

## جزوه ی فیزیک - جزوه ی الکتروسیته ساکن و خازن



## ۱- بار الکتریکی

بار الکتریکی از مهم ترین ویژگی های ماده است. همان طور که ماده ی بدون جرم بی معنی است، ماده ی بدون بار هم بی معنی است.

ممکن است این سؤال پیش آید که مواد خنثی چه موادی هستند؟ پاسخ این است که اتم های مواد از سه نوع ذره ی بنیادی به نام های الکترون، پروتون و نوترون تشکیل شده اند و الکترون ها منفی، پروتون ها مثبت و نوترون ها خنثی می باشند.

امروزه اثبات شده است که نوترون ها نیز از ذرات مثبت و منفی تشکیل شده اند. مهم ترین ویژگی بارهای الکتریکی **رانش بارهای هم نام و ربایش بارهای غیر هم نام** است.

## ۲- پایستگی بار الکتریکی

برای باردار کردن یک جسم باید به آن الکترون بدهیم یا از آن الکترون بگیریم. پس برای باردار شدن یک جسم باید جسم دومی هم باردار شود، البته با بار مخالف. طبق این قانون **بار الکتریکی نه از بین می رود نه به وجود می آید، بلکه از جسمی به جسم دیگر منتقل می شود.**

## ۳- بار الکتریکی در اجسام باردار

همه ی اجسام دارای بار الکتریکی هستند. این بارها به صورت منفی (در الکترون ها) و به صورت مثبت (در پروتون ها) قرار دارد. نکته ی مهم این است که در اکثر اجسام مقدار بارهای منفی و مثبت (تعداد الکترون ها و پروتون ها) برابر است و از این رو خنثی (بدون بار) به نظر می رسند.

**جسم باردار جسمی است که تعداد الکترون ها و پروتون هایش برابر نباشد.** اگر تعداد الکترون ها بیشتر باشد جسم دارای بار منفی و اگر تعداد پروتون ها بیشتر باشد جسم دارای بار مثبت است. در گذشته تصور بر این بود که بارهای مثبت (پروتون ها) جابه جا می شوند ولی امروزه اثبات شده است که **انتقال بار فقط از طریق الکترون انجام می پذیرد.**

بار الکترون فوق العاده ناچیز و برابر  $C \times 10^{-19} \times \frac{1}{6}$  می باشد.  $C$  علامت کولن یکای بار الکتریکی است. اگر  $n$  تعداد الکترون یا پروتون اضافی باشد، مقدار بار جسم ( $q$ ) بر حسب کولن از رابطه ی زیر به دست می آید:

$$q = ne$$

$n$  حتماً عددی صحیح است. برای الکترون های اضافی می توان  $n$  را منفی و برای پروتون های اضافی مثبت در نظر گرفت.

## ۴- کوانتومی بودن بار

همان طور که گفته شد بار الکتریکی از زیاد شدن یا کم شدن الکترون های ماده به وجود می آید. از ظاهر سخن چنین برمی آید که جسم نمی تواند به عنوان مثال  $\frac{1}{5}$  الکترون از دست بدهد یا بگیرد. برای همین بود که در رابطه ی  $q = ne$  گفته شد که  $n$  باید عددی صحیح باشد. **به عبارت دیگر بار الکتریکی جسم باید مضرب صحیحی از**

**بار الکترون باشد.** یعنی به عنوان مثال  $C$ ،  $C \times 10^{-19} \times \frac{1}{6}$  و  $C \times 10^{-19} \times \frac{3}{2}$  می تواند باشد و مقادیر میانی این ارقام را نمی تواند بپذیرد. یعنی بار هیچ ماده ای مثلاً  $2 \times 10^{-19}$  کولن نخواهد شد.



## جزوه ی فیزیک - جزوه ی الکتریسیته ساکن و فازن

## ۵- جسم رسانا و نارسانا

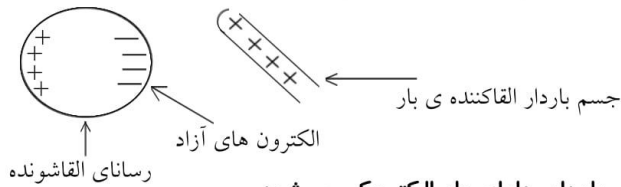
الکترون‌ها در اتم توسط هسته جذب می‌شوند. مقدار این جاذبه در اتم‌های مختلف یکسان نیست. در بعضی مواد این جاذبه بسیار زیاد است و در نتیجه الکترون‌ها در مدار خود ثابت هستند و از آن دور نمی‌شوند. در این اجسام هر نقطه از جسم باردار شود بار در همان جا می‌ماند. به این اجسام **نارسانا** می‌گویند. در گروه مقابل اجسامی هستند که الکترون‌های آن‌ها به راحتی در ماده جابه‌جا می‌شود و از مدار یک هسته به مدار هسته‌ی بعدی می‌روند. به این الکترون‌ها **الکترون آزاد** گفته می‌شود. الکترون‌های آزاد سبب می‌شوند بار الکتریکی بتواند در جسم شارش پیدا کند. به اجسامی که دارای الکترون آزاد هستند و الکتریسیته از آن‌ها شارش می‌یابد **رسانا** می‌گویند.

**اجسام رسانا را به علت شارش بار نمی‌توان به روش مالش باردار نمود.**

## ۶- القای بار الکتریکی

بارهای هم نام هم‌دیگر را دفع می‌کنند و بارهای ناهم‌نام جاذبه دارند. اگر جسم بارداری را به یک رسانا نزدیک کنیم (مثلا دارای بار مثبت) الکترون‌های آزاد رسانا توسط جسم باردار جذب می‌شود و به یک سو کشیده می‌شود. بدین ترتیب یک رسانا دارای بار مثبت و سر دیگر دارای بار منفی می‌شود.

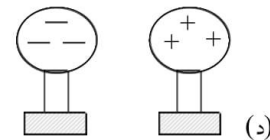
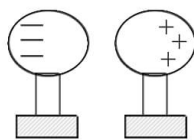
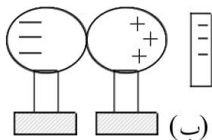
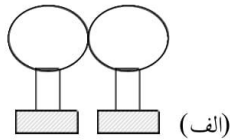
در این فرآیند **رسانا یا نارسانا بودن القاکننده‌ی بار مهم نیست، ولی جسم القا شونده باید رسانا باشد.**



در روش القا جسم رسانا بدون تماس با جسم باردار، دارای بار الکتریکی می‌شود.

## ۷- باردار کردن دو کره با بار مخالف به روش القا

- ۱ - دو کره‌ی رسانا را به هم می‌چسبانیم.
- ۲ - جسم باردار را به یکی از کره‌ها نزدیک می‌کنیم.
- ۳ - دو کره را از هم جدا می‌کنیم.
- ۴ - جسم باردار را از کره دور می‌کنیم.





## جزوه ی فیزیک - جزوه ی الکتروسیته ساکن و فازن

## ۸- آذرخش یا تخلیه ی الکتریکی

**ابرها در اثر مالش با هوا دارای بار الکتریکی می شوند.** در اکثر موارد سطح زیرین ابر بار منفی دارد. زمانی که دو سمت ابر با بارهای ناهمنام به هم نزدیک می شوند تخلیه ی الکتریکی انجام می شود که حاصل آن نور و صدای شدید (رعد و برق) یا همان آذرخش است.

گاهی تخلیه ی الکتریکی بین ابر و زمین انجام می شود. برای جلوگیری از آثار مخرب آذرخش یک میله ی بلند را روی ساختمان های مرتفع نصب می کنند و با کابل مسی ضخیم آن را به عمق زمین می کشند. بدین ترتیب بار تخلیه شده به زمین منتقل شده و به ساختمان و ساکنین آن صدمه نمی زند.

## ۹- تمرکز بار در رسانا

بار در نقاط نوک تیز بهتر جمع می شود، در نتیجه تخلیه از طریق این نقاط بهتر انجام می گیرد. از این خاصیت در رسانای آذرخش، چرخ الکتریکی، آونگ الکتریکی، تخلیه ی بار جمع شده در بدنه ی هواپیما و ... استفاده می شود.

## ۱۰- اختلاف پتانسیل الکتریکی

دو مخزن آب را که در ارتفاع های غیر مساوی قرار دارند با هم ارتباط می دهیم. آب از مخزن بالاتر به مخزن پایین منتقل می شود. در این مساله جرم آب مخزن ها اهمیت ندارد.

دو کره ی هم اندازه و دارای بار نامساوی را به هم اتصال می دهیم. بار از کره ی دارای بار بیشتر به کره ی دارای بار کمتر می رود. چرا که پتانسیل کره ی پر بارتر بیشتر از دیگری است.

دو کره ی نامساوی و هم بار را با هم اتصال می دهیم. بار از کره ی کوچکتر به کره ی بزرگتر منتقل می شود. چرا که پتانسیل کره ی کوچکتر بیشتر از دیگری است.

پتانسیل الکتریکی در اصل انرژی هر ذره ی باردار در جسم می باشد. در انتقال بار از یک رسانا به رسانای دیگر مقدار بار هیچ اهمیتی ندارد، بلکه انرژی الکتریکی هر ذره است که دارای اهمیت است.

**به اختلاف انرژی الکتریکی هر ذره ی باردار در دو وضعیت مختلف، اختلاف پتانسیل الکتریکی گفته می شود.**

اختلاف پتانسیل الکتریکی میان دو جسم، عامل شارش بار الکتریکی از یک جسم به جسم دیگر است. یکای اختلاف پتانسیل الکتریکی ولت (V) است. پتانسیل الکتریکی جسم به نوع و اندازه ی بار و شکل هندسی جسم بستگی دارد.

## ۱۱- ولتاژ اسمی دستگاه

برای کار هر وسیله ی الکتریکی باید بین دو سر آن اختلاف پتانسیل الکتریکی ایجاد شود. روی هر وسیله ی الکتریکی دو عدد، مثلاً  $220V - 60W$  نوشته شده است. عبارت  $220V$  به این معنا است که مناسب ترین اختلاف پتانسیل برای کار این وسیله  $220$  ولت می باشد. اختلاف پتانسیل مناسب هر دستگاه به ساختمان درونی دستگاه بستگی دارد و به آن ولتاژ اسمی دستگاه می گویند.

## بار الکتریکی

۱۲-

واحد بار الکتریکی «کولن» نام دارد که با نماد «C» نشان داده می شود. اندازه ی بار الکتریکی الکترون یا پروتون که با

$$e = 1/6 \times 10^{-19} C$$

نماد «e» نشان داده می دهیم برابر است با:

## اتم خنثی

۱۳-

در حالت عادی تعداد پروتون های موجود در هسته ی هر اتم با تعداد الکترون های آن اتم برابر است، لذا در حالت عادی اتم از نظر الکتریکی خنثی است.



