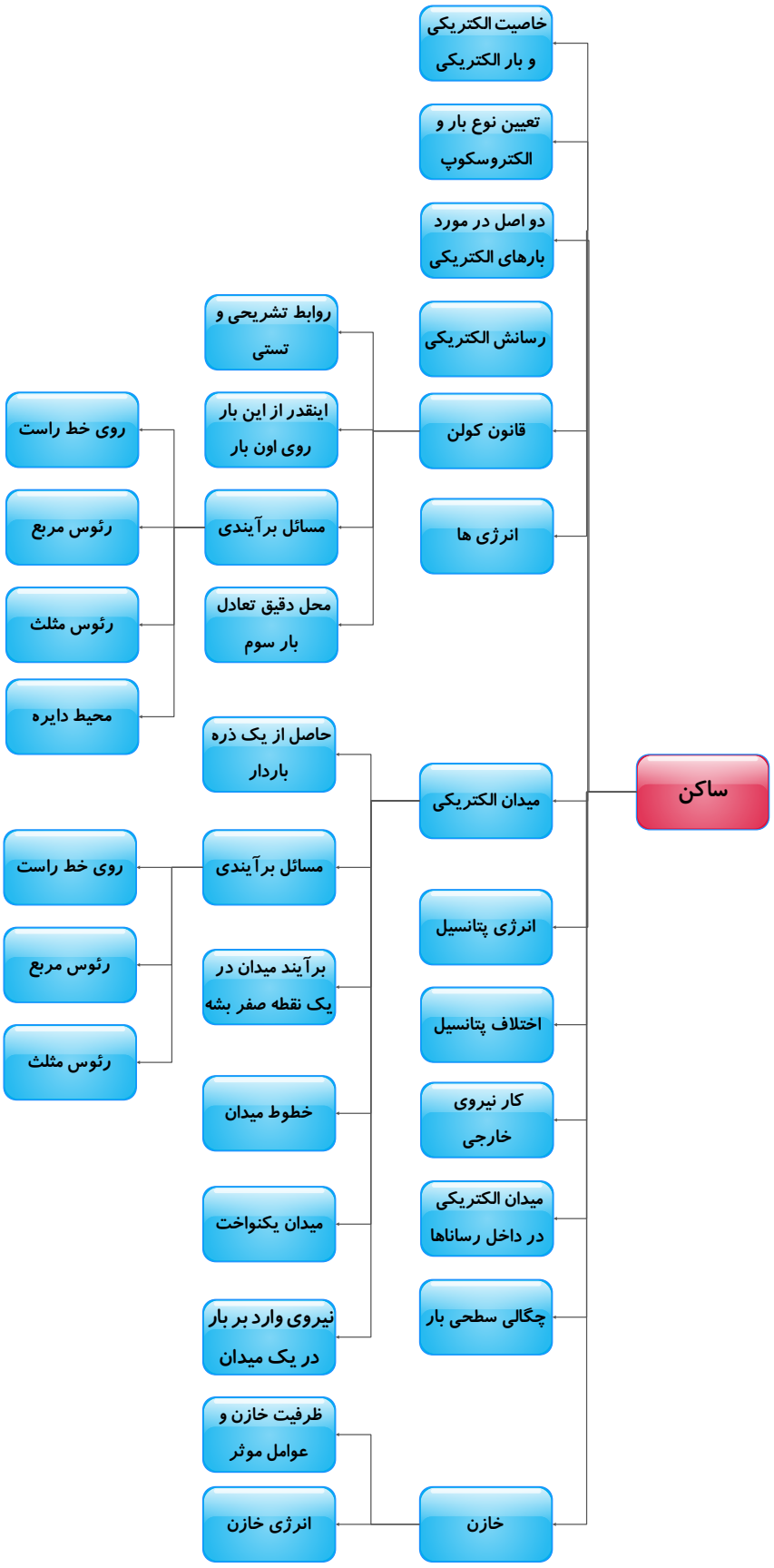
الکتریسیته ساکن

نمودار شماتیک:



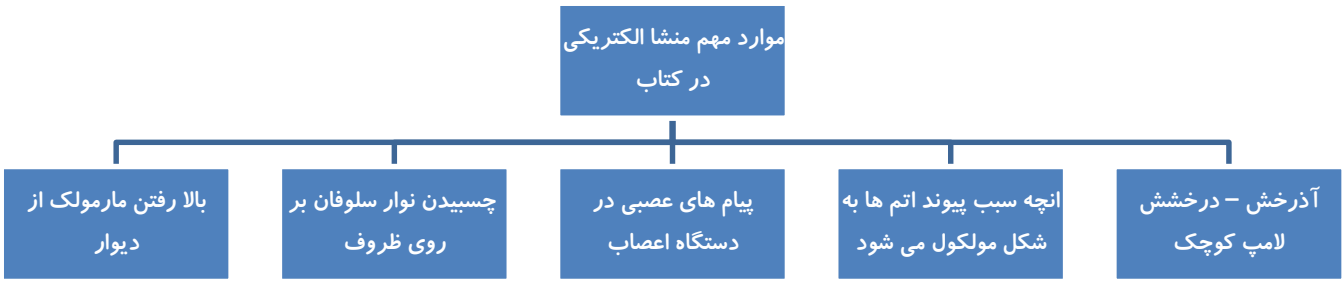
فصل اول فیزیک یازدهم

الکتریسیته ساکن

(معمولا ۳ تست تجربی و ٤ تست در ریاضی — پیش نیاز فصل : کمی از بردار)

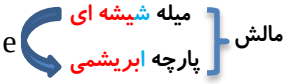
۱-۱ خاصیت الکتریکی (کهربایی)

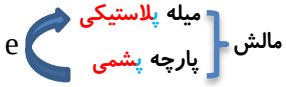
با شانه پلاستیکی موهاتو شانه کن! شانه رو ببر نزدیک خرده های کاغذ! چی میشه؟!



واژه الکتریسیته از واژه یونانی الکترون[1] به معنای کهربا گرفته شده است.

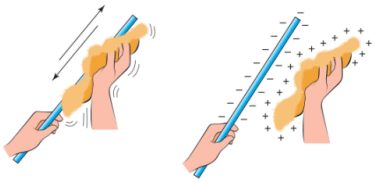
۱-۲ بار الکتریکی





وقتی دو جسم با یکدیگر مالش داده می شوند.

۱) هر دوی آن ها دارای بار الکتریکی می شوند.

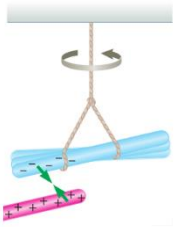


۲) بر یکدیگر نیرو وارد می کنند.

میله های با بار هم نام : همدیگر را دفع و میله های با بار غیرهم نام : همدیگر را جذب

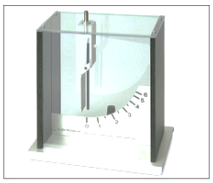
الف) وقتی دو میلهٔ شیشه‌ای را با پارچهٔ ابریشمی مالش دهیم، همدیگر را دفع می‌کنند.

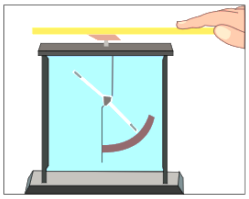
ب) وقتی دو میلهٔ پلاستیکی را با پارچهٔ پشمی مالش دهیم، همدیگر را دفع می‌کنند.

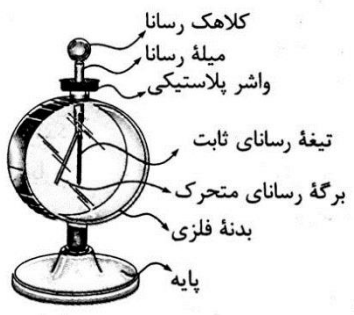

ب) وقتی میلهٔ پلاستیکی مالش داده شده با پارچهٔ پشمی را به میلهٔ شیشه‌ای مالش داده شده با پارچهٔ ابریشمی نزدیک کنیم، همدیگر را جذب می‌کنند.

۱-۲-۱ تعیین نوع بار جسم

نوع باری که دو جسم در اثر مالش پیدا می کنند به جنس آن ها بستگی دارد. باردار بودن و تعیین نوع بار توسط برق نما تعیین می شود.


الف) تصویر از یک الکتروسکوپ درجه‌بندی شده بدون بار


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



[1] Elektron

۱-۲-۲ کاربرد های برق نما (الکتروسکوپ)

باردار کردن الکتروسکوپ، به دو روش القا و تماس انجام می شود.

- در روش القا : بار الکتروسکوپ مخالف بار جسم القا کننده می شود.
- در روش تماس: بار الکتروسکوپ هم نام بار جسم رسانا می شود.

۱) تشخیص وجود بار الکتریکی در یک جسم (باید الکتروسکوپ بدون بار باشه!)	جسم را به کلاهک الکتروسکوپ بدون باری نزدیک می کنیم، اگر با نزدیک شدن جسم ، (مستقل از نوع بار جسم) برگه ها از هم فاصله گرفتند یعنی جسم باردار است. (علت : جابجایی بارهای هم نام با جسم از کلاهک به برگه و تیغه است. هم نام شدن بار برگه و تیغه سبب دور شدن برگه از تیغه می شود.) جمع بندی ۱: برگه ها از هم فاصله گرفتند یعنی جسم باردار است.
۲) تشخیص نوع بار جسم (باید بار الکتروسکوپ مشخص باشه! یعنی از قبل ورقه ها از هم فاصله داشته باشن.)	جسمی را با بار نامعلوم از فاصله نسبتاً دور، به آرامی به کلاهک الکتروسکوپی که بار آن مشخص است نزدیک می کنیم: ✓ هم نام با الکتروسکوپ: اگر برگه شروع به دور شدن از تیغه کرد و با نزدیک شدن جسم هم چنان دور شد. () ✓ مخالف با الکتروسکوپ: اگر بار جسم کمتر از بار الکتروسکوپ باشه، ورق ها به هم نزدیک میشن. ولی اگر بار جسم بیشتر از بار الکتروسکوپ باشه، ورق ها از هم دور میشن! (که شما حالت بالا رو بدونین کافیه.) جمع بندی۲: پس اگه هم نام باشن : زاویه بین ورقه ها زیاد یا دور میشن از هم ! جمع بندی۳: پس اگه نا هم نام باشن : زاویه بین ورقه ها کم یا نزدیک میشن به هم !
۳) تشخیص رسانا یا نارسانا بودن جسم (باید الکتروسکوپ باردار باشه!)	کافیست سر جسم رسانا را بدون دستکش یا وسیله عایقی در دست بگیریم و به سر الکتروسکوپ باردار تماس دهیم. اگر جسم رسانا باشد، برگه رسانا خیلی سریع به تیغه می چسبد. (علت: بدن ما رسانای الکتریکی است و بار از طریق جسم و بدن ما به زمین منتقل می شود و الکتروسکوپ خنثی می شود.). اما برای جسم نارسانا زاویه بین برگه و تیغه تغییری نمی کند. جمع بندی۴: اگر جسم رسانا باشد، برگه رسانا خیلی سریع به تیغه می چسبد.

۱-۲-۳ یکای بار الکتریکی

۱) یک کمیت فیزیکی با حرف q نشونش میدن .

۲) یکای آن در SI کولن (C) می باشد. (یک کولن بار بزرگی است (باری که از آذرخش یا صاعقه به زمین منتقل می شود ۱۰C است))

۱-۲-۴ ساختار اتم

اتم	ذره		نوع بار	مقدار بار بر حسب کولن	جرم بر حسب کیلوگرم (نیازی به حفظ کردن نیست)
	اطراف هسته	الکترون	منفی	$q_e = -e = -۱/۶\times ۱۰^{-۱۹}$	$m_e = ۹/۱۱\times ۱۰^{-۳۱}$
	هسته	پروتون	مثبت	$q_p = +e = +۱/۶\times ۱۰^{-۱۹}$	$m_p = ۱/۶۷۳\times ۱۰^{-۲۷}$
		نوترون	خنثی	$q_n = ۰$	$m_n = ۱/۶۷۵\times ۱۰^{-۲۷}$

مقدار $۱/۶\times ۱۰^{-۱۹}C$ را بار بنیادی (پایه)گوییم و با e نشان می دهیم. (اندازه گیری بار الکتریکی توسط رابرت میلیکان انجام شد)

در مالش : الکترون ها تولید نمی شوند و یا از بین نمی روند، بلکه صرفا از جسمی به جسم دیگر منتقل می شوند.

(الکترون از دست بدهد: بارش مثبت / الکترون دریافت کند: بارش منفی می شود)

در یک جسم	تعداد پروتون بیشتر از الکترون ($n_p > n_e$)	بار جسم مثبت $\longrightarrow q > ۰$
	تعداد الکترون بیشتر از پروتون ($n_e > n_p$)	بار جسم منفی $\longrightarrow q < ۰$
	تعداد پروتون برابر الکترون ($n_e = n_p$)	بار جسم خنثی $\longrightarrow q = ۰$

۱-۲-۵ سری تریبوالکتریک (برطرف کننده دغدغه ما در مورد انتقال بار الکتریکی) – حفظ نشود!

در این جدول مواد بالاتر الکترون میدن! (مواد پایین تر، الکترون میخوان!)

مثلاً مالش نایلون با تفلون : الکترون از نایلون به تفلون منتقل می شود.

سری الکتریسیته مالشی (تریبوالکتریک)

انتهای مثبت سری

موی انسان
شیشه
نایلون
پشم
موی گربه
سُرب
ابریشم
آلومینیم
پوست انسان
کاغذ
چوب
پارچهٔ کتان
کهربا
برنج، نقره
پلاستیک، پلی اتیلن
لاستیک
تفلون

انتهای منفی سری

۱-۲-۶ دو اصل در مورد بارهای الکتریکی

۱) اصل اول: اصل پایستگی بار:

مجموع جبری همه بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی ثابت است . یعنی بار می تواند از جسمی به جسم دیگر منتقل شود، ولی هرگز امکان تولید یا نابودی یک بار خالص وجود ندارد. (هیچ آزمایشی ناقص این اصل نبوده است!!!)

یعنی اگر اجسام A و B و C بارهای q_A, q_B, q_C داشته باشند و با هم تبادل الکترون کنند، پس از تبادل، بار آن ها شد : q'_A, q'_B, q'_C

$$q_A + q_B + q_C = q'_A + q'_B + q'_C$$

دستگاه منزوی : دستگاهی که نه از محیط اطراف خود بار بگیرد و نه به آن بار بدهد.

۲) اصل دوم : اصل کوانتیده بودن بار:

در تجربه هایی مثل مالش، اگر جسم خنثی الکترون بگیرد یا از دست بدهد، همواره بار الکتریکی مشاهده شده ی جسم، مضرب درستی از بار بنیادی (پایه) است.

$q = +ne$ جسم خنثی **n** تا الکترون از دست بدهد.	$\boxed{q = \pm ne}$ $n = ۰, ۱, ۲, ۰۰۰$
$q = -ne$ جسم خنثی n تا الکترون بگیرد.	

در این رابطه $\pm n$ مضرب صحیح و e مقدار ثابت بار می باشد.

جمع بندی۵: هر وقت گفت چند الکترون ، یاد $\boxed{q = \pm ne}$ بیفت!

تست ۱:

بار الکتریکی یک جسم باردار کدام یک از مقادیر زیر نمی‌تواند باشد؟

۱) $۳/۲ \times ۱۰^{-۱۹}\ C$ ۲) $۴/۴ \times ۱۰^{-۱۹}\ C$ ۳) $۶/۴ \times ۱۰^{-۱۹}\ C$ ۴) $۸ \times ۱۰^{-۱۹}\ C$

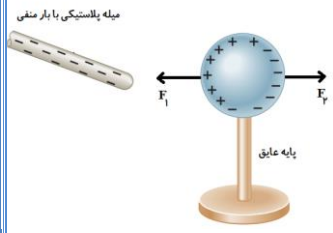
۱-۲-۷ رسانش الکتریکی

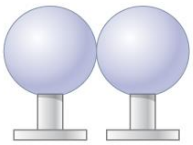
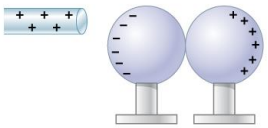
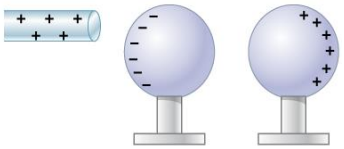
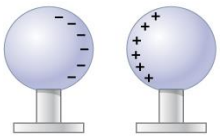
اجسام از نظر توانایی عبور دادن بارهای الکتریکی به سه دسته تقسیم می شوند:

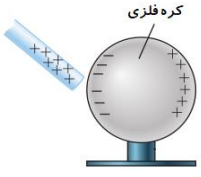
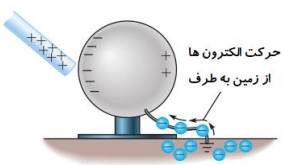
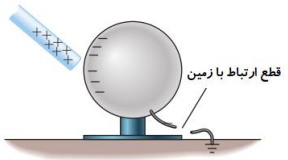
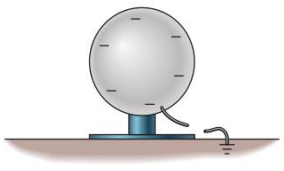
رسانش الکتریکی

- رسانا: بعضی از اجسام مثل طلا، پلاتین، نقره، مس و سایر فلزات به راحتی بارهای الکتریکی را از خود عبور می دهند. دلیل رسانا بودن : در ساختار مولکولی شان الکترون آزاد دارند.
- نارسانا: اجسامی مثل چوب، لاستیک، تفلون، هوا و خیلی از نافلزات نارسانا هستند و از آن ها به عنوان عایق الکتریکی استفاده می شود. این اجسام چون الکترون آزاد ندارند، نمی توانند بارهای الکتریکی را از خود عبور دهند.
- نیم رسانا: تعداد الکترون های آزاد در ساختمان موادی مثل ژرمانیم، سیلیسیم و گرافیت به فراوانی اجسام رسانا و کمبود اجسام نارسانا نیست. این اجسام نه رسانای خوبی هستند و نه نارسانای مطمئنی!

۳-۱ روش های باردار کردن اجسام

<table>
<tr><th>روش</th><th>برای اجسام</th><th>توضیحات</th></tr>
<tr><td>مالش (q هم اندازه اما ناهم نام)</td><td>نارسانا و رسانا (نارسانا بهتره)</td><td>
• در اثر مالش سطح دو جسم به هم و به دنبال آن گرمای (انرژی) ایجاد شده تعدادی الکترون از سطح یک جسم کنده می شوند و به سطح جسم دیگر می چسبند. بر اساس جدول تریبوالکتریک می تونیم بفهمیم کی منفی شده کی مثبت!
• هم برای اجسام رسانا و هم اجسام نارسانا
• این روش بهترین روش برای باردار کردن اجسام نارسانا است. (برای اجسام رسانا روش های بهتری وجود دارد)
• در اجسام نارسانا، بارهای الکتریکی فقط در محل تماس (مالش) مستقر می شوند (علت: بارها در اجسام نارسانا جابجا نمی شوند)
</td></tr>
<tr><td>تماس</td><td>رسانا</td><td>
• تماس دو جسم رسانا به هم، راه را برای انتقال بین دو جسم باز می کند.
• تماس جسم رسانای باردار با جسم رسانای خنثی : جسم رسانای خنثی باری هم نام جسم باردار پیدا میکند.
• طبق اصل پایستگی بارهای الکتریکی، مجموع بار الکتریکی دو جسم قبل و بعد از تماس با هم برابر است. $q_1+q_2=q_1'+q_2'$
• بر اثر تماس دو کره فلزی مشابه باهم، بار الکتریکی بعد از تماس به صورت مساوی بین دو کره تقسیم می شود. یعنی:
بارها بعد تماس برابر میانگین بارها قبل تماس . $q_1'=q_2'=\frac{q_1+q_2}{2}$
• تماس مستقیم دو جسم با هم، تماس دو کره رسانا توسط رسانای دیگر از جمله مثال های باردار کردن به این روش می باشد.
</td></tr>
<tr><td>القا (واژه ی نزدیک کردن)</td><td>رسانا</td><td>
اگر یک میله پلاستیکی ای با بار منفی را به یک کره فلزی خنثی نزدیک کنیم، پروتون ها درون کره فلزی به طرف میله پلاستیکی جذب می شوند.
پس بار یک سمت کره فلزی منفی و بار طرف دیگر مثبت می شود.
در واقع القای الکتریکی: جابجایی بار الکتریکی درون یک جسم در اثر نیروی جاذبه یا دافعه الکتریکی است.
در این پدیده نیازی به برقراری تماس بین دو جسم نیست.
در این پدیده همیشه جسم القا کننده و جسم القا شونده همدیگر را جذب می کنند،
بنابراین نیروی جاذبه الکتریکی بین میله و سمت چپ کره ($\overrightarrow{F_1}$) از نیروی دافعه بین میله و سمت راست کره ($\overrightarrow{F_2}$) بیشتر است.
باردار کردن با روش القا به ۲ روش انجام می شود.


روش ۱
<table>
<tr><th>مرحله ۱</th><th>مرحله ۲</th><th>مرحله ۳</th><th>مرحله ۴</th></tr>
<tr><td>تماس دو کره خنثی رسانای A و B به هم
  </td><td>نزدیک کردن میله شیشه ای باردار به کره A
  </td><td>کره ها را از هم دور می کنیم (همچنان میله نزدیک A)
  </td><td>دور کردن میله
  </td></tr>
</table>

روش ۲ :
<table>
<tr><th>مرحله ۱</th><th>مرحله ۲</th><th>مرحله ۳</th><th>مرحله ۴</th></tr>
<tr><td>نزدیک کردن میله شیشه ای به کره
 
</td><td>انتقال بارهای منفی از زمین به کره، با وصل کردن کره به زمین
 
</td><td>قطع ارتباط و به دام انداختن الکترون های افزوده شده به کره
 
</td><td>دور کردن میله
نتیجه: بار کره مخالف بار میله
  </td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

۱-۴ دافعه یا جاذبه های کنکور یک بار برای همیشه ! الله اکبر

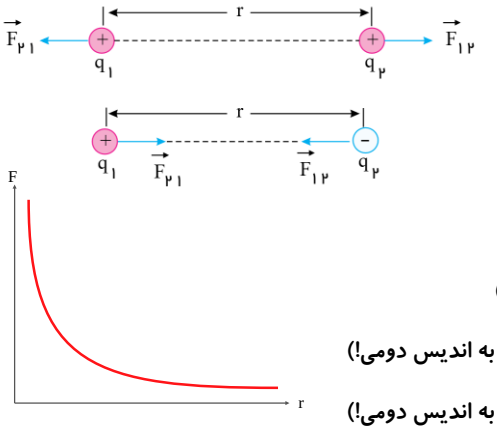
نوع نیرو	شرایط	جاذبه یا دافعه؟!
نیرویی که دو بار الکتریکی به هم وارد می کنن	بار ها هم نام باشن	نیروی دافعه
	بارها ناهم نام باشن	نیروی جاذبه
نیروی گرانشی بین دو جسم (دینامیک دوازدهم)	همیشه از جنس جاذبه هستش	
نیرویی که دو سیم به هم وارد می کنن (مغناطیس یازدهم)	دو سیم همسو باشن	نیروی جاذبه
	دو سیم نا همسو باشن	نیروی دافعه

۱-۴-۱ خود قانون کولن

	اصلی : بارها بر حسب کولن و فاصله متر	۹۰ : بارها بر حسب میکروکولن و فاصله سانتی متر	مقایسه ای
رابطه	$F = K\frac{\lvert q_1\rvert\lvert q_2\rvert}{r^2}$	$F = 9\cdot\frac{\lvert q_1\rvert\lvert q_2\rvert}{r^2}$	$F\alpha\frac{\lvert q_1\rvert\lvert q_2\rvert}{r^2}\rightarrow\frac{F'}{F}=\frac{\lvert q_1'\rvert\lvert q_2'\rvert}{\lvert q_1\rvert\lvert q_2\rvert}\times(\frac{r}{r'})^2$

F بر حسب نیوتن و $K=\frac{1}{4\pi\varepsilon_\cdot}=9\times10^9\frac{N.m^2}{C^2}$ می باشد.

نکته ها



الف) نیروی الکتریکی بین دو بار الکتریکی همنام، دافعه است. (خارج فاصله)

ب)نیروی الکتریکی بین دو بار الکتریکی ناهمنام، جاذبه است. (بینشون)

این نیروها که دو بار نقطه ای برهم اثر می دهند:

۱) در راستای خط مستقیم بین آنهاست.

