بسمه تعالی

جزوه کمک آموزشی

فیزیک ۲

مناسب دانش آموزان یازدهم رشته ریاضی و تجربی

فصل اول – الکتریسیته ساکن

محتوای جزوه:

ارائه و آموزش مطالب کتاب به زبان ساده و پاسخگویی تمامی مسائل و سوالات درسی

تهیه شده توسط :

امین گرمرودی – دبیر فیزیک (کارشناس ارشد فیزیک ذرات بنیادی)

(نسخه ۱)

دانلود از اپلیکیشن پادرس

الکتریسیته: واژه ای یونانی است و از کلمه الکترون گرفته شده است که به معنای کهربا می باشد.

الکتریسیته ساکن: مباحثی از قبیل مطالعه بارهای ساکن ، چگونگی ایجاد بار الکتریکی در یک جسم ، نیروی بین دو بار الکتریکی ، میدان الکتریکی ، انرژی پتانسیل الکتریکی و اختلاف پتانسیل الکتریکی ، توزیع بار در اجسام رسانا و کاربردهای خازن در حیطه الکتریسیته ساکن بررسی می شود.

بار الکتریکی : دو نوع بار الکتریکی در طبیعت وجود دارد ، بار الکتریکی مثبت و بار الکتریکی منفی .

توجه! هنگامی که دو جسم را به هم مالش دهیم یکی از آن ها بار منفی و دیگری بار مثبت به خود می گیرد.

ساختار اتم: اتم دارای یک هسته در مرکز بوده و الکترون ها در اطراف هسته می چرخند، داخل هسته ذرات پروتون و نوترون وجود دارد. بار الکترون منفی و بار پروتون مثبت است اما نوترون از لحاظ الکتریکی خنثی می باشد.

نکته: وقتی میله ای شیشه ای را با پارچه ابریشمی مالش دهیم ، میله شیشه ای بار مثبت به خود می گیرد.

وقتی میله پلاستیکی را با پارچه پشمی مالش دهیم ، میله پلاستیکی بار منفی به خود می گیرد.

الکتروسکوپ : وسیله ای است که به کمک آن می توانیم مقدار و نوع بار الکتریکی اجسام را اندازه بگیریم.

الف) تصویری از یک الکتروسکوپ درجه‌بندی‌شدهٔ بدون بار

ب) جسمی باردار را به کلاهک الکتروسکوپ بدون بار نزدیک کرده یا تماس داده‌ایم.

توجه! اگر یک جسم را نزدیک کلاهک الکتروسکوپ بدون بار بگیریم ، ورقه های الکتروسکوپ از هم باز می شوند.

دانلود از اپلیکیشن پادرس

تعیین نوع بار یک جسم به کمک الکتروسکوپ: اگر به یک الکتروسکوپ بار مشخصی بدهیم ورقه هایش باز می شود. حال اگر جسم بارداری را به الکتروسکوپ نزدیک کنیم اگر ورقه ها بیشتر باز شوند آنگاه بار الکتروسکوپ با بار جسم همسان است و اگر ورقه ها به هم نزدیک شوند بار الکتروسکوپ با بار جسم مخالف است.

به عنوان مثال : اگر به الکتروسکوپ بار مثبت بدهیم ورقه ها باز می شوند حال اگر جسمی را نزدیک الکتروسکوپ بگیریم و ورقه ها به هم نزدیک شوند بار آن جسم مخالف بار الکتروسکوپ است.(یعنی منفی است)

یکای بار الکتریکی : یکای بار الکتریکی در SI (سیستم بین المللی) کولن است و با نماد C نشان می دهند.

توجه ! یکای کولن یکای بسیار بزرگی است برای همین در بیشتر مواقع از یکاهای کوچکتر میکرو کولن (μC) و نانو کولن(nC) استفاده می شود..

نکته: بارهای ناهمنام یکدیگر را جذب می کنند و بارهای همنام یکدیگر را دفع می کنند.. یعنی دو بار منفی یکدیگر را دفع می کنند ، دو بار مثبت یکدیگر را دفع می کنند اما یک بار منفی بار مثبت را جذب می کند.

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؟

پاسخ پرسش ۱-۱ : زیرا در اثر این کار روکش پلاستیکی بار منفی به خود می گیرد و ظرف مقداری بار مثبت و می دانیم بارهای مثبت و منفی یکدیگر را جذب می کنند..

چگونه یک جسم باردار می شود: در حالت عادی تعداد بارهای مثبت و منفی در اجسام یکسان است ، اما اگر جسم الکترون از دست بدهد یا الکترون دریافت کند آنگاه جسم باردار خواهد بود.

نکته : هنگام باردار شدن اجسام فقط الکترون ها جابجا می شوند و پروتون ها در هسته ثابت می مانند و جابجا شدن پروتون ها (بارهای مثبت) ممکن نیست.

توجه! اندازه بار الکترون و پروتون یکسان است (البته یکی منفی و یکی مثبت) و مقدار آن برابر است با :

$$e = ۱/۶۰۲۱۷۶۵۳ \times ۱۰^{-۱۹} C \approx ۱/۶۰ \times ۱۰^{-۱۹} C$$

این مقدار را بار بنیادی e می گویند.

دانلود از اپلیکیشن پادرس

سری تریبوالکتریک: اگر دو جسم به یکدیگر مالش داده شوند جسمی که الکترون بگیرد بار منفی و جسمی که الکترون از دست بدهد دارای بار مثبت می شود. اما از کجا بدانیم که کدام جسم الکترون می گیرد و کدام الکترون از دست می دهد؟ به دست آوردن یا از دست دادن الکترون توسط دو جسم هنگام مالش با جدولی موسوم به سری تریبوالکتریک مشخص می شود:

جدول ۱-۱ سری الکتریسیته مالشی (تریبوالکتریک)[۱]

انتهای مثبت سری	انتهای منفی سری
موی انسان	تفلون
شیشه	لاستیک
نایلون	پلاستیک، پلی اتیلن
پشم	برنج، نقره
موی گربه	کهربا
سرب	پارچهٔ کتان
ابریشم	چوب
آلومینیم	کاغذ
پوست انسان	

در این جدول هرچه به انتهای منفی سری نزدیک شویم الکترون خواهی بیشتر می شود. به طور مثال اگر پشم با آلومینیوم مالش داده شود ، پشم بار مثبت و آلومینیوم بار منفی به خود می گیرد. یا اگر کاغذ با ابریشم مالش داده شود کاغذ منفی و ابریشم مثبت می شود.

دو اصل بار الکتریکی :

اصل ۱ : پایستگی بار: در یک سامانه منزوی (سامانه ای که با محیط بیرون از خودش ارتباط ندارد) جمع جبری بارهای الکتریکی ثابت می ماند ، یعنی اگر جسمی مقداری الکترون از دست بدهد جسم دیگری در آن سامانه همانقدر الکترون به دست می آورند.

اصل ۲ : کوانتیده بودن بار : به این معناست که اجسام هر مقدار بار (هر عددی) را نمی توانند داشته باشند و همواره مقدار بار الکتریکی ایجاد در اجسام مضرب صحیحی از بار بنیادی خواهد بود یعنی:

$$q = \pm ne \ , \ n = ۰,۱,۲,...$$

q : بار الکتریکی ایجاد شده -- n : تعداد الکترون دریافتی یا از دست داده (اگر الکترون بگیرد منفی و اگر الکترون از دست بدهد مثبت)

قانون کولن : نیرویی که بین دوبار الکتریکی ثابت ایجاد می شود را نیروی الکتروستاتیکی می نامند اندازه این نیرو توسط قانون کولن به صورت زیر بیان می شود:

اندازه نیروی الکتریکی (الکتروستاتیکی) بین دو بار نقطه ای که در راستای خط واصل آن ها اثر می کند ، با حاصل ضرب بزرگی (اندازه) آن ها متناسب است و با مربع فاصله بین آن ها نسبت وارون دارد ، بنابراین ، اندازه این نیرو برابر است با :

دانلود از اپلیکیشن پادرس

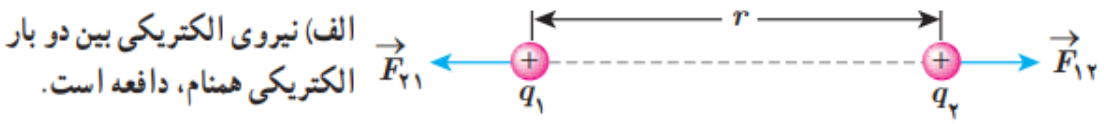
$$F = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

در این رابطه q_1 و q_2 بارهای الکتریکی دو بار نقطه ای است و بر حسب کولن (C) می باشند ، r فاصله دو بار از همدیگر بوده و بر حسب متر (m) بوده و F بزرگی نیروی الکتریکی وارد بر هر بار بر حسب نیوتون (N) است.

در این رابطه k ثابت الکترواستاتیکی (ثابت کولن) می باشد، عددی ثابت بوده که مقدار آن به صورت زیر است :

$$k = ۸/۹۸۷۵۵۱۷۹ \times ۱۰^۹ \text{N.m}^۲/\text{C}^۲ \approx ۹/۰ \times ۱۰^۹ \text{N.m}^۲/\text{C}^۲$$

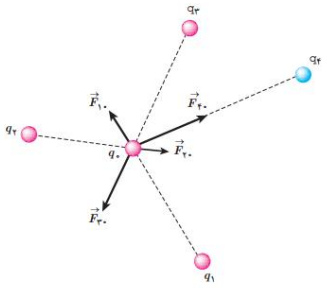
به شکل زیر توجه کنید :



دو بار همنام هستند که به هم نیروی دافعه وارد می کنند ، نیرویی که بار q_1 به بار q_2 وارد می کند را با نماد $\vec{F}_{۱۲}$ و ، نیرویی که بار q_2 به بار q_1 وارد می کند را با نماد $\vec{F}_{۲۱}$ نمایش می دهیم.

نکته : مقادیر $\vec{F}_{۱۲}$ و $\vec{F}_{۲۱}$ از نظر جهت همواره مخالف هم هستند اما از نظر اندازه یکسان می باشند ، به عبارتی مقداری که بار q_1 به بار q_2 نیرو وارد می کند ، به همان اندازه هم بار q_2 به بار q_1 نیرو وارد می کند و فرقی ندارد که یک بار بزرگتر باشد یا کوچکتر.

برایند نیروهای الکتریکی : اگر بیش از یک بار اطراف یک ذره باردار q قرار بگیرد نیروی خالص وارد بر آن بار برابر با جمع برداری (برایند) تمام نیروهایی است که از طرف بارهای اطراف به آن بار q وارد می شود.



نیروی برایند وارد بر بار q_0 در اینجا برابر است با

$$\vec{F}_{T0} = \vec{F}_{10} + \vec{F}_{20} + \vec{F}_{30} + \vec{F}_{40}$$

میدان الکتریکی : خاصیتی از فضا است که توسط بارهای الکتریکی ایجاد می شود و اگر بار دیگری در آن فضا قرار گیرد به آن نیرو وارد می شود.

دانلود از اپلیکیشن پادرس

توجه! پس به دلیل ایجاد میدان الکتریکی است که بارهای الکتریکی به یکدیگر نیرو وارد می کنند.

توجه! میدان الکتریکی کمیتی برداری بوده و آن را با نماد $\vec{E}$ نشان می دهند و یکای آن "نیوتون بر کولن" N/C است.

تعیین جهت میدان الکتریکی: بار مثبت کوچک موسوم به بار آزمون (q_0) را در نقطه مورد نظر قرار می دهیم جهت نیروی وارد بر بار آزمون جهت میدان الکتریکی را در آن نقطه نشان می دهد.

فرمول میدان الکتریکی: برابر است با

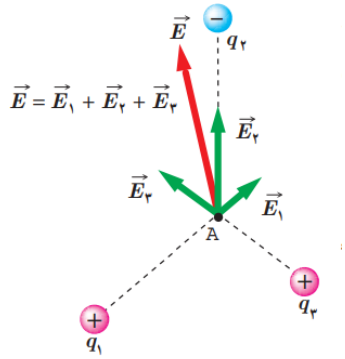
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$$

میدان الکتریکی ناشی از یک بار ذره ای: میدان الکتریکی که در اطراف یک بار نقطه ای کوچک ایجاد می شود از رابطه زیر بدست می آید :

$$\vec{E} = k\frac{|q|}{r^2}$$

که در آن q اندازه بار الکتریکی نقطه ای است.

برایند میدان های الکتریکی : اگر بخواهیم میدان الکتریکی ناشی از چندین ذره باردار را در یک نقطه بدست آوریم، باید مقدار میدان الکتریکی ناشی از تمام بارها را بدست آورده و به صورت برداری با هم جمع کنیم:

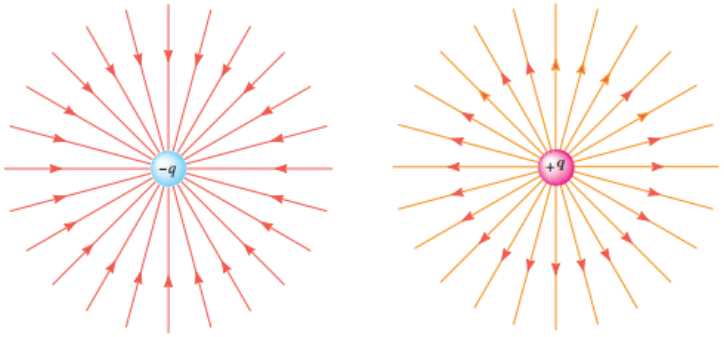


میدان الکتریکی $\vec{E}$ در نقطهٔ A، جمع برداری میدان‌های $\vec{E}_1$، $\vec{E}_2$ و $\vec{E}_3$ در این نقطه است.

دانلود از اپلیکیشن پادرس

خطوط میدان الکتریکی : برای مجسم کردن میدان الکتریکی در فضای اطراف اجسام باردار از خط های جهت داری موسوم به خطوط میدان الکتریکی استفاده می کنیم.

خطوط میدان الکتریکی در اطراف بار نقطه ای به شکل زیر است :

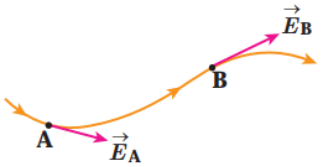


الف) خطوط میدان الکتریکی در جهتِ دور شدن از ذرهٔ باردار $+q$ است.

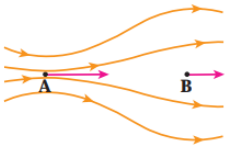
ب) خطوط میدان الکتریکی به سمت ذرهٔ باردار $-q$ است.

قواعد رسم خطوط میدان الکتریکی :

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



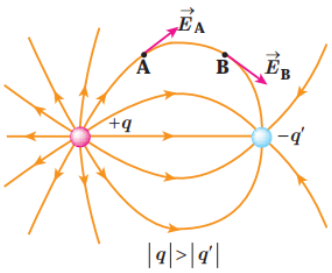
- میزان تراکم خطوط میدان در هر ناحیه از فضا نشان دهنده اندازه میدان در آن ناحیه است؛ هرجا خطوط میدان متراکم تر باشد، اندازه میدان بیشتر است.



اطراف نقطهٔ A خطوط میدان متراکم‌تر از اطراف نقطهٔ B است. بنابراین، بزرگی میدان در نقطهٔ A بیشتر از نقطهٔ B است.

