# مقدمه مولّف

گاهی وقتا پای صحبت بزرگ‌ترها که می‌نشینیم، می‌شنویم که میگن کاش فلان چیز مثل قدیم‌ها بود چه صفایی داشت، چه حالی داشت و ... .

از بین اون همه آرزو حالا یه چیز داره مثل قدیما می‌شه، چی؟

امتحان نهایی در سال یازدهم

قدیما توی سال سوم دبیرستان که معادل یازدهم الان می‌شد، امتحان‌های خردادماه نهایی بود، حالا مثل قدیما شده و قراره که امتحان خرداد امسال تو هم نهایی باشه.

حالا این خوبه یا بد، خدا داند!

اما نگران نباش؛ خیلی‌سبز مثل همیشه در کنارت بوده، هست و خواهد بود.

در کنارتیم که بهترین نتیجه رو توی امتحان‌های نهایی امسال بگیری. اصلاً برای همین این کتاب رو نوشتیم که با سبک سؤالات امتحان نهایی آشنا بشی. پس قرص و محکم پای این کتاب بشین، سؤالات این کتاب رو که نزدیک به سبک امتحانات نهایی هست حل کن، اگر جایی گیر کردی یه نگاه به درس‌نامه‌های مختصر ولی بسیار مفیدش بنداز و اگر باز سر یه سؤالی دیگه خیلی گیر کردی یواشکی پاسخ‌های کاملاً تشریحی‌اش رو بخون و قال قضیه رو بِکَن. راستی چندتا آزمون هم به سبک امتحان نهایی و با همون بارم‌بندی، اون آخر ماخرا داریم، اون‌ها رو از خودت امتحان بگیر و بعد پاسخ‌نامه رو حتماً چک کن. پاسخ‌نامهٔ آزمون‌ها رو ریزبه‌ریز بارم‌بندی کردیم!

پاسخ‌ها رو ببین و چک کن که چه چیزی برای تصحیح‌کنندهٔ سؤال مهم بوده و تو اون رو جا انداختی و حواست رو جمع کن که سر جلسهٔ امتحان اصلی اون رو جا ننداری. برات از صمیم قلب آرزوی موفقیت می‌کنم.

موفق باشی


**در آخر جا داره از خیلی از دوستان که تو این مدت زحمت کشیدن و خون‌دل خوردن تشکر کنم.**

- دکتر کمیل نصری
- جناب آقای علی‌نژاد
- جناب آقای مهدی هاشمی عزیز
- تمام دوستان در واحد تولید مخصوصاً سهیل سمایی عزیز
- ویراستاران و کارشناسان علمی توانمندمون آقای امیر محمود انزابی و خانم‌ها مینا غلام‌پور و مریم گلی‌حسنلو که خیلی با دقت اثر رو خوندن، کامنت گذاشتن و خطاها رو تصحیح‌کردن.


الهـی به امید تو

پاییز ۱۴۰۲

فـرزاد نامـی

# فهرست مطالب


| | سؤال | درس‌نامه + پاسخ |
|---|---|---|
| **فصل اول: الکتریسیتهٔ ساکن** | | |
| بخش اول: بار الکتریکی | ۵ | ۵۴ |
| بخش دوم: قانون کولن، برهم‌نهی نیروهای الکتریکی | ۷ | ۵۷ |
| بخش سوم: میدان الکتریکی، میدان الکتریکی ذرهٔ باردار و برهم‌نهی میدان‌های الکتریکی | ۱۰ | ۶۲ |
| بخش چهارم: خطوط میدان الکتریکی، میدان الکتریکی یکنواخت | ۱۲ | ۶۷ |
| بخش پنجم: انرژی پتانسیل الکتریکی و پتانسیل الکتریکی | ۱۳ | ۶۹ |
| بخش ششم: توزیع بار الکتریکی در اجسام رسانا | ۱۶ | ۷۳ |
| بخش هفتم: خازن، ساختار خازن، انرژی ذخیره‌شده در خازن | ۱۷ | ۷۴ |
| **فصل دوم: جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم** | | |
| بخش اول: جریان الکتریکی، مقاومت الکتریکی و قانون اهم | ۲۰ | ۷۷ |
| بخش دوم: عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی | ۲۲ | ۸۰ |
| بخش سوم: نیروی محرکهٔ الکتریکی و مدارها ـ توان در مدارهای الکتریکی | ۲۳ | ۸۲ |
| بخش چهارم: ترکیب مقاومت‌ها | ۲۷ | ۸۸ |
| **فصل سوم: مغناطیس و القای الکترومغناطیسی** | | |
| بخش اول: مغناطیس و قطب‌های مغناطیسی ـ میدان مغناطیسی | ۳۲ | ۹۶ |
| بخش دوم: نیروی مغناطیسی وارد بر ذرهٔ باردار متحرک در میدان مغناطیسی | ۳۴ | ۹۸ |
| بخش سوم: نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان | ۳۶ | ۱۰۰ |
| بخش چهارم: میدان مغناطیسی حاصل از سیم راست حامل جریان | ۳۸ | ۱۰۲ |
| بخش پنجم: میدان مغناطیسی حاصل از حلقه و پیچهٔ مسطح و سیم‌لوله | ۳۹ | ۱۰۴ |
| بخش ششم: ویژگی‌های مغناطیسی مواد | ۴۱ | ۱۰۶ |
| بخش هفتم: پدیدهٔ القای الکترومغناطیسی ـ شار مغناطیسی ـ قانون القای فاراده | ۴۲ | ۱۰۸ |
| بخش هشتم: قانون لنز | ۴۷ | ۱۱۴ |
| بخش نهم: القاگرها | ۵۰ | ۱۱۷ |
| بخش دهم: جریان متناوب و مبدل‌ها | ۵۱ | ۱۱۸ |
| **ضمیمه: امتحانات شبیه‌ساز نهایی** | | |
| امتحان شماره ۱: نوبت اول (میان‌سال) | ۱۲۳ | ۱۳۶ |
| امتحان شماره ۲: نوبت اول (میان‌سال) | ۱۲۴ | ۱۳۷ |
| امتحان شماره ۳: نوبت دوم (پایان‌سال) | ۱۲۶ | ۱۳۸ |
| امتحان شماره ۴: نوبت دوم (پایان‌سال) | ۱۲۹ | ۱۴۰ |
| امتحان شماره ۵: نوبت دوم (پایان‌سال) | ۱۳۱ | ۱۴۱ |
| امتحان شماره ۶: نوبت دوم (پایان‌سال) | ۱۳۳ | ۱۴۳ |

# فصل ۱ الکتریسیتهٔ ساکن

## بخش ۱ بارالکتریکی

صفحهٔ ۲ تا ۴ کتاب درسی

درس‌نامهٔ ۱ را در صفحهٔ ۵۴ ببینید.

درست یا نادرست بودن جمله‌های زیر را مشخص کنید:

۱- اگر جسمی نسبت به حالت خنثی الکترون از دست داده باشد، بار الکتریکی آن مثبت است.

۲- بار الکتریکی یک جسم همواره مضرب درستی از بار بنیادی e است.

۳- مجموع جبری همهٔ بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی، ثابت است.

۴- بارهای همنام همدیگر را می‌رانند و بارهای ناهمنام همدیگر را می‌ربایند.

۵- به کمک یک الکتروسکوپ می‌توانیم اندازهٔ بار الکتریکی یک جسم را اندازه‌گیری کنیم.

۶- با مالش دو جسم نارسانای خنثی به هم، هر دو دارای بارهای هم‌اندازه و همنام می‌شوند.

۷- اگر جسم بارداری را به یک رسانای خنثی نزدیک کنیم، بر اثر القا، جسم باردار، رسانا را می‌رباید.

۸- وقتی میلهٔ شیشه‌ای را با پارچهٔ ابریشمی مالش دهیم، میلهٔ شیشه‌ای، دارای بار مثبت و پارچهٔ ابریشمی، دارای بار منفی می‌شوند.

جمله‌های زیر را به کمک کلمه یا عبارت مناسب به درستی تکمیل نمایید:

۹- اگر جمع جبری بارهای یک دستگاه منزوی صفر باشد، از نظر الکتریکی دستگاه ..... (باردار ـ خنثی) است.

۱۰- بار الکتریکی هستهٔ یک اتم ..... (می‌تواند ـ نمی‌تواند) $+۵/۸\times۱۰^{-۱۸}\ C$ باشد.

۱۱- یکای اندازه‌گیری بار الکتریکی در SI ..... (کولن ـ آمپرساعت) است.

۱۲- در یک آذرخش، نوعی بار از مرتبهٔ ..... ($۱۰\ C$ ـ $۱۰\ \mu C$) به زمین منتقل می‌شود.

۱۳- در اثر مالش، بار الکتریکی جسمی که الکترون‌خواهی کم‌تری دارد، ..... (منفی ـ مثبت) می‌شود.

۱۴- وقتی میلهٔ پلاستیکی را با پارچهٔ پشمی مالش می‌دهیم، میلهٔ پلاستیکی بار ..... (مثبت ـ منفی) می‌گیرد.

۱۵- اگر میله‌ای با بار مثبت را به کلاهک یک الکتروسکوپ خنثی نزدیک کنیم، بار کلاهک الکتروسکوپ ..... (مثبت ـ منفی) و بار ورقه‌های آن ..... (مثبت ـ منفی) می‌شود.

۱۶- اگر میله‌ای با بار مثبت را به کلاهک یک الکتروسکوپ خنثی تماس دهیم، بار کلاهک الکتروسکوپ ..... (مثبت ـ منفی) و بار ورقه‌های آن ..... (مثبت ـ منفی) می‌شود.

به سؤالات زیر پاسخ دهید:

۱۷- چرا وقتی روکش پلاستیکی (نوار سلوفان) را روی یک ظرف غذا می‌کشید و آن را در لبه‌های ظرف فشار می‌دهید، روکش در جای خود ثابت باقی می‌ماند؟

(پرسش کتاب درسی)

۱۸- دو کاربرد از کاربردهای الکتروسکوپ را بنویسید.

۱۹- چگونه به وسیلهٔ یک الکتروسکوپ می‌توانیم باردار‌بودن یک جسم باردار را تشخیص دهیم؟

۲۰- چگونه به وسیلهٔ یک الکتروسکوپ می‌توانیم نوع بار یک جسم باردار را تشخیص دهیم؟

۲۱- چگونه به وسیلهٔ یک الکتروسکوپ می‌توانیم رسانا یا عایق بودن یک جسم را تشخیص دهیم؟

۲۲- با توجه به جدول سری الکتریسیتهٔ مالشی، نوع بار هر یک از جسم‌های زیر را پس از مالش با همدیگر مشخص کنید.

الف) میلهٔ شیشه‌ای با پارچهٔ ابریشمی

ب) توپ پلاستیکی با پارچهٔ ابریشمی

| انتهای مثبت سری |
| --- |
| شیشه |
| ابریشم |
| کهربا |
| پلاستیک |
| انتهای منفی سری |

۲۳- اگر بادکنک را به اندازهٔ کافی به دیوار مالش دهید، مشاهده می‌کنید که بادکنک به دیوار می‌چسبد. دلیل چسبیدن بادکنک به دیوار را توضیح دهید.

۲۴- مطابق شکل، دو نیِ پلاستیکی را از نزدیکی یک انتهای آن‌ها خم کنید و پس از مالش‌دادن با پارچه‌ای پشمی، نزدیک یکدیگر قرار دهید. اگر نی‌ها به خوبی باردار شده باشند، نیروی دافعهٔ آن‌ها را می‌توانید به وضوح بر روی انگشتان خود حس کنید. دلیل این پدیده را توضیح دهید. (فعالیت کتاب درسی)



۲۵- با وسایل زیر، آزمایشی را طراحی کنید که نشان دهد بارهای الکتریکی همنام یکدیگر را می‌رانند و بارهای غیرهمنام یکدیگر را می‌ربایند.

«دو بادکنک پلاستیکی ـ نخ خشک کم‌تاب ـ پارچهٔ پشمی» (امتحان نهایی[1])

۲۶- در محیط اطراف ما، جاذبهٔ الکتریکی بیشتر از دافعه‌های الکتریکی مشاهده می‌شود. با ذکر دلیل، علت را توضیح دهید. (نهایی)

۲۷- یک میلهٔ سربی را با پارچهٔ پشمی مالش داده، سپس میلهٔ سربی را با کلاهک الکتروسکوپِ بدون باری تماس می‌دهیم. حالا یک قطعه کهربا را پس از مالش با پارچهٔ کتان به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک می‌کنیم. با ذکر دلیل بیان کنید که با نزدیک‌کردن کهربا به کلاهک الکتروسکوپ، وضعیت تیغه‌های آن چگونه تغییر می‌کند؟

| انتهای مثبت سری |
| --- |
| پشم |
| سرب |
| کتان |
| کهربا |
| انتهای منفی سری |

۲۸- اصل پایستگی بار الکتریکی را تعریف کنید.

۲۹- اصل کوانتیده‌بودن بار الکتریکی را تعریف کنید.