۱) هم اندازه اند. $\longleftarrow \lvert\vec{F}_{12}\rvert=\lvert\vec{F}_{21}\rvert=F$ (بر اساس قانون ۳ نیوتن)

۲) در خلاف جهت هم اند. $\longleftarrow \vec{F}_{12}=-\vec{F}_{21}$ (بر اساس قانون ۳ نیوتن)

$\vec{F}_{12}$: نیرویی که بار نقطه ای q_1 به بار نقطه ای q_2 وارد می کند. (اندیس اولی به اندیس دومی!)

$\vec{F}_{21}$: نیرویی که بار نقطه ای q_2 به بار نقطه ای q_1 وارد می کند. (اندیس اولی به اندیس دومی!)

۱-۴-۲ کولنی که اینقدر از این بار روی اون بار بگذاریم!

نکته۶: دو بار مساوی و هم نام q در فاصله ی r از یکدیگر قرار دارند. مقدار x از یکی از بارها برداشته ($q-xq$) و بر روی بار دیگر می گذاریم،

($q+xq$) در این صورت نسبت نیروی جدید به نیروی قبلی از رابطه ی زیر به دست می آید:

$$\frac{F_2}{F_1}=\frac{q_1'q_2'}{qq}=\frac{(q-xq)(q+xq)}{qq}=\frac{q^2-x^2q^2}{q^2}\rightarrow\boxed{\frac{F_2}{F_1}=(1-x^2)}\xrightarrow{\text{with r}}\boxed{\frac{F_2}{F_1}=(1-x^2)\times(\frac{r_1}{r_2})^2}$$

نکته۷: دو بار مساوی و نا هم نام q در فاصله ی r از یکدیگر قرار دارند. مقدار x از یکی از بارها برداشته ($q-xq$) و بر روی بار دیگر می گذاریم،

($-q+xq$)در این صورت نسبت نیروی جدید به نیروی قبلی از رابطه ی زیر به دست می آید:

$$\frac{F_2}{F_1}=\frac{q_1'q_2'}{qq}=\frac{\lvert(q-xq)\rvert\lvert(-q+xq)\rvert}{qq}=\frac{(q-xq)^2}{q^2}\rightarrow\boxed{\frac{F_2}{F_1}=(1-x)^2}\xrightarrow{\text{with r}}\boxed{\frac{F_2}{F_1}=(1-x)^2\times(\frac{r_1}{r_2})^2}$$

۵-۱ مسائل درصدی

۱) از درصد بفهمیم که کمیت چند برابر شده است.

۲) در فرمول مربوطه برویم.

۳) چند برابر شدن کمیت مورد نظر را بیابیم.

۴) یافتن درصد کمیت مورد نظر.

۵) یا از فرمول درصد تغییرات :

$$\frac{\Delta q}{q_{avaliye}} \times ۱۰۰ = \frac{q_{nahai} - q_{avaliye}}{q_{avaliye}} \times ۱۰۰$$

نکته۸: طبق نکته ریاضیاتی می دانیم هرگاه مجموع دو کمیت ثابت باشد، حاصل ضربشان وقتی بیشینه می شود که دو مقدار با هم برابر باشند. (طبق پایستگی بار مجموع دو بار همواره ثابت است، بنابراین نیروی بین دو بار زمانی بیشینه می شود که بارها برابر باشند.)

$۵ + ۵ = ۱۰ \rightarrow ۵ \times ۵ = ۲۵$

$۴ + ۶ = ۱۰ \rightarrow ۴ \times ۶ = ۲۴$

نکته۹: اگر دو ذره به هم نیرو وارد کنن و شتاب بگیرن : $F_{۱۲} = F_{۲۱} \rightarrow m_۲ a_۲ = m_۱ a_۱$

تست۲:

دو بار الکتریکی $q_۱$ و $q_۲$ با جرم‌های به ترتیب ۲ و ۳ گرم در صفحه‌ای افقی ثابت شده‌اند. اگر بار $q_۱$ به بار $q_۲$، نیروی $۶\vec{i} - ۱۲\vec{j}$ (برحسب میلی‌نیوتون) وارد کند، بردار شتابی که بار $q_۱$ در اثر نیروی الکتریکی میان دو بار می‌گیرد، (برحسب متر بر مربع ثانیه) کدام است؟

۱) $-۳\vec{i} + ۶\vec{j}$ ۲) $-۲\vec{i} + ۴\vec{j}$ ۳) $۳\vec{i} - ۶\vec{j}$ ۴) $۲\vec{i} - ۴\vec{j}$

تست۳:

مطابق شکل زیر، درون یک لوله بدون اصطکاک دو گلولهٔ کوچک، نارسانا و مشابه A و B به جرم $۴۰g$ و با بار الکتریکی $q\ (q > ۰)$ در فاصلهٔ $۱۲cm$ از هم قرار دارند، به‌طوری که گلولهٔ بالایی معلق مانده است. تعداد الکترون‌های کنده شده از هر گلوله کدام است؟ ($k = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{N \cdot m^۲}{C^۲}$ ، $e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C$ ، $g = ۱۰ \frac{N}{kg}$ و از تمامی نیروهای اصطکاک درون لوله صرف‌نظر کنید.)

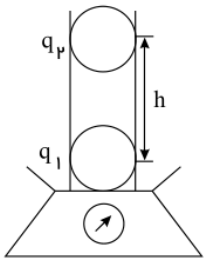
۱) ۵×۱۰^{۱۳} ۲) ۵×۱۰^{۱۲}

۳) ۸×۱۰^{۷} ۴) ۸×۱۰^{۱۲}

-قلم چی-۱۳۹۷

تست۴:

یک لولهٔ شیشه‌ای قائم به جرم ۱۰۰ گرم و دو گلولهٔ کوچک و یکسان به جرم‌های $۱۰g$ و بارهای $۲\mu C$ مطابق شکل زیر، بر روی یک نیروسنج قرار دارند. مشاهده می‌شود که دو گلوله در فاصلهٔ h در حالت تعادل‌اند. به‌ترتیب از راست به چپ، فاصلهٔ h چند متر و عدد نیروسنج چند نیوتون است؟ (از اصطکاک و آثار الکتریکی شیشه صرف نظر کنید، $k = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{N \cdot m^۲}{C^۲}$ و $g = ۱۰ \frac{N}{kg}$)



۱) ۰/۶ ، ۱/۱

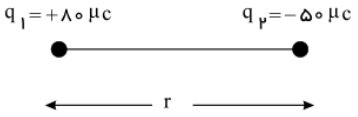
۲) ۰/۰۶ ، ۱/۱

۳) ۰/۶ ، ۱/۲

۴) ۰/۰۶ ، ۱/۲

تست ۵:

مطابق شکل زیر، دو بار الکتریکی در فاصلهٔ r، نیروی جاذبهٔ F بر یکدیگر وارد می‌کنند. اگر با ثابت بودن فاصله، ۲۵ درصد از بار q_1 را به q_2 انتقال دهیم، نیروی جاذبهٔ بین دو بار چند درصد و چگونه تغییر می‌کند؟



۱) ۲۵، کاهش
۲) ۲۵، افزایش
۳) ۵۵، کاهش
۴) ۵۵، افزایش

تست ۶:

دو کرهٔ فلزی خیلی کوچک و مشابه دارای بار الکتریکی ناهمنام $q_1 > 0$ و $|q_2| > q_1$ هستند و در فاصلهٔ ۶۰ سانتی‌متری هم قرار دارند و برهم نیروی الکتریکی $0/9N$ وارد می‌کنند. اگر کره‌ها را بهم تماس دهیم و دوباره به همان فاصلهٔ قبلی از هم دور کنیم، نیروی الکتریکی $1/6$ نیوتن به هم وارد می‌کنند. q_1 چند میکروکولن است؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$)

۱) ۱
۲) ۲
۳) ۱۰
۴) ۲۰

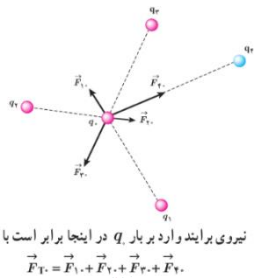
۶-۱ برآیند نیروهای الکتریکی

اگر n ذره باردار داشته باشیم:

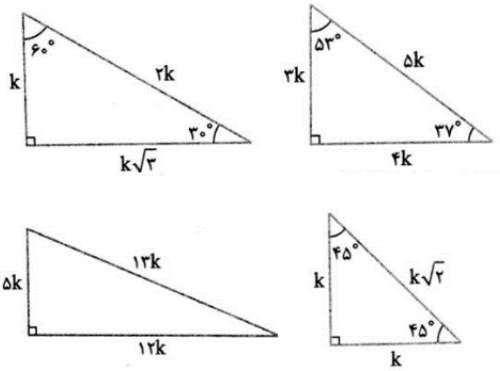
$$\vec{F}_{T.} = \vec{F}_{1.} + \vec{F}_{2.} + \vec{F}_{3.} + \ldots + \vec{F}_{n.}$$

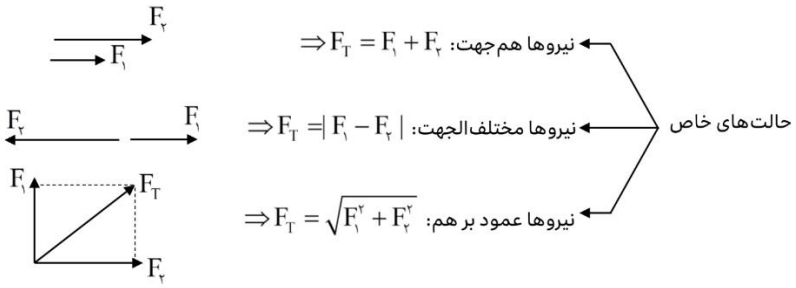
$\vec{F}_{n.}$: نیرویی که بار q_n به $q.$ وارد می کند.

$\vec{F}_{T}$: نیروی خالص (کل) وارد شده بر بار $q.$



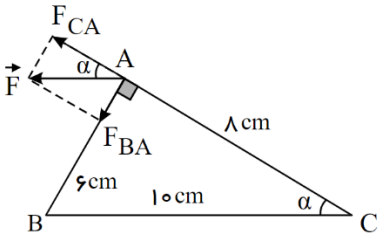
نکته ۱۰: بر هر بار الکتریکی به تعداد بارهای دیگر نیرو بر آن وارد می شود.





نکته ۱۱: این شکل ها که برآیند نیروها بر هم عمودند ، کافیه از مثلثات بری ! برای مثال

در شکل زیر نیروی برایند موازی ضلع ۱۰ سانتی متری است



اگر حرف از برآیند (وتر بزنن) : سراغ سینوس یا کسینوس برو

$$\sin\alpha = \frac{F_{BA}}{F} = \frac{۶}{۱۰}$$

$$\cos\alpha = \frac{F_{CA}}{F} = \frac{۸}{۱۰}$$

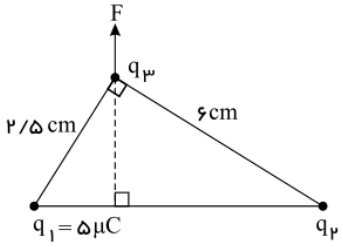
اگر حرفی از وتر نزنن : سراغ تانژانت یا کتانژانت.

$$\tan\alpha = \frac{F_{BA}}{F_{CA}} = \frac{۶}{۸}$$

$$\cot\alpha = \frac{F_{CA}}{F_{BA}} = \frac{۸}{۶}$$

تست ۷:

دو ذرهٔ باردار q_1 و q_2 مطابق شکل زیر قرار دارند. نیروی الکتریکی خالص (برایند) ناشی از دو ذره به ذرهٔ باردار q_3 برابر $\vec{F}$ است. q_2 چند میکروکولن است؟

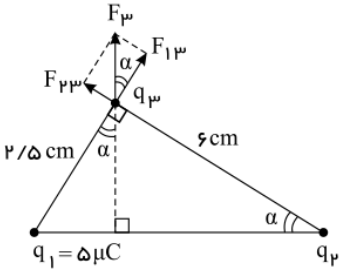


۱) ۱۰۸
۲) ۲۴
۳) ۱۲
۴) ۶

پاسخ: گزینه ۳

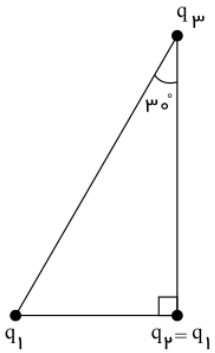
$$\begin{cases} \tan\alpha = \dfrac{F_{23}}{F_{13}} = \dfrac{\frac{k|q_2||q_3|}{r_{23}^2}}{\frac{k|q_1||q_3|}{r_{13}^2}} = (\dfrac{q_2}{q_1})(\dfrac{r_{13}}{r_{23}})^2 \\ q_1 > 0 \Rightarrow q_3 > 0 \Rightarrow q_2 > 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \tan\alpha = \dfrac{۲/۵}{۶} = \dfrac{۵}{۱۲} \\ \tan\alpha = (\dfrac{q_2}{۵})(\dfrac{۲/۵}{۶})^2 = \dfrac{q_2}{۵} \times (\dfrac{۵}{۱۲})^2 \end{cases} \Rightarrow \frac{۵}{۱۲}$$

$$= \frac{q_2}{۵} \times (\frac{۵}{۱۲})^2 \Rightarrow q_2 = ۱۲\mu C$$



تست ۸:

سه ذرهٔ باردار در سه رأس یک مثلث قائم‌الزاویه قرار دارند. بزرگی نیروی الکتریکی که بار q_1 بر q_2 وارد می‌کند، F_1 و بزرگی نیروی الکتریکی که q_2 به q_3 وارد می‌کند، F_2 است. درصورتی که $F_1 = F_2$ باشد، بزرگی نیرویی که q_1 به q_3وارد می‌کند، چند برابر F_1 است؟



۱) $\frac{۳}{۴}$

۲) ۱

۳) $\frac{۴}{۳}$

۴) $\frac{۳}{۲}$

۱-۶-۱ یافتن محل دقیق تعادل بار q_3 (وقتی برآیند نیروهایی الکتریکی وارد بر یکی از بارها صفر شود)

دو بار q_1 و q_2 در فاصله ی r از یکدیگر قرار دارند. بار q_3 را در کجا قرار دهیم تا برآیند نیروی الکتریکی وارد بر آن صفر شود؟ ($|q_1| < |q_2|$)

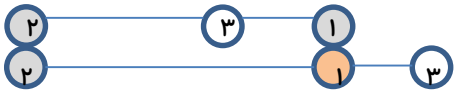
لازمه این داستان ۴ شرط می باشد: (فرض $|q_2| > |q_1|$)

۱) نیروهای وارد بر بار q_3 در یک راستا باشند.

۲) باید F_{13}, F_{23} هم اندازه باشند(r_{13}: فاصله بار ۱ از بار ۳ و r_{23}: فاصله بار ۲ از ۳) $F_{13} = F_{23} \rightarrow \frac{Kq_1q_3}{r_{13}^2} = \frac{Kq_2q_3}{r_{23}^2} \rightarrow \boxed{\frac{q_1}{q_2} = (\frac{r_{13}}{r_{23}})^2}$

۳) اگر دو بار ۱ و ۲ هم نام باشند، بار ۳ در بین آن ها و نزدیک به بار کوچکتر

۴) اگر دو بار ۱ و ۲ ناهم نام باشند، بار ۳ در خارج فاصله ی بین آن ها و نزدیک به بار کوچکتر



نکته۱۲: بار کوچکتر از نظر اندازه!!!! یعنی کاری به علامت بار نداشته باشیم! (بین ۱۰- و ۵ : ۵ کوچکتر است)

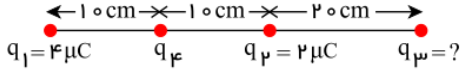
نکته۱۳: یافتن محل بار ۳:

$$x = \frac{r}{\sqrt{\left|\frac{Q}{q}\right|} \pm ۱} \quad , \quad |Q| > |q|$$

-: دو بار غیر هم نام باشند	+: دو بار هم نام باشند	x: فاصله از بار کوچکتر	r: فاصله بین دو بار

تست ۹:

در شکل روبه‌رو، برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_4 برابر صفر است. بار q_3 چند میکروکولن است؟ سراسری- ۱۳۹۱



۱) ۱۸

۲) ۸

۳) -۸

۴) -۱۸

تست ۱۰:

سه ذرهٔ باردار $q_2 = ۳\mu C, q_1 = ۱۲\mu C$ و q_3 در صفحهٔ $x-y$ به‌ترتیب در مختصات $(x_1 = ۴cm, y_1 = ۳cm), (x_2 = -۸cm, y_2 = ۱۲cm)$ و (x_3, y_3) قرار دارند، اگر برایند نیروهای الکتریکی وارد بر هر ذره صفر باشد، q_3 چند میکروکولن است؟

۱) $\frac{۱۶}{۳}$

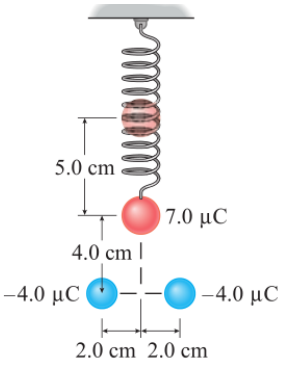
۲) $\frac{۴}{۳}$

۳) $-\frac{۴}{۳}$

۴) $-\frac{۱۶}{۳}$

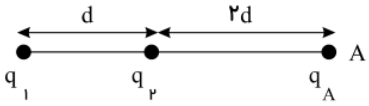
تست ۱۱:

A tiny sphere with a charge of 7.0 μC is attached to a spring. Two other tiny charged spheres, each with a charge of –4.0 μC, are placed in the positions shown in the figure and the spring stretches 5.0 cm from its previous equilibrium position toward the two spheres. Calculate the spring constant.



تست ۱۲:

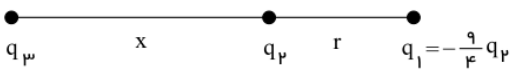
مطابق شکل زیر بر بار الکتریکی نقطه‌ای q_A در نقطهٔ A از طرف بار الکتریکی q_1 و q_2 نیروی الکتریکی برایند $\vec{F}$ وارد می‌شود، اگر بار q_2 حذف شود، نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_A برابر با $\vec{F}=\frac{\vec{F}}{8}$ می‌شود. حاصل $\frac{q_1}{q_2}$ کدام است؟



۱) $\frac{1}{14}$
۲) $\frac{-1}{14}$
۳) $\frac{9}{28}$
۴) $\frac{1}{20}$

تست ۱۳:

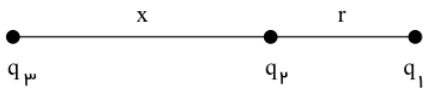
در شکل زیر، برایند نیروهای الکتریکی وارد بر هریک از بارهای الکتریکی صفر است. نسبت‌های $\frac{x}{r}$ و $\frac{q_3}{q_2}$ به‌ترتیب از راست به چپ کدام‌اند؟



۱) $۹،\frac{۳}{۲}$
۲) $-۹،\frac{۳}{۲}$
۳) $۹،۲$
۴) $-۹،۲$

پاسخ: گزینه ۴

(باید q_1 و q_3 هم علامت و مخالف علامت بار q_2 باشند.) $if: q_2>0 \Rightarrow q_1<0$ و $q_3<0$

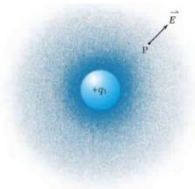
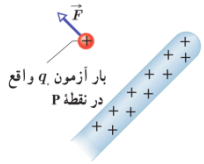
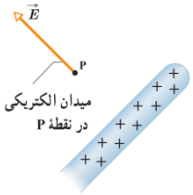
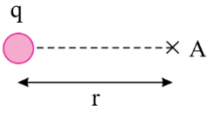
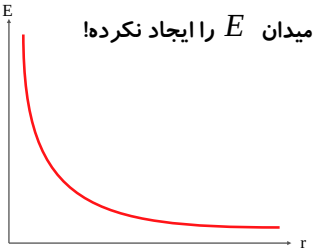
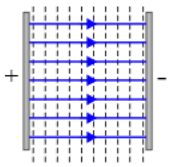


$$q_2: \Rightarrow F_{32}=F_{12} \Rightarrow \frac{k|q_3||q_2|}{x^2}=\frac{k|q_1||q_2|}{r_{12}^2} \Rightarrow \frac{|q_3|}{x^2}=\frac{|q_1|}{r^2} \Rightarrow \frac{x}{r}=\sqrt{|\frac{q_3}{q_1}|} \quad (1)$$

$$q_3: \Rightarrow F_{13}=F_{23} \Rightarrow \frac{k|q_1||q_3|}{r_{13}^2}=\frac{k|q_2||q_3|}{r_{23}^2} \Rightarrow \frac{|q_1|}{(r+x)^2}=\frac{|q_2|}{x^2} \Rightarrow \frac{|q_1|}{|q_2|}=(\frac{r+x}{x})^2 \Rightarrow \frac{9}{4}=(\frac{r+x}{x})^2 \Rightarrow \frac{r}{x}+1=\frac{3}{2} \Rightarrow \frac{r}{x}=0/5$$

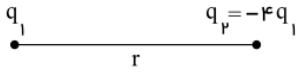
$$\Rightarrow \frac{x}{r}=2 \xrightarrow{(1)} 4=\frac{|q_3|}{|q_1|}=\frac{|q_3|}{\frac{9}{4}|q_2|} \Rightarrow |\frac{q_3}{q_2}|=4\times\frac{9}{4}=9 \Rightarrow \frac{q_3}{q_2}=-9$$

۱-۶-۲ میدان الکتریکی (میدان باعث میشه تا بارها به هم نیرو وارد کنن. مثل گرانشی دینامیک!)

انواع میدان الکتریکی	روابط
میدان الکتریکی در هر نقطه از فضای اطراف یک جسم باردار یا ذره باردار  $\vec{E}=\frac{\vec{F}}{q.}$ هر وقت رابطه به صورت برداری نوشته بشه، علامت q را بذار!	برای تعیین میدان الکتریکی در هر نقطه از فضای اطراف یک جسم باردار، نخست یک بار کوچک و مثبت $q.$ موسوم به بار آزمون را در آن نقطه در نظر می‌گیریم. میدان الکتریکی یک کمیت برداری است و جهت آن همان جهت نیروی وارد شده بر بار آزمون است. در رابطه بالا، $q.$ باری است که در داخل میدان E قرار گرفته است و خودش میدان E را ایجاد نکرده! $\vec{E}$ همواره همراستا با بردار $\vec{F}$ است. (چون بار $q.$ مثبت است و جهت ها یکی می شود.) جهت و اندازه میدان الکتریکی مستقل از اندازه و نوع بار $q.$ است که در آن میدان قرار دارد.   میلهٔ باردار میدانی الکتریکی ایجاد می‌کند و به وسیلهٔ این میدان بر بار آزمون نیرو وارد می‌کند.
میدان الکتریکی در هر نقطه از فضای اطراف ذره باردار  $\vec{E}=K\frac{\lvert q\rvert}{r^{۲}}$ $\vec{F}=\vec{E}q.$	در رابطه $\vec{E}=\frac{\vec{F}}{q.}$، $q.$ باری است که در داخل میدان E قرار گرفته است و خودش میدان E را ایجاد نکرده! در رابطه $\vec{E}=K\frac{\lvert q\rvert}{r^{۲}}$، q باری است که میدان E را ایجاد کرده است! مقایسه ای برای یک بار در دو مکان مختلف: $\frac{\vec{E}_{۲}}{\vec{E}_{۱}}=\frac{r_{۱}^{۲}}{r_{۲}^{۲}}=(\frac{r_{۱}}{r_{۲}})^{۲}$ میدان ناشی از هر بار به اندازه بار آزمون بستگی ندارد. 
میدان ناشی از دو صفحه باردار (میدان یکنواخت) 	۱) میدان از مثبت به منفی ۲) فرمولش: $E=\frac{\Delta V}{d}=\frac{V}{d}$ ۳) مقایسه ای برای دو نقطه مختلف : (چون یکنواخته و E ثابته!) $E=\frac{\Delta V_{۱}}{d_{۱}}=\frac{\Delta V_{۲}}{d_{۲}}$ ۴) اگر باری بین دو صفحه معلق بود: $F_E=mg\rightarrow Eq=mg\rightarrow\frac{\Delta V}{d}q=mg$ ۵) هروقت بحث اختلاف پتانسیل، نیروی الکتریکی و فاصله شد : $F=Eq\xrightarrow{E=\frac{\Delta V}{d}}F=\frac{\Delta V}{d}q$

تست ۱۴:

در شکل زیر، میدان الکتریکی حاصل از بار q_1 در محل بار q_2، $\vec{E_1}$ است و میدان الکتریکی حاصل از بار q_2 در محل بار q_1، $\vec{E_2}$ است.

