جهت آن در جهت نیروی وارد بر بار آزمون است. ۳ یکای میدان الکتریکی در SI، $N/C$ است.




*- بار آزمون باید آنقدر کوچک باشد که توزیع بار جسم را بر هم نزند.

### • تیپ ۳ - ۱: مسائل ساده جای‌گذاری در فرمول

**مثال ۲۷**

ذره‌ای با بار $q=+۳\mu C$ در یک میدان الکتریکی قرار دارد و بر آن نیروی $۱۸N$ وارد می‌شود.

الف) میدان الکتریکی در محل این ذره را بیابید. / ب) اگر بار $q=-۵\mu C$ را در همان نقطه قرار دهیم، نیروی وارد بر آن از سوی میدان را حساب کنید. / پ) جهت نیروی وارد بر بار $-۵\mu C$ را با جهت میدان مقایسه کنید.

**راه‌حل** الف) با توجه به تعریف میدان الکتریکی:

$$E=\frac{F}{|q|}\Rightarrow E=\frac{۱۸}{۳\times۱۰^{-۶}}\Rightarrow E=۶\times۱۰^{۶}\,N/C$$

ب) اندازه نیروی وارد بر بار $q=-۵\mu C$ برابر است با:

$$F=|q|E\Rightarrow F=۵\times۱۰^{-۶}\times۶\times۱۰^{۶}\Rightarrow F=۳۰N$$

پ) جهت نیروی وارد بر بار منفی، خلاف جهت میدان الکتریکی است.

### • تیپ ۳ - ۲: نمایش بردارهای نیرو و میدان بر حسب $\vec{i}$ و $\vec{j}$

**مثال ۲۸**

بر بار $q=-۲\,mC$ در یک میدان الکتریکی نیروی $\vec{F}=۶\times۱۰^{-۴}\vec{i}-۸\times۱۰^{-۴}\vec{j}$ وارد می‌شود.

الف) میدان الکتریکی در محل بار q را بر حسب بردارهای $\vec{i}$ و $\vec{j}$ به‌دست آورید. / ب) بزرگی میدان الکتریکی چند نیوتون بر کولن است؟

**راه‌حل** الف) با توجه به تعریف میدان الکتریکی:

$$\vec{E}=\frac{\vec{F}}{q}\Rightarrow\vec{E}=\frac{۶\times۱۰^{-۴}\vec{i}-۸\times۱۰^{-۴}\vec{j}}{-۲\times۱۰^{-۳}}\Rightarrow\vec{E}=-۰/۳\vec{i}+۰/۴\vec{j}$$

ب) بزرگی میدان الکتریکی برابر است با:

$$|\vec{E}|=\sqrt{E_x^{۲}+E_y^{۲}}=\sqrt{(-۰/۳)^{۲}+(۰/۴)^{۲}}\Rightarrow|\vec{E}|=۰/۵\,N/C$$

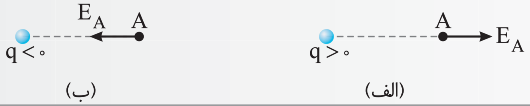
### میدان الکتریکی حاصل از بار نقطه‌ای

مطابق شکل اگر بار نقطه‌ای q در مکانی قرار گیرد، میدان حاصل از این بار در نقطهٔ M به فاصلهٔ r از آن، از رابطهٔ روبه‌رو به‌دست می‌آید:

$E=k\frac{q}{r^{۲}}$ ← میدان الکتریکی $(N/C)$ ← بار الکتریکی ایجاد کننده میدان $(C)$ / فاصله از بار الکتریکی $(m)$

**عکس‌ومکث کتاب**

با توجه به همان قاعده که جهت میدان الکتریکی در یک نقطه، هم‌جهت نیروی وارد بر بار آزمون در آن نقطه است، جهت میدان الکتریکی در نقطهٔ A به صورت زیر است:




### • تیپ ۳ - ۳: مسائل سادهٔ جایگذاری

**مثال ۲۹**

میدان الکتریکی بار نقطه‌ای $q=۵\mu C$ در فاصلهٔ r از آن، برابر $۵\times۱۰^{۵}\,N/C$ است. r را حساب کنید. $(k=۹\times۱۰^{۹}\,Nm^{۲}/C^{۲})$

**راه‌حل** در رابطهٔ $E=k\frac{q}{r^{۲}}$، مقدار بار و میدان را جایگذاری می‌کنیم تا r به‌دست آید:

$$q=۵\mu C=۵\times۱۰^{-۶}\,C$$

$$E=k\frac{q}{r^{۲}}\Rightarrow۵\times۱۰^{۵}=۹\times۱۰^{۹}\times\frac{۵\times۱۰^{-۶}}{r^{۲}}\Rightarrow r^{۲}=۹\times۱۰^{-۲}\Rightarrow r=۰/۳m$$

### • تیپ ۳ - ۴: مسائل نسبتی و درصدی

**مثال ۳۰**

میدان الکتریکی در فاصلهٔ ۱۵ متری یک بار نقطه‌ای $۴۰۰۰\,N/C$ است. فاصله از بار چه مقدار و در چه جهتی تغییر کند تا میدان الکتریکی $۹۰۰۰\,N/C$ شود؟

**راه‌حل** **نکته** طبق رابطهٔ میدان الکتریکی حاصل از بار q $(E=k\frac{q}{r^{۲}})$ میدان الکتریکی با اندازهٔ بار q نسبت مستقیم و با مربع فاصله از آن نسبت وارون دارد.

ابتدا رابطه میدان الکتریکی را برای دو حالت می‌نویسیم

$$E=k\frac{q}{r^{۲}}\Rightarrow۴۰۰۰=k\frac{q}{(۱۵)^{۲}},\quad ۹۰۰۰=k\frac{q}{r^{۲}}\xrightarrow{\text{تقسیم}}\frac{۴}{۹}=\frac{r^{۲}}{۱۵^{۲}}\Rightarrow\frac{۲}{۳}=\frac{r}{۱۵}\Rightarrow r=۱۰m$$

فاصلهٔ از بار باید $۱۵-۱۰=۵m$ تغییر کند و این تغییر در جهتی باشد که فاصله از بار کمتر شود یعنی باید $۵m$ به بار نزدیک شد.

**مثال ۳۱**

**میدان الکتریکی بار نقطه‌ای q در فاصلهٔ r ازآن برابر E اســت. اگر فاصله از بار ٪۵۰ افزایش یابد، برای آنکه میدان الکتریکی همچنان E باشــد، مقدار بار را چند درصد باید افزایش دهیم؟**

**راه‌حل** فاصلهٔ بار q از نقطه‌ای که میدان در آن خواسته شده، ۵۰ درصد افزایش یافته است بنابراین:

$$r' = r + \frac{۵۰}{۱۰۰} r = ۱/۵r$$

با توجه به صورت مسئله میدان الکتریکی در دو حالت یکسان فرض شده است، بنابراین:

$$E_۱ = E'_۲ \Rightarrow k\frac{q}{r^۲} = k\frac{q'}{r'^۲} \Rightarrow \frac{q}{r^۲} = \frac{q'}{(۱/۵r)^۲} \Rightarrow \frac{q}{r^۲} = \frac{q'}{۲/۲۵r^۲} \Rightarrow q' = ۲/۲۵q$$

درصد مقدار افزایش بار خواهد شد:

$$\frac{\Delta q}{q} \times ۱۰۰ = \frac{۲/۲۵q - q}{q} \times ۱۰۰ = ۱۲۵٪$$

- **تیپ ۳ - ۵: مسائلی که با دو معادله، دو مجهول حل می‌شود.**

**مثال ۳۲**

**اختلاف بزرگی میدان الکتریکی حاصل از بار نقطه‌ای q در فاصلهٔ ۴ و ۵ متری از آن برابر $۹N/C$ است. بزرگی میدان در فاصلهٔ ۱ متری از بار نقطه‌ای q چند نیوتون بر کولن است؟**

**راه‌حل** با توجه به رابطهٔ اندازهٔ میدان الکتریکی بار نقطه‌ای q در فاصلهٔ r، خواهیم داشت:

$$E = k\frac{|q|}{r^۲} \Rightarrow E_۱ = ۹\times۱۰^۹ \times \frac{|q|}{(۴)^۲}, \quad E_۲ = ۹\times۱۰^۹ \times \frac{|q|}{(۵)^۲} \Rightarrow \frac{E_۱}{E_۲} = \frac{۲۵}{۱۶} \Rightarrow E_۲ = \frac{۱۶}{۲۵} E_۱$$

با توجه به سؤال بزرگی میدان الکتریکی $۹N/C$ تغییر کرده و چون $E_۱ > E_۲$ است پس:

معادلهٔ دوم: $E_۱ - E_۲ = ۹N/C$

از طرفی داریم:

اکنون از معادلهٔ اول در معادلهٔ دوم جای‌گذاری می‌کنیم:

$$E_۱ - E_۲ = ۹ \Rightarrow E_۱ - \frac{۱۶}{۲۵}E_۱ = ۹ \Rightarrow \frac{۲۵E_۱ - ۱۶E_۱}{۲۵} = ۹ \Rightarrow E_۱ = ۲۵N/C$$

بنابراین میدان در نقطه‌ای به فاصلهٔ یک متری بار نقطه‌ای q که آن را $E_۳$ می‌نامیم، خواهد شد:

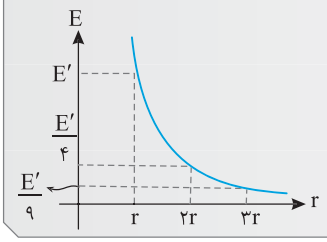
$$\frac{E_۳}{E_۱} = (\frac{r_۱}{r_۳})^۲ \Rightarrow \frac{E_۳}{۲۵} = (\frac{۴}{۱})^۲ \Rightarrow E_۳ = ۴۰۰N/C$$

## نمودار میدان الکتریکی برحسب فاصله از بار الکتریکی

**عکس و متن کتاب**

با توجه به رابطهٔ $E = k\frac{q}{r^۲}$ میدان الکتریکی بار نقطه‌ای با مربع فاصلهٔ از آن (r) نسبت وارون دارد، بنابراین

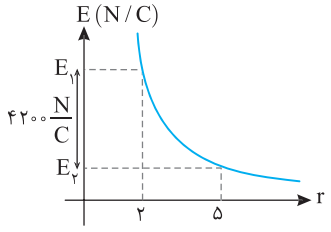
نمودار $E-r$ به صورت شکل روبه‌روست.




- **تیپ ۳ - ۶: مسئله‌های نموداری**

**مثال ۳۳**

**در شکل روبه‌رو نمودار میدان بار نقطه‌ای برحسب فاصله از بار رسم شده است. $E_۱$ را بیابید.**




**راه‌حل** با توجه به نمودار:

$$E_۱ - E_۲ = ۴۲۰۰N/C \quad (I)$$

$$E = k\frac{q}{r^۲} \Rightarrow \begin{cases} E_۱ = k\frac{q}{۲^۲} \\ E_۲ = k\frac{q}{۵^۲} \end{cases} \Rightarrow \frac{E_۱}{E_۲} = \frac{۲۵}{۴} \Rightarrow E_۲ = \frac{۴}{۲۵}E_۱ \quad (II)$$

از رابطهٔ (I) در رابطهٔ (II) جای‌گذاری می‌کنیم:

$$E_۱ - \frac{۴}{۲۵}E_۱ = ۴۲۰۰ \Rightarrow \frac{۲۱}{۲۵}E_۱ = ۴۲۰۰ \Rightarrow E_۱ = ۵۰۰۰N/C$$

**عکس‌ومکث کتاب**

۱ مولد وان‌دوگراف: وسیله‌ای است که با استفاده از تسمه‌ای متحرک، بار الکتریکی را بر روی یک کلاهک تو خالی فلزی جمع می‌کند.

۲ با توجه به اینکه میدان الکتریکی حاصل از بار q با مربع فاصله از آن رابطهٔ وارون دارد، هر چه از کلاهک مولد دورتر شویم، میدان الکتریکی ضعیف‌تر می‌شود و انحراف شعله‌های شمع تحت تأثیر میدان حاصل از کلاهک کمتر می‌شود.

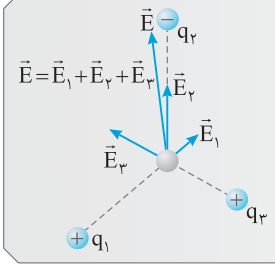
## برایند میدان‌های الکتریکی

**تعریف** **میدان الکتریکی ناشی از چند بار الکتریکی در نقطه‌ای از فضا، برابر مجموع میدان‌هایی است که هر بار در نبود سایر بارها در آن نقطه از فضا ایجاد می‌کند.**

$$\vec{E}=\vec{E}_1+\vec{E}_2+\cdots$$

**عکس‌ومکث کتاب**

منظور از برایند میدان الکتریکی این است که برای یافتن میدان الکتریکی خالص حاصل از چند ذرهٔ باردار در نقطه‌ای از فضا باید نخست میدان الکتریکی ناشی از هر ذره را در آن نقطه به‌دست آورد سپس این میدان‌ها را به صورت برداری با هم جمع کرد.

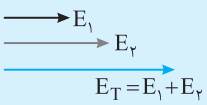
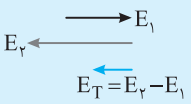
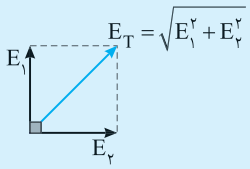



برای به‌دست آوردن میدان خالص ناشی از چند بار الکتریکی در یک نقطه:

۱ اندازهٔ میدان حاصل از هر یک از بارها در نقطهٔ مورد نظر را به کمک رابطهٔ $E=k\frac{|q|}{r^2}$ حساب می‌کنیم.

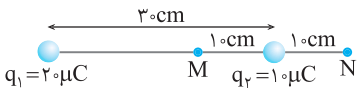
۲ جهت هر یک از میدان‌ها را مشخص می‌کنیم. (رسم می‌کنیم.)

۳ حال برایندگیری می‌کنیم:

| اگر دو میدان هم‌جهت باشند. | اگر دو میدان خلاف جهت هم باشند. | اگر دو میدان بر هم عمود باشند. |
|---|---|---|
|   |   |   |

**• تیپ ۳ - ۷: یافتن میدان الکتریکی دو یا چند بار واقع بر یک امتداد در یک نقطه**

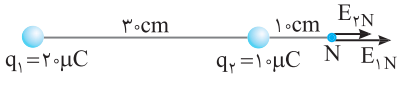
**مثال ۳۴**




**در شکل روبه‌رو:**

**میدان الکتریکی را خالص در نقطهٔ N بیابید.**

**راه‌حل** در حل این مسائل ابتدا باید بردار میدان الکتریکی هر بار را در نقطهٔ مورد نظر رسم کنید، تا مشخص شود که میدان‌ها را باید با هم جمع کرد یا از هم کم کرد.




$$E=k\frac{|q|}{r^2}\Rightarrow\begin{cases}E_{1N}=۹\times۱۰^۹\times\dfrac{۲۰\times۱۰^{-۶}}{(۴۰\times۱۰^{-۲})^۲}\Rightarrow E_{1N}=\dfrac{۴/۵}{۴}\times۱۰^۶\,N/C=۱/۱۲۵\times۱۰^۶\\ E_{2N}=۹\times۱۰^۹\dfrac{۱۰\times۱۰^{-۶}}{(۱۰\times۱۰^{-۲})^۲}\Rightarrow E_2=۹\times۱۰^۶\,N/C\end{cases}$$

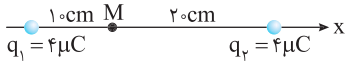
دو بردار میدان الکتریکی هم جهت هستند، بنابراین اندازه میدان الکتریکی خالص از جمع اندازهٔ آن‌ها به‌دست می آید.

$$E_{T_N}=E_{1_N}+E_{2_N}\Rightarrow E_{T_N}=۱/۱۲۵\times۱۰^۶+۹\times۱۰^۶\Rightarrow E_{T_N}=۱۰/۱۲۵\times۱۰^۶\,N/C$$

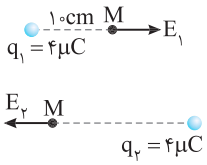
## • تیپ ۳ - ۸: میدان الکتریکی خالص برحسب بردارهای یکه

### مثال ۳۵

مطابق شکل، دو ذرهٔ باردار $q_1$ و $q_2$ در فاصلهٔ معینی از یکدیگر ثابت شده‌اند. بردار میدان الکتریکی برایند را در نقطهٔ M برحسب بردارهای یکه بنویسید. $(k=9\times10^9\ \frac{N.m}{C^2})$ نهایی - ۹۶




**راه‌حل** ابتدا میدان حاصل از بارهای $q_1$ و $q_2$ را به‌دست می‌آوریم:




$$E_1=k\frac{|q_1|}{r_1^2}=\frac{9\times10^9\times4\times10^{-6}}{100\times10^{-4}}=36\times10^5\ N/C \qquad E_2=k\frac{|q_2|}{r_2^2}=\frac{9\times10^9\times4\times10^{-6}}{400\times10^{-4}}=9\times10^5\ N/C$$

دو بردار خلاف جهت هم‌اند و چون $E_1>E_2$ بوده بزرگی میدان خالص از $E_1-E_2$ به‌دست می‌آید، پس میدان خالص در جهت $E_1$ و به سمت راست است:

$$E_T=|E_1-E_2|=36\times10^5-9\times10^5=27\times10^5\ N/C\Rightarrow\vec{E}_T=27\times10^5\,\vec{i}\,(N/C)$$

## • تیپ ۳ - ۹: محل یافتن نقطه‌ای که میدان الکتریکی در آن نقطه صفر است.

### مثال ۳۶

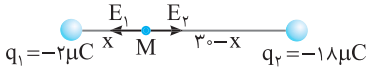
دو بار الکتریکی $q_1=-2\mu C$ و $q_2=-18\mu C$ در فاصلهٔ $30cm$ از هم قرار دارند. مشابه نهایی - ۹۳

الف) در چه فاصله‌ای از بار $q_1$، میدان الکتریکی صفر می‌شود؟

ب) اگر بار الکتریکی $q_2$، $+18\mu C$ باشد، در چه فاصله‌ای از بار $q_2$ میدان الکتریکی صفر می‌شود؟

**راه‌حل** الف) **نکته** میدان الکتریکی خالص روی خط وصل‌کنندهٔ دو بار همنام و نزدیک بار کوچک‌تر صفر می‌شود. به طور مثال $q_A$ و $q_B$ هم‌نام‌اند و $|q_B|<|q_A|$ است. میدان خالص در نقطهٔ M می‌تواند صفر شود.