۳۰- یک میلهٔ پلاستیکی را با پارچهٔ پشمی مالش می‌دهیم. پس از مالش، بار الکتریکی میلهٔ پلاستیکی $-۱۹/۲\ nC$ می‌شود.

الف) بار الکتریکی ایجادشده در پارچهٔ پشمی چه‌قدر است؟

ب) تعداد الکترون‌های منتقل‌شده از پارچهٔ پشمی به میلهٔ پلاستیکی را محاسبه کنید. $(e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\ C)$ (مشابه تمرین کتاب درسی)

۳۱- چه تعداد الکترون از سکه‌ای خنثی بگیریم تا بار آن $+۱\ C$ شود؟ $(e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\ C)$

۳۲- الف) بار الکتریکی اتم و هستهٔ اتم نیتروژن $(^{۱۴}_{۷}N)$ چند کولن است؟ (مشابه تمرین کتاب درسی)

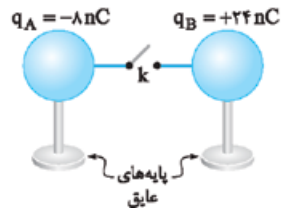
ب) بار الکتریکی اتم نیتروژنِ دو بار یونیده $(N^{+۲})$ چه‌قدر است؟

۳۳- دو کرهٔ هم‌اندازه و رسانا با بارهای $q_A=۵\ \mu C$ و $q_B=۱۳\ \mu C$ را با هم تماس می‌دهیم.

الف) پس از برقراری تعادل، بار هر یک از کره‌ها چند میکروکولن است؟ ب) کدام کره الکترون از دست داده است؟

ج) چه تعداد الکترون را بین کره‌ها جابه‌جا کنیم تا بار کره‌ها هم‌اندازه شوند؟ $(e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\ C)$

۳۴- در شکل مقابل، با بستن کلید $(k)$ بار کره‌های رسانا و هم‌اندازه، یکسان می‌شوند.




الف) پس از برقراری تعادل، بار هر یک از کره‌ها چند میکروکولن است؟

ب) کدام کره الکترون از دست داده است؟

ج) چه تعداد الکترون بین کره‌ها جابه‌جا شوند تا بار کره‌ها هم‌اندازه شود؟ $(e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\ C)$

۱- دانش‌آموز عزیز: منظور از امتحان نهایی، امتحانات نهایی در نظام آموزشی قبلی است.

۳۵- جسمی دارای بار مثبت $Q_1$ است. اگر تعداد $5\times10^{13}$ الکترون از آن بگیریم، مقدار بار آن ۲۰٪ تغییر می‌کند. بار جسم چند میکروکولن می‌شود؟ $(e=1/6\times10^{-19}\ C)$

۳۶- جسمی دارای بار منفی $Q_1$ است. اگر تعداد $3\times10^{13}$ الکترون از آن بگیریم، مقدار بار آن ۲۵٪ تغییر می‌کند. بار جسم چند میکروکولن می‌شود؟ $(e=1/6\times10^{-19}\ C)$

## بخش ۲ قانون کولن، برهم‌نهی نیروهای الکتریکی

صفحهٔ ۵ تا ۱۰ کتاب درسی

درس‌نامهٔ ۲ را در صفحهٔ ۵۷ ببینید.

درست یا نادرست بودن جمله‌های زیر را مشخص کنید.

۳۷- با کاهش فاصلهٔ بین دو ذرهٔ باردار، بزرگی نیروی الکتریکی بین آن‌ها کاهش می‌یابد.

۳۸- اگر بار ذرهٔ (۱) بزرگ‌تر از بار ذرهٔ (۲) باشد، $|F_{12}|>|F_{21}|$ است.

۳۹- یکای اندازه‌گیری ضریب گذردهی الکتریکی خلأ $(\varepsilon_0)$ در SI، $\frac{N.m^2}{C^2}$ است.

۴۰- نیروهای الکتریکی‌ای که دو جسم باردار به هم وارد می‌کنند، همواره در جهت مخالف هم‌اند.

با انتخاب عبارت مناسب برای جای خالی، جمله‌ها را به درستی تکمیل نمایید.

۴۱- نیرویی که دو بار الکتریکی بر هم وارد می‌کنند، با ..... (فاصلهٔ ـ مربع فاصلهٔ) بارها از یکدیگر نسبت وارون دارد. (نهایی)

۴۲- اگر فاصلهٔ دو بار الکتریکی را نصف کنیم، نیروی الکتریکی ..... (نصف ـ دو برابر ـ چهار برابر) می‌شود. (نهایی)

۴۳- یکای اندازه‌گیری ثابت کولن $(k)$ در SI ..... $(\frac{N.m^2}{C^2}-\frac{C^2}{N.m^2})$ است.

به سؤالات زیر پاسخ دهید:

۴۴- قانون کولن را بیان کنید. (نهایی)

۴۵- شکل روبه‌رو چه دستگاهی است و کاربرد آن چیست؟




۴۶- الف) در مدل بور برای اتم هیدروژن، فاصلهٔ الکترون از پروتون هسته در حالت پایه تقریباً $5\times10^{-11}\ m$ است. اندازهٔ نیروی الکتریکی‌ای را که پروتون به الکترون وارد می‌کند، محاسبه کنید.

ب) در هستهٔ اتم هلیم، دو پروتون به فاصلهٔ تقریبی $r=2/5\times10^{-15}\ m$ از هم قرار دارند. اندازهٔ نیرویی که پروتون‌ها بر هم وارد می‌کنند را محاسبه کنید.

$(e=1/6\times10^{-19}\ C\ ,\ k=9\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2})$

پ) توضیح دهید با وجود نیروی دافعهٔ بین دو پروتون، چرا هستهٔ اتم‌ها فرو نمی‌پاشد؟

۴۷- دو گوی رسانای کوچک و یکسان، به بارهای $q_1=2/5\ \mu C$ و $q_2=-6/5\ \mu C$ را با هم تماس می‌دهیم و سپس تا فاصلهٔ $r=60\ cm$ از هم دور می‌کنیم. نیروی برهم‌کنش الکتریکی بین دو گوی را محاسبه کنید. این نیرو رانشی است یا ربایشی؟ $(k=9\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2})$ (مشابه تمرین کتاب درسی)

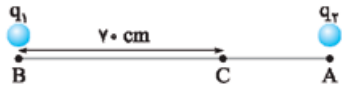
۴۸- در شکل روبه‌رو، دو گوی مشابه به جرم $3/6\ g$ و بار یکسان مثبت q در فاصلهٔ $3\ cm$ از هم قرار دارند، به طوری که گوی بالایی به حالت معلق مانده است. (مشابه تمرین کتاب درسی)

الف) اندازهٔ بار q را محاسبه کنید.

ب) تعداد الکترون‌های کنده‌شده از هر گوی را به دست آورید. $(e=1/6\times10^{-19}\ C\ ,\ k=9\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2}\ ,\ g=10\ N/kg)$

۴۹- دو ذرهٔ باردار به جرم ۴۰ g و بارهای ۱۵ nC و ۸ μC را بر روی سطح افقی بدون اصطکاکی و در فاصلهٔ ۱۵ cm از هم رها می‌کنیم. شتاب هر یک از ذره‌ها را در لحظهٔ رهاشدن محاسبه کنید. $(k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$

۵۰- دو ذرهٔ باردار $q_1 = 50\ nC$ و $q_2 = -160\ nC$ مطابق شکل در نقاط A و B، روی سطح بدون اصطکاکی در فاصلهٔ ۱متری هم ثابت نگه داشته شده‌اند. ذرهٔ (۱) به جرم ۵۰ g را رها می‌کنیم:




الف) شتاب ذرهٔ (۱) را در لحظهٔ رهاشدن به دست آورید. $(k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$

ب) شتاب ذرهٔ (۱) در نقطهٔ (C) چه‌قدر از شتابش در لحظهٔ رهاشدن بیشتر است؟

۵۱- دو ذرهٔ باردار $q_1$ و $q_2$ در فاصله r از هم قرار گرفته‌اند و بر هم نیروی الکتریکی $\vec{F}$ را وارد می‌کنند. اگر اندازهٔ بار هر ذره را ۳ برابر و فاصلهٔ آن‌ها را نصف کنیم، اندازهٔ نیروی الکتریکی‌ای که به هم وارد می‌کنند، چند برابر می‌شود؟

۵۲- دو ذرهٔ باردار در فاصلهٔ r از هم ثابت شده‌اند. اگر اندازهٔ یکی از بارها و فاصلهٔ آن‌ها از هم دو برابر شود، نیرویی که بر هم وارد می‌کنند، چند درصد و چگونه تغییر می‌کند؟

۵۳- دو ذرهٔ باردار با بارهای $q_1 = 8q$ و $q_2 = 4q$ در فاصلهٔ r از هم قرار دارند. ٪۲۵ از بار $q_1$ را برداشته و به بار $q_2$ منتقل می‌کنیم. نیرویی که در این حالت به هم وارد می‌کنند، چند برابر حالت اول است؟

۵۴- دو ذرهٔ باردار با بارهای $q_1 = -8q$ و $q_2 = 4q$ در فاصلهٔ r از هم قرار دارند. ٪۲۵ از بار $q_1$ را برداشته و به بار $q_2$ منتقل می‌کنیم. نیرویی که در این حالت به هم وارد می‌کنند، چند برابر حالت اول است؟

۵۵- دو ذرهٔ باردار با بارهای مشابه q در فاصلهٔ r از هم ثابت شده‌اند. ٪۲۰ بار یکی از ذره‌ها را برداشته و به دیگری منتقل می‌کنیم و فاصلهٔ بین آن‌ها را ٪۶۰ کاهش می‌دهیم. نیرویی الکتریکی‌ای که این دو ذره به هم وارد می‌کنند، چند برابر حالت اول می‌شود؟

۵۶- اصل برهم‌نهی نیروهای الکتروستاتیکی را بیان کنید.

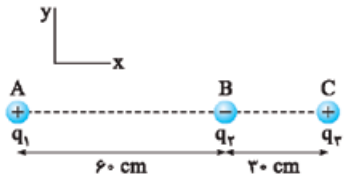
۵۷- سه ذرهٔ باردار مانند شکل زیر، روی یک خط راست قرار دارند و فاصلهٔ بارهای سمت راست و چپ از بار میانی، برابر است.




الف) جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار الکتریکی میانی را تعیین کنید.

ب) اگر ذرهٔ سمت راست به جای q، بار $-q$ داشته باشد، جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار میانی چگونه خواهد بود؟ (پرسش کتاب درسی)

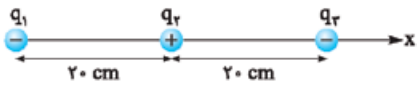
۵۸- سه ذره با بارهای $q_1 = 9\ \mu C$، $q_2 = -2\ \mu C$ و $q_3 = 4\ \mu C$ در نقطه‌های A، B و C مطابق شکل ثابت شده‌اند. (مشابه مثال کتاب درسی)




الف) نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار $q_3$ را محاسبه کنید. $(k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$

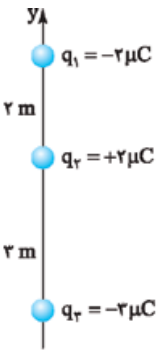
ب) نیروی خالص وارد بر بار $q_2$ را به دست آورید.

۵۹- بارهای الکتریکی نقطه‌ای $q_1 = -8\ nC$، $q_2 = +10\ nC$ و $q_3 = -8\ nC$ مطابق شکل، در جای خود ثابت شده‌اند. نیروی خالص الکتریکی وارد بر هر یک از بارهای $q_2$ و $q_3$ را به دست آورید. (مشابه تمرین کتاب درسی)



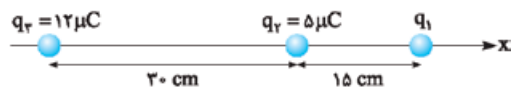

$(k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$

۶۰- سه ذرهٔ باردار روی محور yها مطابق شکل مقابل قرار دارند. برایند نیروهای وارد بر بار $q_2$ را در SI برحسب بردارهای یکه محاسبه کنید. (نهایی)



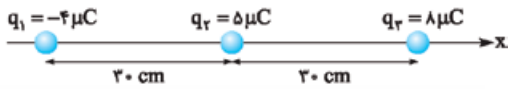

$(k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$

۶۱- در شکل زیر سه ذرهٔ باردار بر روی خط راستی ثابت شده‌اند. اگر نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار $q_2$ در SI، $+10\vec{i}$ باشد، نوع و اندازهٔ بار $q_1$ را به دست آورید.