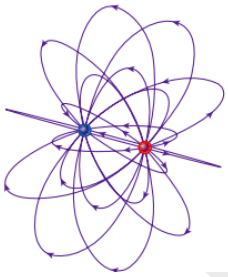
- در آرایشی از بارها خطوط میدان الکتریکی از بارهای مثبت شروع و به بارهای منفی ختم میشوند.

دانلود از اپلیکیشن پادرس

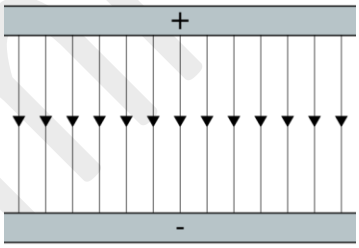


- خطوط میدان برایند هرگز یکدیگر را قطع نمی کنند ، یعنی یعنی از هر نقطه فضا فقط یک خط میدان الکتریکی میگذرد.

نکته: تجسم واقعی خطوط میدان، در فضاست، و بنابراین طرحی سه بعدی دارد:



میدان الکتریکی یکنواخت : به میدان الکتریکی که در آن بردار میدان در تمام نقاط بین دو صفحه هم اندازه و هم جهت باشد میدان الکتریکی یکنواخت می گویند.



نیروی الکتریکی وارد بر بار الکتریکی در یک میدان الکتریکی: اگر یک ذره باردار q داخل میدان الکتریکی $\vec{E}$ قرار گیرد نیرویی به آن وارد می شود که از رابطه زیر بدست می آید :

$$\vec{F} = q\vec{E}$$

نکته: نیروی وارد بر بار مثبت (+q) هم جهت با خطوط میدان الکتریکی می باشد ، و نیروی وارد بر بار منفی (-q) خلاف جهت خطوط میدان الکتریکی است.

انرژی پتانسیل الکتریکی : اگر جسم بارداری داخل یک میدان الکتریکی قرار گیرد انرژی ای در آن ذخیره می گردد که به آن انرژی پتانسیل الکتریکی می گویند.

دانلود از اپلیکیشن پادرس

تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی : اگر بار الکتریکی q در داخل میدان $\vec{E}$ به اندازه d جابجا شود ، انرژی پتانسیل الکتریکی اش تغییر می کند که مقدار آن از رابطه زیر بدست می آید :

$$\Delta U_E = -W_E = -|q|\ E\ d\cos\theta$$

که در آن θ زاویه بین نیروی وارد شده از طرف میدان الکتریکی و d جابجایی است .

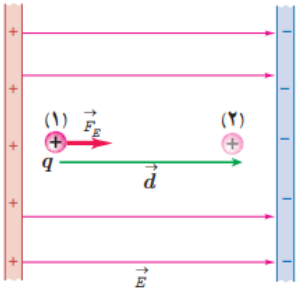
توجه! یکای تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی J ژول است.

پتانسیل الکتریکی : نسبت انرژی پتانسیل الکتریکی U_E به بار الکتریکی ذره مورد نظر q را پتانسیل الکتریکی آن بار می گویند و از رابطه زیر بدست می آید:

$$V = \frac{U_E}{q}$$

اختلاف پتانسیل الکتریکی : اگر بار الکتریکی در میدان الکتریکی حرکت کند آنگاه ، نسبت تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی ΔU_E به بار ذره q را اختلافت پتانسیل الکتریکی آن ذره می گویند که از رابطه زیر بدست می آید:

$$\Delta V = V_۲ - V_۱ = \frac{\Delta U_E}{q} \quad \rightarrow \quad \Delta V = -Ed\cos\theta$$



توجه! نسبت اختلاف پتانسیل الکتریکی مستقل از اندازه و نوع بار q است.

توجه! پتانسیل الکتریکی و اختلاف پتانسیل الکتریکی کمیت هایی نرده ای هستند و یکای آن ها "ژول بر کولن" $\left(J/C\right)$ می باشد که به اختصار آن را "ولت" (V) می نامند.

نکته : اختلاف پتانسیل دو سر باتری برابر با پتانسیل پایانه مثبت منهای پتانسیل پایانه منفی است:

$$\Delta V_{\text{باتری}} = V_+ - V_-$$

دانلود از اپلیکیشن پادرس

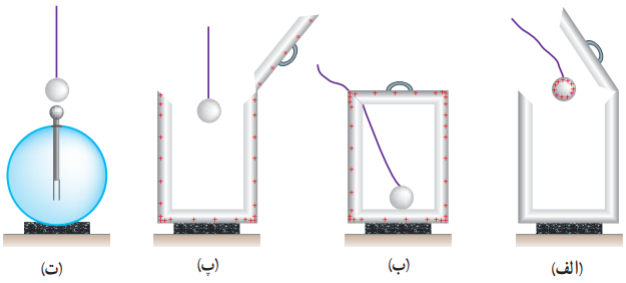
مثلا وقتی می گوییم اختلاف پتانسیل یک باتری ۱۲ ولت است یعنی پتانسیل پایانه مثبت آن ۱۲ ولت بیشتر از پتانسیل پایانه منفی آن است.

نقطه زمین: معمولا در محاسبات مهندسی پتانسیل قسمتی از مدار یا پتانسیل سطح زمین را صفر در نظر می گیرند و به آن نقطه اصلاحا نقطه زمین میگویند و پتانسیل نقطه های دیگر را نسبت به آن می سنجند. نماد پتانسیل زمین را در مدارهای الکتریکی به صورت ⏚ نمایش می دهند.

رابطه اختلاف پتانسیل دو نقطه و اندازه میدان الکتریکی یکنواخت: اندازه اختلاف پتانسیل الکتریکی در یک جابجایی داخل میدان الکتریکی یکنواخت از طریق رابطه $|\Delta V| = Ed$ بدست می آید.

توزیع بار الکتریکی در اجسام رسانا:

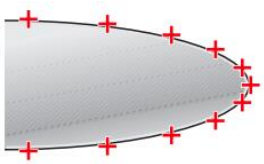
آزمایش فاراده: ظرف رسانایی با درپوش فلزی که روی پایه عایق قرار دارد را در نظر بگیرید. در ابتدا ظرف بدون بار است ، گلوله بارداری را به وسیله نخ عایق درونش می اندازیم ، سپس درب ظرف را می بندیم و دوباره باز کرده و گوی را خارج می کنیم، هنگامی که گوی را به الکتروسکوپ نزدیک می کنیم ورقه های الکتروسکوپ از هم باز نمی شوند. در این آزمایش مشاهده کردیم هنگامی که درب ظرف را ببندیم بار گلوله صفر می شود پس نتیجه می گیریم داخل ظرف بدون بار می شود.



نتیجه آزمایش فاراده: بار اضافی داده شده به یک رسانا روی سطح خارجی آن توزیع میشود.

نکته: بار الکتریکی همواره در سطح خارجی رسانا توزیع می شود و به گونه ای توزیع و پخش می شود که میدان الکتریکی داخل رسانا صفر گردد.

نکته: تراکم بار روی اجسام رسانا در نقاط تیز بیشتر می شود (شکل زیر)

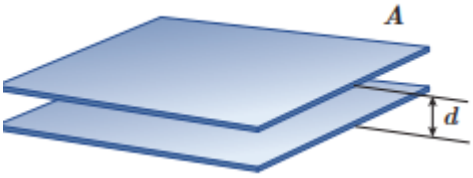


تراکم بار در نقاط تیزتر سطح یک جسم رسانای باردار بیشتر است.

دانلود از اپلیکیشن پادرس

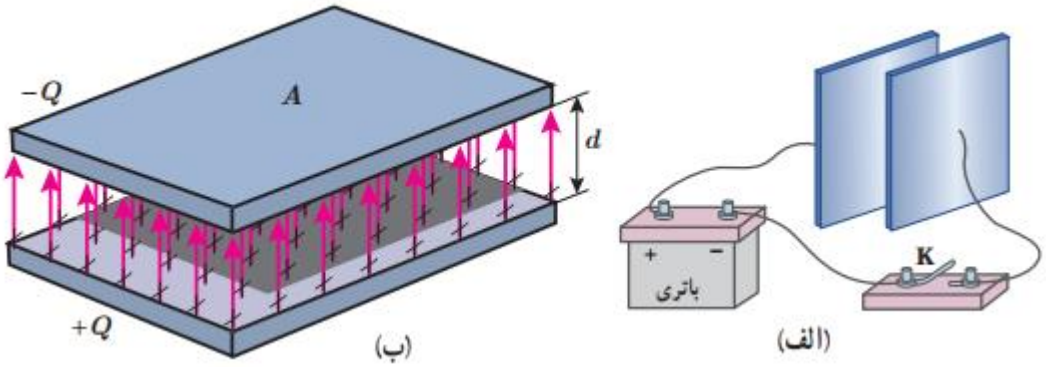
خازن: خازن وسیلهای الکتریکی است که می توانند بار و انرژی الکتریکی را در خود ذخیره کند. از انواع خازن می توان به خازن های ثابت ، متغیر ، سرامیکی ، ورقه ای ، کاغذی ، پلاستیکی ، تخت ، استوانه ای و .... نام برد.

خازن تخت: این نوع خازن شامل دو صفحه رسانای موازی با مساحت A است که به فاصله d از هم قرار گرفته اند.



توجه! برای نشان دادن خازن در مدار از نماد استفاده می کنیم.

باردار (شارژ) کردن خازن: اگر دو صفحه خازن را به دو سر باتری وصل کنیم صفحات خازن دارای بارهای مخالف هم می شوند . به صورت شکل زیر :



ظرفیت خازن: هر خازن متناسب با اختلاف پتانسیلی که به آن وصل می شود بار الکتریکی در خود ذخیره می کند ، نسب بار الکتریکی ذخیره شده به اختلاف پتانسیل دو صفحه خازن را ظرفیت خازن می گویند و از رابطه زیر بدست می آید:

$$C = \frac{Q}{V}$$

توجه! ظرفیت خازن را با نماد C نشان می دهند ، با توجه به این اینکه یکای بار کولن و یکای اختلاف پتانسیل ولت است ، یکای ظرفیت خازن C/V (کولن بر ولت) می شود که به اختصار آن را F فاراد می نامیم.

نکته: فاراد F یکای بسیار بزرگی است بنابراین اکثرا از یکاهای کوچکتر میکروفاراد $10^{-6}F$، پیکوفاراد $10^{-12}F$ و .... استفاده می شود.

دانلود از اپلیکیشن پادرس

نکته: ظرفیت خازن فقط به ساختمان خازن و جنس صفحه های آن بستگی دارد .

ظرفیت خازن با توجه به ساختار آن : اگر خازنی با صفحه هایی به مساحت A داشته باشیم که به فاصله d از هم قرار داشته باشند ، ظرفیت خازن از رابطه زیر بدست می آید:

$$C_{\circ}=\varepsilon_{\circ}\frac{A}{d}$$

در این رابطه $\varepsilon_{\circ}$ ضریب گذردهی خلا بوده و مقدار آن برابر است با :

$\varepsilon_{\circ}=۸/۸۵\times۱۰^{-۱۲}\ F/m$

نکته: اگر میان صفحات خازن را با ماده عایقی (که به آن دی الکتریک می گویند) پر کنیم آنگاه ظرفیت خازن به صورت رابطه زیر افزایش می یابد.

$$C=\kappa C_{\circ}$$

κ : ثابت دی الکتریک ماده ای است که میان خازن قرار می گیرد.

در جدول زیر ثابت دی الکتریک برخی از مواد ذکر شده است :

ماده دی الکتریک	ثابت دی الکتریک
هوای ۱atm	۱/۰۰۰۶
تفلون	۲/۱
پارافین	۲/۲
پلی استیرن	۲/۶
میلار	۳/۱
بی وی سی	۳/۴
کاغذ	۳/۵
کوارتز	۴/۳
شیشهٔ پیرکس	۵
میکا	۷
آب خالص	۸۰
تیتانید استرانسیوم	۳۱۰

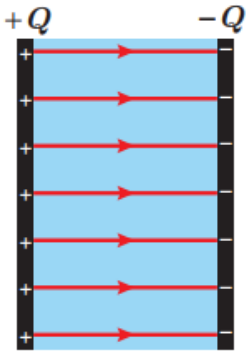
فروریزش الکتریکی: اگر اختلاف پتانسیل دو صفحه یک خازن را به اندازه کافی زیاد کنیم تعدادی از الکترون های اتم های ماده دی الکتریک ، توسط میدان الکتریکی ایجاد شده بین دو صفحه، کنده میشوند و مسیرهایی رسانا درون دی الکتریک ایجاد میشود که سبب تخلیه خازن میگردد. به این پدیده فروریزش الکتریکی ماده دی الکتریک می گویند.

دانلود از اپلیکیشن پادرس

انرژی خازن: انرژی ذخیره شده در خازن از رابطه زیر بدست می آید :

$$U_{\text{خازن}} = \frac{۱}{۲}QV = \frac{۱}{۲}CV^{۲} = \frac{۱}{۲}\frac{Q^{۲}}{C}$$

Q : بار ذخیره شده در خازن ، C: ظرفیت خازن ، V : اختلاف پتانسیل خازن



انرژی در میدان الکتریکی بین صفحات خازن ذخیره می‌شود.

دانلود از اپلیکیشن پادرس

بخش دوم

بررسی و پاسخ تمرینات و مسائل کتاب

Garmroudi.ir

دانلود از اپلیکیشن پادرس

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؟

پاسخ پرسش ۱-۱ : زیرا هنگامی که پلاستیک به ظرف مالش داده می شود الکترون ها جابجا شده و در اثر باردار شدن روکش و ظرف به هم می چسبند.

مثال ۱ـ۱

وقتی روی فرش راه می‌روید و بدنتان بار الکتریکی پیدا می‌کند، هنگام دست دادن با دوستتان، ممکن است با انتقال باری در حدود ۱nC به او شوک خفیفی وارد کنید. در این انتقال بار، چند الکترون بین شما و دوستتان منتقل شده است؟

پاسخ : از رابطه ۱ـ۱ داریم :

$$q=ne$$

$$n=\frac{q}{e}=\frac{۱\times۱۰^{-۹}C}{۱/۶۰\times۱۰^{-۱۹}C}=۶\times۱۰^{۹}\text{ الکترون}$$

تمرین ۱ـ۱

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

پاسخ تمرین ۱-۱ :

به تعداد ۹۲ عدد پروتون در داخل هسته اتم وجود دارد :

$$q_{\text{پروتون}} = +ne = ۹۲ \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}C = ۱/۴۷ \times ۱۰^{-۱۷}C$$

به تعداد ۹۲ عدد الکترون نیز در اطراف هسته در حرکت است :

$$q_{\text{الکترون}} = -ne = -۹۲ \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}C = -۱/۴۷ \times ۱۰^{-۱۷}C$$

مجموع بار کل اتم اورانیم:

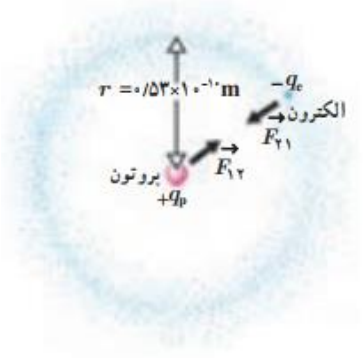
$$q_{\text{الکترون}} = q_{\text{پروتون}} + q_{\text{الکترون}} = ۱/۴۷ \times ۱۰^{-۱۷}C + (-۱/۴۷ \times ۱۰^{-۱۷}C) = ۰$$

دانلود از اپلیکیشن پادرس

فعالیت ۱ــ۱ (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.