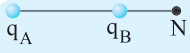
نقطه‌ای مانند M در فاصلهٔ x از بار $q_1$ را انتخاب کرده، اندازهٔ میدان الکتریکی و بار را با هم برابر قرار می‌دهیم.



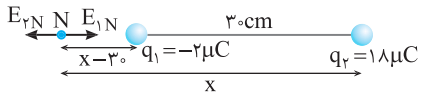

$$E_1=E_2\Rightarrow k\frac{|q_1|}{x^2}=k\frac{|q_2|}{(30-x)^2}\Rightarrow\frac{2\times10^{-6}}{x^2}=\frac{18\times10^{-6}}{(30-x)^2}$$

$$\frac{1}{x^2}=\frac{9}{(30-x)^2}\xrightarrow{\text{جذر می‌گیریم}}\frac{1}{x}=\frac{3}{30-x}\Rightarrow3x=30-x\Rightarrow4x=30\Rightarrow x=7/5cm$$

ب) **نکته** میدان الکتریکی خالص دو بار ناهمنام روی امتداد خط وصل‌کنندهٔ دو بار (خارج دو بار) و نزدیک بار کوچک‌تر صفر می‌شود. به طور مثال $q_A$ و $q_B$ ناهم‌نام‌اند و $|q_B|<|q_A|$ است، میدان خالص در نقطهٔ N برابر صفر است.




نقطهٔ N را در فاصلهٔ x از $q_2$ در نظر می‌گیریم و اندازهٔ میدان‌ها را برابر قرار می‌دهیم.



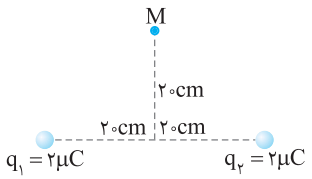

$$E_{1N}=E_{2N}\Rightarrow k\frac{|q_1|}{(x-30)^2}=k\frac{|q_2|}{x^2}\Rightarrow\frac{2\times10^{-6}}{(x-30)^2}=\frac{18\times10^{-6}}{x^2}$$

$$\frac{1}{(x-30)^2}=\frac{9}{x^2}\xrightarrow{\text{جذر می‌گیریم}}\frac{1}{x-30}=\frac{3}{x}\Rightarrow3x-90=x\Rightarrow2x=90\Rightarrow x=45cm$$

## • تیپ ۳ - ۱۰: در این نوع مسائل، میدان الکتریکی خالص را در نقطه‌ای خارج از امتداد خط وصل‌کننده دو بار بررسی می‌کنیم.

### مثال ۳۷

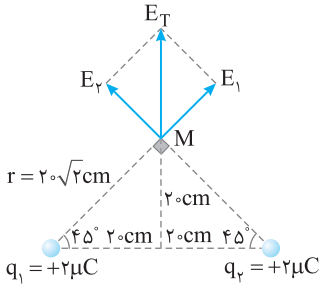
در شکل روبه‌رو اندازهٔ میدان الکتریکی خالص دو بار الکتریکی $q_1=q_2=2\mu C$ را روی عمودمنصف خط واصل دو بار در نقطهٔ M حساب کنید و جهت آن را نمایش دهید. $(k=9\times10^9\ Nm^2/C^2)$ نهایی - ۹۰




**راه‌حل** اندازهٔ بارهای $q_1$ و $q_2$ یکسان و فاصلهٔ آن‌ها از نقطه M با هم برابر است. از این‌رو میدان بارهای $q_1$ و $q_2$ در نقطهٔ M هم‌اندازه هستند:

$$E=k\frac{|q|}{r^2}\Rightarrow E_1=E_2=9\times10^9\times\frac{2\times10^{-6}}{(0/2\sqrt{2})^2}\Rightarrow E_1=E_2=\frac{9}{4}\times10^5\ N/C$$

میدان‌های $E_1$ و $E_2$ بر هم عمودند، بنابراین اندازهٔ میدان الکتریکی خالص در نقطهٔ M را می‌توان از رابطهٔ فیثاغورس به‌دست آورد.




$$E_{T_M}=\sqrt{E_1^2+E_2^2}\xrightarrow{E_1=E_2}E_{T_M}=\sqrt{2}E_1\Rightarrow E_{T_M}=\frac{9\sqrt{2}}{4}\times10^5\,N/C$$

## • تیپ ۳ - ۱۱: بردار میدان الکتریکی برحسب بردارهای $\vec{i}$ و $\vec{j}$

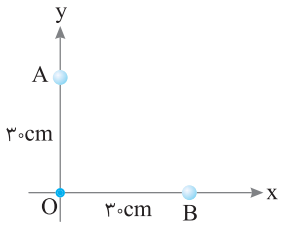
### مثال ۳۸

**در شکل روبه‌رو دو بار نقطه‌ای $6\,\mu C$ و $-8\,\mu C$ به ترتیب در نقاط A و B قرار دارند:**

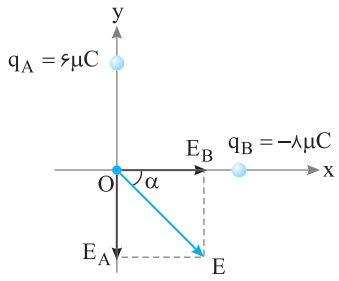
**الف) بردار میدان الکتریکی را در نقطهٔ O بر حسب بردارهای یکه بنویسید.**

**ب) اندازهٔ میدان را در نقطهٔ O حساب کنید.**

**پ) زاویه‌ای را که بردار میدان برایند با محور xها می‌سازد بیابید.**




**راه‌حل** الف) در نقطهٔ O یک بار مثبت فرضی در نظر می‌گیریم و به کمک آن جهت میدان بارهای $q_A$ و $q_B$ را در نقطهٔ O را مشخص می‌کنیم و میدان‌ها را به‌دست می‌آوریم:




$$E=k\frac{|q|}{r^2}\Rightarrow\begin{cases}E_A=9\times10^9\times\dfrac{6\times10^{-6}}{9\times10^{-2}}=6\times10^5\ \dfrac{N}{C}\\ E_B=9\times10^9\times\dfrac{8\times10^{-6}}{9\times10^{-2}}=8\times10^5\ \dfrac{N}{C}\end{cases}$$

در این صورت میدان برایند در نقطهٔ O خواهد شد:

$$\vec{E}=8\times10^5\,\vec{i}-6\times10^5\,\vec{j}$$

ب) $$|\vec{E}_O|=\sqrt{E_A^2+E_B^2}\Rightarrow|\vec{E}_O|=\sqrt{(6\times10^5)^2+(8\times10^5)^2}=|\vec{E}_O|=10^5\sqrt{36+64}=10^6\,N/C$$

پ) زاویه‌ای که بردار $\vec{E}$ با محور xها می‌سازد، برابر است با:

$$\tan\alpha=\frac{-6\times10^5}{8\times10^5}\Rightarrow\tan\alpha=\frac{-3}{4}\Rightarrow\alpha=180^\circ-37^\circ=143^\circ,\quad \alpha=-37^\circ$$

با توجه به جهت بردار میدان برایند در شکل $\alpha=-37^\circ$ قابل قبول است.

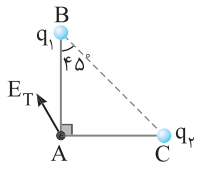
## • تیپ ۳ - ۱۲: تشخیص نوع بار از بردار میدان خالص

### مثال ۳۹

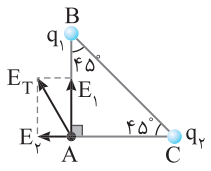
**در شکل روبه‌رو میدان خالص حاصل از دو بار $q_1$ و $q_2$ در نقطهٔ A رسم شده است.**

**الف) علامت بارهای $q_1$ و $q_2$ را مشخص کنید.**

**ب) اندازهٔ بارهای $q_1$ و $q_2$ را مقایسه کنید.**




**راه‌حل** ابتدا بردار $E_T$ را به مؤلفه‌های میدان $E_1$ و $E_2$ در امتداد ضلع‌های AB و AC تجزیه می‌کنیم. برای این منظور از پیکان $E_T$ خط‌هایی موازی راستای اضلاع AB و AC رسم می‌کنیم.




الف) میدان $E_1$ به سمت بار $q_1$ است پس باید بار $q_1$ منفی باشد.

ب) میدان $E_2$ به سمت خارج بار $q_2$ است پس باید بار $q_2$ مثبت باشد.

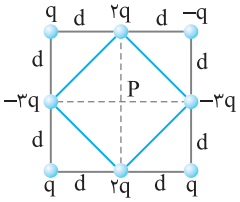
با توجه به اطلاعات شکل، مثلث ABC، متساوی‌الساقین است و فاصلهٔ بارهای $q_1$ و $q_2$ تا نقطهٔ A یکسان است اما $E_2<E_1$ است، بنابراین با توجه به رابطه $E=k\frac{|q|}{r^2}$ باید اندازهٔ بار $q_1$ از اندازهٔ بار $q_2$ بیشتر باشد.

$$E_2<E_1\xrightarrow{r_1=r_2}|q_1|>|q_2|$$

### • تیپ ۳ - ۱۳: حذف اثر میدان حاصل از یک بار، توسط بار دیگر

**مثال ۴۰**

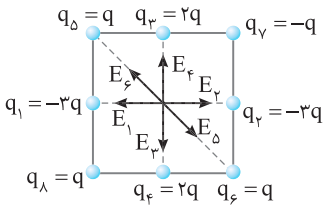
**شکل روبه‌رو آرایهٔ مربعی از بارهای الکتریکی است. میدان خالص حاصل از این بارها را در مرکز شکل در نقطهٔ P حساب کنید.**




**راه‌حل** بارهای $q_1$ و $q_2$ هم‌اندازه‌اند و در یک فاصله از نقطهٔ P قرار دارند، پس اثر میدان الکتریکی یکدیگر را خنثی می‌کنند.

همین اتفاق برای $q_3$ و $q_4$ نیز می‌افتد و این دو بار نیز اثر میدان الکتریکی هم را خنثی می‌کنند.

$q_5$ و $q_6$ نیز اثر میدان الکتریکی هم را خنثی کرده و تنها میدان‌های الکتریکی حاصل از بارهای $q_7$ و $q_8$ باقی می‌ماند. میدان این دو بار هم جهت بوده و با هم جمع می‌شوند.

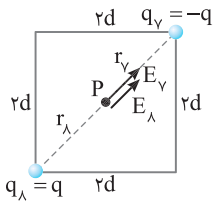



فاصلهٔ دو بار $q_7$ و $q_8$ از هم را حساب می‌کنیم.

$$\sqrt{(2d)^2+(2d)^2}=2\sqrt{2}d$$

اندازهٔ میدان هر بار در نقطه P را به‌دست می‌آوریم.

$$r_7=r_8=\frac{2\sqrt{2}}{2}d=\sqrt{2}d$$




$$E_7=E_8=k\frac{q}{(\sqrt{2}d)^2}=\frac{kq}{2d^2}$$

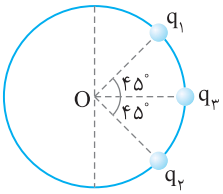
این دو میدان هم‌جهت هم‌اند و میدان خالص خواهد شد:

$$E_T=E_7+E_8=\frac{2kq}{2d^2}=\frac{kq}{d^2}$$

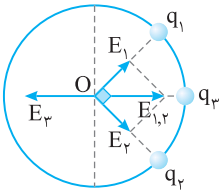
### • تیپ ۳ - ۱۴: صفر شدن میدان الکتریکی خالص برای بارهایی که در یک امتداد قرار ندارند.

**مثال ۴۱**

**در شکل روبه‌رو اگر $q_1=q_2=-4\mu C$ و میدان در مرکز دایره صفر باشد، $q_3$ چند میکروکولن است؟**




**راه‌حل** بردار میدان‌های بارهای $q_1$ و $q_2$ را رسم می‌کنیم. بارهای $q_1$ و $q_2$ هم‌اندازه‌اند و فاصلهٔ آن‌ها از O یکسان است، بنابراین $\vec{E}_1$ و $\vec{E}_2$ هم‌اندازه هستند و همان‌گونه که بیان شد برایند دو بردار هم‌اندازه روی نیم‌ساز آن‌ها قرار می‌گیرد. به شکل نگاه کنید $\vec{E}_{1,2}$ برایند $\vec{E}_1$ و $\vec{E}_2$ است، برای آن‌که میدان در نقطهٔ O صفر شود باید میدان $q_3$ در خلاف جهت $\vec{E}_{1,2}$ و هم‌اندازهٔ آن باشد.




اندازه میدان‌های $E_1$ و $E_2$ را در O به‌دست می‌آوریم:

$$E_1=E_2=k\frac{|q|}{R^2}$$

برایند آن‌ها را حساب می‌کنیم.

$$E_{1,2}=\sqrt{E_1^2+E_2^2}=\sqrt{2E_1^2}\Rightarrow E_{1,2}=\sqrt{2}E_1=\sqrt{2}k\frac{|q_1|}{R^2}$$

میدان $E_3$ را با $E_{1,2}$ برابر قرار می‌دهیم:

$$E_{1,2}=E_3\Rightarrow\sqrt{2}k\frac{|q_1|}{R^2}\Rightarrow k\frac{|q_3|}{R^2}\Rightarrow|q_3|=\sqrt{2}|q_1|\Rightarrow q_3=+4\sqrt{2}\mu C$$

## خطوط میدان الکتریکی

**تعریف** **برای رسم و تجسم میدان الکتریکی در فضای اطراف جسم باردار از خط‌های فرضی جهت‌داری موسوم به خطوط میدان الکتریکی استفاده می‌شود.**

خط به خط کتاب

### ویژگی‌های خطوط میدان

۱ خطوط میدان از بارهای مثبت خارج شده و به بارهای منفی وارد می‌شوند.

۲ در هر نقطه، بردار میدان الکتریکی باید مماس بر خط میدان الکتریکی عبوری از آن نقطه و در همان جهت باشد.

۳ در آرایشی از بارها خطوط میدان الکتریکی از بارهای مثبت شروع و به بارهای منفی ختم می‌شوند.

۴ میزان تراکم خطوط میدان در هر ناحیه از فضا نشان‌دهندهٔ اندازهٔ میدان در آن ناحیه است. هر جا خطوط میدان متراکم‌تر باشد، میدان قوی‌تر است.

۵ خطوط میدان هرگز یکدیگر را قطع نمی‌کنند، یعنی از هر نقطه فضا فقط یک خط میدان الکتریکی می‌گذرد.