$(k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$

۶۲- در شکل زیر سه ذرهٔ باردار روی محور x قرار دارند. اگر روی محور x بار $q_۲$ را به اندازهٔ ۱۰ cm به بار $q_۱$ نزدیک کنیم، بزرگی نیروی وارد بر بار $q_۲$ چند نیوتون تغییر می‌کند؟ $(k = ۹\times۱۰^۹ \frac{N.m^۲}{C^۲})$




۶۳- دو ذرهٔ باردار $q_۱ = ۲\ nC$ و $q_۲ = ۱۸\ nC$ در فاصلهٔ ۶۰ cm از هم قرار گرفته‌اند. بار $q_۳$ را در چه فاصله‌ای از بار $q_۲$ قرار دهیم تا نیروی الکتریکی خالص وارد بر آن صفر شود؟

۶۴- دو ذرهٔ باردار $q_۱ = ۲\ nC$ و $q_۲ = -۱۸\ nC$ در فاصلهٔ ۶۰ cm از هم قرار گرفته‌اند. بار $q_۳$ را در چه فاصله‌ای از بار $q_۲$ قرار دهیم تا نیروی الکتریکی خالص وارد بر آن صفر شود؟

۶۵- دو ذرهٔ باردار $q_۱ = ۶\ \mu C$ و $q_۲ = ۲۴\ \mu C$ در فاصلهٔ ۳۶ cm از هم قرار گرفته‌اند. بار $q_۳$ را در مکانی قرار می‌دهیم که نیروی الکتریکی وارد بر هر سه بار صفر شود.

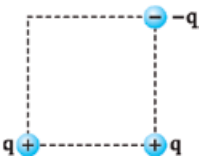
الف) فاصلهٔ بار $q_۳$ از بار $q_۱$ را به دست آورید.
ب) نوع و اندازهٔ بار $q_۳$ را مشخص کنید.

۶۶- در شکل زیر، $\vec{F}$ برایند نیروهای وارد بر بار $q_۲$ است. نوع بارهای $q_۲$ و $q_۳$ را مشخص کنید. ($q_۱$ مثبت است.) (امتحان نهایی)

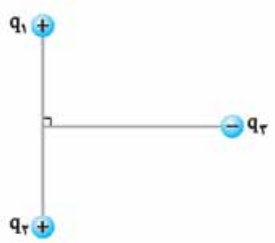



۶۷- سه ذرهٔ باردار مطابق شکل زیر، در سه گوشهٔ یک مربع قرار دارند. (پرسش کتاب درسی)

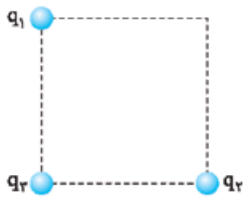
الف) جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار سمت راست پایینی را تعیین کنید.
ب) اگر ذرهٔ سمت چپ پایینی به جای q، بار $-q$ داشته باشد، جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار سمت راست پایینی چگونه خواهد بود؟




۶۸- مطابق شکل روبه‌رو، بار نقطه‌ای $q_۳$ روی عمودمنصف خط واصل دو ذرهٔ باردار مساوی $q_۱$ و $q_۲$ قرار دارد. نیروی الکتریکی برایند وارد بر بار $q_۳$ را رسم کنید. $(k = ۹\times۱۰^۹ \frac{N.m^۲}{C^۲})$ (امتحان نهایی)

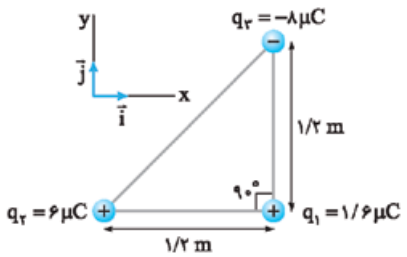



۶۹- سه ذرهٔ باردار $q_۱$، $q_۲$ و $q_۳$ مطابق شکل در سه رأس مربعی به ضلع ۶۰ cm ثابت شده‌اند. اگر $q_۱ = q_۲ = -۳\ \mu C$ و $q_۳ = +۴\ \mu C$ باشد، نیروی خالص الکتریکی وارد بر بار $q_۳$ را برحسب بردارهای یکهٔ $\vec{i}$ و $\vec{j}$ تعیین کنید. $(k = ۹\times۱۰^۹ \frac{N.m^۲}{C^۲})$ (مشابه تمرین کتاب درسی)

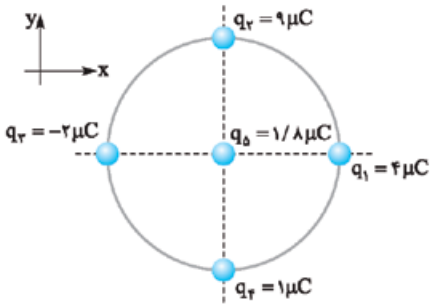



۷۰- سه ذرهٔ باردار مطابق شکل زیر در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ای ثابت شده‌اند. (مشابه مثال کتاب درسی)

الف) نیروی الکتریکی خالص وارد بر ذرهٔ واقع در رأس قائمه را به دست آورید.
ب) اندازهٔ این نیرو را محاسبه کنید. $(k = ۹\times۱۰^۹ \frac{N.m^۲}{C^۲})$



۷۱- ذرهٔ بارداری در مرکز و چهار ذرهٔ باردار دیگر مطابق شکل بر روی محیط دایره‌ای به شعاع ۹۰ cm ثابت شده‌اند.




الف) نیروی وارد بر ذرهٔ بارداری را که در مرکز دایره قرار دارد، برحسب بردارهای یکه به دست آورید.

$(k = ۹\times۱۰^{۹}\ \frac{N.m^۲}{C^۲})$

ب) بزرگی نیرویی را که در قسمت (الف) به دست آوردید، محاسبه کنید.

## بخش ۳ میدان الکتریکی، میدان الکتریکی ذرهٔ باردار و برهم‌نهی میدان‌های الکتریکی

صفحهٔ ۱۰ تا ۱۶ کتاب درسی

درس‌نامهٔ ۳ را در صفحهٔ ۶۲ ببینید.

درست یا نادرست بودن جمله‌های زیر را مشخص کنید.

۷۲- جسم باردار به وسیلهٔ میدانی که در اطراف خود ایجاد می‌کند، بر اجسام باردار دیگر نیرو وارد می‌کند.

۷۳- جهت میدان الکتریکی در یک نقطه از فضا، هم‌جهت با نیروی الکتریکی وارد بر بار آزمون مثبت است.

۷۴- به علت آن‌که جهت میدان الکتریکی قراردادی است، میدان الکتریکی یک کمیت عددی است.

۷۵- با دورشدن از یک جسم باردار، میدان الکتریکی آن کوچک می‌شود.

۷۶- واندوگرافی که بار کلاهک آن منفی است، شعلهٔ شمع را دفع می‌کند.

با پرکردن جاهای خالی، جمله‌ها را به درستی تکمیل نمایید.

۷۷- برای اندازه‌گیری و تعیین جهت میدان الکتریکی در یک نقطه از فضا، از بار کوچکی با علامت ..... (منفی ـ مثبت) به نام بار آزمون استفاده می‌کنیم.

۷۸- یکای اندازه‌گیری میدان الکتریکی در SI ..... (نیوتون بر کولن ـ کولن) است.

۷۹- اندازهٔ میدان الکتریکی در فاصلهٔ معینی از یک ذرهٔ باردار با ..... (اندازهٔ بار ـ مربع فاصله) نسبت عکس دارد.

۸۰- نیروی وارد بر یک بار منفی در ..... (جهت ـ خلاف جهت) میدان الکتریکی است.

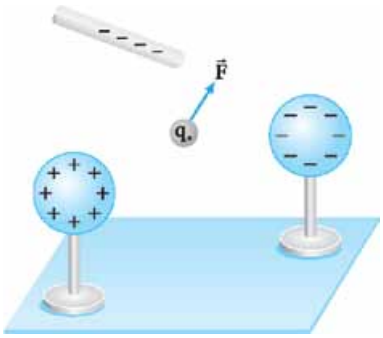
به سؤالات زیر پاسخ دهید.

۸۱- چگونه میدان الکتریکی را در هر نقطه از فضای اطراف یک جسم باردار الکتریکی تعیین می‌کنند؟

۸۲- به کمک یک واندوگراف و شمع، آزمایشی را طراحی کنید که تقریباً نشان دهد که بزرگی میدان الکتریکی و فاصله از جسم باردار، با هم رابطهٔ عکس دارند.

۸۳- اصل برهم‌نهی میدان‌های الکتریکی را بیان کنید.

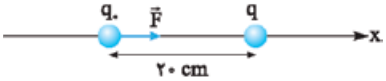
۸۴- بار آزمون $(q_۰)$ نشان‌داده‌شده در شکل $+۵\times۱۰^{-۸}\ C$ است و از سوی دو گوی و یک میلهٔ باردار، نیرویی برابر با $F = ۸\times۱۰^{-۵}\ N$ در جهت نشان‌داده‌شده بر آن وارد می‌شود. (مشابه مثال کتاب درسی)




الف) میدان الکتریکی در محل بار آزمون را تعیین کنید.

ب) اگر بار $۷\times۱۰^{-۸}\ C$ را به جای $q_۰$ قرار دهیم، چه نیرویی به آن وارد می‌شود؟

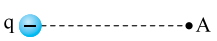
۸۵- در شکل زیر، نیرویی که ذرهٔ باردار q بر بار آزمون $q_۰ = +۲\ nC$ وارد می‌کند، در SI به صورت $\vec{F} = (+۹\times۱۰^{-۵}\ N)\vec{i}$ است.




الف) میدان الکتریکی بار q را در محل بار آزمون به دست آورید.

ب) نوع و اندازهٔ بار q را مشخص کنید. $(k = ۹\times۱۰^{۹}\ \frac{N.m^۲}{C^۲})$

۸۶- در شکل مقابل، بزرگی میدان الکتریکی ناشی از ذرهٔ باردار $q = -۱\ \mu C$ در نقطهٔ A برابر $۲\times۱۰^{۵}\ N/C$ است. (امتحان نهایی)




الف) بردار میدان الکتریکی را در نقطهٔ A رسم کنید.

ب) در چه فاصله‌ای از بار q، میدان الکتریکی نصف می‌شود؟ $(k = ۹\times۱۰^{۹}\ \frac{N.m^۲}{C^۲})$

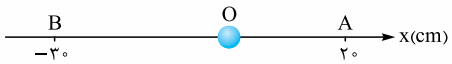
۸۷- طبق مدل بور برای اتم هیدروژن، در حالت پایه، فاصلهٔ الکترون از پروتون هسته تقریباً برابر $5/3\times10^{-11}\ m$ است. اندازهٔ میدان الکتریکی ناشی از پروتون هسته را در این فاصله تعیین کنید. $(k=9\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2},\ e=1/6\times10^{-19}\ C)$ (تمرین کتاب درسی)

۸۸- هستهٔ اتم آهن، شعاعی در حدود $4\times10^{-15}\ m$ دارد و تعداد پروتون‌های آن ۲۶ عدد است. (تمرین کتاب درسی)

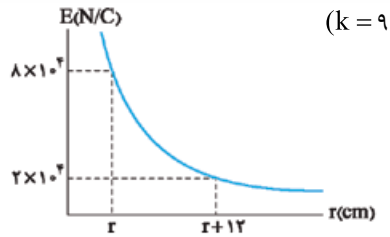
الف) بزرگی نیروی دافعهٔ بین دو پروتون این هسته که به فاصلهٔ $4\times10^{-15}\ m$ از هم قرار دارند، چه‌قدر است؟

ب) اندازهٔ میدان الکتریکی ناشی از هسته در فاصلهٔ $1\times10^{-10}\ m$ از مرکز هسته چه‌قدر است؟ $(k=9\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2},\ e=1/6\times10^{-19}\ C)$

۸۹- در شکل زیر، ذرهٔ باردار $q=40\ nC$ در نقطهٔ O ثابت شده است. اندازهٔ میدان الکتریکی‌ای که این بار در نقطهٔ A ایجاد می‌کند، از اندازهٔ میدان الکتریکی‌ای که در نقطهٔ B ایجاد می‌کند، چه‌قدر بیشتر است؟ $(k=9\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2})$



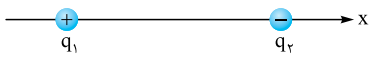

۹۰- نمودار اندازهٔ میدان الکتریکی برحسب فاصله $(E-r)$ از بار نقطه‌ای q مطابق شکل است. $(k=9\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2})$




الف) اندازهٔ r را به دست آورید.

ب) اندازهٔ بار q را محاسبه کنید.

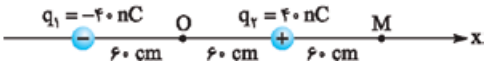
۹۱- مطابق شکل، دو ذره با بارهای $q_1=8\ \mu C$ و $q_2=-12\ \mu C$ در فاصلهٔ $80\ cm$ از یکدیگر ثابت شده‌اند. اندازهٔ میدان الکتریکی خالص را در نقطه‌های زیر به دست آورید: (مشابه مثال کتاب درسی)




الف) در وسط خط واصل دو ذره.

