با ایران توشه
یک قدم جلوتر
باش!

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

ایران توشه، مرجع دانلود فایل های کمک آموزشی دانش آموزان و کنکوری ها

همه چیز
برای موفقیت
تو!

- دانلود رایگان آزمون های آزمایشی قلمچی، خیلی سبز، گاج و ...
- دانلود رایگان گام به گام تمامی دروس
- دانلود رایگان نمونه سوالات امتحانی (نوبت اول و دوم) و امتحانات نهایی
- دانلود رایگان جزوه های کمک آموزشی و شب امتحانی

کافیست هر فایلی که نیاز دارید را در گوگل به این صورت جستجو کنید:

فایل مورد نیاز + ایران توشه

مثال:

دانلود گام به گام دوازدهم تجربی ایران توشه

irantooshe.ir

t.me/irantooshe

فیزیک ۲ یازدهم - فصل اول

الکتریسیتهٔ ساکن

فهرست

۱ صفحه ۳ · پرسش ۱ـ۱ — چسبیدن روکش پلاستیکی ۴

۲ صفحه ۵ · تمرین ۱ـ۱ — بار هستهٔ اتم اورانیوم ۴

۳ صفحه ۵ · فعالیت ۱ـ۱ (کار در کلاس) — نیروی دافعهٔ نی‌های باردار ... ۴

۴ صفحه ۷ · فعالیت ۱ـ۲ — دستگاه فتوکپی ۵

۵ صفحه ۸ · پرسش ۱ـ۲ — نیروی خالص بر بار میانی ۵

۶ صفحه ۹ · تمرین ۱ـ۲ — نیروی خالص بر q_2 در مثال ۱ـ۳ ... ۶

۷ صفحه ۹ · پرسش ۱ـ۳ — سه بار در سه گوشهٔ مربع ۷

۸ صفحه ۱۰ · تمرین ۱ـ۳ — تغییر علامت بارها در مثال ۱ـ۴ ... ۸

۹ صفحه ۱۴ · تمرین ۱ـ۴ — میدان پروتون در اتم هیدروژن ... ۹

۱۰ صفحه ۱۶ · تمرین ۱ـ۵ — میدان دوقطبی الکتریکی ۹

۱۱ صفحه ۱۷ · تمرین ۱ـ۶ — میدان بارهای مثال ۱ـ۸ در نقطهٔ A ... ۱۰

۱۲ صفحه ۱۷ · فعالیت ۱ـ۳ (کار در کلاس) — سمت‌گیری دانه‌ها بین دو الکترود ... ۱۱

۱۳ صفحه ۱۹ · پرسش ۱ـ۴ — قطع نشدن خطوط میدان ۱۱

۱۴ صفحه ۱۹ · پرسش ۱ـ۵ — نیرو بر بار منفی در میدان غیریکنواخت ... ۱۲

۱۵ صفحه ۱۹ · فعالیت ۱ـ۴ — گرده‌افشانی و میدان الکتریکی ... ۱۳

۱۶ صفحه ۲۱ · تمرین ۱ـ۷ — بادکنک معلق در میدان الکتریکی ... ۱۳

۱۷ صفحه ۲۱ · فعالیت ۱ـ۵ — رسوب‌دهندهٔ الکتروستاتیکی ... ۱۴

۱۸ صفحه ۲۳ · تمرین ۱ـ۸ — جابه‌جایی پروتون پس از عوض‌کردن قطب‌های باتری ... ۱۴

۱۹ صفحه ۲۵ · تمرین ۱ـ۹ — تغییر پتانسیل در میدان یکنواخت ... ۱۵

۲۰ صفحه ۲۵ · تمرین ۱ـ۱۰ — پتانسیل پایانهٔ منفی باتری ۱۲ ولتی ... ۱۵

۲۱ صفحه ۲۶ · فعالیت ۱ـ۶ — چگونگی کار نورون‌ها ۱۶

۲۲ صفحه ۲۷ · تمرین ۱ـ۱۱ — کار نیروی خارجی در شکل ۱ـ۲۷ ... ۱۷

۲۳ صفحه ۲۹ · فعالیت ۱ـ۷ — قفس فاراده، امنیت در خودرو و آزمایش طراحی‌شده ... ۱۸

۲۴ صفحه ۳۰ · فعالیت ۱ـ۸ — توزیع بار روی جسم فلزی دوکی‌شکل ... ۱۹

۲۵ صفحه ۳۱ · فعالیت ۱ـ۹ — برق‌گیر ساختمان ۱۹

۲۶ صفحه ۳۶ · پرسش ۱ـ۶ — ورود دی‌الکتریک بین صفحه‌های خازن بدون اتصال به باتری ... ۲۰

۲۷ صفحه ۳۷ · فعالیت ۱ـ۱۰ — خازن در کیسهٔ هوای خودرو ... ۲۰

۲۸ صفحه ۳۸ · تمرین ۱ـ۱۲ — مدل‌سازی غشای نورون با خازن تخت ... ۲۱

۲۹ صفحه ۳۸ · فعالیت ۱ـ۱۱ — انواع خازن ۲۱

۳۰ صفحه ۴۱ · مسئله ۱ — برق‌نما: بار، رسانایی و نوع بار میله ... ۲۲

۳۱ صفحه ۴۱ · مسئله ۲ — مالش میلهٔ پلاستیکی با پارچهٔ پشمی ... ۲۲

ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت

۳۲ صفحه ۴۱ · مسئله ۳ — بار اتم کربن ^{12}C و یون C^+ ۲۳

۳۳ صفحه ۴۱ · مسئله ۴ — نیروی بین دو گوی پس از تماس ... ۲۳

۳۴ صفحه ۴۱ · مسئله ۵ — نیروی خالص بر q_3 در رأس مربع ... ۲۴

۳۵ صفحه ۴۱ · مسئله ۶ — نیروی خالص بر بارهای روی یک خط ... ۲۴

۳۶ صفحه ۴۱ · مسئله ۷ — دو گوی باردار در لولهٔ شیشه‌ای ... ۲۵

۳۷ صفحه ۴۱ · مسئله ۸ — نیرو بر ذرهٔ باردار در میدان یکنواخت ... ۲۶

۳۸ صفحه ۴۱ · مسئله ۹ — نیروی دافعه و میدان هستهٔ اتم آهن ... ۲۶

۳۹ صفحه ۴۱ · مسئله ۱۰ — نقطهٔ میدان صفر و میدان در مبدأ ... ۲۷

۴۰ صفحه ۴۲ · مسئله ۱۱ — ذرهٔ معلق در میدان الکتریکی ۲۷

۴۱ صفحه ۴۲ · مسئله ۱۲ — میدان در مرکز دو آرایهٔ مربعی بار ... ۲۸

۴۲ صفحه ۴۲ · مسئله ۱۳ — نوع و اندازهٔ بار دو کره از روی خطوط میدان ... ۲۹

۴۳ صفحه ۴۲ · مسئله ۱۴ — تشخیص آرایش نادرست خطوط میدان ... ۲۹

۴۴ صفحه ۴۲ · مسئله ۱۵ — میدان دو بار هم‌اندازهٔ ناهم‌نام روی محور ... ۳۰

۴۵ صفحه ۴۲ · مسئله ۱۶ — جابه‌جایی بار در میدان یکنواخت A→B→C ... ۳۱

۴۶ صفحه ۴۲ · مسئله ۱۷ — نزدیک‌کردن ذرهٔ مثبت به کرهٔ باردار ... ۳۱

۴۷ صفحه ۴۳ · مسئله ۱۸ — تندی پروتون در سه آرایش خطوط میدان ... ۳۲

۴۸ صفحه ۴۳ · مسئله ۱۹ — میدان بین دو صفحهٔ رسانای موازی ... ۳۳

۴۹ صفحه ۴۳ · مسئله ۲۰ — انرژی بار منفی بین دو پتانسیل ... ۳۳

۵۰ صفحه ۴۳ · مسئله ۲۱ — گوی فلزی خنثی و آونگ باردار ... ۳۴

۵۱ صفحه ۴۳ · مسئله ۲۲ — جذب برادهٔ آلومینیم توسط صفحهٔ پلاستیکی ... ۳۴

۵۲ صفحه ۴۳ · مسئله ۲۳ — چگالی سطحی بار ماهوارهٔ مکعبی ... ۳۴

۵۳ صفحه ۴۳ · مسئله ۲۴ — تغییر بار یا ولتاژ و ظرفیت خازن ... ۳۵

۵۴ صفحه ۴۳ · مسئله ۲۵ — ظرفیت خازن از تغییر بار و ولتاژ ... ۳۵

۵۵ صفحه ۴۴ · مسئله ۲۶ — خم‌شدن آب نزدیک بادکنک باردار ... ۳۵

۵۶ صفحه ۴۴ · مسئله ۲۷ — ربایش خرده‌های کاغذ توسط میلهٔ باردار ... ۳۶

۵۷ صفحه ۴۴ · مسئله ۲۸ — مساحت صفحه‌های خازن ۱ فارادی ... ۳۶

۵۸ صفحه ۴۴ · مسئله ۲۹ — دو برابر شدن فاصلهٔ صفحه‌ها با باتری متصل ... ۳۷

۵۹ صفحه ۴۴ · مسئله ۳۰ — ظرفیت خازن با دی‌الکتریک ۳۷

۶۰ صفحه ۴۴ · مسئله ۳۱ — جرقه پس از دو برابر کردن فاصلهٔ صفحه‌ها ... ۳۷

۶۱ صفحه ۴۴ · مسئله ۳۲ — انتقال بار و افزایش انرژی خازن ... ۳۸

ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت

این فایل توسط سایت ایران‌توشه تهیه شده است.
irantooshe.ir

۱ صفحه ۳ پرسش ۱ـ۱

چرا وقتی روکش پلاستیکی را روی یک ظرف غذا می‌کشید و آن را در لبه‌های ظرف فشار می‌دهید، روکش در جای خود ثابت باقی می‌ماند؟

هنگام کشیدن و مالش روکش پلاستیکی روی ظرف (و دست)، روکش بار الکتریکی پیدا می‌کند (الکتریسیتهٔ ساکن). روکش باردار، مولکول‌های ظرف را قطبیده می‌کند و بار ناهمنامِ القاشده در سطح ظرف، روکش را می‌ربایید. بنابراین نیروی جاذبهٔ الکتریکی بین روکش و ظرف باعث می‌شود روکش در جای خود بچسبد و ثابت بماند.

۲ صفحه ۵ تمرین ۱ـ۱

عدد اتمی اورانیوم Z = ۹۲ است. بار الکتریکی هستهٔ اتم اورانیوم چقدر است؟ مجموع بار الکتریکی الکترون‌های اتم اورانیوم (خنثی) چه مقدار است؟ بار الکتریکی اتم اورانیوم (خنثی) چقدر است؟

عدد اتمی برابر تعداد پروتون‌های هسته است؛ پس بار هسته برابر با $q = Ze$ است:

$$q = 92 \times 1.60\times10^{-19}\ C = +1.472\times10^{-17}\ C \approx +1.47\times10^{-17}\ C$$

اتم خنثی ۹۲ الکترون دارد؛ پس مجموع بار الکترون‌ها هم‌اندازه و ناهمنام است: $q = -92e \approx -1.47\times10^{-17}\ C$

بار کل اتم خنثی برابر است با $+1.47\times10^{-17}\ C + (-1.47\times10^{-17}\ C) = 0$

۳ صفحه ۵ فعالیت ۱ـ۱ (کار در کلاس)

مطابق شکل، دو نیِ پلاستیکی را از نزدیکی یک انتهای آنها خم کنید و پس از مالش دادن 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.

نتیجهٔ آزمایش: پس از مالش با پارچهٔ پشمی، هر دو نی دارای بار الکتریکی همنام (هر دو منفی، زیرا الکترون از پارچه به نی منتقل می‌شود) می‌شوند. بارهای همنام یکدیگر را دفع می‌کنند؛ به همین دلیل وقتی نی‌ها را

نزدیک هم می‌آوریم، سرهای آنها از هم دور می‌شوند و نیروی دافعه را روی انگشتان خود حس می‌کنیم. هرچه دو نی نزدیک‌تر باشند، این نیرو بیشتر است (قانون کولن).

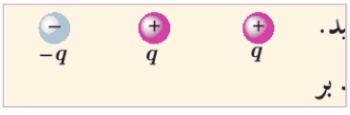
۴ صفحه ۷ — فعالیت ۱ـ۲

شکل روبه‌رو تصویری از مراحل ایجاد یک رونوشت در دستگاه فتوکپی را نشان می‌دهد. در مورد چگونگی کار دستگاه‌های فتوکپی تحقیق کنید.

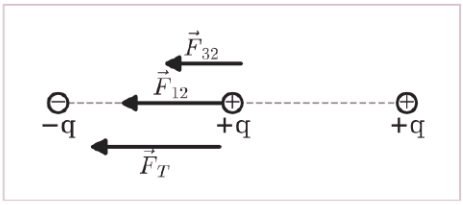
1. **باردار کردن استوانه:** سطح استوانهٔ دوار فتوکپی (از جنس ماده‌ای نیمه‌رسانا و حساس به نور، مثل سلنیوم) با سیم‌های تخلیهٔ الکتریکی یکنواخت باردار (مثلاً مثبت) می‌شود.
2. **تابش تصویر:** تصویر سند با نور روی استوانه می‌افتد. جاهایی که نور می‌رسد (قسمت‌های سفید کاغذ)، رسانا می‌شوند و بارشان تخلیه می‌شود؛ ولی جاهای تیره (نوشته و تصویر) تاریک می‌مانند و بار مثبتشان باقی می‌ماند. به این ترتیب «تصویر نهانِ باردار» روی استوانه پدید می‌آید.
3. **پودر جوهر (تونر):** ذرات پودر جوهر، که بار منفی دارند، فقط به قسمت‌های باردار مثبت استوانه می‌چسبند (نیروی جاذبهٔ الکتریکی).
4. **انتقال به کاغذ:** کاغذ با بار مثبتی که بزرگ‌تر از بار استوانه است از کنار استوانه می‌گذرد و پودر جوهر از استوانه به کاغذ منتقل می‌شود.
5. **ثابت‌کردن:** کاغذ از میان غلتک‌های گرم می‌گذرد تا پودر ذوب شود و روی کاغذ بچسبد؛ سپس رونوشت خارج می‌شود و استوانه برای رونوشت بعدی پاک و دوباره باردار می‌شود.