## عکس‌ومکث کتاب

در شکل‌های زیر خطوط اطراف ذرهٔ باردار رسم شده است:

الف) خطوط را در جهت دور شدن از ذرهٔ باردار $+q$ است. (شکل (الف))

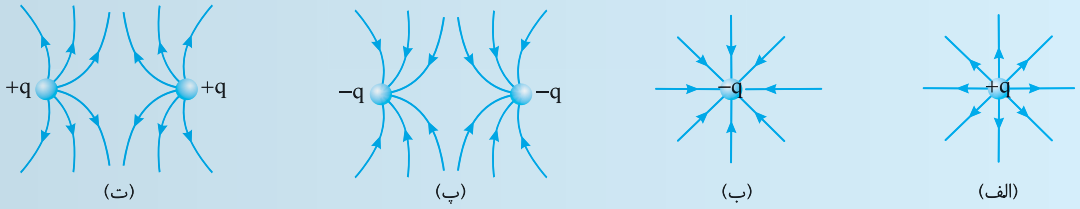
ب) خطوط به سمت ذرهٔ باردار $-q$ است. (شکل (ب))

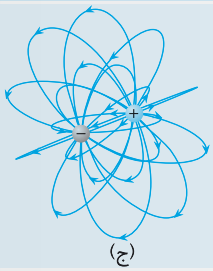
پ) دو ذره با بار منفی و بار یکسان یکدیگر را دفع می‌کنند. (شکل (پ))

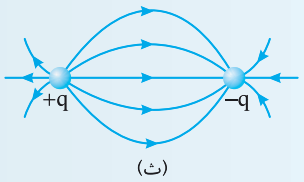
ت) دو ذره با بار مثبت یکسان یکدیگر را دفع می‌کنند. (شکل (ت))

ث) دو ذره با بارهای ناهمنام و یکسان یکدیگر را جذب می‌کنند. (شکل (ث))

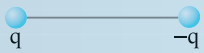
ج) خطوط اطراف دو ذره با بار ناهمنام و یکسان به صورت سه بعدی (شکل (ج))



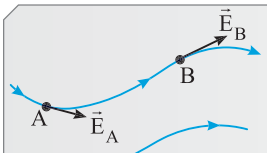




**تعریف** به دو بار الکتریکی ناهمنام با اندازه‌های یکسان که در فاصلهٔ مشخصی از هم قرار دارند دو قطبی الکتریکی گویند.



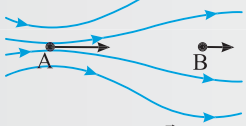

## عکس‌ومکث کتاب

الف) با توجه به ویژگی شماره ۲ خطوط میدان، میدان الکتریکی در هر نقطه برداری مماس بر خط میدان و هم‌جهت با آن است.

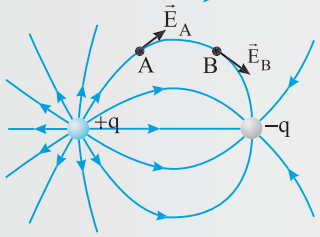


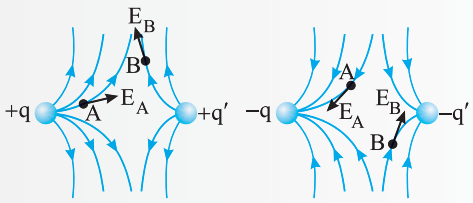

ب) با توجه به ویژگی شماره ۴ خطوط میدان، هر جا تراکم خطوط بیشتر باشد، میدان قوی‌تری است:

$E_A > E_B$



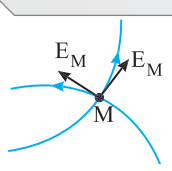

پ) با توجه به ویژگی شماره ۵ خطوط میدان، خطوط میدان یکدیگر را قطع نمی‌کنند. در شکل‌های زیر $|q|>|q'|$ است:




دقت کنید که اگر خطوط میدان یکدیگر را قطع کنند در محل تلاقی خطوط میدان، دو میدان الکتریکی خالص داریم، در واقع در یک نقطه از فضا دو میدان خالص داریم که این موضوع غلط است، پس خطوط میدان نمی‌توانند یکدیگر را قطع کنند.

پرسش‌های این قسمت معمولاً به صورت سؤالات مفهومی است.

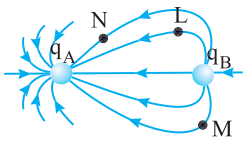


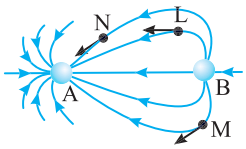

## مثال ۴۲

از کتاب درسی

**الف) جهت نیروی وارد بر بار $+q$ در نقاط M، N و L در شکل روبه‌رو را تعیین کنید.**

**ب) بزرگی A و B را با هم مقایسه کنید.**




**راه‌حل** الف) میدان الکتریکی در هر نقطه باید مماس بر خطوط میدان رسم شود و نیروی وارد بر بار مثبت q در جهت میدان الکتریکی است. بنابراین نیروی وارد بر بار $+q$ در نقاط گفته شده به شکل روبه‌روست.

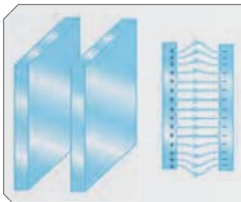
البته در جایی که تراکم خطوط بیشتر است میدان قوی‌تر است و بردار نیروی وارد بر بار باید بزرگ‌تر رسم شود.

ب) با توجه به اینکه تراکم بار اطراف A بیشتر است پس $|q_A|>|q_B|$

## میدان الکتریکی یکنواخت

**تعریف** میدان الکتریکی که در یک ناحیه از فضا، اندازه، راستا و جهت آن ثابت است، میدان الکتریکی یکنواخت نامیده می‌شود.

**خط به خط کتاب**



۱ در میدان الکتریکی یکنواخت بردار میدان در تمام نقاط هم‌اندازه و هم‌جهت است.
۲ خطوط میدان الکتریکی یکنواخت، خطوط راست با فاصله‌های یکسان هستند.
۳ برای ایجاد میدان الکتریکی یکنواخت از دو صفحه باردار با بارهای یکسان و ناهمنام استفاده می‌شود.

### • تیپ ۳ - ۱۵: ذره در حال تعادل در میدان الکتریکی

**مثال ۴۳**

**یک قطره روغن با دریافت ۵ الکترون دارای بار منفی شده است. این قطره درون یک میدان الکتریکی یکنواخت معلق است. اگر بزرگی میدان $10^5\,N/C$ باشد $(g=10\,N/kg,\ e=1/6\times10^{-19}\,C)$ الف) جرم قطره روغن را برحسب نانوگرم حساب کنید. / ب) جهت میدان الکتریکی را مشخص کنید.**

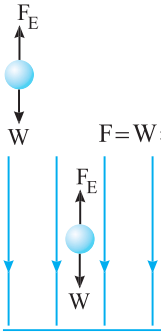
**راه‌حل** **نکته** اگر بار الکتریکی q در میدان الکتریکی $\vec{E}$ ناشی از اجسام باردار دیگر قرار گیرد، این میدان بر بار q نیروی $\vec{F}$ را وارد می‌کند که از رابطه $\vec{F}=q\vec{E}$ به‌دست می‌آید.

۱ اگر بار الکتریکی مثبت باشد، F و E هم‌جهت‌اند. ۲ اگر بار الکتریکی منفی باشد، F و E خلاف جهت هم‌اند.

الف) بر قطره روغن معلق دو نیرو وارد می‌شود.

۱ نیروی وزن روبه پایین $W=mg$ ۲ نیروی الکتریکی $F=qE$

نیروها متوازن هستند، بنابراین نیروی F باید رو به بالا و هم‌اندازهٔ نیروی وزن باشد.




$$F=W\Rightarrow qE=mg\xrightarrow{q=ne}5\times1/6\times10^{-19}\times10^{5}=m\times10\Rightarrow m=8\times10^{-15}\,kg\Rightarrow m=8\times10^{-15}\times10^{3}\times10^{9}\Rightarrow m=8\times10^{-3}\,ng$$

(برای تبدیل به نانو گرم: $10^9$، برای تبدیل به گرم: $10^3$)

ب) بر بار منفی در میدان الکتریکی نیرویی خلاف جهت میدان وارد می‌شود، به همین دلیل باید جهت میدان الکتریکی رو به پایین باشد تا بر قطره دارای بار منفی نیروی الکتریکی رو به بالا وارد شود.

### • تیپ ۳ - ۱۶: کاربرد قانون دوم نیوتون و بررسی شتاب ذره در میدان الکتریکی

**مثال ۴۴**

**در یک میدان الکتریکی یکنواخت با بزرگی $10^4\,N/C$ ذره‌ای با جرم ۵ میلی‌گرم و بار الکتریکی $10\,nC$ قرار می‌دهیم و ذره را رها می‌کنیم.**
**الف) نیروی الکتریکی وارد بر ذره را بیابید. / ب) شتاب حرکت ذره در میدان الکتریکی با صرف نظر از تأثیر نیروی وزن حساب کنید.**

**راه‌حل** الف)

$$F=qE\Rightarrow F=10\times10^{-9}\times10^{4}\Rightarrow F=10^{-4}\,N$$

ب) به کمک قانون دوم نیوتون شتاب حرکت را به‌دست می‌آوریم.

$$F=ma\Rightarrow10^{-4}=5\times10^{-3}\times10^{-3}\times a\Rightarrow a=20\,m/s^2$$

(برای تبدیل به گرم: $10^{-3}$، برای تبدیل به kg: $10^{-3}$)

**خط به خط کتاب**

۱ تولید مثل برخی از گل‌ها به زنبور عسل وابسته است. گرده‌ها به واسطهٔ میدان الکتریکی از یک گل به زنبور و از زنبور به گل دیگر منتقل می‌شوند.

۲ رسوب‌دهندهٔ الکتروستاتیکی (ESP) دود و غبار را از گازهای زائدی که از دودکش کارخانه‌ها و نیروگاه‌ها بالا می‌آید جدا می‌سازد.
شکل روبه‌رو تأثیر استفاده از این رسوب‌دهنده‌ها در کاهش آلودگی هوا را نشان می‌دهد.

## تمرین‌های بخش سوم

در این بخش نمونه سؤالاتی که احتمال طرح در امتحان نهایی دارن، برات آماده کردیم تا خوب تمرین کنی.
شمارهٔ تیپ هر سؤال کنارش اومده که اگه نتونستی حل کنی بتونی از درسنامه اون تیپ رو مطالعه کنی.

**۴۸** درست یا نادرست بودن عبارت‌های زیر را با کلمهٔ درست و نادرست مشخص کنید. از کتاب درسی

الف) نیروی الکتریکی وارد بر یک ذرهٔ باردار درون میدان الکتریکی، هم‌جهت با بردار میدان الکتریکی است.

ب) خطوط میدان الکتریکی از بار مثبت خارج و به بار منفی وارد می‌شود و ممکن است خطوط میدان الکتریکی یکدیگر را قطع کنند.

پ) میدان الکتریکی در هر نقطه بر خط میدان مماس است.

ت) زنبور عسل گرده‌ها را به کمک میدان الکتریکی منتقل می‌کند.

ث) میدان الکتریکی کمیتی است که نیروی الکتریکی وارد بر بار الکتریکی مثبت در یک نقطه را تعیین می‌کند.

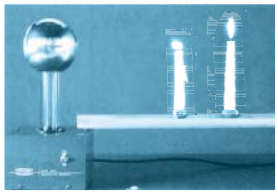
ج) میدان الکتریکی بین دو صفحهٔ موازی با بارهای مساوی و ناهمنام یکنواخت است.

چ) تراکم خطوط میدان الکتریکی نشان دهندهٔ جهت میدان الکتریکی است.

**۴۹** الف) میدان الکتریکی را تعریف کنید. از کتاب درسی

ب) یکای میدان الکتریکی در SI را نام ببرید.

**۵۰** درستی یا نادرستی گزاره‌های زیر را با توجه به شکل مشخص کنید. مثال ۱ – ٦، صفحهٔ ۱۲ کتاب درسی

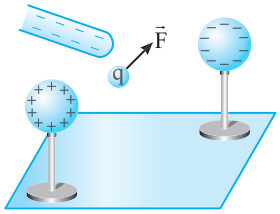


الف) وسیله‌ای که روی کلاهک آن بار ایجاد می‌شود را مولد وان‌دوگراف گویند.

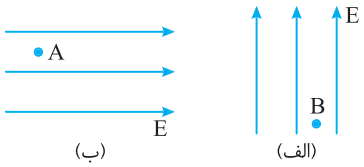
ب) با توجه به انحراف شعله‌ها مشخص می‌شود، میدان الکتریکی حاصل از بار الکتریکی با دور شدن از بار کاهش می‌یابد.

پ) کلاهک باعث جذب یون منفی شعله‌ها به سمت خود و انحراف شعله‌ها می‌شود.

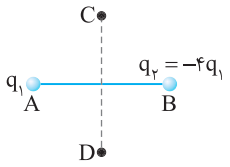
**۵۱** در شکل روبه‌رو بر بار آزمون $q_0 = ۴\times۱۰^{-۸}\,C$ تحت تأثیر میدان ناشی از دو گوی و یک میلهٔ باردار نیرویی برابر $F = ۹\times۱۰^{-۵}$ در جهت نشان داده شده وارد می‌شود. میدان الکتریکی در محل بار آزمون را تعیین کنید. (تیپ ۳ - ۱) مثال ۱ – ۵، صفحهٔ ۱۰ کتاب درسی




**۵۲** در شکل روبه‌رو بزرگی میدان‌های (الف) و (ب) یکسان است. اگر در این میدان‌ها در نقاط A و B به‌ترتیب بارهای $+q$ و $-q$ قرار دهیم جهت نیرویی که به این بارها وارد می‌شود را مشخص کنید و اندازهٔ نیرویی که به آن‌ها وارد می‌شود را با هم مقایسه کنید. مسئلهٔ ۷، صفحهٔ ۳٦ کتاب درسی



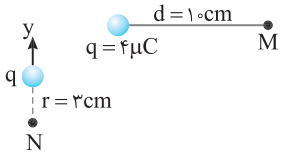

**۵۳** دوبار $q_1$ و $q_2$ در مکان‌های A و B قرار گرفته‌اند:




الف) جهت میدان حاصل از بار $q_1$ را در نقاط B، C و D رسم کنید. $(q_1 > ۰)$

ب) جهت میدان حاصل از بار $q_2$ را در نقاط A، C و D رسم کنید.

**۵۴** الف) بزرگی میدان الکتریکی حاصل از بار $q = ۴\mu C$ در نقطهٔ M را به‌دست آورید و جهت آن را در شکل رسم کنید. $(k = ۹\times۱۰^۹\,Nm^۲/C^۲)$ (تیپ ۳ - ۳) مثال ۱ – ٦، صفحهٔ ۱۲ کتاب درسی




ب) میدان حاصل از بار q در نقطهٔ N به صورت $\vec{E} = ۱۰^۴\,\vec{j}$ است. مقدار بار و علامت بار q را مشخص کنید.

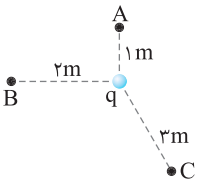
**۵۵** ذره‌ای با بار q، میدانی الکتریکی ایجاد می‌کند. در نقطهٔ P واقع در $۰/۳٦m$ در شرق این ذره، بزرگی میدان الکتریکی برابر است با $۴۰N/C$ و جهت آن به سمت شرق است. در نقطه‌ای به فاصلهٔ $۳٦m$ واقع در غرب این ذره، اندازه و جهت میدان را مشخص کنید. (تیپ ۳ - ۳)

**۵۶** شعاع هستهٔ اتم روی $(_{۳۰}Zn)$ در حدود $۶\times۱۰^{-۱۵}\,m$ است. $(k = ۹\times۱۰^۹\,N.m^۲/C^۲)$ (تیپ ۳ - ۳) تمرین ۱ – ٤، صفحهٔ ۱۳ کتاب درسی

الف) بزرگی نیرویی که دو پروتون یک هسته در فاصلهٔ $۶\times۱۰^{-۱۵}\,m$ به هم وارد می‌کنند را به‌دست آورید. $(e = ۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\,C)$

ب) میدان حاصل از هستهٔ این اتم در فاصلهٔ یک پیکومتری از مرکز هسته را حساب کنید.

**۵۷** مطابق شکل ذره‌ای با بار الکتریکی $q=۲\mu C$ در اختیار داریم. $(k=۹\times۱۰^{۹}\,Nm^{۲}/C^{۲})$




الف) اندازه و جهت میدان حاصل از این بار را در نقاط A، B و C مشخص کنید.