ب) در نقطه‌ای روی خط واصل دو ذره به فاصلهٔ $40\ cm$ از بار $q_1$ و $120\ cm$ از بار $q_2$. $(k=9\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2})$

۹۲- شکل زیر، آرایشی از دو بار الکتریکی هم‌اندازه و غیرهمنام (دوقطبی الکتریکی) را نشان می‌دهد که در فاصلهٔ $120\ cm$ از هم قرار دارند. میدان الکتریکی خالص را در نقطه‌های O و M به دست آورید. (مشابه تمرین کتاب درسی)



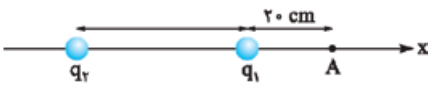

۹۳- دو بار الکتریکی ذره‌ای $q_1=-q_2=3\ \mu C$ در فاصلهٔ $7\ cm$ از یکدیگر ثابت شده‌اند. (امتحان نهایی)

الف) به مجموعهٔ این دو بار الکتریکی چه گفته می‌شود؟

ب) بزرگی میدان الکتریکی برایند را در نقطهٔ A محاسبه کنید و بردار آن را رسم نمایید. $(k=9\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2})$



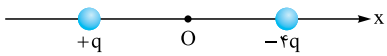

۹۴- در شکل زیر، میدان خالص در نقطهٔ A، $(12\times10^5\ N/C)\vec{i}$ است. اگر بار $q_1$ را خنثی کنیم، میدان در آن نقطه $(-6\times10^5\ N/C)\vec{i}$ می‌شود. نوع و اندازهٔ بار $q_1$ را مشخص کنید. $(k=9\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2})$



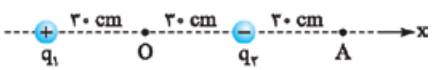

۹۵- شکل زیر، دو ذرهٔ باردار را نشان می‌دهد که در جای خود روی محور x ثابت شده‌اند. بارها در فاصلهٔ یکسان a از مبدأ مختصات (نقطهٔ O) قرار دارند.

الف) در کجای این محور (غیر از بی‌نهایت) برحسب a نقطه‌ای وجود دارد که در آن‌جا میدان الکتریکی برایند برابر با صفر است؟ (مشابه تمرین کتاب درسی)

ب) بزرگی و جهت میدان الکتریکی برایند در مبدأ مختصات را برحسب q و a بیابید.




۹۶- دو بار الکتریکی نقطه‌ای غیرهمنام $q_1=20\ nC$ و $q_2=-20\ nC$ مطابق شکل زیر به فاصلهٔ $60\ cm$ از یکدیگر قرار دارند. (مشابه تمرین کتاب درسی)



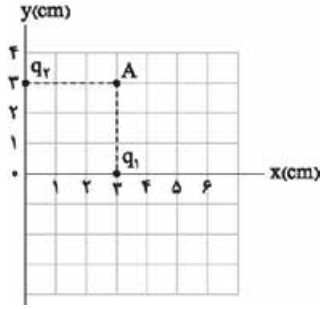

الف) جهت و اندازهٔ میدان الکتریکی را در نقطه‌های O و A به دست آورید. $(k=9\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2})$

ب) آیا بر روی محور، نقطه‌ای وجود دارد که میدان خالص در آن صفر شود؟

۹۷- دو بار نقطه‌ای $q_1=36\ nC$ و $q_2=4\ nC$ در فاصلهٔ $48\ cm$ از هم قرار گرفته‌اند. در چه فاصله‌ای از بار $q_1$، میدان الکتریکی خالص صفر است؟

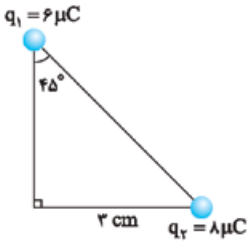
۹۸- دو بار نقطه‌ای با مقادیر q و $-4q$ به فاصلهٔ $30\ cm$ از هم قرار دارند. در چه فاصله‌ای از بار الکتریکی $-4q$ روی خط واصل، میدان الکتریکی برایند صفر است؟ (امتحان نهایی)

۹۹- شکل مقابل، دو بار نقطه‌ای $q_1$ و $q_2$ را در صفحهٔ xy نشان می‌دهد. میدان الکتریکی خالص را در نقطهٔ A برحسب بردارهای یکه تعیین کنید. (مشابه مثال کتاب درسی)




$(q_1 = 8\ \mu C \text{ و } q_2 = -4\ \mu C)$

۱۰۰- با توجه به شکل مقابل، به سؤال‌های زیر پاسخ دهید: $(k = 9\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2})$ (امتحان نهایی)

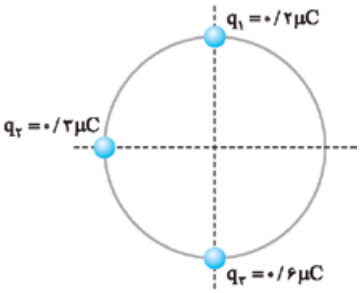



الف) بزرگی میدان الکتریکی برایند را در رأس قائم مثلث با رسم شکل به دست آورید.

ب) اگر در رأس قائم بار الکتریکی $q' = 0/5\ C$ قرار گیرد، بزرگی نیروی وارد بر آن چند نیوتون می‌شود؟

۱۰۱- دو بار الکتریکی ذره‌ای $q_1 = -q_2 = 10\ \mu C$ در فاصلهٔ ۶ cm از یکدیگر ثابت شده‌اند. میدان الکتریکی را روی عمودمنصف خطی که دو ذره را به یکدیگر وصل می‌کند و به فاصلهٔ ۳ cm از وسط خط واصل دو ذره است، به دست آورید. (با رسم شکل) $(k = 9\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2})$ (امتحان نهایی)

۱۰۲- سه ذرهٔ باردار مطابق شکل بر روی محیط دایره‌ای به شعاع ۲۰ cm ثابت شده‌اند. اندازهٔ میدان الکتریکی را در مرکز دایره محاسبه کنید. $(k = 9\times10^9\ \frac{N.m^2}{C^2})$




## بخش ۴ خطوط میدان الکتریکی، میدان الکتریکی یکنواخت

صفحهٔ ۱۶ تا ۱۹ کتاب درسی

درس‌نامهٔ ۴ را در صفحهٔ ۶۷ ببینید.

در هر یک از جمله‌های زیر، عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب کنید:

۱۰۳- میدان الکتریکی در هر نقطه از فضا، برداری است که به صورت ..... (مماس ـ عمود) بر خط میدان در آن نقطه رسم می‌شود. (نهایی)

۱۰۴- جهت خطوط میدان الکتریکی از بار ..... (منفی ـ مثبت) به سمت بار ..... (منفی ـ مثبت) است.

۱۰۵- میدان الکتریکی در فضای بین دو صفحهٔ رسانای موازی با بار مساوی و ناهمنام ..... (یکنواخت ـ غیریکنواخت) است. (نهایی)

درست یا نادرست بودن جمله‌های زیر را مشخص کنید.

۱۰۶- هر چه تراکم خطوط میدان الکتریکی در یک ناحیه از فضا بیشتر باشد، اندازهٔ میدان در آن ناحیه بیشتر است.

۱۰۷- با حرکت در جهت خطوط میدان، اندازهٔ میدان کاهش می‌یابد.

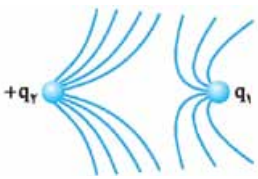
۱۰۸- در نزدیکی دوقطبی الکتریکی، خطوط میدان همدیگر را قطع می‌کنند.

به سؤالات زیر پاسخ دهید:

۱۰۹- دو ویژگی خط‌های میدان الکتریکی را ذکر کنید. (امتحان نهایی)

۱۱۰- خط‌های میدان الکتریکی مربوط به دو بار همنام مثبت و مساوی را رسم کنید. (امتحان نهایی)

۱۱۱- مطابق شکل، خطوط میدان الکتریکی در اطراف دو بار الکتریکی رسم شده است.




الف) اگر بار $q_2$ مثبت باشد، نوع بار و جهت خطوط میدان بار $q_1$ را مشخص کنید. (امتحان نهایی)

ب) اندازهٔ بار $q_1$ و $q_2$ را با یکدیگر مقایسه کنید.

# بخش ۱۰ جریان متناوب و مبدل‌ها

صفحهٔ ۹۷ تا ۹۹ کتاب درسی

درس‌نامهٔ ۱۰ را در صفحهٔ ۱۱۸ ببینید.

در هر یک از جمله‌های زیر، عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب کنید.

۵۷۷- یکی از کاربردهای مهم القای الکترومغناطیسی، تولید جریان ..... (مستقیم ـ متناوب) است. (امتحان نهایی)

۵۷۸- در مولدهای صنعتی جریان متناوب، آهنربا ..... (متحرک ـ ساکن) و پیچه ..... (متحرک ـ ساکن) است.

۵۷۹- یکای اندازه‌گیری بسامد در SI، ..... (هرتز ـ ثانیه) است.

۵۸۰- اگر شار گذرنده از پیچهٔ مولد جریان متناوب بیشینه باشد، نیروی محرکهٔ القایی ..... (بیشینه ـ صفر) است.

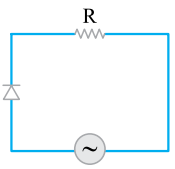
۵۸۱- در مبدل‌های کاهندهٔ نیروی محرکهٔ متناوب، تعداد دورهای پیچهٔ ورودی ..... (بیشتر ـ کم‌تر) از تعداد دورهای پیچهٔ خروجی است.

۵۸۲- در شبکهٔ انتقال برق از نیروگاه به مصرف‌کنندهٔ خانگی، ابتدا از مبدل‌های ..... (افزاینده ـ کاهنده) و سپس از مبدل‌های ..... (افزاینده ـ کاهنده) استفاده می‌کنند.

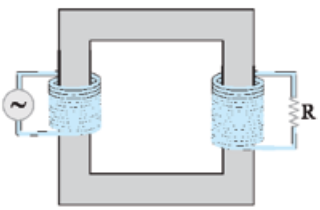
به سؤالات زیر پاسخ دهید.

۵۸۳- دوره یا زمان تناوب را تعریف کنید.

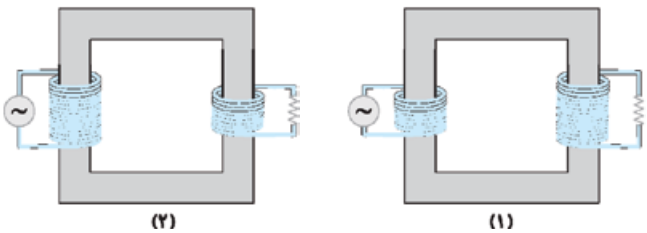
۵۸۴- در شکل مقابل، یک مولد، جریان متناوبی در مدار جریان ایجاد می‌کند. نمودار جریان گذرنده از مقاومت R را برحسب زمان (I-t) به طور کیفی رسم کنید. (مشابه فعالیت کتاب درسی)




۵۸۵- شکل روبه‌رو یک مبدل را نشان می‌دهد. این وسیله به چه منظوری مورد استفاده قرار می‌گیرد؟ (امتحان نهایی)




۵۸۶- کدام‌یک از مبدل‌های مقابل کاهنده و کدام‌یک از آن‌ها افزاینده است؟ چرا؟




مسائل زیر را حل کنید.

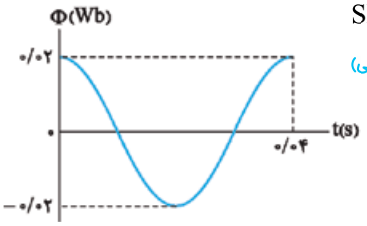
۵۸۷- پیچه‌ای به مساحت $500\ cm^2$ و تعداد حلقه‌های ۲۰۰ دور، درون یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی $0/4\ T$ حول محور خود می‌چرخد. اگر دورهٔ تناوب چرخش پیچه $2\ ms$ باشد:

الف) معادلهٔ شار مغناطیسی گذرنده از پیچه را برحسب زمان به دست آورید.

ب) نمودار ($\Phi$ -t) را رسم کنید.

پ) شار را در لحظهٔ $t = \frac{1}{300}\ s$ به دست آورید.

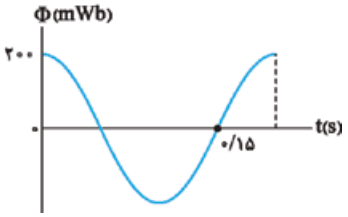
۵۸۸- نمودار $\Phi$ -t عبوری از یک حلقهٔ رسانا مطابق شکل مقابل است. معادلهٔ شار مغناطیسی را برحسب زمان در SI بنویسید. (امتحان نهایی)




۵۸۹- نمودار شار مغناطیسی گذرنده از پیچهٔ مولد جریان متناوبی مطابق شکل است.

الف) معادلهٔ شار مغناطیسی را برحسب زمان در SI بنویسید.

ب) در لحظهٔ $t = 0/3\ s$ شار را به دست آورید.