مثال ۱ــ۲



الف) در مدل بور برای اتم هیدروژن، فاصله الکترون از پروتون هسته در حالت پایه $۵/۳\times۱۰^{-۱۱}\,m$ است (شکل را ببینید). اندازهٔ نیروی الکتریکی که پروتون به الکترون وارد می‌کند را محاسبه کنید.

ب) در هستهٔ اتم هلیم دو پروتون به فاصلهٔ تقریبی $r=۲/۴\times۱۰^{-۱۵}\,m$ از هم قرار دارند. اندازهٔ نیرویی که پروتون‌ها بر هم وارد می‌کنند را محاسبه کنید.

پاسخ :

الف) با استفاده از قانون کولن برای بزرگی نیروی الکتریکی بین دو ذرّهٔ باردار داریم :

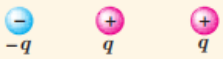
$$F = k\frac{|q_۱||q_۲|}{r^۲} = k\frac{|q_e||q_p|}{r^۲} = (۹/۰\times۱۰^۹\,N.m^۲/C^۲)\frac{(۱/۶۰\times۱۰^{-۱۹}C)^۲}{(۵/۳\times۱۰^{-۱۱}m)^۲} = ۸/۲\times۱۰^{-۸}\,N$$

ب) با استفاده از قانون کولن داریم :

$$F = k\frac{|q_p||q_p|}{r^۲} = (۹/۰\times۱۰^۹\,N.m^۲/C^۲)\frac{(۱/۶۰\times۱۰^{-۱۹}C)^۲}{(۲/۴\times۱۰^{-۱۵}m)^۲} = ۴۰\,N$$

که این به مراتب بزرگ‌تر از نیروی محاسبه‌شده در قسمت الف است. این نیروی بزرگ، از جنس دافعه است. بنابراین، هسته اتم باید فرو بپاشد. از اینجا نتیجه می‌گیریم که باید نیروی دیگری وجود داشته باشد که مانع فروپاشی هسته شود. به این نیرو، نیروی هسته‌ای گفته می‌شود.

پرسش ۱ــ۲

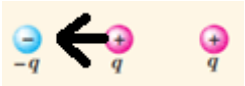


سه ذرّه باردار مانند شکل روبه‌رو، روی یک خط راست قرار دارند و فاصلهٔ بارهای سمت راست و چپ از بار میانی برابر است. الف) جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار الکتریکی میانی را تعیین کنید.

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

دانلود از اپلیکیشن پادرس

پاسخ پرسش ۱-۲ : الف: بار سمت راست به بار میانی نیروی دافعه (به سمت چپ) وارد می کند و بار سمت چپ به بار میانی نیروی جاذبه (به سمت چپ) وارد می کند که حاصل جمع این دو نیرو به سمت چپ می شود . مانند شکل زیر :



ب: اگر ذره سمت راست هم بار منفی داشته باشند هر دو بار چپ و راست می خواهند بار میانی را به سمت خود جذب کنند (خلاف جهت هم نیرو وارد می کنند) که برآیند این دو نیرو صفر می شود.

مثال ۱ــ ۳

سه ذرّه با بارهای $q_1=+2/5\mu C$ ، $q_2=-1/0\mu C$ و $q_3=+4/0\mu C$ در نقطه‌های A، B و C مطابق شکل روبه‌رو ثابت شده‌اند. نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_3 را محاسبه کنید.

پاسخ : نیروی الکتریکی خالصی که بر بار q_3 وارد می‌شود، برایند دو نیرویی است که از طرف بارهای q_1 و q_2 بر آن وارد می‌شوند. برای محاسبهٔ این نیرو، نیرویی را که هر یک از بارهای q_1 و q_2 در نبود دیگری، بر بار q_3 وارد می کند، محاسبه می کنیم. نیروی الکتریکی وارد بر q_3، برایند این دو نیرو است.

فاصلهٔ بین بارهای q_1 و q_3 را با r_{13} و فاصلهٔ بین بارهای q_2 و q_3 را با r_{23} نشان می‌دهیم. با استفاده از رابطهٔ ۱ــ ۲ داریم :

$$F_{13}=k\frac{|q_1||q_3|}{r_{13}^2}=(9/0\times10^9\,N.m^2/C^2)\frac{(2/5\times10^{-6}C)(4/0\times10^{-6}C)}{(6/0m)^2}$$

$$=2/5\times10^{-2}N$$

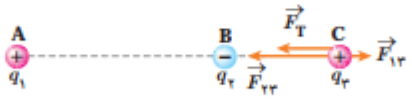
$$F_{23}=k\frac{|q_2||q_3|}{r_{23}^2}=(9/0\times10^9\,N.m^2/C^2)\frac{(1/0\times10^{-6}C)(4/0\times10^{-6}C)}{(2/0m)^2}$$

$$=9/0\times10^{-2}N$$

نیرویی که بار q_1 بر بار q_3 وارد می‌کند، دافعه و نیرویی که بار q_2 بر بار q_3 وارد می‌کند جاذبه است.

مطابق شکل، نیروهای $\vec{F}_{13}$ و $\vec{F}_{23}$ در جهت‌های مخالف یکدیگرند و برایند آنها برابر است با

$$\vec{F}_T=\vec{F}_{23}+\vec{F}_{13}$$



بنابراین، اندازهٔ نیروی برایند برابر با تفاضل اندازهٔ آنهاست :

$$F_T=F_{23}-F_{13}=6/5\times10^{-2}N$$

و جهت آن در جهت نیروی بزرگ‌تر ($\vec{F}_{23}$)، یعنی از سمت راست به طرف چپ، است. اگر محور x را روی خط واصل سه بار و جهت مثبت آن را به سمت راست درنظر بگیریم و بردار یکهٔ محور x را، $\vec{i}$ بنامیم، داریم :

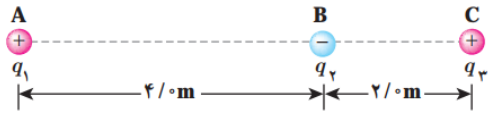
$$\vec{F}_T=(-6/5\times10^{-2}N)\,\vec{i}$$

دانلود از اپلیکیشن پادرس

تمرین ۱ــ۲

در مثال ۱ــ۳، نیروی خالص وارد بر بار $q_۲$ را به‌دست آورید.

پاسخ تمرین ۱-۲ : می خواهیم نیروی خالص وارد بر بار $q_۲$ را پیدا کنیم، پس باید نیرویی که بارهای $q_۱$ و $q_۳$ به ذره $q_۲$ وارد می کنند پیدا کرده با هم جمع کنیم.



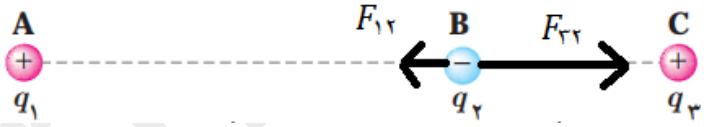
نیرویی که $q_۱$ به $q_۲$ وارد می کند:

$$F_{۱۲} = k\frac{|q_۱||q_۲|}{{r_{۱۲}}^۲} = ۹\times ۱۰^۹ \times \frac{۲/۵\times ۱۰^{-۶}\times ۱\times ۱۰^{-۶}}{۴^۲} = ۱/۴\times ۱۰^{-۳}N$$

نیرویی که $q_۳$ به $q_۲$ وارد می کند:

$$F_{۳۲} = k\frac{|q_۳||q_۲|}{{r_{۳۲}}^۲} = ۹\times ۱۰^۹ \times \frac{۴\times ۱۰^{-۶}\times ۱\times ۱۰^{-۶}}{۲^۲} = ۹\times ۱۰^{-۳}N$$

این دو نیرو خلاف جهت هم هستند ، پس برآیندشان به صورت زیر بدست می آید:



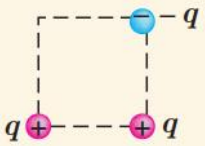
$$F_{\text{خالص}} = F_{۳۲} - F_{۱۲} = ۹\times ۱۰^{-۳}N - ۱/۴\times ۱۰^{-۳}N = ۷/۶\times ۱۰^{-۳}N$$

پرسش ۱ــ۳

سه ذرهٔ باردار مطابق شکل روبه‌رو، در سه گوشهٔ یک مربع قرار دارند.

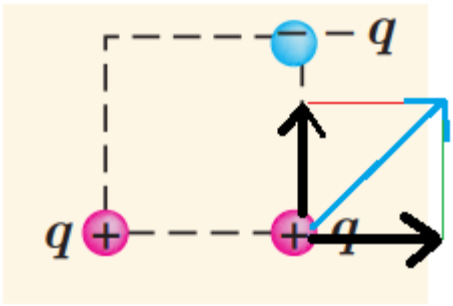
الف) جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار سمت راست پایینی را تعیین کنید.

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

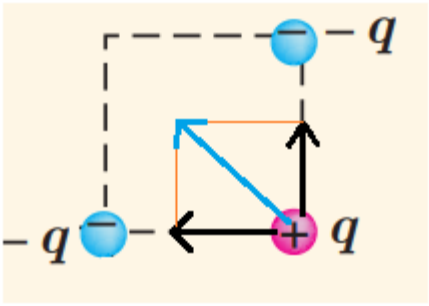


پاسخ پرسش ۱-۳ : الف: بار منفی به بار مورد نظر نیروی جاذبه رو به بالا و بار سمت چپ به بار مورد نظر نیروی دافعه به سمت راست وارد می کند به شکل زیر برآیند دو نیرو با رنگ آبی نشان داده شده است:

دانلود از اپلیکیشن پادرس



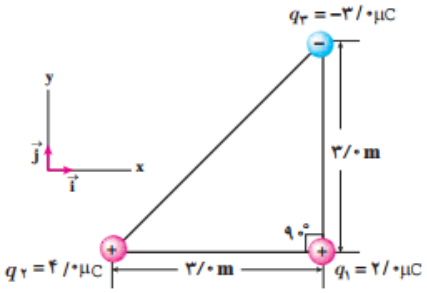
ب: اگر سمت چپ منفی باشد هر دو بار به بار مثبت نیروی جاذبه وارد می کنند و برایند این دو نیرو با رنگ آبی نشان داده شده است:



دانلود از اپلیکیشن پادرس

مثال ۱ــ ۴

سه ذرهٔ باردار مطابق شکل روبه‌رو در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ای ثابت شده‌اند. نیروی الکتریکی خالص وارد بر ذرهٔ واقع در رأس قائمه را به‌دست 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 ۱ــ ۲ داریم :

$$F_{21} = k\frac{|q_2||q_1|}{r_{21}^2} = (9/0\times10^9\,N.m^2/C^2)\frac{(4/0\times10^{-6}\,C)(2/0\times10^{-6}\,C)}{(3/0\,m)^2} = 8/0\times10^{-3}\,N$$

با توجه به دستگاه مختصات داده شده، $\vec{F}_{21}$ در جهت مثبت محور x است. بنابراین، $\vec{F}_{21} = (8/0\times10^{-3}\,N)\,\vec{i}$ می‌شود.

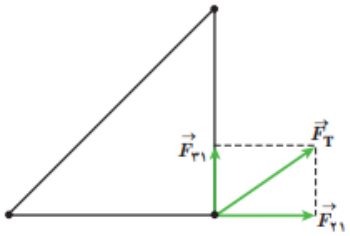
به همین ترتیب، برای نیروی بین بارهای q_3 و q_1 داریم :

$$F_{31} = k\frac{|q_3||q_1|}{r_{31}^2} = (9/0\times10^9\,N.m^2/C^2)\frac{(3/0\times10^{-6}\,C)(2/0\times10^{-6}\,C)}{(3/0\,m)^2} = 6/0\times10^{-3}\,N$$

با توجه به دستگاه مختصات داده شده، $\vec{F}_{31}$ در جهت مثبت محور y است. بنابراین، $\vec{F}_{31} = (6/0\times10^{-3}\,N)\,\vec{j}$ می‌شود.

پس برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_1 برابر است با

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31} = (8/0\times10^{-3}\,N)\,\vec{i} + (6/0\times10^{-3}\,N)\,\vec{j}$$



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

$$F_T = \sqrt{F_{21}^2 + F_{31}^2} = \sqrt{(8/0\times10^{-3}\,N)^2 + (6/0\times10^{-3}\,N)^2} = 1/0\times10^{-2}\,N$$

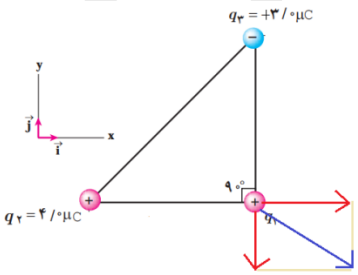
تمرین ۱ــ ۳

در مثال ۱ــ ۴ 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 ۱ــ ۴ متفاوت است؟

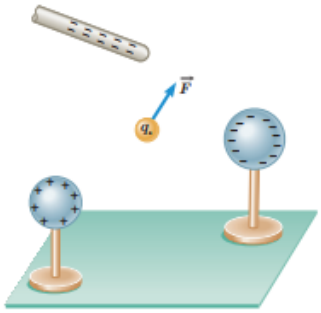
پاسخ تمرین ۱-۳ : الف : جهت نیروی برایند وارد بر q_1 به شکل زیر می شود:



ب: جهت نیروی برایند تغییر کرده اما با توجه به اینکه اندازه و فاصله بارها تغییر نکرده پس مقدار نیروی وارد شده نیز ثابت می ماند.

دانلود از اپلیکیشن پادرس

مثال ۱ــ۵



بار آزمون نشان داده شده در شکل $q_0 = +3/0\times10^{-8}\,C$ است و از سوی دو گوی و یک میلهٔ باردار نیرویی برابر با $F = 6/0\times10^{-5}\,N$ در جهت نشان داده شده بر آن وارد می‌شود.

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

ب) اگر بار $+12\times10^{-8}\,C$ را به جای q_0 قرار دهیم، چه نیرویی به آن وارد می‌شود؟

پاسخ : الف) بزرگی میدان الکتریکی با استفاده از رابطهٔ ۱ــ۳ برابر است با

$$E = \frac{F}{q_0} = \frac{6/0\times10^{-5}\,N}{3/0\times10^{-8}\,C} = 2/0\times10^{3}\,N/C$$

که جهت آن در همان سوی نیروی $\vec{F}$ نشان داده شده در شکل است.

ب) دوباره با استفاده از رابطهٔ ۱ــ۳ داریم :

$$F = q'E = (12\times10^{-8}\,C)(2/0\times10^{3}\,N/C) = 24\times10^{-5}\,N$$

جهت این نیرو نیز در همان سوی نیروی $\vec{F}$ نشان داده شده در شکل است.

مثال ۱ــ۶

مولّد وان دوگراف [1] وسیله‌ای است که با استفاده از تسمه‌ای متحرک، بار الکتریکی را بر روی یک کلاهک توخالی فلزی جمع می‌کند. فرض کنید کلاهک این مولد، کره‌ای با شعاع $0/10\,m$ است و باری به بزرگی $1/0\,\mu C$ روی آن جمع می‌شود. با فرض آنکه همهٔ این بار در مرکز کره قرار داشته باشد، بزرگی میدان الکتریکی این بار را در فاصله‌های $1/0\,m$، $2/0\,m$، $3/0\,m$ و $4/0\,m$، از مرکز کره به دست آورید و سپس با نقطه‌یابی، نمودار بزرگی میدان الکتریکی را برحسب فاصله از مرکز کره رسم کنید.