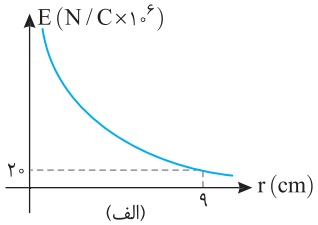
ب) نمودار میدان الکتریکی بر حسب فاصله از بار q را رسم کنید و روی این نمودار میدان در نقاط A، B و C را مشخص کنید. (تیپ ۳ - ۶)

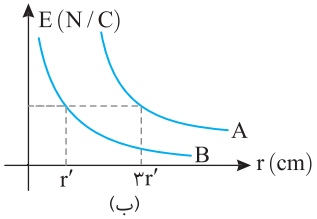
مثال ۱ - ۶، صفحهٔ ۱۲ کتاب درسی

**۵۸** الف) نمودار $E-r$ ذره q مطابق شکل (الف) است. بار ذره q را به‌دست آورده و حساب کنید اندازهٔ میدان در $r=۳m$ چند نیوتون بر کولن است؟ $(k=۹\times۱۰^{۹}\,N.m^{۲}/C^{۲})$ (تیپ ۳ - ۶)

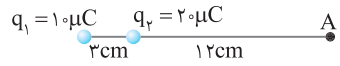
مثال ۱ - ۶، صفحهٔ ۱۲ کتاب درسی

ب) نمودار $E-r$ دو ذره $q_A$ و $q_B$ به صورت شکل (ب) است. نسبت $\frac{|q_A|}{|q_B|}$ را بیابید. (تیپ ۳ - ۶)



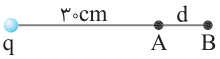

**۵۹** الف) در شکل زیر اگر میدان حاصل از بارهای الکتریکی $q_۱$ و $q_۲$ در نقطه A به‌ترتیب $E_۱$ و $E_۲$ باشد، نسبت $\frac{E_۲}{E_۱}$ کدام است؟ (تیپ ۳ - ۴)




مثال ۱ - ۷، صفحهٔ ۱۳ کتاب درسی

ب) به ذرهٔ بارداری با بار الکتریکی $q=+۲۰\mu C$ تعداد $۳۱/۲۵\times۱۰^{۱۳}$ الکترون اضافه می‌کنیم. میدان در نقطهٔ N چند برابر شده و جهت بردار میدان الکتریکی چگونه تغییر می‌کند؟ $(e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹})$

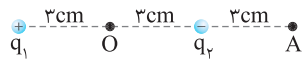
**۶۰** الف) در شکل مقابل اگر اندازهٔ میدان الکتریکی حاصل از بار نقطه‌ای q در نقاط A و B به‌ترتیب $E_A$ و $E_B$ باشد و $\frac{E_A}{E_B}=۲/۲۵$ باشد، d چند سانتی‌متر است؟ (تیپ ۳ - ۵)




ب) میدان الکتریکی در فاصلهٔ ۲۰ سانتی‌متری از بار q برابر $۱۸N/C$ است. چند سانتی‌متر دیگر از بار فوق دور شویم تا میدان الکتریکی برابر $۸N/C$ شود؟

## میدان الکتریکی خالص حاصل از چند بار روی خط راست

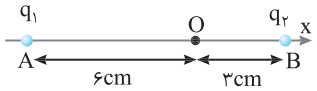
**۶۱** الف) دوبار الکتریکی نقطه‌ای غیرهمنام $|q_۱|=|q_۲|=۳\mu C$ مطابق شکل ثابت شده‌اند. میدان خالص در نقطهٔ O و A را به‌دست آورید. $(k=۹\times۱۰^{۹}\,N.m^{۲}/C^{۲})$ (تیپ ۳ - ۷)




مثال ۱ - ۷، صفحهٔ ۱۳ کتاب درسی

ب) دو بار الکتریکی ذره‌ای $q_۱=-۳\times۱۰^{-۶}C$ و $q_۲=-۲۷\times۱۰^{-۶}C$ مطابق شکل در فاصلهٔ ۰/۲۴ متری از یکدیگر ثابت شده‌اند. بزرگی میدان الکتریکی را در نقطهٔ M محاسبه کنید.

**۶۲** دو ذرهٔ باردار $q_۱=+۴\mu C$ و $q_۲=+۲\mu C$ در نقطه‌های A و B روی محور x، مطابق شکل ثابت شده‌اند. $(k=۹\times۱۰^{۹}\,N.m^{۲}/C^{۲})$ (تیپ ۳ - ۷)

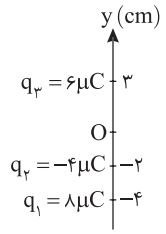



ریاضی - خرداد ۹۴

الف) میدان الکتریکی برایند در نقطهٔ O مبدأ مختصات را (در SI) حساب کنید و آن را بر حسب بردارهای یکه بنویسید.

ب) اگر در نقطهٔ O ذره‌ای با بار الکتریکی $-۵\mu C$ قرار دهیم، نیروی الکتریکی وارد بر ذره را در (در SI) بر حسب بردارهای یکه حساب کنید.

**۶۳** الف) در شکل روبه‌رو بردار میدان خالص در نقطهٔ O را بر حسب بردارهای یکه به‌دست آورید. (تیپ ۳ - ۸)




ب) بار $۳/۶\mu C$ در مبدأ مختصات قرار دارد. اگر بار $۱\mu C$ در نقطهٔ $A(۶m,۰)$ و بار q در نقطهٔ $B(۳m,۰)$ قرار گیرد، میدان الکتریکی خالص در نقطهٔ $C(۹m,۰)$ برابر $۱۰^{۳}\,N/C$ و خلاف جهت با محور xها می‌شود. مقدار q را به‌دست آورید. $(k=۹\times۱۰^{۹}\,N.m^{۲}/C^{۲})$

تمرین ۱ - ۵، صفحهٔ ۱۵ کتاب درسی

## صفر شدن میدان الکتریکی خالص در یک نقطه

**۶۴** الف) دو بار الکتریکی $q_1 = 4\mu C$ و $q_2 = 9\mu C$ در فاصلهٔ $10\ cm$ از یکدیگر ثابت شده‌اند. در چه فاصله‌ای از بار $q_2$ میدان الکتریکی خالص حاصل از دو بار الکتریکی صفر است؟ (تیپ ۳ - ۹) تجربی - خرداد ۹۷

ب) میدان الکتریکی حاصل از دو بار نقطه‌ای $q_1 = -2\mu C$ و $q_2 = +32\mu C$ در فاصلهٔ ۱۶ سانتی‌متری از بار $q_2$ صفر می‌شود. فاصلهٔ دو بار الکتریکی از یکدیگر چند سانتی‌متر است؟ (تیپ ۳ - ۹) ریاضی - خرداد ۹۳

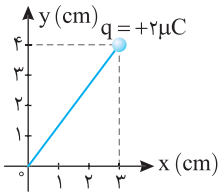
پ) دو بار الکتریکی $-q$ و $+9q$ به فاصله ۱۸۰ سانتی‌متر از یکدیگر قرار دارند. در چند سانتی‌متری بار $-q$ و در بین دو بار، میدان‌های الکتریکی حاصل از دو بار، از نظر مقدار با هم برابر است؟ (تیپ ۳ - ۹)

**۶۵** بارهای الکتریکی نقطه‌ای $4\mu C$ و $-8\mu C$ روی محور x به‌ترتیب در مکان‌های $x = 6cm$ و $x = 12cm$ قرار دارند.

اندازهٔ باری را حساب کنید که اگر آن را در مکان $x = 18cm$ قرار دهیم، میدان الکتریکی خالص در مبدأ محور x برابر صفر شود؟

$(k = 9\times10^9\ N.m^2/C^2)$

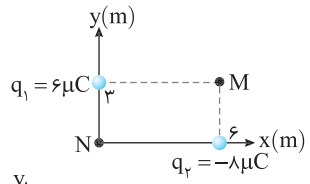
**۶۶** الف) در شکل روبه‌رو میدان حاصل از بار نقطه‌ای q را در مبدأ حساب کرده و جهت بردار آن را رسم کنید. $(k = 9\times10^9\ N.m^2/C^2)$




ب) بار $q' = +2\mu C$ را در کدام نقطه قرار دهیم تا میدان خالص در مبدأ صفر شود؟

## میدان خالص حاصل از چند بار خارج از راستای خط راست

**۶۷** در شکل روبه‌رو دو بار نقطه‌ای $q_1$ و $q_2$ در صفحهٔ xoy نشان داده شده است.

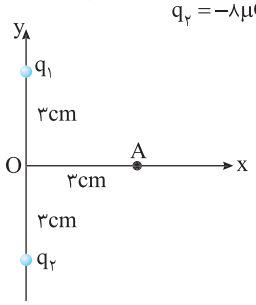



الف) بردار میدان الکتریکی خالص در نقطهٔ M را بر حسب بردارهای یکه بنویسید.

ب) قسمت الف را برای نقطه N حل کنید. $(k = 9\times10^9\ N.m^2/C^2)$ (تیپ ۳ - ۱۰)

مثال ۱ - ۸، صفحهٔ ۱۶ کتاب درسی

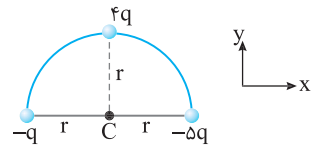
**۶۸** دو بار الکتریکی نقطه‌ای همنام $q_1 = q_2 = 5\mu C$ مطابق شکل به فاصلهٔ ۶ سانتی‌متر از یکدیگر قرار دارند.



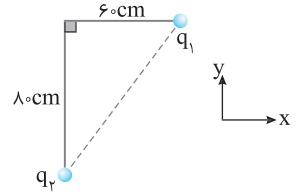

الف) اندازهٔ میدان الکتریکی در نقطهٔ A واقع بر عمود منصف خط واصل دو بار، در فاصلهٔ ۳ سانتی‌متر از نقطهٔ O چند نیوتون بر کولن است؟ (تیپ ۳ - ۱۰) تجربی - خرداد ۹۱

ب) جهت میدان الکتریکی را در نقطهٔ A با رسم شکل تعیین کنید. $(k = 9\times10^9\ N.m^2/C^2)$

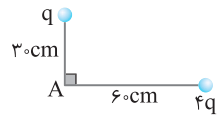
**۶۹** الف) اگر میدان حاصل از بار q روی محیط یک دایره به شعاع r در مرکز دایره E باشد، بردار میدان خالص را در نقطهٔ O بر حسب بردارهای یکه بنویسید. (تیپ ۳ -۱۱)



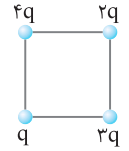

ب) در شکل زیر، بردار میدان الکتریکی در رأس قائمه مثلث در SI به‌صورت $\vec{E} = -2\times10^5\vec{i} - 1/8\times10^5\vec{j}$ است. بارهای الکتریکی $q_1$ و $q_2$ را بر حسب میکروکولن را به‌دست آورید. $(k = 9\times10^9\ N.m^2/C^2)$ (تیپ ۳ - ۱۱)




**۷۰** الف) شکل زیر، دو بار الکتریکی مثبت را نشان می‌دهد. اگر میدان الکتریکی خالص در نقطهٔ A برابر $1000\sqrt{2}\ \frac{N}{C}$ باشد، q چند نانوکولن است؟ $(k = 9\times10^9\ N.m^2/C^2)$ (تیپ ۳ - ۱۰)




ب) اگر در یک رأس مربعی بار الکتریکی q قرار گیرد، اندازهٔ میدان حاصل از آن در مرکز مربع E خواهد بود. در صورتی که در چهار رأس این مربع بارهای الکتریکی مطابق شکل روبه‌رو قرار گیرد، اندازهٔ میدان در مرکز آن چند برابر E است؟

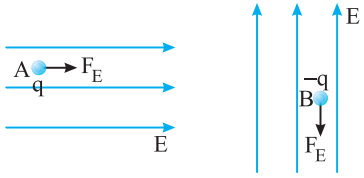


**۵۰** الف) درست. ب) درست پ) نادرست (کلاهک مولد وان‌دوگراف بار منفی بزرگی دارد که یون‌های مثبت شعله شمع را به سمت خود می‌کشد.)

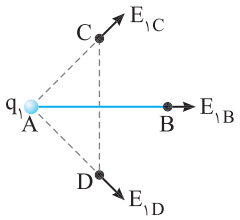
**۵۱** میدان الکتریکی بنا بر تعریف خواهد شد.

$$E=\frac{F}{q_0}\Rightarrow E=\frac{9\times10^{-5}}{4\times10^{-8}}\Rightarrow E=\frac{9000}{4}\Rightarrow E=2250\,N/C$$

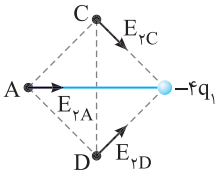
**۵۲** بـر بار مثبت در جهت میـدان الکتریکی و به بـار منفی در خلاف جهت میدان الکتریکی نیرو وارد می‌شود. اندازهٔ این دو نیرو با هم برابر است زیرا اندازه میدان و مقدار بار قرار گرفته در این میدان‌ها یکسان است.




**۵۳** الف) میدان الکتریکی بار مثبت به سمت خارج بار است و میدان در هر نقطه در راسـتای خطی اسـت که نقطه را به بار وصل می‌کند. $E_{1C}$ و $E_{1D}$ را هم‌اندازه اما $E_{1B}$ را از آن‌ها کوچک‌تر رسم کنید.

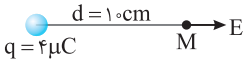



ب) میـدان الکتریکی بار منفی به سـمت بـار اسـت. $E_{2C}$ و $E_{2D}$ را هم‌انـدازه رسم کنید و $E_{2A}$ را از آن‌ها کوچک‌تر.

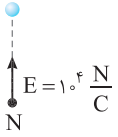



**۵۴** الف) میدان در نقطهٔ M به سمت راست است.

$$E=k\frac{|q|}{r^2}\Rightarrow E=9\times10^9\times\frac{4\times10^{-6}}{(0/1)^2}\Rightarrow E=3/6\times10^6\,N/C$$



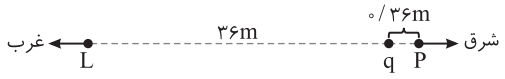

ب) میـدان روبه بالا و به سـوی بار q اسـت، بنابراین بار q منفی است.




$$E=k\frac{|q|}{r^2}\Rightarrow 10^4=9\times10^9\times\frac{|q|}{(3\times10^{-2})^2}$$

$$|q|=10^{-9}\,C=1\,nC$$

**۵۵** میدان در نقطهٔ P به سمت خارج بار q است. بنابراین بار q مثبت است و در سمت غرب بار q نیز، میدان به سمت غرب خواهد بود.




$$E=k\frac{|q|}{r^2}\Rightarrow\begin{cases}40=k\dfrac{|q|}{(0/36)^2}\\ E_L=k\dfrac{|q|}{(36)^2}\end{cases}\Rightarrow\frac{40}{E_L}=\left(\frac{36}{0/36}\right)^2$$

$$\Rightarrow E_L=\frac{40}{10^4}\Rightarrow E_L=4\times10^{-3}\,N/C$$

**۵۶** الف) نیروی کولنی بین دو پروتون خواهد شد.

$$F=k\frac{|q_1||q_2|}{r^2}\xrightarrow[r=6\times10^{-15}m]{|q_1|=|q_2|=1/6\times10^{-19}C}$$

$$F=9\times10^9\times\frac{1/6\times10^{-19}\times1/6\times10^{-19}}{36\times10^{-30}}\Rightarrow F=6/4\,N$$

ب) مقدار بار هستهٔ اتم روی را به دست می‌آوریم.

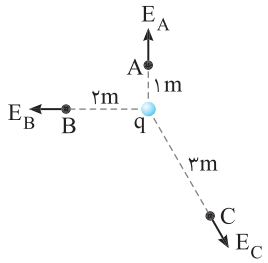
$$q=+ne\Rightarrow q=+30\times1/6\times10^{-19}C\Rightarrow q=48\times10^{-19}C$$

تمام بار هسته را در مرکز هسته فرض می‌کنیم و میدان را به‌دست می‌آوریم.

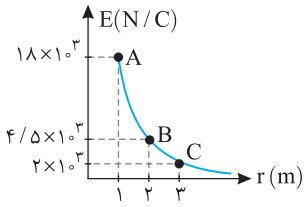
$$E=k\frac{|q|}{r^2}\Rightarrow E=9\times10^9\times\frac{48\times10^{-19}}{(10^{-12})^2}\Rightarrow E=4/32\times10^{16}\,N/C$$

**۵۷** الف) بار مثبت است و میدان بار مثبت به سمت خارج بار است.

$$E=k\frac{|q|}{r^2}\Rightarrow\begin{cases}E_A=9\times10^9\times\dfrac{2\times10^{-6}}{1}\\ \Rightarrow E_A=18\times10^3\,N/C\\ E_B=9\times10^9\times\dfrac{2\times10^{-6}}{4}\\ \Rightarrow E_B=4/5\times10^3\,N/C\\ E_C=9\times10^9\times\dfrac{2\times10^{-6}}{9}\\ \Rightarrow E_C=2\times10^3\,N/C\end{cases}$$




ب)




**۵۸** الـف) با توجه به نمـودار در فاصلهٔ 9cm میدان برابر $20\times10^6\,N/C$ می‌شود، پس:

$$|\vec{E}|=k\frac{q}{r^2}=9\times10^9\times\frac{|q|}{81\times10^{-4}}=20\times10^6\Rightarrow|q|=18\times10^{-6}C=18\mu C$$

حال میدان در فاصلهٔ 3m را حساب می‌کنیم:

$$E=k\frac{|q|}{r^2}\Rightarrow E=9\times10^9\times\frac{18\times10^{-6}}{9}=180\,N/C$$

ب) بـا توجـه به نمودار میـدان در فاصلهٔ $3r'$ از بار $q_A$ هم‌انـدازهٔ میدان در فاصلهٔ $r'$ از بار $q_B$ است، بنابراین:

$$E_B=E_A\Rightarrow k\frac{|q_B|}{(r')^2}=k\frac{|q_A|}{(3r')^2}\Rightarrow\frac{|q_A|}{|q_B|}=9$$

**۵۹** الـف) با توجه به رابطـه میدان الکتریکی بار نقطـه‌ای میدان‌های $E_1$ و $E_2$ را حساب کرده نسبت را به‌دست می‌آوریم.

$$E=k\frac{|q|}{r^2}\Rightarrow\begin{cases}E_1=k\dfrac{10}{(3+12)^2}\\ E_2=k\dfrac{20}{(12)^2}\end{cases}\Rightarrow\frac{E_2}{E_1}=\frac{\frac{20}{144}}{\frac{10}{225}}$$

$$\Rightarrow\frac{E_2}{E_1}=\frac{2\times225}{144}=2\times\frac{25}{16}=\frac{25}{8}$$

دقت کنید چون در مسئله نسبت خواسته شده نیازی به تبدیل یکا نیست اما باید یکای هر کمیت در دو رابطه یکسان باشد یعنی فاصله در هر دو بر حسب cm باشد.