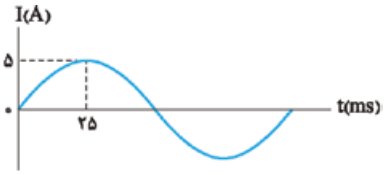
۵۹۰- معادلهٔ شار مغناطیسی گذرنده از پیچهٔ مولد جریان متناوبی در SI، به صورت $\Phi = ۰/۰۳\cos ۵۰\pi t$ است.

الف) اگر مساحت سطح پیچه $۱۵۰\ cm^۲$ باشد، بزرگی میدان مغناطیسی‌ای که پیچه را احاطه کرده است، به دست آورید.

ب) دورهٔ تناوب چرخش پیچه را محاسبه کنید.

پ) پس از لحظهٔ $t = ۰$، در چه لحظه‌ای برای اولین بار شار گذرنده از پیچه بیشینه می‌شود؟

۵۹۱- شکل مقابل، نمودار جریان متناوب سینوسی را نشان می‌دهد که یک مولد جریان متناوب تولید کرده است. معادلهٔ جریان برحسب زمان را بنویسید. (مشابه مثال کتاب درسی)




۵۹۲- معادلهٔ جریان ـ زمان یک مولد جریان متناوب برحسب یکاهای SI به صورت $I = ۵\sin ۱۰۰\pi t$ است. (مشابه تمرین کتاب درسی)

الف) جریان در دو لحظهٔ $t_۱ = ۲۰\ ms$ و $t_۲ = ۸۰\ ms$ چه‌قدر است؟

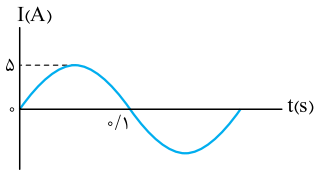
ب) دورهٔ تناوب جریان را به دست آورید و نمودار جریان ـ زمان را در یک دورهٔ کامل رسم کنید.

۵۹۳- جریان متناوبی که بیشینهٔ آن $۴\ A$ و دورهٔ آن $۰/۰۱\ s$ است، از یک رسانای ۱۵اهمی می‌گذرد. (تمرین کتاب درسی)

الف) اولین لحظه‌ای که در آن جریان بیشینه است، چه لحظه‌ای است؟ در این لحظه نیروی محرکهٔ القایی چه‌قدر است؟

ب) در لحظهٔ $t = \frac{۱}{۳۰۰}\ s$، جریان چه‌قدر است؟

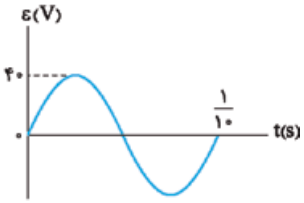
۵۹۴- شکل مقابل، نمودار تغییرات جریان متناوب برحسب زمان را در یک مدار الکتریکی نشان می‌دهد. اگر مقاومت مدار $R = ۴\ \Omega$ باشد، معادلهٔ نیروی محرکهٔ القایی برحسب زمان را (در SI) بنویسید. (امتحان نهایی)




۵۹۵- معادلهٔ جریان متناوبی در دستگاه SI به صورت $I = ۲\sin ۱۰۰\pi t$ است. نمودار جریان برحسب زمان را در یک دوره رسم کنید. (امتحان نهایی)

۵۹۶- جریان متناوب عبوری از یک مقاومت، با معادلهٔ $I = ۲\sin ۱۰۰\pi t$ تغییر می‌کند. دورهٔ جریان را حساب کنید و مقدار جریان الکتریکی در لحظهٔ $t = \frac{۱}{۳۰۰}\ s$ را به دست آورید. (امتحان نهایی)

۵۹۷- نمودار تغییرات نیروی محرکه برحسب زمان در یک مولد مطابق شکل است. اگر مقاومت در مدار ۸ اهم باشد، معادلهٔ شدت جریان متناوب را برحسب زمان (در SI) بنویسید. (امتحان نهایی)



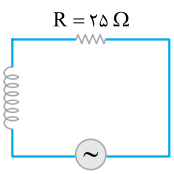

۵۹۸- از یک رسانای اهمی به مقاومت $۱۰۰\ \Omega$، جریان متناوبی با بیشینهٔ نیروی محرکهٔ $۲۵۰\ V$ می‌گذرد. اگر دورهٔ تناوب این جریان $۰/۰۲\ s$ باشد، معادلهٔ شدت جریان برحسب زمان را در SI بنویسید. (امتحان نهایی)

۵۹۹- جریان متناوبی به معادلهٔ $I = ۵\sin(۱۰۰\pi t)$ (در SI) از سیم‌لوله‌ای به ضریب خودالقایی $۰/۲\ H$ عبور می‌کند. (امتحان نهایی)

الف) دورهٔ تناوب این جریان، چند ثانیه است؟

ب) بیشترین انرژی ذخیره‌شده در سیم‌لوله چند ژول است؟

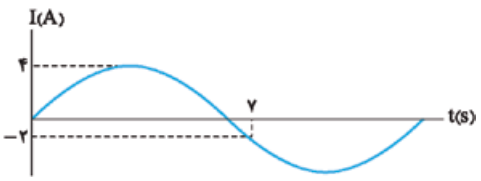
۶۰۰- معادلهٔ نیروی محرکهٔ متناوب مولد مدار شکل مقابل در SI به صورت $\varepsilon = ۱۰۰\sin ۵۰\pi t$ است.




الف) بیشینهٔ جریان گذرنده از مقاومت R چند آمپر است؟

ب) اگر ضریب القاوری القاگر آرمانی $۰/۰۳\ H$ باشد، در لحظهٔ $t = \frac{۱}{۳۰}\ s$ انرژی ذخیره‌شدهٔ آن چند ژول است؟

۶۰۱- نمودار جریان متناوب گذرنده از یک رسانای اهمی مطابق شکل زیر است. معادلهٔ جریان را برحسب زمان در SI به دست آورید.



فصل ۱ بخش ۱

# بارالکتریکی

صفحهٔ ۲ تا ۴ کتاب درسی

## بارالکتریکی

اگر تعداد پروتون‌ها (بار مثبت) و الکترون‌ها (بار منفی) یکسان نباشند، آن جسم دارای بار الکتریکی خالص است:

| مقایسهٔ تعداد الکترون‌ها و پروتون‌ها | بار جسم |
|---|---|
| تعداد الکترون = تعداد پروتون | خنثی |
| تعداد الکترون < تعداد پروتون | منفی |
| تعداد الکترون > تعداد پروتون | مثبت |

- بار الکتریکی کمیتی **نرده‌ای** است که با حرف q نمایش داده می‌شود و یکان آن در SI، **کولن** (C) است.

**نیروی الکتریکی:** به نیرویی که دو جسم باردار به خاطر بار الکتریکی‌شان به هم وارد می‌کنند، نیروی الکتریکی می‌گویند. اگر بارهای دو جسم هم‌نام (مثبت و مثبت یا منفی و منفی) باشند، دو جسم یکدیگر را دفع می‌کنند و اگر بارهای دو جسم ناهمنام (مثبت و منفی) باشند، دو جسم یکدیگر را جذب می‌کنند.

## روش‌های باردارکردن اجسام

اجسام را به سه روش می‌توانیم باردار کنیم: ۱ مالش ۲ تماس ۳ القای الکتریکی

**مالش:** اگر دو جسم به هم مالش داده شوند، تعدادی الکترون از یک جسم به جسم دیگر منتقل می‌شود. اگر دو جسم در ابتدا خنثی بوده باشند، بار آن‌ها پس از مالش به هم، **ناهمنام و هم‌اندازه** می‌شود.

**سری الکتریسیتهٔ مالشی (سری تریبوالکتریک):**
به این جدول سری الکتریسیتهٔ مالشی می‌گوییم:

| انتهای مثبت سری |
|---|
| موی انسان |
| شیشه |
| نایلون |
| پشم |
| موی گربه |
| سُرب |
| ابریشم |
| آلومینیم |
| پوست انسان |
| کاغذ |
| چوب |
| پارچهٔ کتان |
| کهربا |
| برنج، نقره |
| پلاستیک، پلی‌اتیلن |
| لاستیک |
| تفلون |
| انتهای منفی سری |

به کمک این جدول می‌توانیم نوع بار هر یک از اجسام را پس از مالش به هم به دست آوریم. هر چه جسمی به انتهای منفی سری نزدیک‌تر باشد، الکترون‌خواهی بیشتری دارد؛ بنابراین در مالش با جسم دیگر که الکترون‌خواهی کم‌تری دارد، الکترون می‌گیرد و بار منفی می‌شود.

**مثال** در مالش میلهٔ شیشه‌ای به پارچهٔ کتان، کدام جسم دارای بار منفی و کدام جسم دارای بار مثبت می‌شود؟

✓ **پاسخ:** پارچهٔ کتان به انتهای منفی سری نزدیک‌تر است؛ پس الکترون‌خواهی بیشتری دارد. در نتیجه با مالش میلهٔ شیشه‌ای به پارچهٔ کتان، پارچهٔ کتان الکترون می‌گیرد و بار منفی می‌شود و میلهٔ شیشه‌ای الکترون از دست می‌دهد و بار مثبت می‌شود.

**تماس:** اگر یک جسم رسانای باردار را به یک جسم رسانای خنثی تماس دهیم، بخشی از بار الکتریکی جسم باردار به رسانای خنثی منتقل می‌شود و آن را باردار می‌کند.

**نکته** پس از تماس دو جسم **رسانا** به هم، نوع بار الکتریکی آن‌ها یکسان می‌شود.

**القای الکتریکی در رسانا:** این روش را در دو حالت بررسی می‌کنیم:

### ۱ باردارکردن یک کرهٔ رسانای خنثی:




**مرحلهٔ ۱:** جسم بارداری را مطابق شکل روبه‌رو به یک کرهٔ خنثی نزدیک می‌کنیم.




**مرحلهٔ ۲:** بدون این‌که میله را دور کنیم، کره را به زمین وصل می‌کنیم تا مقداری الکترون از کره به زمین منتقل شود:

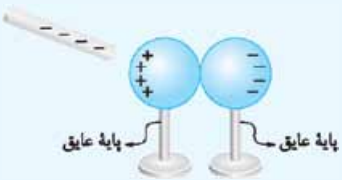



**مرحلهٔ ۳:** در حضور میله، اتصال کره به زمین را قطع می‌کنیم:



**مرحلهٔ ۴:** میله را از کره دور می‌کنیم. حالا یک کره با بار **مخالف** بار میله داریم.

### ۲ باردارکردن دو کرهٔ رسانای خنثی:




**مرحلهٔ ۱:** مطابق شکل، دو کرهٔ رسانا را در تماس با هم قرار می‌دهیم و میلهٔ بارداری را به آن‌ها نزدیک می‌کنیم.



**مرحلهٔ ۲:** در حضور میله، کره‌ها را از هم جدا می‌کنیم:

**مرحلهٔ ۳:** میله را دور می‌کنیم.

حالا دو کرهٔ باردار با بار **ناهمنام** داریم.



## الکتروسکوپ

وسیله‌ای به شکل زیر است که با آن می‌توانیم موارد زیر را تعیین کنیم:

۱ رسانا یا نارسانای الکتریکی بودن یک جسم

۲ باردار بودن یا باردار نبودن یک جسم

۳ نوع بار یک جسم




**تعیین رسانا یا نارسانای الکتریکی بودن یک جسم به کمک الکتروسکوپ:**

جسمی را که می‌خواهیم بدانیم که رسانا است یا عایق، به کلاهک الکتروسکوپ باردار تماس می‌دهیم. اگر جسم رسانا باشد، بخشی از بار الکتروسکوپ تخلیه می‌شود و تیغه‌های آن به هم نزدیک می‌شوند، اما اگر عایق باشد، بار الکتروسکوپ تخلیه نمی‌شود و در نتیجه فاصلهٔ بین تیغه‌ها تقریباً تغییری نمی‌کند.

**تشخیص باردار بودن یا باردار نبودن یک جسم به کمک الکتروسکوپ:**

هنگامی که جسمی را به کلاهک یک الکتروسکوپ خنثی تماس دهیم و یا بسیار نزدیک کنیم، اگر تیغه‌های الکتروسکوپ از هم دور شوند، نتیجه می‌گیریم که جسم باردار است و اگر تیغه‌ها حرکت نکنند، نتیجه می‌گیریم که جسم خنثی است.




**تشخیص نوع بار یک جسم باردار به کمک الکتروسکوپ:** جسمی را که بار آن نامشخص است، از راه دور به‌تدریج به کلاهک الکتروسکوپی که بار آن برای ما مشخص است، نزدیک می‌کنیم. اگر تیغه‌های الکتروسکوپ دورتر شدند، یعنی بار جسم، همنام با بار الکتروسکوپ است و اگر تیغه‌های الکتروسکوپ ابتدا به هم نزدیک شدند، یعنی بار جسم، با بار الکتروسکوپ ناهمنام است.

**توجه** اگر بار جسم، ناهمنام با الکتروسکوپ و نسبتاً بزرگ باشد، تیغه‌های الکتروسکوپ، ابتدا بسته و سپس باز می‌شوند. (برای همین است که جسم را از راه دور به تدریج به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک‌تر می‌کنیم.)