۵ صفحه ۸ — پرسش ۱ـ۲

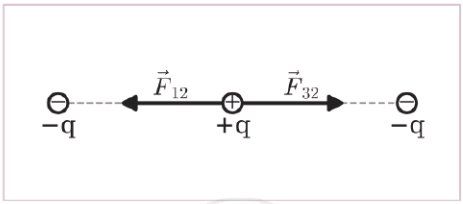
سه ذرّهٔ باردار مانند شکل روبه‌رو، روی یک خط راست قرار دارند و فاصلهٔ بارهای سمت راست و چپ از بار میانی برابر است. الف) جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار الکتریکی میانی را تعیین کنید.
ب) اگر ذرّهٔ سمت راست به جای q، بار q− داشته باشد، جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار میانی چگونه خواهد بود؟



الف) بار چپ (q−) بار میانی (q+) را جذب می‌کند؛ پس F_{12} به سمت چپ است. بار راست (q+) همنام با بار میانی است و آن را دفع می‌کند؛ F_{32} هم به سمت چپ است. هر دو نیرو هم‌جهت‌اند و هم‌اندازه ($F = kq^2/r^2$)؛ بنابراین نیروی خالص به سمت چپ (به طرف بار q−) و بزرگی آن $F_t = 2kq^2/r^2$ است.

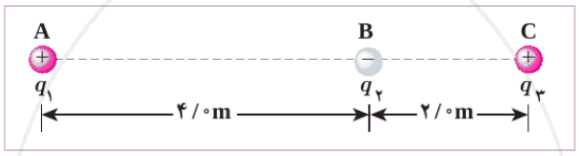


ب) اکنون بار راست q− است و بار میانی را جذب می‌کند؛ F_{32} به سمت راست است. F_{12} همچنان به سمت چپ است. اندازهٔ دو نیرو برابر (kq^2/r^2) ولی جهت آنها مخالف است؛ پس نیروی خالص صفر است: $F_t = 0$



۶ صفحه ۹ **تمرین ۱ـ۲**

در مثال ۱ـ۳، نیروی خالص وارد بر بار q_2 را به‌دست آورید.



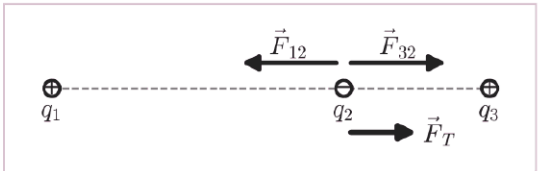
داده‌ها: $q_1 = +2.5\ \mu C$، $q_2 = -1.0\ \mu C$، $q_3 = +4.0\ \mu C$؛ $r_{12} = 4.0\ m$ و $r_{23} = 2.0\ m$. بار q_2 منفی است؛ پس هر دو بار دیگر آن را می‌ربایند: F_{12} به سمت q_1 (چپ) و F_{32} به سمت q_3 (راست).

$$F_{12} = k|q_1||q_2|/r_{12}^2 = (9.0\times10^9)(2.5\times10^{-6})(1.0\times10^{-6})/(4.0)^2 = 1.4\times10^{-3}\ N$$

$$F_{32} = k|q_3||q_2|/r_{23}^2 = (9.0\times10^9)(4.0\times10^{-6})(1.0\times10^{-6})/(2.0)^2 = 9.0\times10^{-3}\ N$$

نیروها در خلاف جهت یکدیگرند؛ پس: $F_t = F_{32} - F_{12} = 9.0\times10^{-3} - 1.4\times10^{-3} = 7.6\times10^{-3}\ N$ و جهت آن به سمت راست (جهت نیروی بزرگ‌تر F_{32}) است، یعنی:

$$\vec{F}_t = (+7.6\times10^{-3}\ N)\,\hat{i}$$

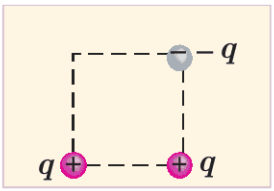


ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت

۷ صفحه ۹ | پرسش ۱ـ۳

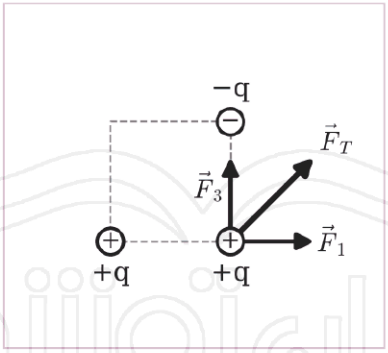
سه ذرّهٔ باردار مطابق شکل روبه‌رو، در سه گوشهٔ یک مربع قرار دارند. الف) جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار سمت راست پایینی را تعیین کنید.

ب) اگر ذرّهٔ سمت چپ پایینی به جای q، بار q− داشته باشد، جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار سمت راست پایینی چگونه خواهد بود؟

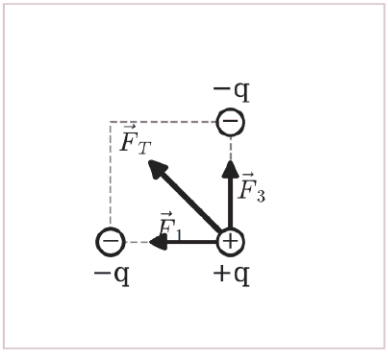


ضلع مربع را a بگیرید. بار سمت راست پایین (q+) را با q_2، بار سمت چپ پایین را با q_1 و بار بالایی (q−) را با q_3 نشان می‌دهیم. دو نیرو هم‌اندازه‌اند: $F = kq^2/a^2$.

الف) بار سمت چپ پایین (q+) همنام است و بار راست‌پایین را به سمت راست می‌راند (F_{12} افقی و به راست). بار بالایی (q−) ناهمنام است و آن را به سمت بالا می‌ربایید (F_{32} قائم و رو به بالا). برایند دو نیروی عمود بر هم و هم‌اندازه، در راستای قطر و به سمت بالا و راست (زاویهٔ 45° با افق) است و بزرگی آن $\sqrt{2}\cdot kq^2/a^2$ می‌شود.



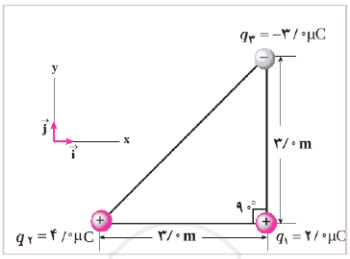
ب) اکنون بار چپ‌پایین q− است و بار راست‌پایین را به سمت چپ می‌ربایید؛ نیروی بار بالایی بدون تغییر و رو به بالاست. برایند آنها در راستای قطر و به سمت بالا و چپ (زاویهٔ 45° با افق) و با همان بزرگی $\sqrt{2}\cdot kq^2/a^2$ است.



در مثال ۱ـ۴؛ الف) اگر علامت بار q_3 تغییر کند جهت نیروی برایند وارد بر بار q_1 چگونه خواهد شد؟

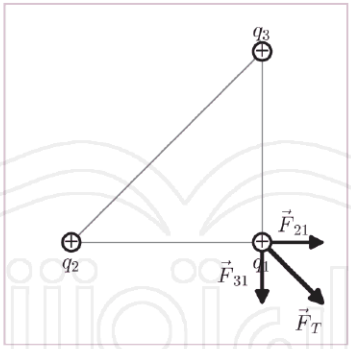
ب) اگر علامت بار q_2 تغییر کند، جهت نیروی برایند وارد بر بار q_1 چگونه خواهد شد؟

پ) آیا اندازهٔ نیروی برایند وارد بر بار q_1 در قسمت‌های الف و ب با مقدار به دست آمده در مثال ۱ـ۴ متفاوت است؟

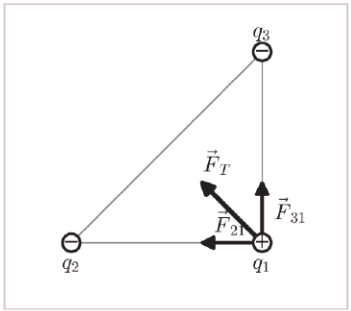


در مثال ۱ـ۴: $F_{21} = 8.0\times10^{-3}$ N (دافعه، در جهت +x) و $F_{31} = 6.0\times10^{-3}$ N (جاذبه، در جهت +y) و $F_t = 1.0\times10^{-2}$ N است.

الف) اگر q_3 مثبت شود، بار q_1 را دفع می‌کند و F_{31} رو به پایین (−y) می‌شود، ولی F_{21} تغییری نمی‌کند: $\vec{F}_t = (8.0\times10^{-3}\ \text{N})\,\hat{i} - (6.0\times10^{-3}\ \text{N})\,\hat{j}$؛ برایند به سمت پایین و راست است.



ب) اگر q_2 منفی شود، بار q_1 را جذب می‌کند و F_{21} به سمت چپ (−x) می‌شود ولی F_{31} ثابت می‌ماند: $\vec{F}_t = (8.0\times10^{-3}\ \text{N})\,\hat{i} + (6.0\times10^{-3}\ \text{N})\,\hat{j}$؛ برایند به سمت بالا و چپ است.



irantooshe.ir

پ) خیر. تغییر علامت بار فقط جهت نیرو را عوض می‌کند و اندازهٔ هر نیرو ($F = k|q_1||q_2|/r^2$) ثابت می‌ماند. دو مؤلفه هنوز عمود بر هم و با همان اندازه‌هایند؛ پس $F_t = \sqrt{((8.0\times10^{-3})^2 + (6.0\times10^{-3})^2)} = 1.0\times10^{-2}\ N$ مانند مثال است.

۹ صفحه ۱۴ تمرین ۱ـ۴

طبق مدل بور برای اتم هیدروژن، در حالت پایه فاصلهٔ الکترون از پروتون هسته برابر با $5.3\times10^{-11}\ m$ است.
الف) اندازهٔ میدان الکتریکی ناشی از پروتون هسته را در این فاصله تعیین کنید.
ب) در چه فاصله‌ای از پروتون هسته، بزرگی میدان الکتریکی برابر با بزرگی میدان الکتریکی حاصل از مولد وان‌دوگراف مثال پیش در فاصلهٔ 1.0 m از مرکز کلاهک آن است؟

الف) $E = k|q|/r^2 = (9.0\times10^9\ N\cdot m^2/C^2)(1.60\times10^{-19}\ C)/(5.3\times10^{-11}\ m)^2 \approx 5.1\times10^{11}\ N/C$

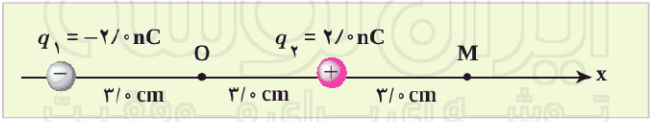
ب) بزرگی میدان مولد در فاصلهٔ 1.0 m طبق مثال ۱ـ۶ برابر $E = 9.0\times10^3\ N/C$ است. فاصلهٔ مورد نظر از پروتون:

$$r = \sqrt{(k\,e / E)} = \sqrt{((9.0\times10^9)(1.60\times10^{-19})/(9.0\times10^3))} = \sqrt{(1.6\times10^{-7})} = 4.0\times10^{-4}\ m$$

یعنی در فاصلهٔ حدود 0.40 mm از پروتون.

۱۰ صفحه ۱۶ تمرین ۱ـ۵

شکل زیر، آرایشی از دو بار هم‌اندازه و غیرهمنام (دوقطبی الکتریکی) را نشان می‌دهد که فاصلهٔ دو بار از هم 6.0 cm است. میدان الکتریکی خالص را در نقطه‌های O و M به‌دست آورید.



داده‌ها: $q_1 = -2.0\ nC$، $q_2 = +2.0\ nC$؛ O وسط دو بار است و M به فاصلهٔ 3.0 cm از q_2 در سمت راست قرار دارد. محور x را به سمت راست می‌گیریم.

نقطهٔ O: $r_1 = r_2 = 3.0\times10^{-2}\ m$. میدان q_1 (منفی) به سمت q_1 یعنی چپ، و میدان q_2 (مثبت) دور از q_2 یعنی باز هم به چپ است:

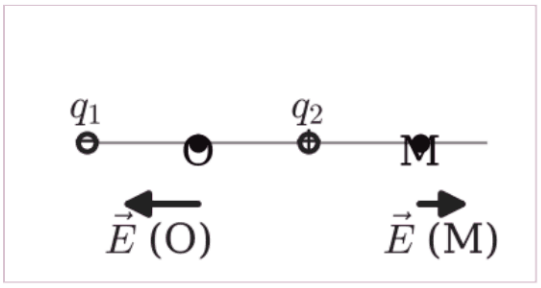
$$E_1 = E_2 = k|q|/r^2 = (9.0\times10^9)(2.0\times10^{-9})/(3.0\times10^{-2})^2 = 2.0\times10^4\ N/C$$

$$\vec{E}_O = -(E_1 + E_2)\,\hat{i} = -(4.0\times10^4\ N/C)\,\hat{i}$$

نقطهٔ M: $r_1 = 9.0\times10^{-2}\ m$ و $r_2 = 3.0\times10^{-2}\ m$. میدان q_2 به سمت راست و میدان q_1 به سمت چپ (به طرف q_1) است:

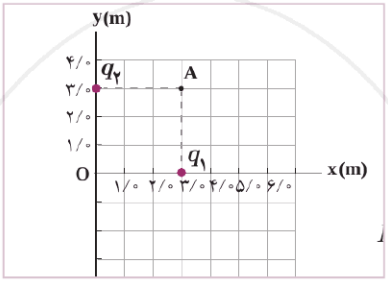
$E_1 = (9.0\times10^9)(2.0\times10^{-9})/(9.0\times10^{-2})^2 \approx 2.2\times10^3\ N/C$ ، $E_2 = (9.0\times10^9)(2.0\times10^{-9})/(3.0\times10^{-2})^2 = 2.0\times10^4\ N/C$

$\vec{E}_m = (2.0\times10^4 - 2.2\times10^3)\,\hat{i} \approx (1.8\times10^4\ N/C)\,\hat{i}$



۱۱ صفحه ۱۷ تمرین ۱ـ۶

میدان الکتریکی خالص حاصل از آرایش بار مثال ۱ـ۸ را در نقطهٔ A تعیین کنید.