ب) مقدار بار الکتریکی منفی که به بار q اضافه شده را حساب می‌کنیم بار ذره خواهد شد:

$$\Delta q=-ne\Rightarrow \Delta q=-۳۱/۲۵\times۱۰^{۱۳}\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\Rightarrow \Delta q=-۵۰\mu C$$

$$q'=۲۰+(-۵۰)=-۳۰\mu C$$

جهت میدان در نقطهٔ N ابتدا به سمت راست و سپس به سمت چپ خواهد بود. اکنون اندازهٔ میدان‌ها را با هم مقایسه می‌کنیم.

$$E'=k\frac{|q'|}{r^۲},\quad E=k\frac{|q|}{r^۲}\Rightarrow\frac{E'}{E}=\frac{|q'|}{|q|}\Rightarrow\frac{E'}{E}=\frac{۳۰}{۲۰}=\frac{۳}{۲}$$

**۶۰** الف) میدان در نقاط A و B برابر است با:

$$E_A=k\frac{|q|}{(۰/۳)^۲},\quad E_B=k\frac{|q|}{(۰/۳+d)^۲}$$

با توجه به نسبت $\frac{E_A}{E_B}=۲/۲۵$ مقدار d به‌دست می‌آید:

$$\frac{E_A}{E_B}=(۱+\frac{d}{۰/۳})^۲=۲/۲۵\Rightarrow ۱+\frac{d}{۰/۳}=\sqrt{۲/۲۵}=۱/۵$$

$$\Rightarrow d=۰/۱۵m=۱۵\,cm$$

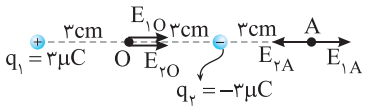
ب) با توجه به تعریف میدان الکتریکی در دو حالت میدان را نوشته بر هم تقسیم می‌کنیم.

$$E=k\frac{|q|}{r^۲}\Rightarrow ۱۸=k\frac{|q|}{(۲۰)^۲},\quad ۸=k\frac{|q|}{(۲۰+x)^۲}$$

$$\Rightarrow\frac{۹}{۴}=(\frac{۲۰+x}{۲۰})^۲\Rightarrow\frac{۳}{۲}=\frac{۲۰+x}{۲۰}\Rightarrow ۳۰=۲۰+x\Rightarrow x=۱۰cm$$

**۶۱** الف) ابتدا بردارهای میدان الکتریکی را در نقاط O و A رسم می‌کنیم.

میدان در نقطهٔ O؛ میدان دوبار در این نقطه هم‌اندازه و هم‌جهت است بنابراین:




$$E=k\frac{|q|}{r^۲}\Rightarrow E_{۲O}=E_{۱O}=۹\times۱۰^۹\times\frac{۳\times۱۰^{-۶}}{۹\times۱۰^{-۴}}\Rightarrow E_{۱O}=۳\times۱۰^۷\,N/C$$

$$E_{TO}=E_{۱O}+E_{۲O}=۳\times۱۰^۷+۳\times۱۰^۷\Rightarrow E_{TO}=۶\times۱۰^۷\,N/C$$

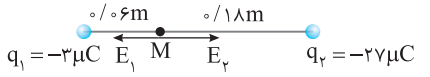
میدان در نقطهٔ A :

$$E=k\frac{|q|}{r^۲}\Rightarrow\begin{cases}E_{۱A}=۹\times۱۰^۹\times\frac{۳\times۱۰^{-۶}}{(۹\times۱۰^{-۲})^۲}\Rightarrow E_{۱A}=\frac{۱}{۳}\times۱۰^۷\,N/C\\ E_{۲A}=۹\times۱۰^۹\times\frac{۳\times۱۰^{-۶}}{(۳\times۱۰^{-۲})^۲}\Rightarrow E_{۲A}=۳\times۱۰^۷\,N/C\end{cases}$$

میدان‌های $E_{۲A}$ و $E_{۱A}$ در خلاف جهت هم هستند و $E_{۲A}>E_{۱A}$ بنابراین میدان خالص در نقطهٔ A در جهت $E_{۲A}$ (به سمت چپ) است و اندازه آن برابر است با:

$$E_{TA}=E_{۲A}-E_{۱A}=۳\times۱۰^۷-\frac{۱}{۳}\times۱۰^۷\Rightarrow E_{TA}=\frac{۸}{۳}\times۱۰^۷$$

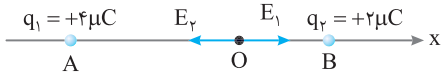
ب) با توجه به تعریف میدان الکتریکی داریم:




$$E=k\frac{q}{r^۲}\Rightarrow\begin{cases}E_۱=۹\times۱۰^۹\times\frac{۳\times۱۰^{-۶}}{(۰/۰۶)^۲}\\ E_۲=۹\times۱۰^۹\times\frac{۲۷\times۱۰^{-۶}}{(۰/۱۸)^۲}\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}E_۱=\frac{۳}{۴}\times۱۰^۷\,N/C\\ E_۲=\frac{۳}{۴}\times۱۰^۷\,N/C\end{cases}$$

$E_T=E_۲-E_۱=۰$ دو بردار خلاف جهت هم هستند، از این رو:

**۶۲** الف) با توجه به رابطهٔ میدان الکتریکی بار نقطه‌ای، میدان‌های $E_۱$ و $E_۲$ را به دست می‌آوریم:




$$E_۱=k\frac{q_۱}{r_۱^۲}\Rightarrow E_۱=۹\times۱۰^۹\times\frac{۴\times۱۰^{-۶}}{۳۶\times۱۰^{-۴}}=۱۰^۷\Rightarrow\vec{E}_۱=۱۰^۷\vec{i}$$

$$E_۲=k\frac{q_۲}{r_۲^۲}\Rightarrow E_۲=۹\times۱۰^۹\times\frac{۲\times۱۰^{-۶}}{۹\times۱۰^{-۴}}=۲\times۱۰^۷\Rightarrow-۲\times۱۰^۷\vec{i}$$

$$\vec{E}_T=\vec{E}_۱+\vec{E}_۲=۱۰^۷\vec{i}-۲\times۱۰^۷\vec{i}\Rightarrow\vec{E}_T=-۱۰^۷\vec{i}$$

ب) $\vec{F}_o=q\vec{E}_T\Rightarrow\vec{F}_o=-۵\times۱۰^{-۶}\times(-۱۰^۷)=۵۰\vec{i}$

**۶۳** الف) ابتدا اندازهٔ میدان الکتریکی هر یک از بارها را در نقطهٔ O حساب می‌کنیم.

$$E=k\frac{|q|}{r^۲}\Rightarrow\begin{cases}E_۱=۹\times۱۰^۹\times\frac{۸\times۱۰^{-۶}}{۱۶\times۱۰^{-۴}}\Rightarrow E_۱=۴/۵\times۱۰^۷\,N/C\\ E_۲=۹\times۱۰^۹\times\frac{۴\times۱۰^{-۶}}{۴\times۱۰^{-۴}}\Rightarrow E_۲=۹\times۱۰^۷\,N/C\\ E_۳=۹\times۱۰^۹\times\frac{۶\times۱۰^{-۶}}{۹\times۱۰^{-۴}}\Rightarrow E_۳=۶\times۱۰^۷\,N/C\end{cases}$$

با توجه به جهت بردارهای $E_۱$ و $E_۲$ و $E_۳$ اندازهٔ میدان الکتریکی خواهد شد:

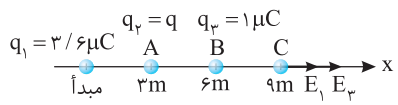
$$E_T=E_۱-E_۲-E_۳\Rightarrow E_T=۴/۵\times۱۰^۷-۹\times۱۰^۷-۶\times۱۰^۷$$

$$\Rightarrow E_T=-۱۰/۵\times۱۰^۷\,N/C$$

جهت بردار میدان الکتریکی خالص رو به پایین است. بنابراین:

$$\vec{E}_T=-۱۰/۵\times۱۰^۷\vec{j}$$

ب) ابتدا روی محور xها مکان نقاط A و B و C را مشخص می‌کنیم، بردار میدان بارهای $q_۱$ و $q_۳$ را در نقطهٔ C رسم می‌کنیم، این دو میدان هم‌جهت هستند.




$$E_۱=k\frac{|q_۱|}{r_۱^۲}=۹\times۱۰^۹\times\frac{۳/۶\times۱۰^{-۶}}{۸۱}=۴۰۰N/C\Rightarrow\vec{E}_۱=۴۰۰\vec{i}$$

$$E_۳=k\frac{|q_۳|}{r_۳^۲}=۹\times۱۰^۹\times\frac{۱\times۱۰^{-۶}}{۹}=۱۰^۳\,N/C\Rightarrow\vec{E}_۳=۱۰۰۰\vec{i}$$

میدان خالص در نقطهٔ C، $۱۰^۳\,N/C$ و در خلاف جهت محور xها است.

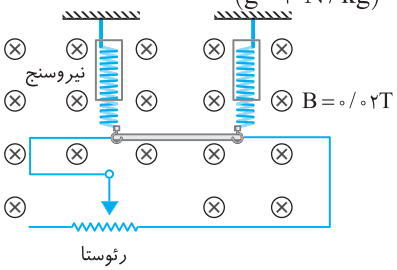
$(\vec{E}_T=-۱۰^۳\vec{i})$

$$\vec{E}_T=\vec{E}_۱+\vec{E}_۲+\vec{E}_۳\Rightarrow-۱۰۰۰\vec{i}=۴۰۰\vec{i}+۱۰۰۰\vec{i}+\vec{E}_۲\Rightarrow\vec{E}_۲=-۲۴۰۰\vec{i}$$

**۳۵۹** الف) سیم راستی به طول ۱ متر و جرم ۱۰ گرم به طور افقی در یک میدان مغناطیسی به بزرگی ۰/۰۲ تسلا و عمود بر خط‌های میدان قرار دارد. جریان عبوری از سیم چند آمپر باشد تا نیروی الکترومغناطیسی وارد بر آن، برابر وزن سیم باشد؟ $(g=10N/kg)$

ب) مطابق شکل روبه‌رو یک سیم حامل جریان ۱/۶A درون میدان مغناطیسی قرار گرفته است. اگر نیروسنج‌ها عدد صفر را نشان دهند، جرم هر متر از سیم که در میدان قرار گرفته چند گرم است؟ $(g=10N/kg)$ (تیپ ۳ - ۷)

مسئلهٔ ۱۰، صفحهٔ ۱۰۱ کتاب درسی

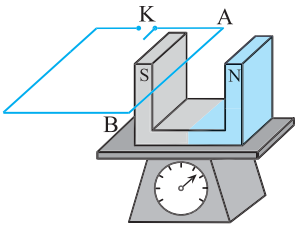



**۳۶۰** دانش‌آموزی یک آهنربای نعلی‌شکل را روی کفهٔ یک ترازوی حساس قرار می‌دهد. سیم AB را مطابق شکل در میان دو قطب آهنربا قرار داده و به وسیلهٔ یک کلید به دو پایانهٔ یک باتری وصل می‌کند. (تیپ ۳ - ۸)

الف) جهت جریان الکتریکی از A به B است یا از B به A؟ تجربی - شهریور۹۲

ب) پس از وصل کلید، عددی که ترازو نشان می‌دهد کاهش می‌یابد یا افزایش؟

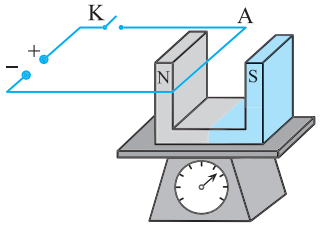
پ) آیا تغییر جهت جریان در عددی، که ترازو نشان می دهد، مؤثر است؟ چرا؟



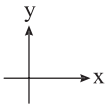

**۳۶۱** در شکل روبه‌رو به کمک یک آزمایش می‌خواهیم نیروی مغناطیسی وارد بر سیم را به‌دست آوریم. اگر بعد از بسته شدن کلید عددی که ترازو نشان می‌دهد ۰/۴N تغییر کند،

الف) با استدلال مشخص کنید که نیروی مغناطیسی وارد بر سیم چند نیوتون است؟ (تیپ ۳ - ۸)

ب) اگر طول سیمی که بین قطب‌های آهنربا قرار گرفته ۲۰cm و جریان عبوری از سیم بعد از بسته شدن کلید ۴A باشد، میدان مغناطیسی بین قطب‌های آهنربا را حساب کنید.

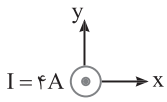



**۳۶۲** الف) میدان مغناطیسی با بزرگی ۵G در جهت مثبت محور x در ناحیه‌ای از فضا وجود دارد. سیمی به طول ۸m با جریان ۴A در این میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد به گونه‌ای که با جهت مثبت محور y زاویهٔ ۶۰° بسازد. نیروی وارد بر این سیم را حساب کنید. $(\sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2})$ (تیپ ۳ - ۹)




ب) سیم راستی مطابق شکل از مبدأ مختصات صفحهٔ xoy می‌گذرد. نیروی وارد بر ۱۰cm از سیم را در میدان‌های مغناطیسی داده شده بر حسب $\vec{i}$ و $\vec{j}$ بیابید. (یکاها در SI) $(\sin 53^\circ = \cos 37^\circ = 0/8)$

a) $\vec{B} = -0/5\vec{j}$ b) $\vec{B} = 0/2\vec{i}$



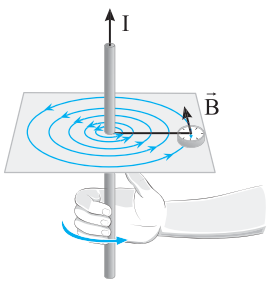

## بخش چهارم: میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی

صفحهٔ ۷۶ تا ۷۹ کتاب درسی

**خط به خط کتاب**

اورستد در سال ۱۸۲۰ با انجام برخی آزمایش‌های الکتریسیته، مشاهده کرد که عقربهٔ مغناطیسی در کنار سیم حامل جریان الکتریکی منحرف می‌شود. عبور جریان از یک سیم رسانا، در اطراف آن میدان مغناطیسی به وجود می‌آورد.

### میدان مغناطیسی سیم راست حامل جریان




آزمایش نشان می‌دهد که:

۱ خطوط میدان مغناطیسی حاصل از سیم حامل جریان به صورت دایره‌های هم‌مرکز در اطراف سیم حامل جریان هستند.

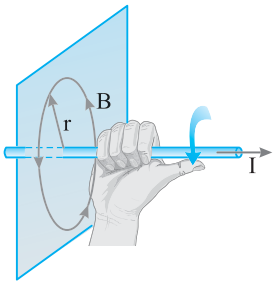
۲ جهت خط‌های میدان مغناطیسی را می‌توان به کمک عقربهٔ مغناطیسی تعیین کرد.

۳ هرچه جریان سیم بیشتر باشد میدان مغناطیسی قوی‌تر است. $(B_{\text{سیم}} \propto I$، I جریان سیم$)$

۴ هر چه از سیم دورتر شویم، میدان مغناطیسی ضعیف‌تر می‌شود. $(B_{\text{سیم}} \propto \frac{1}{r}$، r فاصله از سیم$)$

۵ با استفاده از قاعده دست راست، می‌توان جهت خطوط میدان مغناطیسی اطراف سیم حامل جریان را نیز تعیین کرد.

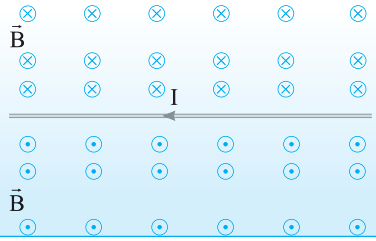
## قاعدهٔ دست راست برای میدان مغناطیسی سیم راست




طبق این قاعده اگر سیم را در دست راست خود بگیرید به‌گونه‌ای که انگشت باز شست در جهت جریان الکتریکی باشد، جهت خم شدن چهارانگشت دست شما، جهت خط‌های میدان مغناطیسی را در اطراف سیم نشان می‌دهد.

**نکته**

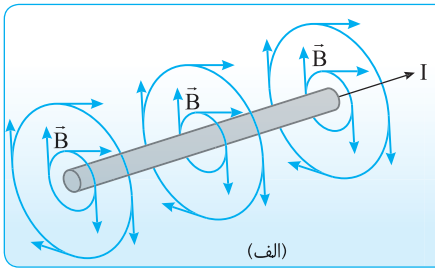
جهت میدان مغناطیسی در اطراف سیم افقی و مستقیم حامل جریان در بالای سیم برونسو و در پایین آن درونسو است.