## اصل پایستگی بار الکتریکی

مجموع جبری همهٔ بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی، ثابت است؛ یعنی بار می‌تواند از جسمی به جسم دیگر منتقل شود ولی هرگز امکان تولید یا نابودی یک بار خالص وجود ندارد، یعنی:

$$q_1 + q_2 + q_3 + \cdots = q'_1 + q'_2 + q'_3 + \cdots$$

**مثال** **دو کرهٔ فلزی یکسان دارای بار الکتریکی $q_1 = 8\ nC$ و $q_2 = -2\ nC$ روی پایه‌های عایقی قرار دارند. اگر این دو کره را به هم تماس دهیم، بار هر کدام چند نانوکولن می‌شود؟**

✓ **پاسخ:** چون دو کره یکسان هستند، پس از تماس با هم، بارشان یکسان می‌شود؛ بنابراین، براساس اصل پایستگی بار داریم:

$$q_1 + q_2 = q'_1 + q'_2 \xrightarrow{q'_1 = q'_2 = q} q_1 + q_2 = 2q$$
$$\Rightarrow 8 + (-2) = 2q \Rightarrow q = 3\ nC$$

## اصل کوانتیده بودن بار الکتریکی

بار الکتریکی یک جسم، همواره مضرب درستی از بار بنیادی e است که $e \simeq 1/6 \times 10^{-19}\ C$ است:

$$q = \pm ne$$

در رابطهٔ بالا $n = 0, 1, 2, \cdots$ است.

**مثال** **دو کرهٔ رسانای مشابه با بارهای $q_1 = 5\ \mu C$ و $q_2 = 1\ \mu C$ را با هم تماس می‌دهیم:**

**الف) کدام کره الکترون از دست می‌دهد؟**

**ب) چند الکترون بین دو کره جابه‌جا می‌شود؟**

✓ **پاسخ:** الف) بار کرهٔ (۱) از بار کرهٔ (۲) مثبت‌تر است؛ بنابراین با تماس دو کره به یکدیگر، کرهٔ (۲) الکترون از دست می‌دهد و کرهٔ (۱) الکترون می‌گیرد.

ب) **گام اول:** ابتدا بار دو کره را پس از تماس با هم به دست می‌آوریم:

$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{5 + 1}{2} = 3\ \mu C$$

**گام دوم:** حالا تغییرات بار یکی از کره‌ها را تعیین می‌کنیم:

$$\Delta q_1 = q'_1 - q_1 = 3 - 5 = -2\ \mu C$$

**گام سوم:** تعداد الکترون‌های جابه‌جاشده برابر است با:

$$n = \frac{\Delta q_1}{-e} = \frac{-2 \times 10^{-6}}{-1/6 \times 10^{-19}} = 1/25 \times 10^{13}$$

## پاسخ سؤالات

۱. درست ۲. درست

۳. درست ۴. درست

۵. نادرست، به کمک یک الکتروسکوپ می‌توانیم باردار بودن یا باردار نبودن یک جسم و نوع بار آن جسم را تعیین کنیم.

۶. نادرست، در این حالت اندازهٔ بارها با هم مساوی است، اما علامت آن‌ها متفاوت است.

۷. درست ۸. درست

۹. خنثی

۱۰. نمی‌تواند، $5/8 \times 10^{-18}\ C$ ضریب صحیحی از بار بنیادی e نیست. زیرا:

$$n = \frac{q}{e} = \frac{5/8 \times 10^{-18}}{1/6 \times 10^{-19}} = 36/25$$

۱۱. کولن ۱۲. $10\ C$

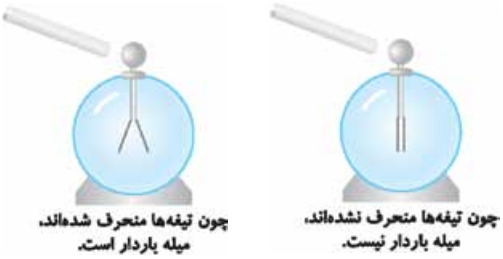
۱۳. مثبت ۱۴. منفی

۱۵. منفی ـ مثبت ۱۶. مثبت ـ مثبت

۱۷. هنگامی که روکش پلاستیکی را به بدنهٔ ظرف مالش می‌دهیم، الکترون‌ها از بدنهٔ ظرف به روکش پلاستیکی منتقل می‌شوند. در این صورت، روکش پلاستیکی، دارای بار منفی و بدنهٔ ظرف، دارای بار مثبت می‌شود و جاذبهٔ بین بارهای ناهمنام، باعث چسبیدن روکش پلاستیکی به لبه‌های ظرف می‌شود.

۱۸. ۱) تعیین باردار بودن یا نبودن جسم ۲) تعیین نوع بار جسم باردار ۳) تعیین رسانا یا عایق بودن جسم

**۱۹. تشخیص باردار بودن یا نبودن یک جسم:** اگر جسمی را به کلاهک یک الکتروسکوپ خنثی تماس دهیم و یا بسیار نزدیک کنیم، اگر تیغه‌های الکتروسکوپ از هم دور شوند، نتیجه می‌گیریم که جسم باردار است. اگر تیغه‌ها حرکت نکنند، نتیجه می‌گیریم که جسم خنثی است.




**۲۰. تشخیص نوع بار یک جسم باردار:** جسمی را که بار آن نامشخص است، از راه دور به تدریج به کلاهک الکتروسکوپی که بار آن برای ما مشخص است، نزدیک می‌کنیم. اگر تیغه‌های الکتروسکوپ دور شدند، یعنی بار جسم، همنام با بار الکتروسکوپ است و اگر تیغه‌های الکتروسکوپ ابتدا به هم نزدیک شدند، یعنی بار جسم با بار الکتروسکوپ ناهمنام است.

**توجه** اگر بار جسم، ناهمنام با الکتروسکوپ و نسبتاً بزرگ باشد، ورقه‌های الکتروسکوپ ابتدا بسته و سپس باز می‌شود. (برای همین است که جسم را از راه دور به تدریج به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک‌تر می‌کنیم.)

**۲۱.** جسمی را که می‌خواهیم بدانیم رسانا است یا عایق، به کلاهک الکتروسکوپ باردار تماس می‌دهیم. اگر جسم رسانا باشد، بخشی از بار الکتروسکوپ تخلیه می‌شود و تیغه‌های آن به هم می‌چسبد، اما اگر عایق باشد، بار الکتروسکوپ تخلیه نمی‌شود و در نتیجه فاصلهٔ بین تیغه‌ها تقریباً تغییری نمی‌کند.

**۲۲.** الف) میله شیشه‌ای: مثبت ـ پارچهٔ ابریشمی: منفی

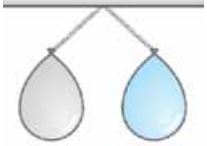
ب) توپ پلاستیکی: منفی ـ پارچهٔ ابریشمی: مثبت

**۲۳.** وقتی بادکنک را به دیوار مالش می‌دهیم، در اثر مالش، بادکنک و دیوار هر دو باردار می‌شوند و بار آن‌ها ناهمنام است. از آن‌جا که دو جسم با بار ناهمنام، یکدیگر را جذب می‌کنند، وقتی بادکنک را به اندازهٔ کافی به دیوار مالش می‌دهیم، یکدیگر را جذب می‌کنند و به هم می‌چسبند.

**۲۴.** نی‌های پلاستیکی در اثر مالش با پارچهٔ پشمی دارای بارهای همنام (منفی) می‌شوند. به همین دلیل به یکدیگر نیروی الکتریکی رانشی (دافعه) وارد می‌کنند.

**۲۵.** ابتدا دو بادکنک را مطابق شکل (الف) به وسیلهٔ نخ از یک نقطه آویزان می‌کنیم.


(الف)


(ب)

سپس بادکنک‌ها را به طور جداگانه به پارچهٔ پشمی مالش می‌دهیم.

با این کار، بادکنک‌ها بار منفی و پارچهٔ پشمی بار مثبت می‌گیرد.

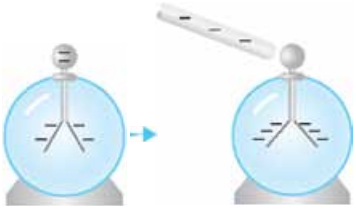
می‌بینیم که این دو بادکنک یکدیگر را مطابق شکل (ب) دفع می‌کنند. این موضوع نشان می‌دهد که بارهای الکتریکی همنام یکدیگر را دفع می‌کنند. حالا اگر پارچهٔ پشمی را به هر یک از بادکنک‌ها نزدیک کنیم، می‌بینیم که این بادکنک‌ها جذب پارچه می‌شوند؛ بنابراین می‌فهمیم که بارهای الکتریکی ناهمنام یکدیگر را جذب می‌کنند.

**۲۶.** وقتی دو جسم که در کنار هم قرار گرفته‌اند، با هم مالش داده می‌شوند، بار یکی مثبت و بار دیگری منفی می‌شود. به همین خاطر یکدیگر را جذب می‌کنند. این موضوع باعث می‌شود که ما بیشتر جاذبهٔ الکتریکی را ببینیم.

**۲۷. گام اول:** وقتی میلهٔ سربی را با پارچهٔ پشمی مالش می‌دهیم، بار میلهٔ سربی، منفی و بار پارچهٔ پشمی، مثبت می‌شود. حالا اگر میلهٔ سربی را به کلاهک یک الکتروسکوپ بدون بار تماس دهیم، بار الکتروسکوپ هم منفی می‌شود و این موضوع باعث می‌شود که تیغه‌های الکتروسکوپ از هم دور شوند.

**گام دوم:** با مالش کهربا به پارچهٔ کتان، بار کهربا منفی می‌شود.

**گام سوم:** حالا با نزدیک‌کردن کهربا به کلاهک الکتروسکوپ، مطابق شکل، الکترون‌های کلاهک توسط کهربا دفع می‌شوند و به سمت تیغه‌ها که بار منفی داشته‌اند، می‌روند. در نتیجه بار منفی روی تیغه‌ها افزایش می‌یابد و این تیغه‌ها از هم بیشتر دور می‌شوند.



**۲۸.** اصل پایستگی بار: مجموع جبری همهٔ بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی، ثابت است؛ یعنی بار می‌تواند از جسمی به جسم دیگر منتقل شود، ولی هرگز امکان تولید یا نابودی یک بار خالص وجود ندارد.

**۲۹.** اصل کوانتیده‌بودن بار الکتریکی: همواره بار الکتریکی مشاهده‌شدهٔ جسم، مضرب درستی از بار بنیادی $e \simeq 1/6\times10^{-19}\ C$ است.

**۳۰.** الف) $+19/2\ nC$

ب) $q = ne \Rightarrow n = \dfrac{19/2\times10^{-9}}{1/6\times10^{-19}} = 12\times10^{10} = 1/2\times10^{11}$

**۳۱.** $q = ne \Rightarrow 1 = n\times1/6\times10^{-19}$

$$\Rightarrow n = \frac{1}{1/6\times10^{-19}} = 625\times10^{16} = 6/25\times10^{18}$$

**۳۲.** الف) یک اتم در حالت عادی خنثی است، چون تعداد الکترون‌ها و تعداد پروتون‌های آن برابر است؛ بنابراین، بار الکتریکی اتم نیتروژن صفر است.

هستهٔ اتم: بار الکتریکی هستهٔ اتم، برابر با بار حاصل از پروتون‌های داخل هسته است و داریم: $q_{\text{هسته}} = ne \xrightarrow{n=Z=7} q_{\text{هسته}} = 7\times1/6\times10^{-19}$

$$= 11/2\times10^{-19}\ C = 1/12\times10^{-18}\ C$$

ب) وقتی یک اتم دو بار یونیده می‌شود، یعنی دو الکترون از دست می‌دهد؛ پس، بار آن مثبت و برابر با $q = ne = 2\times1/6\times10^{-19} = 3/2\times10^{-19}\ C$ می‌شود.

**۳۳.** الف) وقتی دو کرهٔ مشابه را با هم تماس می‌دهیم، بار هر کدام برابر می‌شود با: $q'_A = q'_B = \dfrac{q_A + q_B}{2} = \dfrac{5+13}{2} = 9\ \mu C$

ب) کرهٔ A؛ بار این کره، با از دست دادن الکترون، مثبت‌تر شده و از $+5\ \mu C$ به $+9\ \mu C$ رسیده است.

پ) تعداد الکترون جابه‌جاشده برابر است با:

$$n = \frac{\Delta q_A}{e} = \frac{q'_A - q_A}{e} = \frac{9\times10^{-6} - 5\times10^{-6}}{1/6\times10^{-19}} = \frac{4\times10^{-6}}{1/6\times10^{-19}}$$

$$= 2/5\times10^{13}$$

**۳۴.** الف) $q'_A = q'_B = \dfrac{q_A + q_B}{2} = \dfrac{-8+24}{2} = 8\ nC$

ب) کرهٔ A؛ بار این کره منفی بوده و با از دست دادن الکترون، مثبت شده است.