پاسخ : با استفاده از رابطهٔ ۱ــ۴ بزرگی میدان را در نقطه‌های مورد نظر به دست می‌آوریم :

$$E = k\frac{|q|}{r^2}$$

$$E_1 = (9/0\times10^{9}\,N.m^2/C^2)\frac{(1/0\times10^{-6}\,C)}{(1/0\,m)^2} = 9/0\times10^{3}\,N/C$$

$$E_2 = (9/0\times10^{9}\,N.m^2/C^2)\frac{(1/0\times10^{-6}\,C)}{(2/0\,m)^2} = 2/25\times10^{3}\,N/C \approx 2/3\times10^{3}\,N/C$$

$$E_3 = (9/0\times10^{9}\,N.m^2/C^2)\frac{(1/0\times10^{-6}\,C)}{(3/0\,m)^2} = 1/0\times10^{3}\,N/C$$

$$E_4 = (9/0\times10^{9}\,N.m^2/C^2)\frac{(1/0\times10^{-6}\,C)}{(4/0\,m)^2} = 0/5625\times10^{3}\,N/C \approx 0/56\times10^{3}\,N/C$$

دانلود از اپلیکیشن پادرس

تمرین ۱ـ۴

طبق *مدل بور* برای اتم هیدروژن، در حالت پایه فاصلهٔ الکترون از پروتون هسته برابر با $۵/۳\times۱۰^{-۱۱}m$ 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 ۱/۰m از مرکز کلاهک آن است؟

پاسخ تمرین ۱-٤ :

الف: اندازه میدان الکتریکی ناشی از ذره باردار در فاصله معین از آن از رابطه زیر بدست می آید :

$$E = k\frac{|q_{\text{پروتون}}|}{r^۲} = ۹\times۱۰^۹\times\frac{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}}{(۵/۳\times۱۰^{-۱۱})^۲} = ٤/۹\times۱۰^{۱۲}\,N/C$$

ب: بزرگی میدان در فاصله یک متری از مولد واندوگراف مثال پیش را مساوی میدان ناشی از پروتون قرار می دهیم و فاصله مورد نظر اطراف پروتون بدست می آید.

$$E_{\text{پروتون}} = E_{\text{واندوگراف}} \rightarrow \quad k\frac{|q_{\text{پروتون}}|}{r^۲_{\text{پ}}} = ۹\times۱۰^۳ \rightarrow \quad \frac{|۱/۶\times۱۰^{-۱۹}|}{r^۲} = ۹\times۱۰^۳$$

$$r^۲ = \frac{۹\times۱۰^۳}{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}} = ۵/۶۲۵\times۱۰^{۲۲} \rightarrow \quad r = \sqrt{۵/۶۲۵\times۱۰^{۲۲}} = ۲/۳\times۱۰^{۱۱}m$$

مثال ۱ـ۷

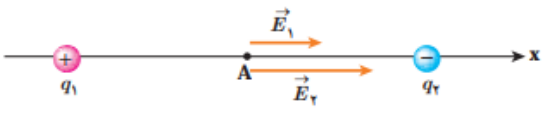
مطابق شکل، دو ذرّه با بارهای $q_۱=۴/۰\,\mu C$ و $q_۲=-۶/۰\,\mu C$ در فاصلهٔ ۸/۰m از یکدیگر ثابت شده‌اند. اندازهٔ میدان الکتریکی خالص را در نقطه‌های زیر به‌دست آورید :

الف) در وسط خط واصل دو ذرّه،

ب) در نقطه‌ای روی خط واصل دو ذرّه به فاصلهٔ ۸/۰m از بار $q_۱$ و ۱۶m از بار $q_۲$.

پاسخ : در غیاب هر یک از دو ذرّه، میدان حاصل از بار دیگر را محاسبه می‌کنیم. میدانِ حاصل از مجموعهٔ دو بار، برایند این دو میدان خواهد بود.

الف) در شکل اگر بار آزمون را در نقطهٔ A واقع در وسط خط واصل دو ذرّه قرار دهیم، بار $q_۱$ آن را دفع و بار $q_۲$ آن را جذب می‌کند. بنابراین، همان‌طور که شکل نشان می‌دهد، $\vec{E}_۱$ و $\vec{E}_۲$ در نقطهٔ A هم‌جهت و به سوی بار $q_۲$ (در سوی مثبت محور x) هستند.



میدان خالص در نقطهٔ A، برایند میدان‌های $\vec{E}_۱$ و $\vec{E}_۲$ است :

$$\vec{E}_A = \vec{E}_۱ + \vec{E}_۲ = E_۱\,\vec{i} + E_۲\,\vec{i}$$

دانلود از اپلیکیشن پادرس

مقادیر $E_۱$ و $E_۲$ را با استفاده از رابطهٔ ۱ــ۴ به‌دست می‌آوریم :

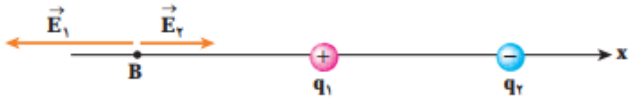
$$E_۱ = k\frac{|q_۱|}{r_۱^۲} = (۹/۰\times۱۰^۹ \text{N.m}^۲/\text{C}^۲)\frac{(۴/۰\times۱۰^{-۶}\text{C})}{(۴/۰\text{m})^۲} = ۲/۲۵\times۱۰^۳ \text{N/C} \approx ۲/۳\times۱۰^۳ \text{N/C}$$

$$E_۲ = k\frac{|q_۲|}{r_۲^۲} = (۹/۰\times۱۰^۹ \text{N.m}^۲/\text{C}^۲)\frac{(۶/۰\times۱۰^{-۶}\text{C})}{(۴/۰\text{m})^۲} = ۳/۳۷۵\times۱۰^۳ \text{N/C} \approx ۳/۴\times۱۰^۳ \text{N/C}$$

بنابراین :

$$\vec{E}_A = (۲/۳\times۱۰^۳ \text{N/C})\vec{i} + (۳/۴\times۱۰^۳ \text{N/C})\vec{i} = (۵/۷\times۱۰^۳ \text{N/C})\vec{i}$$

ب) اکنون اگر بار آزمون را در نقطهٔ B قرار دهیم شکل میدان‌های الکتریکی به‌صورت زیر در می‌آید :



میدان خالص در نقطهٔ B، برایند میدان‌های $\vec{E}_۱$ و $\vec{E}_۲$ است :

$$\vec{E}_B = \vec{E}_۱ + \vec{E}_۲ = -E_۱\vec{i} + E_۲\vec{i}$$

که در آن $E_۱$ و $E_۲$ برابرند با

$$E_۱ = k\frac{|q_۱|}{r_۱^۲} = (۹/۰\times۱۰^۹ \text{N.m}^۲/\text{C}^۲)\frac{(۴/۰\times۱۰^{-۶}\text{C})}{(۸/۰\text{m})^۲} = ۵/۶۲۵\times۱۰^۲ \text{N/C} \approx ۵/۶\times۱۰^۲ \text{N/C}$$

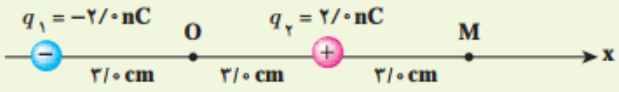
$$E_۲ = k\frac{|q_۲|}{r_۲^۲} = (۹/۰\times۱۰^۹ \text{N.m}^۲/\text{C}^۲)\frac{(۶/۰\times۱۰^{-۶}\text{C})}{(۱۶\text{m})^۲} = ۲/۱۰۹\times۱۰^۲ \text{N/C} \approx ۲/۱\times۱۰^۲ \text{N/C}$$

بنابراین :

$$\vec{E}_B = (-۵/۶\times۱۰^۲ \text{N/C})\vec{i} + (۲/۱\times۱۰^۲ \text{N/C})\vec{i} = (-۳/۵\times۱۰^۲ \text{N/C})\vec{i}$$

تمرین ۱ــ۵

شکل زیر، آرایشی از دو بار الکتریکی هم‌اندازه و غیرهمنام (دوقطبی الکتریکی) را نشان می‌دهد که در آن فاصلهٔ دو بار از هم ۶/۰ cm است. میدان الکتریکی خالص را در نقطه‌های O و M به‌دست آورید.



پاسخ تمرین ۱-۵ :

اندازه میدان الکتریکی ناشی از بار $q_۱$ و $q_۲$ در نقطه O :

$$E_۱ = k\frac{|q_۱|}{r^۲} = ۹\times۱۰^۹ \times \frac{۲\times۱۰^{-۹}}{(۳\times۱۰^{-۲})^۲} = ۲\times۱۰^۴ \,N/C$$

$$E_۲ = k\frac{|q_۲|}{r^۲} = ۹\times۱۰^۹ \times \frac{۲\times۱۰^{-۹}}{(۳\times۱۰^{-۲})^۲} = ۲\times۱۰^۴ \,N/C$$

دانلود از اپلیکیشن پادرس

جهت میدان الکتریکی ناشی از بار های $q_۱$ و $q_۲$ در نقطه O به سمت چپ است . پس میدان برایند برابر با جمع این دو مقدار می شود:

$$E_O = |E_۱ + E_۲| = |۲ \times ۱۰^{٤}\, N/C + ۲ \times ۱۰^{٤}\, N/C| = ٤ \times ۱۰^{٤}\, N/C$$

اندازه میدان الکتریکی ناشی از بار $q_۱$ و $q_۲$ در نقطه M :

$$E_۱ = k\frac{|q_۱|}{r^۲} = ۹ \times ۱۰^{۹} \times \frac{۲ \times ۱۰^{-۹}}{(۹ \times ۱۰^{-۲})^۲} = ۲/۲ \times ۱۰^{۳}\, N/C$$

$$E_۲ = k\frac{|q_۲|}{r^۲} = ۹ \times ۱۰^{۹} \times \frac{۲ \times ۱۰^{-۹}}{(۳ \times ۱۰^{-۲})^۲} = ۲ \times ۱۰^{٤}\, N/C$$

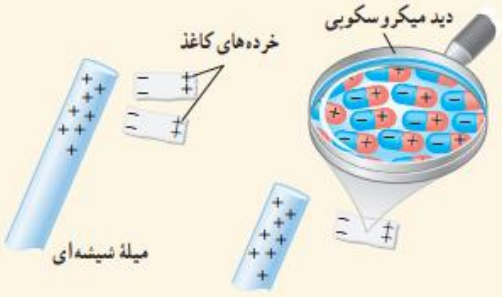
جهت میدان الکتریکی ناشی از بار $q_۱$ به سمت چپ و جهت میدان الکتریکی ناشی از بار $q_۲$ به سمت راست است، پس میدان برایند اختلاف این دو میدان خواهد بود:

$$E_O = |E_۱ - E_۲| = |۲/۲ \times ۱۰^{۳}\, N/C - ۲ \times ۱۰^{٤}\, N/C| = ۱/۷۸ \times ۱۰^{٤}\, N/C$$

جهت میدان برایند به سمت راست است.

پرسش ۱ـ ۴

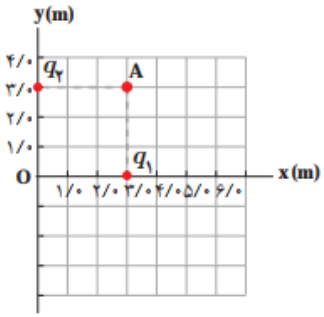
با توجه به شکل زیر توضیح دهید چرا یک میلهٔ باردار، خرده‌های کاغذ را می‌رباید؟



پاسخ پرسش ۱-٤: وقتی میله بار مثبت را به خرده های کاغذ نزدیک می کنیم ، بارهای منفی (الکترون ها) در کاغذ به سمت میله متمایل می شوند و با نزدیک شدن بارهای منفی کاغذ به بارهای مثبت میله ، کاغذ به میله جذب می شود.

دانلود از اپلیکیشن پادرس

مثال ۱ــ ۸



شکل روبه‌رو، دو بار نقطه‌ای $q_۱$ و $q_۲$ را در صفحهٔ xy نشان می‌دهد. میدان الکتریکی خالص را در نقطهٔ O (مبدأ مختصات) تعیین کنید. ($q_۱ = q_۲ = ۵/۰\ \mu C$)

پاسخ : در نقطهٔ O میدان‌های الکتریکی مانند شکل زیر می‌شوند؛ چون بارها با هم برابر و فاصلهٔ آنها تا نقطهٔ O نیز یکسان است، پس اندازهٔ میدان‌ها در این نقطه با هم برابرند :

$$E_۱ = E_۲ = k\frac{|q|}{r^۲} = (۹/۰\times۱۰^۹\ N.m^۲/C^۲)\frac{(۵/۰\times۱۰^{-۶}\ C)}{(۳/۰\ m)^۲} = ۵/۰\times۱۰^۳\ N/C$$

$$\vec{E}_۱ = (-۵/۰\times۱۰^۳\ N/C)\,\vec{i} \quad و \quad \vec{E}_۲ = (-۵/۰\times۱۰^۳\ N/C)\,\vec{j}$$

در نتیجه میدان الکتریکی خالص برابر است با

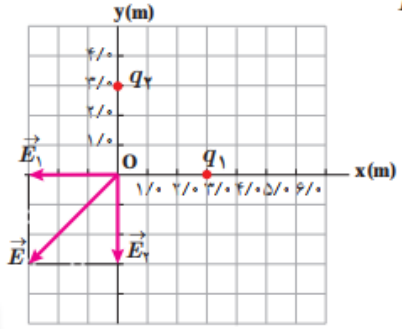
$$\vec{E} = \vec{E}_۱ + \vec{E}_۲$$

$$\vec{E} = (-۵/۰\times۱۰^۳\ N/C)\,\vec{i} + (-۵/۰\times۱۰^۳\ N/C)\,\vec{j}$$

و از آنجا اندازهٔ میدان الکتریکی خالص چنین می‌شود :

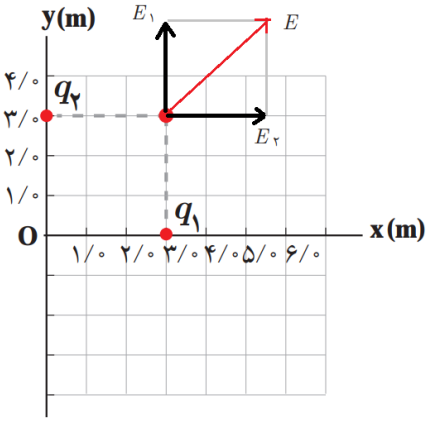
$$E = \sqrt{(-۵/۰\times۱۰^۳\ N/C)^۲ + (-۵/۰\times۱۰^۳\ N/C)^۲}$$

$$= ۷/۰۷\times۱۰^۳\ N/C \approx ۷/۱\times۱۰^۳\ N/C$$



تمرین ۱ــ ۶

میدان الکتریکی خالص حاصل از آرایش بار مثال ۱ــ۸ را در نقطهٔ A تعیین کنید.