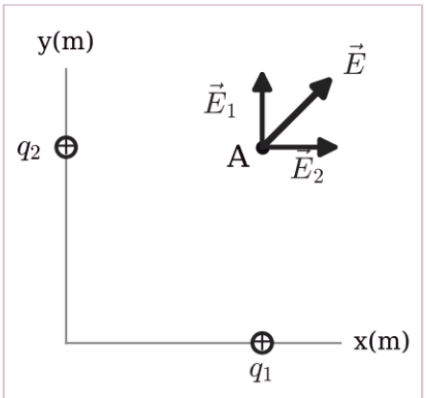
در مثال ۱ـ۸: $q_1 = q_2 = +5.0\ \mu C$، q_1 در نقطهٔ (3.0 m , 0)، q_2 در (0 , 3.0 m) و A در (3.0 m , 3.0 m) است؛ پس A به فاصلهٔ 3.0 m از هر یک از بارهاست.

$E_1 = E_2 = k|q|/r^2 = (9.0\times10^9)(5.0\times10^{-6})/(3.0)^2 = 5.0\times10^3\ N/C$

میدان q_1 (که زیر A است) دور از آن، یعنی در جهت y+ و میدان q_2 (که سمت چپ A است) در جهت x+ است:

$\vec{E}_a = (5.0\times10^3\ N/C)\,\hat{i} + (5.0\times10^3\ N/C)\,\hat{j}$

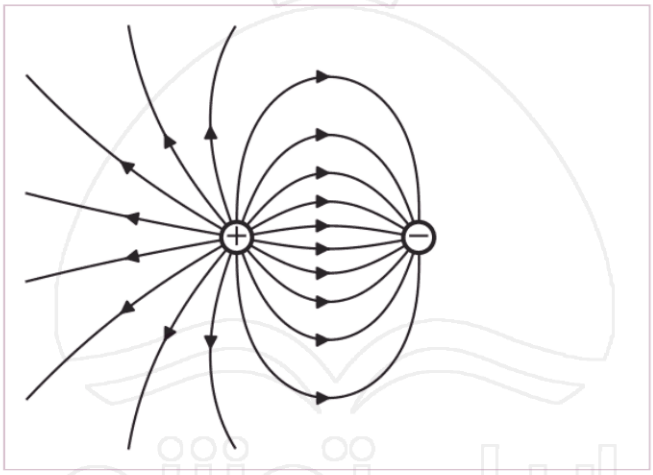
$E_a = \sqrt{((5.0\times10^3)^2 + (5.0\times10^3)^2)} = 7.1\times10^3\ N/C$ و جهت آن با محور x زاویهٔ 45° می‌سازد.



۱۲ صفحه ۱۷ فعالیت ۱ـ۳ (کار در کلاس)

درون یک ظرف شیشه‌ای یا پلاستیکی با عمق کم، مقداری پارافین مایع یا روغن کرچک به عمق حدود 0.5 cm بریزید و داخل آن دو الکترود نقطه‌ای قرار دهید. الکترودها را با سیم به پایانه‌های مثبت و منفی یک مولد ولتاژ بالا، مانند مولد وان‌دوگراف وصل کنید. روی سطح پارافین، مقدار کمی بذر چمن یا خاکستر بپاشید. مولد را روشن کنید. اکنون به سمت‌گیری دانه‌ها در فضای بین دو الکترود توجه کنید. شکل سمت‌گیری دانه‌ها در این فضا را رسم کنید.

دانه‌ها در میدان الکتریکی قطبیده می‌شوند و هر دانه مانند یک دوقطبی کوچک در راستای میدان قرار می‌گیرد. در نتیجه دانه‌ها در راستای خطوط میدان زنجیره می‌شوند: از الکترود مثبت به صورت خطوط خمیده بیرون می‌آیند و به الکترود منفی می‌رسند. نزدیک هر الکترود دانه‌ها شعاعی‌اند و بین دو الکترود خطوط خم‌شده‌ای از یک الکترود به دیگری دیده می‌شود (شکل زیر)؛ دانه‌ها در نزدیکی الکترودها که میدان قوی‌تر است، متراکم‌ترند.



۱۳ صفحه ۱۹ پرسش ۱ـ۴

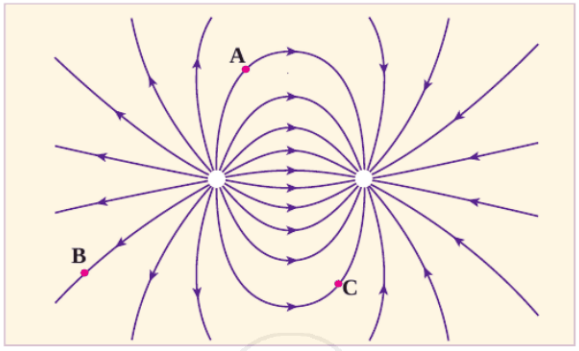
به نظر شما چرا خطوط میدان الکتریکی برایند هرگز یکدیگر را قطع نمی‌کنند؟

بردار میدان الکتریکی در هر نقطه بر خط میدان مماس است. اگر دو خط میدان یکدیگر را در نقطه‌ای قطع می‌کردند، در آن نقطه دو مماس و در نتیجه دو جهت متفاوت برای میدان وجود داشت؛ در حالی که میدان الکتریکی خالص در هر نقطه فقط یک اندازه و یک جهت مشخص دارد (و نیروی وارد بر بار آزمون نیز یکتاست). پس خطوط میدان نمی‌توانند یکدیگر را قطع کنند.

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

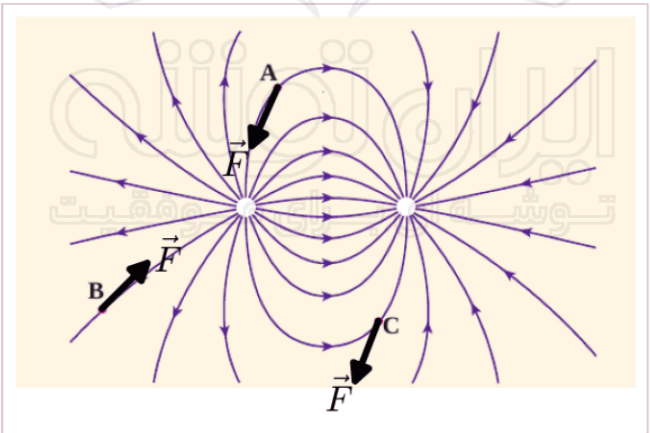
۱۴ صفحه ۱۹ پرسش ۱ـ۵

بار q− را در نقطه‌های A، B و C از میدان الکتریکی غیریکنواخت شکل روبه‌رو قرار دهید و جهت نیروی الکتریکی وارد بر این بار منفی را تعیین کنید.



طبق $\vec{F} = q\vec{E}$، چون بار منفی است، نیرو در خلاف جهت میدان و در راستای مماس بر خط میدان در همان نقطه است. در این شکل خطوط از بار سمت چپ (مثبت) خارج و به بار سمت راست (منفی) وارد می‌شوند.

- نقطهٔ A: میدان، مماس بر خط میدان و رو به بالا و راست است؛ پس نیرو به سمت پایین و چپ (مماس بر خط، تقریباً به سمت بار مثبت) است.
- نقطهٔ B: میدان دور از بار مثبت، به سمت پایین و چپ است؛ پس نیرو به سمت بالا و راست، یعنی به سمت بار مثبت است.
- نقطهٔ C: میدان مماس بر خط، رو به بالا و راست (به سمت بار منفی سمت راست) است؛ پس نیرو به سمت پایین و چپ است.



۱۵ صفحه ۱۹ فعالیت ۱ـ۴

تولیدمثل برخی از گل‌ها به زنبورهای عسل وابسته است. گرده‌ها به واسطهٔ میدان الکتریکی، از یک گل به زنبور و از زنبور به گل دیگر منتقل می‌شوند. در این باره تحقیق کنید.

زنبور هنگام پرواز در هوا به دلیل اصطکاک با مولکول‌ها و ذرات هوا و بال‌زدن، بار الکتریکی مثبت (به‌طور متوسط چند ده پیکوکولن) پیدا می‌کند. گل متصل به زمین و درخت، بار منفی دارد و در اطراف آن میدان الکتریکی وجود دارد. وقتی زنبور باردار به گل نزدیک می‌شود:

- دانه‌های گرده در میدان الکتریکی قطبیده می‌شوند و نیروی جاذبه‌ای از طرف بدن باردار زنبور می‌بینند؛ در نتیجه حتی پیش از تماس، گرده از پرچم گل به سمت بدن زنبور جهش می‌کند و به آن می‌چسبد.
- هنگام رسیدن زنبور به گل دیگر، همین میدان الکتریکی (بین زنبورِ حامل گرده و کلاله‌ی گل) گرده‌ها را از بدن زنبور به سمت کلاله می‌کشد و گرده‌افشانی انجام می‌شود.
- بار زنبور پس از دیدار از گل تغییر می‌کند (نشانه‌ای برای زنبورهای دیگر که این گل اخیراً بازدید شده است).

این جواب ممکن است دقیق نباشد.

۱۶ صفحه ۲۱ تمرین ۱ـ۷

روی سطح بادکنکی به جرم 10.0 g بار الکتریکی 200 nC− ایجاد می‌کنیم و آن را در یک میدان الکتریکی قرار می‌دهیم. بزرگی و جهت این میدان را در صورتی که بادکنک معلق بماند، تعیین کنید. اندازهٔ نیروی شناوری روبه‌بالای وارد بر بادکنک را 0.050 N فرض کنید.

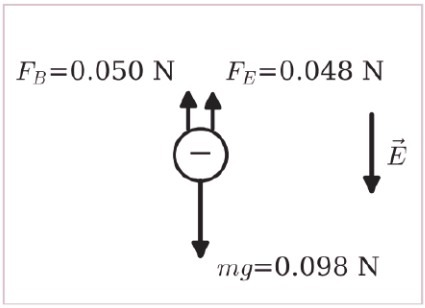
نیروهای وارد بر بادکنک: وزن mg رو به پایین، نیروی شناوری F^B رو به بالا و نیروی الکتریکی F_e. برای تعادل باید برایند نیروها صفر باشد. وزن بادکنک (با $g = 9.8\ N/kg$):

$$mg = (10.0\times10^{-3}\ kg)(9.8\ N/kg) = 0.098\ N$$

چون $mg > F^B$، نیروی الکتریکی باید رو به بالا باشد: $F_e = mg - F^B = 0.098 - 0.050 = 0.048\ N$

از $F_e = |q|E$: $E = F_e/|q| = 0.048\ N / (200\times10^{-9}\ C) = 2.4\times10^{5}\ N/C$

چون بار بادکنک منفی است و نیروی الکتریکی رو به بالاست، جهت میدان خلاف جهت نیرو، یعنی **رو به پایین** است.



۱۷ صفحه ۲۱ فعالیت ۱ـ۵

رسوب‌دهندهٔ الکتروستاتیکی (ESP) دود و غبار را از گازهای زائدی که از دودکش کارخانه‌ها و نیروگاه‌ها بالا می‌آید جدا می‌سازد. رسوب‌دهنده‌ها انواع مختلفی دارند. در مورد اساس کار این رسوب‌دهنده‌ها تحقیق کنید. شکل‌های روبه‌رو تأثیر رسوب‌دهنده را در کاهش آلودگی هوای ناشی از یک دودکش نشان می‌دهد.

در رسوب‌دهندهٔ الکتروستاتیکی، گاز آلوده از میان لوله‌ها یا صفحه‌های فلزی زمین‌شده عبور می‌کند. در مرکز لوله (یا بین صفحه‌ها) سیم‌هایی با ولتاژ منفی بسیار زیاد (چند ده هزار ولت) قرار دارند. اساس کار:

1. میدان الکتریکی بسیار قوی اطراف سیم‌ها مولکول‌های هوا را یونیده می‌کند (تخلیهٔ هاله‌ای) و یون‌های منفی تولید می‌شود.
2. ذرات دود و غبار هنگام عبور، با برخورد به این یون‌ها بار منفی می‌گیرند.
3. ذرات باردار تحت نیروی $F = qE$ به سمت صفحه‌های فلزی زمین‌شده (با بار مثبت/خنثی) کشیده می‌شوند و روی آنها می‌نشینند.
4. با ضربه زدن به صفحه‌ها (یا شست‌وشو)، غبار جمع‌شده در مخزن پایین می‌ریزد و گاز تمیز از دودکش خارج می‌شود.

بنابراین بخش بسیار زیادی (بیش از ۹۹٪) از ذرات معلق گرفته می‌شود و دود خروجی دودکش به‌مراتب کم‌رنگ‌تر است.