پ) $n=\frac{\Delta q_A}{e}=\frac{q'_A-q_A}{e}=\frac{۸\times۱۰^{-۹}-(-۸\times۱۰^{-۹})}{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}}$

$=\frac{۱۶\times۱۰^{-۹}}{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}}=۱۰^{۱۱}$

**۳۵.** **گام اول:** ابتدا مقدار تغییرات بار جسم را حساب می‌کنیم:

$\Delta Q=ne=۵\times۱۰^{۱۳}\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹}=۸\times۱۰^{-۶}\ C=۸\ \mu C$

**گام دوم:** این مقدار بار، معادل ۲۰٪ بار اولیه است؛ پس:

$\frac{۲۰}{۱۰۰}Q_۱=\Delta Q \Rightarrow \frac{۱}{۵}Q_۱=۸ \Rightarrow Q_۱=۴۰\ \mu C$

**گام سوم:** بار نهایی جسم برابر است با:

$Q_۲-Q_۱=\Delta Q \Rightarrow Q_۲-۴۰=۸ \Rightarrow Q_۲=۴۸\ \mu C$

**۳۶.** **گام اول:** ابتدا مقدار تغییرات بار جسم را حساب می‌کنیم:

$\Delta Q=ne=۳\times۱۰^{۱۳}\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹}=۴/۸\times۱۰^{-۶}\ C=۴/۸\ \mu C$

**گام دوم:** چون بار اولیهٔ جسم منفی بوده است، با گرفتن الکترون از آن، اندازهٔ بار آن کاهش می‌یابد؛ پس با توجه به این‌که با گرفتن $۳\times۱۰^{۱۳}$ الکترون از جسم، بار آن ۲۵٪ تغییر می‌کند، داریم:

$Q_۲-Q_۱=\Delta Q \xrightarrow{Q_۲=\frac{۷۵}{۱۰۰}Q_۱} Q_۲-\frac{۱۰۰}{۷۵}Q_۲=۴/۸\ \mu C$

$\Rightarrow -\frac{۱}{۳}Q_۲=۴/۸\ \mu C \Rightarrow Q_۲=-۱۴/۴\ \mu C$

## فصل ۱ بخش ۲
## قانون کولن، برهم‌نهی نیروهای الکتریکی

صفحهٔ ۵ تا ۱۰ کتاب درسی

### قانون کولن

اندازهٔ نیروی الکتریکی (الکتروستاتیکی) بین دو بار نقطه‌ای که در راستای خط واصل آن‌ها اثر می‌کند، با حاصل‌ضرب بزرگی بارها متناسب است و با مربع فاصلهٔ بین آن‌ها نسبت وارون دارد:

$F=k\frac{|q_۱||q_۲|}{r^۲}$

در این رابطه اگر $F$ برحسب نیوتون، $q_۱$ و $q_۲$ برحسب کولن و $r$ برحسب متر باشد، ثابت کولن $k\approx۹\times۱۰^{۹}\ \frac{N.m^۲}{C^۲}$ است.

**مثال** **دو بار الکتریکی ۱۰ و ۱۸ نانوکولنی در فاصلهٔ ۶سانتی‌متری از یکدیگر قرار گرفته‌اند. نیروی الکتریکی بین این دو بار چند نیوتون است؟**

✓ **پاسخ:** به کمک قانون کولن داریم:

$F=k\frac{|q_۱||q_۲|}{r^۲}=۹\times۱۰^{۹}\times\frac{۱۸\times۱۰^{-۹}\times۱۰\times۱۰^{-۹}}{(۶\times۱۰^{-۲})^۲}$

$=۹\times۱۰^{۹}\times\frac{۱\!\!\not۸\times۱۰^{-۹}\times۵\!\!\not۰\times۱۰^{-۹}}{۳\!\!\not۶\times۱۰^{-۴}}=۴۵\times۱۰^{-۵}=۴/۵\times۱۰^{-۴}\ N$

### اصل برهم‌نهی نیروهای الکتریکی

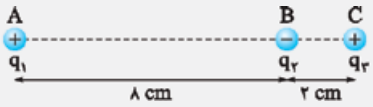
اگر تعدادی بار نقطه‌ای داشته باشیم، نیروی الکتریکی وارد بر هر ذره، برایند نیروهایی است که هر یک از ذرات دیگر در غیاب سایر ذره‌ها بر ذرهٔ مورد نظر وارد می‌کنند.

**یادآوری ریاضی**

برای پیداکردن جهت برایند چند بردار، یکی از سه حالت زیر رخ می‌دهد:

| حالت بردارها | | محاسبهٔ برایند |
|---|---|---|
| هم‌راستا | هم‌جهت | $\vec{F}_۱$ و $\vec{F}_۲$ هم‌جهت: $\vec{F}_T=\vec{F}_۱+\vec{F}_۲ \Rightarrow \lvert\vec{F}_T\rvert=\lvert\vec{F}_۱\rvert+\lvert\vec{F}_۲\rvert$ |
| | خلاف جهت | $\vec{F}_۱$ و $\vec{F}_۲$ خلاف جهت: $\vec{F}_T=\vec{F}_۱+\vec{F}_۲ \Rightarrow \lvert\vec{F}_T\rvert=\lvert\vec{F}_۱\rvert-\lvert\vec{F}_۲\rvert$ |
| عمود | | $\vec{F}_۱$ و $\vec{F}_۲$ عمود: از رابطهٔ فیثاغورس: $\vec{F}_T=\vec{F}_۱+\vec{F}_۲ \Rightarrow \lvert\vec{F}_T\rvert=\sqrt{F_۱^۲+F_۲^۲}$ |

**مثال** **سه ذره با بارهای $q_۱=+۱۰\ nC$، $q_۲=-۲\ nC$ و $q_۳=۸\ nC$ در نقطه‌های A، B و C مطابق شکل زیر ثابت شده‌اند. نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار $q_۳$ را محاسبه کنید.**




✓ **پاسخ:** نیروی الکتریکی خالصی که بر بار $q_۳$ وارد می‌شود، برایند دو نیرویی است که از طرف بارهای $q_۱$ و $q_۲$ بر آن وارد می‌شوند. برای محاسبهٔ این نیرو، نیرویی را که هر یک از بارهای $q_۱$ و $q_۲$ در نبود دیگری، بر بار $q_۳$ وارد می‌کند، محاسبه می‌کنیم. نیروی الکتریکی وارد بر $q_۳$، برایند این دو نیرو است.

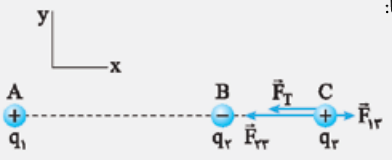
فاصلهٔ بین بارهای $q_۱$ و $q_۳$ را با $r_{۱۳}$ و فاصلهٔ بین بارهای $q_۲$ و $q_۳$ را با $r_{۲۳}$ نشان می‌دهیم؛ بنابراین داریم:

$F_{۱۳}=k\frac{|q_۱||q_۳|}{r_{۱۳}^۲}=(۹\times۱۰^{۹})\frac{(۱۰\times۱۰^{-۹})(۸\times۱۰^{-۹})}{(۱۰\times۱۰^{-۲})^۲}=۰/۷۲\times۱۰^{-۴}\ N$

$F_{۲۳}=k\frac{|q_۲||q_۳|}{r_{۲۳}^۲}=(۹\times۱۰^{۹})\frac{(۲\times۱۰^{-۹})(۸\times۱۰^{-۹})}{(۲\times۱۰^{-۲})^۲}=۳/۶\times۱۰^{-۴}\ N$

نیرویی که بار $q_۱$ بر بار $q_۳$ وارد می‌کند، دافعه و نیرویی که بار $q_۲$ بر بار $q_۳$ وارد می‌کند، جاذبه است.

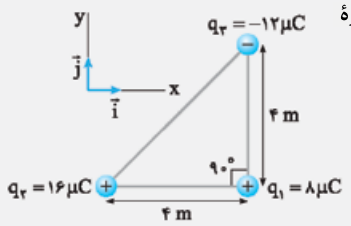
مطابق شکل، نیروهای $\vec{F}_{۱۳}$ و $\vec{F}_{۲۳}$ در جهت‌های مخالف یکدیگرند و برایند آن‌ها برابر است با:




$\vec{F}_T=\vec{F}_{۲۳}+\vec{F}_{۱۳}=(۰/۷۲\times۱۰^{-۴}\ N)\vec{i}+(-۳/۶\times۱۰^{-۴}\ N)\vec{i}$

$=(-۲/۸۸\times۱۰^{-۴}\ N)\vec{i}$

**مثال** سه ذرهٔ باردار مطابق شکل زیر در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ای ثابت شده‌اند. جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر ذرهٔ واقع در رأس قائمه را به دست آورده و اندازهٔ این نیرو را محاسبه کنید.



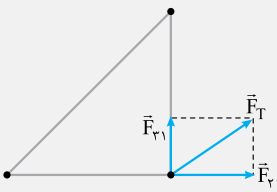

**پاسخ:** نیروی الکتریکی بین بارهای $q_1$ و $q_2$، دافعه و نیروی بین بارهای $q_1$ و $q_3$، جاذبه است. با استفاده از رابطهٔ $F = k\frac{|q||q'|}{r^2}$ داریم:

$$F_{21} = k\frac{|q_2||q_1|}{r_{21}^2} = (9\times10^9)\frac{(16\times10^{-6})(8\times10^{-6})}{(4)^2}$$
$$= 7/2\times10^{-2}\ N$$

با توجه به دستگاه مختصات داده‌شده، $\vec{F}_{21}$ در جهت مثبت محور x است؛ بنابراین $\vec{F}_{21} = (7/2\times10^{-2}\ N)\vec{i}$ می‌شود. به همین ترتیب، برای نیروی بین بارهای $q_3$ و $q_1$ داریم:

$$F_{31} = k\frac{|q_3||q_1|}{r_{31}^2} = (9\times10^9)\frac{(12\times10^{-6})(8\times10^{-6})}{(4)^2}$$
$$= 5/4\times10^{-2}\ N$$

با توجه به دستگاه مختصات داده‌شده، $\vec{F}_{31}$ در جهت مثبت محور y است؛ بنابراین $\vec{F}_{31} = (5/4\times10^{-2}\ N)\vec{j}$ می‌شود.




پس برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار $q_1$ برابر است با:

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31} = (7/2\times10^{-2}\ N)\vec{i} + (5/4\times10^{-2}\ N)\vec{j}$$

و بزرگی آن با استفاده از رابطهٔ فیثاغورس، چنین به دست می‌آید:

$$F_T = \sqrt{F_{21}^2 + F_{31}^2} = \sqrt{(7/2\times10^{-2}\ N)^2 + (5/4\times10^{-2}\ N)^2}$$
$$= 9\times10^{-2}\ N$$

## پاسخ سؤالات

**۳۷.** نادرست، با توجه به قانون کولن، بزرگی نیروی الکتریکی بین دو ذرهٔ باردار، با مجذور فاصلهٔ آن‌ها از هم رابطهٔ عکس دارد؛ بنابراین با کاهش فاصلهٔ بین دو ذره، بزرگی نیروی الکتریکی بین آن‌ها افزایش می‌یابد.

**۳۸.** نادرست، نیروهای الکتریکی‌ای که دو جسم باردار به هم وارد می‌کنند، عمل و عکس‌العمل هم هستند؛ بنابراین $|F_{21}| = |F_{12}|$.

**۳۹.** نادرست، یکای اندازه‌گیری ضریب گذردهی الکتریکی خلأ $(\varepsilon_0)$ در SI، $\frac{C^2}{N.m^2}$ است.

**۴۰.** درست، چون این نیروها عمل و عکس‌العمل هم هستند.

**۴۱.** مربع فاصله $(F = k\frac{q_1q_2}{r^2})$ **۴۲.** چهار برابر $(F \propto \frac{1}{r^2})$

**۴۳.** $\frac{N.m^2}{C^2}$

**۴۴.** اندازهٔ نیروی الکتریکی (الکتروستاتیکی) بین دو بار نقطه‌ای که در راستای خط واصل آن‌ها اثر می‌کند، با حاصل‌ضرب بزرگی آن‌ها متناسب است و با مربع فاصلهٔ بین آن‌ها نسبت وارون دارد.

**۴۵.** ترازوی پیچشی کولن ـ کاربرد آن اندازه‌گیری نیروی الکتریکی بین دو بار نقطه‌ای است.

**۴۶.** الف) قبل از حل سؤال بگوییم که p معرف پروتون و e معرف الکترون است.

$$F_{pe} = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2} = 9\times10^9\times\frac{1/6\times10^{-19}\times1/6\times10^{-19}}{(5\times10^{-11})^2}$$
$$= 0/9216\times10^{-7} = 9/216\times10^{-8}\ N$$

ب)
$$F_{pp} = k\frac{|q_1'||q_2'|}{r'^2} = 9\times10^9\times\frac{1/6\times10^{-19}\times1/6\times10^{-19}}{(2/5\times10^{-15})^2}$$
$$= 3/6864\times10^{1}\ N$$

پ) در هسته، نیروی دیگری وجود دارد که از نوع جاذبه است و این نیرو، مانع فروپاشی هسته می‌شود. به این نیرو، نیروی هسته‌ای می‌گوییم.