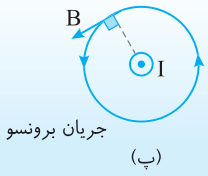


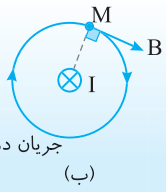

**نکته**

۱ بردار میدان مغناطیسی در هر نقطه بر خط میدان مماس است. (شکل الف)

۲ بردار میدان مغناطیسی در هر نقطه بر خطی که آن نقطه را به سیم وصل می‌کند، عمود است. (شکل‌های (ب) و (پ))




**• تیپ ۴ - ۱: جهت میدان مغناطیسی - جهت عقربهٔ مغناطیسی در کنار سیم حامل جریان**

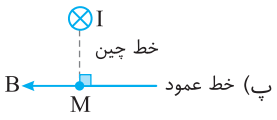
### مثال ۳۳

**در شکل‌های زیر جهت میدان در نقطهٔ M را نشان دهید.**

**راه‌حل** الف) انگشت باز شست دست راست در جهت جریان و چرخش چهار انگشت در جهت میدان است. بنابراین:

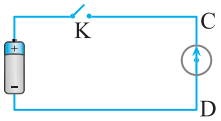
برای حل (پ) و (ت) به نکته زیر دقت کنید:

**نکته** برای حالتی که جهت جریان سیم برونسو یا درونسوست (عمود بر صفحه کاغذ است)، ابتدا نقطهٔ M را با خط‌چینی به محل سیم وصل می‌کنیم. سپس یک عمود در نقطهٔ M بر خط رسم شده می‌کشیم و در آخر با قاعدهٔ دست راست جهت میدان را مشخص می‌کنیم.

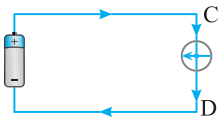


### مثال ۳۴

**در شکل روبه‌رو یک عقربهٔ مغناطیسی بالای یک سیم قرار دارد. اگر کلید K را ببندیم، عقربه به کدام سمت منحرف می‌شود؟**



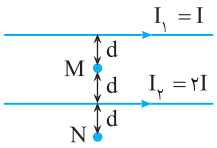

**راه‌حل** با بستن کلید جهت جریان در سیم CD از بالا به پایین است. اگر شست باز دست خود را در جهت جریان قرار دهید، چرخش چهار انگشت شما در بالای سیم CD به سمت چپ است. از طرفی عقربهٔ مغناطیسی در جهت میدان جهت‌گیری می‌کند بنابراین عقربه به سمت چپ منحرف می‌شود.



## • تیپ ۴ - ۲: میدان حاصل از چند سیم موازی حامل جریان واقع در یک صفحه

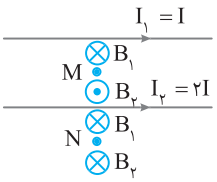
### مثال ۳۵

**در شکل مقابل جهت میدان مغناطیسی خالص در نقاط مورد نظر را مشخص کنید.**




**راه‌حل** به کمک قاعدهٔ دست راست جهت میدان‌ها را به‌دست می‌آوریم. میدان مغناطیسی $I_1$ در نقطهٔ M درونسو و میدان مغناطیسی $I_2$ در نقطهٔ M برونسوست، اما $I_2 > I_1$ است، بنابراین $B_2 > B_1$ بوده و میدان مغناطیسی خالص در نقطهٔ M برونسوست.

در نقطهٔ N میدان مغناطیسی هر دو سیم درونسوست، بنابراین میدان مغناطیسی خالص درونسوست.

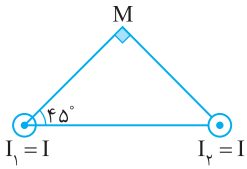



## • تیپ ۴ - ۳: میدان خالص دو سیم حامل جریان در رأس سوم مثلث

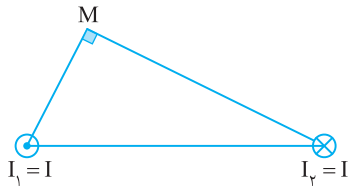
### مثال ۳۶

**در شکل‌های داده شده جهت میدان مغناطیسی خالص در رأس سوم مثلث را نشان دهید.**

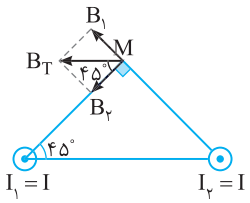
**الف)**



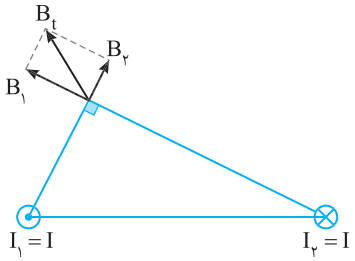

**ب)**




**راه‌حل** الف) برای این شکل نیازی به رسم خط‌چین و خط عمود نیست، زیرا درنقطهٔ M اضلاع بر هم عمودند و $B_1$ و $B_2$ روی امتداد اضلاع قرار می‌گیرند. به کمک قاعدهٔ دست راست جهت میدان‌های $B_1$ و $B_2$ مشخص شده است. جریان‌ها، هم‌اندازه‌اند و فاصله آنها تا نقطه M برابراست، بنابراین بردارهای $\vec{B}_1$ و $\vec{B}_2$ هم‌اندازه‌اند و برایند دو بردار هم‌اندازه، روی نیمساز قرار می‌گیرد یعنی $B_T$ موازی خط $I_1I_2$ می‌شود.




ب) در این حالت هم چون در نقطه M اضلاع بر هم عمودند، $B_1$ و $B_2$ روی امتداد اضلاع قرار می‌گیرند. جریان‌ها یکسان هستند، اما فاصله سیم $I_1$ تا نقطهٔ M کمتر است، بنابراین میدان مغناطیسی آن بزرگ‌تر است، میدان‌های $B_1$ و $B_2$ را به کمک قاعدهٔ دست راست مطابق شکل رسم می‌کنیم، سپس بردار میدان خالص را می‌کشیم.



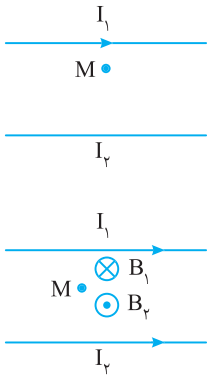

## • تیپ ۴ - ۴: تعیین جهت جریان سیم به کمک جهت میدان مغناطیسی

### مثال ۳۷

**میدان مغناطیسی خالص در نقطهٔ M برونسوست.**

**الف) جهت جریان $I_2$ را مشخص کنید.**

**ب) کدامیک از جریان‌های $I_1$ و $I_2$ بزرگتر است؟**

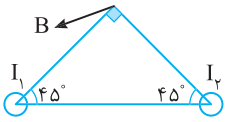



**راه‌حل** الف) میدان مغناطیسی جریان $I_1$، $(B_1)$ درونسوست، بنابر فرض مسئله در نقطهٔ M میدان مغناطیسی خالص برونسو است، بنابراین باید میدان مغناطیسی $I_2$ برونسو باشد و نیز از میدان $B_1$ بزرگ‌تر باشد، در نتیجه با توجه به قاعدهٔ دست راست، جریان $I_2$ به سمت راست است.

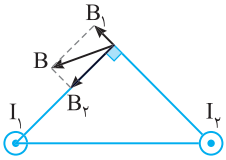
ب) فاصلهٔ سیم $I_2$ از نقطهٔ M بیشتر از فاصلهٔ سیم $I_1$ از نقطهٔ M است. اما میدان مغناطیسی $B_2$ بزرگ‌تر از $B_1$ است، در نتیجه باید $I_2 > I_1$ باشد.

**مثال ۳۸**

**در شکل روبه‌رو میدان مغناطیسی خالص حاصل از دو سیم حامل جریان نشان داده شده است.**
**الف) جهت جریان هر سیم را مشخص کنید. / ب) جریان دو سیم را با هم مقایسه کنید.**




**راه‌حل** الف) ابتدا میدان مغناطیسی خالص را بر امتداد دو ضلع قائمه مثلث تجزیه می‌کنیم.



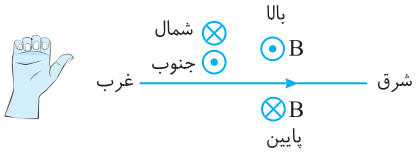

اکنون به کمک قاعده دست راست و مشخص بودن بردارهای $B_1$ و $B_2$ می‌توان جهت $I_1$ و $I_2$ را مشخص کرد.
جریان‌های $I_1$ و $I_2$ هر دو برونسو هستند.
ب) میدان $B_2$ بزرگ‌تر از میدان $B_1$ است، بنابراین $I_2 > I_1$ است. (فاصله سیم‌ها تا محل میدان با هم برابر است.)

## • تیپ ۴ - ۵: مسائل با جهت‌های شش‌گانه

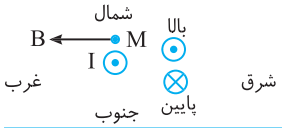
**مثال ۳۹**

**الف) در یک سیم افقی در امتداد شرق به غرب، جریانی به سوی شرق برقرار است. در نقطه‌ای دقیقاً زیر سیم، جهت میدان مغناطیسی به کدام جهت است؟**
**ب) از یک سیم قائم جریانی رو به بالا برقرار است. در نقطه‌ای دقیقاً در شمال سیم، جهت میدان مغناطیسی به کدام جهت است؟**

**راه‌حل** الف) جهت شمال را درونسو در نظر می‌گیریم. انگشت شست خود را در جهت جریان قرار دهید. چرخش چهار انگشت شما در پایین سیم به سمت پیش روی شما یعنی شمال است، یعنی میدان مغناطیسی به سمت شمال و درونسو است.




ب) جهت بالا را برونسو و جهت پایین را درونسو در نظر می‌گیریم.
جریان سیم رو به بالاست یعنی جریان برونسوست.
میدان در نقطهٔ M دقیقاً در شمال سیم به سمت غرب است.

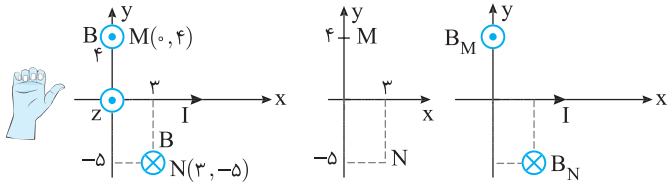



## • تیپ ۴ - ۶: میدان مغناطیسی در جهت‌های x و y و z و بردارهای یکه

**مثال ۴۰**

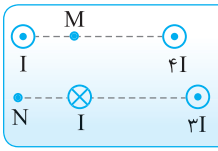
**از یک سیم راست و طویل واقع بر محور xها جریان I در جهت مثبت محور xها می‌گذرد. جهت میدان مغناطیسی در نقاط $M(0,4)$ و $N(3,-5)$ در کدام جهت است؟**

**راه‌حل** جهت محور zها را برونسو می‌گیریم. مطابق شکل میدان در نقطهٔ M برونسو و در نقطهٔ N درونسو است.




## • تیپ ۴ - ۷: صفر شدن میدان مغناطیسی خالص

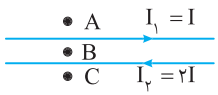
**نکته**



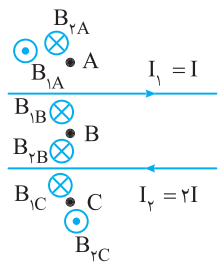

اگر دو سیم دارای جریان همسو باشد، در نقطه‌ای بین دو سیم و نزدیک به سیم با جریان کمتر، میدان خالص می‌تواند صفر شود. (نقطهٔ M)
اگر دو سیم دارای جریان ناهمسو باشد، در نقطه‌ای خارج بین دو سیم و نزدیک به سیم با جریان کمتر، میدان خالص می‌تواند صفر شود: (نقطهٔ N)

**مثال ۴۱**

**در شکل روبه‌رو میدان مغناطیسی خالص در کدام نقطه ممکن است صفر شود؟**




**راه‌حل** جواب نقطهٔ A است. در نقطهٔ A، میدان $B_1$ برونسو و میدان $B_2$ برونسو در خلاف جهت هم هستند، جریان $I_2 > I_1$ است اما فاصلهٔ $I_2$ از A بیشتر است و ممکن است میدان‌ها هم‌اندازه شده همدیگر را خنثی کنند. در نقطهٔ B دو میدان هم‌جهت هستند و میدان خالص صفر نمی‌شود. در نقطهٔ C دو میدان خلاف جهت هستند اما میدان $B_2 > B_1$ بوده و میدان خالص صفر نمی‌شود.



**خط به خط کتاب**

۱ تمام یاخته‌های زندهٔ بدن انسان به طور الکتریکی فعال هستند. جریان الکتریکی ضعیف در بدن، میدان مغناطیسی ضعیف ولی قابل اندازه‌گیری تولید می‌کند.

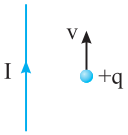
۲ برای اندازه‌گیری میدان‌های مغناطیسی ضعیف از مغناطیس‌سنج‌های بسیار حساس به نام اسکوئید استفاده می‌شود.

## • تیپ ۴ - ۸: نیروی وارد بر بار الکتریکی متحرک در نزدیکی سیم حامل جریان

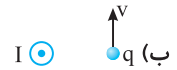
### مثال ۴۲

**در هر یک از شکل‌های داده شده، جهت نیروی وارد بر بار را در لحظهٔ نشان‌داده شده مشخص کنید.**

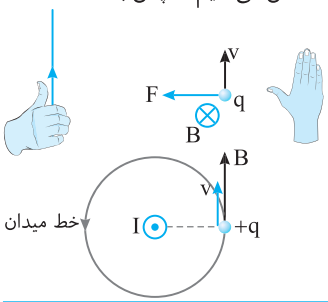
الف)




ب)




**راه‌حل** ابتدا به کمک قاعدهٔ دست راست جهت میدان مغناطیسی سیم را در محل بار الکتریکی متحرک مشخص می‌کنیم. سپس به کمک قاعدهٔ دست راست برای نیروی مغناطیسی وارد بر بار می‌شود، جهت نیرو را مشخص می‌کنیم.




الف) میدان سیم راست در محل بار $+q$ درونسوست. چهارانگشت باز دست راست خود را در جهت v قرار دهید و کف دست خود را به طرف صفحه کاغذ نگه دارید، انگشت شست باز دست شما به سمت چپ خواهد بود، یعنی بر بار $+q$ نیرویی به سمت چپ وارد می‌شود.

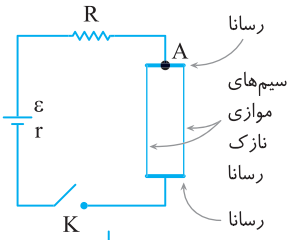
ب) در این حالت بردار میدان B و بردار سرعت v هم‌سو هستند، بنابراین به بار الکتریکی نیرویی وارد نمی‌شود.

## نیروی بین سیم‌های موازی حامل جریان

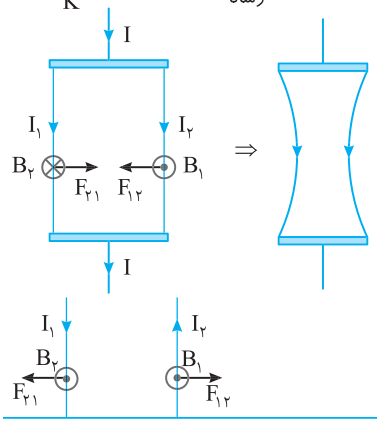
هرگاه دو سیم حامل جریان در کنار یکدیگر قرار گیرند. میدان مغناطیسی هر یک از آنها، بر سیم دیگر نیروی الکترومغناطیسی وارد می‌کند.

### مثال ۴۳

**به شکل روبه‌رو دقت کنید. با بستن کلید جریان I در مدار برقرار می‌شود و وقتی به نقطهٔ A می‌رسد، جریان به دو شاخه تقسیم می‌شود. انتظار دارید در دو سیم نازک رسانا و قابل انعطاف چه تغییری ایجاد شود؟**




**راه‌حل** جریان در دو سیم همسو و رو به پایین است. سیم $I_1$ در محل سیم $I_2$، میدان مغناطیسی برونسوی $B_1$ را ایجاد می‌کند. این میدان بر سیم $I_2$ نیروی $F_{12}$ را به سمت چپ وارد می‌کند. همچنین سیم $I_2$ در محل سیم $I_1$ میدان مغناطیسی درونسوی $B_2$ را ایجاد می‌کند. این میدان بر سیم $I_1$ نیروی $F_{21}$ را به سمت راست وارد می‌کند. این نیروها سبب می‌گردند که دو سیم یکدیگر را با نیروی الکترومغناطیسی بربایند.