۱۸ صفحه ۲۳ تمرین ۱ـ۸

در مثال ۱ـ۱۰ اگر جای قطب‌های باتری عوض شود و پروتون را در نقطهٔ A از حالت سکون رها کنیم، پروتون با چه تندی‌ای به نقطهٔ B می‌رسد؟

در مثال ۱ـ۱۰: $E = 2.0\times10^{3}\ N/C$، $d = 10\times10^{-2}\ m$، $q = 1.6\times10^{-19}\ C$ و $m = 1.67\times10^{-27}\ kg$ است. با عوض‌شدن قطب‌های باتری، جهت میدان برعکس می‌شود و اکنون میدان از A به سمت B است؛ بنابراین نیروی الکتریکی هم‌جهت با جابه‌جایی پروتون است و کار آن مثبت می‌شود (پروتون شتاب می‌گیرد).

$$W_E = |q|\cdot E\cdot d\cdot\cos 0^\circ = (1.6\times10^{-19}\ C)(2.0\times10^{3}\ N/C)(10\times10^{-2}\ m) = 3.2\times10^{-17}\ J$$

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

طبق قضیهٔ کار ـ انرژی جنبشی با $v_0 = 0$:

$$W_E = \Delta K = \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow 3.2\times10^{-17}\ J = \frac{1}{2}(1.67\times10^{-27}\ kg)\, v^2$$

$$v = \sqrt{(2\times3.2\times10^{-17} / 1.67\times10^{-27})} \approx 1.96\times10^{5}\ m/s \approx 2.0\times10^{5}\ m/s$$

یعنی تندی پروتون در نقطهٔ B حدود $۲٫۰\times۱۰^{۵}$ متر بر ثانیه است (همان اندازه‌ای که در مثال ۱ـ۱۰ پروتون باید در A می‌داشت تا در B متوقف شود).

۱۹ صفحه ۲۵ **تمرین ۱ـ۹**

الف) نشان دهید در یک میدان الکتریکی یکنواخت، با حرکت در سوی خطوط میدان، بدون توجه به نوع بار، پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد و بالعکس با حرکت در خلاف جهت خطوط میدان، بدون توجه به نوع بار، پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد.

ب) نشان دهید در میدان الکتریکی یکنواخت، با حرکت در جهت عمود بر خطوط میدان، پتانسیل الکتریکی تغییر نمی‌کند.

الف) بار q را به اندازهٔ d در راستای خطوط میدان یکنواخت E جابه‌جا می‌کنیم. نیروی الکتریکی $F = qE$ است و از رابطه‌های ۱ـ۸ و ۱ـ۹ داریم: $\Delta U_E = -W_E = -qE\, d\cos\theta$ و $\Delta V = \Delta U_E / q$. بنابراین $\Delta V = -E\, d\cos\theta$، که θ زاویهٔ بین بردار جابه‌جایی و E است (برای محاسبهٔ ΔV فقط به E و جابه‌جایی نیاز است و q حذف می‌شود).

- حرکت در جهت خطوط میدان ($\theta = 0^\circ$، $\cos\theta = +1$): $\Delta V = -E\, d < 0$، یعنی پتانسیل کاهش می‌یابد. اگر بار منفی باشد، F در خلاف جهت E است و $W_E = -|q|E\, d$، $\Delta U_E = +|q|E\, d$ و $\Delta V = \Delta U_E / q = |q|E\, d / (-|q|) = -E\, d$ می‌شود؛ همان نتیجه، پس نتیجه به نوع بار بستگی ندارد.
- حرکت در خلاف جهت خطوط میدان ($\theta = 180^\circ$، $\cos\theta = -1$): $\Delta V = +E\, d > 0$، یعنی پتانسیل افزایش می‌یابد (برای هر نوع بار).

ب) وقتی جابه‌جایی بر خطوط میدان عمود است، $\theta = 90^\circ$ و $\cos 90^\circ = 0$ است؛ پس کار نیروی الکتریکی صفر است ($W_E = 0$) و $\Delta U_E = 0$. در نتیجه $\Delta V = \Delta U_E / q = 0$ و پتانسیل الکتریکی تغییر نمی‌کند (صفحه‌های عمود بر خطوط میدان هم‌پتانسیل‌اند).

۲۰ صفحه ۲۵ **تمرین ۱ـ۱۰**

اگر پایانهٔ مثبت یک باتری ۱۲ ولتی را مرجع پتانسیل درنظر بگیریم، پتانسیل پایانهٔ منفی آن چند ولت خواهد شد؟

اختلاف پتانسیل باتری $\Delta V = V_+ - V_- = 12\ V$ است. با مرجع‌گرفتن پایانهٔ مثبت، $V_+ = 0$:

$$V_- = V_+ - 12\ V = 0 - 12\ V = -12\ V$$

پس پتانسیل پایانهٔ منفی برابر ۱۲- ولت می‌شود.

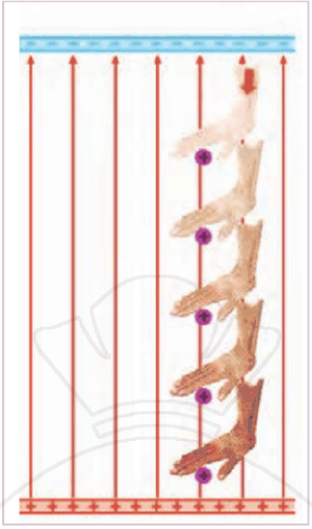
۲۱ صفحه ۲۶ **فعالیت ۱ـ۶**

مغز اساساً برمبنای کنش‌ها و فعالیت‌های الکتریکی است. سیگنال‌های عصبی چیزی جز عبور جریان‌های الکتریکی نیست. مغز این سیگنال‌ها را دریافت می‌کند و اطلاعات به‌صورت سیگنال‌های الکتریکی در امتداد اعصاب گوناگون منتقل می‌شوند. هنگام انجام هر عمل خاصی، سیگنال‌های الکتریکی زیادی تولید می‌شوند. این سیگنال‌ها حاصل کنش الکتروشیمیایی در یاخته‌های عصبی موسوم به نورون هستند. دربارهٔ چگونگی کار نورون‌ها تحقیق و به کلاس گزارش کنید.

گزارش کوتاه: نورون (یاخته عصبی) از جسم یاخته‌ای (هسته)، چند دندریت (رشتهٔ ورودی) و یک آکسون (رشتهٔ خروجی، گاهی با غلاف میلین) ساخته شده است.

- **پتانسیل آرامش:** در حالت استراحت، غشای نورون با پمپ سدیم‌ـپتاسیم یون‌های Na^+ را به بیرون و یون‌های K^+ را به درون می‌برد. درون یاخته نسبت به بیرون حدود ۷۰ میلی‌ولت منفی‌تر است ($\approx$ -70 mV). غشا مانند یک خازن عمل می‌کند: دی‌الکتریک آن غشای چربی است و یون‌های دو طرف آن صفحه‌های خازن‌اند.
- **پتانسیل عمل:** وقتی دندریت‌ها محرک دریافت کنند و پتانسیل غشا از آستانه (حدود ۵۵- میلی‌ولت) بالاتر برود، کانال‌های سدیمی دریچه‌دار باز می‌شوند، Na^+ به درون هجوم می‌آورد و پتانسیل درون یاخته برای لحظه‌ای مثبت می‌شود (حدود ۴۰+ میلی‌ولت). سپس کانال‌های پتاسیمی باز می‌شوند، K^+ خارج می‌شود و پتانسیل به حالت آرامش برمی‌گردد.
- **انتقال سیگنال:** پتانسیل عمل مانند موجی در طول آکسون پیش می‌رود. در آکسون‌های دارای غلاف میلین (عایق)، پتانسیل عمل از گره‌ای به گرهٔ دیگر می‌جهد و سرعت انتقال بسیار زیاد (تا حدود ۱۰۰ متر بر ثانیه) می‌شود.
- **سیناپس:** در انتهای آکسون، سیگنال الکتریکی با آزادشدن مولکول‌های شیمیایی (انتقال‌دهندهٔ عصبی) از فاصلهٔ باریک سیناپس عبور می‌کند و نورون بعدی را تحریک می‌کند. بنابراین انتقال پیام در دستگاه عصبی ترکیبی از کنش الکتریکی و شیمیایی (الکتروشیمیایی) است.

در شکل ۱ـ۲۷ الف) با فرض آنکه بار q+ در ابتدا و انتهای جابه‌جایی ساکن باشد، آیا کار نیروی خارجی، مثبت است یا منفی؟ ب) آیا بار q+ به نقطه‌ای با پتانسیل بیشتر حرکت کرده است یا به نقطه‌ای با پتانسیل کمتر؟ توضیح دهید.



الف) خطوط میدان به سمت بالا (از صفحهٔ مثبت پایین به صفحهٔ منفی بالا) هستند و نیروی خارجی بار مثبت را به سمت پایین، در خلاف جهت میدان، جابه‌جا می‌کند. چون تندی بار در ابتدا و انتها یکسان است ($\Delta K = 0$) طبق رابطهٔ ۱ـ۱۳: $W_{خارجی} = -W_E = q\Delta V$. نیروی الکتریکی روی بار مثبت رو به بالاست و کار آن در جابه‌جایی رو به پایین منفی است ($W_E < 0$)؛ پس $W_{خارجی} = -W_E > 0$، یعنی کار نیروی خارجی مثبت است.

ب) از $W_{خارجی} = q\Delta V > 0$ و $q > 0$ نتیجه می‌شود $\Delta V > 0$؛ یعنی $V_{پایانی} > V_{ابتدایی}$. بار مثبت در خلاف جهت میدان (به سمت صفحهٔ مثبت) رفته است، پس به نقطه‌ای با پتانسیل بیشتر حرکت کرده است (پتانسیل در جهت خطوط میدان کاهش می‌یابد).

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

۲۳ صفحه ۲۹ فعالیت ۱ـ۷

الف) در شکل شخصی را داخل یک قفس توری فلزی می‌بینید که نوعی از قفس فاراده است. در مورد قفس فاراده و کاربردهایش تحقیق و به کلاس گزارش کنید.

ب) چرا معمولاً شخصی که داخل اتومبیل یا هواپیماست از خطر آذرخش در امان می‌ماند.

پ) با اعضای گروه خود آزمایش‌های دیگری را طراحی و اجرا کنید که نشان دهد بار اضافی داده شده به رسانا، روی سطح داخلی رسانا توزیع نمی‌شود.

الف) قفس فاراده پوسته‌ای رساناست (قفس توری یا ورقهٔ فلزی). وقتی در میدان الکتریکی خارجی قرار می‌گیرد، بارهای آزاد آن جابه‌جا می‌شوند و روی سطح خارجی به‌گونه‌ای توزیع می‌شوند که میدان الکتریکی خالص درون آن صفر شود؛ در نتیجه هر چیز داخل قفس از میدان و تخلیهٔ الکتریکی بیرون محافظت می‌شود (حتی اگر جرقه‌های بزرگی به قفس بخورد، جریان از سطح بیرونی عبور می‌کند). کاربردها:

- حفاظت افراد و دستگاه‌ها در برابر آذرخش (قفس ایمنی در آزمایشگاه‌های ولتاژ بالا، نمایش‌های قفس تسلا).
- پوشش فلزی کابل هم‌محور و کابل‌های شبکه برای جلوگیری از اختلال میدان‌های بیرونی.
- توری درِ ریزموج (مایکروفر) که امواج را در درون نگه می‌دارد و اتاق‌های حفاظت‌شدهٔ دستگاه‌های حساس (مثل MRI)، کیف‌های محافظ سیگنال و آسانسور فلزی.

ب) بدنهٔ فلزی خودرو یا هواپیما مانند یک قفس فاراده است. در برخورد آذرخش، بارها روی سطح خارجی بدنهٔ فلزی توزیع می‌شوند و جریان از سطح بیرونی به زمین (یا هوا) می‌رود. میدان الکتریکی درون بدنهٔ رسانا صفر است و نیرویی بر مسافران وارد نمی‌شود؛ بنابراین آنها در امان می‌مانند (به شرطی که به بدنهٔ فلزی از درون دست نزنند).

پ) آزمایش پیشنهادی (هم‌ارز آزمایش فاراده): یک ظرف فلزی (قوطی یا سطل) روی پایهٔ عایق قرار می‌دهیم و آن را با میلهٔ باردار بار می‌دهیم. یک کرهٔ فلزی کوچک متصل به دستهٔ عایق (آزمون‌گر) را ابتدا به سطح داخلی ظرف و سپس به کلاهک برق‌نمای بدون بار نزدیک می‌کنیم: ورقه‌ها از هم باز نمی‌شوند، یعنی روی سطح داخلی بار نیست. سپس همان آزمون‌گر را به سطح بیرونی ظرف می‌زنیم و به برق‌نما می‌رسانیم: ورقه‌ها از هم باز می‌شوند، یعنی بار روی سطح خارجی توزیع شده است. (راه دیگر: ظرف فلزی را روی برق‌نما بگذارید و درون آن یک گوی باردار با نخ عایق آویزان کنید؛ پس از تماس گوی با دیوارهٔ داخلی و بیرون‌آوردن آن، گوی بدون بار است.)

۲۴ صفحه ۳۰ **فعالیت ۱ـ۸**

دو قطعه ورقهٔ آلومینیمی نازک به ابعاد ۳cm×۴cm را مچاله کنید و به سرهای دو تکه نخ هم‌اندازه به طول ۳۰cm وصل کنید. پس از آنکه جسم فلزی دوکی‌شکل را با مولد وان‌دوگراف بار کردید، یکی از آونگ‌ها را مقابل نوک تیز و دیگری را مقابل بخش پهن دوک بیاویزید. چه مشاهده می‌کنید؟ مشاهدهٔ خود را توجیه کنید.

مشاهده: آونگی که مقابل نوک تیز دوک آویخته شده است، بیشتر از آونگ مقابل بخش پهن منحرف (دفع) می‌شود.