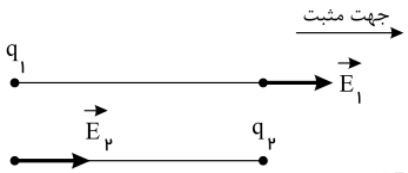


کدام رابطه بین $\vec{E_1}$ و $\vec{E_2}$ برقرار است؟

۱) $\vec{E_2}=\vec{E_1}$ ۲) $\vec{E_2}=۴\vec{E_1}$ ۳) $\vec{E_2}=-\vec{E_1}$ ۴) $\vec{E_2}=-۴\vec{E_1}$

پاسخ: گزینه ۲

$$if: q_1>۰ \Rightarrow q_2=-۴q_1 \begin{cases} |q_2|=۴q_1 \xrightarrow[r=]{E=\frac{k|q|}{r^2}} \vec{E_2}=۴\vec{E_1} \\ q_2<۰ \end{cases}$$



تست ۱۵:

اگر اندازهٔ میدان الکتریکی حاصل از یک بار الکتریکی نقطه‌ای در ۳۰ سانتی‌متری آن، $۱/۶ \times ۱۰^4 \frac{N}{C}$ کمتر از اندازهٔ میدان الکتریکی در ۱۰ سانتی‌متری آن باشد، اندازهٔ میدان الکتریکی در فاصلهٔ یک متری آن ذرهٔ باردار چند نیوتن بر کولن است؟

۱) ۹۰ ۲) ۱۲۰ ۳) ۱۸۰ ۴) ۲۴۰

پاسخ: گزینه ۳

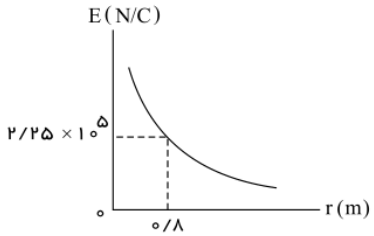
$$E=\frac{kq}{r} \begin{cases} r_1=۳۰cm=۰/۳m \Rightarrow E=E_1 \\ r_2=۱۰cm=۰/۱m \Rightarrow E=E_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} E_1=E_2-۱/۶\times۱۰^4 \Rightarrow E_2-E_1=k|q|(\frac{۱}{r_2^2}-\frac{۱}{r_1^2}) \Rightarrow ۱/۶\times۱۰^4=k|q|(\frac{۱}{t\frac{۱}{۱۰۰}}-\frac{۱}{\frac{۹}{۱۰۰}}) \\ E=\frac{k|q|}{r^2} \Rightarrow k|q|=\frac{۱/۶\times۱۰^4}{(\frac{۸۰۰}{۹})}=\frac{۱۶۰\times۹}{۸}=۱۸۰ \end{cases}$$

$$\begin{cases} E_3=\frac{k|q|}{r^2} \\ r_3=۱m \end{cases} \Rightarrow E_3=۱۸۰\frac{N}{C}$$

تست ۱۶:

نمودار تغییرات میدان الکتریکی حاصل از بار الکتریکی q برحسب فاصله از آن به‌صورت شکل زیر است. اگر بار الکتریکی $q'=۹\mu C$ را در فاصلهٔ ۹۰ سانتی‌متری بار q قرار دهیم، نیرویی که دو ذرهٔ باردار بر یکدیگر وارد می‌کنند، چند نیوتون است؟ خارج از کشور- ۱۳۹۸



۱) ۰/۱۶
۲) ۰/۳۲
۳) ۱/۶
۴) ۳/۲

تست ۱۷:

ذره‌ای به جرم ۱۰ گرم و بار الکتریکی -۵ میکروکولن در یک میدان الکتریکی یکنواخت بدون تکیه‌گاه به حالت سکون قرار دارد. اگر $g=۱۰\frac{m}{s^2}$ باشد، میدان الکتریکی چند نیوتون بر کولن و جهت آن بر کدام سمت است؟ خارج از کشور- ۱۳۸۵

۱) ۲×۱۰^4، بالا ۲) ۲×۱۰^4، پایین ۳) ۵×۱۰^5، بالا ۴) ۵×۱۰^5، پایین

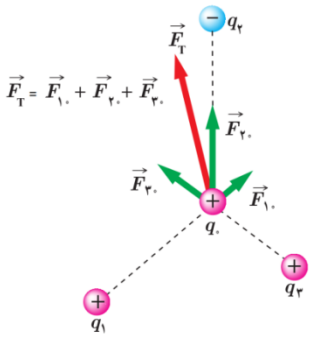
۱-۷ برآیند میدان های الکتریکی

می‌دانیم که برای محاسبه‌ی نیروی الکتریکی برآیند از اصل برهم نهی نیروهای کولنی استفاده می‌کنیم:

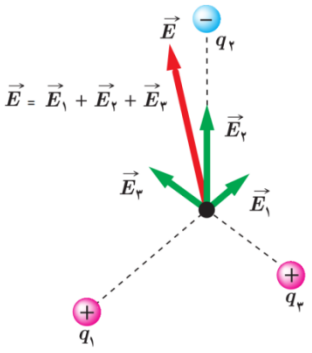
$$\vec{F}_{T.} = \vec{F}_{1.} + \vec{F}_{2.} + \vec{F}_{3.} + \dots$$

اکنون برای محاسبه‌ی میدان الکتریکی در محل بار آزمون، طبق تعریف میدان الکتریکی می‌نویسیم:

$$\frac{\vec{F}_{T.}}{q_.} = \frac{\vec{F}_{1.}}{q_.} + \frac{\vec{F}_{2.}}{q_.} + \frac{\vec{F}_{3.}}{q_.} + \dots \rightarrow \boxed{\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots}$$



الف) نیروی $\vec{F}_T$، نیروی برایند وارد بر بار آزمون $q_.$ است.



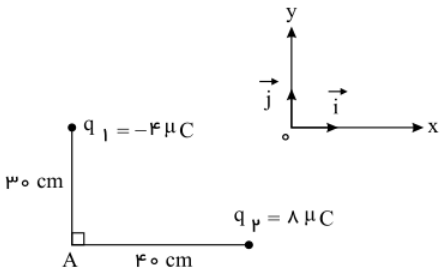
ب) میدان الکتریکی $\vec{E}$ در محل بار آزمون، جمع برداری میدان‌های $\vec{E}_1$، $\vec{E}_2$ و $\vec{E}_3$ در محل این بار است.

میدان در هرجا خواستن: در آن جا بار آزمون بگذار!!!

میدان کجا صفر میشه هم مثل همون برایند کجا صفر میشست!

تست ۱۸:

در شکل زیر، میدان الکتریکی خالص در نقطهٔ A در SI، کدام است؟ $(k = 9 \times 10^9 N \cdot m^2/C^2)$



۱) $\vec{E} = 9 \times 10^3 \vec{i} - 8 \times 10^3 \vec{j}$

۲) $\vec{E} = -9 \times 10^3 \vec{i} + 8 \times 10^3 \vec{j}$

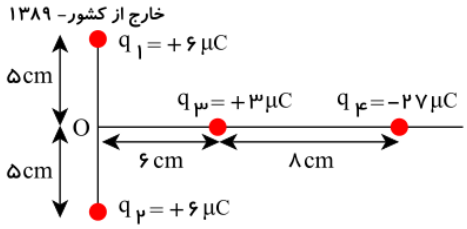
۳) $\vec{E} = 4/5 \times 10^5 \vec{i} - 4 \times 10^5 \vec{j}$

۴) $\vec{E} = -4/5 \times 10^5 \vec{i} + 4 \times 10^5 \vec{j}$

تست ۱۹:

بارهای الکتریکی q_4, q_3, q_2, q_1 مطابق شکل روبه رو قرار گرفته‌اند. بار الکتریکی q_4 را چند سانتی‌متر و در کدام جهت جابجا کنیم، تا میدان حاصل از بارها در نقطه‌ی O برابر صفر شود؟

خارج از کشور- ۱۳۸۹



۱) ۴ سانتی متر به راست

۲) ۴ سانتی متر به چپ

۳) ۱۰ سانتی متر به راست

۴) ۱۰ سانتی متر به چپ

تست ۲۰:

بارهای الکتریکی نقطه‌ای $4\mu C$ و $-8\mu C$ روی محور x به ترتیب در مکان‌های $x = 6cm$ و $x = 12cm$ قرار دارند. بار نقطه‌ای چند میکروکولن را باید در مکان $x = 18cm$ قرار داد تا میدان الکتریکی در مبدأ محور x برابر صفر شود؟

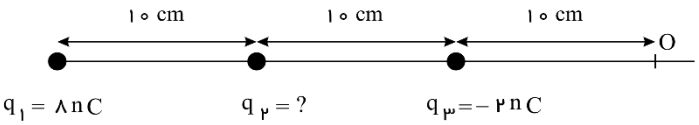
خارج از کشور- ۱۳۹۴

۱) -54 ۲) -18 ۳) 18 ۴) 54

تست ۲۱:

سه بار نقطه‌ای مطابق شکل زیر ثابت شده‌اند . میدان الکتریکی برایند حاصل از سه بار در نقطه O برابر $۱۰۰N/C$ است. بار $q_۲$ چند نانو کولن می‌تواند باشد؟ ($k = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{N \cdot m^۲}{C^۲}$)

سراسری- ۱۳۹۸

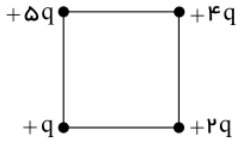


۱) $+۴$
۲) $+۲$
۳) -۲
۴) -۴

تست ۲۲:

اگر در یک رأس مربعی بار q قرار گیرد، میدان الکتریکی حاصل از آن در مرکز مربع E است. حال اگر در چهار رأس همان مربع بارهای الکتریکی مطابق شکل قرار گیرند، اندازه میدان الکتریکی در مرکز آن چند E می‌شود؟

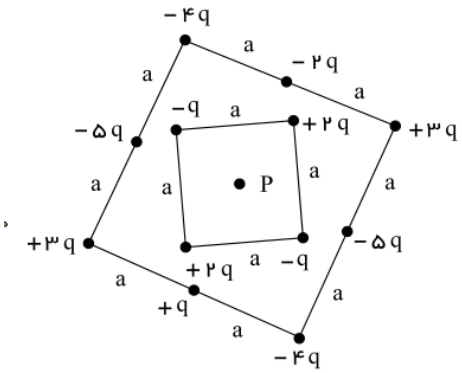
سراسری- ۱۳۸۵



۱) $\sqrt{۲}$
۲) $۲\sqrt{۲}$
۳) $\frac{۳}{۲}\sqrt{۲}$
۴) $۳\sqrt{۲}$

تست ۲۳:

شکل زیر دو آرایه مربعی از ذرات باردار را نشان می‌دهد. مربع‌ها که در نقطه P هم‌مرکزند، هم‌ردیف نیستند، بزرگی میدان الکتریکی در نقطه P کدام است؟



۱) $۳\frac{kq}{a^۲}$
۲) $\sqrt{۵}\frac{kq}{a^۲}$
۳) $\frac{kq}{a^۲}$
۴) صفر

پاسخ: گزینه ۱ تمامی بارهایی که روبه‌روی هم هستند، یکسان بوده و میدان یکدیگر را به خاطر تقارن در نقطه P خنثی می‌کنند. تنها بارهای $-۲q$ و $+q$ میدان یکدیگر را خنثی نمی‌کنند و میدان در نقطه P برابر با مجموع میدان تک‌تک آن‌ها است، زیرا میدان‌های آن‌ها هم‌جهت است.

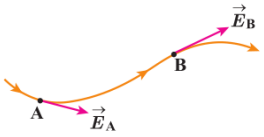
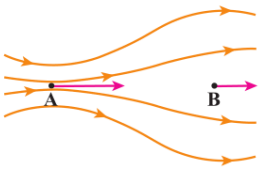
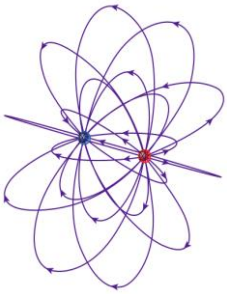
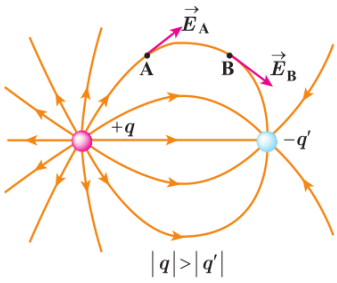
$$+q = \frac{kq}{a^۲}, E_{-۲q} = ۲\frac{kq}{a^۲}$$
$$E_P = \frac{kq}{a^۲} + \frac{۲kq}{a^۲} = ۳\frac{kq}{a^۲}$$

تست ۲۴:

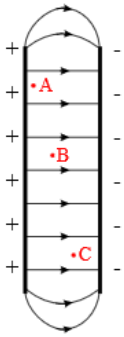
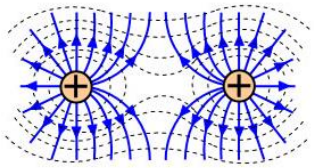
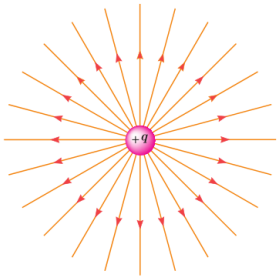
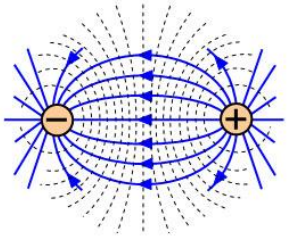
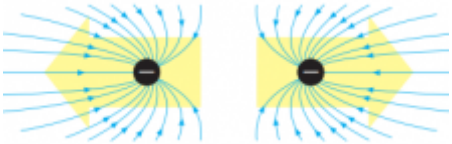
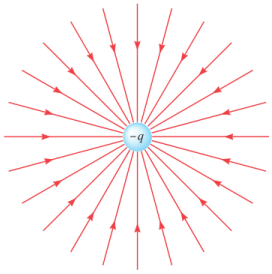
مطابق شکل زیر، دو ذرهٔ باردار $q_۱ = -۲q$ و $q_۲ = ۶q$ در فاصلهٔ $۳r$ از هم قرار دارند و بزرگی میدان الکتریکی خالص (برایند) ناشی از دو ذره در نقطهٔ O برابر $E_۱$ است. اگر ۵۰ درصد از بار $q_۲$ به $q_۱$ منتقل شود، بزرگی میدان الکتریکی خالص (برایند) در نقطهٔ O برابر $E_۲$ می‌شود. $\frac{E_۲}{E_۱}$ کدام است؟

۱) $\frac{۱}{۱۴}$
۲) $\frac{۱}{۶}$
۳) $\frac{۱}{۴}$
۴) $\frac{۱}{۲}$

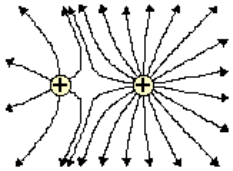
۱-۷-۱ خطوط میدان الکتریکی

ویژگی های این خطوط	
۱) در هر نقطه باید بردار میدان الکتریکی مماس بر خط میدان الکتریکی عبوری از آن نقطه و در همان جهت باشد.	
۲) میزان تراکم خطوط میدان در هر ناحیه از فضا نشان‌دهنده‌ی اندازه‌ی میدان در آن ناحیه است. یعنی هر چه خطوط در یک منطقه متراکم‌تر باشند میدان الکتریکی در آن ناحیه بیشتر است. (میدان در اطراف A بیشتر از B است)	
۳) خطوط میدان الکتریکی از بارهای مثبت شروع و به بارهای منفی ختم می‌شوند.	 
۴) خطوط میدان هرگز یکدیگر را قطع نمی‌کنند (به این دلیل که در هر نقطه فقط یک میدان الکتریکی خالص وجود دارد بنابراین فقط یک خط می‌تواند در هر نقطه بر این بردار مماس شود.) خطوط میدان الکتریکی در فضا وجود دارند بنابراین طرح و تجسمی سه بعدی دارند.	

۱-۷-۲ شکل و شمایل انواع خطوط میدان

میدان یکنواخت	دو بار نقطه ای هم نام مثبت	بار نقطه ای مثبت
 $\vec{E}_A = \vec{E}_B = \vec{E}_C$		
دو بار نقطه ای نا هم نام	**دو بار نقطه ای هم نام منفی**	**بار نقطه ای منفی**
		

۱-۷-۳ متقارن بودن یا نبودن خطوط



اگر بارهای الکتریکی از نظر اندازه یکسان باشند شکل‌های مربوط به خطوط میدان الکتریکی کاملاً متقارن خواهند بود.

اگر اندازه‌ی دوبار الکتریکی یکسان نباشد خطوط میدان نیز نامتقارن خواهند شد ولی قوانین شخصی برای رسم خطوط میدان در این حالت وجود دارد. که عبارت‌اند از:

۱) خطوط میدان همیشه از بار مثبت خارج و به بار منفی وارد می‌شود.

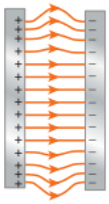
۲) تعداد خطوطی که به بار بزرگ‌تر وارد یا از آن خارج می‌شود با تعداد خط‌های مربوط به بار کوچک‌تر (از نظر اندازه) یکسان نیست.

۳) خطوط میدان در اطراف بار دارای اندازه‌ی بزرگ‌تر متراکم‌تر هستند بنابراین خطوط در اطراف بار بزرگتر دارای انحنای کم‌تری هستند و در اطراف بار دارای اندازه‌ی کوچک‌تر، انحنای خطوط بیشتر است.

۱-۷-۴ نیروی الکتریکی وارد بر بار الکتریکی در یک میدان الکتریکی

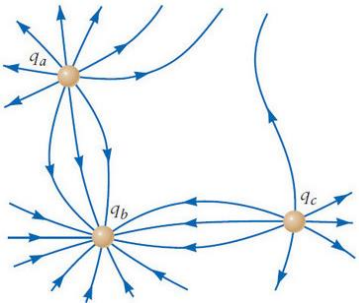
برای تعریف میدان الکتریکی یک جسم باردار از بار آزمون مثبت استفاده کردیم، ولی وجود این میدان مستقل از بار آزمون است.

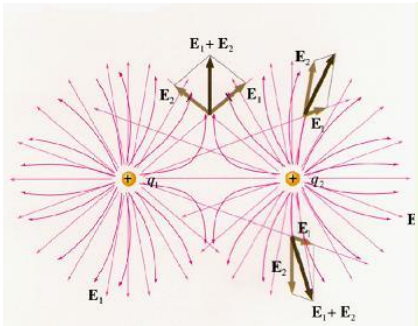
اگر بار الکتریکی q در میدان الکتریکی $\vec{E}$ ناشی از اجسام باردار دیگری قرار بگیرد، این میدان بر آن نیروی $\vec{F}$ را وارد می کند. $\vec{F}=q\vec{E}$

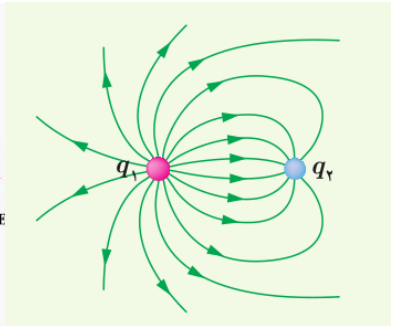


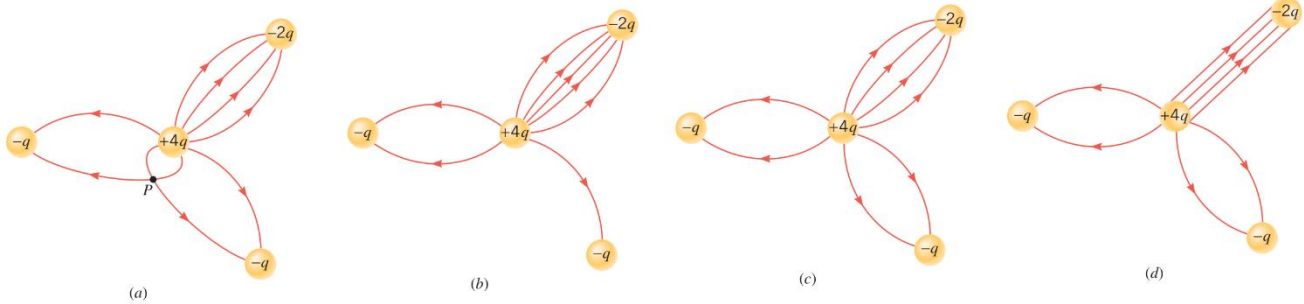
- بزرگی این نیرو : $\vec{F}=|q|\vec{E}$
- جهت این نیرو : اگر بار مثبت باشد، در جهت میدان و اگر بار منفی باشد در خلاف جهت میدان است.

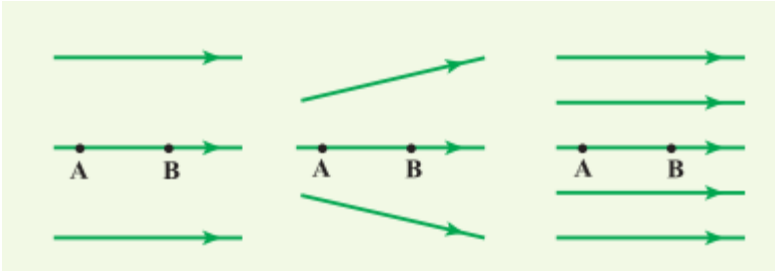
۱-۷-۵ یکم شکل ها رو بررسی کنیم











۸-۱ یادآوری از کار و انرژی

اگر به جسمی نیرو وارد شود و جسم جابجا شود، آن نیرو بر روی جسم کار انجام داده است. مقدار این کار:	$W = Fd\cos\theta$
اگر بر جسمی همزمان چند نیرو اثر کند، کار نیروی خالص یا کار برآیند نیروها برابر است با جمع جبری کارهای یکایک نیروهای وارده بر جسم	$W_T = W_1 + W_2 + W_3 + \dots$
نیروی خالص وارد بر جسم (یا همان برآیند نیروها) انرژی جنبشی جسم را تغییر می دهد، به طوریکه داریم:	$W_T = \Delta K$ $K = \frac{1}{2}mv^2$
نیروهایی مثل وزن، کشسانی فنر و نیروی الکتریکی، انرژی پتانسیل جسم را تغییر می دهند(نیروهای پایستار)، به طوری که کار این نیروها برابر است با:	$W_E = -\Delta U_E \quad , \quad W_g = -\Delta U_g$
نیروهایی مثل اصطکاک، مقاومت هوا و نیرویی که دست ما وارد می کند، انرژی مکانیکی جسم را تغییر می دهند.	$W' = \Delta E$
تغییرات انرژی مکانیکی برابر است با مجموع تغییرات انرژی جنبشی و تغییرات انرژی پتانسیل	$\Delta E = \Delta U + \Delta K$
اصل پایستگی انرژی مکانیکی: تعریف ۱: اگر بر جسمی فقط نیروهایی مثل نیروی گرانش، کشسانی فنر یا نیروی الکتریکی اثر کند، انرژی مکانیکی جسم پایسته می ماند (یعنی E تغییری نمی کند) تعریف کمکی: اگر اتلاف نباشد، تغییرات انرژی مکانیکی صفر است.	$\Delta E = 0 \rightarrow \Delta U + \Delta K = 0$ $\rightarrow \Delta U = -\Delta K$
واژه های حال سکون ، رها شدن یعنی:	سرعت اولیه صفر است $V_o = 0$

۹-۱ تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی و ارتباطش با میدان الکتریکی و انرژی جنبشی و دوستان دیگر

نوع بار	نوع حرکتش	تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی	کار میدان ها
بار مثبت	برِه سمت صفحه مثبت: دوست نداره برِه، باید با زور و اجبار برِه	$\Delta U>0 \leftarrow U\uparrow \leftarrow$ با زور و اجبار $\downarrow K \leftarrow$	$\Delta U_E=-W_E$ $W_E<0$
	برِه سمت صفحه منفی : خودش میره، میدان میبرش، میدان روش کار انجام میده. (W_E)	$\Delta U<0 \leftarrow U\downarrow \leftarrow$ خودبخودی- بدون زور $\uparrow K \leftarrow$	$\Delta U_E=-W_E$ $W_E>0$
بار منفی	برِه سمت صفحه مثبت: خودش میره، میدان میبرش، میدان روش کار انجام میده. (W_E)	$\Delta U<0 \leftarrow U\downarrow \leftarrow$ خودبخودی- بدون زور $\uparrow K \leftarrow$	$\Delta U_E=-W_E$ $W_E>0$
	برِه سمت صفحه منفی : دوست نداره برِه، باید با زور و اجبار برِه	$\Delta U>0 \leftarrow U\uparrow \leftarrow$ با زور و اجبار $\downarrow K \leftarrow$	$\Delta U_E=-W_E$ $W_E<0$

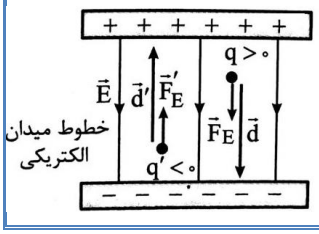
$$\Delta U_E=-W_E=-\Delta K=-(K_2-K_1)=-\frac{1}{2}m(v_2^2-v_1^2)=-|q|Ed\cos\theta=W_{ext}$$

θ: زاویه بین F_E و جابجایی d می باشد : (جابجایی ها یا هم راستا یا عمود)

d: جابجایی بر حسب متر

$\Delta U_E, W_E, \Delta K$: بر حسب ژول

این رابطه مستقل از علامت بار می باشد....