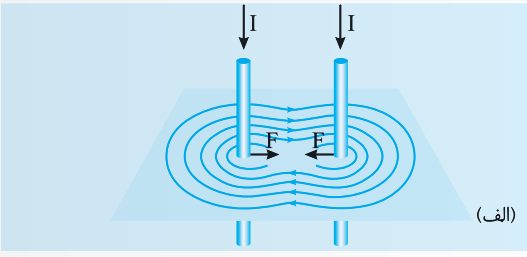



**نکته** بنا بر قانون سوم نیوتون نیرویی که دو سیم حامل جریان به هم وارد می‌کنند هم‌اندازه، هم‌راستا و خلاف جهت هم است.

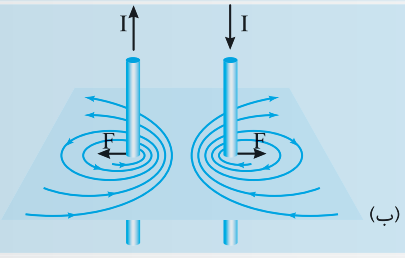
اگر جریان‌های دو سیم ناهمسو باشند، نیروی بین آنها رانشی خواهد بود (به شکل روبه‌رو دقت کنید).

**عکس و مکث کتاب**

دو سیم با جریان همسو یکدیگر را جذب می‌کنند.




دو سیم با جریان ناهمسو یکدیگر را دفع می‌کنند.

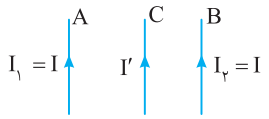


## • تیپ ۴ - ۹: نیروی بین دو سیم

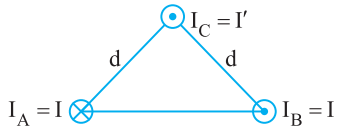
### مثال ۴۴

در شکل‌های داده شده جهت نیروی الکترومغناطیسی خالص وارد بر سیم حامل جریان C توسط سیم‌های دیگر حامل جریان را مشخص کنید.

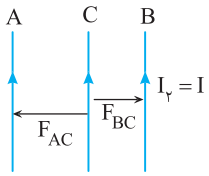
الف)



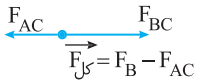

ب)




**راه‌حل** الف) جریان سیم‌های I و $I'$ همسوست و نیروی بین آنها ربایشی است، بنابراین $I_1$ به سیم C به سمت چپ نیروی الکترومغناطیسی وارد می‌کند.

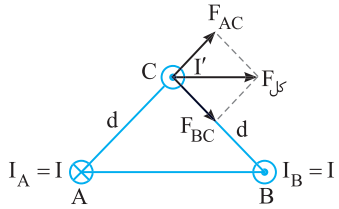



سیم $I_2$ نیز بر سیم C نیروی ربایشی به سمت راست وارد می‌کند. البته فاصلهٔ سیم B تا C از فاصلهٔ سیم A تا C کمتر است و نیروی الکترومغناطیسی سیم $I_2$ قوی‌تر است. (جریان‌های $I_2$ و $I_1$ هم‌اندازه هستند.) نیروی خالص به سمت راست خواهد بود.




ب) سیم A سیم C را می‌راند و سیم B سیم C را می‌رباید.

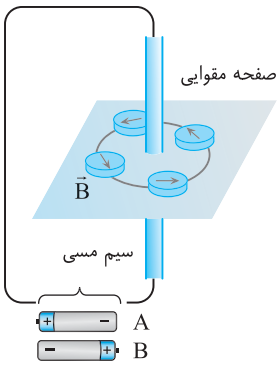
جریان‌های $I_A$ و $I_B$ هم‌اندازه و فاصلهٔ آن‌ها از سیم C یکسان است، بنابراین نیروهای $F_{AC}$ و $F_{BC}$ هم‌اندازه‌اند و برایند آنها روی نیمسازشان قرار می‌گیرد.




## تمرین‌های بخش چهارم

*در این بخش نمونه سؤالاتی که احتمال طرح در امتحان نهایی دارن، برات آماده کردیم تا خوب تمرین کنی. شمارهٔ تیپ هر سؤال کنارش اومده که اگه نتونستی حل کنی بتونی از درسنامه اون تیپ رو مطالعه کنی.*

**۳۶۳** شکل روبه‌رو آزمایش اورستد را نشان می‌دهد. آزمایش ۳ - ۳، صفحهٔ ۷۷ کتاب درسی

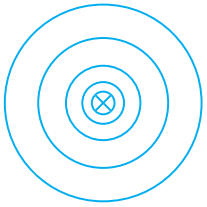



الف) کدام باتری را در مدار شکل قرار دهیم تا جهت خط‌های میدان مغناطیسی در عقربه‌ها را به درستی نشان داده باشد؟ (تیپ ۴ - ۱)

ب) اگر به سیم مسی حامل جریان نزدیک‌تر شویم، تراکم خط‌های میدان مغناطیسی افزایش می‌یابد یا کاهش؟ دلیل آن را بنویسید.

پ) با افزایش جریان سیم، میدان مغناطیسی اطراف سیم چگونه تغییر می‌کند؟

**۳۶۴** با توجه به شکل روبه‌رو که خطوط میدان حاصل از یک سیم حامل جریان را نشان می‌دهد، درستی یا نادرستی گزاره‌ها را مشخص کنید. (تیپ ۴ - ۱) پرسش ۳ - ۷، صفحهٔ ۷۸ کتاب درسی

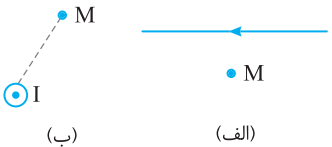


الف) جهت خطوط میدان مغناطیسی باید پادساعتگرد باشد.

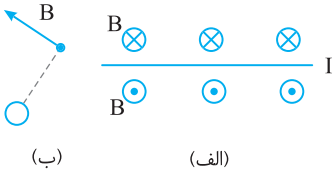
ب) هر چه به سیم نزدیک‌تر شویم چون میدان قوی‌تر شده پس تراکم خطوط افزایش می‌یابد.

پ) اگر جریان سیم افزایش یابد، تراکم خطوط باید کمتر شود.

**۳۶۵** میدان مغناطیسی حاصل از سیم حامل جریان I در نقطهٔ M را در شکل‌های زیر به‌دست آورید. (تیپ ۴ - ۱)

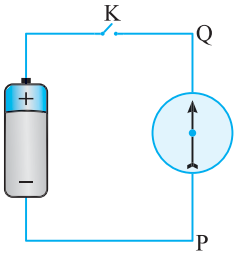



**۳۶۶** در شکل‌های زیر جهت میدان مغناطیسی حاصل از سیم حامل جریان رسم شده است. جهت جریان سیم‌ها را مشخص کنید. پرسش ۳ - ۶، صفحهٔ ۷۷ کتاب درسی



**۳۶۷** الف) در شکل مقابل اگر کلید بسته شود، عقربهٔ مغناطیسی که روی سیم PQ قرار دارد به کدام طرف منحرف می‌شود؟ (تیپ ۴ - ۱)

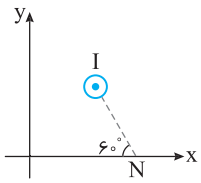
پرسش ۳ - ۷، صفحهٔ ۷۸ کتاب درسی




ب) کدام باتری را در مدار شکل زیر قرار دهیم تا پس از بستن کلید K، عقربه قطب‌نما که روی سیم قرار دارد، در خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت شروع به چرخش کند؟ دلیل انتخاب خود را توضیح دهید. (تیپ ۴ - ۱)

**۳۶۸** الف) سیم حامل جریان I در راستای افقی شمال به جنوب قرار دارد و جریان آن به سمت جنوب است. میدان مغناطیسی حاصل از این سیم در نقاط دقیقاً زیر و بالای سیم به کدام سمت است؟

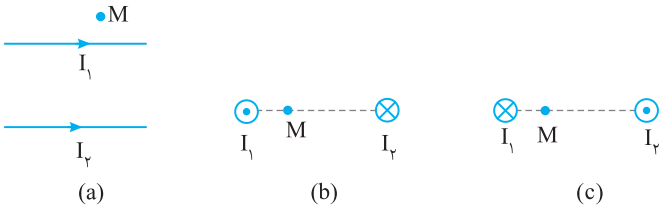
ب) در شکل روبه‌رو میدان حاصل از سیم I در نقطهٔ N با جهت مثبت محور x چه زاویه‌ای می‌سازد؟ (تیپ ۴ - ۶)



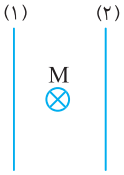

## میدان مغناطیسی خالص حاصل از چند سیم حامل جریان

**۳۶۹** الف) جهت میدان مغناطیسی خالص حاصل از دو سیم حامل جریان $I_1$ و $I_2$ را در نقطهٔ M مشخص کنید؟ $(I_1 > I_2)$ (تیپ ۴ - ۲)

پرسش ۳ - ۷، صفحهٔ ۷۸ کتاب درسی

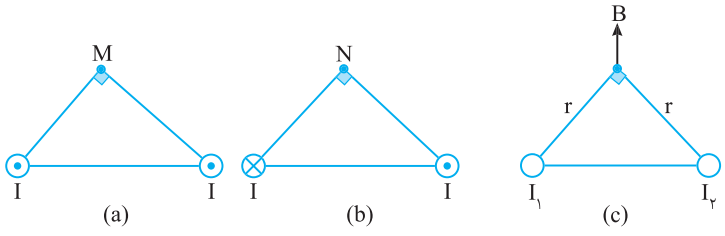



ب) مطابق شکل روبه‌رو میدان مغناطیسی خالص حاصل از دو سیم حامل جریان با اندازه یکسان در نقطهٔ M واقع در وسط دو سیم درونسو است، در این صورت جهت جریان در سیم‌های (۱) و (۲) را مشخص کنید. (تیپ ۴ - ۲)

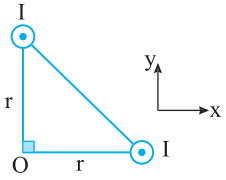



**۳۷۰** الف) در شکل‌های (a) و (b) جریان سیم‌ها برابر است و سیم‌ها در دو رأس مثلث قائم‌الزاویهٔ متساوی‌الساقین قرار گرفته‌اند. بردار میدان مغناطیسی خالص در رأس قائمه این مثلث‌ها را رسم کنید. (تیپ ۴ - ۳)

ب) در شکل (c) میدان مغناطیسی خالص حاصل از دو سیم با جریان‌های یکسان رسم شده است. جهت جریان این سیم‌ها را مشخص کنید. (تیپ ۴ - ۳)




**۳۷۱** بزرگی میدان مغناطیسی حاصل از سیم حامل جریان I در فاصلهٔ r از آن برابر B است. در شکل زیر، بردار میدان مغناطیسی خالص در نقطهٔ O را بر حسب بردارهای یکه بنویسید. (تیپ ۴ - ۳)



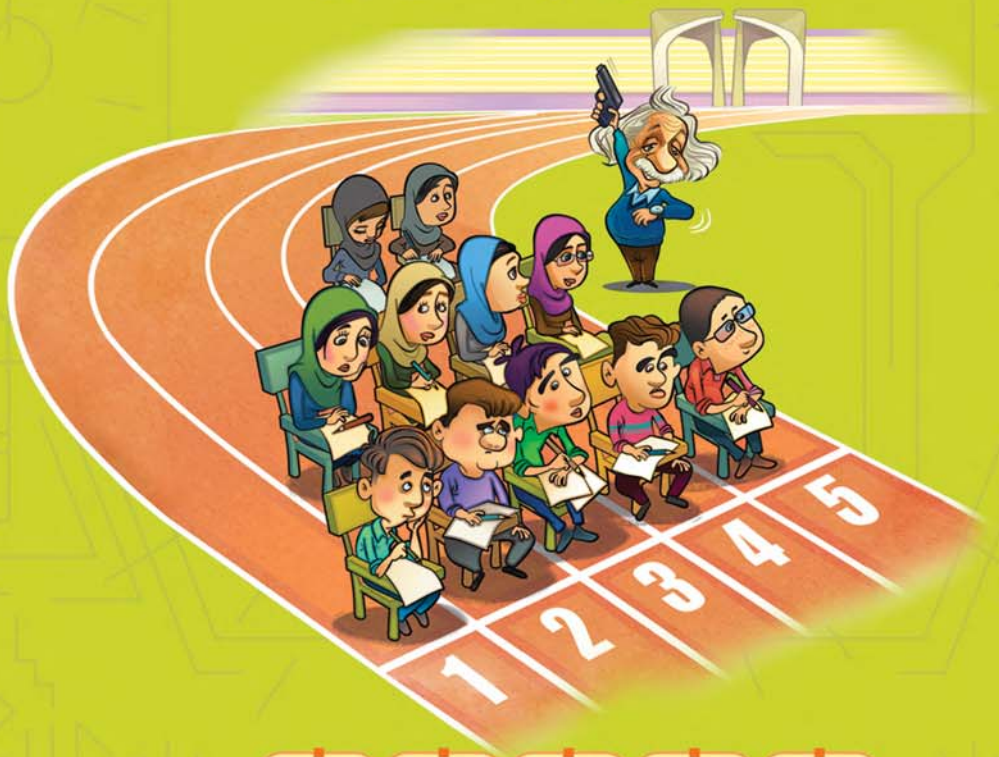
۲۰

نشر الگو

# تمام

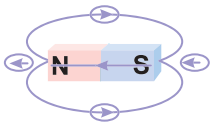
تمرین امتحان

# گام نهایی




- کتاب درسی در یک قاب
- آزمون‌های فصل به فصل
- آزمون‌های میان‌سال
- آزمون‌های شبیه‌ساز نهایی
- پاسخ‌های تشریحی

**آهنربا:** دو ناحیه در آهنربا که خاصیت مغناطیسی در این نقاط بیشتر است را قطب‌های آهنربا می‌گویند.



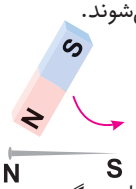

۱ خطوط میدان مغناطیسی از قطب N خارج و به قطب S وارد می‌شوند و در داخل آهنربا سوی خطوط از S به N است.

۲ میدان مغناطیسی در هر نقطه بر خط میدان مماس است که این جهت را می‌توان با عقربهٔ مغناطیسی نیز مشخص کرد.

۳ هرچه تراکم خطوط بیشتر باشد، میدان مغناطیسی قوی‌تر است.

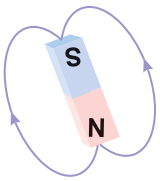
۴ هیچ گواه تجربی از وجود تک‌قطبی مغناطیسی وجود ندارد، قطب‌های مغناطیسی همواره به صورت زوج ظاهر می‌شوند.

۵ با مالش آهنربا به سوزن به صورت روبه‌رو خاصیت مغناطیسی در سوزن القا می‌شود:



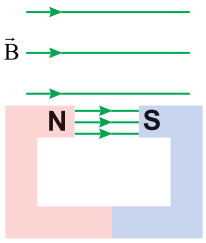

۶ یک عقربه مغناطیسی که از وسط آویزان شده، در بیشتر نقاط زمین به طور افقی قرار نمی‌گیرد و با سطح افقی زمین زاویه می‌سازد. به این زاویه شیب مغناطیسی گویند.

۷ خطوط میدان معناطیسی زمین از جنوب جغرافیایی به شمال جغرافیایی است.




۸ می‌توان برای زمین قطب‌های مغناطیسی در نظر گرفت که قطب جنوب مغناطیسی آن تقریباً نزدیک قطب شمال جغرافیایی قرار می‌گیرد.

۹ خطوط میدان مغناطیسی با اندازه و جهت ثابت را میدان مغناطیسی یکنواخت گویند.



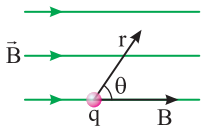

۱۰ یکای میدان مغناطیسی در SI تسلا است.

$$1\,G \xrightarrow{\times 10^{-4}} 1\,T$$

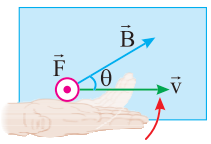
## نیروی مغناطیسی وارد بر ذرهٔ باردار متحرک

$$F = |q| vB \sin\theta$$

(C) بار — زاویه بین v و B — (T) میدان — $(\frac{m}{s})$ تندی




**قاعدهٔ دست راست:** چهار انگشت دست راست را در جهت v قرار می‌دهیم به گونه ای که با خم شدن چهار انگشت، جهت میدان مشخص شود، در این صورت انگشت باز شست دست، جهت نیروی وارد بر ذره را مشخص می‌کند.

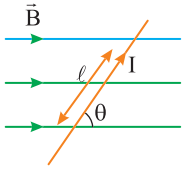



اگر بار منفی باشد می‌توان قاعدهٔ بالا را با دست چپ انجام داد.

## نیروی وارد بر سیم حامل جریان درون میدان مغناطیسی

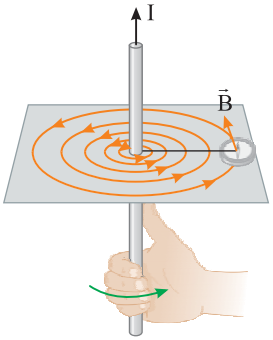
$$F = I\ell B \sin\theta$$

**قاعدهٔ دست راست:** چهار انگشت دست راست در جهت I به گونه‌ای که با خم شدن انگشتان، جهت B مشخص شود، در این صورت انگشت شست دست راست جهت نیروی مغناطیسی را مشخص می‌کند.