توجیه: بار روی سطح خارجی رسانا توزیع می‌شود، اما چگالی سطحی بار $\sigma = Q / A$ در همه جا یکسان نیست: در نقاط تیز سطح، بار متراکم‌تر و σ بیشتر است. به همین دلیل خطوط میدان الکتریکی در نزدیکی نوک متراکم‌تر و میدان قوی‌تر است. نیروی دفع $F = qE$ روی آونگ مقابل نوک (که در تماس با میدان بار گرفته) بزرگ‌تر است؛ پس زاویهٔ انحراف نخ آن بیشتر می‌شود.

۲۵ صفحه ۳۱ **فعالیت ۱ـ۹**

در مورد برق‌گیرهای ساختمان تحقیق کنید و بررسی کنید آنها چگونه ساختمان‌ها را از گزند آذرخش در امان نگه می‌دارند.

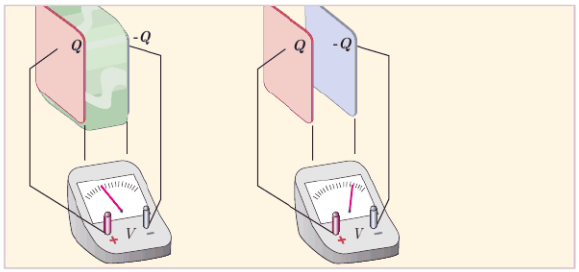
برق‌گیر (شیوهٔ فرانکلین) شامل یک یا چند میلهٔ فلزی نوک‌تیز بر بالاترین نقطهٔ ساختمان، یک سیم رسانای ضخیم (معمولاً مس) که از دیوار پایین می‌آید، و میلهٔ اتصال به زمین است که عمیقاً در خاک مرطوب فرو رفته است.

- در نوک تیز، چگالی سطحی بار و میدان الکتریکی بسیار زیاد است. هنگام نزدیک‌شدن ابر باردار، بار روی نوک به‌صورت تخلیهٔ هاله‌ای به هوا می‌رود و از تجمع بار روی ساختمان می‌کاهد.
- اگر آذرخش بزند، چون میله بلندترین نقطه و رساناست، آذرخش به سمت آن می‌آید و جریان بسیار شدید از سیم رسانا با مقاومت کم، به‌جای ساختمان، به زمین منتقل می‌شود.
- اتصال خوب به زمین باعث می‌شود پتانسیل ساختمان نزدیک به پتانسیل زمین بماند و از آسیب (آتش‌سوزی، شوک به ساکنان و خرابی وسایل برقی) جلوگیری شود.

ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت

۲۶ صفحه ۳۶ **پرسش ۱ـ۶**

در شکل زیر صفحه‌های باردار یک خازن تخت را که بین آنها هواست، به ولت‌سنج وصل می‌کنیم. با وارد کردن دی‌الکتریک بین دو صفحه، اختلاف پتانسیل دو صفحه کاهش می‌یابد. علت آن را توضیح دهید. (توجه کنید که این آزمایش با بیشتر ولت‌سنج‌های معمولی و رایج ممکن نیست.)



خازن از باتری جدا شده است و ولت‌سنج (آرمانی) بار نمی‌گیرد؛ پس بار خازن ثابت می‌ماند ($Q = const$). با ورود دی‌الکتریک، ظرفیت خازن طبق $C = \kappa C_0$ ($\kappa > 1$) افزایش می‌یابد. از $V = Q / C$ داریم:

$$V = Q / (\kappa C_0) = V_0 / \kappa < V_0$$

علت فیزیکی: مولکول‌های دی‌الکتریک در میدان صفحه‌ها قطبیده یا هم‌ردیف می‌شوند و روی سطح‌های آن بارهای القایی پدید می‌آیند که میدانی در خلاف میدان صفحه‌ها می‌سازند. میدان خالص بین صفحه‌ها کم می‌شود ($E = E_0 / \kappa$) و چون $\Delta V = E d$ است، اختلاف پتانسیل کاهش می‌یابد.

۲۷ صفحه ۳۷ **فعالیت ۱ـ۱۰**

در حسگر کیسهٔ هوای برخی از خودروها از یک خازن استفاده می‌شود. دربارهٔ چگونگی عملکرد این حسگرها تحقیق کنید و نتیجه آن را به کلاس گزارش دهید.

حسگر کیسهٔ هوا یک شتاب‌سنج خازنی است: یک صفحهٔ متحرک (جرم کوچک روی فنر بسیار ظریف) در برابر یک یا چند صفحهٔ ثابت قرار دارد و خازنی با ظرفیت $C = \kappa \varepsilon_0 A / d$ می‌سازند.

1. در رانندگی عادی، صفحهٔ متحرک در جای خود است و ظرفیت خازن تقریباً ثابت است.
2. در برخورد شدید، خودرو ناگهان کند می‌شود و جرم متحرک به‌دلیل لختی نسبت به قاب جلو می‌رود؛ فاصلهٔ d تغییر می‌کند و در نتیجه C تغییر می‌کند.
3. مدار الکترونیکی تغییر ظرفیت را به تغییر ولتاژ (سیگنال الکتریکی) تبدیل و آن را اندازه می‌گیرد. اگر شتاب منفی از حد آستانه بیشتر باشد، واحد کنترل فرمان روشن‌شدن مولد گاز را می‌دهد.
4. مولد گاز با واکنش شیمیایی در چند هزارم ثانیه (حدود ۳۰ میلی‌ثانیه) کیسه را با نیتروژن پر می‌کند و سرنشین از برخورد با فرمان و داشبورد محافظت می‌شود.

ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت

۲۸ صفحه ۳۸ **تمرین ۱ـ۱۲**

یک یاختهٔ عصبی (نورون) را می‌توان با یک خازن تخت مدل‌سازی کرد، به‌طوری که غشای سلول به عنوان دی‌الکتریک و یون‌های باردار با علامت مخالف که در دو طرف غشا هستند که به عنوان بارهای روی صفحات خازن عمل کنند (شکل روبه‌رو). ظرفیت یک سلول عصبی و تعداد یون‌های لازم (بافرض آنکه هر یون یک بار یونیده باشد)، برای آنکه یک اختلاف پتانسیل ۸۵mV ایجاد شود چقدر است؟ فرض کنید غشا دارای ثابت دی‌الکتریک $\kappa = 3/0$، ضخامت ۱۰/۰nm و مساحت سطح $1/0 \times 10^{-10}\ m^2$ است.

$\varepsilon_0 = 8.85\times10^{-12}$ F/ ،$\Delta V = 85\ mV = 8.5\times10^{-2}$ V ،$A = 1.0\times10^{-10}\ m^2$ ،$d = 10.0\ nm = 1.00\times10^{-8}$ m ،$\kappa = 3.0$ m.

ظرفیت: $C = \kappa\,\varepsilon_0\,A / d = (3.0)(8.85\times10^{-12}\ F/m)(1.0\times10^{-10}\ m^2) / (1.00\times10^{-8}\ m) \approx 2.7\times10^{-13}\ F \approx 0.27$ pF

بار هر صفحه: $Q = C\,V = (2.66\times10^{-13}\ F)(8.5\times10^{-2}\ V) \approx 2.3\times10^{-14}\ C$

تعداد یون‌ها (هر یون $e = 1.6\times10^{-19}\ C$): $N = Q / e = 2.26\times10^{-14} / 1.6\times10^{-19} \approx 1.4\times10^{5}$ یون در هر طرف غشا.

۲۹ صفحه ۳۸ **فعالیت ۱ـ۱۱**

خازن‌ها انواع متعددی دارند؛ زیرا برای کاربردهای مختلف طراحی و ساخته می‌شوند. دربارهٔ خازن‌های مختلف مانند خازن‌های ورقه‌ای، میکا، سرامیکی، الکترولیتی، خازن‌های متغیر، اَبَرخازن‌ها و ظرفیت آنها تحقیق کنید. هر گروه می‌تواند روی یک نوع خازن تحقیق کند.

نوع خازن	دی‌الکتریک / ساختار	ظرفیت معمول	کاربرد
ورقه‌ای (کاغذی/ پلاستیکی)	دو ورقهٔ فلزی نازک با لایهٔ کاغذ یا پلاستیک، لوله‌شده	nF تا چند μF	مدارهای صوتی، فیلتر، موتورهای کوچک
میکا	ورقه‌های میکا و فلز؛ پایدار و دقیق	pF تا چند صد pF	مدارهای رادیویی و بسامد بالا
سرامیکی	قرص یا لولهٔ سرامیکی با ثابت دی‌الکتریک بزرگ	چند pF تا چند μF	مدارهای دیجیتال، جداکنندهٔ نوفه، گوشی و رایانه
الکترولیتی	لایهٔ نازک اکسید روی آلومینیم؛ قطب‌دار	μF تا چندین mF	منبع تغذیه، تقویت‌کننده، فلاش دوربین

irantooshe.ir

متغیر	صفحه‌های متحرک و ثابت؛ با چرخاندن، مساحت روپوشی (و ظرفیت) تغییر می‌کند	چند ده تا چند صد pF	تنظیم ایستگاه در رادیو
ابرخازن	دولایهٔ الکتریکی با سطح بسیار بزرگ (کربن فعال)	چند F تا هزاران F	ذخیرهٔ انرژی، ترمز بازیاب در خودروهای برقی

۳۰ صفحه ۴۱ مسئله ۱

چگونه توسط برق‌نما (الکتروسکوپ) می‌توانیم تشخیص دهیم که:

الف) یک میله باردار است یا نه؟

ب) میله رساناست یا نارسانا؟

پ) نوع بار میلهٔ باردار چیست؟

الف) میله را به کلاهک برق‌نمای بدون بار نزدیک می‌کنیم (بدون تماس). اگر ورقه‌ها از هم باز شوند، میله باردار است؛ اگر ورقه‌ها بسته بمانند، میله بار قابل‌توجهی ندارد (باردار نیست).

ب) یک برق‌نما را بار می‌دهیم تا ورقه‌هایش باز شوند. سپس انتهای میله را به کلاهک می‌زنیم، در حالی‌که انتهای دیگر آن را با دست خود می‌گیریم. اگر ورقه‌ها بسته شوند، بار از میله و بدن به زمین رفته است؛ پس میله رساناست. اگر ورقه‌ها باز بمانند، بار از میله عبور نکرده است؛ پس میله نارساناست.

پ) ابتدا برق‌نما را با نوع بار معلوم (مثلاً منفی) بار می‌دهیم. میلهٔ باردار را بدون تماس به کلاهک نزدیک می‌کنیم. اگر باز بودن ورقه‌ها بیشتر شود، بار میله هم‌نام بار برق‌نماست (منفی)؛ اگر ورقه‌ها به هم نزدیک شوند، بار میله ناهم‌نام (مثبت) است.

این فایل توسط سایت ایران‌توشه تهیه شده است.
irantooshe.ir

۳۱ صفحه ۴۱ مسئله ۲

یک میلهٔ پلاستیکی را با پارچهٔ پشمی مالش می‌دهیم. پس از مالش، بار الکتریکی میلهٔ پلاستیکی $-۱۲/۸nC$ می‌شود.

الف) بار الکتریکی ایجاد شده در پارچهٔ پشمی چقدر است؟

ب) تعداد الکترون‌های منتقل‌شده از پارچهٔ پشمی به میلهٔ پلاستیکی را محاسبه کنید.

الف) طبق پایستگی بار الکتریکی، مجموع بار در مالش ثابت می‌ماند (در ابتدا هر دو خنثی بودند):

$q_{پشم} = +12.8\,nC$ ⇒ $q_{پلاستیک} = 0 + q_{پشم}$

ب) $n = |q| / e = 12.8\times10^{-9}\ C / 1.6\times10^{-19}\ C = 8.0\times10^{10}$ الکترون از پشم به میلهٔ پلاستیکی منتقل شده است.

---

۳۲ صفحه ۴۱ مسئله ۳

الف) بار الکتریکی اتم و هستهٔ اتم کربن ($^{12}_{6}C$) چند کولن است؟

ب) بار الکتریکی اتم کربن یک بار یونیده (C^{+}) چقدر است؟

الف) عدد اتمی کربن ۶ است: ۶ پروتون و ۶ الکترون دارد (و ۶ نوترون که بدون بار است). اتم خنثی است، پس بار اتم صفر است. بار هسته برابر بار ۶ پروتون است:

$q_{هسته} = 6 \times e = 6 \times 1.6\times10^{-19}\ C = 9.6\times10^{-19}\ C$

ب) کربن یک بار یونیده یک الکترون از دست داده است؛ بار آن برابر بار یک پروتون است: $q = +e = +1.6\times10^{-19}\ C$.

---

۳۳ صفحه ۴۱ مسئله ۴

دو گوی رسانا، کوچک و یکسان به بارهای $q_1=4/0nC$ و $q_2=-6/0nC$ را با هم تماس می‌دهیم و سپس تا فاصلهٔ $r=30cm$ از هم دور می‌کنیم. نیروی برهم‌کنش الکتریکی بین دو گوی را محاسبه کنید. این نیرو رانشی است یا رباشی؟

پس از تماس، چون گوی‌ها یکسان‌اند بار کل به‌طور مساوی بین آنها تقسیم می‌شود:

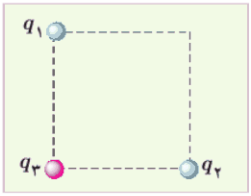
$q' = (q_1 + q_2)/2 = (4.0 - 6.0)/2\ nC = -1.0\ nC$

$F = k\,|q'_1 q'_2| / r^2 = (9\times10^9\ N\cdot m^2/C^2)(1.0\times10^{-9}\ C)^2 / (0.30\ m)^2 = 1.0\times10^{-7}\ N$

هر دو گوی دارای بار منفی هم‌نام‌اند؛ پس نیرو **رانشی** است و اندازهٔ آن ۱٫۰×۱۰$^{-7}$ نیوتون است.