## جزوه ی فیزیک - جزوه ی الکتروسیته ساکن و فازن

- ۱۴- از دست دادن الکترون  
جسمی که  $n$  الکترون از دست می دهد، تعداد الکترون هایش کم تر از تعداد پروتون هایش می شود و جسم به اندازه ی  $ne$  بار الکتریکی مثبت پیدا می کند.  
 $q = + ne$  : بار الکتریکی جسمی که  $n$  الکترون از دست داده است.
- ۱۵- گرفتن الکترون  
جسمی که  $n$  الکترون گرفته است، تعداد الکترون هایش بیش تر از تعداد پروتون هایش می شود و جسم به اندازه ی  $ne$  بار الکتریکی منفی پیدا می کند.  
 $q = - ne$  : بار الکتریکی جسمی که  $n$  الکترون گرفته است.
- ۱۶- باردار شدن اجسام بر اثر مالش  
در اثر مالش دو جسم خنثی به یکدیگر، اجسام دارای بار الکتریکی هم اندازه با علامت مخالف می شوند.
- ۱۷- جسم رسانا  
در موادی که تعداد الکترون های آزاد آن بسیار زیاد است بار الکتریکی به آسانی شارش پیدا می کند، که آن ها را رسانای الکتریکی می نامند.  
در کلیه ی فلزها، کربن، بدن انسان، سطح زمین و ... بار الکتریکی شارش پیدا می کند (جریان می یابد) و آن ها رسانای الکتریکی هستند.
- ۱۸- نارسانا  
در اجسامی که الکترون ها به سختی به هسته ی اتم وابسته اند، تعداد الکترون های آزاد بسیار ناچیز است و در این اجسام الکترون ها نمی توانند آزادانه حرکت کنند. این اجسام، که بار الکتریکی را از خود عبور نمی دهند، نارسانای الکتریکی یا عایق نامیده می شوند.  
در جسم هایی مانند شیشه، پلاستیک، چینی، ابریشم، چوب، همه ی گازها از جمله هوای خشک و ... بار الکتریکی شارش پیدا نمی کند (جریان نمی یابد) و این مواد نارسانا هستند.
- ۱۹- پایداری بار الکتریکی  
بار الکتریکی به وجود نمی آید و از بین نمی رود و فقط از یک جسم به جسم دیگر منتقل می شود، این بیان را پایداری بار الکتریکی می نامیم.
- ۲۰- باردار کردن الکتروسکوپ  
اگر جسم بارداری را به یک الکتروسکوپ تماس دهیم، الکتروسکوپ دارای باری با همان علامت می شود.
- ۲۱- نزدیک کردن جسم باردار با بار هم نام به الکتروسکوپ باردار  
در این حالت وقتی جسم به الکتروسکوپ باردار نزدیک می شود، مشاهده می کنیم که انحراف ورقه بیش تر می گردد.
- ۲۲- نزدیک کردن جسم باردار با بار ناهم نام به الکتروسکوپ باردار  
در این حالت وقتی جسم به الکتروسکوپ باردار نزدیک می شود، مشاهده می کنیم که انحراف ورقه ابتدا کاهش یافته به تیغه می چسبد و سپس دوباره انحراف افزایش می یابد.

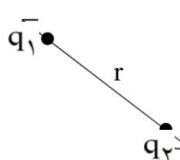


جزوه ی فیزیک - جزوه ی الکتروسیته ساکن و فازن

-۲۳

قانون کولن

اگر دو بار نقطه‌ای  $q_1$  و  $q_2$  به فاصله‌ی  $r$  از یکدیگر قرار گیرند نیرویی مثل  $F$  به هم وارد می‌کنند که:

$$F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2} \Rightarrow \begin{cases} F \propto |q_1 q_2| \\ F \propto \frac{1}{r^2} \end{cases} \xrightarrow[\text{معین در فاصله های مختلف}]{\text{مقایسه نیروی دو بار}} \frac{F_2}{F_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$$


اگر دو کره‌ی رسانا و مشابه باردار که بار الکتریکی هر یک برابر  $q_1$  و  $q_2$  است به یکدیگر متصل شوند، بار الکتریکی به طور مساوی بین آن‌ها تقسیم می‌شود و در نتیجه بار الکتریکی هر کره پس از تماس از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود.

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \quad (\text{ثابت کولن})$$

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2 \quad (\text{ضریب گذردهی الکتریکی خلا})$$

-۲۴

اتصال دو کره‌ی رسانای مشابه به یکدیگر

اگر دو کره‌ی رسانا و مشابه باردار که بار الکتریکی هر یک برابر  $q_1$  و  $q_2$  است به یکدیگر متصل شوند، بار الکتریکی به طور مساوی بین آن‌ها تقسیم می‌شود و در نتیجه بار الکتریکی هر کره پس از تماس از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود.

$$q' = \frac{q_1 + q_2}{2} \rightarrow$$

-۲۵

نیروی وارد بر بار الکتریکی از طرف میدان الکتریکی

اگر یک بار الکتریکی نقطه‌ای که اندازه‌ی آن برابر  $q$  است در یک میدان الکتریکی قرار گیرد، از طرف میدان نیرویی به آن وارد می‌شود که برای بار مثبت در جهت میدان و برای بار منفی در خلاف جهت میدان الکتریکی است.

$$F = Eq$$

-۲۶

میدان الکتریکی اطراف بار نقطه‌ای

میدان الکتریکی در فضای اطراف یک بار را می‌توان با خط‌هایی جهت‌دار نشان داد که در اطراف بار مثبت این خط‌ها از بار دور می‌شوند و در اطراف بار منفی به بار نزدیک می‌گردند و بزرگی این میدان در فاصله‌ی  $r$  از بار نقطه‌ای  $q$  از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌گردد:



$$|E| = k \frac{|q|}{r^2} \Rightarrow \begin{cases} E \propto |q| \\ E \propto \frac{1}{r^2} \end{cases}$$





جزوه ی فیزیک - جزوه ی الکتروسیته ساکن و فازن

-۲۷

میدان الکتریکی صفر روی خط واصل دو بار نقطه‌ای

فرض کنید دو بار الکتریکی  $q_1$  و  $q_2$  به فاصله  $d$  واقع‌اند، اگر هم‌نام باشند، میدان الکتریکی برآیند روی خط واصل بارها در فاصله‌ی بین آن‌ها و اگر ناهم‌نام باشند، میدان خارج فاصله‌ی آن‌ها و در امتداد خط واصل بارها صفر خواهد شد. این نقطه همیشه در نزدیکی باری است که قدرمطلق آن کوچک‌تر است.

(بین دو بار هم نام و نزدیک به بار کوچک  $q_1 < q_2$ )

$$E_T = 0 \quad r_1 = x \quad r_2 = d - x$$

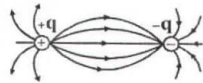
(خارج از فاصله‌ی دو بار ناهم‌نام و در سمت بار کوچکتر)  $q_1 < |q_2|$

$$E_T = 0 \quad r_1 = x \quad r_2 = d + x$$

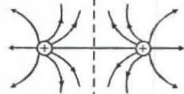
-۲۸

تجسم میدان الکتریکی اطراف بارها

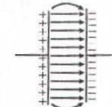
- میدان الکتریکی اطراف جسم باردار را با خطوط میدان نشان می‌دهیم. این خطوط دارای ویژگی‌های زیر هستند:
- جهت خطوط هم‌جهت با نیروی وارد بر بار مثبت است.
  - جهت میدان خطی مماس بر خط میدان و هم‌جهت با خط میدان است.
  - در هر ناحیه که میدان قوی‌تر است، خطوط میدان به هم نزدیک‌ترند.
  - خطوط میدان هم‌دیگر را قطع نمی‌کنند. از هر نقطه از فضا یک خط میدان می‌گذرد.



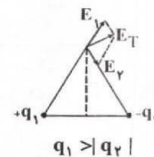
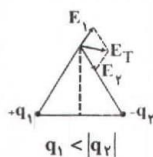
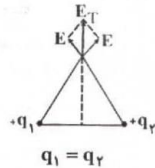
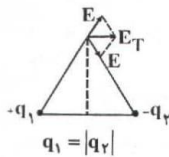
میدان الکتریکی اطراف دو بار ناهم‌نام با بزرگی یکسان



میدان الکتریکی اطراف دو بار هم‌نام با بزرگی یکسان



میدان الکتریکی یکنواخت بین دو صفحه‌ی خازن





## جزوه ی فیزیک - جزوه ی الکتروسیته ساکن و فازن

۲۹- ۱- بار الکتریکی فقط روی سطح خارجی جسم رسانا توزیع می‌شود، به طوری که تراکم آن در نقاط تیز جسم رسانا بیش تر می‌باشد.

۲- روی سطح یک کره رسانا، بار الکتریکی به طور یکنواخت توزیع می‌شود.

۳- بار الکتریکی موجود در واحد سطح خارجی جسم رسانا را **چگالی سطحی** بار می‌نامیم و طبق رابطه‌ی زیر قابل محاسبه است.

$$\sigma = \frac{q}{A}$$

بار توزیع شده روی سطح رسانا (کولن)  $\rightarrow$  مساحت سطح رسانا (مترمربع)  $\leftarrow$   
چگالی سطحی بار (کولن بر مترمربع)

## ۳۰- چگالی سطحی بار الکتریکی در کره ی رسانا

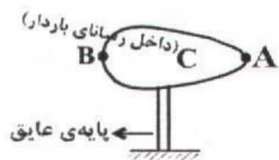
اگر بار الکتریکی روی سطح یک کره ی رسانا به شعاع  $R$  توزیع شده باشد، با توجه به رابطه‌ی  $A = 4\pi R^2$  برای

$$\sigma = \frac{q}{4\pi R^2} \Rightarrow \sigma \propto \frac{q}{R^2}$$

مساحت کره می‌توان نوشت:

## ۳۱- پتانسیل الکتریکی جسم رسانای باردار

کلیه ی نقاط یک جسم رسانای باردار (چه روی سطح رسانا و چه داخل رسانا) پتانسیل الکتریکی یکسانی دارند.



$$V_A = V_B = V_C \text{ (پتانسیل الکتریکی)}$$

## ۳۲- تعریف پتانسیل الکتریکی

برای هر نقطه از یک میدان الکتریکی می‌توان کمیتی به نام پتانسیل الکتریکی تعریف نمود که برابر مقدار انرژی واحد بار الکتریکی در آن نقطه می‌باشد.

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

انرژی پتانسیل الکتریکی (ژول)  $\rightarrow$  پتانسیل الکتریکی (ولت)  $\leftarrow$   
بار الکتریکی (کولن)  $\rightarrow$

## ۳۳- تغییر انرژی پتانسیل و کار میدان الکتریکی

برای آن که یک بار الکتریکی با سرعت ثابت حرکت داده شود باید نیروی هم اندازه‌ی نیروی الکتریکی و در خلاف آن به بار الکتریکی وارد آوریم و با توجه به قانون‌های کار و انرژی، کاری که ما انجام می‌دهیم برابر تغییر انرژی بار الکتریکی است.

$$W = Fd \cos \alpha \quad \Rightarrow \quad \Delta U = W \text{ (کار ما)} \quad \text{یا} \quad \Delta U = -W' \text{ (کار میدان)}$$

کاری که ما انجام می‌دهیم  $\Rightarrow$  کاری که نیروی الکتریکی انجام می‌دهد

## ۳۴- تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی

هر گاه در یک جابه‌جایی انرژی پتانسیل الکتریکی بار آزاد شود، یعنی  $\Delta U < 0$  و هرگاه انرژی پتانسیل الکتریکی ذخیره شود، یعنی  $\Delta U > 0$  است.



## جزوه ی فیزیک - جزوه ی الکتروسیته ساکن و خازن

-۳۵

## تغییر پتانسیل الکتریکی در میدان الکتریکی

هرگاه جابه‌جایی بار الکتریکی در جهت میدان الکتریکی باشد، پتانسیل الکتریکی کاهش و هرگاه در خلاف جهت میدان الکتریکی باشد، پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد.

-۳۶

## تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی در میدان الکتریکی

هرگاه بار الکتریکی در یک میدان الکتریکی در جهتی که خودش می‌تواند برود (یعنی در جهت نیروی الکتریکی) جابه‌جا گردد، انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد (آزاد می‌شود) و اگر ما آن را در خلاف جهتی که خودش می‌خواهد برود (یعنی در خلاف جهت نیروی الکتریکی) جابه‌جا کنیم، انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد (ذخیره می‌شود).