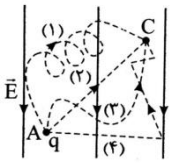


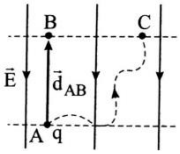
نکته۱۴:

کار میدان و تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار q به مسیر حرکت وابسته نیست و فقط به نقطه های ابتدا و انتهای مسیر بستگی دارد.

میدان فقط وقتی کار انجام می دهد که جابجایی، یک مولفه موازی با خطوط میدان داشته باشد.

بار منفی q از هر مسیری از A به C برود، کار میدان و تغییرات انرژی پتانسیلش برابر $\Delta U_{AC}=-W_{AC}=-|q|Ed_{AB}$





۱-۱۰ اختلاف پتانسیل الکتریکی، عامل شارش بار

تعریف

تغییرات انرژی پتانسیل انرژی الکتریکی یک ذره‌ی باردار به اندازه بار الکتریکی آن بستگی دارد: $\Delta U_E \alpha |q|$

یعنی با دو برابر شدن مقدار بار، تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی هم دو برابر می‌شود.

پس نسبت تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی به بار ذره ($\frac{\Delta U_E}{q} = -Ed\ \mathrm{Cos}\,\theta$) مورد نظر مستقل از نوع و اندازه‌ی بار الکتریکی خواهند بود.

فرمول

این نسبت را اختلاف پتانسیل الکتریکی دو نقطه می‌نامند و با ΔV نشان می دهند.

$$\Delta V = V_۲ - V_۱ = \frac{\Delta U_E}{q} = -Ed\,\mathrm{Cos}\,\theta \rightarrow \begin{cases} \boxed{\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} = \frac{-W_E}{q} = \frac{-\Delta K}{q}} \\ \boxed{\Delta V = -Ed\,\mathrm{Cos}\,\theta} \end{cases}$$

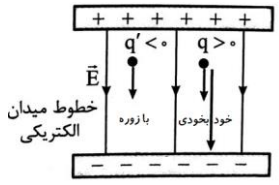
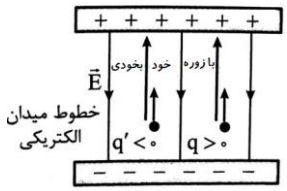
- مهم مهم مهم : در این رابطه علامت بار قرار داده شود.
- در این رابطه V پتانسیل الکتریکی نامیده می‌شود و یک کمیت نرده‌ای (اسکالر) است.
- $V_۱$ پتانسیل الکتریکی نقطه‌ی اول یا مبدأ حرکت بار و $V_۲$ پتانسیل الکتریکی نقطه‌ی دوم یا مقصد حرکت بار است. این کمیت جزء ویژگی‌های هر نقطه از میدان محسوب می‌شود.
- یکای ΔV، ژول بر کولن $\frac{J}{C}$ است که به افتخار آقای الساندرو ولتا، ولت نامیده می‌شود و با نماد V نشان داده می‌شود.
- اگر مسئله شکل داشت؟ برای فهمیدن علامت نهایی از تغییرات که در قسمت بعد گفته می شود استفاده کنیم!

۱-۱۰-۱ اشتباه نکنیم!

۱) پتانسیل الکتریکی مستقل از بار q می باشد، پس عبارت پتانسیل الکتریکی بار q غلط است. (اختلاف پتانسیل الکتریکی را به دو نقطه نسبت می دهند) . بنابراین جمله پتانسیل الکتریکی نقطه ۱ صحیح می باشد. پس پتانسیل الکتریکی از ویژگی های نقاط میدانه!

۲) انرژی پتانسیل الکتریکی وابسته به بار q می باشد. (عبارت انرژی پتانسیل بار q در نقطه ۱صحیح می باشد.) . پس انرژی پتانسیل از ویژگی های بار الکتریکی هستش!

۱-۱۰-۲ تغییرات پتانسیل الکتریکی

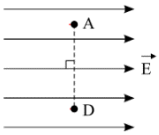
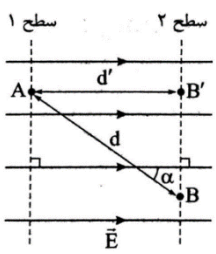
نوع حرکت	نوع بار	تغییرات پتانسیل الکتریکی
در جهت میدان (از سمت صفحه مثبت به سمت صفحه منفی) 	هرچی	کاهش $V \downarrow$
در خلاف جهت میدان (از سمت صفحه منفی به سمت صفحه مثبت) 	هر چی	افزایش $V \uparrow$

نتیجه گیری ۱: واضح است که پتانسیل الکتریکی نقاطی از میدان که به بارهای مثبت نزدیک‌تر باشد بیشتر خواهد بود. به بیان دیگر اگر در جهت خطوط میدان الکتریکی حرکت کنیم، پتانسیل الکتریکی نقاط کاهش می‌یابد و اگر در خلاف جهت خطوط میدان الکتریکی حرکت کنیم پتانسیل الکتریکی نقاط افزایش می‌یابد و مستقل از نوع بار می باشد.

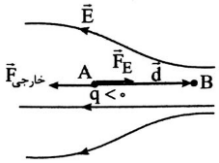
نتیجه گیری ۲: خلاف کنی ، زیاد جریمه میشی!!!

نتیجه گیری ۳: پتانسیل صفحه مثبت بیشتر است.

۱-۱۰-۳ نکاتش

نقاط هم پتانسیل 	به مکان هندسی نقاطی که پتانسیل یکسانی دارند، سطح هم پتانسیل گفته می‌شود. بنابراین تمام نقاطی که روی خط عمود بر خطوط میدان الکتریکی قرار دارند، یک سطح هم پتانسیل را تشکیل می‌دهند و دارای پتانسیل الکتریکی یکسانی هستند. (نقاطی که فاصله یکسانی از صفحه مثبت یا منفی دارند.)
پتانسیل زمین	پتانسیل الکتریکی زمین را برابر صفر می گیرند. (نقطه زمین)
پتانسیل یک نقطه	اگر برای انرژی پتانسیل الکتریکی یک مرجع انتخاب کنیم که در آن بتوان انرژی پتانسیل الکتریکی ذره و پتانسیل الکتریکی را صفر در نظر گرفت می‌توان نوشت: (همان طور که برای انرژی پتانسیل گرانشی یک سطح مرجع در نظر می گیریم) $V_A - V_{Source} = \frac{U_A - U_{Source}}{q} \xrightarrow[U_{Source}=0]{V_{Source}=0} V_A = \frac{U_A}{q} \rightarrow \boxed{V = \frac{U}{q}}$ که در آن V پتانسیل الکتریکی هر نقطه از میدان می‌باشد و وقتی می گویند پتانسیل الکتریکی نقطه A مثلاً ۲۰- ولت است، یعنی اختلاف پتانسیل الکتریکی نقطه A با نقطه مرجع ۲۰- ولت است.
بین دو نقطه 	برای یافتن اختلاف پتانسیل بین دو نقطه ی A و B ، کافیست اختلاف پتانسیل بین دو نقطه ی A و B' را به دست آوریم. زیرا روی یک سطح هم پتانسیل قرار دارند و پتانسیل یکسان دارند. $E = \frac{\Delta V}{d'} = \frac{V_B - V_A}{d'} = \frac{V_{B'} - V_A}{d'}$ $d' = d\cos\alpha$
دو سر باطری	در تمام این موارد ولتاژ دو سر باتری عبارتست از اختلاف پتانسیل پایانه‌ی مثبت باتری با پایانه‌ی منفی آن یعنی: $\Delta V = V_+ - V_-$ که در آن V_+ پتانسیل پایانه‌ی مثبت باتری و V_- پتانسیل پایانه‌ی منفی باتری می‌باشد. باید توجه داشت که اختلاف پتانسیل دو سر باتری روی آن نوشته می‌شود نه پتانسیل پایانه‌ی مثبت باتری. مثلا برای یک باتری ۱۲ولتی، اگر پتانسیل پایانه‌ی منفی برابر با $۸\ V$ باشد داریم: $\Delta V = V_+ - V_- \rightarrow ۱۲ = V_+ - ۸ \rightarrow V_+ = ۱۲ + ۸ = ۲۰$ پس در چنین حالتی پتانسیل پایانه‌ی مثبت باتری $۲۰\ V$ است.

۱-۱۰-۴ یک مثال کلی



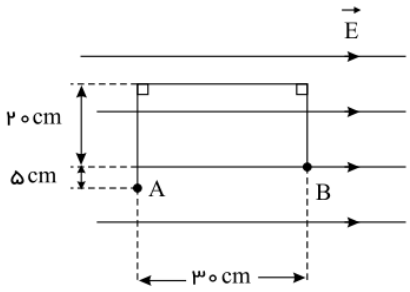
کمیت	حرکت از A تا B	علت
اندازه میدان الکتریکی E	زیاد می شود	تراکم خطوط میدان از A تا B بیشتر می شود.
اندازه نیروی الکتریکی F_E	زیاد می شود	طبق $\uparrow F_E = \uparrow Eq$
انرژی پتانسیل الکتریکی بار q	کم می شود	بار منفی خودش به سمت قطب مثبت می رود ← خودبخودی ← کم می شود.
کار میدان الکتریکی W_E	مثبت می شود	میدان کار مثبت روی بار انجام می دهد! $-W_E = \Delta U_E < 0 \rightarrow W_E = \Delta U_E > 0$
کار نیروی خارجی بر روی بار q	در حرکت از A به چپ : منفی می شود	$W_E = -W_{External}$
پتانسیل الکتریکی	زیاد می شود	خلاف بری، زیاد جریمه میشی!

۱-۱۰-۵ کار انجام شده توسط نیروی خارجی (در صورتی که حرکت سرعت ثابت باشد: $\Delta U_E = W_{External} = -W_E$ (رشته ریاضی))

$$\boxed{\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} = \frac{-W_E}{q} = \frac{W_{External}}{q}}$$

چند آیتمی ۱:

در شکل زیر، در میدان الکتریکی یکنواخت $E = ۱۰^{۵}\frac{N}{C}$، بار نقطه‌ای $q = -۵\mu C$ از طریق مسیر نشان داده شده از نقطهٔ A به نقطهٔ B منتقل شده است.



الف: در این انتقال انرژی پتانسیل الکتریکی این ذره باردار چند ژول تغییر می کند ؟

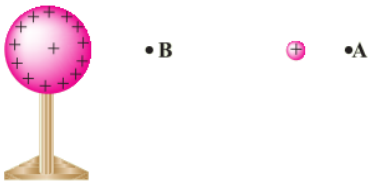
ب: کار انجام شده در این جابجایی ؟

ج: اگر بار در نقطه B تغییر جهت دهد، تندی بار در نقطه A را حساب کنید؟

د: اگر جرم ذره ۱ گرم باشد، انرژی جنبشی در A ؟

ه: نیروی وارد بر بار q ؟

چند آیتمی۲: در شکل زیر ذرّه باردار مثبت و کوچکی را از حالت سکون، از نقطه Aبه سمت کره باردار که روی پایه عایقی قرار دارد، نزدیک می‌کنیم و در نقطه B قرار می‌دهیم.



(الف) در این جابه جایی، کار نیروی الکتریکی مثبت است یا منفی؟

(ب) کاری که ما در این جابه جایی انجام می‌دهیم مثبت است یا منفی؟

(پ) انرژی پتانسیل ذرّه باردار در این جابه جایی چگونه تغییر می‌کند؟

(ت) پتانسیل نقطه‌های A و B را با هم مقایسه کنید.

تست۲۵:

ذره‌ای با بار الکتریکی مثبت q را با سرعت ثابت در میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E}$، در خلاف جهت میدان و به موازات خط‌های میدان به اندازه‌ی d جابه جا می کنیم. در این صورت انرژی ..... بار q را به اندازه‌ی Eqd ..... می یابد. خارج از کشور- ۱۳۸۶

۱) جنبشی – افزایش ۲) جنبشی – کاهش ۳) پتانسیل الکتریکی – افزایش ۴) پتانسیل الکتریکی – کاهش

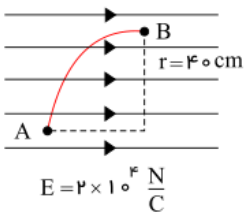
تست۲۶:

در یک میدان الکتریکی یکنواخت، ذره‌ی بارداری به جرم ۰٫۱ گرم، از نقطه‌ای به پتانسیل الکتریکی $+۱۰۰$ ولت از حال سکون به حرکت در می‌آید و با سرعت ۱۰ متر بر ثانیه به نقطه‌ی دیگری به پتانسیل الکتریکی -۱۰۰ ولت می‌رسد. اگر در این مسیر نیروی موثر بر ذره فقط حاصل از میدان الکتریکی باشد، بار الکتریکی ذره چند میکروکولن است؟ خارج از کشور- ۱۳۹۵

۱) ۲٫۵ ۲) ۴ ۳) ۲۵ ۴) ۴۰

تست۲۷:

در شکل مقابل، بار الکتریکی نقطه‌ای $q = ۶ \times ۱۰^{-۶} C$ روی یک مسیر ربع دایره از نقطه‌ی A تا نقطه‌ی B، در میدان الکتریکی یکنواخت جابه‌جا می‌شود. تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی آن چند ژول است؟



۱) $-۴٫۸\sqrt{۲} \times ۱۰^{-۲}$

۲) $-۴٫۸ \times ۱۰^{-۲}$

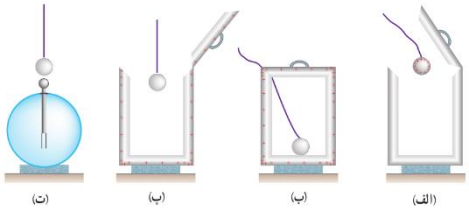
۳) $۴٫۸ \times ۱۰^{-۲}$

۴) $۴٫۸\sqrt{۲} \times ۱۰^{-۲}$

۱-۱۱ میدان الکتریکی در داخل رساناها

ابتدا باید این حقیقت را دانست که بار الکتریکی همواره روی خارجی ترین سطح رساناها پراکنده می‌شود.چرا؟ الان میگم!

این موضوع را نخست آقای بنیامین فرانکلین (رشته ریاضی) و سپس مایکل فاراده مورد آزمایش قرار دادند.



۱-۱۱-۱ توزیع بار الکتریکی در اجسام رسانا – آزمایش فاراده

۱) ظرف رسانا با در پوش فلزی روی یک پایه عایق (ابتدا ظرف بدون بار است.)

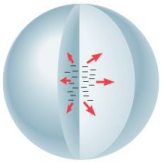
۲) گوی فلزی که از نخ عایقی آویزان است را باردار می کنیم، سپس وارد ظرف می کنیم.

۳) تماس گوی با ظرف و بستن درپوش فلزی

۴) برداشتن درپوش فلزی با دسته عایق

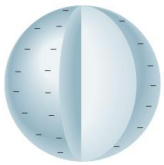
۵) خارج کردن گلوله فلزی از ظرف و نزدیک کردن به الکتروسکوپ ← مشاهده می شود که عقربه الکتروسکوپ تکان نمی خورد

۶) اگر ظرف را به الکتروسکوپ نزدیک کنیم ← مشاهده می شود که عقربه های الکتروسکوپ از هم فاصله می گیرند.



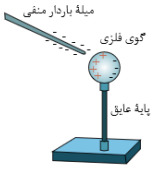
نتیجه گیری:

بار اضافی داده شده به یک رسانا روی سطح خارجی آن توزیع می شود.



آزمایش‌های دقیق نشان می‌دهند که پراکنده شدن بار الکتریکی روی سطح خارجی یک رسانا در زمانی از مرتبه‌ی $۱۰^{-۹}S$ است. اگر این میدان در داخل رسانا صفر نشود بر الکترون‌های آزاد داخل رسانا نیروی الکتریکی $F=qE$ وارد می‌شد و سبب ایجاد جریان الکتریکی در داخل رسانا می‌شد که این اختلاف تعادل حاکم بر اجسام باردار است. (رشته ریاضی)

یادآوری این نکته ضروری است که با نزدیک کردن یک بار الکتریکی به یک کره‌ی فلزی بارهای همنام بار خارجی، دفع شده به دورترین نقطه‌ی ممکن در رسانا می‌روند و بارهای ناهمنام بار خارجی، برجای می‌مانند. این موضوع که در واقع تفکیک بار الکتریکی روی سطح رسانای موجود ایجاد بارهای القایی مثبت و منفی در دو طرف رسانا می‌شود. در چنین حالتی در حالی که هنوز بار خارجی نزدیک کره‌ی فلزی است می‌توان با ایجاد تماس انگشت به سطح کره در یک مدت زمان کوتاه یا اتصال آن به زمین برای یک لحظه‌ی کوتاه، بار الکتریکی همنام بار خارجی را به دورترین نقطه (بدن خود یا زمین) انتقال داده و کره‌ی فلزی دارای بار ناهمنام با بار خارجی می‌گردد. (روش القا برای باردار کردن رسانا)



۱-۱۱-۲ رسانای خنثی در میدان الکتریکی (ریاضی)

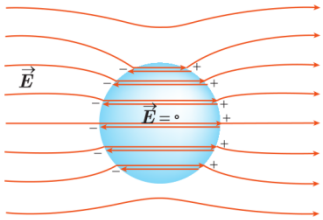
می‌دانیم که با قرارگیری یک رسانا در یک میدان الکتریکی به الکترون‌های آزاد آن نیرو وارد شده و بر اساس پدیده‌ی القای بار الکتریکی، تفکیک بارهای منفی و مثبت روی سطح رسانا صورت می‌گیرد.

با دقت در جهت میدان خارجی و میدان الکتریکی که بدلیل بارهای القایی روی سطح رسانا (از مثبت به منفی و در خلاف جهت میدان اصلی) ایجاد می‌شود می‌توان دریافت که برآیند میدان الکتریکی یا میدان الکتریکی خالص درون رسانا که از جمع برداری این دو میدان بدست می‌آید برابر صفر خواهد بود.

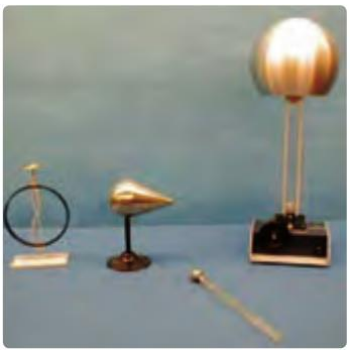
بنابراین کار نیروی الکتریکی در هر جابجایی دلخواهی در داخل رسانا صفر است در نتیجه می‌توان گفت که همه‌ی نقاط رسانا پتانسیل یکسانی دارند:

$$F_E=۰ \Rightarrow \Delta U_E=-W_E=۰$$

$$\Delta V=\frac{\Delta U_E}{q}=۰ \Rightarrow V_۲-V_۱=۰ \Rightarrow V_۱=V_۲$$



یک گوی رسانای خنثی در میدان الکتریکی خارجی. میدان الکتریکی خارجی باعث جدا شدن بارهای مثبت و منفی در دو وجه رسانا شده است، به‌طوری‌که میدان حاصل از این بارها، میدان خارجی در داخل رسانا را خنثی می‌کند. (توجه کنید که دو خط هر جفت خطوط میدان نشان داده شده در داخل رسانا منطبق برهم‌اند و برای آنکه دیده شوند، با فاصلهٔ اندکی از هم رسم شده‌اند.)



۱-۱۲ چگونگی توزیع بار روی سطح خارجی یک جسم رسانای باردار

۱) یک جسم رسانای دوکی شکل را روی پایه عایق قرار دهید.

۲) آن را با تماس با کلاهک مولد وان دو گراف باردار کنید.

۳) گلوله فلزی را که به دسته ای عایق متصل است با بخش پهن دوک تماس دهید.

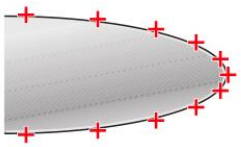
۴) سپس گلوله را به سر الکتروسکوپ تماس دهید.

همین آزمایش را پس از خنثی کردن الکتروسکوپ و گوی فلزی با تماس با دستتان، با نوک تیز دوک انجام دهید.

نتیجه گیری:

۱) انحراف صفحه های الکتروسکوپ با نوک تیز دوک > انحراف صفحه های الکتروسکوپ با بخش پهن دوک.

۲) تراکم بار و چگالی سطحی بار (رشته ریاضی) در نقاط تیز سطح جسم رسانای باردار از نقاط دیگر آن بیشتر است.



۱-۱۲-۱ چگالی سطحی بار الکتریکی رسانا (فرمولش رشته ریاضی)

برای اینکه بتوانیم تراکم بار الکتریکی در بخش های مختلف سطح یک جسم را با هم مقایسه کنیم کمیتی به نام چگالی سطحی بار را تعریف می کنیم.

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

نسبت بار الکتریکی موجود در سطح رسانا به مساحت سطح آن، چگالی سطحی بار الکتریکی نامیده می‌شود

A: مساحت سطحی که بار روی آن پخش شده است.	Q: بار الکتریکی موجود در آن سطح	σ: چگالی سطحی بار بر حسب $\frac{C}{m^2}$

باید توجه کرد که بزرگ بودن چگالی سطحی در نقاط نوک‌تیز به معنای زیادتر بودن بار الکتریکی در این نقاط نیست بلکه نشان می‌دهد در این نقاط نسبت بار الکتریکی موجود به مساحت سطح رساناها در این نقاط بیشتر است.

این موضوع سبب می‌شود که تخلیه‌ی الکتریکی بار الکتریکی نیز از نقاط نوک‌تیز رساناها صورت گیرد و البته آزمایش نشان می‌دهد خطوط میدان الکتریکی در اطراف نقاط نوک‌تیز رساناهای باردار متراکم از سایر نقاط در اطراف این اجسام دیده می‌شوند به این معنا که میدان الکتریکی در اطراف نقاط نوک‌تیز رساناهای باردار قوی‌تر از سایر نقاط فضای اطراف این اجسام است.