پاسخ تمرین ۱-۶ : در نقطه A نیز مانند نقطه O عمل می کنیم ، هر دو بار الکتریکی به فاصله ۳ متر از نقطه A هستند و میدان هایشان در آن نقطه یکسان خواهد بود ولی جهت ها متفاوت ، که در تصویر مشاهده می کنید:

$$E_۱ = E_۲ = k\frac{|q|}{r^۲} = (۹/۰\times۱۰^۹\ N.m^۲/C^۲)\frac{(۵/۰\times۱۰^{-۶}\ C)}{(۳/۰\ m)^۲} = ۵/۰\times۱۰^۳\ N/C$$

$$\vec{E}_۱ = (+۵/۰\times۱۰^۳\ N/C)\,\vec{i} \quad و \quad \vec{E}_۲ = (+۵/۰\times۱۰^۳\ N/C)\,\vec{j}$$

در نتیجه میدان الکتریکی خالص برابر است با

$$\vec{E} = \vec{E}_۱ + \vec{E}_۲$$

$$\vec{E} = (+۵/۰\times۱۰^۳\ N/C)\,\vec{i} + (+۵/۰\times۱۰^۳\ N/C)\,\vec{j}$$

و از آنجا اندازهٔ میدان الکتریکی خالص چنین می‌شود :

$$E = \sqrt{(+۵/۰\times۱۰^۳\ N/C)^۲ + (+۵/۰\times۱۰^۳\ N/C)^۲}$$

$$= ۷/۰۷\times۱۰^۳\ N/C \approx ۷/۱\times۱۰^۳\ N/C$$

دانلود از اپلیکیشن پادرس

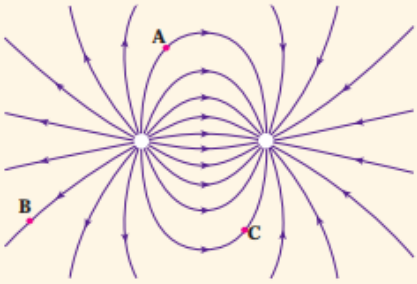
پرسش ۱ـ ۵

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

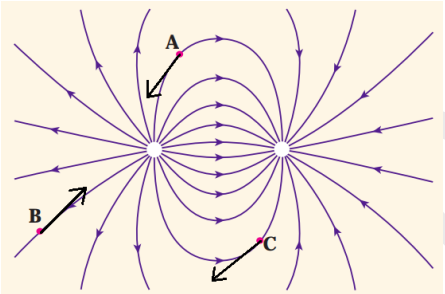
پاسخ پرسش ۱-۵ : در هر نقطه در فضا مجموعه ای نیرو به ذره باردار بر خورد می کند اما ما تنها برآیند آنها را در نظر می گیریم و یک نقطه بیش از یک بر آیند ندارد پس خطوط میدان نمی توانند همدیگر را قطع کنند . چون برای یک نقطه دو خط رسم می شود ولی ما تنها بردارهای برآیند را می خواهیم.

پرسش ۱ـ ۶

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.



پاسخ پرسش ۱-۶ : به یاد داشته باشید که داخل میدان الکتریکی جهت نیروی وارد بر بار الکتریکی منفی خلاف جهت خطوط میدان الکتریکی می باشد پس :



فعالیت ۱ـ ۳

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.

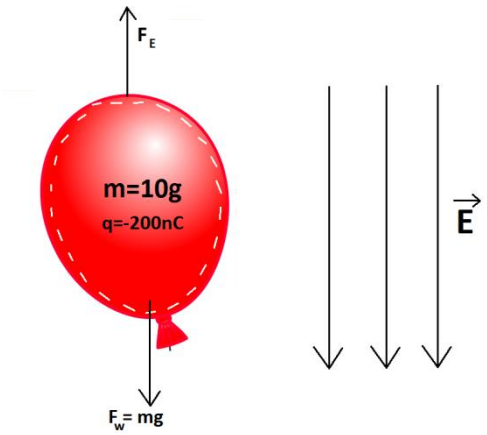
فعالیت ۳-۱: خودتان تحقیق کنید:

دانلود از اپلیکیشن پادرس

تمرین ۱ـ۷

روی سطح بادکنکی به جرم ۱۰/۰g بار الکتریکی ۲۰۰nC- ایجاد می کنیم و آن را در یک میدان الکتریکی قرار می‌دهیم. بزرگی و جهت این میدان الکتریکی را در صورتی که بادکنک معلق بماند، تعیین کنید. از نیروی شناوری وارد به بادکنک چشم‌پوشی کنید.

پاسخ تمرین ۱-۷ : نیروی گرانشی از طرف زمین می خواد بادکنک را به سمت پایین بکشد ، پس نیروی میدان الکتریکی باید به سمت بالا باشد ، برای اینکه نیرو به سمت بالا باشد باید میدان الکتریکی به سمت پایین قرار گیرد، (زیرا بار الکتریکی بادکنک منفی است) پس مسئله به شکل مقابل در می آید:



برای معلق ماندن باید بزرگی نیروی میدان الکتریکی با بزرگی نیروی وزن یکسان باشد پس :

$$F_E = F_w$$

$$qE = mg$$

$$۲۰۰ \times ۱۰^{-۹} \times E = ۱۰ \times ۱۰^{-۳} \times ۹/۸$$

$$E = \frac{۹/۸ \times ۱۰^{-۲}}{۲ \times ۱۰^{-۷}} = ٤/۹ \times ۱۰^{۵}\ N/C$$

فعالیت ۱ـ۴

رسوب‌دهندهٔ الکتروستاتیکی (ESP)[1] 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.

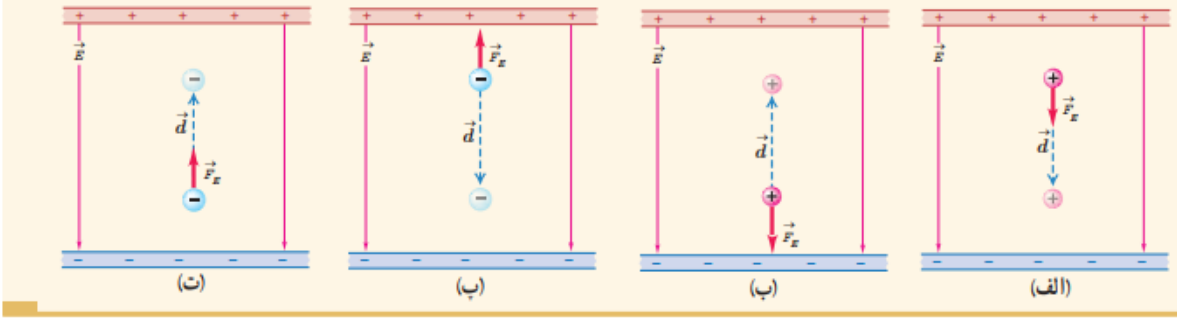
دانلود از اپلیکیشن پادرس

پاسخ فعالیت ۱-۴ : رسوب دهنده الکتروستاتیکی

پرسش ۱ــ۷

در هریک از شکل‌های زیر، با توجه به علامت بار ذرهٔ جابه‌جا شده، و جهت میدان الکتریکی ($\vec{E}$)، جهت نیروی الکتریکی ($\vec{F}_E$) و جهت جابه‌جایی ذره ($\vec{d}$)، تعیین کنید که :

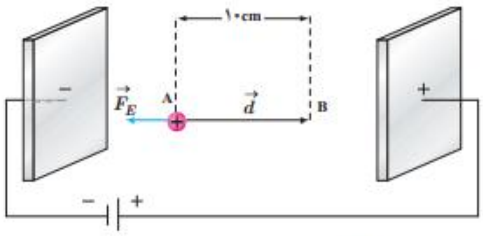
الف) کار نیروی الکتریکی(W_E) مثبت است یا منفی. ب) انرژی پتانسیل الکتریکی (U_E) کاهش یافته است یا افزایش.



پاسخ پرسش ۱-۷ : الف: اگر جابجایی در جهت نیروی الکتریکی باشد کار مثبت و اگر در خلاف جهت نیروی الکتریکی باشد کار منفی می شود. پس در شکل *الف* کار مثبت در شکل ب کار منفی و در شکل پ کار منفی و در شکل ت کار مثبت است.

ب: اگر کار نیروی الکتریکی مثبت باشد انرژی پتانسیل الکتریکی کاهش می یابد و برعکس. پس انرژی پتاسیل الکتریکی در شکل *الف* کاهش ، در شکل ب افزایش ، در شکل پ افزایش و در شکل ت کاهش می یابد.

مثال ۱ــ۹



در یک میدان الکتریکی یکنواخت $E = ۲/۰\times۱۰^{۳}\,N/C$، پروتونی از نقطهٔ A با سرعت $\vec{v}_۰$ در خلاف جهت میدان الکتریکی پرتاب شده است. پروتون سرانجام در نقطهٔ B متوقف می‌شود. بار پروتون $۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\,C$ و جرم آن $۱/۶۷\times۱۰^{-۲۷}\,kg$ است.

الف) تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی پروتون در این جابه‌جایی چقدر است؟

ب) تندی پرتاب پروتون را پیدا کنید (از وزن پروتون و مقاومت هوا چشم‌پوشی شود).

پاسخ :

الف) با توجه به رابطهٔ ۱ــ۸ داریم :

$$\Delta U_E = -W_E = -|q|Ed\cos\theta = -(۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\,C)(۲/۰\times۱۰^{۳}\,N/C)(۱۰\times۱۰^{-۲}\,m)(\cos۱۸۰^\circ) = ۳/۲\times۱۰^{-۱۷}\,J$$

ب) طبق قضیهٔ کار ــ انرژی جنبشی می‌توان نوشت :

$$W_E = \Delta K \Rightarrow -\Delta U_E = \frac{۱}{۲}m(۰ - v_۰^{۲})$$

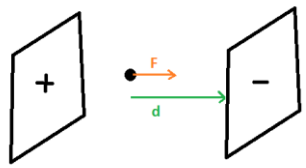
$$-۳/۲\times۱۰^{-۱۷}\,J = \frac{۱}{۲}(۱/۶۷\times۱۰^{-۲۷}\,kg)(-v_۰^{۲}) \Rightarrow v_۰ = ۱/۹۶\times۱۰^{۵}\,m/s \approx ۲/۰\times۱۰^{۵}\,m/s$$

دانلود از اپلیکیشن پادرس

تمرین ۱ــ۸

در مثال ۱ــ۹ 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؟

پاسخ تمرین ۱-۸ : اگر جای قطب مثبت و منفی عوض شود ، نیرو الکتریکی پروتون را به سمت راست می راند و داریم :

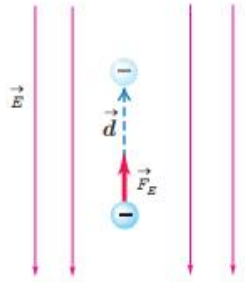


$$W_E = \Delta K \;\rightarrow\; -\Delta U = \frac{۱}{۲}mv^۲ - ۰$$

$$|q|Ed\cos\theta = \frac{۱}{۲}mv^۲ - ۰ \;\rightarrow\; ۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\times۲\times۱۰^۳\times۰/۱\times\cos۰ = \frac{۱}{۲}\times۱/۶۷\times۱۰^{-۲۷}\times v^۲$$

$$v^۲ = \frac{۳/۲\times۱۰^{-۱۷}}{۸/۳\times۱۰^{-۲۸}} = ۳/۸\times۱۰^{۱۰} \;\rightarrow\; v = ۱/۹\times۱۰^۵\ m/s$$

مثال ۱ــ۱۰



در نتیجهٔ برخورد پرتوهای کیهانی با مولکول‌های هوا، الکترون‌هایی از این مولکول‌ها کنده می‌شوند. در نزدیکی سطح زمین، میدان الکتریکی با بزرگی ۱۵۰N/C و جهت رو به پایین وجود دارد. الف) اگر یکی از این الکترون‌ها، تحت تأثیر این میدان ۵۰۰m رو به بالا جابه‌جا شود، انرژی پتانسیل الکتریکی آن چقدر تغییر می‌کند؟ ب) اختلاف پتانسیل الکتریکی دو نقطه‌ای که الکترون بین آنها جابه‌جا شده چقدر است؟

پاسخ : الف) با استفاده از رابطهٔ ۱ــ۸ برای تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی الکترون داریم :

$$\Delta U_E = -W_E = -|q|Ed\cos\theta = -(۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\text{C})(۱۵۰\text{N/C})(۵۰۰\text{m})\cos۰^\circ$$
$$= -۱/۲۰\times۱۰^{-۱۴}\text{J}$$

ب) با استفاده از رابطهٔ ۱ــ۹ برای اختلاف پتانسیل داریم :

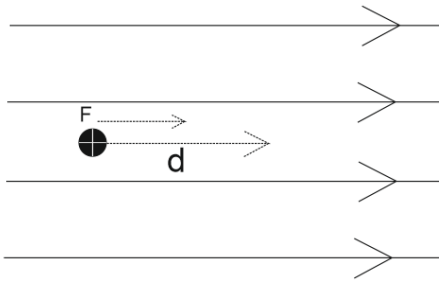
$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} = \frac{-۱/۲۰\times۱۰^{-۱۴}\text{J}}{-۱/۶۰\times۱۰^{-۱۹}\text{C}} = ۷/۵۰\times۱۰^۴\text{V} = ۷۵/۰\text{kV}$$

تمرین ۱ــ۹

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.

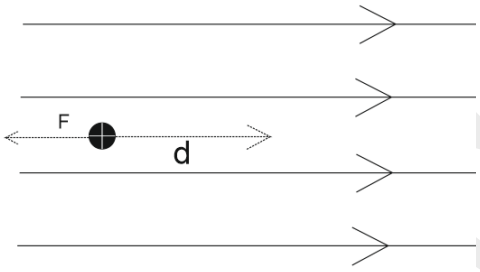
تمرین ۱-۹ : الف : اگر در جهت میدان الکتریکی حرکت کنیم و اگر بار ما مثبت باشد ، جهت نیرو و میدان یکسان می شود مانند شکل زیر :

دانلود از اپلیکیشن پادرس



$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} = \frac{-|q|Ed\cos ۰}{q} = -Ed$$

اگر بار الکتریکی منفی باشد جهت نیرو با جهت جابجایی ۱۸۰ درجه زاویه خواهد داشت :



$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} = \frac{-|-q|Ed\cos ۱۸۰}{-q} = -Ed$$

پس می بینیم چه بار منفی باشد و چه مثبت اگر در جهت میدان الکتریکی حرکت کنیم ، پتانسیل الکتریکی کاهش خواهد یافت.

ب: نیروی وارد بر با الکتریکی همواره در راستای خطوط میدان الکتریکی است و اگر جابجایی در راستای عمود بر جهت میدان الکتریکی انجام گیرد ، تغییر پتانسیل الکتریکی به صورت زیر می باشد:

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} = \frac{-|q|Ed\cos ۰}{q} = \frac{-|q|Ed \times ۰}{q} = ۰$$

پس تغییر پتانسیل الکتریکی در راستای عمود بر میدان الکتریکی صفر است.