-۳۷

## تعریف ظرفیت خازن

نسبت بار ذخیره شده در خازن به اختلاف پتانسیل دو سر خازن (ولتاژ) مقداری ثابت است که به آن ظرفیت خازن می‌گویند و واحد آن در SI برابر کولن بر ولت است که فاراد نامیده می‌شود.

$$\text{کولن} \rightarrow q \rightarrow C = \frac{q}{V} \rightarrow \text{ولت} \leftarrow \text{فاراد}$$

-۳۸

## ظرفیت خازن مسطح

ظرفیت خازن به تغییرات بار الکتریکی اختلاف پتانسیل دو سر آن بستگی ندارد و ظرفیت خازن مسطح از رابطه‌ی  $C = k\epsilon \cdot \frac{A}{d}$  به دست می‌آید.  $A$  سطح مشترک صفحه‌ها،  $d$  فاصله‌ی دو صفحه از یکدیگر و  $k$  ضریب دی‌الکتریک (عایق) بین دو صفحه می‌باشد. برای مقایسه‌ی ظرفیت الکتریکی دو خازن می‌توان نوشت:

$$C = K\epsilon \cdot \frac{A}{d} \Rightarrow \frac{C'}{C} = \frac{k'}{k} \times \frac{A'}{A} \times \frac{d}{d'}$$

-۳۹

## قرار دادن صفحه‌ی رسانا بین صفحه‌های خازن

وقتی بین دو صفحه‌ی خازنی که فاصله آن‌ها برابر  $d$  است، یک صفحه‌ی فلزی به ضخامت  $d'$  قرار می‌دهیم، در واقع مانند این است که از ضخامت عایق بین دو صفحه کاسته شده است و در نتیجه ظرفیت الکتریکی خازن افزایش می‌یابد:

$$\begin{cases} d_1 = d \\ d_2 = d - d' \end{cases} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{d}{d - d'}$$

-۴۰

## خازن متصل به مولد

وقتی یک خازن به دو سر یک مولد متصل است، اختلاف پتانسیل دو صفحه‌ی خازن همواره برابر اختلاف پتانسیل دو سر مولد می‌باشد و ثابت است و در این حالت با تغییر مشخصات ساختمانی خازن، ولتاژ آن ثابت می‌ماند.

-۴۱

## خازن پرشده‌ی جدا از مولد

اگر یک خازن پرشده از مولد جدا شود، یا تغییر مشخصات ساختمانی آن بار الکتریکی خازن تغییر نمی‌کند.

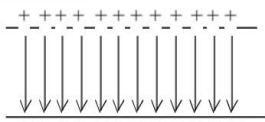


جزوه ی فیزیک - جزوه ی الکتروسیته ساکن و خازن



میدان الکتریکی یکنواخت خازن

-۴۲



هرگاه دو صفحه ی مسطح، موازی هم قرار داشته باشند و دو صفحه دارای بارهای هم اندازه و ناهم نام باشند، بین دو صفحه میدان الکتریکی یکنواخت بوجود می آید که سوی آن از صفحه ی مثبت به طرف صفحه ی منفی است.

محاسبه ی میدان یکنواخت خازن

-۴۳

برای خازن مسطحی که فاصله ی دو صفحه ی آن برابر  $d$  و اختلاف پتانسیل دو صفحه برابر  $V$  است، اندازه ی میدان الکتریکی از رابطه ی زیر محاسبه می شود.

$$E = \frac{V}{d} \rightarrow \text{ (ولت) اختلاف پتانسیل دو صفحه} \leftarrow \text{میدان الکتریکی یکنواخت (ولت بر متر یا نیوتن بر کولن)}$$

نیروی وارد بر بار الکتریکی در بین صفحه ی خازن

-۴۴

از طرف میدان الکتریکی خازن به بار الکتریکی مثبت نیرویی در جهت میدان (از صفحه دارای بار مثبت به طرف صفحه دارای بار منفی) و به بار منفی نیرویی در خلاف جهت میدان وارد می شود.

$$F = qE \Rightarrow F = q \frac{V}{d}$$

رابطه ی میدان الکتریکی یکنواخت و اختلاف پتانسیل الکتریکی

-۴۵

در یک میدان الکتریکی یکنواخت، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه با فاصله ی آن در امتداد میدان الکتریکی متناسب است.

$$E = \frac{V}{d} \Rightarrow V = Ed$$

$$\left( d_{AB} = \frac{1}{3}d \text{ : مثلاً اگر داشته باشیم} \right) \Rightarrow V_{AB} = Ed_{AB} = E \left( \frac{1}{3}d \right) \Rightarrow V_{AB} = \frac{1}{3}V$$

انرژی ذخیره شده در خازن

-۴۶

وقتی خازنی را با ولتاژ معین پر می کنیم انرژی الکتریکی توسط خازن ذخیره می شود. انرژی ذخیره شده بین دو صفحه ی یک خازن طبق رابطه های زیر قابل محاسبه است:

$$U = \frac{1}{2} q V$$

$$q = CV \Rightarrow U = \frac{1}{2} CV^2$$

$$V = \frac{q}{C} \Rightarrow U = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C}$$



جزوه ی فیزیک - جزوه ی الکتروسیته ساکن و خازن

-۴۷

تغییر مشخصات یک خازن پر شده

هر گاه مشخصات ساختمانی یک خازن پر شده را تغییر می‌دهیم، طبق رابطه ی  $C = k\epsilon \cdot \frac{A}{d}$  می‌توان نحوه ی تغییر ظرفیت الکتریکی آن را معین نمود. اما بررسی تغییرات  $q$ ،  $V$ ،  $E$  و  $U$  باید توجه داشته باشید که:

۱- اگر خازن به مولد وصل باشد، همواره  $V$  را ثابت فرض کنید و سپس تغییرات  $q$  و  $E$  و  $U$  را به ترتیب طبق رابطه‌های  $q = CV$  و  $E = \frac{V}{d}$  و  $U = \frac{1}{2}CV^2$  تعیین کنید.

۲- اگر خازن به مولد وصل نباشد، همواره  $q$  را ثابت فرض کنید و سپس تغییرات  $V$  و  $E$  و  $U$  را به ترتیب طبق رابطه‌های  $V = \frac{q}{C}$  و  $E = \frac{V}{d}$  و  $U = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C}$  تعیین کنید.

-۴۸

به هم بستن خازن‌ها

(ظرفیت معادل خازن‌های متوالی)	$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$	$\begin{cases} C_T < C_1 \\ C_T < C_2 \\ C_T < C_3 \end{cases}$	$C_T = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$ (ظرفیت معادل دو خازن متوالی)
			$C_T = C_n$ (ظرفیت معادل n خازن مشابه و متوالی)
(ظرفیت معادل خازن‌های موازی)	$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$	$\begin{cases} C_T > C_1 \\ C_T > C_2 \\ C_T > C_3 \end{cases}$	$C_T = mC$ (ظرفیت معادل m خازن مشابه و موازی)

-۴۹

تغییر در ظرفیت معادل مدارهای خازنی

وقتی یک خازن به طور متوالی به مجموعه خازن‌های مدار اضافه شود، ظرفیت خازن معادل مدار کاهش می‌یابد. وقتی یک خازن به طور موازی به مجموعه خازن‌های مدار اضافه شود، ظرفیت خازن معادل افزایش می‌یابد. وقتی بدون تغییر در تعداد خازن‌های مدار، ظرفیت یکی از خازن‌های مدار افزایش یابد، صرف‌نظر از نوع قرار گرفتن این خازن در مدار، ظرفیت معادل افزایش می‌یابد.

-۵۰

اثر کلید در مدارهای خازنی (۱)

گاهی بسته شدن یک کلید، خازنی را از مدار خارج می‌کند. در این حالت باید با بسته شدن کلید، دو سر خازن مورد نظر با یک سیم به هم وصل گردد.





## جزوه ی فیزیک - جزوه ی الکتروسیسته ساکن و خازن

-۵۱

## اثر کلید در مدارهای خازنی (۲)

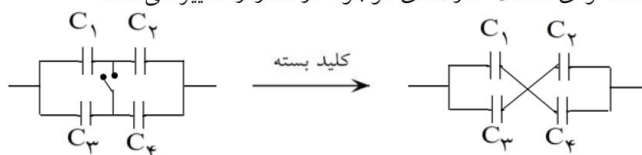
گاهی بسته شدن یک کلید، خازنی را به طور موازی اضافه می کند. در این حالت با بسته شدن کلید، دو سر خازن مورد نظر به دو سر خازنی که در مدار است وصل می گردد.



-۵۲

## اثر کلید در مدارهای خازنی (۳)

گاهی بسته شدن یک کلید، نحوه ی اتصال خازن های موجود در مدار را تغییر می دهد.



## -۵۳ تعریف کمی میدان

نیروی وارد بر یکای بار الکتریکی مثبت را در هر نقطه، میدان الکتریکی در آن نقطه می نامیم. مقدار آن طبق رابطه ی

$$\vec{E} = \frac{1}{q} \vec{F}$$

روبهرو محاسبه می شود:

## -۵۴ اختلاف پتانسیل الکتریکی

اختلاف پتانسیل الکتریکی دو نقطه، برابر با تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی یکای بار الکتریکی مثبت است، وقتی یکای بار از نقطه ی اول تا نقطه ی دوم جابه جا می شود.

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

در این رابطه  $\Delta U$  برحسب ژول (J)،  $q$  برحسب کولن (C) و  $\Delta V$  برحسب ولت (V) است.

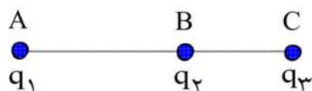
## -۵۵ فروشکست

اگر بار الکتریکی خازن از مقدار معینی بیش تر شود، یک میدان الکتریکی بسیار قوی بین دو صفحه ایجاد می شود. این میدان الکتریکی باعث می شود که دی الکتریک بین دو صفحه به طور موقت رسانا شود. در اثر این پدیده خازن تخلیه می شود. این پدیده را فروشکست دی الکتریک می نامند. پدیده ی فروشکست باعث تغییر ماهیت یا سوراخ شدن دی الکتریک و سوختن خازن می شود.

## جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده ی فازن و الکتریسیته ساکن



۱- سه ذره با بارهای الکتریکی  $q_1 = +2/5 \mu C$  ،  $q_2 = -1 \mu C$  و  $q_3 = +4 \mu C$  در نقطه‌های A و B و C در شکل زیر ثابت شده‌اند. نیروی وارد بر  $q_1$  را به دست آورید.  $BC = 2 \text{ cm}$  و  $AC = 6 \text{ cm}$ .



بار  $q_1$  توسط بار  $q_3$  جذب و توسط بار  $q_2$  دفع می‌شود.

$$F_{21} = K \frac{q_2 q_1}{AB^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{1 \times 10^{-6} \times 2/5 \times 10^{-6}}{(4 \times 10^{-2})^2} = \frac{225}{16} \text{ N}$$

$$F_{31} = K \frac{q_3 q_1}{AC^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6} \times 2/5 \times 10^{-6}}{(6 \times 10^{-2})^2} = 25 \text{ N}$$

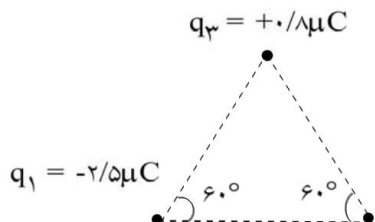
$$F_{31} > F_{21} \Rightarrow F_T = F_{31} - F_{21} = 25 - \frac{225}{16} = \frac{175}{16} \text{ N}$$

جهت برآیند نیروهای وارد بر  $q_1$  هم‌جهت با نیرویی است که  $q_3$  به آن وارد می‌کند و در شکل به سمت چپ است.

جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده ی فازن و الکتریسیته ساکن



۲- سه ذره ی باردار، مطابق شکل زیر در سه رأس مثلث متساوی الاضلاعی به ضلع  $6\text{cm}$  ثابت شده‌اند. نیروهای وارد بر بارهای الکتریکی  $q_1$  و  $q_2$  را محاسبه کنید.