تست۲۸:

چگالی سطحی بار الکتریکی کره‌ای فلزی به قطر یک متر، $۵\frac{\mu C}{m^2}$ است. بارالکتریکی موجود در سطح کره چند میکروکولن است؟

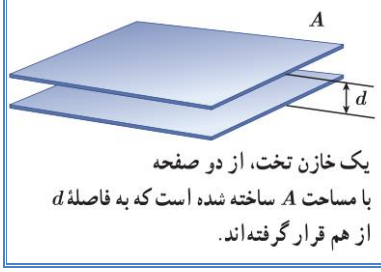
۱) ۵π ۲) $۷/۵\pi$ ۳) $۱۲/۵$ ۴) ۱۵ خارج از کشور- ۱۳۸۹

تمرین رشته ریاضی : وقتی ماهواره‌ای به دور زمین می‌چرخد بر اثر عبور از فضای اطراف زمین باردار می‌شود. این بارها ممکن است موجب آسیب رساندن به قطعات الکترونیکی ماهواره شود. فرض کنید ماهواره‌ای در اثر عبور از یکی از لایه‌های جو دارای بار الکتریکی ۲ کولن شود. این ماهواره، مکعبی به ضلع $۴۰\,cm$است. چگالی سطحی بار الکتریکی روی سطح این ماهواره را محاسبه کنید. (از تجمع بار بر روی لبه‌ها چشم پوشی شود.)

$$A = 6 \times (0/4)^2 = 0/96^2$$

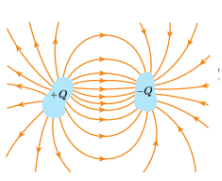
$$\sigma = \frac{Q}{A} = \frac{2\times10^{-9}}{96\times10^{-2}} \simeq 0/02 \times 10^{-7} = 2 \times 10^{-9}\frac{C}{m^2} \rightarrow \sigma \simeq 2 \times 10^{-9}\frac{C}{m^2}$$

۱-۱۳ خازن

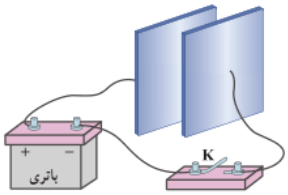
تعریف	خازن وسیله‌ای است که می‌تواند بار الکتریکی و انرژی الکتریکی را در خود ذخیره کند.
مثال	باتری های یک دوربین با باردار کردن یک خازن، انرژی را در خازن فلاش دوربین ذخیره می کنند. به چه صورت؟ باتری ها معمولاً می توانند انرژی را فقط با آهنگ نسبتاً کمی به مدار بدهند که این آهنگ برای گسیل نور از فلاش دوربین بسیار کم است، اما وقتی خازن باردار می شود، می تواند انرژی را با آهنگ بسیار زیادی برای فلاش زدن آماده کند.
تفاوت اصلی باتری‌ها با خازن‌ها	باتری‌ها انرژی را با آهنگ نسبتاً کمی به مدار می‌دهند در حالیکه خازن‌ها می‌توانند با تخلیه‌ی ناگهانی بار الکتریکی انرژی را با آهنگ زیاد در مدار وارد کنند.
استفاده های خازن	این ویژگی سبب استفاده‌های گوناگونی برای خازن می‌شود از جمله کاربرد در فلاش دوربین‌ها، البته خازن‌ها در مدارهای الکترونیک از جمله رادیو، تلوزیون، رایانه، گوشی‌های تلفن همراه و ... کاربرد دارند. شکل زیر انواع خازن در یک مدار تقویت کننده (آمپلی فایر) را نشان می دهد.
شکل انواع خازن	انواع خازن خازن ها در یک مدار تقویت کننده (آمپلی فایر)
خازن تخت نماد انواع خازن	بطور معمول خازن‌ها شامل دو رسانا هستند که به فاصله‌ی مشخص از هم قرار دارند. یکی از انواع آن‌ها خازن تخت نامیده می‌شود که شامل دو صفحه‌ی رسانا می‌باشد که بطور موازی باهم واقع شده‌اند و بین آن‌ها یک عایق (در بسیاری از موارد هوا) وجود دارد. فاصله d در برابر ابعاد صفحه ها ناچیز است.  یک خازن تخت، از دو صفحه با مساحت A ساخته شده است که به فاصلهٔ d از هم قرار گرفته‌اند.

۱-۱۳-۱ باردار کردن خازن (شارژ کردن خازن)

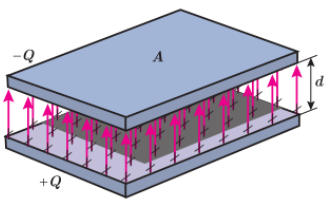
- گفتیم که عامل اصلی شارش بار الکتریکی بین دو نقطه از یک مدار الکتریکی، وجود اختلاف پتانسیل الکتریکی بین آن دو نقطه است.
- اگر دو سر یک خازن را به پایانه‌های یک باتری متصل کنیم، بار الکتریکی از طریق سیم‌های رسانا جریان می‌یابد و تا زمانی که اختلاف پتانسیل دو سر خازن (یا دو صفحه‌ی خازن) با اختلاف پتانسیل دو پایانه‌ی باتری یکسان نشود، ادامه می‌یابد.
- وقتی بار یکی از صفحه‌ها $+Q$ و بار دیگری $-Q$ شد و حرکت بارها متوقف گردید گفته می‌شود خازن شارژ شده است و بار ذخیره شده در آن به اندازه‌ی Q است. (در واقع همان بار صفحه‌ی مثبت)



اجزای اصلی یک خازن باردار



- بدیهی است که در چنین حالتی در فضای بین دو صفحه میدان الکتریکی یکنواخت از صفحه‌ی مثبت به سمت صفحه‌ی منفی وجود دارد.

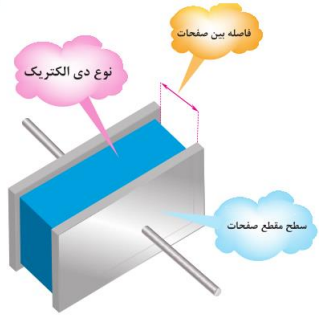


۱-۱۳-۲ ظرفیت خازن (C)

- اگر اختلاف پتانسیل بین صفحه های خازن (ΔV) را زیاد کنیم، بار خازن (Q) هم به همان نسبت زیاد می شود .
- یعنی $\frac{Q}{\Delta V}$ همواره ثابت است.
- به این نسبت ثابت، ظرفیت خازن گویند.
- ظرفیت خازن به بار خازن و اختلاف پتانسیل دو صفحه آن بستگی ندارد.
- به دلایل تاریخی اندازه‌ی این اختلاف پتانسیل با V نشان داده می‌شود
- عبارت ظرفیت الکتریکی را نخستین بار ولتا در تشابه با ظرفیت گرمایی به کار برد.

فرمول کلی ظرفیت خازن		
$C = \frac{Q}{V}$		
C : ظرفیت خازن بر حسب فاراد (F)	Q : بار الکتریکی بر حسب کولن (C)	V : اختلاف پتانسیل بر حسب ولت (V)
فاراد واحد بزرگی می باشد. یک فاراد ظرفیت خازنی است که اگر اختلاف پتانسیل یک ولت بین دو صفحه‌ی آن برقرار شود، بار الکتریکی یک کولن روی آن ذخیره شود. ظرفیت اکثر خازن ها در محدوده پیکو فاراد ($1pF = 10^{-12}F$)و میکروفاراد($1\mu F = 10^{-6}F$) و میلی فاراد($1mF = 10^{-3}F$) می باشد.		

۱-۱۳-۳ عوامل موثر بر ظرفیت خازن



$$C_0 = \varepsilon_0 \frac{A}{d} \rightarrow C = \kappa C_0 \xrightarrow{C_0 = \varepsilon_0 \frac{A}{d}} \boxed{C = \kappa \varepsilon_0 \frac{A}{d}}$$

A : مساحت موثر صفحه ها (متر مربع)	d : فاصله ی جدایی صفحه ها (متر)	(κ):کاپا ثابت دی الکتریک ماده‌ی عایق بین دو صفحه	ε_0 : ضریب گذردهی الکتریکی خلأ ($k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$) $\varepsilon_0 = 8/85 \times 10^{-12} \frac{F}{m}(\frac{C^2}{N.m^2})$

نکته۱۵: منظور از مساحت موثر، مساحتی از یک صفحه خازن است که دقیقا و کاملاً روبروی صفحه دیگر است و با آن هم پوشانی دارد.

۱-۱۳-۴ ظرفیت خازن به کیا بستگی دارد؟

ظرفیت خازن به کیا بستگی دارد؟	
به اختلاف پتانسیل دو سر خازن (V)	ندارد
به بار ذخیره شده در خازن (Q)	ندارد
فاصله صفحات خازن از هم (d)	دارد
مساحت موثر صفحه ها (A)	دارد
ثابت دی الکتریک (κ)	دارد

نکته۱۶: ثابت دی الکتریک یکا ندارد و ثابت دی الکتریک خلاء برابر یک است. ثابت هوا و دیگر گازها اندکی از یک بیشتر است. در تست ها، یک فرض میشه! $\kappa \geq 1$

تست ۲۹:

فاصلهٔ بین صفحات خازنی $5mm$، مساحت هر یک از صفحه‌های آن $40cm^2$ و بین صفحات آن هوا است. اگر فاصلهٔ بین صفحات خازن $4mm$ کاهش یابد، ظرفیت خازن چند پیکوفاراد افزایش می‌یابد؟

خارج از کشور- ۱۳۹۸

$(\varepsilon_0 = 9 \times 10^{-12} C^2/N \cdot m^2)$

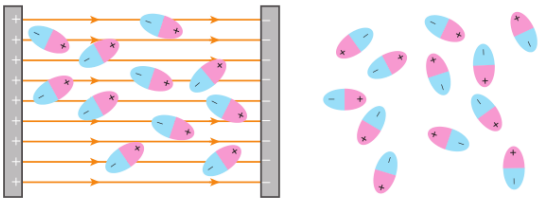
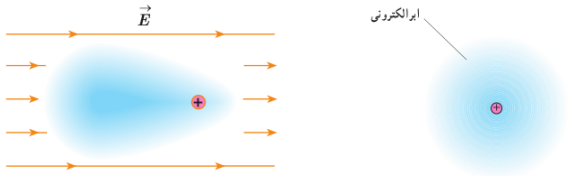
۱) ۷٫۲ ۲) ۲۴ ۳) ۲۸٫۸ ۴) ۳۶

۱-۱۳-۵ انواع دی الکتریک (رشته ریاضی)

۱) قطبی : مثل آب، NH_3، HCL

۲) غیر قطبی : مثل متان، بنزن و ...

نکته: خازنی را توسط یک باتری باردار می کنیم / سپس از باتری جدا می کنیم / داخل خازن را با یک دی الکتریک پر می کنیم.

اگر قطبی	اگر دی الکتریک قطبی باشد: سر منفی مولکول های دو قطبی به طرف صفحه مثبت و سر مثبت آن ها به طرف صفحه منفی کشیده می شود و در نتیجه این مولکول های دو قطبی می کوشند خود را در جهت میدان الکتریکی بین دو صفحه خازن هم ردیف کنند.  الف) در نبود میدان الکتریکی، سمت‌گیری مولکول‌های دوقطبی نامنظم است. ب) در حضور میدان الکتریکی، مولکول‌های قطبی می‌کوشند خود را در جهت میدان الکتریکی خارجی هم‌ردیف کنند.
اگر غیرقطبی	اگر دی الکتریک غیر قطبی باشد: دی الکتریک بر اثر القا قطبیده می شود. یعنی میدان الکتریکی اعمال شده باعث می شود که ابر الکترونی مولکول های دی الکتریک در خلاف جهت میدان جابجا شود و به این ترتیب مرکز بارهای مثبت و منفی مولکول ها از هم جدا شده و اصطلاحاً مولکول ها قطبیده شوند.  الف) درنبود میدان الکتریکی، مرکز بارهای مثبت و منفی برهم منطبق‌اند. ب) در حضور میدان الکتریکی، مرکز بارهای مثبت و منفی از هم جدا می شوند و ابرالکترونی در خلاف جهت میدان جابه جا می شود.

با کمی دقت در شکل و نحوه‌ی قرارگیری مولکول‌های قطبیده شده درون میدان الکتریکی بین صفحات خازن می‌توان فهمید که میدان الکتریکی کوچکی که درون هر دو قطبی و یا هر اتم قطبیده بوجود می‌آید (از قطب مثبت به منفی) درست در خلاف جهت میدان الکتریکی اصلی موجود بین صفحات خازن است.

به عبارت دیگر قرار گرفتن دی الکتریک بین صفحات خازن، میدان الکتریکی خالص بین صفحات را کاهش می‌دهد و به این ترتیب این امکان بوجود می‌آید که بتوان بار الکتریکی بیشتری روی صفحات خازن ذخیره کرد و بین دو صفحه جرقه یا تخلیه‌ی الکتریکی رخ ندهد. این، یعنی افزایش ظرفیت خازن.

۱-۱۳-۶ تیپ مسائل تغییر در ساختمان خازن

مسائل V ثابت	اگر دو صفحه خازنی را به اختلاف پتانسیل ثابت V (مثلا دو پایانه یک باتری) وصل کنیم و سپس بدون جدا کردن خازن از باتری در ساختمانش تغییری ایجاد کنیم، در تمامی مراحل V ثابت است.
مسائل Q ثابت	اگر دو صفحه خازنی را با اختلاف پتانسیل ثابت V (مثلا دو پایانه یک باتری) شارژ کنیم و سپس از باتری جدا کنیم، بار الکتریکی در آن حبس می شود. بنابراین اگر در ساختمانش تغییری ایجاد کنیم، در تمامی مراحل Q ثابت است.

۱-۱۳-۷ افزایش ظرفیت خازن با کمک دی الکتریک

وقتی فضای بین صفحه های خازن شارژ شده ای را با دی الکتریک پر می کنیم، ابتدا میدان الکتریکی بین صفحه ها کاهش می یابد:

	باتری	بار	ولتاژ	ظرفیت افزایش
کاهش میدان الکتریکی	خازن از باتری جدا شود	ثابت می ماند	$\downarrow E = \frac{\downarrow V}{d}$	$\uparrow C = \frac{Q}{\downarrow V}$
	خازن به باتری وصل باشد	بار آنقدر زیاد می شود که E و V به مقدار اولیه می رسند.	ثابت	$\uparrow C = \frac{\uparrow Q}{V}$

تست ۳۰:

دوسر خازنی را که دی الکتریک آن هوا است به دو سر یک باتری وصل می‌کنیم. انرژی ذخیره شده در آن U می‌شود. اگر در حالتی که به باتری وصل است، فاصله بین دو صفحه را n برابر کنیم، انرژی آن U' می‌شود. ولی اگر همان خازن اولیه را ازباتری جدا کنیم و سپس، فاصله بین دو صفحه را n برابر کنیم، انرژی آن U'' می‌شود. نسبت $\frac{U''}{U'}$ چقدر است؟ خارج از کشور- ۱۳۹۳

۱) $\frac{1}{n}$ ۲) n ۳) $\frac{1}{n^2}$ ۴) n^2

تست ۳۱:

یک خازن تخت به یک باتری بسته شده است. پس از مدتی، در حالی که خازن همچنان به باتری متصل است، فاصلهٔ بین صفحه‌های خازن را دو برابر می‌کنیم. کدام موارد زیر درست است؟

الف- میدان الکتریکی میان صفحه‌ها نصف می‌شود.
ب- اختلاف پتانسیل میان صفحه‌ها نصف می‌شود.
پ- ظرفیت خازن دو برابر می‌شود.
ت- بار روی صفحه‌ها نصف می‌شود.

۱) الف و ب ۲) الف و ت ۳) ب و ت ۴) پ و ت

پاسخ: گزینه ۲ خازن پیوسته به باتری وصل است. بنابراین اختلاف پتانسیل صفحات خازن ثابت می‌ماند:

$\Delta V = $ ثابت

فاصلهٔ صفحات خازن را دو برابر می‌کنیم، بنابراین طبق رابطهٔ $C = \kappa\varepsilon_0 \frac{A}{d}$ با دو برابر شدن d، ظرفیت خازن نصف می‌شود.

در مورد میدان الکتریکی:

بزرگی میدان الکتریکی بین صفحات خازن $E = \frac{\Delta V}{d} \xrightarrow[\Delta V = \text{ثابت}]{d \times 2} E \times \frac{1}{2}$

در مورد بار الکتریکی:

$$Q = \underbrace{C}_{\text{نصف}} \underbrace{\Delta V}_{\text{ثابت}} \Rightarrow Q \times \frac{1}{2}$$

بنابراین (الف) و (ت) صحیح می‌باشند.

تست ۳۲:

چه تعداد از عبارت‌های زیر نادرست است؟

۱) هنگامی که می‌گوییم بار الکتریکی یک خازن $۱۲۰\mu C$ است؛ یعنی بار یک صفحه $+۱۲۰\mu C$ و بار صفحهٔ دیگر $-۱۲۰\mu C$ است.

۲) یک خازن تا زمانی شارژ می‌شود که پتانسیل الکتریکی دو صفحهٔ آن برابر شود.

۳) یک فاراد معادل است با (کولن × ولت)

۴) ظرفیت الکتریکی یک خازن با بار ذخیره‌شده در آن رابطهٔ مستقیم دارد.

۵) کاهش اختلاف پتانسیل دو صفحهٔ خازن، باعث کاهش ظرفیت خازن می‌شود.

۶) اگر خازن شارژ شده‌ای را از باتری جدا کنیم، با برداشتن دی‌الکتریک از بین صفحاتِ خازن، میدان الکتریکی بین صفحات خازن افزایش می‌یابد.

۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)

پاسخ: گزینه ۴ برای بررسی موارد ذکر شده در متن تست به این نکات توجه کنید:

* هنگامی که می‌گوییم بار یک خازن q است، یعنی بار یک صفحه $+q$ و بار صفحهٔ دیگر $-q$ است. بنابراین مورد (۱) درست است.

* یک خازن تا وقتی شارژ می‌شود که اختلاف پتانسیل بین دو صفحهٔ آن با اختلاف پتانسیل دو سر باتری برابر شود.

* ظرفیت خازن به بار ذخیره شده در آن و اختلاف پتانسیل صفحات آن بستگی ندارد. (برخلاف ظاهر رابطهٔ: $C=\frac{q}{V}$)

یک فاراد معادل است با: $(\frac{\text{کولن}}{\text{ولت}})$

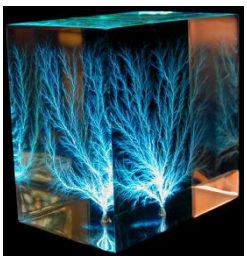
* اگر خازن شارژ شده‌ای را از باتری جدا کنیم:

$$\begin{cases} q= \text{ثابت} \\ k\downarrow \Rightarrow C=k\varepsilon_{\circ}\frac{A}{d} \Rightarrow C\downarrow \Rightarrow \Delta V=\frac{q\rightarrow \text{ثابت}}{C\downarrow} \Rightarrow \Delta V\uparrow \Rightarrow E=\frac{\Delta V\uparrow}{\underset{\text{ثابت}}{d}} \Rightarrow E\uparrow \end{cases}$$

۱-۱۴ فروریزش الکتریکی

هنگامیکه بین دو صفحه‌ی خازن یک دی الکتریک قرار می‌گیرد علاوه بر آنکه

- ظرفیت خازن افزایش می‌یابد، (ظرفیت معده ...)
- حداکثر ولتاژ قابل تحمل خازن نیز افزایش می‌یابد. (غذای ....)



شرح داستان :

۱) با افزایش اختلاف پتانسیل دو سر خازن

۲) به الکترون‌های اتم‌های ماده‌ی دی الکتریک نیروی بزرگی در خلاف جهت میدان الکتریکی وارد می‌شود

۳) که اگر این اختلاف پتانسیل به قدر کافی بزرگ باشد

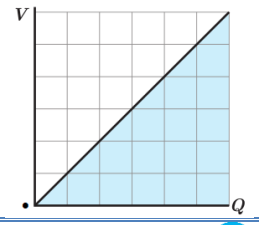
۴) الکترون‌های اتم‌های ماده‌ی دی الکتریک کنده شده

۵) و مسیرهای رسانایی درون دی الکتریک ایجاد می‌کنند که به آن‌ها نقش‌های لیچنبرگ گفته می‌شود.

۶) این مسیرهای رسانا سبب تخلیه خازن می شوند.

- فروریزش الکتریکی در عایق بین دو صفحه‌ی خازن معمولاً با جرقه همراه است و در بیشتر مواقع سبب سوختن خازن می‌شود.
- معمولاً خازن‌ها با ظرفیت و حداکثر اختلاف پتانسیل قابل تحمل‌شان مشخص می‌شوند.

۱-۱۵ انرژی خازن

تعریف	• وقتی صفحه های خازن دارای بار الکتریکی می شوند (باردار می شوند) ← در خازن انرژی ذخیره می شود. برای مشاهده این انرژی ← دو سر خازن پر شده را به دو سر لامپ وصل کنیم (به شرط آنکه ظرفیت و اختلاف پتانسیل خازن به اندازه کافی باشد، لامپ برای مدتی روشن و سپس خاموش می شود) • این انرژی بصورت انرژی پتانسیل الکتریکی در میدان الکتریکی فضای بین دو صفحه‌ی خازن ذخیره می‌شود.
فرمولاش	$U=\begin{cases} U=\frac{1}{2}QV \\ U=\frac{1}{2}CV^2 \\ U=\frac{1}{2}\frac{Q^2}{C} \end{cases}$ همه واحد ها پیشوند یکسان داشته باشند، به جز اختلاف پتانسیل که همیشه ولت باشد.
تغییرات	هر کمیتی که تغییر کرد تغییراتش رو اعمال کن ، مثلا : $\Delta U=\frac{1}{2C}(q_2^2-q_1^2)$
توان	انرژی و زمان بگن : $\boxed{P=\frac{U}{t}}$
نمودار	طبق رابطه $V=\frac{Q}{C}$ ، نمودار $V-Q$ یک خط راست با شیب ثابت $\frac{1}{C}$ است.  مساحت محصور نمودار $V-Q$ برابر انرژی پتانسیل الکتریکی یا انرژی ذخیره شده در خازن ($U=\frac{1}{2}QV$) است. (رشته ریاضی)

چند آیتمی۳:

اگر ظرفیت خازن دستگاه رفع لرزش بطن ۱۱ میکرو فاراد باشد و با ولتاژ ۶ کیلو ولت شارژ شود و سپس تمام انرژی آن از طریق کفشک ها 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 تخلیه انرژی تقریباً در مدت ۲ میلی ثانیه صورت پذیرفته باشد، این انرژی با چه توان متوسطی در بدن بیمار تخلیه می شود؟

$U=\frac{1}{2}CV^2=\frac{1}{2}(11/0\times10^{-6}\text{F})(6/00\times10^{3}\text{V})^2=198\text{J}$

$Q=CV\Rightarrow Q=(11/0\times10^{-6}\text{F})(6/00\times10^{3}\text{V})=6/60\times10^{-2}\text{C}$

$\overline{P}=\frac{U}{t}=\frac{198\text{J}}{2/00\times10^{-3}\text{s}}=99/0\text{kW}$

تست ۳۳:

اختلاف پتانسیل بین دو صفحهٔ خازن را ۱٫۵ برابر می‌کنیم، درنتیجه $۲۰\mu C$ بر بار ذخیره‌شده در آن اضافه می‌شود و انرژی آن نیز $۲۰۰\mu J$ افزایش می‌یابد. ظرفیت خازن چند میکرو فاراد است؟

۱) ۵ ۲) ۱۰ ۳) ۱۵ ۴) ۲۰

پاسخ: گزینه ۱

$$\begin{cases} C=\frac{q}{\Delta V}\Rightarrow \frac{q_1}{\Delta V_1}=\frac{q_1+۲۰\mu C}{۱٫۵\Delta V_1}\Rightarrow ۱٫۵q_1=q_1+۲۰\mu C\Rightarrow q_1=۴۰\mu C \\ U=\frac{۱}{۲}C\Delta V^۲\Rightarrow \frac{U_۲}{U_1}=(\frac{\Delta V_۲}{\Delta V_1})^۲=(۱٫۵)^۲=(\frac{۹}{۴})\Rightarrow \frac{۲۰۰\mu J+U_1}{U_1}=\frac{۹}{۴} \end{cases} \Rightarrow ۹U_1=۸۰۰\mu J+۴U_1 \Rightarrow ۵U_1=۸۰۰\mu J \Rightarrow U_1=۱۶۰\mu J$$

$$=\frac{q_1^۲}{۲C}=\frac{(۴۰\mu C)^۲}{۲C}\Rightarrow C=۵\mu F$$

تست ۳۴:

ظرفیت خازنی $۱۲\mu F$ و اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو صفحهٔ آن V_1 است. اگر $-۶\mu C$ بار الکتریکی را از صفحهٔ منفی آن به صفحهٔ مثبت آن انتقال دهیم، انرژی ذخیره شده در آن $۲۸٫۵\mu J$ کاهش می‌یابد. V_1 چند ولت است؟

۱) ۵ ۲) ۱۰ ۳) ۱۵ ۴) ۲۰

تست ۳۵:

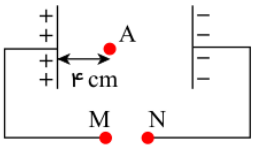
با تخلیه‌ی قسمتی از بارالکتریکی یک خازن پُر شده، اختلاف پتانسیل دو سر آن ۸۰ درصد کاهش می‌یابد. انرژی این خازن چند درصد کاهش می‌یابد؟ سراسری- ۱۳۹۴

۱) ۴۰ ۲) ۶۴ ۳) ۸۰ ۴) ۹۶

۱-۱۵-۱ سوالات بین صفحات خازن

تست ۳۶:

در شکل روبه رو، دو صفحه رسانای موازی در فاصله ۱۲ سانتی متری هم قرار دارند و نقطه A بین این دو صفحه مشخص شده است. اگر پتانسیل الکتریکی نقاط N و M به ترتیب صفر و ۶۰ ولت باشد، پتانسیل الکتریکی نقطهٔ A چند ولت است؟



۱) ۲۰ ۲) ۳۵ ۳) ۴۰ ۴) ۴۵

پاسخ: گزینه ۳ راه حل اول: بین این دو صفحه میدان الکتریکی یکنواخت تشکیل می شود که جهت میدان در جهت کاهش پتانسیل الکتریکی است. بین این دو صفحه از صفحه مثبت تا صفحه منفی، پتانسیل از ۶۰ ولت تا صفر کاهش می یابد. حال اگر اختلاف پتانسیل بین دو صفحه را به فاصلهٔ دو صفحه تقسیم کنیم داریم: $\frac{۶۰}{۱۲}\frac{V}{cm}=۵\frac{V}{cm}$ یعنی در هر سانتی‌متر پتانسیل به اندازه‌ی $۵V$ کاهش می‌یابد، پس به ازای ۴ سانتی متر، پتانسیل ۲۰ ولت کاهش می یابد. بنابراین پتانسیل نقطه A برابر با $(۶۰-۲۰)V=۴۰V$ خواهد شد.