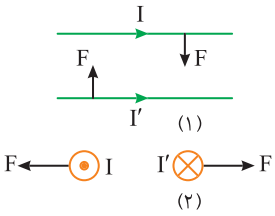

## میدان اطراف سیم حامل جریان

خطوط میدان اطراف سیم حامل جریان مطابق شکل به صورت دایره‌های هم مرکز هستند.




- **جهت:** انگشت شست دست راست در جهت جریان قرار گیرد به‌گونه‌ای که چهار انگشت دست راست در راستای بین سیم و نقطه‌ای که میدان مغناطیسی در آن خواسته شده قرار گیرد. حال اگر چهار انگشت را ۹۰° خم کنیم، جهت میدان مشخص می‌شود.
- **اندازه:** اندازهٔ میدان مغناطیسی، با مقدار جریان رابطهٔ مستقیم و با فاصله رابطهٔ عکس دارد.

## نیروی بین دو سیم حامل جریان

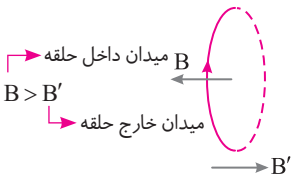



دو سیم دارای جریان همسو یکدیگر را جذب می‌کنند. (شکل (۱))

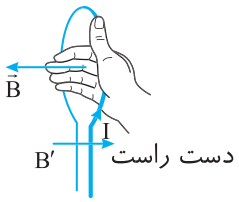
دو سیم دارای جریان ناهمسو یکدیگر را دفع می‌کنند. (شکل (۲))

اندازهٔ نیرویی که دو سیم به هم وارد می‌کنند با هم برابر است.

## میدان اطراف حلقه یا پیچه

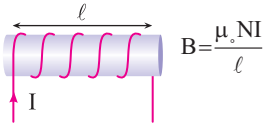



- **اندازه:**

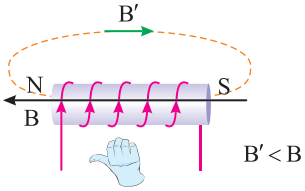



- **جهت:** انگشت شست دست راست در جهت چهار انگشت چرخش، جهت میدان را مشخص می‌کند.

## میدان اطراف سیملوله




- **اندازه:** $B = \frac{\mu_0 NI}{\ell}$



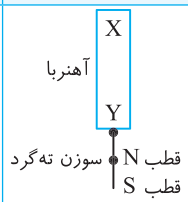
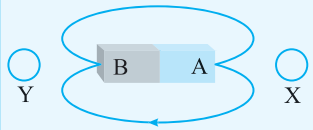
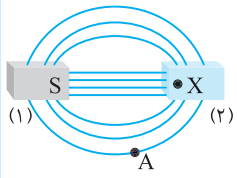

- **جهت:** چهار انگشت دست راست در جهت جریان، انگشت شست جهت میدان را مشخص می‌کند.

# شبیه‌ساز امتحان نهایی فصل سوم

پاسخ: صفحهٔ ۳۱۸ تا ۳۲۳

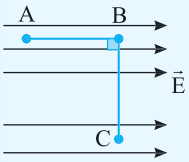
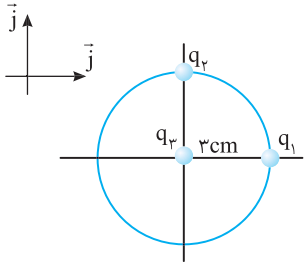
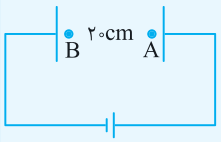
این قسمت جنبهٔ جمع‌بندی داره و از هر قسمت چندتا سؤال خوب آوردیم، مثل آزمون‌ها، نمرهٔ هر قسمت از حل سؤال در پاسخ مشخص شده تا بتونی حساب کنی که چه نمره‌ای می‌گیری.

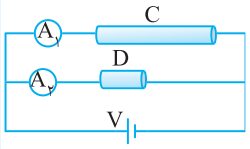
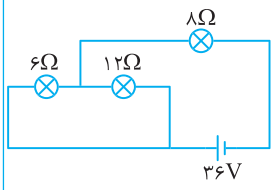
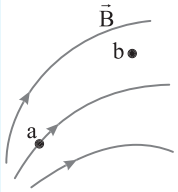
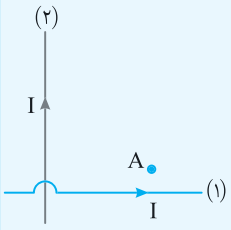
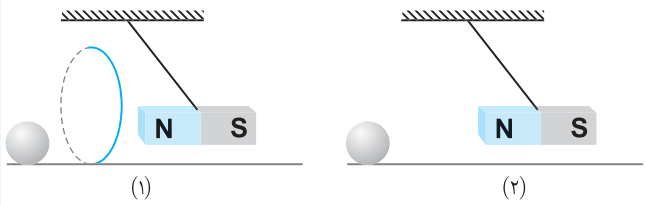
| امتحان نهایی: **فیزیک ۲** | رشته: **علوم تجربی** | تألیفی | فصل سوم |
|---|---|---|---|

| ردیف | | بارم |
|---|---|---|
| ۱ | عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب کنید و در پاسخ‌نامه بنویسید. منتخبی از امتحان‌های نهایی<br>الف) چون اتم‌های سازندهٔ آهنربا همچنان یک آهنربای کامل هستند، بنابراین تک‌قطب مغناطیسی وجود دارد (دارد - ندارد.)<br>ب) جذب براده‌های آهن توسط یک آهنربا به دلیل وجود پدیدهٔ (القای - میل) مغناطیسی است.<br>پ) جهت خط‌های میدان مغناطیسی در خارج آهنربای میله‌ای از قطب (N به S - S به N) آهنربا می‌باشد.<br>ت) میدان مغناطیسی باعث تغییر مسیر یک (الکترون - نوترون) متحرک نمی‌شود.<br>ث) میدان مغناطیسی در مرکز حلقه حامل جریان (بزرگ‌تر - کوچک‌تر) از میدان مغناطیسی در خارج حلقه است.<br>ج) اگر بار الکتریکی موازی با میدان مغناطیسی حرکت کند، نیروی مغناطیسی وارد بر آن (صفر - بیشینه) است.<br>چ) هرگاه جریان عبوری از دو سیم موازی، مستقیم و بلند غیرهمسو باشند، دو سیم یکدیگر را (می‌ربایند - می‌رانند.)<br>ح) مواد فرومغناطیسی نرم، برای ساختن آهنرباهای (دائمی - غیردائمی) به کار می‌رود.<br>خ) پلاتین و منگنز جزء مواد (پارامغناطیسی - فرومغناطیسی) هستند.<br>د) اگر کرهٔ زمین را یک آهنربای بزرگ فرض کنیم، قطب شمال این آهنربا نزدیک قطب (شمال - جنوب) جغرافیایی است.<br>ذ) برای مشاهدهٔ طرح خط‌های میدان مغناطیسی می‌توان از (مقداری برادهٔ آهن - یک عقربهٔ مغناطیسی) استفاده کرد.<br>ر) برای تعیین نوع قطب‌های یک آهنربا می‌توان از (مقداری برادهٔ آهن - یک عقربهٔ مغناطیسی) استفاده کرد.<br>ز) اگر ذرهٔ بارداری به موازات محور پیچهٔ حامل جریان حرکت کند، نیروی مغناطیسی وارد بر آن از طرف پیچه (صفر - بیشینه) است. | ۳/۲۵ |
| ۲ | در جمله‌های زیر، جاهای خالی را با کلمه‌های مناسب پر کنید. منتخبی از امتحان‌های نهایی<br>الف) اگر یک آهنربای میله‌ای را از مرکز آویزان کنیم، قطب N آن به سمت ..... زمین قرار می‌گیرد.<br>ب) در میدان مغناطیسی ..... ، جهت و بزرگی میدان در تمام قسمت‌ها یکسان است.<br>پ) یک مادهٔ فرومغناطیسی از بخش‌های کوچکی به نام ..... مغناطیسی تشکیل شده است. | ۰/۷۵ |
| ۳ | الف) چگونه می‌توانید دو میله متشابه یکی از جنس آهن و دیگری آهنربا را فقط به کمک اثری که بر هم می‌گذارند شناسایی کنید؟<br>ب) روشی برای آشکارسازی خط‌های میدان مغناطیسی حاصل از سیم راست حامل جریان، روی صفحهٔ عمود بر راستای سیم ارائه کنید. خرداد ۸۷ | ۰/۷۵<br>۰/۷۵ |
| ۴ | شکل روبه‌رو آهنربایی را نشان می‌دهد که دو سوزن ته‌گرد را جذب کرده است. تجربی - خرداد ۹۶<br>  <br>الف) این شکل، چه پدیدهٔ فیزیکی را نشان می‌دهد؟<br>ب) با توجه به قطب‌های سوزن پایینی، کدام سر آهنربا قطب S و کدام سر آن، قطب N است؟ | ۰/۲۵<br>۰/۵ |
| ۵ | شکل روبه‌رو، خطوط میدان مغناطیسی را در اطراف یک آهنربای میله‌ای با قطب‌های A و B نشان می‌دهد. تجربی - شهریور ۹۷<br>  <br>الف) کدام سر آهنربا قطب N و کدام سر قطب S است؟<br>ب) جهت‌گیری عقربه‌های مغناطیسی را در مکان‌های x و y تعیین کنید. | ۰/۵<br>۰/۵ |
| ۶ | شکل روبه‌رو، خطوط میدان مغناطیسی دو آهنربای میله‌ای (۱) و (۲) را که در مقابل هم قرار گرفته‌اند، نشان می‌دهد. تجربی - دی ۹۸<br>  <br>الف) نوع قطب مغناطیسی آهنربا را در محل x بنویسید.<br>ب) جهت‌گیری عقربه مغناطیسی در نقطهٔ A را با رسم شکل نشان دهید.<br>پ) خاصیت مغناطیسی دو آهنربای (۱) و (۲) را با ذکر دلیل مقایسه کنید. | ۰/۲۵<br>۰/۲۵<br>۰/۵ |

# آزمون جامع (۴)

| امتحان نهایی: فیزیک ۲ | رشته: علوم تجربی | تاریخ: خرداد ۱۴۰۳ | مدت امتحان: ۱۲۰ دقیقه |
|---|---|---|---|

| ردیف | سؤالات | بارم |
|---|---|---|
| ۱ | در هر یک از موارد زیر عبارت صحیح را از داخل پرانتز انتخاب کنید و به پاسخ‌برگ انتقال دهید.<br>الف) جمله «مجموع جبری همهٔ بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی ثابت است.» بیانگر (پایستگی - کوانتیده بودن) بار است.<br>ب) بار اضافی داده شده به رسانا در سطح (خارجی - داخلی) آن توزیع می‌شود.<br>پ) با دور شدن از بار نقطه‌ای اندازه میدان الکتریکی (افزایش - کاهش) می‌یابد. | ۰/۷۵ |
| ۲ | آزمایشی طراحی کنید که با استفاده از آن بتوان طرح خطوط میدان الکتریکی اطراف دو بار نقطه‌ای هم‌اندازه و ناهمنام را مشاهده نمود. | ۱ |
| ۳ | الکترونی را مطابق شکل زیر از نقطهٔ A به B و سپس به نقطهٔ C منتقل می‌کنیم. به جای حروف الفبا در خانه‌های جدول کلمات (افزایش - کاهش - ثابت) بنویسید.<br>  <br>| مسیر | اندازه میدان الکتریکی | پتانسیل الکتریکی | انرژی پتانسیل الکتریکی |<br>|---|---|---|---|<br>| A→B | | الف | ب |<br>| B→C | پ | ت | |<br>| | | | |<br>| | | | | | ۱ |
| ۴ | دو ذرهٔ باردار $q_1=40nC$ و $q_2=-30nC$ روی محیط دایره‌ای به شعاع $3cm$ قرار دارند. نیروی خالص وارد بر بار $q_3=20nC$ را که در مرکز دایره واقع است، رسم کنید و آن را برحسب بردارهای یکهٔ $(\vec{i},\vec{j})$ بنویسید. $(k=9\times10^9 N.m^2/C^2)$<br>  | ۱/۷۵ |
| ۵ | الف) در میدان الکتریکی یکنواخت $E=6\times10^3 N/C$ ذرهٔ بارداری به جرم $2\times10^{-15}kg$ و بار $q=3nC$ را مطابق شکل زیر از نقطه A بدون تندی اولیه رها می‌کنیم. تندی ذره به هنگام رسیدن به نقطهٔ B به فاصلهٔ ۲۰ سانتی‌متر از نقطهٔ A، چندمتر بر ثانیه است؟ (از وزن ذره و مقاومت هوا چشم‌پوشی شود.)<br>  <br>ب) در حالی که صفحات رسانا به باتری متصل‌اند آنها را کمی از هم دور می‌کنیم، اختلاف پتانسیل بین نقاط A و B چگونه تغییر می‌کند؟ (کاهش - افزایش - ثابت) | ۱/۵ |
| ۶ | خازن تختی که بین صفحات آن هواست، توسط یک باتری باردار شده است. آن را از باتری جدا می‌کنیم. هر یک از تغییرات زیر چه تأثیری بر انرژی ذخیره شده در خازن ایجاد می‌کند؟<br>الف) قراردادن دی‌الکتریک بین صفحات خازن<br>ب) کاهش مساحت صفحات خازن | ۰/۵ |
| ۷ | با توجه به اعدادی روی خازن در شکل روبه‌رو:<br> <br>الف) حداکثر انرژی که می‌توان در این خازن ذخیره نمود، چند ژول است؟<br>ب) اگر این خازن را به اختلاف پتانسیل بیشتر از ۴۰۰ ولت متصل کنیم چه اتفاقی رخ می‌دهد؟ | ۰/۷۵ |

| | | |
|---|---|---|
| ۸ | درست یا نادرست بودن هر یک از موارد زیر را مشخص نمایید و در پاسخ‌برگ بنویسید.<br>الف) سرعت سوق الکترون‌های آزاد درون رسانا هم‌جهت با میدان الکتریکی است.<br>ب) مقاومت ویژهٔ ابررساناها در دمای پایین به صفر می‌رسد.<br>پ) اختلاف پتانسیل پایانه‌های یک منبع آرمانی برابر با نیروی محرکه الکتریکی آن است. | ۰/۷۵ |
| ۹ | مداری طراحی کنید و توضیح دهید چگونه می‌توان مقاومت داخلی یک باتری را به‌دست آورید. | ۱ |
| ۱۰ | دو سیم رسانای هم‌جنس مطابق شکل زیر به یک باتری متصل‌اند. طول سیم C، ۲ برابر طول سیم D و شعاع مقطع آن نصف شعاع مقطع سیم D است. جریان عبوری از آمپرسنج (۲) چند برابر جریان عبوری از آمپرسنج (۱) است؟ (آمپرسنج‌ها آرمانی هستند)<br>  | ۰/۷۵ |
| ۱۱ | روی یک کتری برقی دو عدد ۲۲۰V و ۲/۲kW نوشته شده است. آن را به اختلاف پتانسیل ۲۲۰V متصل می‌کنیم.<br>الف) مقاومت الکتریکی این کتری چند اهم است؟<br>ب) اگر قیمت هر کیلووات ساعت برق مصرفی ۱۰۰ تومان باشد، بهای برق مصرفی این کتری در مدت ۱/۵ ساعت چقدر است؟ | ۱ |
| ۱۲ | در شکل روبه‌رو چه جریانی از لامپ‌های ۶ اهمی و ۱۲ اهمی می‌گذارد؟<br>  | ۱/۵ |
| ۱۳ | هر یک از عبارت‌های ستون سمت راست به کدام‌یک از عبارت‌های ستون سمت چپ مرتبط است؟ (در پاسخ‌برگ بنویسید.)<br>الف) در ساختن آهنربای الکتریکی از آن استفاده می‌شود. — ۱) پارامغناطیس<br>ب) اتم‌های این مواد به طور ذاتی فاقد خاصیت مغناطیسی‌اند. — ۲) دیامغناطیس<br>پ) تندی‌سنج دوچرخه بر اساس این پدیدهٔ فیزیکی کار می‌کند. — ۳) القای الکترومغناطیس<br>ت) با آهنگ تغییر شار مغناطیسی متناسب است. — ۴) نیروی محرکه الکتریکی<br>۵) فرومغناطیس | ۱ |
| ۱۴ | خطوط میدان مغناطیسی مطابق شکل زیر رسم شده است. بردار میدان مغناطیسی را در نقاط a و b رسم کنید. (شکل را به پاسخ‌برگ منتقل کنید.)<br>  | ۰/۵ |
| ۱۵ | دو سیم حامل جریان‌های مساوی مطابق شکل زیر بر محورهای مختصات منطبق‌اند. جهت میدان مغناطیسی خالص را در نقطه A تعیین کنید.<br>  | ۰/۷۵ |
| ۱۶ | در شکل (۱) آهنربا از درون حلقه عبور کرده و به توپ ساکنی برخورد می‌کند. در شکل (۲) آهنربا بدون حضور حلقه به توپ برخورد می‌کند. توضیح دهید در کدام شکل تندی حرکت توپ بیشتر است؟<br>  | ۰/۵ |