تمرین ۱ـ۱۰

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

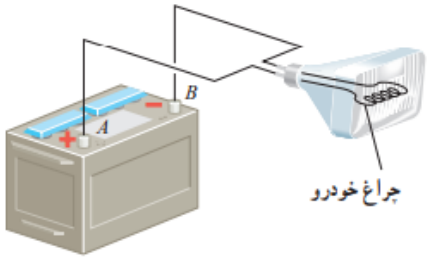
پاسخ تمرین ۱-۱۰ : اگر پایانه مثبت مرجع باشد ، یعنی $V_+ =$ صفر ، خواهیم داشت :

$$V_+ - V_- = ۱۲ \quad \rightarrow \quad ۰ - V_- = ۱۲ \quad \rightarrow \quad V_- = -۱۲$$

دانلود از اپلیکیشن پادرس

مثال ۱ــ ۱۱

اختلاف پتانسیل الکتریکی پایانه‌های باتری خودروی نشان داده شده در شکل برابر ۱۲/۰V است. اگر بار الکتریکی ۵۰/۰− کولن از پایانهٔ منفی به پایانهٔ مثبت باتری جابه‌جا شود، انرژی پتانسیل الکتریکی آن چقدر تغییر می‌کند؟



پاسخ : با استفاده از رابطهٔ ۱ــ۹ داریم :

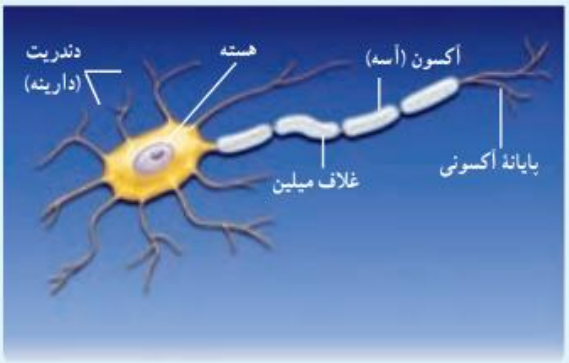
$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q}$$

$$\Delta U = q\Delta V = q(V_+ - V_-) = (-۵۰/۰\,C)(+۱۲/۰\,V) = -۶۰۰\,J$$

بنابراین، انرژی پتانسیل الکتریکی این بار به اندازهٔ ۶۰۰ J کاهش یافته است.

فعالیت ۱ــ ۵

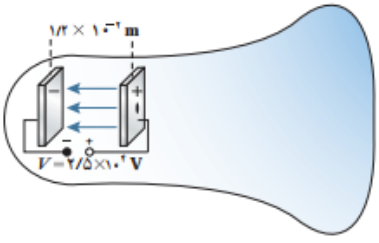
عمل مغز اساساً برمبنای کنش‌ها و فعالیت‌های الکتریکی است. سیگنال‌های عصبی چیزی جز عبور جریان‌های الکتریکی نیست. مغز این سیگنال‌ها را دریافت می‌کند و اطلاعات به‌صورت سیگنال‌های الکتریکی در امتداد اعصاب گوناگون منتقل می‌شوند. هنگام انجام هر عمل خاصی، سیگنال‌های الکتریکی زیادی تولید می‌شوند. این سیگنال‌ها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



پاسخ فعالیت ۱-۵ : نورون ها

مثال ۱ــ ۱۲

لامپ‌های تصویر تلویزیون‌ها و نمایشگرهای قدیمی، لامپ پرتو ــ کاتدی (CRT)[1] بودند. در این لامپ، الکترون‌ها در میدان الکتریکی یکنواخت بین دو صفحهٔ باردار، مطابق شکل، شتاب می‌گیرند و با صفحهٔ نمایشگر برخورد می‌کنند. اگر صفحه‌ها در فاصلهٔ $۱/۲\times۱۰^{-۲}\,m$ از یکدیگر باشند و اختلاف پتانسیل بین آنها $۲/۵\times۱۰^{۴}\,V$ باشد، بزرگی میدان الکتریکی بین صفحه‌ها را تعیین کنید.



پاسخ : با استفاده از رابطهٔ ۱ــ۱۱ داریم :

$$E = \frac{|\Delta V|}{d} = \frac{۲/۵\times۱۰^{۴}\,V}{۱/۲\times۱۰^{-۲}\,m} = ۲/۰۸\times۱۰^{۶}\,V/m \approx ۲/۱\,MV/m$$

دانلود از اپلیکیشن پادرس

فعالیت ۱ــ۶

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) تحقیق کنید چرا معمولاً شخصی که در 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 خارجی آن قرار می‌گیرد.

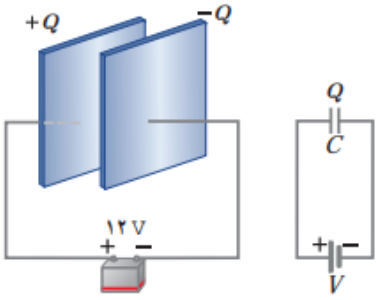
پاسخ فعالیت ۱-۶ : تحقیق کنید

فعالیت ۱ــ۷

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

پاسخ فعالیت ۱-۷ : برق گیر ساختمان

مثال ۱ــ۱۳



صفحه‌های خازنی را مطابق شکل به پایانه‌های یک باتری با اختلاف پتانسیل ۱۲V وصل می‌کنیم. اگر بار خازن ۲۴μC شود،

الف) ظرفیت خازن را محاسبه کنید.

ب) اگر این خازن را به اختلاف پتانسیل ۳۶ V وصل کنیم، بار الکتریکی آن چقدر می‌شود؟

پاسخ :

الف) با استفاده از رابطهٔ ۱ــ۱۲ داریم :

$$C=\frac{Q}{V}=\frac{۲۴\times۱۰^{-۶}\,C}{۱۲\,V}=۲/۰\times۱۰^{-۶}\,F=۲/۰\,\mu F$$

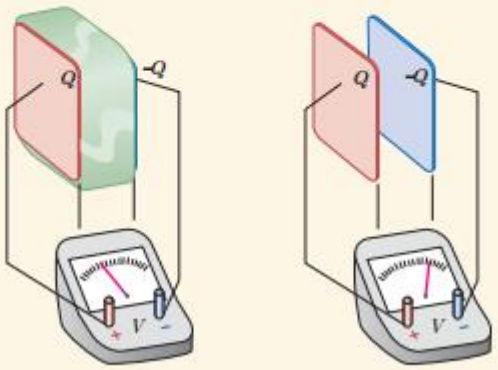
ب) با توجه به اینکه ظرفیت خازن همواره مقدار ثابتی است از ظرفیت به‌دست آمده در قسمت الف استفاده می‌کنیم. آنگاه با استفاده از رابطهٔ ۱ــ۱۲ می‌توان نوشت :

$$Q=CV=(۲/۰\times۱۰^{-۶}\,F)(۳۶\,V)=۷۲\times۱۰^{-۶}\,C=۷۲\,\mu C$$

دانلود از اپلیکیشن پادرس

پرسش ۱ـ ۸

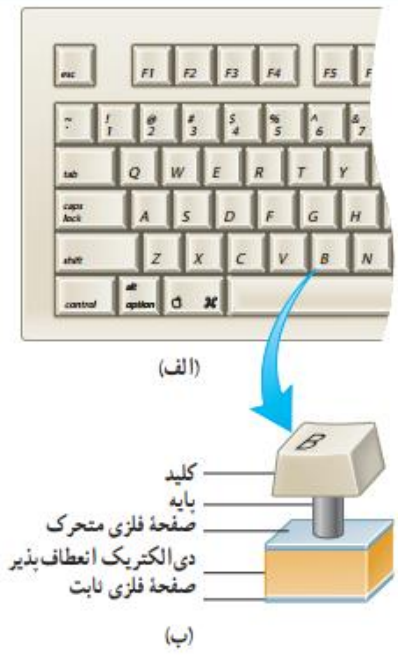
در شکل زیر صفحه‌های باردار یک خازن تخت را که بین آنها هواست، به ولت‌سنج وصل می‌کنیم. با وارد کردن دی‌الکتریک در بین صفحه‌ها، اختلاف پتانسیل دو صفحه کاهش می‌یابد. علت آن را توضیح دهید (توجه کنید که این آزمایش با بیشتر ولت‌سنج‌های معمولی و رایج ممکن نیست).



پاسخ پرسش ۱- ۸: با اضافه کردن دی الکتریک ظرفیت خازن افزایش می یابد و با توجه به رابطه $C = \frac{Q}{V}$ چون بار Q ثابت است پس باید اختلاف پتانسیل کاهش یابد تا ظرفیت خازن افزایش بیابد.

مثال ۱ـ ۱۴

برخی از صفحه‌کلیدهای رایانه (شکل الف) بر مبنای تغییر ظرفیت خازن عمل می‌کنند. هر کلید این صفحه به یک سر پایه‌ای نصب شده است که سر دیگر آن به یک صفحهٔ فلزی متحرک متصل است. این صفحهٔ فلزی خود توسط یک دی‌الکتریک انعطاف‌پذیر از صفحهٔ فلزی ثابتی جدا شده است و درواقع این دو صفحه یک خازن تخت را تشکیل می‌دهند (شکل ب). با فشار دادن کلید، صفحهٔ متحرک به صفحهٔ ثابت نزدیک می‌شود و ظرفیت خازن افزایش می‌یابد. این تغییر ظرفیت به‌صورت سیگنالی الکتریکی توسط مدارهای الکترونیکی رایانه آشکار می‌شود و بدین‌ترتیب، مشخص می‌شود که کدام کلید فشار داده شده است.



فاصلهٔ بین صفحه‌ها عموماً $5/00 \times 10^{-3}\,m$ است که این فاصله با فشار دادن کلید به $0/150 \times 10^{-3}\,m$ می‌رسد. مساحت صفحه‌ها $9/50 \times 10^{-5}\,m^2$ است و خازن از ماده‌ای با ثابت دی‌الکتریک ۳/۵۰ پر شده است. تغییر ظرفیتی که با فشار دادن کلید، توسط مدارهای الکترونیکی رایانه آشکار می‌شود چقدر است؟

دانلود از اپلیکیشن پادرس

پاسخ : با استفاده از رابطه‌های ۱ــ۱۳ و ۱ــ۱۴ ظرفیت خازن پیش از فشار دادن کلید برابر است با

$$C = \kappa\varepsilon_0 \frac{A}{d} = ۳/۵۰(۸/۸۵\times۱۰^{-۱۲}\,F/m)\frac{(۹/۵۰\times۱۰^{-۵}\,m^۲)}{(۵/۰۰\times۱۰^{-۳}\,m)}$$

$$= ۰/۵۸۹ \times ۱۰^{-۱۲}F = ۰/۵۸۹pF$$

پس از فشرده شدن کلید، فاصلهٔ بین صفحه‌ها به $۰/۱۵۰ \times ۱۰^{-۳}m$ می‌رسد و با محاسبه‌ای مشابه به $C = ۱۹/۶ \times ۱۰^{-۱۲}F = ۱۹/۶pF$ می‌رسیم. بنابراین، تغییر ظرفیت خازن که به‌صورت سیگنالی آشکار می‌شود از تفاضل دو مقدار بالا به‌دست می‌آید :

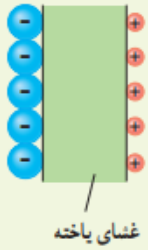
$$\Delta C = ۱۹/۶pF - ۰/۵۸۹pF = ۱۹/۰pF$$

فعالیت ۱ــ۸

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

پاسخ فعالیت ۱-۸ : حسگر های کیسه هوا

تمرین ۱ــ۱۱



یک یاختهٔ عصبی(نورون) را می‌توان با یک خازن تخت مدل‌سازی کرد، به‌طوری‌که غشای سلول به عنوان دی الکتریک و یون های باردار با علامت مخالف که در دو طرف غشا هستند به عنوان بارهای روی صفحه‌های خازن عمل کنند (شکل روبه‌رو). ظرفیت یک سلول عصبی و تعداد یون های لازم (بافرض آنکه هر یون یک بار یونیده باشد)، برای آنکه یک اختلاف پتانسیل ۸۵mV ایجاد شود چقدر است؟ فرض کنید غشا دارای ثابت دی الکتریک $\kappa = ۳/۰$، ضخامت ۱۰/۰ nm و مساحت سطح $۱/۰\times۱۰^{-۱۰}\,m^۲$ است.

پاسخ تمرین ۱-۱۱: با استفاده از فرمول ظرفیت خازن داریم :

$$C_0 = \varepsilon\kappa\frac{A}{d} = ۳ \times ۸/۸۵ \times ۱۰^{-۱۲} \times \frac{۱\times۱۰^{-۱۰}}{۱۰\times۱۰^{-۹}} = ۲/۶۵ \times ۱۰^{-۱۳}F$$

مقدار بار موجود در صفحه ها از رابطه زیر بدست می آید :

$$C = \frac{Q}{V} \rightarrow Q = CV = ۲/۶۵ \times ۱۰^{-۱۳} \times ۸۵ \times ۱۰^{-۳} = ۲/۲۵ \times ۱۰^{-۱۴}C$$

دانلود از اپلیکیشن پادرس

$$\text{تعداد بار} = \frac{Q}{e} = \frac{۲/۶۵\times۱۰^{-۱۳}}{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}} = ۱/۶۵ \times ۱۰^{۶}$$

فعالیت ۱ـ۹

خازن‌ها انواع متعددی دارند؛ زیرا برای کاربردهای مختلفی 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.

پاسخ فعالیت ۱-۹: انواع خازن

مثال ۱ـ۱۵

مدار یک فلاش عکاسی، انرژی را با ولتاژ ۳۳۰V، در یک خازن ۶۶۰μF، ذخیره می‌کند. الف) چه مقدار انرژی الکتریکی در این خازن ذخیره می‌شود؟ ب) اگر تقریباً همهٔ این انرژی در مدت ۱/۰ ms آزاد شود، توان متوسط خروجی فلاش چقدر است؟

پاسخ : با توجه به رابطهٔ ۱ـ۱۵ داریم

$$U = \frac{۱}{۲}CV^{۲} = \frac{۱}{۲}(۶۶۰\times۱۰^{-۶}\text{F})\,(۳۳۰\text{V})^{۲} = ۳۵/۹\ \text{J}$$

با توجه به تعریف توان داریم :

$$P = \frac{U}{t} = \frac{۳۵/۹\text{J}}{۱/۰\times۱۰^{-۳}\text{s}} = ۳/۶\times۱۰^{۴}\text{J/s} = ۳۶\text{kW}$$

که این در تأیید گفته ای است که در ابتدای بخش ۱ـ۱۰ در مورد خازن بیان کردیم و گفتیم یک خازن باردار می‌تواند انرژی را با آهنگ بسیار بیشتری از یک باتری برای فلاش دوربین مهیّا کند.

دانلود از اپلیکیشن پادرس

مثال ۱ــ ۱۶: دستگاه رفع لرزش نامنظم قلب (دفیبریلاتور!)

توانایی خازن برای ذخیرهٔ انرژی پتانسیل الکتریکی، اساس کار دستگاه‌های رفع لرزشی است که برای توقف لرزش بطنی افراد دچار حملهٔ قلبی به‌کار می‌رود. در این بیماری، انبساط و انقباض ناهماهنگ قلب باعث می‌شود خون به‌درستی به مغز فرستاده نشود. در این دستگاه یک باتری، خازنی را تا اختلاف پتانسیل حدود ۶kV باردار می‌کند. صفحه‌های رابط (کفشک‌ها[۲]) روی قفسهٔ سینهٔ بیمار قرار داده می‌شوند و خازن بخشی از انرژی ذخیره شدهٔ خود را از طریق کفشک‌ها به بدن بیمار منتقل می‌کند. هدف از این کار این است که قلب به‌طور موقت از کار بیفتد و پس از آن با آهنگ منظم و طبیعی خود به‌کار افتد.

اگر ظرفیت خازن این دستگاه ۱۱/۰μF باشد و با ولتاژ ۶/۰۰kV شارژ شود و سپس تمام انرژی آن از طریق کفشک‌ها به درون بدن بیمار تخلیه شود،

الف) چقدر انرژی در بدن بیمار تخلیه شده است؟ ب) چه مقدار بار الکتریکی از بدن بیمار عبور کرده است؟ پ) اگر تخلیهٔ انرژی تقریباً در مدت ۲/۰۰ms صورت پذیرفته باشد این انرژی با چه توان متوسطی در بدن بیمار تخلیه شده است؟

پاسخ : الف) انرژی ذخیره‌شده در خازن با استفاده از رابطهٔ ۱ــ۱۵ به‌دست می‌آید :

$$U=\frac{۱}{۲}CV^{۲}=\frac{۱}{۲}(۱۱/۰\times۱۰^{-۶}\,\mathrm{F})(۶/۰۰\times۱۰^{۳}\,\mathrm{V})^{۲}=۱۹۸\,\mathrm{J}$$

که با توجه به فرض مسئله این همان انرژی تخلیه‌شده در بدن بیمار است.