۳۴ صفحه ۴۱ مسئله ۵

سه ذرهٔ باردار q_1، q_2 و q_3 مطابق شکل در سه رأس مربعی به ضلع ۳/۰m ثابت شده‌اند. اگر $q_1=q_2=-۵/۰\mu C$ و $q_3=+۰/۲۰\mu C$ باشد، نیروی خالص وارد بر بار q_3 را برحسب بردارهای یکهٔ i و j تعیین کنید.

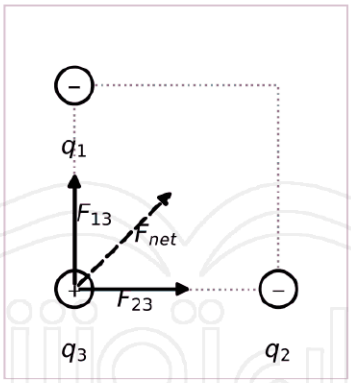


q_3 مثبت و در گوشهٔ پایین چپ است؛ q_1 (بالا) و q_2 (راست) منفی‌اند. هر کدام q_3 را می‌ربایند. فاصلهٔ q_3 تا هر کدام برابر ضلع مربع است ($r = 3.0\ m$).

$F_{13} = k\,|q_1||q_3| / r^2 = (9\times10^{9})(5.0\times10^{-6})(0.20\times10^{-6}) / (3.0)^2 = 1.0\times10^{-3}\ N$ (رو به بالا: +j)

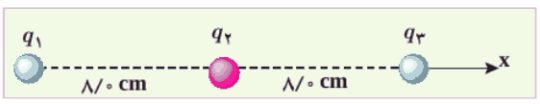
$F_{23} = k\,|q_2||q_3| / r^2 = 1.0\times10^{-3}\ N$ (رو به راست: +i)

$\vec{F}_{net} = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = (1.0\times10^{-3}\ i + 1.0\times10^{-3}\ j)\ N$، با اندازهٔ $\sqrt{2}\times10^{-3}\ N \approx 1.4\times10^{-3}\ N$ و زاویهٔ ۴۵° نسبت به محور x.



۳۵ صفحه ۴۱ مسئله ۶

بارهای نقطه‌ای $q_2=+۵/۰nC$ ، $q_1=-۴/۰nC$ و $q_3=-۴/۰nC$ مطابق شکل، در جای خود ثابت شده‌اند. نیروی خالص الکتریکی وارد بر هریک از بارهای q_2 و q_3 را محاسبه کنید.



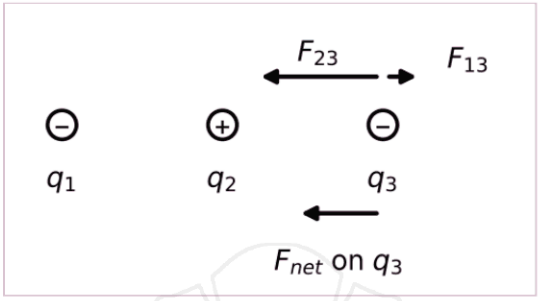
فاصلهٔ q_1 تا q_2 و q_2 تا q_3 برابر $0.080\ m = 8.0\ cm$ و فاصلهٔ q_1 تا q_3 برابر $0.16\ m$ است. محور x رو به راست است.

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

نیروی وارد بر q_2: $F_{12} = k|q_1||q_2|/r^2 = (9\times10^9)(4.0\times10^{-9})(5.0\times10^{-9})/(0.080)^2 = 2.8\times10^{-5}$ N (رو به چپ، ربایشی)؛ $F_{32} = 2.8\times10^{-5}$ N (رو به راست، ربایشی). پس $q_2 = 0$ روی F_net.

نیروی وارد بر q_3: $F_{23} = 2.8\times10^{-5}$ N (رو به چپ، ربایشی) و $F_{13} = k|q_1||q_3|/r^2 = (9\times10^9)(4.0\times10^{-9})^2/(0.16)^2 =$ 5.6×10^{-6} N (رو به راست، رانشی).

q_3 روی F_net، $2.8\times10^{-5} - 0.56\times10^{-5} = 2.3\times10^{-5}$ N رو به چپ (در جهت $-x$، به سمت q_2).

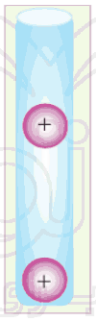


۳۶ صفحه ۴۱ مسئله ۷

در شکل روبه‌رو، دو گوی مشابه به جرم ۰/۲۵g و بار یکسان مثبت q در فاصلهٔ ۱/۰cm از هم قرار دارند، به‌طوری که گوی بالایی به حالت معلق مانده است.

الف) اندازهٔ بار q را به‌دست آورید.

ب) تعداد الکترون‌های کنده‌شده از هر گوی چقدر است؟

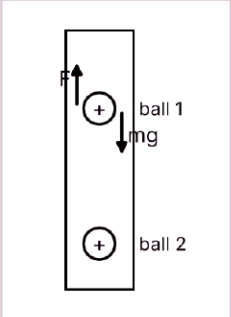


الف) گوی بالایی در تعادل است: نیروی رانش کولنی رو به بالا با وزن برابر است ($m = 0.25\ g = 2.5\times10^{-4}$ kg، $g = 9.8$ N/kg، $r = 1.0$ cm $= 1.0\times10^{-2}$ m):

$$k\,q^2 / r^2 = m\,g \Rightarrow q = r\sqrt{(m\,g / k)} = (1.0\times10^{-2})\sqrt{(2.5\times10^{-4}\times 9.8 / 9\times10^9)} \approx 5.2\times10^{-9}\ \text{C}$$

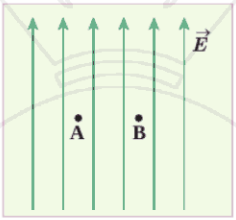
ب) $n = q / e = 5.2\times10^{-9} / 1.6\times10^{-19} \approx 3.3\times10^{10}$ الکترون از هر گوی کنده شده است.

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت



۳۷ صفحه ۴۱ مسئله ۸

یک ذرهٔ باردار را یک‌بار در نقطهٔ A و بار دیگر در نقطهٔ B قرار می‌دهیم. نیرویی که از طرف میدان الکتریکی بر این ذرهٔ باردار در این دو نقطه وارد می‌شود را مقایسه کنید.



خطوط میدان موازی و هم‌فاصله‌اند؛ پس میدان یکنواخت است و در A و B بزرگی و جهت یکسان دارد: $E_A = E_B = E$. بنابراین نیروی وارد بر ذرهٔ باردار در هر دو نقطه $F = qE$ است؛ یعنی نیروها هم‌اندازه و هم‌جهت (برای بار مثبت، هم‌جهت با میدان) اند: $F_A = F_B$.

۳۸ صفحه ۴۱ مسئله ۹

هستهٔ اتم آهن شعاعی در حدود $۴/۰ \times ۱۰^{-۱۵} m$ دارد و تعداد پروتون‌های آن ۲۶ عدد است. الف) بزرگی نیروی دافعهٔ بین دو پروتون این هسته که به فاصلهٔ $۴/۰ \times ۱۰^{-۱۵} m$ از هم قرار دارند چقدر است؟ ب) اندازهٔ میدان الکتریکی ناشی از هسته در فاصلهٔ $۱/۰ \times ۱۰^{-۱۰} m$ از مرکز هسته چقدر است؟

الف) $F = k e^2 / r^2 = (9\times10^9)(1.6\times10^{-19})^2 / (4.0\times10^{-15})^2 = 14.4\ N \approx 14\ N$

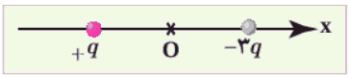
ب) بار هسته $Q = 26e = 26 \times 1.6\times10^{-19} = 4.16\times10^{-18}\ C$ است. هسته را مانند بار نقطه‌ای در نظر می‌گیریم:

$E = k Q / r^2 = (9\times10^9)(4.16\times10^{-18}) / (1.0\times10^{-10})^2 \approx 3.7\times10^{12}\ N/C$

۳۹ صفحه ۴۱ مسئله ۱۰

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) نقطه‌ای وجود دارد که در آنجا میدان الکتریکی برایند برابر با صفر است؟ ب) بزرگی و جهت میدان الکتریکی برایند در مبدأ مختصات را بیابید.



بار q+ در x = −a و بار 3q− در x = +a قرار دارد.

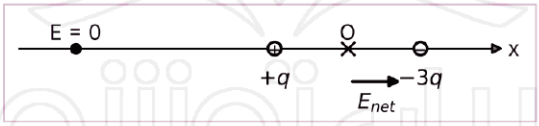
الف) بین دو بار میدان‌ها هم‌جهت‌اند (از q+ دور می‌شود و به 3q− می‌رود)، پس صفر نمی‌شود. در سمت راست 3q−، میدان بار بزرگ‌تر و نزدیک‌تر، قوی‌تر است؛ پس صفر نمی‌شود. فقط سمت چپ بار کوچک‌تر (x < −a) ممکن است. اگر فاصلهٔ نقطه تا q+ برابر d باشد:

$$k\,q / d^2 = k\,(3q) / (d + 2a)^2 \Rightarrow (d + 2a)^2 = 3\,d^2 \Rightarrow d + 2a = \sqrt{3}\,d \Rightarrow d = 2a / (\sqrt{3} - 1) = (\sqrt{3} + 1)\,a \approx 2.73\,a$$

پس $x = -a - d = -(2 + \sqrt{3})\,a \approx -3.73\,a$ یعنی نقطه‌ای در سمت چپ بار q+ به فاصلهٔ ۲٫۷۳a از آن.

ب) در مبدأ، میدان q+ (که در a− است) به سمت x+ و میدان 3q− (که در a+ است، میدان به سمت بار منفی) هم به سمت x+ است:

$E = kq/a^2 + 3kq/a^2 = 4kq / a^2$، در جهت x+ (به سمت بار 3q−).



۴۰ صفحه ۴۲ مسئله ۱۱

در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $۴/۹ \times ۱۰^۵ N/C$ که جهت آن قائم و رو به پایین است، ذرهٔ باردار به جرم ۲/۰g معلّق و به حال سکون قرار دارد. اگر g=۹/۸N/kg باشد، اندازه و نوع بار ذرّه را مشخص کنید.

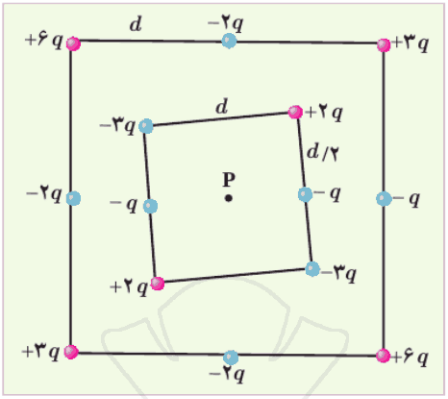
ذره ساکن است؛ پس نیروی الکتریکی باید وزن را خنثی کند و رو به بالا باشد. چون میدان رو به پایین است و نیرو در خلاف جهت میدان، بار ذره **منفی** است.

$$|q|\,E = m\,g \Rightarrow |q| = m\,g / E = (2.0\times10^{-3}\ kg)(9.8\ N/kg) / (4.9\times10^{5}\ N/C) = 4.0\times10^{-8}\ C$$

بنابراین $q = -4.0\times10^{-8}\ C = -40\ nC$.

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

شکل زیر دو آرایهٔ مربعی از ذرات باردار را نشان می‌دهد. مربع‌ها که در نقطهٔ P هم‌مرکزند، هم‌ردیف نیستند. ذرّه‌ها روی محیط مربع به فاصلهٔ d یا d/۲ از هم قرار گرفته‌اند. بزرگی و جهت میدان الکتریکی برایند در نقطهٔ P چیست؟



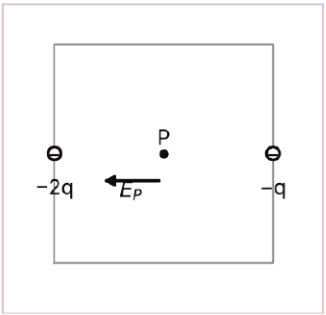
هر ذره را با ذرهٔ قرینهٔ آن نسبت به P جفت می‌کنیم. اگر دو بار هم‌اندازهٔ هم‌علامت در دو طرف P و در یک فاصله باشند، میدان‌هایشان هم‌اندازه و در خلاف جهت‌اند و یکدیگر را خنثی می‌کنند.

- **مربع بزرگ:** رأس‌های بالاچپ و پایین‌راست (هر دو 6q+)، رأس‌های بالاراست و پایین‌چپ (هر دو 3q+) و وسط‌های ضلع بالا و پایین (هر دو 2q−) دوبه‌دو قرینه و هم‌بارند و میدان آنها در P صفر است. فقط وسط ضلع چپ (2q−) و وسط ضلع راست (q−) هم‌اندازه نیستند.
- **مربع کوچک:** 2q+ ↔ 2q+، 3q− ↔ 3q− و q− ↔ q− (وسط ضلع چپ و راست) همه دوبه‌دو هم‌بار و قرینه‌اند؛ پس میدان آنها صفر است.

میدان خالص از دو باری است که ناهم‌اندازه‌اند. فاصلهٔ هرکدام تا P برابر d/2 است و چون بار منفی‌اند، میدان‌هایشان به سمت خود بارهاست:

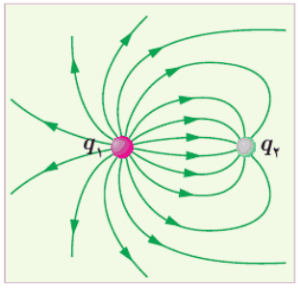
$E_1 = k(2q)/(d/2)^2 = 8kq/d^2$ (به سمت چپ)، $E_2 = k\,q/(d/2)^2 = 4kq/d^2$ (به سمت راست)

$E_P = 8kq/d^2 - 4kq/d^2 = 4kq/d^2$، به سمت چپ (به سمت بار 2q− در وسط ضلع چپ مربع بزرگ).