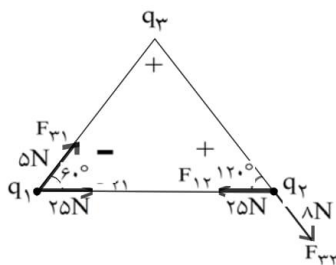
نیروی متقابل هر دو بار را به دست آورید.

$$F_{32} = 9 \times 10^9 \times \frac{0.8 \times 10^{-6} \times 2.5 \times 10^{-6}}{(6 \times 10^{-2})^2} = 8 \text{ N}$$

$$F_{21} = 9 \times 10^9 \times \frac{2.5 \times 10^{-6} \times 0.8 \times 10^{-6}}{(6 \times 10^{-2})^2} = 25 \text{ N}$$

$$F_{13} = 9 \times 10^9 \times \frac{2.5 \times 10^{-6} \times 0.8 \times 10^{-6}}{(6 \times 10^{-2})^2} = 8 \text{ N}$$

به بارهای  $q_1$  و  $q_2$  مطابق شکل نیرو وارد می‌شود و داریم:



$$F_{T1} = \sqrt{25^2 + 8^2 + 2 \times 25 \times 8 \times \cos 60^\circ}$$

$$\Rightarrow F_{T1} = \sqrt{625 + 64 + 200} = \sqrt{889} = \sqrt{25 \times (25 + 1 + 8)}$$

$$\Rightarrow F_{T1} = 5\sqrt{31} \text{ N}$$

$$F_{T2} = \sqrt{25^2 + 8^2 + 2 \times 25 \times 8 \times \cos 120^\circ}$$

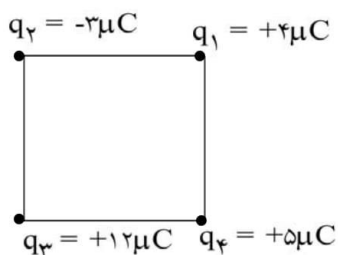
$$\Rightarrow F_{T2} = \sqrt{625 + 64 - 200} = \sqrt{489} \text{ N}$$



جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده ی فازن و الکتریسیته ساکن



۳- مطابق شکل زیر، چهار بار الکتریکی در رأس‌های مربعی به ضلع ۶cm قرار دارند. نیروی الکتریکی وارد بر  $q_4$  را محاسبه کنید.



$$F_{14} = F_{21} = 50 \text{ N}$$

$$F_{24} = k \frac{q_2 q_4}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{3 \times 10^{-6} \times 5 \times 10^{-6}}{36 \times 2 \times 10^{-4}} = 18.75 \text{ N}$$

$$F_{34} = k \frac{q_3 q_4}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{12 \times 10^{-6} \times 5 \times 10^{-6}}{36 \times 10^{-4}} = 150 \text{ N}$$

هر یک از نیروها را بر حسب بردار یکه می‌نویسیم، سپس آن‌ها را به روش بردار یکه با هم جمع می‌کنیم.

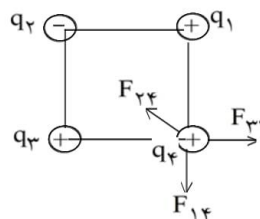
$$\vec{F}_{14} = -50 \hat{j}$$

$$\vec{F}_{24} = (18.75 \cos 45) (-\hat{i} + \hat{j}) \Rightarrow \vec{F}_{24} \approx 13 (-\hat{i} + \hat{j})$$

$$\vec{F}_{34} = 150 \hat{i}$$

$$\vec{F}_T = \vec{F}_{14} + \vec{F}_{24} + \vec{F}_{34}$$

$$\vec{F}_T = 137\hat{i} - 37\hat{j} \Rightarrow F_T = \sqrt{(137)^2 + (37)^2} = 142 \text{ N}$$

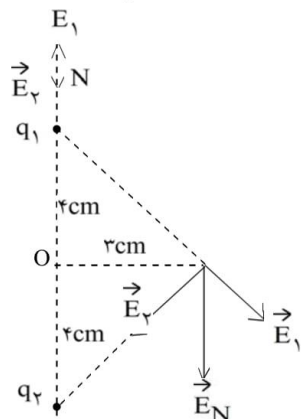


برآیند نیروهای وارد بر بار  $q_4$  برابر ۱۴۲ نیوتون است.

جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده ی فازن و الکتریسته ساکن



۴- دو بار الکتریکی ذره‌ای  $q_1 = -q_2 = +5\mu\text{C}$  در فاصله‌ی  $8\text{cm}$  از یک‌دیگر ثابت شده‌اند. میدان الکتریکی حاصل از دو قطبی را در نقطه‌ی روی محور دو قطبی و به فاصله‌ی  $5\text{cm}$  از مرکز دو قطبی (نقطه‌ی N در شکل زیر) به دست آورید.

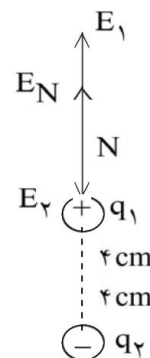


$$r_1 = 1\text{cm} , r_2 = 5 + 4 = 9\text{cm}$$

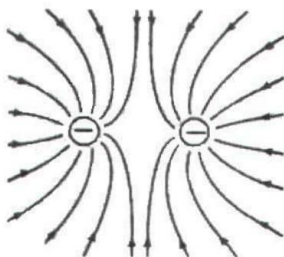
$$\text{در نقطه N} \begin{cases} E_1 = k \frac{q_1}{r_1^2} = 9 \times 10^9 \frac{5 \times 10^{-6}}{10^{-4}} = 4/5 \times 10^9 \text{ N/C} \\ E_2 = k \frac{q_2}{r_2^2} = 9 \times 10^9 \frac{5 \times 10^{-6}}{81 \times 10^{-4}} = 0.55 \times 10^9 \text{ N/C} \end{cases}$$

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

$$E_N = E_1 - E_2 = 4/5 \times 10^9 - 0.55 \times 10^9 = 4/43 \times 10^9 \text{ N/C}$$



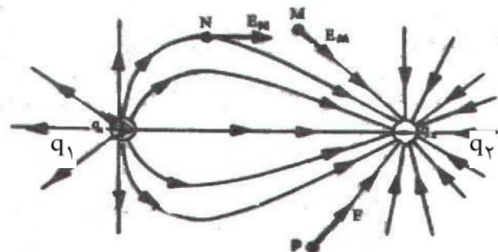
۵- میدان الکتریکی را در اطراف دو بار الکتریکی منفی و هم‌اندازه رسم کنید.



جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده ی فازن و الکتروسیته ساکن



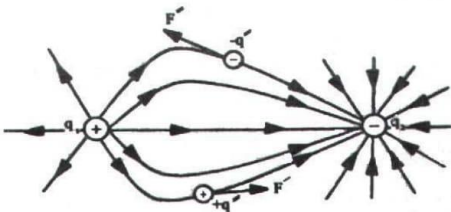
۶- با توجه به ویژگی‌های خطهای میدان الکتریکی، خطهای میدان را در اطراف دو بار الکتریکی نقطه‌ای مثبت  $q_1$  و منفی  $q_2$  با فرض  $|q_2| > |q_1|$ ، رسم کنید.  
خطوط میدان الکتریکی در اطراف بار  $q_2$  بیشتر است.



۷- بردار میدان الکتریکی را در چند نقطه روی شکل نشان دهید.

در نقاط  $M$ ،  $N$  و  $P$  بردار میدان الکتریکی نشان داده شده است.

۸- نیروی وارد بر بار الکتریکی مثبت  $q'$  و نیز بار منفی  $q''$  را که روی یک خط میدان واقعند روی شکل رسم کنید.  
نیروی وارد بر هر یک از بارهای  $q'$  و  $q''$  مماس بر خط میدان الکتریکی در آن نقطه است.



۹- با توجه به تعریف میدان الکتریکی و ویژگی خطهای میدان، برای میدان الکتریکی یکنواخت، تعریفی را بیان کنید.

میدان الکتریکی یکنواخت میدانی است که در فضای آن خطهای میدان الکتریکی با هم موازی و هم جهت هستند و بزرگی میدان الکتریکی در هر نقطه مقدار ثابتی است.

۱۰- با توجه به این که در جسم جامد بارهای الکتریکی مثبت جابه‌جا نمی‌شوند، در این باره توضیح دهید: وقتی به یک جسم رسانا بار الکتریکی مثبت یا منفی داده می‌شود، این بارهای الکتریکی چگونه در جسم جابه‌جا شده و به سطح خارجی آن می‌روند؟

وقتی جسمی دارای بار الکتریکی منفی می‌شود الکترون می‌گیرد و وقتی دارای بار الکتریکی مثبت می‌شود الکترون از دست می‌دهد. در این صورت توزیع بار الکتریکی در یک جسم رسانا بر اساس جابه‌جا شدن بارهای الکتریکی منفی یعنی الکترون‌ها می‌باشد. پس وقتی جسمی رسانا دارای بار الکتریکی مثبت می‌شود، در سطح خارجی آن تعدادی الکترون کم می‌شود و سطح دارای بار الکتریکی مثبت می‌شود و هر گاه جسم دارای بار منفی می‌شود الکترون می‌گیرد، الکترون‌ها با جابه‌جا شدن در خارجی‌ترین سطح رسانا توزیع می‌شوند.

## جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده ی فازن و الکتریسته ساکن



۱۱- اگر پایانه‌ی مثبت یک باتری ۱۲ ولتی را به زمین وصل کنیم، پتانسیل پایانه‌ی منفی آن چند ولت خواهد شد؟

در این صورت پتانسیل پایانه‌ی منفی ۱۲- ولت می‌گردد، زیرا پتانسیل پایانه‌ی مثبت صفر است.

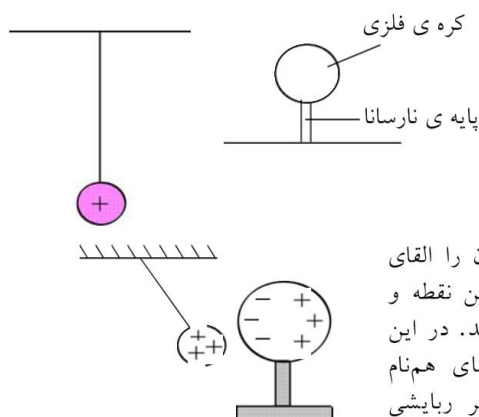
۱۲- اختلاف پتانسیل الکتریکی پایانه‌های باتری یک خودرو برابر ۱۲V است. اگر بار الکتریکی جابه‌جا شده منفی باشد، انرژی پتانسیل الکتریکی آن چه اندازه و چگونه تغییر می‌کند؟ ( $q = -1/5C$ )

$$\begin{cases} \Delta V = \frac{\Delta U}{q} \\ \Delta U = q \cdot \Delta V = q \cdot (V_+ - V_-) \end{cases}$$

$$\Delta U = (-1/5) \times (+12) = -1.8J$$

بنابراین انرژی پتانسیل الکتریکی بار منفی به اندازه‌ی ۱.۸J کاهش یافته است.

۱۳- یک کره‌ی فلزی بدون بار الکتریکی را که روی پایه‌ی نارسانایی قرار دارد، به آونگ الکتریکی بارداری نزدیک می‌کنیم. با ذکر دلیل توضیح دهید که چه اتفاقی می‌افتد.

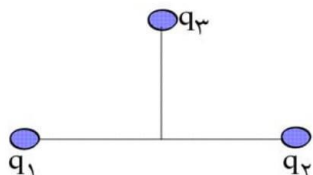


میدان الکتریکی بار مثبت آونگ بر روی کره‌ی فلزی اثر گذاشته و آن را القای الکتریکی می‌نماید، به طوری که مطابق شکل بارهای مثبت در دورترین نقطه و بارهای منفی در نزدیک‌ترین نقطه نسبت به گلوله‌ی آونگ قرار می‌گیرند. در این صورت چون فاصله‌ی بارهای غیر هم‌نام نزدیک‌تر از فاصله‌ی بارهای هم‌نام می‌باشد، بر هم کنش بین بارهای الکتریکی طوری خواهد بود که اثر ربایشی قوی‌تر از اثر رانشی می‌شود و آونگ به طرف کره‌ی فلزی کشیده می‌شود و از راستای قائم منحرف می‌گردد.

جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده ی فازن و الکتریسته ساکن



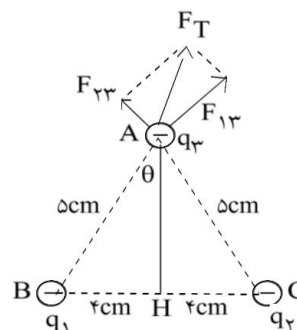
۱۴- بارهای الکتریکی نقطه‌ای  $q_1 = -4\mu C$  و  $q_2 = -3\mu C$  مطابق شکل در فاصله‌ی  $8\text{cm}$  از یک‌دیگر ثابت شده‌اند. بار نقطه‌ای  $q_3 = -5\mu C$  در نقطه‌ای که فاصله‌ی آن از هر یک از دو بار الکتریکی قبلی برابر  $5\text{cm}$  است، قرار می‌دهیم. نیروی الکتریکی وارد بر بار  $q_3$  را محاسبه کنید.



$$F_{13} = k \frac{q_1 q_3}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{4 \times 10^{-6} \times 5 \times 10^{-6}}{25 \times 10^{-4}} = 72\text{N}$$

$$F_{23} = k \frac{q_2 q_3}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{3 \times 10^{-6} \times 5 \times 10^{-6}}{25 \times 10^{-4}} = 54\text{N}$$

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

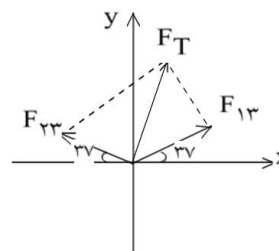


با توجه به شکل بار  $q_3$  بر روی عمود منصف مثلث  $ABC$  قرار دارد و برای محاسبه زاویه  $\theta$  چنین عمل می‌کنیم.

$$\sin \theta = \frac{BH}{AB} = \frac{4}{5} = 0.8 \Rightarrow \theta = 53^\circ$$

با داشتن زاویه  $\theta$  می‌توان دو بردار را در صفحه مختصات نشان داد و آن‌ها را بر حسب بردار یکه نوشت:

$$\begin{cases} \vec{F}_{13} = (72 \cos 37^\circ) \vec{i} + (72 \sin 37^\circ) \vec{j} \\ \vec{F}_{23} = -(54 \cos 37^\circ) \vec{i} + (54 \sin 37^\circ) \vec{j} \\ \vec{F}_{13} = 57.6 \vec{i} + 43.2 \vec{j} \\ \vec{F}_{23} = -42.3 \vec{i} + 32.4 \vec{j} \end{cases}$$



$$F_T = 14.4 \vec{i} + 75.6 \vec{j} \Rightarrow F_T = \sqrt{(14.4/4)^2 + (75.6/6)^2} \approx 77\text{N}$$

۱۵- توضیح دهید که چرا خطهای میدان الکتریکی یکنواخت، به صورت خطهای راست و موازی با فاصله‌های مساوی با یک‌دیگرند.

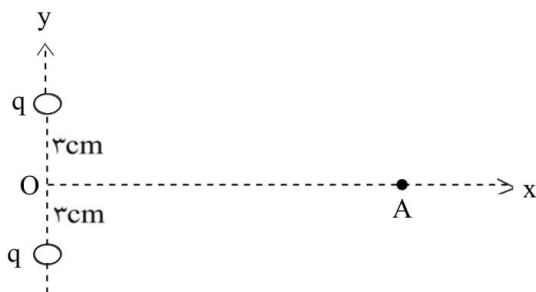
در میدان الکتریکی یکنواخت در تمام فضا جهت و شدت میدان الکتریکی ثابت است و هرگاه بار آزمون مثبت را در هر نقطه از فضای میدان قرار دهیم، بزرگی نیروی وارد بر آن مقداری ثابت و جهت نیروی وارد بر آن یکسان خواهد بود. به همین دلیل خطهای میدان الکتریکی با یکدیگر موازی و به صورت خط راست هستند.



جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده ی فازن و الکتروسیته ساکن



۱۶- دو بار الکتریکی نقطه‌ای هم نام  $q = +5\mu\text{C}$  مطابق شکل زیر به فاصله‌ی  $6\text{cm}$  از یکدیگر قرار دارند. جهت و اندازه‌ی میدان الکتریکی را در نقطه‌ی  $A$  واقع بر عمود منصف خط واصل دوبار، در فاصله‌ی  $4\text{cm}$  از نقطه‌ی  $O$  (وسط خط واصل دو بار) مشخص کنید.



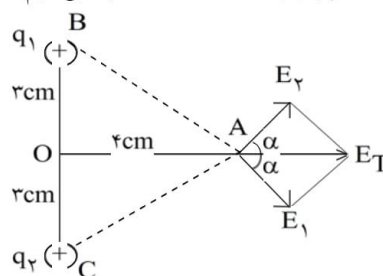
ابتدا فاصله هر بار را تا نقطه  $A$  محاسبه می‌کنیم:

$$AB^2 = OB^2 + AO^2 = 9 + 16 = 25$$

$$\Rightarrow AB = 5\text{cm}$$

$$E_1 = k \frac{q_1}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{5 \times 10^{-6}}{25 \times 10^{-4}} = 1.8 \times 10^4 \text{ (N/C)}$$

$$E_1 = E_2 = 1.8 \times 10^4 \text{ (N/C)}$$



با به دست آوردن زاویه  $\alpha$  می‌توان هر بردار را بر حسب بردار یکه نوشت:

$$\sin \alpha = \frac{OB}{AB} = \frac{3}{5} = 0.6 \Rightarrow \alpha = 37^\circ$$

$$\cos \alpha = \frac{AO}{AB} = \frac{4}{5} = 0.8$$

$$\vec{E}_1 = 1.8 \times 10^4 (\cdot 0.8 \vec{i} - \cdot 0.6 \vec{j})$$

$$\vec{E}_2 = 1.8 \times 10^4 (\cdot 0.8 \vec{i} - \cdot 0.6 \vec{j})$$

$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \Rightarrow E_T = 2.88 \times 10^4 \vec{i} \Rightarrow E = 2.88 \times 10^4 \text{ N/C}$$

بزرگی میدان الکتریکی در نقطه  $A$  برابر  $2.88 \times 10^4 \text{ (N/C)}$  می‌باشد.



جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده ی فازن و الکتریسته ساکن

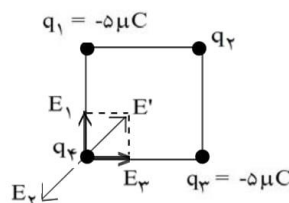
۱۷- سه ذره ی باردار  $q_1$ ،  $q_2$  و  $q_3$  مطابق شکل زیر در سه رأس مربعی ثابت شده‌اند. اگر  $q_1 = q_3 = -5\mu C$  باشد، نوع و اندازه ی بار  $q_2$  را طوری تعیین کنید که بار  $q_4$  در حال تعادل باشد.

شرط این که بار الکتریکی  $q_4$  در تعادل قرار گیرد این است که برآیند میدان الکتریکی بارهای دیگر در محل بار  $q_4$  صفر باشد، در این صورت با توجه به اطلاعات مسأله و شکل زیر می‌توان نوشت:

$$q_1 = q_3 = -5\mu C$$

$$E_1 = E_3 = \frac{kq_1}{r^2}$$

$$E' = \sqrt{E_1^2 + E_3^2} = \sqrt{2}E_1 = \frac{\sqrt{2} \times k \times q_1}{r^2}$$



برای این که میدان الکتریکی در محل بار الکتریکی  $q_4$  صفر گردد لازم است:  $(E_2 = E')$

$$E_2 = E'$$

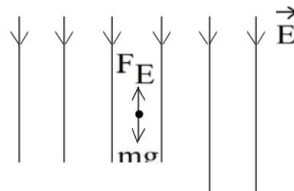
$$\frac{kq_2}{r^2} = \frac{\sqrt{2}kq_1}{r^2} \Rightarrow \frac{q_2}{q_1} = \sqrt{2} \Rightarrow q_2 = \sqrt{2} \times 5 = 7.07\mu C$$

۱۸- در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی  $5 \times 10^4 \frac{N}{C}$  که جهت آن قائم و رو به پایین است، ذره ی باردار ی به جرم  $2g$  معلق و به حال سکون قرار دارد. اگر  $g = 10 \frac{N}{kg}$  باشد، اندازه و نوع بار الکتریکی ذره را مشخص کنید.

شرط تعادل ذره در میدان الکتریکی این است که برآیند نیروهای وارد بر آن صفر باشد، در این صورت نیروی الکتریکی وارد بر ذره رو به بالا است و وزن ذره را خنثی می‌کند. میدان الکتریکی رو به پایین و نیروی الکتریکی رو به بالا است، پس به ذره در خلاف جهت میدان نیرو وارد شده است و می‌توان نتیجه گرفت ذره دارای بار الکتریکی منفی است.

$$\begin{cases} \Sigma F_y = 0 \\ F_E - mg = 0 \\ F_E = Eq \Rightarrow Eq - mg = 0 \Rightarrow q = \frac{mg}{E} \end{cases}$$

$$\begin{cases} q = \frac{mg}{E} \\ E = 5 \times 10^4 \text{ N/C} \Rightarrow q = \frac{2 \times 10^{-3} \times 10}{5 \times 10^4} \Rightarrow q = 0.4 \times 10^{-6} \text{ C} = -0.4 \mu C \end{cases}$$

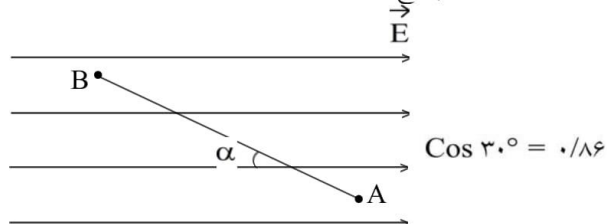


## جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده ی فازن و الکتریسیته ساکن



بار  $q = +5\mu\text{C}$  را با سرعت ثابت در میدان الکتریکی یکنواخت  $E = 8 \times 10^5 \text{ N/C}$  مطابق شکل زیر از نقطه ی A تا B

جابه جا می کنیم. اگر  $AB = 2\text{m}$  و  $\alpha = 30^\circ$  درجه باشد، به سوال بعدی پاسخ دهید:

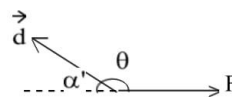


۱۹- نیروی الکتریکی وارد بر بار  $q$  را محاسبه کنید.

$$\begin{cases} F = Eq \\ E = 8 \times 10^5 \text{ N/C} \text{ و } q = 5 \times 10^{-6} \text{ C} \Rightarrow F = 8 \times 10^5 \times 10^{-6} \times 5 = 4 \text{ N} \end{cases}$$

۲۰- کاری که برای این جابه جایی باید انجام دهیم، چه قدر است؟

$$\begin{cases} W = Fd \cos \theta \\ \cos \theta = -\cos \alpha \Rightarrow W = -Fd \cos \alpha \\ d = AB = 2\text{m} \Rightarrow W = -4 \times 2 \times 0.866 = -6.92 \text{ J} \end{cases}$$



۲۱- تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار  $q$  را حساب کنید.

$$\begin{cases} \Delta U = +W \\ W = -6.92 \text{ J} \Rightarrow \Delta U = (-6.92) = -6.92 \text{ J} \end{cases}$$

انرژی پتانسیل الکتریکی بار  $q$  به اندازه ی  $6.92$  ژول کاهش می یابد.