ب) بار اولیهٔ روی صفحات خازن برابر است با

$$Q=CV\Rightarrow Q=(۱۱/۰\times۱۰^{-۶}\,\mathrm{F})\,(۶/۰۰\times۱۰^{۳}\,\mathrm{V})=۶/۶۰\times۱۰^{-۲}\,\mathrm{C}$$

با توجه به فرض مسئله، این همان باری است که از بدن بیمار عبور کرده است.

پ) توان متوسط انرژی تخلیه‌شده در بدن بیمار برابر است با

$$P=\frac{U}{t}=\frac{۱۹۸\,\mathrm{J}}{۲/۰۰\times۱۰^{-۳}\,\mathrm{s}}=۹۹/۰\,\mathrm{kW}$$

۱ 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.

پاسخ تمرین ۱ : الف : به همان اندازه و مثبت ، یعنی : $+۱۲/۸\,nC$

ب: تعداد الکترون ها به صورت زیر بدست می آید:

$$n=\frac{q}{e}=\frac{۱۲/۸\times۱۰^{-۹}}{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}}=۸\times۱۰^{۱۰}$$

دانلود از اپلیکیشن پادرس

۲ الف) بار الکتریکی اتم و هستهٔ اتم کربن ($_{۶}^{۱۲}C$) چند کولن است؟
ب) بار الکتریکی اتم کربن یک بار یونیده (C^{+}) چقدر است؟

پاسخ تمرین ۲ : الف: بار الکتریکی خالص اتم کربن صفر بوده و بار هسته به صورت زیر بدست می آید :

$$q = +ne = +۶ \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} = ۹/۶ \times ۱۰^{-۱۹}$$

ب: بار الکتریکی اتم کربن یک بار یونیده مثبت برابر است با $+۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}$

۳ دو گوی رسانا، کوچک و یکسان به بارهای $q_۱ = ۴/۰ nC$ و $q_۲ = -۶/۰ nC$ را با هم تماس می‌دهیم و سپس تا فاصلهٔ $r = ۳۰ cm$ از هم دور می‌کنیم. نیروی برهم‌کنش الکتریکی بین دو گوی را محاسبه کنید. این نیرو رانشی است یا ربایشی؟

پاسخ تمرین ۳ : اگر دو گوی هم اندازه با بارهای مختلف را به هم تماس دهیم بار هر گوی پس از تماس به صورت زیر بدست می آید :

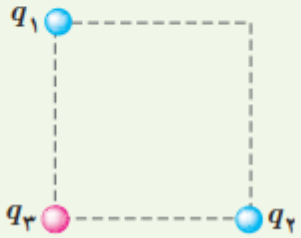
$$q = \frac{q_۱ + q_۲}{۲} = \frac{۴ + (-۶)}{۲} = -۱\ nC$$

پس بار هر گوی برابر منفی یک کولن می شود که نیروی رانشی به یکدیگر وارد خواهند کرد:

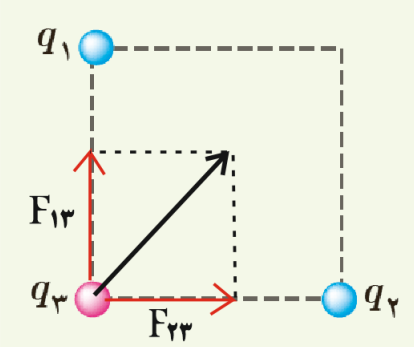
$$F = k\frac{|q_۱||q_۲|}{r^۲} = ۹ \times ۱۰^{۹} \times \frac{|-۱ \times ۱۰^{-۹}||-۱ \times ۱۰^{-۹}|}{۰/۳^۲} = ۱ \times ۱۰^{-۹} N$$

دانلود از اپلیکیشن پادرس

۴ سه ذرهٔ باردار $q_۱$، $q_۲$ و $q_۳$ مطابق شکل در سه رأس مربعی به ضلع ۳m ثابت شده‌اند. اگر $q_۱ = q_۲ = -۵\mu C$ و $q_۳ = +۰/۲\mu C$ باشد، نیروی خالص الکتریکی وارد بر بار $q_۳$ را برحسب بردارهای یکهٔ $\vec{i}$ و $\vec{j}$ تعیین کنید.



پاسخ تمرین ٤: نیروهای وارده را محاسبه می کرده در نهایت جمع می نماییم:



نیرویی که بار ۱ به بار ۳ وارد می کند:

$$F_{۱۳} = k\frac{|q_۱||q_۳|}{r^۲} = ۹\times۱۰^۹ \times \frac{|-۵\times۱۰^{-۶}||+۲\times۱۰^{-۶}|}{۳^۲} = ۱\times۱۰^{-۲}N\,\vec{j}$$

نیرویی که بار ۲ به بار ۳ وارد می کند:

$$F_{۲۳} = k\frac{|q_۲||q_۳|}{r^۲} = ۹\times۱۰^۹ \times \frac{|-۵\times۱۰^{-۶}||+۲\times۱۰^{-۶}|}{۳^۲} = ۱\times۱۰^{-۲}N\,\vec{i}$$

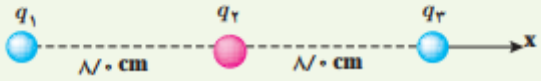
برایند نیروهای برابر است با :

$$F = (۱\times۱۰^{-۲}\,\vec{i} + ۱\times۱۰^{-۲}\,\vec{j})N$$

Garmroudi.ir

دانلود از اپلیکیشن پادرس

۵ بارهای الکتریکی نقطه‌ای $q_1=-4/0nC$ ، $q_2=+5/0nC$ و $q_3=-4/0nC$ مطابق شکل، در جای خود ثابت شده‌اند. نیروی خالص الکتریکی وارد بر هر یک از بارهای q_1 و q_3 را محاسبه کنید.



پاسخ تمرین ۵ : نیروی خالص وارد بر بار q_2 صفر است زیرا وسط خط واصل دو بار هم اندازه قرار دارد.

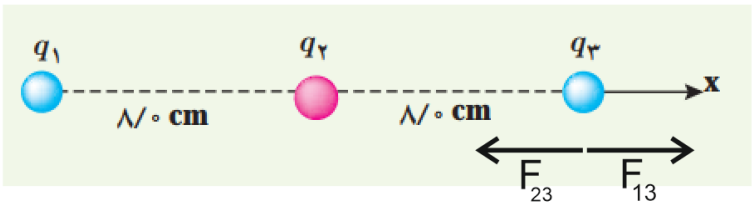
برای پیدا کردن نیروی خالص وارد بر بار q_3 نیروهایی که از طرف بارهای q_2 و q_1 بر این بار وارد می شود را بدست می آوریم :

.

$$F_{13}=k\frac{|q_1||q_3|}{r^2}=9\times10^9\times\frac{|-4\times10^{-9}||-4\times10^{-9}|}{0/16^2}=5/62\times10^{-6}N$$

$$F_{23}=k\frac{|q_2||q_3|}{r^2}=9\times10^9\times\frac{|+5\times10^{-9}||-4\times10^{-9}|}{0/08^2}=2/81\times10^{-5}N$$

جهت نیروها به شکل زیر هستند :



$$F=F_{13}+F_{23}=5/62\times10^{-6}\,\vec{i}-2/81\times10^{-5}\,\vec{i}=-22/4810^{-6}N\,\vec{i}$$

۶ در شکل روبه‌رو، دو گوی مشابه به جرم ۲/۵g و بار یکسان مثبت q در فاصلهٔ ۱/۰ cm از هم قرار دارند، به‌طوری‌که گوی بالایی به حالت معلق مانده است.
الف) اندازهٔ بار q را به‌دست آورید.
ب) تعداد الکترون‌های کنده‌شده از هر گوی چقدر است؟

پاسخ تمرین ۶ : الف: برای اینکه گوی معلق بماند باید نیروی وزن و نیروی الکتریکی یکسان باشد:

دانلود از اپلیکیشن پادرس

$$F_E = F_w$$

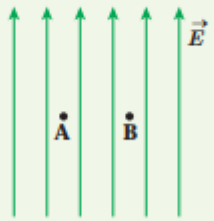
$$k\frac{|q||q|}{r^2} = mg \rightarrow \frac{9\times10^9\times q^2}{(10^{-2})^2} = 2/5\times10^{-3}\times9/8$$

$$q = \sqrt{\frac{24/5\times10^{-7}}{9\times10^9}} = \sqrt{2/72\times10^{-16}} = 1/64\times10^{-8}C$$

ب: تعداد الکترون کنده شده :

$$n = \frac{q}{e} = \frac{1/64\times10^{-8}C}{1/6\times10^{-19}C} = 10^{11}$$

۷ 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.



پاسخ تمرین ۷ : با توجه به رابطه $F = qE$ نیروی الکتریکی در هر دو نقطه یکسان است .

۸ هستهٔ آهن شعاعی در حدود $4/0\times10^{-15}m$ دارد و تعداد پروتون‌های آن ۲۶ عدد است. الف) بزرگی نیروی دافعهٔ بین دو پروتون این هسته که به فاصلهٔ $4/0\times10^{-15}m$ از هم قرار دارند چقدر است؟ ب) اندازهٔ میدان الکتریکی ناشی از هسته در فاصلهٔ $1/0\times10^{-10}m$ از مرکز هسته چقدر است؟

پاسخ تمرین ۸ :

الف: بزرگی نیروی دو پروتون از رابطه زیر بدست می آید :

$$F = k\frac{|q_P||q_P|}{r^2} = 9\times10^9\times\frac{|1/6\times10^{-19}||1/6\times10^{-19}|}{(4\times10^{-15})^2} = 14/4N$$

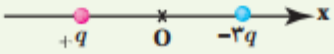
ب: ۲۶ پروتون داخل هسته است پس بار هسته برابر است با : $q = ne = 26\times41/6\times10^{-19}C =$

دانلود از اپلیکیشن پادرس

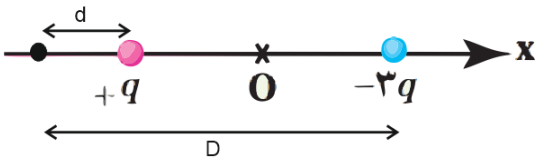
$$E = k\frac{|q|}{r^{۲}} = ۹ \times ۱۰^{۹} \times \frac{۴۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}}{(۱ \times ۱۰^{-۱۰})^{۲}} = ۳/۷۴ \times ۱۰^{۱۲}\ {}^{N}/_{C}$$

۹ شکل زیر، دو ذرّهٔ باردار را نشان می‌دهدکه 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.



پاسخ تمرین ۹ : میدان زمانی صفر است که میدان ناشی از هر دو بار در آن نقطه مساوی و خلاف جهت هم باشند. اگر دو بار الکتریکی مخالف کنار هم قرار گیرند میدان الکتریکی در روی خط واصل دو بار و نزدیک بار کوچکتر صفر می شود.



$$E_{+q} = E_{-۳q}$$

$$k\frac{|+q|}{d^{۲}} = k\frac{|-۳q|}{D^{۲}} \rightarrow \frac{۱}{d^{۲}} = \frac{۳}{(۲a+d)^{۲}} \rightarrow ۳d^{۲} = (۲a+d)^{۲}$$

$$\sqrt{۳}\mathrm{d} = ۲a + d \rightarrow d = \frac{۲\mathrm{a}}{\sqrt{۳}-۱}$$

ب :

$E_{+q} = k\frac{|q|}{a^{۲}}$ در جهت +i (راست)

$E_{-۳q} = k\frac{|-۳q|}{a^{۲}}$ در جهت +i (راست)

میدان کل در نقطه O :

$$E = E_{+q}\,\vec{i} + E_{-۳q}\,\vec{i} = ۴k\frac{q}{a^{۲}}\vec{i}$$

دانلود از اپلیکیشن پادرس

۱۰ در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $۵/۰\times۱۰^{۵}N/C$ که جهت آن قائم و رو به پایین است، ذرهٔ بارداری به جرم $۲/۰g$ معلّق و به حال سکون قرار دارد. اگر $g=۱۰N/kg$ باشد، اندازه و نوع بار الکتریکی ذرّه را مشخص کنید.

پاسخ تمرین ۱۰ : میدان رو به پایین است برای معلق ماندن نیرو رو به بالاست پس بار الکتریکی منفی می باشد. و نیروی وزن و میدان یکسان است پس :

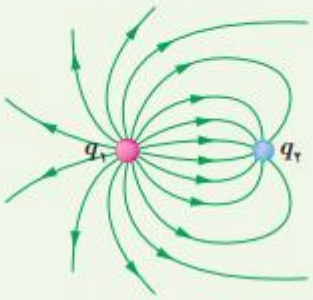
$$F_E = F_w$$

$$qE = mg$$

$$q \times ۵ \times ۱۰^{۵} = ۲ \times ۱۰^{-۳} \times ۱۰$$

$$q = \frac{۲ \times ۱۰^{-۲}}{۵ \times ۱۰^{۵}} = ٤ \times ۱۰^{-۸} C$$

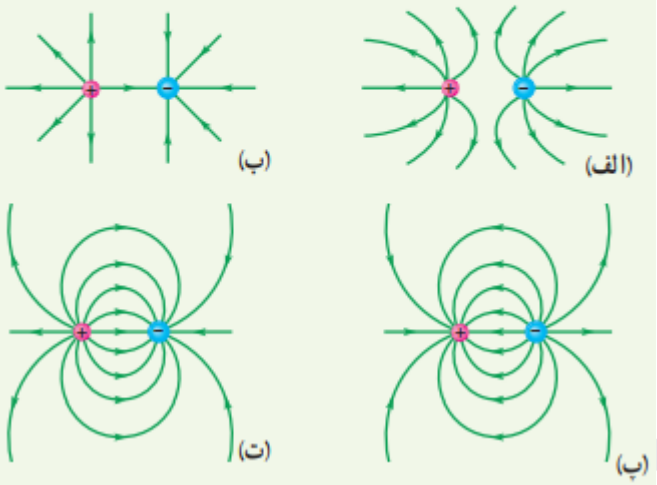
۱۱ خطوط میدان الکتریکی برای دو کرهٔ رسانای باردار کوچک در شکل زیر نشان داده شده است. نوع بار هر کره را تعیین کرده و اندازهٔ آنها را مقایسه کنید.



پاسخ تمرین ۱۱ : بار $q_۱$ مثبت است و بار $q_۲$ منفی است . اندازه بار $q_۱$ بیشتر است زیرا خطوط میدان بیشتری در اطراف آن قرار دارد.

دانلود از اپلیکیشن پادرس

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



پاسخ سوال ۱۲ : الف: نادرست است خطوط میدان به سمت داخل بار منفی می شود.

ب: جهت خطوط درست است اما خطوط بین دو بار به طور کامل رسم نشده است.

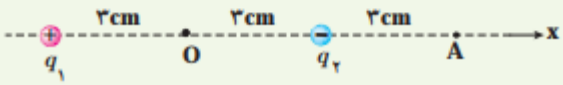
پ: نادرست ، جهت خطوط درست رسم نشده است .

پ: صحیح است .

۱۳ دو بار الکتریکی 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 الکتریکی را در نقطه‌های O و A به‌دست آورید.