۴۲ صفحه ۴۲ **مسئله ۱۳**

خطوط میدان الکتریکی برای دو کرهٔ رسانای باردار کوچک در شکل روبه‌رو نشان داده شده است. نوع بار هر کره را تعیین کرده و اندازهٔ آنها را مقایسه کنید.

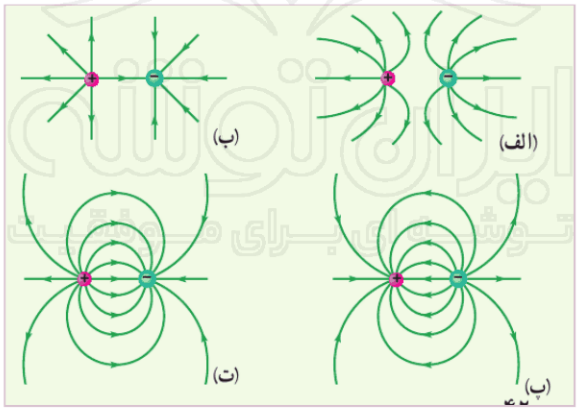


خطوط میدان از بار مثبت خارج و به بار منفی وارد می‌شوند. از q_1 خطوط خارج می‌شوند، پس q_1 مثبت است؛ خطوط به q_2 وارد می‌شوند، پس q_2 منفی است.

تعداد خطوط میدان خارج‌شده از q_1 بیشتر از تعداد خطوط واردشده به q_2 است (بخشی از خطوط q_1 به بی‌نهایت می‌روند) و تعداد خطوط متناسب با اندازهٔ بار است؛ بنابراین $|q_2| < |q_1|$.

۴۳ صفحه ۴۲ **مسئله ۱۴**

در شکل‌های زیر، اندازهٔ دو بار، یکسان ولی علامت آنها مخالف هم است. کدام آرایش‌های خطوط میدان نادرست است؟ دلیل آن را توضیح دهید.



فقط آرایش (ت) درست است: خطوط از بار مثبت خارج و به بار منفی وارد می‌شوند، خطوط پیوسته‌اند، یکدیگر را قطع نمی‌کنند و تقارن دو بار هم‌اندازه حفظ شده است.

- **(الف) نادرست:** خطوط از بار مثبت دور می‌شوند و از بار منفی هم خارج می‌شوند (فقط شبیه دو بار هم‌علامت) و هیچ خطی بین دو بار را به هم وصل نمی‌کند. در حالی که برای بارهای ناهم‌علامت باید خطوط از + شروع و به − ختم شوند.

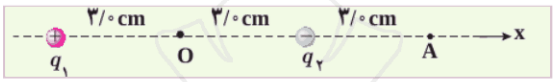
- **(ب) نادرست:** خطوط راست و شعاعی‌اند و فقط یک خط دو بار را وصل می‌کند؛ میدان هر بار به‌تنهایی کشیده شده و برهم‌نهی میدان‌ها (خمیدگی خطوط) نادیده گرفته شده است.
- **(پ) نادرست:** شکل خطوط مانند حالت درست است، ولی جهت پیکان‌ها برعکس است؛ پیکان‌ها از بار منفی به بار مثبت‌اند، در حالی که خطوط میدان باید از بار مثبت خارج شوند و به بار منفی وارد شوند.

۴۴ صفحه ۴۲ **مسئله ۱۵**

دو بار نقطه‌ای غیرهمنام $q_1=+1/0nC$ و $q_2=-1/0nC$ مطابق شکل زیر به فاصلهٔ $6/0cm$ از یکدیگر قرار دارند.

الف) جهت و اندازهٔ میدان را در نقطه‌های O و A به‌دست آورید.

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



q_1 در $x = -3.0\ cm$، O مبدأ $(x = 0)$، q_2 در $x = +3.0\ cm$ و A در $x = +6.0\ cm$ است.

الف) نقطهٔ O $(r_1 = r_2 = 3.0\times10^{-2}\ m)$: میدان‌ها هم‌جهت‌اند (دور از $+q_1$ و به سمت $-q_2$، هر دو $+x$):

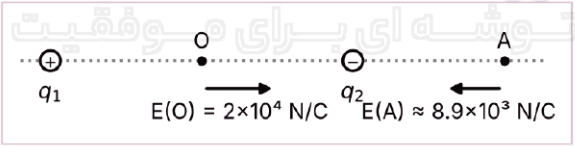
$E_O = 2kq/r^2 = 2(9\times10^9)(1.0\times10^{-9})/(3.0\times10^{-2})^2 = 2.0\times10^4\ N/C$، در جهت $+x$.

نقطهٔ A $(r_1 = 9.0\ cm، r_2 = 3.0\ cm)$: میدان q_1 به سمت $+x$ و میدان q_2 به سمت $-x$ (به سمت بار منفی):

$E_1 = (9\times10^9)(1.0\times10^{-9})/(9.0\times10^{-2})^2 = 1.1\times10^3\ N/C$، $E_2 = (9\times10^9)(1.0\times10^{-9})/(3.0\times10^{-2})^2 = 1.0\times10^4\ N/C$

$E_A = E_2 - E_1 = 8.9\times10^3\ N/C$، در جهت $-x$ (به سمت q_2).

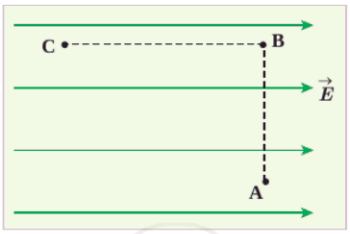
ب) بین دو بار، میدان هر دو هم‌جهت است و صفر نمی‌شود. بیرون از دو بار، میدان بار نزدیک‌تر (که اندازه‌ای برابر دارد) بزرگ‌تر است و باز هم صفر نمی‌شود. پس روی محور (در فاصلهٔ متناهی) نقطه‌ای با میدان خالص صفر وجود ندارد.



ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

۴۵ صفحه ۴۲ مسئله ۱۶

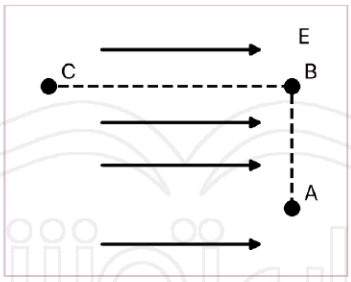
مطابق شکل زیر، بار $q=+50nC$ را در میدان الکتریکی یکنواخت $8/0\times10^5$ N/C نخست از نقطهٔ A تا نقطهٔ B و سپس تا نقطهٔ C جابه‌جا می‌کنیم. اگر $AB=0/20m$ و $BC=0/40m$ باشد، مطلوب است : الف) نیروی وارد بر بار q، ب) کاری که نیروی الکتریکی در این جابه‌جایی انجام می‌دهد، پ) تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار q در این جابه‌جایی.



الف) $F = qE = (50\times10^{-9}\ C)(8.0\times10^{5}\ N/C) = 4.0\times10^{-2}\ N$، هم‌جهت با میدان (رو به راست)، در همهٔ مسیر.

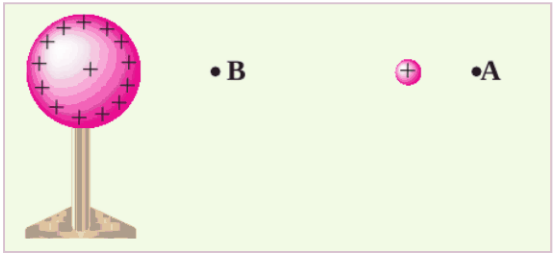
ب) مسیر AB بر میدان عمود است: $W_{AB} = F\,d\cos 90^\circ = 0$. در مسیر BC جابه‌جایی در خلاف جهت میدان (رو به چپ) است: $W_{BC} = F\,d\cos 180^\circ = -(4.0\times10^{-2}\ N)(0.40\ m) = -1.6\times10^{-2}\ J$. $W_E = W_{AB} + W_{BC} = -1.6\times10^{-2}\ J$

پ) $\Delta U_E = -W_E = +1.6\times10^{-2}\ J$؛ یعنی انرژی پتانسیل الکتریکی بار به اندازهٔ $1/6\times10^{-2}$ ژول افزایش می‌یابد.



۴۶ صفحه ۴۲ مسئله ۱۷

در شکل زیر ذرهٔ باردار مثبت و کوچکی را از حالت سکون، از نقطهٔ A که به سمت کرهٔ باردار که روی پایهٔ عایقی قرار دارد، نزدیک می‌کنیم و در نقطهٔ B قرار می‌دهیم. (الف) در این جابه‌جایی، کار نیروی الکتریکی مثبت است یا منفی؟ (ب) کاری که ما در این جابه‌جایی انجام می‌دهیم مثبت است یا منفی؟ (پ) انرژی پتانسیل ذرّهٔ باردار در این جابه‌جایی چگونه تغییر می‌کند؟ (ت) پتانسیل نقطه‌های A و B را با هم مقایسه کنید.



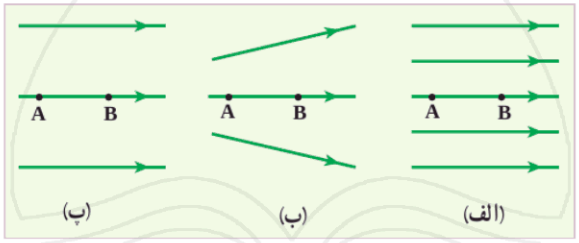
ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

کرهٔ مثبت، ذرهٔ مثبت را می‌راند. ذره از A (دورتر) به B (نزدیک‌تر به کره) می‌رود، یعنی در خلاف جهت نیروی الکتریکی.

- **الف)** جابه‌جایی در خلاف جهت نیروی الکتریکی است؛ پس کار نیروی الکتریکی **منفی** است ($W_E < 0$).
- **ب)** چون ذره در ابتدا و انتها ساکن است ($\Delta K = 0$): $W_{خارجی} = -W_E > 0$؛ کار ما **مثبت** است.
- **پ)** $\Delta U_E = -W_E > 0$؛ انرژی پتانسیل الکتریکی ذره **افزایش** می‌یابد.
- **ت)** $\Delta V = \Delta U_E / q > 0$ (چون q مثبت است)، پس $V_B > V_A$؛ پتانسیل نقطهٔ B که به کرهٔ مثبت نزدیک‌تر است بیشتر از پتانسیل A است.

۴۷ صفحه ۴۳ مسئله ۱۸

شکل زیر سه آرایش خطوط میدان الکتریکی را نشان می‌دهد. در هر آرایش، یک پروتون از حالت سکون در نقطهٔ A رها می‌شود و سپس توسط میدان الکتریکی تا نقطهٔ B شتاب می‌گیرد. نقطه‌های A و B در هر سه آرایش در فاصله‌های یکسانی از هم قرار دارند. در کدام شکل سرعت پروتون در نقطهٔ B بیشتر است؟ توضیح دهید.



طبق قضیهٔ کار ـ انرژی جنبشی: $W_E = q\Delta V = q\int E\,dx = \frac{1}{2} m v_B^2$؛ هرچه میدان در طول مسیر AB قوی‌تر باشد، کار بیشتر و تندی در B بیشتر است. شدت میدان با چگالی خطوط متناسب است.

- **(الف):** خطوط موازی و هم‌فاصله‌اند؛ میدان یکنواخت و (به‌دلیل نزدیک‌ترین فاصلهٔ خطوط) قوی‌ترین است.
- **(ب):** خطوط در جهت حرکت از هم دور می‌شوند؛ میدان از A به B ضعیف می‌شود و کار کمتر از حالت (الف) است.
- **(پ):** میدان یکنواخت ولی خطوط از هم دورترند؛ میدان ضعیف‌تر از (الف) است.

بنابراین تندی پروتون در B در شکل **(الف)** بیشتر است.

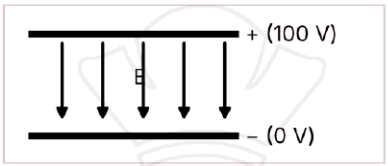
ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

۴۸ صفحه ۴۳ | مسئله ۱۹

دو صفحهٔ رسانا با فاصلهٔ ۲/۰۰cm را موازی یکدیگر قرار می‌دهیم و آنها را به اختلاف پتانسیل ۱۰۰V وصل می‌کنیم. درنتیجه، یکی از صفحه‌ها به‌طور منفی و دیگری به‌طور مثبت باردار می‌شود و میان دو صفحه میدان الکتریکی یکنواختی به‌وجود می‌آید. اندازهٔ این میدان الکتریکی را حساب کنید و با توجه به جهت خطوط میدان الکتریکی در فضای بین دو صفحه توضیح دهید که کدام‌یک از دو صفحه پتانسیل الکتریکی بیشتری دارند.

$$E = |\Delta V| / d = 100\ V / (2.00\times10^{-2}\ m) = 5.00\times10^{3}\ V/m = 5.00\times10^{3}\ N/C$$

خطوط میدان از صفحهٔ مثبت به صفحهٔ منفی می‌روند، و پتانسیل در جهت خطوط میدان کاهش می‌یابد؛ بنابراین صفحهٔ مثبت پتانسیل الکتریکی بیشتری دارد (اختلاف آن با صفحهٔ منفی ۱۰۰ ولت است).



۴۹ صفحه ۴۳ | مسئله ۲۰

بار الکتریکی $q=-40nC$ از نقطه‌ای با پتانسیل الکتریکی $V_1=-40V$ تا نقطه‌ای با پتانسیل $V_2=-10V$ آزادانه جابه‌جا می‌شود. الف) انرژی پتانسیل الکتریکی بار q چه اندازه و چگونه تغییر می‌کند؟ ب) با توجه به قانون پایستگی انرژی، در مورد چگونگی تبدیل انرژی بار q در این جابه‌جایی توضیح دهید.