راه حل دوم: اندازه میدان الکتریکی یکنواخت بین دو صفحه برابر است با:

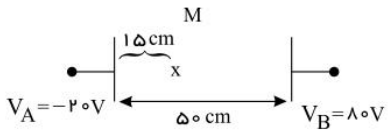
$$E=\frac{V}{d}=\frac{۶۰}{۱۲\times ۱۰^{-۲}}=۵۰۰\ \frac{N}{C}$$

با در نظر گرفتن فاصلهٔ نقطهٔ A تا صفحهٔ منفی، پتانسیل نقطهٔ A برابر است با:

$$V_A=Ed\Rightarrow V_A=۵۰۰\times(۸\times ۱۰^{-۲})=۴۰V$$

تست ۳۷:

در شکل روبه‌رو پتانسیل نقطهٔ M را به‌دست آورید؟



۱) $۱۵V$ ۲) $۱۰V$ ۳) $۳۰V$ ۴) $۵۰V$

گزینه ۲

$$V_B - V_A = ۸۰ - (-۲۰) = ۱۰۰V$$

$$\Delta V = ۱۰۰V \Rightarrow \Delta V = Ed \Rightarrow ۱۰۰ = E \times ۰/۵ \Rightarrow E = \frac{۱۰۰}{۰/۵} = ۲۰۰\frac{N}{C}$$

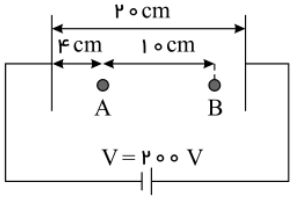
$$V_M - V_A = \Delta V' \quad , \quad \Delta V' = Ed \Rightarrow \Delta V' = ۲۰۰ \times \frac{۱۵}{۱۰۰} = ۳۰V$$

$$V_M - (-۲۰) = ۳۰ \Rightarrow V_M = ۳۰ - ۲۰ = ۱۰V \Rightarrow V_M = ۱۰V$$

تست ۳۸:

مطابق شکل زیر، ذره‌ای باردار به جرم $۲mg$ را بین صفحات یک خازن تخت، از نقطهٔ A با تندی $۱۰m/s$ در خلاف جهت خط‌های میدان الکتریکی بین صفحات پرتاب می‌کنیم. اگر جهت حرکت ذره در نقطهٔ B عوض شود. بار الکتریکی ذره چند میکروکولن است؟ (از نیروی وزن ذره صرف‌نظر کنید.)

قلم چی- ۱۳۹۸



۱) ۱
۲) ۲
۳) -۱
۴) -۲

گزینه ۱ در نقطهٔ B، تندی ذره صفر می‌شود.

$$\frac{\Delta V}{d} = \frac{\Delta V_{AB}}{d_{AB}} \Rightarrow \frac{۲۰۰}{۲۰} = \frac{\Delta V_{AB}}{۱۰} \Rightarrow \Delta V_{AB} = ۱۰۰V$$

از قضیهٔ کار و انرژی استفاده می‌کنیم.

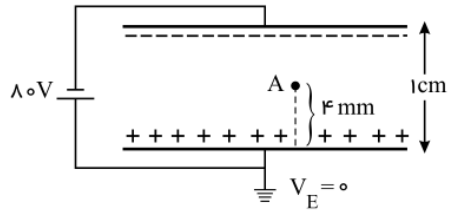
$$W_t = \Delta K = \frac{۱}{۲}m(v_B^۲ - v_A^۲) \Rightarrow q\Delta V = \frac{۱}{۲}mv_A^۲$$

$$\Rightarrow q \times ۱۰۰ = \frac{۱}{۲} \times ۲ \times ۱۰^{-۶} \times ۱۰^۲ \Rightarrow q = ۱۰^{-۶}C = ۱\mu C$$

چون ذره با حرکت در خلاف جهت خطاهای میدان متوقف شده، پس بار آن مثبت بوده است.

تست ۳۹:

دو صفحهٔ رسانای موازی با ابعاد بزرگ را مطابق شکل زیر به یک باتری وصل کرده‌ایم، پتانسیل نقطهٔ A چند ولت است؟



۱) -۴۸
۲) -۳۲
۳) $+۳۲$
۴) $+۴۸$

پاسخ: گزینه ۲ میدان الکتریکی بین صفحاتِ خازن همه‌جا باهم برابر است:

$$\begin{cases} E = \frac{V_+ - V_-}{۱۰mm} = \frac{V_+ - V_A}{۴mm} \Rightarrow \frac{۰ - V_-}{۵} = \frac{۰ - V_A}{۲} \Rightarrow \frac{۸۰}{۵} = \frac{-V_A}{۲} \\ \text{اختلاف پتانسیل صفحات خازن} = ۸۰V = V_+ - V_- = ۰ - V_- \end{cases} \Rightarrow V_A = -۳۲V$$

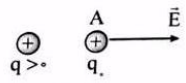
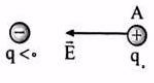
تمرین ۳۱: دو صفحه خازن تخت بارداری را به هم وصل می‌کنیم. در نتیجه جرقه‌ای زده می‌شود. حال اگر دوباره صفحات را به همان اندازه باردار کنیم ولی فاصله آنها را دو برابر کنیم و سپس دو صفحه را به هم وصل کنیم، آیا جرقه حاصل بزرگ‌تر از قبل می‌شود، یا کوچک‌تر و یا تغییری نمی‌کند؟ توضیح دهید.

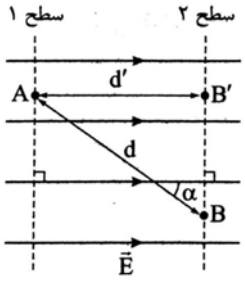
هر قدر انرژی ذخیره شده در خازن بیشتر باشد، در زمان اتصال صفحات جرقه بزرگ‌تری پدید می‌آید. اگر فاصله صفحات را دو برابر کنیم ظرفیت خازن نصف می‌شود. با توجه به رابطه‌ی $U = \frac{۱}{۲}\frac{Q^۲}{C}$ و ثابت بودن بار روی صفحات نرژی ذخیره شده در خازن دو برابر می‌شود. بنابراین در زمان اتصال صفحات جرقه بزرگ‌تری پدید می‌آید.

مثال۴: می‌دانیم که انرژی مصرف شده توسط باتری برای شارژ خازن از رابطه‌ی $U = QV_{battery}$ بدست می‌آید و انرژی ذخیره شده در خازن نصف این مقدار یعنی $U = \frac{۱}{۲}CV^۲$ است. آیا اصل پایستگی انرژی نقض شده است؟

خیر. نیمی از انرژی مربوط به باتری در این جابجایی بار تلف شده است زیرا با جابجایی هر بار الکتریکی به صفحه‌ی همنام خودش بردن بار بعدی با مقاومت و دافعه مواجه خواهد شد.

۱-۱۶ خلاصه فصل

الکترون بگیره یا نگیره	جسم خنثی **n** تا الکترون از دست بدهد. $q=+ne$ جسم خنثی **n** تا الکترون بگیرد. $q=-ne$
قانون کولن	$F=K\frac{\lvert q_1\rvert\lvert q_2\rvert}{r^2}\quad,\quad K=9\times10^9\frac{N.m^2}{C^2}$
کنکوری قانون کولن	
کولنی که اینقدر از این بار روی اون بار بگذاریم (بدون تغییر فاصله)	$\frac{F_2}{F_1}=\frac{(q-x)(q+x)}{q^2}=\frac{q^2-x^2}{q^2}=1-(\frac{x}{q})^2\rightarrow\boxed{\frac{F_2}{F_1}=\frac{q^2-x^2}{q^2}=1-(\frac{x}{q})^2}$
کولنی که اینقدر از این بار روی اون بار بگذاریم (با تغییر فاصله)	$\frac{F_2}{F_1}=\frac{(q-x)(q+x)}{q^2}\times(\frac{r_1}{r_2})^2=\frac{q^2-x^2}{q^2}\times(\frac{r_1}{r_2})^2\rightarrow\boxed{\frac{F_2}{F_1}=\frac{q^2-x^2}{q^2}\times(\frac{r_1}{r_2})^2}$
مسائل برآیندی نیروهای الکتریکی	۱) بار روی خط راست ۲) بار روی راس های یک مربع ۳) بار روی راس های یک مثلث ۴) بار روی محیط دایره
محل دقیق تعادل بار q_3 (وقتی برآیند نیروهایی الکتریکی وارد بر یکی از بارها صفر شود)	۱) نیروهای وارد بر بار q_3 در یک راستا باشند. ۲) باید F_{13},F_{23} هم اندازه باشند. (r_1 : فاصله بار ۳ از بار ۱ و r_2 : فاصله بار ۳ از ۲) $F_{13}=F_{23}\rightarrow\frac{Kq_1q_3}{r_1^2}=\frac{Kq_2q_3}{r_2^2}\rightarrow\boxed{\frac{q_1}{q_2}=(\frac{r_1}{r_2})^2}$ ۳) اگر دو بار ۱ و ۲ هم نام باشند، بار ۳ در بین آن ها و نزدیک به بار کوچکتر ۴) اگر دو بار ۱ و ۲ ناهم نام باشند، بار ۳ در خارج فاصله ی بین آن ها و نزدیک به بار کوچکتر
کنکوری محل تعادل	$x=\frac{r}{\sqrt{\frac{q_2}{q_1}}\pm1}\quad,\quad\frac{q_1}{q_2}=(\frac{r_1}{r_2})^2$
میدان الکتریکی در هر نقطه از فضای اطراف یک جسم باردار	$\vec{E}=\frac{\vec{F}}{q_.}$
میدان الکتریکی حاصل از یک ذره‌ی باردار	$\vec{E}=K\frac{\lvert q\rvert}{r^2}$  (الف) در این‌جا بار q. بار آزمون $q_.$ را دفع می‌کند.  (ب) در این‌جا بار q. بار آزمون $q_.$ را جذب می‌کند.
مسائل برآیندی میدان های الکتریکی	۱) روی خط راست ۲) روی راس های یک مربع ۳) روی راس های یک مثلث
برآیند میدان حاصل از دو بار در یک نقطه صفر می شود	۱) اگر دو بار ۱ و ۲ هم نام باشند، برآیند میدان های الکتریکی حاصل از دو بار هم نام در نقطه ای واقع بر روی خط گذرنده از دو بار و در میان آن ها و نزدیک بار کوچک تر صفر می شود. ۲) اگر دو بار ۱ و ۲ نا هم نام باشند، برآیند میدان های الکتریکی حاصل از دو بار هم نام در نقطه ای واقع بر روی خط گذرنده از دو بار و در خارج فاصله بین آن ها و نزدیک بار کوچک تر صفر می شود.

نیروی الکتریکی وارد بر بار الکتریکی در یک میدان الکتریکی	$\vec{F}=\lvert q\rvert\vec{E}$ جهت این نیرو : اگر بار مثبت باشد، در جهت میدان و اگر بار منفی باشد در خلاف جهت میدان است.
انرژی پتانسیل الکتریکی	۱) پروتون به سمت منفی / الکترون به سمت مثبت ← $\boxed{U\downarrow}$ ← خودبخودی- بدون زور ۲) پروتون به سمت مثبت / الکترون به سمت منفی ← $\boxed{U\uparrow}$ ← با زور و اجبار
پتانسیل الکتریکی	$\Delta V=V_2-V_1=\dfrac{\Delta U_E}{q}=Ed\cos\theta\rightarrow\begin{cases}\boxed{\Delta V=\dfrac{\Delta U_E}{q}=\dfrac{-W_E}{q}}\\ \boxed{\Delta V=Ed\cos\theta}\end{cases}$
تغییرات پتانسیل الکتریکی	خلاف کنی ، زیاد جریمه میشی!!!
رابطه‌ی اختلاف پتانسیل دو نقطه و اندازه‌ی میدان الکتریکی یکنواخت	در جهت میدان $\Delta V=-Ed$ در خلاف جهت میدان $\Delta V=Ed$ اندازه $\lvert\Delta V\rvert=Ed$
نکات خاص رابطه $\lvert\Delta V\rvert=Ed$	۱)  $E=\dfrac{\Delta V}{d'}=\dfrac{V_B-V_A}{d'}=\dfrac{V_{B'}-V_A}{d'}$ $d'=d\cos\alpha$ ۲) $\left.\begin{aligned}E&=\dfrac{\Delta V}{d'}=\dfrac{V}{d'}\\ E&=\dfrac{F}{q}\end{aligned}\right\}\rightarrow\boxed{\dfrac{V}{d'}=\dfrac{F}{q}}$
کار انجام شده توسط نیروی خارجی (رشته ریاضی)	$\boxed{\Delta V=\dfrac{\Delta U_E}{q}=\dfrac{-W_E}{q}=\dfrac{W_{External}}{q}}$
چگالی سطحی بار الکتریکی رسانا	$\sigma=\dfrac{Q}{A}$
خازن	ظرفیت خازن : $C=\dfrac{Q}{V}$ عوامل موثر بر ظرفیت خازن: $\boxed{C=\kappa C_0}\xrightarrow{C_0=\varepsilon_0\frac{A}{d}}\boxed{C=\kappa\varepsilon_0\dfrac{A}{d}}$ انرژی خازن: $\rightarrow V\ \rightarrow same,cte\ U=\begin{cases}\frac{1}{2}QV\\ \frac{1}{2}CV^2\\ \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}\end{cases}$ $\rightarrow Q\ \rightarrow same,cte$

مثال۵: طرز کار یک دستگاه فتوکپی را توضیح دهید. (رشته ریاضی)

دستگاه فتوکپی براساس نیروهای جاذبه‌ی الکتریکی کار می‌کنند. نور بازتابیده از سطح کاغذ اصلی در نقاطی که دارای نوشته یا تصویر است روی استوانه‌ی بزرگی که درام نامیده می‌شود بار الکتریکی مثبت ایجاد می‌کند و کاغذ سفید با چرخش به دور این استوانه در همان نقاط دارای این بار مثبت می‌شود. سپس این کاغذ باردار از جلوی پودر سیاه‌رنگی به نام تونر که دارای بار منفی شده است عبور داده می‌شود و این پودرها روی نقاط باردار صفحه‌ی کاغذ قرار می‌گیرند و در نهایت با عبور کاغذ از یک اتوی داغ این پودر روی صفحه تثبیت شده و کاغذ کپی از دستگاه خارج می‌شود.

مثال۶: برخی از صفحه کلیدهای رایانه (شکل الف) بر مبنای تغییر ظرفیت خازن عمل می کنند. هر کلید این صفحه به یک سر پایه ای نصب شده است که سر دیگر آن به یک صفحه فلزی متحرک متصل است. این صفحه ی فلزی خود توسط یک دی الکتریک انعطاف پذیر از صفحه ی فلزی ثابتی جدا شده است و درواقع این دو صفحه یک خازن تخت را تشکیل می دهند (شکل ب). با فشار دادن کلید، صفحه متحرک به صفحه ثابت نزدیک می شود و ظرفیت خازن افزایش می یابد. این تغییر ظرفیت به صورت سیگنالی الکتریکی توسط مدارهای الکتریکی رایانه آشکار می شود و بدین ترتیب مشخص می شود که کدام کلید فشار داده شده است.

اگر فاصله‌ی بین صفحه‌ها در حالت عادی $5\times10^{-3}m$ و پس از فشردن $0.15\times10^{-3}m$ شوند و مساحت صفحه‌ها $9.5\times10^{-5}m^2$ باشند و دی الکتریک بین صفحات نیز دارای ثابت دی الکتریک 3.5 باشند تغییر ظرفیت خازن یک کلید با فشردن چقدر خواهد بود؟

$$C_1=\kappa\varepsilon_0\frac{A}{d}=3/5\times(8/85\times10^{-12})\frac{9/5\times10^{-5}}{5\times10^{-3}}=0/589\times10^{-12}F=0/589pF$$

پس از فشردن کلید:

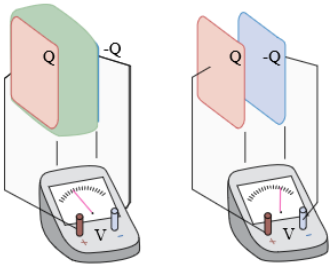
$$C_2=\kappa\varepsilon_0\frac{A}{d}=3/5\times(8/85\times10^{12})\frac{9/5\times10^{-5}}{0/15\times10^{-3}}=19/6\times10^{-12}F=19/6pF$$

بنابراین تغییرات این ظرفیت عبارتست از:

$$\Delta C=C_2-C_1=19/6pF-0/589pF=19pF$$

یعنی ظرفیت خازن $19pF$ افزایش یافته است.

مثال۷: یک خازن که بین صفحات آن هواست به باتری متصل شده است. اگر پس از شارژ کامل از باتری جدا شده و بین صفحات آن دی الکتریک قرار دهیم اختلاف پتانسیل دو سر آن چگونه تغییر خواهد کرد؟



پس از جدا کردن خازن از باتری بار الکتریکی خازن ثابت می‌ماند و اندازه‌ی آن عبارتست از: $Q=C_0\cdot V\Rightarrow=\frac{Q}{C_0}$

با قرار دادن دی الکتریک بین صفحات خازن، ظرفیت آن افزایش می‌یابد و Q ثابت است بنابراین داریم:

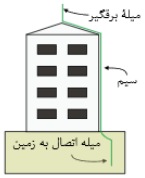
$$Q=(\kappa C_0)V'\Rightarrow V'=\frac{Q}{\kappa C_0}$$

یعنی V' از V کوچک‌تر است یعنی $\frac{1}{\kappa}$ برابر شده است.

مثال۸: میکروفون خازنی شکل مقابل چگونه کار می‌کند؟

در یک میکروفون خازنی با ارتعاش صفحه‌ی متحرک (دیافراگم) خازن بر اثر صدای شخص، فاصله‌ی صحنه‌های خازن تغییر می‌کند و به این ترتیب ظرفیت خازن تخت عوض شود و یک سیگنال الکتریکی ایجاد می‌شود که به تقویت کننده فرستاده می‌شود.

مثال۹: برق‌گیرهای ساختمان‌ها چگونه آن‌ها را از آذرخش در امان نگه می‌دارند؟



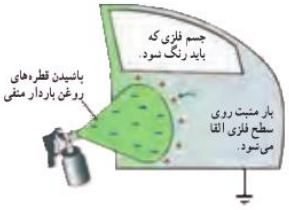
برق‌گیرها از یک میله‌ی بلند که بالای ساختمان نصب شده‌اند و با یک کابل قوی به صفحات رسانا در اعماق زمین متصل شده‌اند ساخته می‌شوند.به این ترتیب چون تخلیه‌ی الکتریکی از نقاط نوک‌تیز رساناها صورت می‌گیرد، بار الکتریکی موجود در آذرخش بجای برخورد به ساختمان به میله‌ی برق‌گیر برخورد کرده و از طریق ایم مسیر به زمین منتقل می‌شود و ساختمان از آسیب حفظ می‌شود.

فناوری و کاربرد بچه های ریاضی

فناوری و کاربرد

یکی از کاربردهای صنعتی پدیدهٔ القای بار الکتریکی، رنگ‌پاشی الکتروستاتیکی است (شکل ۱ـ۳۲ـ الف). در نوعی از این روش رنگ‌پاشی، سطح فلزی‌ای که قرار است رنگ شود به زمین متصل می‌شود. از طرفی قطره‌های ریز رنگ هنگام خروج از دهانهٔ رنگ‌پاش باردار می‌شوند. با نزدیک شدن قطره‌های رنگ به هدف فلزی، بارهای القایی با علامت مخالف بر روی فلز ظاهر می‌شوند و به این ترتیب، قطره‌ها را به سطح فلز جذب می‌کنند (شکل ۱ـ۳۲ـ ب). این روش رنگ‌پاشی، پاشیده شدن رنگ از افشانهٔ قطره‌ها را کاهش می‌دهد و رنگ یکنواختی بر سطح جسم فلزی ایجاد می‌کند.

الف) تصویری از رنگ‌پاشی الکتروستاتیکی



ب) اساس این رنگ‌پاشی مبتنی بر پدیدهٔ القای بار الکتریکی است.

شکل ۱ـ ۳۲

مثال ۱۰: در شکل مقابل شخصی را در داخل یک قفس فاراده می‌بینید.

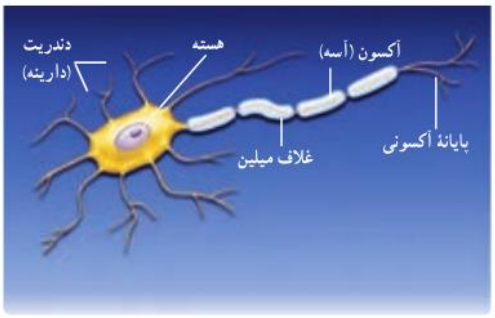
الف) در مورد قفس فاراده و کاربردهایش توضیح دهید.

ب) چرا معمولاً شخصی که در داخل اتومبیل یا هواپیماست از خطر آذرخش در امان است؟

الف) یک توری فلزی که از شبکه‌های بافته شده با سیم بوجود آمده باشد قفس فاراده نامیده می‌شود. از این وسیله برای حفاظت در برابر میدان‌های الکتریکی و یا در برابر عبور بار الکتریکی استفاده می‌شود. چون بار الکتریکی از خارجی‌ترین سطح رسانا می‌گذرد و درون این قفس فلزی میدان الکتریکی وجود ندارد شخص از تخلیه‌ی الکتریکی در امان مانده است و جریان الکتریکی از خارجی‌ترین سطح این قفس به زمین منتقل می‌شود. از این طرح می‌توان برای حفاظت کردن وسایل آزمایشگاهی دقیق و یا ساختمان‌های حساس استفاده کرد. چرا که با قفس فارادی حتی می‌توان از ورود و خروج امواج الکترومغناطیسی به ساختمان‌ها جلوگیری کرد.. (به عنوان مثال وقتی شما با خودرویی با رادیویی روشن وارد یک تونل می‌شوید که با شبکه‌هایی از میلگرد ساخته شده باشد، رادیو از کار می‌افتد دلیل این امر حذف شدن میدان الکتریکی و مختل شدن کار گیرنده‌ی رادیوست)

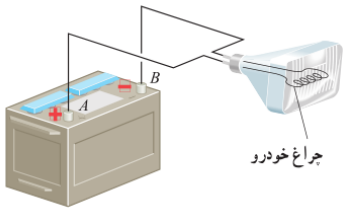
ب) شخص داخل اتومبیل و هواپیما در واقع در یک قفس فاراده قرار دارد.

فعالیت ۱ـ 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.