**۴۷. گام اول:** وقتی گوی‌ها را به هم تماس می‌دهیم، براساس اصل پایستگی بار الکتریکی داریم:

$$q_1' = q_2' = \frac{q_1+q_2}{2} = \frac{2/5-6/5}{2} = -2\ \mu C$$

**گام دوم:** اندازهٔ نیروی الکتریکی بین این دو گوی برابر است با:

$$F = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2} = 9\times10^9\times\frac{2\times10^{-6}\times2\times10^{-6}}{(0/6)^2} = 0/1\ N$$

این نیرو رانشی است، چون بار دو گوی پس از تماس همنام می‌شود.

**۴۸.** الف) چون گوی بالایی معلق مانده است، پس اندازهٔ نیروی الکتریکی وارد بر گوی بالایی برابر با اندازهٔ وزن آن است و داریم:

$$W = F_e \Rightarrow mg = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$
$$\Rightarrow 3/6\times10^{-3}\times10 = 9\times10^9\frac{q^2}{9\times10^{-4}}$$
$$\Rightarrow q^2 = 36\times10^{-16} \Rightarrow q = 6\times10^{-8}\ C$$

ب) به کمک رابطهٔ $q = ne$ داریم:

$$n = \frac{q}{e} = \frac{6\times10^{-8}}{1/6\times10^{-19}} = 3/75\times10^{11}$$

**۴۹. گام اول:** نیروی الکتریکی‌ای را که هر ذره بر دیگری وارد می‌کند، محاسبه می‌کنیم:

$$F_{12} = F_{21} = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2} = 9\times10^9\times\frac{15\times10^{-9}\times8\times10^{-6}}{(15\times10^{-2})^2}$$
$$= 4/8\times10^{-2}\ N$$

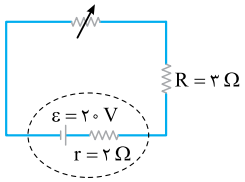
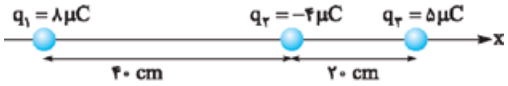
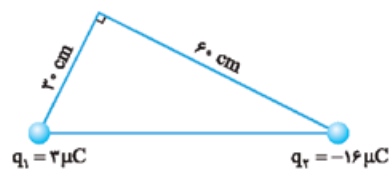
**گام دوم:** چون جرم دو ذره با هم برابر است، داریم:

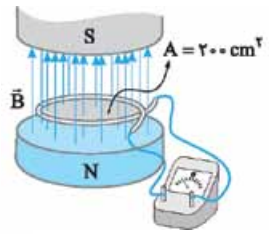
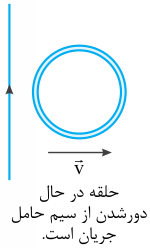
$$a = \frac{F_{12}}{m} = \frac{F_{21}}{m} = \frac{4/8\times10^{-2}}{40\times10^{-3}} = 1/2\ m/s^2$$

**۵۰.** الف) اندازهٔ نیروی الکتریکی وارد بر ذره را برابر با ma قرار می‌دهیم:

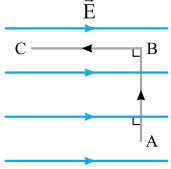
$$ma_1 = F_{21} = k\frac{|q_1||q_2|}{r_{AB}^2}$$
$$\Rightarrow (50\times10^{-3})a_1 = 9\times10^9\times\frac{50\times10^{-9}\times160\times10^{-9}}{1^2}$$
$$\Rightarrow a_1 = 1/44\times10^{-3}\ m/s^2$$

| امتحان نوبت اول (میان‌سال): فیزیک ۲ | رشته: علوم تجربی | تاریخ امتحان: دی‌ماه | |
|---|---|---|---|
| امتحان شمارهٔ ۱ | پایهٔ یازدهم دورهٔ دوم متوسطه | مدت امتحان: ۱۰۰ دقیقه | نمره |

| ردیف | | نمره |
|---|---|---|
| ۱ | درستی یا نادرستی جمله‌های زیر را مشخص کنید.<br>الف) اگر دو جسم نارسانای خنثی را با هم مالش دهیم، هر دو باردار شده و پس از مالش همدیگر را دفع می‌کنند.<br>ب) اگر در ناحیه‌ای از فضا میدان الکتریکی قوی‌تر باشد، خطوط میدان الکتریکی در آن ناحیه متراکم‌تر رسم می‌شود.<br>پ) با حرکت یک ذرهٔ باردار در مسیری که بر خطوط میدان الکتریکی عمود است، انرژی پتانسیل ذره تغییر نمی‌کند.<br>ت) خازن تختی به باتری متصل است. اگر در این حالت فاصلهٔ بین صفحه‌های آن را افزایش دهیم، بار الکتریکی ذخیره‌شده بر روی صفحه‌های آن افزایش می‌یابد.<br>ث) جهت سرعت سوق الکترون‌ها در سیم رسانا، برخلاف جهت میدان الکتریکی درون سیم است.<br>ج) با افزایش دمای یک نیم‌رسانا مقاومت الکتریکی آن افزایش می‌یابد. | ۱/۵ |
| ۲ | با انتخاب عبارت مناسب، جمله‌ها را به درستی تکمیل نمایید.<br>الف) اگر جسم بارداری با بار مثبت را به کلاهک الکتروسکوپ بدون باری نزدیک کنیم، بار کلاهک ..... (منفی ـ مثبت) و بار تیغه‌ها ..... (منفی ـ مثبت) می‌شود.<br>ب) نیروی وارد بر یک بار منفی در ..... (جهت ـ خلاف جهت) میدان الکتریکی است.<br>پ) با حرکت در جهت خطوط میدان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی نقاط ..... (افزایش ـ کاهش) می‌یابد.<br>ت) خازن تخت پرشده‌ای را از باتری جدا کرده‌ایم. با خارج‌کردن دی‌الکتریک بین صفحه‌های خازن، بزرگی میدان الکتریکی بین صفحه‌های آن ..... (افزایش ـ کاهش) می‌یابد.<br>ث) به نسبت بار گذرنده از رسانا به مدت‌زمان عبور بار از هر سطح مقطع فرضی آن، ..... (جریان الکتریکی ـ مقاومت الکتریکی) می‌گوییم.<br>ج) در پدیدهٔ ابررسانایی، مقاومت الکتریکی برخی از فلزات در دماهای پایین (نزدیک به صفر کلوین) ..... (به تدریج ـ ناگهان) صفر می‌شود. | ۱/۷۵ |
| ۳ | به کمک یک شانهٔ پلاستیکی و یک الکتروسکوپ، آزمایشی را طراحی کنید که بتوانید نوع بار یک جسم باردار را تعیین کنید. (اگر شانهٔ پلاستیکی را با موی سر خود مالش دهید، بار شانه منفی می‌شود.) | ۱/۲۵ |
| ۴ | به کمک یک منبع نیروی محرکه، یک مقاومت متغیر، یک آمپرسنج آرمانی، یک ولت‌سنج آرمانی، کلید و تعدادی سیم رابط آزمایشی را طرح کنید که اهمی‌بودن یا غیراهمی‌بودن یک قطعهٔ الکتریکی، مشخص شود. | ۱ |
| ۵ | بادکنک باردار شکل مقابل را به باریکهٔ آب نزدیک کرده‌ایم. توضیح دهید چرا باریکهٔ آب به جای این‌که به طور قائم فرو ریزد، خمیده می‌شود.<br> | ۱ |
| ۶ | خطوط میدان الکتریکی را به صورت کیفی در اطراف یک دوقطبی الکتریکی رسم کنید. | ۰/۵ |
| ۷ | در مدار شکل مقابل، مقاومت رئوستا را از صفر تا بی‌نهایت افزایش می‌دهیم. نمودار اختلاف پتانسیل دو سر باتری را برحسب جریان گذرنده از آن رسم کنید.<br> | ۱/۲۵ |
| ۸ | در شکل مقابل، سه ذرهٔ باردار بر روی محور x ثابت شده‌اند. بردار نیروی خالص الکتریکی وارد بر بار $q_2$ را به دست آورید. $(k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$<br> | ۱/۵ |
| ۹ | دو ذرهٔ باردار در رأس‌های مثلث قائم‌الزاویه‌ای که در شکل مشاهده می‌کنید، قرار دارند. بزرگی برایند میدان‌های الکتریکی در رأس قائم را به دست آورید.<br>$(k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$<br> | ۱/۵ |

| | | |
|---|---|---|
| ۱۴ | در شکل مقابل طی مدت ۵ ms، میدان از ۰/۲ T رو به بالا به ۰/۳ T رو به پایین تغییر می‌کند. نیروی محرکهٔ القایی متوسط ایجادشده در حلقه را در این مدت محاسبه کنید.   | ۱ |
| ۱۵ | در شکل روبه‌رو با ذکر دلیل جهت جریان القایی درون حلقه را تعیین کنید.   حلقه در حال دورشدن از سیم حامل جریان است. | ۰/۷۵ |
| ۱۶ | معادلهٔ جریان متناوبی در SI به صورت $I = ۳\sin ۱۰۰\pi t$ است.<br>الف) دورهٔ جریان را محاسبه کنید. ب) نمودار جریان برحسب زمان را به صورت کیفی در یک دوره رسم کنید.<br>پ) مقدار جریان در لحظهٔ $t = \frac{۱}{۶۰۰}$ s چه‌قدر است؟ | ۲ |
| | «موفق باشید» **جمع نمرات** | ۲۰ |

| امتحان نوبت دوم (پایان سال): **فیزیک ۲** | رشته: **علوم تجربی** | تاریخ امتحان: **خردادماه** | |
|---|---|---|---|
| ردیف | **امتحان شمارهٔ ۶** | **پایهٔ یازدهم دورهٔ دوم متوسطه** | مدت امتحان: **۱۰۰ دقیقه** | نمره |

| | | |
|---|---|---|
| ۱ | عبارت مناسب را از داخل پرانتز انتخاب کنید.<br>الف) میدان الکتریکی در هر نقطه، برداری است (مماس ـ عمود) بر خط میدانی که از آن نقطه می‌گذرد.<br>ب) در رسانای (اهمی ـ غیراهمی) نسبت جریان عبوری از رسانا به اختلاف پتانسیل دو سر آن $(\frac{I}{V})$ در جریان‌های مختلف متفاوت است.<br>پ) هرگاه جریانی که از دو سیم موازی می‌گذرد (هم‌سو ـ در جهت مخالف) باشد، دو سیم یکدیگر را می‌رانند.<br>ت) بار الکتریکی هستهٔ یک اتم (می‌تواند ـ نمی‌تواند) $۱۹/۲\times ۱۰^{-۱۹}\,C$ باشد. $(e = ۱/۶\times ۱۰^{-۱۹}\,C)$ | ۱ |
| ۲ | درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را تعیین کنید.<br>الف) تراکم بار در نقاط تیز سطح جسم رسانای باردار از نقاط دیگر آن بیشتر است.<br>ب) با فرسوده‌شدن باتری نیروی محرکهٔ الکتریکی آن افزایش می‌یابد.<br>پ) در مواد پارامغناطیس، دوقطبی‌های مغناطیسی درون هر حوزهٔ مغناطیسی به طور کامل هم‌خط هستند.<br>ت) یکای ولت.ثانیه $(V.s)$ معادل تسلا. متر مربع $(T.m^۲)$ است. | ۱ |
| ۳ | جاهای خالی را با کلمات مناسب پر کنید.<br>الف) با قراردادن دی‌الکتریک بین صفحات خازن تخت، ظرفیت آن ..... می‌یابد.<br>ب) در یک جسم نیم‌رسانا با ..... دما، مقاومت الکتریکی آن افزایش می‌یابد.<br>پ) در میدان مغناطیسی زمین و به دور از هر میدان مغناطیسی دیگر، قطب N عقربهٔ مغناطیسی در جهت قطب ..... مغناطیسی زمین قرار می‌گیرد.<br>ت) به نسبت نیروی وارد بر بار آزمون به اندازهٔ بار آزمون ..... می‌گوییم. | ۱ |
| ۴ | ذرهٔ بارداری با بار مثبت در یک میدان الکتریکی یکنواخت مسیر $A \to B \to C$ را با سرعت ثابت می‌پیماید. جاهای خالی را با کلمات (افزایش ـ کاهش ـ ثابت) پر کنید.   | ۱ |

| مسیر | میدان الکتریکی (E) | انرژی پتانسیل الکتریکی (U) | پتانسیل الکتریکی (V) |
|---|---|---|---|
| $A \to B$ | الف) ..... | | ب) ..... |
| $B \to C$ | | پ) ..... | ت) ..... |