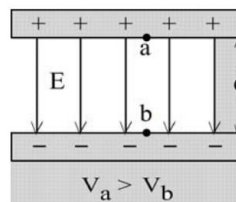
## جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده ی فازن و الکتریسیته ساکن



۲۲- دو صفحه ی رسانا با فاصله ی  $2\text{cm}$  را موازی یکدیگر قرار می دهیم و آنها را به اختلاف پتانسیل  $100\text{V}$  وصل می کنیم. در نتیجه، یکی از صفحه ها به طور منفی و دیگری به طور مثبت باردار می شوند و میان دو صفحه میدان الکتریکی یکنواختی بوجود می آید. اندازه ی این میدان الکتریکی را حساب کنید و توضیح دهید که کدام یک از دو صفحه پتانسیل الکتریکی بیش تری دارند.

پتانسیل الکتریکی صفحه مثبت بیشتر از صفحه منفی است، زیرا جهت میدان الکتریکی از صفحه مثبت به صفحه منفی است.

$$\begin{cases} V = \frac{\Delta U}{q} \\ \Delta U = F \cdot d \Rightarrow V = \frac{F \cdot d}{q} \\ F = Eq \Rightarrow V = \frac{Eq \cdot d}{q} \Rightarrow E = \frac{V}{d} \end{cases}$$



$$\begin{cases} E = \frac{V}{d} \\ d = 2 \times 10^{-2} \text{ m} \\ V = 100 \text{ V} \Rightarrow E = \frac{100}{2 \times 10^{-2}} = 5 \times 10^3 \text{ N/C} \end{cases}$$

۲۳- در یک میدان الکتریکی، بار  $q = +2\mu\text{C}$  از نقطه ی A تا B جابه جا می شود. اگر انرژی پتانسیل آن در نقطه های A و B به ترتیب  $4 \times 10^{-5} \text{ J}$  و  $5 \times 10^{-5} \text{ J}$  باشد، اختلاف پتانسیل الکتریکی میان دو نقطه  $(V_B - V_A)$  را محاسبه کنید.

$$\begin{cases} \Delta U = U_2 - U_1 \\ \Delta U = 5 \times 10^{-5} - (-4 \times 10^{-5}) = 9 \times 10^{-5} \text{ J} \\ \Delta V = \frac{\Delta U}{q} \\ q = 2 \times 10^{-6} \text{ C} \Rightarrow \Delta V = \frac{9 \times 10^{-5}}{2 \times 10^{-6}} = 45 \text{ ولت} \end{cases}$$

جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده ی فازن و الکتروسیته ساکن



بار الکتريکی  $q = -4\mu\text{C}$  از نقطه‌ای با پتانسیل الکتريکی  $V_1 = -40\text{V}$  تا نقطه‌ای با پتانسیل  $V_2 = -10\text{V}$  آزادانه جابه‌جا می‌شود. به ۲ سوال بعدی پاسخ دهید:

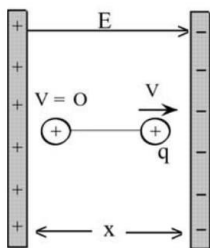
۲۴- انرژی پتانسیل الکتريکی بار  $q$  چه اندازه و چگونه تغییر می‌کند؟

$$\begin{cases} \Delta V = V_2 - V_1 \\ \Delta V = -10 - (-40) = 30 \text{ ولت} \\ \Delta V = \frac{\Delta U}{q} \\ q = -4 \times 10^{-6} \text{ C} \Rightarrow \Delta U = (-4 \times 10^{-6}) \times (30) = -1/2 \times 10^{-4} \text{ J} \end{cases}$$

انرژی پتانسیل بار  $q$  به اندازه  $1/2 \times 10^{-4}$  ژول کاهش می‌یابد.

۲۵- توضیح دهید که تغییر انرژی پتانسیل بار  $q$  (باتوجه به قانون پایستگی انرژی) به چه انرژی‌ای تبدیل می‌شود؟ با توجه به این که بار  $q$  آزادانه در میدان الکتريکی حرکت می‌کند، پس تنها نیروی الکتريکی بر آن اثر می‌کند، در این صورت کاهش انرژی پتانسیل بار  $q$  به انرژی جنبشی تبدیل می‌شود (سیستم پایستار است).

۲۶- دو صفحه‌ی رسانا به فاصله‌ی یک سانتی‌متر از هم و موازی یک‌دیگر واقع‌اند. اختلاف پتانسیل میان دو صفحه برابر  $1000\text{V}$  است. یک ذره به بار  $1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$  و جرم  $1/6 \times 10^{-28} \text{ kg}$  (یک پروتون) از مجاور صفحه‌ی مثبت و از حال سکون به طرف صفحه‌ی منفی شتاب می‌گیرد. انرژی پتانسیل الکتريکی این ذره وقتی به صفحه‌ی روبرو می‌رسد، افزایش می‌یابد یا کاهش؟ اندازه‌ی تغییرات این انرژی را حساب کنید. سرعت ذره در لحظه‌ی رسیدن به این صفحه چه قدر است؟



الف) وقتی بار مثبت در جهت میدان الکتريکی جابه‌جا شود، انرژی پتانسیل آن کاهش می‌یابد. در این آزمایش وقتی بار  $q$  از صفحه‌ی مثبت به صفحه‌ی منفی می‌رود چون در جهت میدان الکتريکی جابه‌جا می‌شود، انرژی پتانسیل آن کاهش می‌یابد.

ب) 
$$\begin{cases} \Delta U = q \cdot (\Delta V) \\ \Delta V = V_2 - V_1 = -1000\text{V} \\ q = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C} \Rightarrow \Delta U = 1/6 \times 10^{-19} \times (-1000) = -1/6 \times 10^{-16} \text{ J} \end{cases}$$

انرژی پتانسیل الکتريکی ذره پروتون به اندازه  $1/6 \times 10^{-16}$  ژول کاهش می‌یابد.

پ) با توجه به این که سیستم پایستار است و تنها نیروی الکتريکی در جهت میدان به ذره پروتون وارد می‌شود، هم از راه دینامیک و هم از راه انرژی می‌توان سرعت برخورد ذره را با صفحه مقابل به دست آورد.

$$\begin{cases} \Delta U = -\Delta K = -\left(\frac{1}{2}mV^2\right) \\ m_p = 1/6 \times 10^{-28} \text{ kg} \\ \Delta U = -1/6 \times 10^{-16} \Rightarrow -1/6 \times 10^{-16} = -\left(\frac{1}{2} \times 1/6 \times 10^{-28} \times V^2\right) \\ \Rightarrow V = \sqrt{2} \times 10^6 \text{ m/s} \end{cases}$$





## جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده ی فازن و الکتریسته ساکن

۲۷- اختلاف پتانسیل بین دو صفحه ی یک خازن را از ۲۸ ولت به ۴۰ ولت افزایش می دهیم. اگر با این کار ۱۵ میکروکولن بر بار ذخیره شده در خازن افزوده شود، ظرفیت خازن را حساب کنید.

با توجه به رابطه  $C = \frac{q}{V}$  می توان چنین نوشت:

$$\Rightarrow q_2 = q_1 = C(V_2 - V_1) \Rightarrow C = \frac{\Delta q}{\Delta V} = \frac{15}{12} \times 10^{-6} = 1/25 \mu F$$

۲۸- دو صفحه ی مربعی شکل به ضلع  $16 \text{ cm}$  در فاصله ی  $2 \text{ mm}$  از یکدیگر قرار دارند. فضای بین دو صفحه از پارافین با ضریب دی الکتریکی  $2/5$  پر شده است. ظرفیت خازن حاصل چه اندازه است؟

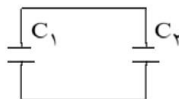
$$\left\{ \begin{array}{l} A = 16 \times 16 \times 10^{-4} = 2/56 \times 10^{-2} \text{ m}^2 \\ d = 2 \times 10^{-3} \text{ m} \\ k = 2/5 \\ \epsilon_0 \approx 9 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2 \Rightarrow C = k\epsilon_0 \frac{A}{d} = 2/5 \times 9 \times 10^{-12} \times \frac{2/56 \times 10^{-2}}{2 \times 10^{-3}} \\ C = 2/88 \times 10^{-10} \text{ کولن} = 288 \text{ pC} \end{array} \right.$$

خازنی به ظرفیت  $C_1 = 5 \mu C$  با اختلاف پتانسیل  $1200 \text{ V}$  و خازنی به ظرفیت  $C_2 = 10 \mu F$  با اختلاف پتانسیل  $750$  ولت پر شده اند. اگر این خازن های پر را از مدار اصلی آنها جدا و صفحه های هم نام آنها را به هم وصل کنیم، به ۲ سوال بعدی پاسخ دهید:

۲۹- اختلاف پتانسیل بین دو صفحه و بار ذخیره شده در هر خازن چه اندازه می شود؟

هر گاه دو خازن  $C_1$  و  $C_2$  را پس از شارژ به یکدیگر مطابق شکل اتصال دهیم، بار ذخیره شده در خازن ها بین آنها تقسیم می شود و اختلاف پتانسیل دو سر خازن ها با هم برابر می شود و از رابطه زیر می توان مقدار آن را به دست آورد:

$$\left\{ \begin{array}{l} V' = \frac{C_1 V_1 + C_2 V_2}{C_1 + C_2} \\ V' = \frac{5 \times 1200 + 10 \times 750}{5 + 10} = 900 \text{ ولت} \end{array} \right.$$



با داشتن پتانسیل می توان بار ذخیره شده در هر خازن را در شرایط جدید به دست آورد.

$$\left\{ \begin{array}{l} q'_1 = C_1 V' = 5 \times 900 = 4500 \mu C \\ q'_2 = C_2 V' = 10 \times 900 = 9000 \mu C \end{array} \right.$$



## جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده ی فازن و الکتریسته ساکن

۳۰- مجموع انرژی ذخیره شده در دو خازن را قبل و بعد از اتصال به یکدیگر محاسبه و با هم مقایسه کنید.  
انرژی ذخیره شده در خازن‌ها قبل از اتصال به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$W_T = W_1 + W_2 = 3/6 + 2/8 = 6/4J$$

انرژی ذخیره شده در مجموع خازن‌ها پس از اتصال به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$\begin{cases} W_T = \frac{1}{2} C_T V'^2 \\ C_T = 15 \mu F \Rightarrow W_T = \frac{1}{2} \times 15 \times 10^{-6} \times (900)^2 \approx 6J \end{cases}$$

وقتی خازن‌ها را به هم اتصال می‌دهیم در اثر جابجا شدن بارهای الکتریکی قسمتی از انرژی خازن‌ها صرف این انتقال می‌گردد و در این صورت انرژی مجموع خازن‌ها پس از اتصال کمتر می‌شود.

۳۱- ظرفیت خازنی ۱۲ میکروفاراد و بارالکتریکی آن  $q$  است.  $8J$  انرژی باید مصرف کنیم تا  $3mC$  بار الکتریکی را از صفحه منفی جدا کرده و به صفحه مثبت منتقل کنیم.  $q$  را محاسبه کنید.

$$U_1 = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} \quad \text{قبل از انتقال بار مقدار خازن برابر است با:}$$

حال اگر مقدار  $3mC$  بار الکتریکی را بین دو صفحه جابجا کنیم، انرژی خازن در شرایط جدید از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$U_2 = \frac{1}{2} \frac{(q + 3 \times 10^{-3})^2}{C}$$

با توجه به این که برای انتقال این بار  $8J$  انرژی صرف شده است، پس:

$$\begin{cases} \Delta U = U_2 - U_1 = 8J \\ C = 12 \times 10^{-6} F \Rightarrow 8 = \frac{(q + 3 \times 10^{-3})^2}{2 \times 12 \times 10^{-6}} - \frac{q^2}{2 \times 12 \times 10^{-6}} \end{cases}$$

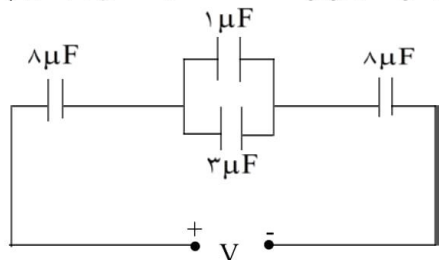
$$q \times 6 \times 10^{-3} = 183 \times 10^{-6} \Rightarrow q = 30/5 \times 10^{-3} C = 30/5 mC$$

بار الکتریکی خازن قبل از انتقال بار برابر  $30/5$  میلی کولن است.

جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده ی فازن و الکتریسته ساکن



در مدار شکل زیر اختلاف پتانسیل دو سر مدار برابر  $V = 10$  است. به ۲ سوال بعدی پاسخ دهید:



۳۲- ظرفیت معادل مدار چه قدر است؟

۳۳- بار الکتریکی و اختلاف پتانسیل دو سر هر یک از خازن‌ها را حساب کنید.

در مدار مجموعه خازن‌ها و پیل چون جریان الکتریکی برقرار نیست اختلاف پتانسیل دو سر خازن‌ها برابر نیروی محرکه پیل خواهد بود، در این صورت:

ولت  $V = \varepsilon = 10$

$$\left. \begin{matrix} q = CV \\ C = 2\mu F \end{matrix} \right\} \Rightarrow q = 2 \times 10 = 20\mu C$$

$$q = q_1 = q_{2,3} = q_4 = 20\mu C$$

$$\left\{ \begin{matrix} V_1 = \frac{q_1}{C_1} \Rightarrow V_1 = \frac{20}{8} = 2.5 \text{ ولت} \\ V_{2,3} = \frac{q_{2,3}}{C'} \Rightarrow V_{2,3} = \frac{20}{4} = 5 \text{ ولت} \\ V_4 = \frac{q_4}{C_4} \Rightarrow V_4 = \frac{20}{8} = 2.5 \text{ ولت} \end{matrix} \right.$$

ولت  $V_{2,3} = V_2 = V_3 = 5$

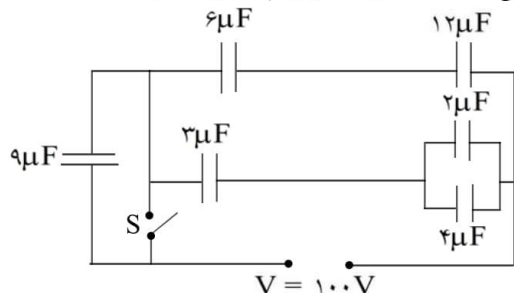
$$q_2 = C_2 V_2 \Rightarrow q_2 = 1 \times 5 = 5\mu C$$

$$q_3 = C_3 V_3 \Rightarrow q_3 = 3 \times 5 = 15\mu C$$

جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده ی فازن و الکتریسته ساکن

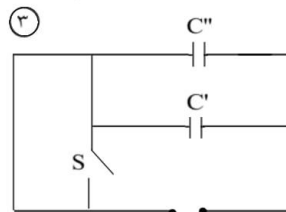
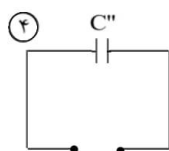
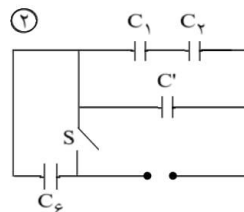
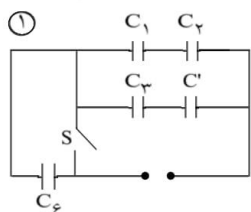


۳۴- در شکل زیر، انرژی ذخیره شده در مجموعه ی خازن‌ها را در حالتی که الف- کلید S باز ب- کلید S بسته است، حساب کنید.



الف) کلید S باز است و خازن  $C_f$  در مدار خواهد بود.

$$\begin{aligned} (1) \quad C' &= C_f + C_d = 2 + 4 = 6 \mu F \\ (2) \quad C'' &= \frac{C' C_3}{C' + C_3} = \frac{6 \times 3}{6 + 3} = 2 \mu F \\ (3) \quad C''' &= \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \Rightarrow C''' = \frac{6 \times 12}{6 + 12} = 4 \mu F \\ (4) \quad C &= \frac{C_f (C'' + C''')}{C_f + (C'' + C''')} \Rightarrow C = \frac{9(2 + 4)}{9 + (2 + 4)} = 3/6 \mu F \end{aligned}$$



$$\begin{cases} W = \frac{1}{2} CV^2 \\ C = 3/6 \mu F \Rightarrow W = \frac{1}{2} (3/6 \times 10^{-6}) (100)^2 \Rightarrow W = 1/8 \times 10^{-2} J \end{cases}$$

ب) کلید S بسته است و خازن  $C_f$  از مدار خارج می‌گردد (اتصال کوتاه)

$$\begin{cases} C' = C_f + C_d = 6 \mu F \\ C'' = \frac{C' C_3}{C' + C_3} = 2 \mu F \\ C''' = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = 4 \mu F \end{cases}$$



### جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده ی فازن و الکتریسته ساکن

۳۵- جمله ی زیر را کامل کنید.

وقتی دو جسم به یکدیگر ..... داده می شود، بین آنها الکترون مبادله می شود.  
مالش

۳۶- جمله ی زیر را کامل کنید.

با جابه جا شدن الکترون های آزاد، بار الکتریکی درون ..... شارش می کند.  
رسانا

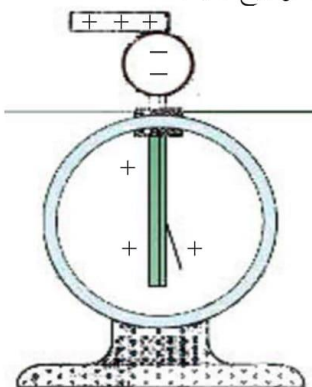
۳۷- جمله ی زیر را کامل کنید.

در یک جسم ..... بار الکتریکی در محل ایجاد شده باقی می ماند.  
نارسانا

۳۸- جمله ی زیر را کامل کنید.

نیرویی که بارهای الکتریکی هم نوع بر یکدیگر وارد می کنند ..... و نیرویی که بارهای الکتریکی غیرهم نوع بر یکدیگر وارد می کنند ..... است.  
رانشی - ربایشی

۳۹- هرگاه جسمی را که دارای بار الکتریکی است (مثلاً میله ای شیشه ای با بار مثبت) به کلاهک یک الکتروسکوپ بدون بار تماس دهید، چه اتفاقی می افتد؟ علت را توضیح دهید.



بخشی از بار جسم باردار به الکتروسکوپ منتقل شده و تیغه های آن از هم فاصله می گیرند.

۴۰- مراحل باردار کردن یک الکتروسکوپ به روش القای الکتریکی را پیشنهاد کنید، سپس آن را به روشی که پیشنهاد کرده اید، باردار کنید.

الکتروسکوپ را به وسیله ی یک سیم به زمین وصل کرده، جسمی باردار را به آن نزدیک می کنیم، سپس اتصال به زمین را قطع کرده و جسم باردار را دور می کنیم.

## مبحث : درسنامه فصل اول فیزیک یازدهم ریاضی



## جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده ی فازن و الکتریسته ساکن

۴۱- با الکتروسکوپ چگونه می توان تعیین کرد که:

(الف) جسمی باردار است؟

(ب) جسم چه نوع باری دارد؟

(پ) جسمی رساناست یا نارسانا؟

(الف) حرکت کردن تیغه های الکتروسکوپ پس از نزدیک کردن جسم باردار به آن (دور شدن تیغه های الکتروسکوپ خنثی)

(ب) اگر پس از تماس تیغه های الکتروسکوپ از هم دورتر شوند، بار جسم هم نام بار الکتروسکوپ است و اگر تیغه ها ابتدا نزدیک و سپس دور شوند، بارها مخالف اند.

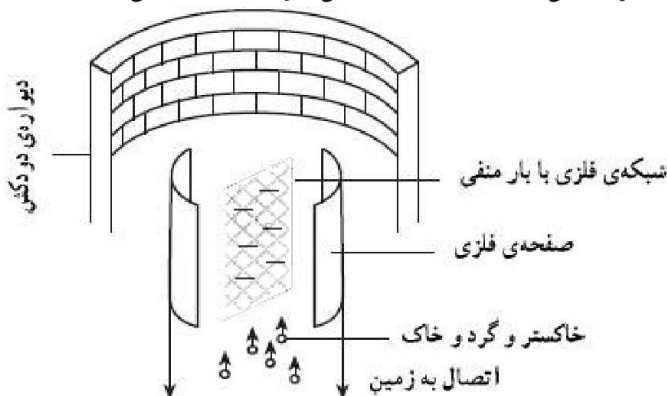
(پ) ابتدا به جسم مقداری بار الکتریکی می دهیم. اگر پس از نزدیک کردن الکتروسکوپ تغییری در وضعیت آن ایجاد شد، جسم رسانا و در غیر این صورت نارسانا است.

۴۲- آیا با الکتروسکوپ می توان مقدار بار دو کره ی هم اندازه، رسانا و باردار را با یکدیگر مقایسه کرد؟

بله، با نزدیک کردن کره ها به الکتروسکوپ و مقایسه ی فاصله ی تیغه ها در دو حالت

سوختن زغال سنگ در نیروگاه ها مقدار زیادی خاکستر، گرد و خاک و گازهای زائد تولید می کند. همه ی این فرآورده ها موجب مشکل های زیست محیطی می شوند. در این دودکش رسوب دهنده ی الکتریکی، خاکستر و گرد و خاک از گازهای زائد حذف می شوند (شکل زیر).

رسوب دهنده شامل شبکه ای فلزی است که توسط دو صفحه ی فلزی متصل به زمین محصور شده است. به شبکه ی فلزی بار منفی بزرگی داده می شود. خاکستر و ذره های دود با گذشتن از سیم های شبکه بار منفی پیدا می کنند. آنها به طرف صفحه های فلزی حرکت می کنند و در آن جا بار منفی خود را از دست می دهند.



۴۳- دو مشکل زیست محیطی را که پیامد سوختن زغال سنگ است نام ببرید.

آلودگی - عدم تجدیدپذیری - گرم شدن زمین

۴۴- به طور واضح توضیح دهید که چرا ذره های دود به طرف صفحه های فلزی حرکت می کنند.

ذرات دود پس از دریافت بار منفی، به صورت القا صفحه ی فلزی را دارای بار مثبت می کنند، سپس توسط آن جذب می شوند.



## مبحث: درسنامه فصل اول فیزیک یازدهم ریاضی



## جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده ی فازن و الکتریسته ساکن

۴۵- بارهای منفی که توسط ذره‌های خاکستر و دود به صفحه‌های فلزی داده می‌شوند، کجا می‌روند؟  
با بارهای مثبت القایی در صفحه‌ی فلزی، خنثی می‌شوند.

۴۶- موهای تمیز و خشک خود را با یک شانه‌ی پلاستیکی خشک شانه کنید. چرا موهای شما مرتب نمی‌شود و به سوی دانه‌های شانه کشیده می‌شود؟

چون در اثر مالش موها و شانه دارای بار مخالف می‌شوند و هم‌دیگر را جذب می‌کنند.

۴۷- با یک پارچه‌ی خشک، صفحه‌ی تلویزیون را تمیز کنید. چرا پرزهای پارچه به صفحه‌ی تلویزیون می‌چسبند؟  
در اثر مالش، صفحه‌ی تلویزیون باردار شده، ذرات ریز غبار و پرز را به خود جذب می‌کند.