مثال ۱۱: اختلاف پتانسیل الکتریکی پایانه‌های یک باتری ۱۲ ولت است. اگر بار $-۵۰\ C$ از پایانه‌ی مثبت به پایانه‌ی منفی باتری جابجا شود، انرژی پتانسیل الکتریکی آن چقدر تغییر می‌کند؟



$$\Delta U = q \cdot \Delta V = q(V_{\text{مقصد}} - V_{\text{مبدا}}) \Rightarrow \Delta U = q(V_- - V_+)$$

باید توجه کرد که برای یک باتری ۱۲ ولتی اختلاف پتانسیل بصورت $(V_+ - V_-)$ داده شده است. پس می‌توان نوشت:

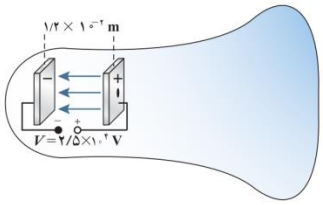
$$V_+ - V_- = ۱۲ \Rightarrow V_- - V_+ = -۱۲V$$

اکنون می‌توان نوشت:

$$\Delta U = q(V_- - V_+) = (-۵۰) \times (-۱۲) = ۶۰۰J$$

یعنی انرژی پتانسیل الکتریکی ۶۰۰ ژول افزایش یافته است (می‌توان حدس زد باتری در حال شارژ شدن بوده است.)

مثال۱۲: در تلویزیون‌های قدیمی از لامپ پرتو – کاتدی یا CRT استفاده می‌شد. اساس کار این لامپ‌ها ایجاد یک میدان الکتریکی یکنواخت بین دو صفحه‌ی باردار و شتاب دادن الکترون‌ها و سپس برخورد آن‌ها با صفحه‌ی نمایشگر بود. با توجه به شکل زیر بزرگی میدان را محاسبه کنید:



$$E = \frac{|\Delta V|}{d} = \frac{۲/۵ \times ۱۰^{۴}\,\text{V}}{۱/۲ \times ۱۰^{-۲}\,\text{m}} = ۲/۰۸ \times ۱۰^{۶}\,\text{V/m} \approx ۲/۱\text{MV/m}$$

مثال۱۳: در مورد نحوه‌ی عملکرد رسوب دهنده‌های الکترواستاتیکی (ESP) که دود و غبار را از گازهای خروجی دودکش کارخانه‌ها جدا می‌کنند توضیح دهید.

در ساختمان داخلی رسوب دهنده‌های الکترواستاتیک دو الکترود وجود دارد که به قطب‌های مثبت و منفی یک مولد متصل هستند. یکی از الکترودها در قسمت پایین‌تر به یک توری متصل است که هنگام عبور دود از این توری ذرات غبار را باردار می‌کند (عمدتاً بار منفی) و الکترود دیگر که دارای بار مخالف است (مثلاً بار مثبت) بالاتر و نزدیک به دهانه‌ی خروج گازها به صفحاتی متصل است که ذرات گرد و غبار باردار را به خود جذب می‌کند و به این ترتیب از آلاینده‌های گازهای خروجی کارخانه می‌کاهد.

مثال۱۴ (رشته ریاضی): اگر در این آزمایش جرم یک قطره روغن $۸.۲\times۱۰^{-۱۵}kg$ و میدان الکتریکی دارای اندازه‌ی $۱۰^{۵}\frac{N}{C}$ روبه پایین باشد تعداد الکترون‌هایی که قطره بدست آورده یا از دست داده است چقدر بوده است.

چون نیروی وزن رو به پایین است و برای معلق ماندن قطره نیروی الکتریکی باید رو به بالا باشد پس با توجه به جهت میدان که رو به پایین است بار قطره نمی‌تواند مثبت باشد. (چون در آن صورت نیروی الکتریکی وارد بر قطره هم روبه پایین می‌شد و قطره بجای معلق شدن به پایین حرکت می‌کند) بنابراین بار قطره‌ی روغن حتماً منفی و شامل تعدادی الکترون است:

وزن قطره = نیروی الکتریکی $\Rightarrow E\cdot|q|=mg\Rightarrow|q|=\frac{mg}{E}=\frac{۸٫۲\times۱۰^{-۱۵}\times۹٫۸}{۱\times۱۰^{۵}}=۸\times۱۰^{-۱۹}C$

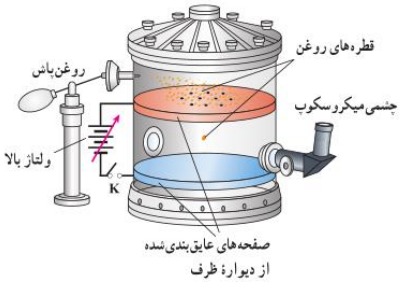
اکنون با استفاده از رابطه‌ی $|q|=ne$ می‌توان نوشت:

$n=\frac{۸\times۱۰^{-۱۹}}{۱٫۶\times۱۰^{-۱۹}}=۵$

یعنی قطره‌ی روغن ۵ الکترون بدست آورده است.

مثال۱۵ (رشته ریاضی): می‌دانیم که بار الکتریکی مضرب درستی از بار بنیادی e است و از رابطه‌ی $q=\pm ne$ پیروی می‌کند. آقای رابرت میلیکان دانشمند آمریکایی در اوایل قرن بیستم با انجام آزمایشی که معروف به آزمایش قطره – روغن میلیکان این موضوع را نشان داد .

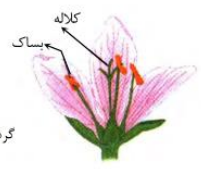
در این آزمایش قطرات ریز روغن که باردار شده‌اند به داخل میدان الکتریکی یکنواخت پاشیده می‌شوند و در اثر نیروی الکتریکی روبه بالایی که به آن‌ها وارد می‌شود و تحت تأثیر وزنشان، درون میدان الکتریکی به حالت معلق در می‌آیند. میلیکان با برابر قرار دادن نیروی وزن با نیروی الکتریکی وارد بر قطره روغن‌ها و با تکرار بسیار زیاد نشان داد که این قطرات یا بار e یا مضربی از آنرا دارا هستند.



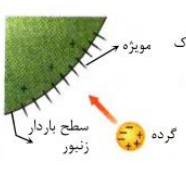
فعالیت ۱ــ ۳

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.

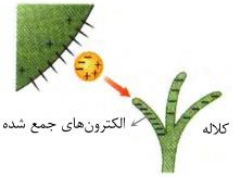
زنبورهای عسل معمولاً در حین پرواز دارای بار مثبت می‌شوند و وقتی به گردهٔ بدون باری روی بساک یک گل (شکل الف) می‌رسند که از لحاظ الکتریکی خنثی است، میدان الکتریکی آن‌ها روی گردهٔ بارهای مثبت و منفی ایجاد می‌کند، به طوری که آن سمت گرده که به طرف زنبور است باردار منفی می‌شود و به این ترتیب گرده به سوی زنبور کشیده می‌شود (شکل ب). گرده‌ها روی مویژه‌های ریز زنبور قرار می‌گیرند و سپس وقتی زنبور در اطراف کلالهٔ گل دیگری پرواز می‌کند، بارهای منفی را بر روی کلاله القا می‌کند. هرگاه نیروی الکتریکی وارد از کلاله بزرگتر از نیروی الکتریکی وارد از زنبور بر گرده باشد، گرده به سمت کلالهٔ گل کشیده می‌شود (شکل پ) و گرده افشانی صورت می‌گیرد.



الف) اجزای بساک و کلالهٔ یک گل



ب) بر اثر حضور زنبور، روی گردهٔ نزدیک بساک، بار القا شده است.



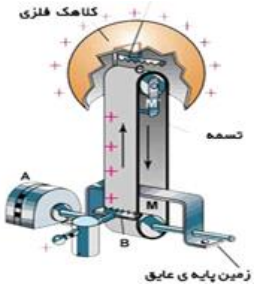
پ) الکترون‌هایی که در نوک کلاله جمع شده‌اند، گرده را جذب می‌کنند.

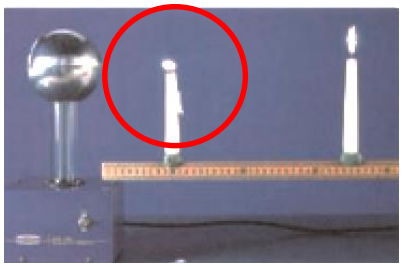
۱-۱۶-۱ وان دوگراف

اگر به کمک یک وان دوگراف و یک شمع روشن که در فواصل مختلف از وان دوگراف قرار داده می‌شود این آزمایش ر ا انجام دهیم مشاهده می‌کنیم که در فاصله‌ی کم شعله‌ی شمع به دلیل جذب شدن یون‌های درون شعله به سمت وان دوگراف کشیده می‌شود ولی به محض افزایش فاصله (به دلیل کاهش شدید میدان الکتریکی) این انحراف در شعله‌ی شمع مشاهده نخواهد شد.

وان دوگراف وسیله‌ای است که با استفاده از یک تسمه‌ی متحرک و روش مالش، بار الکتریکی را بر روی یک کلاهک فلزی تو خالی جمع می‌کند و از آن برای انجام آزمایش‌های الکتریسیته‌ی ساکن استفاده می‌شود.

نکته مهم این مولد: با چرخاندن تسمه لاستیکی آن با روش مالش، کلاهک فلزی آن باردار می شود. بعضی از این مولد ها برای ایجاد بار منفی و بعضی برای ایجاد بار مثبت ساخته شده اند.



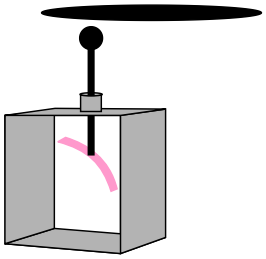


۱ چگونه توسط یک الکتروسکوپ می‌توانیم تشخیص دهیم که:

الف) یک میله باردار است یا نه؟

ب) میله رساناست یا عایق؟

پ) نوع بار میله‌ی باردار چیست؟



پاسخ: الف) اگر با نزدیک کردن میله به الکتروسکوپ، تیغه‌ی متحرک از میله‌ی الکتروسکوپ فاصله گرفت متوجه می‌شویم میله باردار بوده است.

ب) اگر با برخورد دادن میله‌ی باردار به کلاهک الکتروسکوپ و سپس جدا کردن آن از کلاهک، الکتروسکوپ باردار ماند یعنی تیغه همچنان از میله‌ی الکتروسکوپ فاصله داشت، معلوم می‌شود میله‌ی باردار رسانا بوده و اگر پس از دور کردن میله‌ی باردار، تیغه‌ی الکتروسکوپ دوباره افتاد، میله‌ی باردار نارسانا (عایق) بوده است.

ج) باید ابتدا نوع بار الکتریکی الکتروسکوپ معلوم باشد. مثلا اگر با مالش یک میله‌ی شیشه‌ای باردار شده با پارچه‌ی ابریشمی، به کلاهک الکتروسکوپ، آن‌را باردار کرده باشیم (بار مثبت) و اکنون با نزدیک کردن میله‌ای باردار زاویه‌ی تیغه‌ی الکتروسکوپ کاهش یابد معلوم می‌شود میله‌ی باردار دارای بار منفی بوده و بالعکس.

۲ یک میله‌ی پلاستیکی را با پارچه‌ی پشمی مالش می‌دهیم. پس از مالش، بار الکتریکی میله‌ی پلاستیکی $-۱۲٫۸nC$ می‌شود.

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

ب) تعداد الکترون‌های منتقل شده از پارچه‌ی پشمی به میله‌ی پلاستیکی را محاسبه کنید.

پاسخ: الف) بار ایجاد شده در پارچه و میله از نظر اندازه برابر است و فقط علامت آن‌ها متفاوت است. در واقع الکترون‌ها از پارچه‌ی پشمی به میله‌ی پلاستیکی منتقل شده‌اند. یعنی:

$$q_{\text{پارچه}} = +۱۲٫۸nC$$

ب)

$$q = \pm ne \Rightarrow -۱۲٫۸ \times ۱۰^{-۹} = -n \times ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} \Rightarrow n = \frac{۱۲٫۸}{۱٫۶} \times ۱۰^{۱۰} = ۸ \times ۱۰^{۱۰}$$

۳ الف) بار الکتریکی اتم و هسته‌ی اتم کربن (${}^{۱۲}_{۶}C$) چند کولن است؟

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

پاسخ: الف) بار خالصی که یک اتم خنثی دارد برابر صفر است. زیرا تعداد الکترون‌ها و پروتون‌های آن برابرند و چون تعداد پروتون‌های هسته ۶ عدد است بار هسته عبارتست از:

$$q = \pm ne \Rightarrow q_{\text{هسته}} = ۶ \times ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} \Rightarrow q = ۹٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} C$$

ب) اتم کربن یک بار یونیده، یک الکترون از دست داده است بنابراین بار این اتم عبارت است از:

$$q = \pm ne \Rightarrow q = +۱ \times ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} \Rightarrow q = ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} C$$

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

پاسخ: بار هر یک پس از تماس دادن :

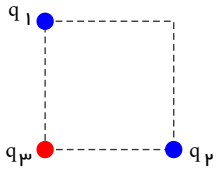
$$q = \frac{q_۱ + q_۲}{۲} = \frac{۴ \times ۱۰^{-۹} + (-۶ \times ۱۰^{-۹})}{۲}$$

$$q = -۱ \times ۱۰^{-۹} C = -۱nC$$

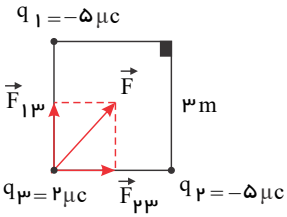
$$F = k\frac{q_۱ q_۲}{r^۲} \Rightarrow F = ۹ \times ۱۰^{۹} \frac{(۱ \times ۱۰^{-۹}) \times (۱ \times ۱۰^{-۹})}{(۰٫۳)^۲} = ۱۰^{-۷} N$$

چون هر دو بار منفی هستند، نیرو رانشی است

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



پاسخ:



$$F_{۱۳} = k\frac{q_۱ q_۳}{r^۲} = ۹\times ۱۰^۹ \frac{(۵\times ۱۰^{-۶})(۲\times ۱۰^{-۶})}{۳^۲} \Rightarrow F_{۱۳} = ۱۰^{-۲} N$$

این نیرو در جهت محور y است پس:

$$F_{۱۳} = ۱۰^{-۲}\vec{j} \quad (N)$$

$$F_{۲۳} = k\frac{q_۲ q_۳}{r^۲} = ۹\times ۱۰^۹ \frac{(۵\times ۱۰^{-۶})(۲\times ۱۰^{-۶})}{۳^۲} = ۱۰^{-۲} N$$

این نیرو در جهت محور x ها است. پس:

$$\vec{F}_{۲۳} = ۱۰^{-۲}\vec{i} \quad (N)$$

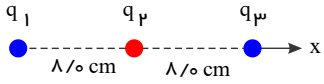
در نتیجه نیروی خالص وارد شده بر $q_۳$ عبارتست از :

$$\vec{F} = ۱۰^{-۲}\vec{i} + ۱۰^{-۲}\vec{j}$$

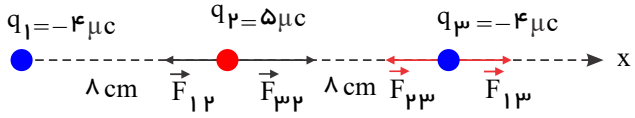
برای محاسبه‌ی اندازه‌ی این نیرو می‌توان از رابطه‌ی فیثاغورث استفاده کرد:

$$F = \sqrt{(۱۰^{-۲})^۲ + (۱۰^{-۲})^۲} = \sqrt{۲}\times ۱۰^{-۲} \ N$$

۶ بارهای الکتریکی نقطه‌ای $q_۱ = -۴٫۰nC$ ، $q_۲ = +۵٫۰nC$ و $q_۳ = -۴٫۰nC$ مطابق شکل، در جای خود ثابت شده‌اند. نیروی خالص الکتریکی وارد بر هر یک از بارهای $q_۲$ و $q_۳$ را محاسبه کنید.



پاسخ:



نیروهای $F_{۱۲}$ و $F_{۳۲}$ با هم برابر و در خلاف جهت هستند. بنابراین نیروی خالص وارد شده بر $q_۲$ صفر است. (بارهای $q_۱$ و $q_۳$ هم اندازه و فاصله‌ی آن‌ها نیز از بار $q_۲$ یکسان است بنابراین $F_{۱۲} = F_{۳۲}$ می‌باشد) و برای بار $q_۳$ داریم:

$$F_{۱۳} = k\frac{q_۱ q_۳}{r^۲} = ۹\times ۱۰^۹ \frac{(۴\times ۱۰^{-۹})(۴\times ۱۰^{-۹})}{(۰٫۱۶)^۲}$$

$$\Rightarrow F_{۱۳} = \frac{۹}{۱۶}\times ۱۰^{-۵} \ N \quad , \quad \vec{F}_{۱۳} = \frac{۹}{۱۶}\times ۱۰^{-۵}\vec{i} \quad (N)$$

نام

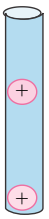
$$F_{۲۳}=k\frac{q_۲q_۳}{r^۲}=۹\times ۱۰^{۹}\frac{(۵\times ۱۰^{-۹})(۴\times ۱۰^{-۹})}{(۸\times ۱۰^{-۲})^{۲}}=\frac{۴۵}{۱۶}\times ۱۰^{-۵}\ \ (N)$$

$$\vec{F}_{۲۳}=-\frac{۴۵}{۱۶}\times ۱۰^{-۵}\vec{i}\,(N)\ \text{ در نهایت : }\ \vec{F}_{۳}=\frac{۹}{۱۶}\times ۱۰^{-۵}\vec{i}-\frac{۴۵}{۱۶}\vec{i}\Rightarrow \vec{F}_{۳}=-\frac{۹}{۴}\times ۱۰^{-۵}\ \vec{i}\,(N)$$

۷ در شکل روبه رو، دو گوی مشابه به جرم $۲٫۵g$ و بار یکسان مثبت q در فاصله‌ی $۱٫۰\ cm$ از هم قرار دارند، به طوری که گوی بالایی به حالت معلق مانده است.

الف) اندازه‌ی بار q را به دست آورید.

ب) تعداد الکترون‌های کنده‌شده از هر گوی چقدر است؟



پاسخ: اگر گوی بالایی بصورت معلق مانده باشد پس حتما نیروی وزن آن با نیروی الکتریکی رو به بالا برابر بوده و خنثی شده است:

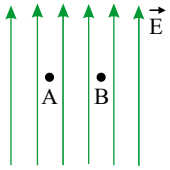
$$\text{وزن } W=mg$$
$$F=k\frac{q_۱q_۲}{r^۲}\Rightarrow mg=k\frac{q_۱q_۲}{r^۲}\Rightarrow (۲٫۵\times ۱۰^{-۳})(۱۰)=۹\times ۱۰^{۹}\frac{q^۲}{(۰٫۰۱)^{۲}}$$

$$\Rightarrow q^۲=\frac{(۲٫۵\times ۱۰^{-۲})(۰٫۰۱)^{۲}}{۹\times ۱۰^{۹}}=\frac{۲۵}{۹}\times ۱۰^{-۱۶}\Rightarrow q=\frac{۵}{۳}\times ۱۰^{-۸}\ C$$

ب)

$$q=ne\ \ \Rightarrow \frac{۵}{۳}\times ۱۰^{-۸}=n\times ۱٫۶\times ۱۰^{-۱۹}\Rightarrow n=۱۰^{۱۱}$$ تعداد الکترون‌های کنده شده از هر یک از گوی‌ها

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



پاسخ: چون این یک میدان یکنواخت است، اندازه‌ی میدان الکتریکی در نقاط A و B یکسان است پس طبق رابطه‌ی $F=E\cdot q$ اندازه‌ی نیروی وارد شده بر بار q در نقطه‌ی A و B با هم برابر است.

اگر بار q مثبت باشد، نیروی وارد شده به آن در هر یک از این نقاط هم‌جهت با خطوط میدان خواهد بود و اگر منفی باشد در خلاف جهت میدان می‌باشد.

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

پاسخ: الف)

$$F=k\frac{q_۱q_۲}{r^۲}\Rightarrow F=۹\times ۱۰^{۹}\frac{(۱٫۶\times ۱۰^{-۱۹})(۱٫۶\times ۱۰^{-۱۹})}{(۴\times ۱۰^{-۱۵})^{۲}}\Rightarrow F=۱٫۴۴\times ۱۰^{۱}=۱۴٫۴\ \ N$$

ب)

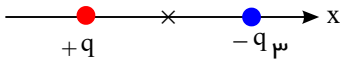
$$q=ne\ \ \Rightarrow\ \ q_{\text{هسته}}=۲۶\times ۱٫۶\times ۱۰^{-۱۹}=۴۱٫۶\times ۱۰^{-۱۹}\ C$$

$$E=k\frac{q}{r^۲}\ \ \Rightarrow\ \ E=۹\times ۱۰^{۹}\frac{۴۱٫۶\times ۱۰^{-۱۹}}{(۱\times ۱۰^{-۱۰})^{۲}}=۳۷۴٫۴\times ۱۰^{۱۰}\Rightarrow E=۳٫۷۴۴\times ۱۰^{۱۲}\ \frac{N}{C}$$

نام و نام خانوادگی

۱۰ شکل زیر، دو ذرّه‌ی باردار را نشان می‌دهد که در جای خود روی محور x ثابت شده‌اند. بارها در فاصله‌ی یکسان a از مبدأ مختصات (نقطه‌ی O) قرار دارند.

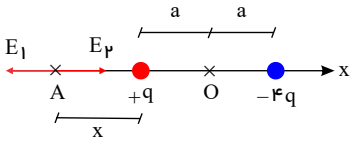
(الف) در کجای این محور (غیر از بی‌نهایت) نقطه‌ای وجود دارد که در آنجا میدان الکتریکی برآیند برابر با صفر است؟ (ب) بزرگی و جهت میدان الکتریکی برآیند در مبدأ مختصات را بیابید.(با اندکی تغییر)



پاسخ: الف) در فاصله‌ی بین دو بار، در تمامی نقاط میدان الکتریکی هر دو بار در جهت محور x هامی‌باشد و برآیند یا میدان خالص صفر نمی‌شود.

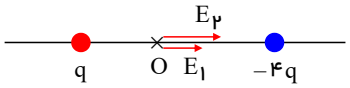
پس این نقطه باید خارج از فاصله‌ی دو بار و نزدیک به بار کوچک‌تر باشد تا امکان برابر شدن دو بردار خلاف جهت فراهم شود:

$E_۱ = E_۲$



$$\frac{q}{x^۲} = \frac{۴q}{(x+۲a)^۲} \Rightarrow ۴x^۲ = (x+۲a)^۲ \xrightarrow[\text{جذر}]{} ۲x = x + ۲a \rightarrow x = ۲a$$

ب)



$$E_۱ = k\frac{q}{r^۲} = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{q}{a^۲}$$

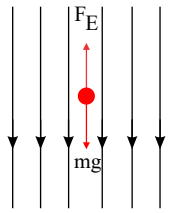
$$E_۲ = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{(۴q)}{a^۲} = ۳۶ \times ۱۰^۹ \frac{q}{a^۲}$$

$$\vec{E}_{\text{خالص}} = ۹ \times ۱۰^۹ \frac{q}{a^۲}\vec{i} + ۳۶ \times ۱۰^۹ \frac{q}{a^۲}\vec{i} = ۴۵ \times ۱۰^۹ \frac{q}{a^۲}\vec{i} \quad \text{در جهت محور } x \text{ ها}$$

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

پاسخ:

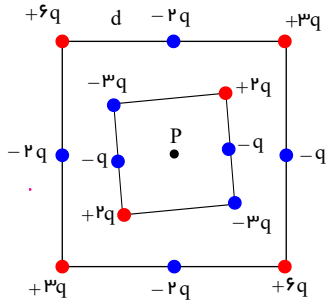
چون نیروی الکتریکی باید رو به بالا و در خلاف جهت میدان الکتریکی باشد پس نوع بار الکتریکی منفی است.