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



پاسخ تمرین ۱۳: الف: در نقطه O میدانی که هر دو بار ایجاد می کنند هم اندازه و هم جهت (به سمت راست) می باشد پس میدان خالص جمع میدان های ناشی از این دو بار است :

دانلود از اپلیکیشن پادرس

$$E_۱ = k\frac{|q_۱|}{r^۲}\vec{i} = ۹ \times ۱۰^۹ \times \frac{۱\times۱۰^{-۹}}{(۳\times۱۰^{-۲})^۲}\vec{i} = ۱ \times ۱۰^۴ \, N/C \, \vec{i}$$

$$E_۲ = k\frac{|q_۲|}{r^۲}\vec{i} = ۹ \times ۱۰^۹ \times \frac{۱ \times ۱۰^{-۹}}{(۳ \times ۱۰^{-۲})^۲}\vec{i} = ۱ \times ۱۰^۴ \, N/C \, \vec{i}$$

$$E_{\text{کل}} = E_۱ + E_۲ = ۲ \times ۱۰^۴ \, N/C \, \vec{i}$$

در نقطه A جهت میدان الکتریکی بار $q_۱$ به سمت راست و جهت میدان بار $q_۲$ به سمت چپ می باشد پس داریم :

$$E_۱ = k\frac{|q_۱|}{r^۲}\vec{i} = ۹ \times ۱۰^۹ \times \frac{۱ \times ۱۰^{-۹}}{(۹ \times ۱۰^{-۲})^۲}\vec{i} = ۱/۱ \times ۱۰^۳ \, N/C \, \vec{i}$$

$$E_۲ = -k\frac{|q_۲|}{r^۲}\vec{i} = -۹ \times ۱۰^۹ \times \frac{۱ \times ۱۰^{-۹}}{(۳ \times ۱۰^{-۲})^۲}\vec{i} = -۱ \times ۱۰^۴ \, N/C \, \vec{i}$$

$$E_{\text{کل}} = E_۱ + E_۲ = ۱/۱ \times ۱۰^۳ \, N/C \, \vec{i} - ۱ \times ۱۰^۴ \, N/C \, \vec{i} = -۸/۹ \times ۱۰^۳ \, N/C \, \vec{i}$$

ب: زمانی میدان خالص صفر می شود که اندازه میدان ناشی از هر دو بار هم اندازه و خلاف جهت هم باشند که فقط در وسط دو بار هم اندازه هستند اما در این نقطه هم جهت می باشند پس در هیچ کجای خط واصل دو بار میدان الکتریکی خالص صفر نمی شود.

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

پاسخ تمرین ۱۴: در پدیده القا مولکول های آب قطبیده شده و جذب بادکنک می شوند.

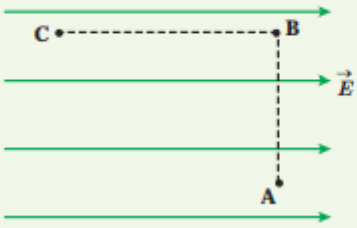
دانلود از اپلیکیشن پادرس

۱۵ مطابق شکل زیر، بار $q=+۵۰nC$ را در میدان الکتریکی یکنواخت $۸/۰\times۱۰^{۵}N/C$ نخست از نقطهٔ A تا نقطهٔ B و سپس تا نقطهٔ C جابه‌جا می‌کنیم. اگر $AB=۰/۲۰m$ و $BC=۰/۴۰m$ باشد، مطلوب است :

الف) نیروی الکتریکی وارد بر بار q،

ب) کاری که نیروی الکتریکی در این جابه‌جایی انجام می‌دهد،

پ) تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار q در این جابه‌جایی.



پاسخ تمرین ۱۵ : الف : نیروی الکتریکی در میدان یکنواخت در تمام نقاط یکسان است :

$$F = qE = ۵ \times ۱۰^{-۸} \times ۸ \times ۱۰^{۵} = ۴ \times ۱۰^{-۲}N$$

ب: در دو مرحله جابجایی صورت می گیرد که کار در جابجایی AB به دلیل اینکه عمود بر راستای میدان الکتریکی است صفر می باشد. پس فقط کار میدان الکتریکی در جابجایی BC را بدست می آوریم:

$$W_{AB} = ۰$$

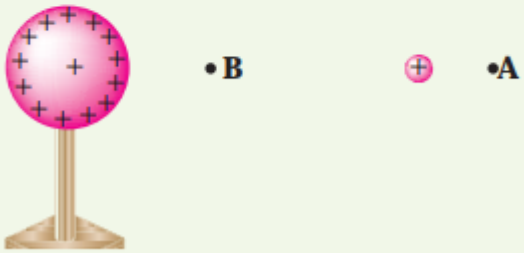
$$W_{BC} = qEd\cos\theta = ۴ \times ۱۰^{-۲} \times ۰/۴ \times \cos ۱۸۰ = -۱/۶ \times ۱۰^{-۲}j$$

پ: تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی برابر با منفی کار انجام شده است پس :

$$\Delta U = W_{BC} = ۱/۶ \times ۱۰^{-۲}j$$

دانلود از اپلیکیشن پادرس

۱۶ در شکل زیر ذرهٔ باردار مثبت و کوچکی را از نقطهٔ A 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) انرژی پتانسیل ذرهٔ باردار در این جابه‌جایی چگونه تغییر می‌کند؟ (پ) پتانسیل نقطه‌های A و B را با هم مقایسه کنید.



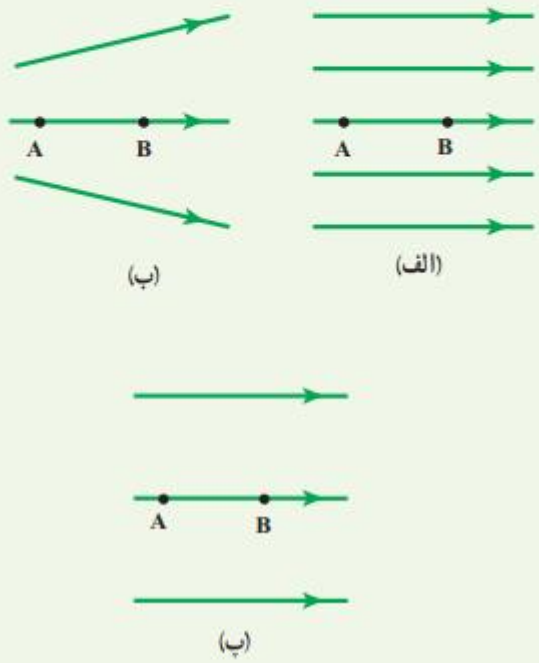
پاسخ تمرین ۱۶ : کار نیروی الکتریکی منفی است زیرا نیروی وارد بر بار مثبت به سمت راست است اما جابجایی برعکس.

ب: تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی برابر با منفی کار نیروی الکتریکی است از آنجایی که کار منفی است پس انرژی پتانسیل الکتریکی افزایش می یابد.

پ: پتانسیل نقطه B بیشتر است زیرا به کره با بار مثبت نزدیک تر است.

دانلود از اپلیکیشن پادرس

۱۷ 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.



پاسخ تمرین ۱۷ : در قسمت الف بیشتر می شود زیرا نیروی الکتریکی وارد بر ذره توسط میدان بیشتر و قوی تر است.

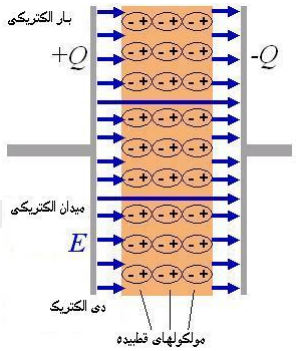
۱۸ دو صفحهٔ رسانا با فاصلهٔ ۲/۰۰ cm را موازی یکدیگر قرار می‌دهیم و آنها را به‌اختلاف پتانسیل ۱۰۰V وصل می‌کنیم. درنتیجه، یکی از صفحه‌ها به‌طور منفی و دیگری به‌طور مثبت باردار می‌شوند و میان دو صفحه میدان الکتریکی یکنواختی به‌وجود می‌آید. اندازهٔ این میدان الکتریکی را حساب کنید و با توجه به جهت خطوط میدان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

پاسخ تمرین ۱۸ : میدان الکتریکی دو صفحه رسانا (خازن) از رابطه زیر بدست می آید :

دانلود از اپلیکیشن پادرس

$$E = \frac{V}{d} = \frac{۱۰۰v}{۰/۰۲m} = ۵۰۰۰\ ^N/_C$$

با توجه به خطوط میدان (هرچه در جهت میدان حرکت کنیم پتانسیل کم می شود) صفحه بار مثبت دارای پتانسیل الکتریکی بیشتری است.



۱۹ بار الکتریکی $q=-۴۰nC$ از نقطه‌ای با پتانسیل الکتریکی $V_۱=-۴۰V$ تا نقطه‌ای با پتانسیل $V_۲=-۱۰V$ 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.

پاسخ تمرین ۱۹ : الف : کاهش می یابد

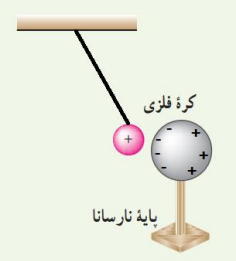
$$\Delta V = V_۲ - V_۱ = \frac{\Delta U_E}{q} \rightarrow \Delta U_E = q\Delta V = -۴۰ \times ۱۰^{-۹}\big(-۱۰ - (-۴۰)\big) = -۱/۲۰۰ \times ۱۰^{-۶} j$$

ب: در اینجا انرژی پتانسیل ذخیره شده در بار الکتریکی به انرژی جنبشی تبدیل می شود و سرعت می گیرد.

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

دانلود از اپلیکیشن پادرس

پاسخ تمرین ۲۰ : در اثر نزدیک شدن به آونگ بار مثبت ، بارهای منفی به سمت آونگ متمایل می شوند (مانند شکل زیر) و چون بارهای ناهم نام به هم نزدیک میشوند آونگ جذب کره می گردد:



۲۱ 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.

پاسخ تمرین ۲۱ : ظرفیت خازن فقط وابسته به ساختمان آن می باشد پس در هر دو حالت الف و ب ظرفیت خازن تغییری نمی کند.

۲۲ 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.

پاسخ تمرین ۲۲ : در حالت اول ظرفیت خازن $C_۱$ اختلاف پتانسیل $V_۱ = ۲۸$ و بار اولیه $Q_۱$ می باشد، با تغییر بار و ولتار ، میزان ظرفیت خازن تغییر نمی کند :

$$C_۱ = C_۲$$

$$\frac{Q_۱}{V_۱} = \frac{Q_۲}{V_۲} \rightarrow \frac{Q_۱}{۲۸} = \frac{Q_۱ + ۱۵ \times ۱۰^{-۶}}{۴۰} \rightarrow Q_۱ = ۳۵ \times ۱۰^{-۶} C$$

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{۳۵ \times ۱۰^{-۶} C}{۲۸ v} = ۱/۲۵ \times ۱۰^{-۶} F$$

دانلود از اپلیکیشن پادرس

۲۳ ظرفیت یک خازن تخت با فاصله 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؟

پاسخ تمرین ۲۳: با استفاده از رابطه ظرفیت خازن :

$$C = \varepsilon_{\circ}\frac{A}{d} \rightarrow A = \frac{Cd}{\varepsilon_{\circ}} = \frac{۱ \times ۱ \times ۱۰^{-۳}}{۸/۸۵ \times ۱۰^{-۱۲}} = ۱/۱۲ \times ۱۰^{۸} m^{۲}$$

می بینیم که برای تهیه خازنی با ظرفیت یک فاراد باید صفحه هایی به مساحت صد میلیون متر مربع فراهم کرد ، در نتیجه در می یابیم که یک فاراد (ظرفیت خازن) واحد بسیار بزرگی است.

۲۴ 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 می شود.

ت) بار روی صفحه‌ها تغییر نمی‌کند.

پاسخ تمرین ۲۴ : الف: با توجه به رابطه $E = \frac{V}{d}$ چون ولتاژ خازن به باتری متصل است ولتاژ ثابت است و با دو برابر شده فاصله ، میدان نصف می شود.

ب: اختلاف پتانسیل میان صفحه ها تغییر نمی کند زیرا همچنان به باتری متصل است و اختلاف پتانسیل خازن همان اختلاف پتانسیل باتری می باشد.

پ: با توجه به رابطه $C = \varepsilon_{\circ}\frac{A}{d}$ با دو برابر شدن d ظرفیت خازن نصف می شود.

ت: با توجه به رابطه $C = \frac{Q}{V}$ چون C نصف شده و V ثابت است پس Q باید نصف شود تا رابطه درست باشد.

دانلود از اپلیکیشن پادرس

۲۵ مساحت هریک از صفحه‌های خازن تختی، $۱/۰۰\,m^۲$ و فاصلهٔ دو صفحه از هم، $۰/۵۰۰\,mm$ است. عایقی با ثابت دی‌الکتریک ۴/۹ بین دو صفحه قرار داده شده است. ظرفیت خازن را تعیین کنید.

پاسخ تمرین ۲۵ : ظرفیت خازن به صورت زیر بدست می آید :

$$C = \kappa\varepsilon_۰\frac{A}{d} = ٤/٩ \times ٨/٨٥ \times ١٠^{-١٢} \times \frac{١}{٥ \times ١٠^{-٤}} = ٨/٦٧ \times ١٠^{-٨}F$$

۲۶ دو صفحهٔ خازن تخت بارداری را به هم وصل می‌کنیم. در نتیجه جرقه‌ای زده می‌شود. حال اگر دوباره صفحات را به همان اندازه باردار 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.

پاسخ تمرین ۲۶ : فرقی نمی کند همان اندازه بار تخلیه می شود.

۲۷ ظرفیت خازن تختی $۲۰nF$ و بار الکتریکی آن $۱۸۰nC$ است.
الف) انرژی ذخیره‌شده در این خازن چقدر است؟
ب) بین صفحات خازن هواست. خازن را از باتری جدا و فاصلهٔ بین صفحه‌های آن را دو برابر می‌کنیم. انرژی ذخیره‌شده در خازن چقدر افزایش می‌یابد؟

پاسخ تمرین ۲۷ : الف : انرژی ذخیره شده در خازن :

$$U_{\text{خازن}} = \frac{١}{٢}\frac{Q^٢}{C} = \frac{١}{٢} \times \frac{(١٨٠ \times ١٠^{-٩})^٢}{٢٠ \times ١٠^{-٩}} = ٨/١ \times ١٠^{-٩}j$$

ب: بار خازن تغییر نمی کند زیرا از باتری جداست ، اما ظرفیت خازن نصف می شود و با توجه به رابطه $U_{\text{خازن}} = \frac{١}{٢}\frac{Q^٢}{C}$ انرژی خازن دو برابر می شود.

دانلود از اپلیکیشن پادرس

پایان

پی نوشت: بی شک این جزوه درسی عاری از اشکال نگارشی و محاسباتی و همچنین غلط های املایی نیست. از شما خوانندگان گرامی تقاظا دارم نقد های خود را برای هر چه بهتر شدن این جزوه و همچنین جزوات بعدی برایمان ارسال فرمایید.

راههای ارتباطی :

سایت : www.garmroudi.ir

تلگرام: https://telegram.me/grmrd

توجه: هر گونه استفاده از مطالب جزوه بدون ذکر منبع و نام نویسنده حرام بوده و پیگرد قانونی دارد..

دانلود از اپلیکیشن پادرس