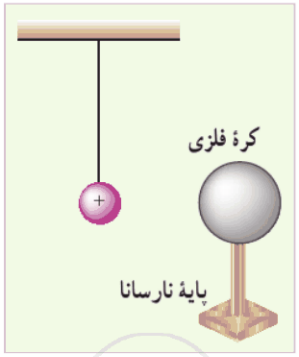
الف) $\Delta V = V_2 - V_1 = (-10) - (-40) = +30\ V$

$\Delta U_E = q\,\Delta V = (-40\times10^{-9}\ C)(30\ V) = -1.2\times10^{-6}\ J$ یعنی انرژی پتانسیل به اندازهٔ ۱٫۲ میکروژول **کاهش** می‌یابد.

ب) بار آزادانه حرکت می‌کند و تنها نیروی الکتریکی روی آن کار می‌کند، پس انرژی مکانیکی پایسته است: $\Delta K + \Delta U_E = 0$. کاهش انرژی پتانسیل ($1.2\times10^{-6}\ J$) به انرژی جنبشی تبدیل می‌شود: $\Delta K = +1.2\times10^{-6}\ J$؛ بار منفی خودبه‌خود به سمت پتانسیل بالاتر می‌رود و تندتر می‌شود.

۵۰ صفحه ۴۳ مسئله ۲۱

یک کرهٔ فلزی بدون بار الکتریکی را که روی پایهٔ نارسانایی قرار دارد، به آونگ الکتریکی باردار نزدیک می‌کنیم. با ذکر دلیل توضیح دهید که چه اتفاقی می‌افتد.



گوی آونگ مثبت است. وقتی کرهٔ فلزی خنثی به آن نزدیک می‌شود، الکترون‌های آزاد کره به سمت گوی مثبت کشیده می‌شوند (القای الکتریکی): نیمهٔ نزدیک کره منفی و نیمهٔ دور آن مثبت می‌شود. بار منفی نزدیک‌تر است؛ پس نیروی ربایشی بیشتر از نیروی رانشی است و گوی آونگ به سمت کرهٔ فلزی جذب (منحرف) می‌شود. اگر آنها به هم برسند، مقداری بار منتقل می‌شود و پس از تماس دو گوی هم‌نام می‌شوند و یکدیگر را می‌رانند.

۵۱ صفحه ۴۳ مسئله ۲۲

یک صفحهٔ پلاستیکی باردار (تلق یا ورق باردار) را به برادهای ریز آلومینیمی بدون بار نزدیک می‌کنیم. مشاهده می‌شود که برادها به طرف صفحهٔ پلاستیکی، جذب می‌شوند. علت این پدیده را توضیح دهید.

با نزدیک‌شدن صفحهٔ باردار، بارهای آزاد برادهٔ رسانا در آن جابه‌جا می‌شوند (القا): سمت نزدیک به صفحه، بار ناهم‌نام و سمت دور، بار هم‌نام می‌گیرد. چون بار ناهم‌نام نزدیک‌تر است، نیروی ربایشی بیشتر از نیروی رانشی می‌شود و برادها جذب می‌شوند (پس از تماس و دریافت بار هم‌نام، پس زده می‌شوند).

۵۲ صفحه ۴۳ مسئله ۲۳

وقتی ماهواره‌ای به دور زمین می‌چرخد، بر اثر عبور از فضای اطراف زمین باردار می‌شود. این بارها ممکن است موجب آسیب‌رساندن به قطعات الکترونیکی ماهواره شود. فرض کنید ماهواره‌ای در اثر عبور از یکی از لایه‌های جو دارای بار الکتریکی $q=2/0\times10^{-9}C$ شود. این ماهواره، مکعبی به ضلع ۴۰cm است. چگالی سطحی بار الکتریکی روی سطح این ماهواره را محاسبه کنید. (از تجمع بار روی لبه‌ها چشم‌پوشی شود.)

مکعب ۶ وجه مربعی به ضلع $a = 0.40\ m$ دارد: $A = 6a^2 = 6(0.40)^2 = 0.96\ m^2$

$\sigma = Q / A = 2.0\times10^{-9}\ C / 0.96\ m^2 \approx 2.1\times10^{-9}\ C/m^2$

۵۳ صفحه ۴۳ مسئله ۲۴

اگر ساختمان یک خازن را تغییر ندهیم، در هریک از شرایط زیر ظرفیت خازن چگونه تغییر می‌کند؟

الف) بار آن دو برابر شود.

ب) اختلاف پتانسیل میان صفحه‌های آن سه برابر شود.

ظرفیت خازن به ویژگی‌های هندسی (A و d) و جنس دی‌الکتریک بستگی دارد ($C = \kappa \varepsilon_0 A / d$) و با تغییر بار یا اختلاف پتانسیل تغییر نمی‌کند.

- **الف)** اگر Q دو برابر شود، V هم دو برابر می‌شود و $C = Q/V$ تغییر نمی‌کند.
- **ب)** اگر V سه برابر شود، Q هم سه برابر می‌شود و $C = Q/V$ تغییر نمی‌کند.

۵۴ صفحه ۴۳ مسئله ۲۵

اختلاف پتانسیل بین دو صفحهٔ یک خازن را از ۲۸ ولت به ۴۰ ولت افزایش می‌دهیم. اگر با این کار ۱۵ میکروکولن بر بار ذخیره شده در خازن افزوده شود، ظرفیت خازن را حساب کنید.

$Q = C\,V$ و $\Delta Q = C\,\Delta V$:

$C = \Delta Q / \Delta V = 15\times10^{-6}\ C / (40 - 28)\ V = 15\times10^{-6} / 12 = 1.25\times10^{-6}\ F = 1.25\ \mu F$

۵۵ صفحه ۴۴ مسئله ۲۶

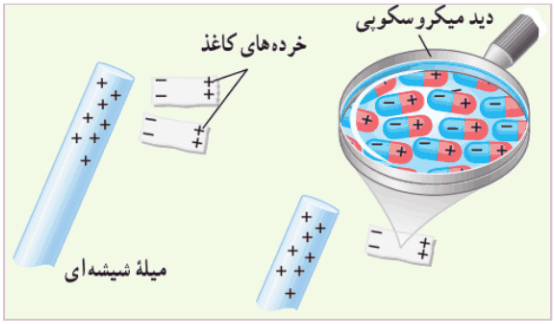
بادکنک باردار شکل زیر را به آب نزدیک کرده‌ایم. توضیح دهید چرا آب به‌جای اینکه به‌طور قائم فرو ریزد، خمیده می‌شود؟

مولکول آب قطبی است (یک سر مثبت و یک سر منفی). میدان بادکنک باردار مولکول‌های آب را می‌چرخاند و در راستای میدان هم‌ردیف می‌کند، به‌طوری که سرِ ناهم‌نام با بار بادکنک به آن نزدیک‌تر است. نیروی ربایشی بر سر نزدیک‌تر بیشتر از نیروی رانشی بر سر دورتر است؛ بنابراین نیروی خالص مولکول‌ها را به سمت بادکنک می‌کشد و جریان آب به طرف بادکنک خمیده می‌شود.

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

۵۶ صفحه ۴۴ مسئله ۲۷

با توجه به شکل زیر توضیح دهید چرا یک میلهٔ باردار، خرده‌های کاغذ را می‌رباید؟



کاغذ نارساناست (دی‌الکتریک) و مولکول‌های آن در میدان میلهٔ باردار قطبیده می‌شوند (جابه‌جایی کوچک بارها یا هم‌ردیف‌شدن مولکول‌های قطبی). در نتیجه روی سطح نزدیک به میله، بار ناهم‌نام با میله و روی سطح دور، بار هم‌نام ایجاد می‌شود. چون بار ناهم‌نام نزدیک‌تر است، نیروی ربایش بر نیروی رانش غلبه می‌کند و خرده‌های سبک کاغذ جذب میله می‌شوند.

۵۷ صفحه ۴۴ مسئله ۲۸

ظرفیت یک خازن تخت با فاصلهٔ صفحات ۱/۰mm که بین صفحه‌های آن هوا قرار دارد، برابر ۱/۰F است. مساحت صفحه‌های این خازن چقدر است؟ از این مسئله چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

$C = \kappa\,\varepsilon_0 A / d \Rightarrow A = C\,d / (\kappa\,\varepsilon_0)$ (برای هوا $\kappa \approx 1$، $\varepsilon_0 = 8.85\times10^{-12}\ F/m$):

$A = (1.0\ F)(1.0\times10^{-3}\ m) / (8.85\times10^{-12}\ F/m) \approx 1.1\times10^{8}\ m^2$ (حدود ۱۱۳ کیلومتر مربع؛ مربعی به ضلع حدود ۱۰٫۶ km)

نتیجه: فاراد یکای بسیار بزرگی است. برای داشتن ظرفیت ۱ فاراد با خازن تختی با هوا، مساحت صفحه‌ها باید در حد ده‌ها کیلومتر مربع باشد؛ به همین علت خازن‌های عملی ظرفیتی در حد پیکو تا میکروفاراد دارند و برای ظرفیت‌های بیشتر از دی‌الکتریک با κ بزرگ و فاصلهٔ بسیار کم استفاده می‌شود.

ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت

۵۸ صفحه ۴۴ مسئله ۲۹

یک خازن تخت به یک باتری بسته شده است تا باردار شود. پس از مدتی، درحالی‌که باتری همچنان به خازن متصل است، فاصلهٔ بین صفحه‌های خازن را دو برابر می‌کنیم. کدام‌یک از موارد زیر درست است؟

الف) میدان الکتریکی میان صفحه‌ها نصف می‌شود.

ب) اختلاف پتانسیل میان صفحه‌ها نصف می‌شود.

پ) ظرفیت خازن دو برابر می‌شود.

ت) بار روی صفحه‌ها تغییر نمی‌کند.

باتری متصل است؛ پس V ثابت و برابر ولتاژ باتری می‌ماند.

- **الف) درست است:** $E = V / d$؛ V ثابت و d دو برابر ⇒ E نصف می‌شود.
- **ب) نادرست است:** اختلاف پتانسیل برابر ولتاژ باتری و ثابت است.
- **پ) نادرست است:** $C = \kappa \varepsilon_0 A / d$ با دو برابر شدن d نصف می‌شود.
- **ت) نادرست است:** $Q = C V$؛ C نصف و V ثابت ⇒ Q نصف می‌شود (بار از صفحه‌ها به باتری برمی‌گردد).

فقط مورد **(الف)** درست است.

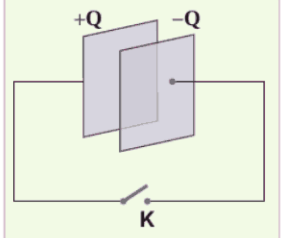
۵۹ صفحه ۴۴ مسئله ۳۰

مساحت هریک از صفحه‌های خازن تختی، $1/00 m^2$ و فاصلهٔ دو صفحه از هم، $0/500 mm$ است. عایقی با ثابت دی‌الکتریک ۴/۹ بین دو صفحه قرار داده شده است. ظرفیت خازن را تعیین کنید.

$$C = \kappa \varepsilon_0 A / d = (4.9)(8.85\times10^{-12}\ F/m)(1.00\ m^2) / (0.500\times10^{-3}\ m) \approx 8.7\times10^{-8}\ F \approx 87\ nF$$

۶۰ صفحه ۴۴ مسئله ۳۱

دو صفحهٔ خازن تخت باردار را همانند شکل با بستن کلید به هم وصل می‌کنیم، در نتیجه جرقه‌ای زده می‌شود. حال اگر دوباره صفحات را به همان اندازه بار دار کنیم ولی فاصلهٔ آنها را دو برابر کنیم و سپس دو صفحه را به هم وصل کنیم، آیا جرقهٔ حاصل بزرگ‌تر از قبل می‌شود، یا کوچک‌تر و یا تغییری نمی‌کند؟ توضیح دهید.



ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

انرژی جرقه همان انرژی ذخیره‌شدهٔ خازن است: $U = Q^2 / (2C)$. بار Q ثابت است، اما با دو برابر شدن d ظرفیت $C = \kappa \varepsilon_0 A / d$ نصف می‌شود؛ پس:

$$U' = Q^2 / (2 \times C/2) = 2 \cdot Q^2 / (2C) = 2U$$

انرژی ذخیره‌شده دو برابر می‌شود (کاری که برای دور کردن صفحه‌ها در برابر ربایش آنها انجام شده، به انرژی خازن افزوده شده است)؛ بنابراین جرقهٔ حاصل **بزرگ‌تر** از قبل می‌شود.

۶۱ صفحه ۴۴ مسئله ۳۲

ظرفیت خازنی ۱۲ میکروفاراد و بار الکتریکی آن q است. اگر ۳/۰mC+ بار الکتریکی از صفحهٔ منفی به صفحهٔ مثبت منتقل شود، انرژی ذخیره‌شده در خازن به اندازهٔ ۰/۸ J زیاد می‌شود. q را محاسبه کنید.

$C = 12\times10^{-6}\ \text{F}$، $\Delta Q = 3.0\times10^{-3}\ \text{C}$، $\Delta U = 0.80\ \text{J}$. با انتقال بار، بار خازن از q به $q + \Delta Q$ می‌رسد:

$$\Delta U = (q + \Delta Q)^2 / 2C - q^2 / 2C = (2q\Delta Q + \Delta Q^2) / 2C$$

$$2q\Delta Q = 2C\Delta U - \Delta Q^2 = 2(12\times10^{-6})(0.80) - (3.0\times10^{-3})^2 = 1.92\times10^{-5} - 0.90\times10^{-5} = 1.02\times10^{-5}$$

$$q = 1.02\times10^{-5} / (2 \times 3.0\times10^{-3}) = 1.7\times10^{-3}\ \text{C} = 1.7\ \text{mC}$$

این فایل توسط سایت ایران‌توشه تهیه شده است.

irantooshe.ir