۴۸- در تاریکی لباس خود را از تن بیرون آورید، چرا جرقه زده می‌شود؟  
در اثر مالش لباس و بدن، لباس باردار می‌شود و زمان تخلیه‌ی الکتریکی جرقه تولید می‌شود.

۴۹- چرا آزمایش‌های الکتریسته‌ی ساکن در روزهای سرد و خشک، نتیجه‌ی بهتری می‌دهد؟  
چون هوای مرطوب رسانای الکتریسته است و هوای خشک نارسانای الکتریکی می‌باشد.

۵۰- چرا در بعضی مواد پلاستیک یا نایلون بهتر از سایر مواد می‌توان بار الکتریکی تولید کرد؟  
چون این مواد عایق (نارسانای) الکتریسته هستند.

۵۱- می‌دانیم که تعداد الکترون‌های آزاد موجود در رسانا بسیار زیاد است. به عنوان مثال در یک سانتی‌متر مکعب مس در حدود  $10^{22}$  الکترون آزاد وجود دارد. آیا بزرگی این عدد را می‌توانید تصور کنید؟ برای آنکه به بزرگی این عدد پی ببرید. فرض کنید بخواهید این تعداد را بشمارید. شما در هر ثانیه قادر به شمارش چه تعداد الکترون هستید؟ ۲، ۱۰، ۱۰۰، ۱۰۰۰۰، ... فرض کنید که در هر ثانیه بتوانید یک تریلیون یعنی  $10^{12}$  الکترون را بشمارید. چه مدت طول می‌کشد تا تمام الکترون‌های آزاد موجود در یک سانتی‌متر مکعب مس را بشمارید؟ برای محاسبه یک سال را تقریباً برابر  $3 \times 10^7$  ثانیه در نظر بگیرید.

$$t = \frac{n}{n_0} = \frac{10^{22}}{10^{12}} = 10^{10} \text{ و تعداد سال} = \frac{10^{10}}{3 \times 10^7} \approx \frac{10^3}{3} \times 10^2 = 333 \text{ سال}$$

۵۲- برای آنکه در جسمی خنثی بار الکتریکی  $6/4$  میکروکولن ( $+6/4 \times 10^{-6} \text{ C}$ ) ایجاد شود، چه تعداد الکترون باید از آن گرفته شود؟

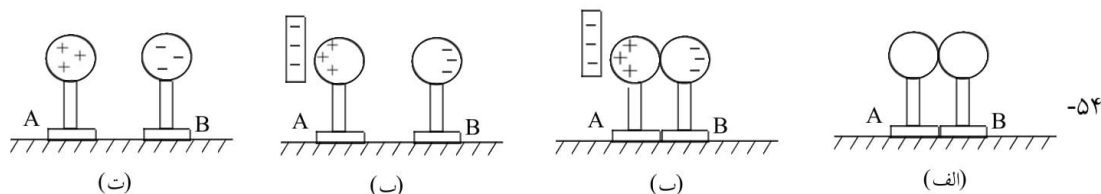
$$q = ne \Rightarrow 6/4 \times 10^{-6} = n \times 1/6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = 4 \times 10^{13}$$

جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده ی فازن و الکتریسته ساکن



۵۳- به تعداد پروتون‌های موجود در هسته‌ی اتم، عدد اتمی گفته می‌شود و آن را با  $Z$  نشان می‌دهند. عدد اتمی مس برابر ۲۹ است. بار الکتریکی هسته‌ی اتم مس چه قدر است؟ اتم مس چه مقدار بار الکتریکی منفی دارد؟ بار الکتریکی اتم مس چه قدر است؟

همین اندازه بار منفی دارد. بار کلی اتم مس صفر است، چون تعداد پروتون‌ها و الکترون‌ها برابر است.



الف) توضیح دهید چرا در آزمایش بالا، کره‌ی A دارای بار مثبت و کره‌ی B دارای بار منفی است.  
 ب) آیا بار الکتریکی تیغه‌ی پلاستیکی کاهش یافته است؟  
 الف) چون کره‌ی A به تیغه نزدیک‌تر است، الکترون‌های آزاد آن به کره‌ی B منتقل می‌شوند.  
 ب) خیر.

۵۵- با یک جفت دم‌پایی پلاستیکی تمیز و خشک روی فرش طوری راه بروید که کف دم‌پایی روی فرش مالش داده شود. سپس با نوک انگشت خود، گوش و یا نوک بینی یک نفر را که در اتاق است، لمس کنید. چه اتفاقی می‌افتد؟ علت آن را توضیح دهید. با چه پدیده‌های دیگری، مشابه پدیده‌ی فوق، آشنا هستید؟ آیا ممکن است این پدیده‌ها خطرناک باشند؟

جرقه زده می‌شود. در اثر مالش دم‌پایی و به دنبال آن بدن دارای بار الکتریکی منفی می‌شود. و با نزدیک کردن انگشت به بدن دیگری در اثر القا، جرقه زده می‌شود.  
 صاعقه، بله به علت انرژی فوق‌العاده زیاد آن خطرناک است.

۵۶- چرا زیر تانکرهای مخصوص حمل سوخت، زنجیر آویزان می‌کنند؟

در اثر اصطکاک تانکر باردار می‌شود. اگر به تدریج تخلیه نشود، تخلیه‌ی ناگهانی و جرقه می‌تواند سبب آتش‌سوزی شود.

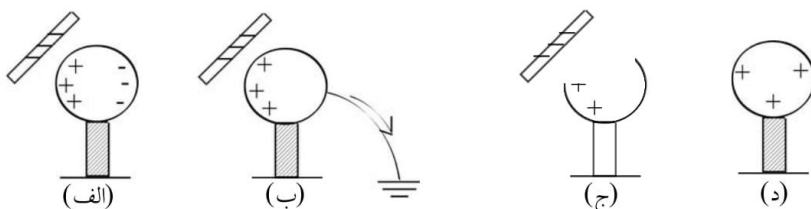
۵۷- هواپیماها هنگام حرکت دارای بار الکتریکی می‌شوند. برای تخلیه‌ی بار الکتریکی آن‌ها چه تدبیری به کار برده می‌شود؟

لبه‌ها و نوک‌های تیز بال و قسمت‌های مختلف هواپیما سبب تخلیه‌ی بار در هوا می‌شوند.

جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده ی فازن و الکتریسته ساکن

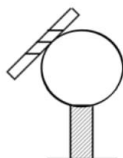


۵۸- میله ی نارسانایی با بار منفی و کره ای رسانا و بدون بار روی پایه ی نارسانا در اختیار دارید، با رسم شکل توضیح دهید چگونه می توان کره را دارای بار مثبت کرد؟



- الف- میله را به کره نزدیک می کنیم.
- ب- میله را به زمین متصل می کنیم.
- ج- اتصال زمین را قطع می کنیم.
- د - میله را دور می کنیم.

۵۹- میله ی نارسانایی با بار منفی و کره ای رسانا و بدون بار روی پایه ی نارسانا در اختیار دارید، با رسم شکل توضیح دهید چگونه می توان کره را دارای بار منفی کرد؟



میله را به کره تماس می دهیم بخشی از بار سطحی میله به کره منتقل می شود.

۶۰- دو جسم بدون بار را چگونه می توان باردار کرد؟ آیا در این روش لازم است به جنس اجسام توجه شود؟ با مالش دادن آن ها به یکدیگر. بله، باید هر دو نارسانا و با جنس های مختلف باشند.

۶۱- آزمایش زیر را انجام دهید:

- ۱- شیر آب سرد را کمی باز کنید تا باریکه ای از آب تشکیل شود.
  - ۲- با یک شانه پلاستیکی چند بار سر خود را شانه بزنید.
  - ۳- شانه را به باریکه ی آب نزدیک کنید.
- آیا مسیر آب منحرف می شود؟ علت را بنویسید.
- بله، شانه در اثر مالش باردار می شود و مولکول آب قطبی است. بدین جهت دچار چرخش شده، جذب شانه می شود. این جاذبه سبب انحراف مسیر آب می شود.

۶۲- در کدام یک از وسیله های منزل لازم است بار الکتریکی ایجاد شده را کاهش دهیم (و یا کنترل کنیم)؟

ماشین لباس شویی. چون در این وسیله حرکت مالشی وجود دارد.

جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده ی فازن و الکتریسته ساکن



۶۳- با توجه به شکل زیر، چند مورد از مشاهده‌های خود که با الکتریسته‌ی ساکن ارتباط دارد را بنویسید.



اجزایی که در آن‌ها مالش یا حرکت وجود دارد باید به زمین وصل شوند تا به تدریج تخلیه شوند یا باید از جنسی باشند که در اثر مالش باردار نشوند. این اجزا عبارتند از: بدن و لباس بیمار، ارابه‌ی ابزار و زمین، اجزای دستگاه هوشبری و تنفس مصنوعی، کفش‌های متصدیان.

۶۴- اگر یکی از سرهای دو باتری مشابه را به طور مخالف به هم ببندیم (پایانه‌های مثبت به منفی و یا پایانه‌های منفی به مثبت وصل باشند) و دو سر مجموعه را به یک لامپ ببندیم چه اتفاقی می‌افتد؟ چون اختلاف پتانسیل دو سر مجموعه صفر می‌شود، هیچ جریانی از آن‌ها نخواهد گذشت.

۶۵- وقتی دو جسم به یکدیگر ..... داده می‌شوند، بین آن‌ها الکترون مبادله می‌شود.  
مالش

۶۶- با جابه‌جا شدن الکترون‌های آزاد، بار الکتریکی درون ..... شارش می‌کند.  
رسانا

۶۷- در یک جسم ..... بار الکتریکی در محل ایجاد شده باقی می‌ماند.  
نارسانا

۶۸- نیرویی که بارهای الکتریکی هم نوع بر یکدیگر وارد می‌کنند ..... و نیرویی که بارهای الکتریکی غیرهم نوع بر یکدیگر وارد می‌کنند ..... است.  
رانش، ربایش



### جزوه ی فیزیک - مسائل حل شده ی فازن و الکتریسته ساکن

۶۹- هر گاه جسمی را که دارای بار الکتریکی است (مثلاً میله‌ای شیشه‌ای با بار مثبت) به کلاهک یک الکتروسکوپ بدون بار تماس دهید، چه اتفاقی می‌افتد؟ علت را توضیح دهید.

در اثر تماس بخشی از بار سطحی شیشه به الکتروسکوپ منتقل شده، تیغه‌ها دارای بار مثبت می‌شوند و از هم فاصله می‌گیرند.

۷۰- جسمی باردار است؟

الکتروسکوپ را با تماس به زمین خنثی می‌کنیم و بعد از قطع اتصال زمین، جسم مورد نظر را به الکتروسکوپ نزدیک می‌کنیم. در صورتی که تیغه‌ها از هم دور شوند، جسم باردار است.

۷۱- جسم چه نوع باری دارد؟

الکتروسکوپ را باردار می‌کنیم (با بار معلوم) جسم باردار مجهول را به آن نزدیک می‌کنیم. اگر تیغه‌ها از هم دورتر شوند، بار مجهول و الکتروسکوپ هم‌نوع است و اگر به هم نزدیک شدند، بار مجهول و الکتروسکوپ هم‌نوع نیستند. جسم مجهول باید دارای بار باشد.

۷۲- جسمی رساناست یا نارسانا؟

جسم خنثی را به الکتروسکوپ باردار نزدیک می‌کنیم. اگر فاصله‌ی تیغه‌ها تغییر کرد معلوم است در جسم مجهول، القا صورت گرفته است، پس رسانا است در غیر این صورت جسم نارسانا است.

۷۳- آیا با الکتروسکوپ می‌توان مقدار بار دو کره‌ی هم اندازه، رسانا و باردار را با یک‌دیگر مقایسه کرد؟

بله با نزدیک کردن کره‌ها به الکتروسکوپ و مقایسه‌ی فاصله‌ی تیغه‌ها در دو حالت.