$F_E = W$ نیروی الکتریکی وزن

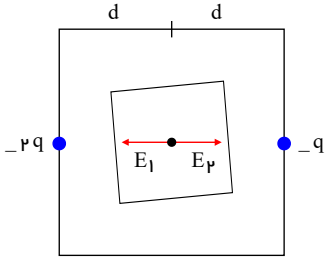
$$E \cdot |q| = mg \rightarrow ۵ \times ۱۰^۵ \times |q| = (۲ \times ۱۰^{-۳})(۱۰) \rightarrow |q| = ۴ \times ۱۰^{-۸} \rightarrow q = -۴۰nC$$

۱۲ شکل زیر دو آرایه‌ی مربعی از ذرات باردار را نشان می‌دهد. مربع‌ها که در نقطه‌ی P هم‌مرکزند، همردیف نیستند. ذرّه‌ها روی محیط مربع به فاصله‌ی d یا $\frac{d}{۲}$ از هم قرار گرفته‌اند. بزرگی و جهت میدان الکتریکی برآیند در نقطه‌ی P چیست؟



پاسخ: باید توجه کرد که اگر طول ضلع یک مربع a باشد طول قطر $\sqrt{۲}\,a$ و نصف قطر یعنی فاصله‌ی هر یک از رأس‌ها تا مرکز مربع $\frac{\sqrt{۲}}{۲}a$ می‌باشد (طول قطر از رابطه‌ی فیثاغورث

بدست می‌آید). با دقت در شکل متوجه می‌شویم که بارهای الکتریکی که در رأس‌های مربع‌ها قرار گرفته‌اند نسبت به مرکز متقارن و هم‌اندازه و با علامت و فاصله‌ی یکسان هستند. پس میدان الکتریکی ناشی از آن‌ها در نقطه‌ی P صفر خواهد بود. به این ترتیب تنها بارهای مؤثر در شکل زیر نشان داده شده‌اند:

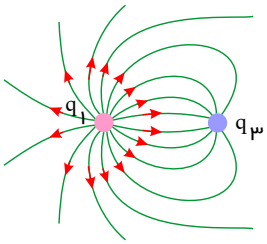


$$E_۱ = k\frac{q}{r^۲} = k\frac{q}{r^۲} \Rightarrow \overrightarrow{E_۱} = +k\frac{q}{d^۲}\overrightarrow{i}$$

$$E_۲ = k\frac{(۲q)}{d^۲} \Rightarrow \overrightarrow{E_۲} = -۲\frac{kq}{d^۲}\overrightarrow{i}$$

$$\text{خالص}\ \overrightarrow{E} = +k\frac{q}{d^۲}\overrightarrow{i} - ۲k\frac{q}{d^۲}\overrightarrow{i} = -k\frac{q}{d^۲}\overrightarrow{i}$$

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



پاسخ: باید توجه کرد که جهت میدان الکتریکی همواره در جهت خروج از بار مثبت و ورود به بار منفی است. در نتیجه:

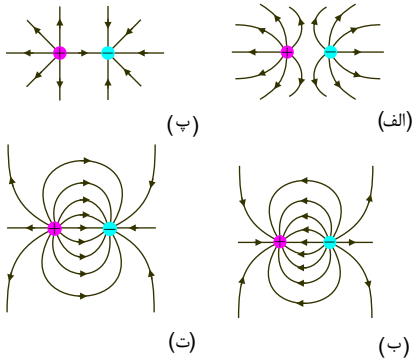
$q_۱ > ۰$

$q_۲ < ۰$

همچنین توجه به این نکته ضروری است که خطوط میدان الکتریکی در اطراف بار دارای اندازه‌ی بزرگ‌تر دارای تراکم بیش‌تر و در نتیجه انحنای کم‌تری هستند و همچنین تعداد خط‌های خارج شده یا وارد شده به باری که دارای اندازه‌ی بزرگ‌تری است، بیش‌تر است.بنابراین:

$|q_۱| > |q_۲|$

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



پاسخ: شکل (ت) صحیح است. زیرا :

۱- خطوط میدان از بار مثبت خارج و به منفی وارد شده‌اند.

۲- چون بارها هم‌اندازه‌اند خطوط میدان متقارن رسم شده اند.

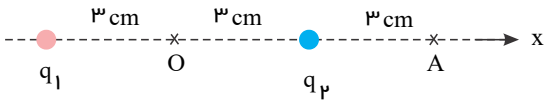
۳- انحنای خطوط براساس مماس بودن خطوط بر بردار میدان در هر نقطه به درستی رسم شده است.

نام و نام خانوادگی

۱۵ دو بار الکتریکی نقطه‌ای غیرهمنام $q_1 = +۱٫۰\ nC$ و $q_2 = -۱٫۰\ nC$ مطابق شکل زیر به فاصله‌ی $۶٫۰\ cm$ از یکدیگر قرار دارند.

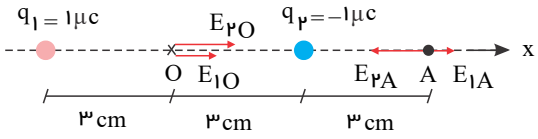
الف) جهت و اندازه‌ی میدان الکتریکی را در نقطه‌های O و A به دست آورید.

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



پاسخ:

الف)



$$E_{۱O} = k\frac{q_۱}{r^۲} = ۹\times ۱۰^۹ \frac{۱\times ۱۰^{-۹}}{(۳\times ۱۰^{-۲})^۲} = ۱۰^۴ \frac{N}{C} \qquad \vec{E}_{۱O} = ۱۰^۴ \vec{i}\ (\frac{N}{C})$$

$$E_{۲O} = k\frac{q_۲}{r^۲} = ۹\times ۱۰^۹ \frac{۱\times ۱۰^{-۹}}{(۳\times ۱۰^{-۲})^۲} = ۱۰^۴ \frac{N}{C} \qquad \vec{E}_{۲O} = ۱۰^۴ (\frac{N}{C})$$

$$\vec{E}_O = \vec{E}_{۱۵} + \vec{E}_{۲O} = ۲\times ۱۰^۴ \vec{i}\ (\frac{N}{C})$$

$$E_{۱A} = k\frac{q_۱}{r_A^۲} = ۹\times ۱۰^۹ \frac{۱\times ۱۰^{-۹}}{(۹\times ۱۰^{-۲})^۲} = \frac{۱۰^۴}{۹} \frac{N}{C} \qquad \vec{E}_{۱} = \frac{۱۰^۴}{۹} \vec{i}\ (\frac{N}{C})$$

$$E_{۲A} = k\frac{q_۲}{r'_A} = ۹\times ۱۰^۹ \frac{۱\times ۱۰^{-۹}}{(۳\times ۱۰^{-۲})^۲} = ۱۰^۴ \frac{N}{C} \qquad \vec{E}_{۲A} = -۱۰^۴ \vec{i}\ (\frac{N}{C})$$

$$\vec{E}_A = \vec{E}_{۱A} + \vec{E}_{۲A} = \frac{۱۰^۴}{۹} \vec{i} - ۱۰^۴ \vec{i} = \frac{-۸}{۹} \times ۱۰^۴ \vec{i}\ (\frac{N}{C})$$

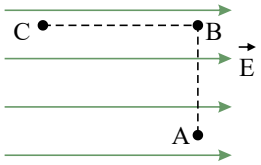
ب) خیر چنین نقطه‌ای وجود ندارد. زیرا در فاصله ی بین $q_۱$ و $q_۲$ که میدان‌ها هم‌جهت هستند و خارج از فاصله‌ی دو بار هم در هر صورت به یکی از بارها نزدیک‌تر خواهیم بود و با توجه به یکسان بودن اندازه‌ی بارها امکان برابری میدان‌ها وجود ندارد.

۱۶ مطابق شکل زیر، بار $q = +۵۰nC$ را در میدان الکتریکی یکنواخت $۸٫۰ \times ۱۰^۵ N/C$ 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،

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



پاسخ: الف)

$$F = E\cdot|q| \Rightarrow F = ۸\times ۱۰^۵ \times ۵۰ \times ۱۰^{-۹} = ۴\times ۱۰^{-۲} N$$

ب) بر اساس رابطه‌ی $W_E = |q|\,Ed\cos\theta$ در مسیر AB زاویهٔ بین بردار میدان و جابه جایی ۹۰° و کار انجام شده صفر است. بنابراین داریم:

$$W_{ABC} = \cancel{W_{AB}}_{۰} + W_{BC} = |q|\,E(BC)\cos(۱۸۰^\circ) = ۵۰ \times ۱۰^{-۹} \times ۸ \times ۱۰^۵ \times ۴ \times (-۱)$$

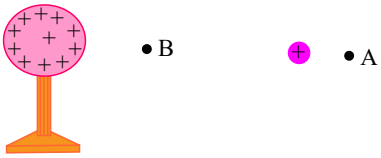
$$\Rightarrow W_{ABC} = W_{BC} = -۱۶ \times ۱۰^{-۲} = -۰٫۱۶J$$

ج)

$$\Delta U_E = -W_E \Rightarrow \Delta U_E = ۰٫۱۶J$$

بطور طبیعی چون بار مثبت در خلاف جهت میدان الکتریکی جابجا شده است انرژی پتانسیل آن افزایش یافته است.

۱۷ در شکل زیر ذرهٔ باردار مثبت و کوچکی را از حالت سکون، 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) کاری که ما در این جابه‌جایی انجام می‌دهیم مثبت است یا منفی؟ (پ) انرژی پتانسیل ذرهٔ باردار در این جابه‌جایی چگونه تغییر می‌کند؟ (ت) پتانسیل نقطه‌های A و B را با هم مقایسه کنید.



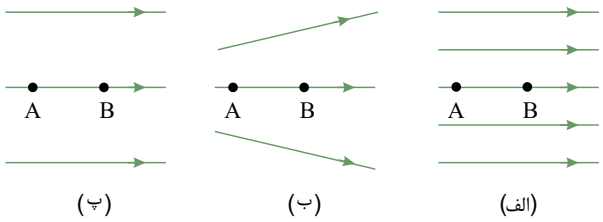
پاسخ: الف) چون نیروی الکتریکی وارد بر ذرهٔ باردار به سمت راست و جابه‌جایی به سمت چپ است $\theta = ۱۸۰^\circ$ است بنابراین کار نیروی الکتریکی منفی است.

ب) کار ما مثبت خواهد بود چون برای غلبه بر نیروی الکتریکی که به سمت راست وارد می‌شود، ما نیرویی به سمت چپ و هم‌جهت با جابه‌جایی وارد کرده‌ایم و چون $\theta = ۰$ است در رابطهٔ $W = Fd\cos\theta$ کار ما مثبت خواهد بود.

پ) کاری که ما انجام می‌دهیم بصورت انرژی پتانسیل در ذرهٔ باردار ذخیره می‌شود پس انرژی پتانسیل آن افزایش می‌یابد.

ت) هر چه در خلاف جهت میدان حرکت کنیم یا به عبارتی هرچه به بارهای مثبت نزدیک شویم پتانسیل نقاط بیشتر می‌شود پس $V_B > V_A$ است.

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



پاسخ: در شکل (الف) سرعت پروتون در نقطهٔ B بیشتر خواهد بود چون میدان الکتریکی در شکل (الف) قوی‌تر از سایر شکل‌هاست و به این ترتیب طبق رابطهٔ $F = E \cdot |q|$ نیروی وارد شده بر پروتون و در نتیجه شتابی که به آن داده شده است بیشتر است (طبق رابطهٔ $F = ma$) بنابراین سرعت آن در B بیشتر خواهد بود.

این موضوع را می‌توان به کمک $W = \Delta K$ نیز توضیح داد. از آنجا که کار انجام شده در شکل (الف) برای جابه‌جایی پروتون از A تا B بیشتر از بقیهٔ شکل‌هاست (با توجه به بزرگتر بودن E)، در رابطهٔ فوق تغییرات انرژی جنبشی و در نتیجه سرعت پروتون در شکل (الف) بیشتر خواهد بود.

۱۹ دو صفحهٔ رسانا با فاصلهٔ $۲٫۰۰cm$ را موازی یکدیگر قرار می‌دهیم و آن ها را به اختلاف پتانسیل $۱۰۰V$ وصل می‌کنیم در نتیجه یکی از صفحه‌ها بطور منفی و دیگری بطور مثبت باردار می‌شوند و میان دو صفحه میدان الکتریکی یکنواختی به وجود 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: در میدان یکنواخت می‌توان نوشت:

$$|\Delta V| = E \cdot d$$

$$۱۰۰ = E \times (۲ \times ۱۰^{-۲}) \Rightarrow E = ۵ \times ۱۰^{۳}\frac{N}{C}$$

خطوط میدان الکتریکی از صفحهٔ مثبت به منفی است. بنابراین می‌توان گفت که صفحهٔ مثبت دارای پتانسیل الکتریکی بیشتر و صفحهٔ منفی دارای پتانسیل الکتریکی کمتری است زیرا با حرکت در خلاف جهت خطوط میدان به صفحهٔ مثبت می‌رسیم.

۲۰ 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: الف)

$$\Delta U = q \cdot \Delta V = q(V_۲ - V_۱)$$

$$\Rightarrow \Delta U = (-۴ \times ۱۰^{-۹})(-۱۰ - (-۴۰)) = -۱۲۰۰ \times ۱۰^{-۹} = -۱٫۲$$

انرژی پتانسیل بار به اندازهٔ ۱٫۲ میکروژول کاهش یافته است.

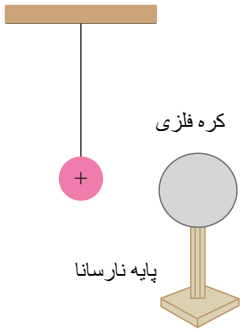
ب) با توجه به پایستگی انرژی هنگامیکه انرژی پتانسیل کاهش می‌یابد باید انرژی جنبشی افزایش یافته باشد که این موضوع بر اساس رابطهٔ:

نام

$W = \Delta K = -\Delta U$

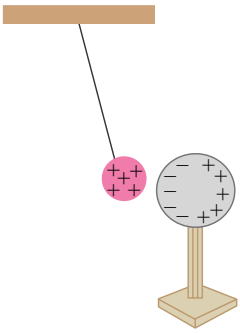
صحیح است زیرا ΔU منفی بوده و در نتیجه ΔK یعنی تغییرات انرژی جنبشی مثبت است پس سرعت و به عبارتی انرژی جنبشی بار افزایش یافته است.

۲۱ 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.



پاسخ:

با نزدیک کردن کره‌ی فلزی به بار مثبت، به الکترون‌های آزاد روی سطح کره‌ی فلزی تحت تأثیر میدان الکتریکی بار مثبت نیرویی به سمت چپ وارد شده و به این ترتیب سمت چپ کره دارای بار منفی و سمت راست آن دارای بار مثبت می‌شود. به این ترتیب آونگ الکتریکی جذب کره‌ی رسانا شده و به سمت آن متمایل می‌شود:



۲۲ یک صفحه‌ی پلاستیکی باردار (تلق یا ورق باردار) را به براده‌های ریز آلومینیومی بدون بار نزدیک می‌کنیم. مشاهده می‌شود که براده‌ها به طرف صفحه‌ی پلاستیکی، جذب می‌شوند. علت این پدیده را توضیح دهید.

پاسخ: وقتی صفحه‌ی باردار را نزدیک به براده‌های فلز می‌کنیم (شبیه به آنچه در سوال قبل اتفاق افتاد) به الکترون‌های آزاد براده‌ها در خلاف جهت میدان الکتریکی نیرو وارد شده و سمتی از براده‌ها که نزدیک صفحه‌ی پلاستیکی است دارای بار مثبت می‌شوند. به این ترتیب نیروی الکتریکی جاذبه‌ای بین براده‌ها و صفحه‌ی پلاستیکی ایجاد می‌شود که چون براده‌ها سبک هستند به راحتی جذب صفحه‌ی پلاستیکی می‌شوند.

۲۳ وقتی ماهواره‌ای به دور زمین می‌چرخد بر اثر عبور از فضای اطراف زمین باردار می‌شود. این بارها ممکن است موجب آسیب رساندن به قطعات الکترونیکی ماهواره شود. فرض کنید ماهواره‌ای در اثر عبور از یکی از لایه‌های جو دارای بار الکتریکی $q = ۲/۰ \times ۱۰^{-۹} C$ شود. این ماهواره، مکعبی به ضلع $۴۰\ cm$ است. چگالی سطحی بار الکتریکی روی سطح این ماهواره را محاسبه کنید. (از تجمع بار بر روی لبه‌ها چشم‌پوشی شود.)

پاسخ:

$$\begin{cases} \sigma = \dfrac{Q}{A} = \dfrac{۲ \times ۱۰^{-۹}}{۶ \times (۴۰ \times ۴۰ \times ۱۰^{-۴})} = \dfrac{۱۰^{-۷}}{۴۸}\ \dfrac{C}{m^۲} = ۰/۰۲ \times ۱۰^{-۷} = ۲ \times ۱۰^{-۹}\ \dfrac{C}{m^۲} \\ A = ۶ \times a^۲ \end{cases}$$

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

الف) بار آن دو برابر شود.

ب) اختلاف پتانسیل میان صفحه‌های آن سه برابر شود.

پاسخ: الف) ظرفیت خازن فقط تابع شرایط ساختمانی آن است و با تغییر در بار الکتریکی ظرفیت آن عوض نمیشود بلکه طبق رابطه‌ی $q = CV$ تنها ولتاژ دو سر آن تغییر می‌کند. (۲ برابرمی‌شود)

ب) در این صورت هم ظرفیت ثابت است و طبق رابطه‌ی $q = CV$، q سه برابر می‌شود.

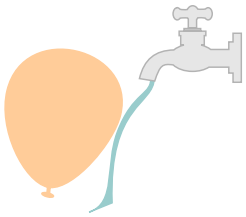
۲۵ اختلاف پتانسیل بین دو صفحه‌ی یک خازن را از ۲۸ ولت به ۴۰ ولت افزایش می‌دهیم. اگر با این کار ۱۵ میکروکولن بر بار زخیره شده در خازن افزوده شود، ظرفیت خازن را حساب کنید.

پاسخ:

$$q = CV \rightarrow \left.\begin{matrix} q_1 = CV_1 \\ q_2 = CV_2 \end{matrix}\right\} \xrightarrow{\text{با کم کردن دو رابطه از هم}} q_2 - q_1 = C(V_2 - V_1)$$

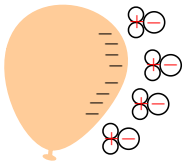
$$\Rightarrow \Delta q = C \cdot (V_2 - V_1) \Rightarrow ۱۵ \times ۱۰^{-۶} = C(۴۰ - ۲۸) \Rightarrow C = \frac{۱۵ \times ۱۰^{-۶}}{۱۲} = ۱/۲۵\mu F$$

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

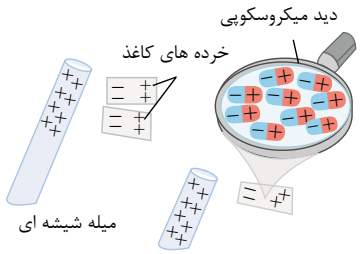


پاسخ: هنگامیکه باریکه‌ی آب از کنار بادکنک باردار عبور می‌کند مولکول‌های دو قطبی آب چرخیده و سمت مثبت مولکول‌ها به طرف بادکنک باردار (که چون از جنس لاستیک است بار آن منفی خواهد بود) قرار می‌گیرد و به این ترتیب باریکه‌ی آب جذب بادکنک می‌شود و بطور منحنی پایین می‌ریزد.

نمایی از این موضوع در شکل نشان داده شده است.



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



پاسخ: با نزدیک کردن یک میله‌ی باردار به خرده‌های کاغذ مولکول‌های کاغذ قطبیده می‌شوند یعنی مرکز مؤثر بارهای مثبت و منی آنها از هم جدا شده و به این ترتیب به دلیل کمتر بودن فاصله‌ی بارهای میله‌ی شیشه‌ای (یعنی بارهای مثبت) با قطب منفی دو قطبی‌های تولید شده، نیروی جاذبه قوی‌تر از نیروی دافعه خواهد شد و خرده‌های کاغذ جذب میله‌ی باردار می‌شوند.

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

پاسخ: در خازن هوایی $\kappa = ۱$ است:

$$C = \kappa\varepsilon_{\circ}\frac{A}{d}$$

$$۱ = ۱ \times ۸/۸۵ \times ۱۰^{-۱۲} \times \frac{A}{۱ \times ۱۰^{-۳}} \Rightarrow A = ۰/۱۱۳ \times ۱۰^{۹} m^{۲}$$

می‌توان نتیجه گرفت که خازن هوایی با ظرفیت‌های پایین قابل ساخته شدن است چرا که چنین مساحت زیادی به هیچ وجه عملی نیست.

۲۹ یک خازن تخت به یک باتری بسته شده است تا باردار شود. پس از مدتی، در حالی که باتری همچنان به خازن متصل است، فاصله‌ی بین صفحه‌های خازن را دو برابر می‌کنیم. کدام یک از موارد زیر درست است؟

الف) میدان الکتریکی میان صفحه‌ها نصف می‌شود.

ب) اختلاف پتانسیل میان صفحه‌ها نصف می‌شود.

پ) ظرفیت خازن دو برابر می‌شود.

ت) بار روی صفحه‌ها تغییر نمی‌کند.

پاسخ: بر اساس رابطه‌ی $v = Ed$ در خازن‌ها می‌توان گفت که با زیاد کردن فاصله‌ی بین صفحات به دلیل آنکه ولتاژ ثابت مانده است (خازن به باتری متصل است) باید E به همان نسبت کاهش یابد.

پس گزینه‌ی (الف) درست است. و گزینه‌ی (ب) نادرست است.

همچنین با افزایش فاصله‌ی بین صفحات خازن طبق رابطه‌ی $C = \kappa\varepsilon_{\circ}\frac{A}{d}$ ظرفیت کاهش می‌یابد پس گزینه‌ی (پ) نیز نادرست است.

بر اساس رابطه‌ی $q = CV$ با توجه به ثابت ماندن V و نصف شدن ظرفیت خازن، بار ذخیره شده روی خازن نیز نصف می‌شود پس گزینه‌ی (ت) نیز نادرست است.

۳۰ مساحت هر یک از صفحه‌های خازن تختی، $۱٫۰۰\ m^{۲}$ و فاصله‌ی 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:

$$C = \kappa\varepsilon_{\circ}\frac{A}{d} = ۴٫۹ \times ۸٫۸۵ \times ۱۰^{-۱۲}\frac{۱}{۰٫۵ \times ۱۰^{-۳}} \Rightarrow C = ۸۶٫۷۳ \times ۱۰^{-۹}F = ۸۶٫۷۳\ nF$$

۳۱ دو صفحه‌ی خازن تخت بارداری را به هم وصل می‌کنیم. در نتیجه جرقه‌ای زده می‌شود. حال اگر دوباره صفحات را به همان اندازه باردار کنیم ولی فاصله‌ی آن‌ها را دو برابر کنیم و سپس دو صفحه را به هم وصل کنیم، آیا جرقه‌ی حاصل بزرگ‌تر از قبل می‌شود، یا کوچک‌تر و یا تغییری نمی‌کند؟ توضیح دهید.

پاسخ: اگر بار الکتریکی خازن ثابت بماند و فاصله‌ی صفحات از هم دو برابر شوند بر اساس رابطه‌ی $C = \kappa\varepsilon_{\circ}\frac{A}{d}$ ظرفیت خازن نصف می‌شود. در مورد انرژی ذخیره شده در خازن در حالت‌های اول و دوم می‌توان نوشت:

$$U_{۱} = \frac{۱}{۲}\frac{q^{۲}}{C_{۱}}$$

$$\begin{cases} U_{۲} = \frac{۱}{۲}\ \frac{q^{۲}}{C_{۲}} = \frac{۱}{۲}\ \frac{q^{۲}}{\frac{C_{۱}}{۲}} = ۲ \times \frac{۱}{۲}\ \frac{q^{۲}}{C_{۱}} = ۲U_{۱} \\ C_{۲} = \frac{C_{۱}}{۲} \end{cases}$$

یعنی در این حالت انرژی ذخیره شده ۲ برابر حالت اول است پس جرقه‌ای که ایجاد می‌شود بزرگ‌تر از حالت قبل خواهد بود (نور و صدای ایجاد شده بیشتر است.)

۳۲ ظرفیت خازنی ۱۲ میکروفاراد و بار الکتریکی آن q است. اگر $+۳٫۰mC$ بار الکتریکی را از صفحه‌ی منفی جدا کرده و به صفحه‌ی مثبت منتقل کنیم، انرژی ذخیره شده در خازن به اندازه‌ی $۸٫۰J$ زیاد می‌شود. Q را محاسبه کنید.

پاسخ: انرژی اولیه:

$$U_{۱} = \frac{۱}{۲}\ \frac{q^{۲}}{C} = \frac{۱}{۲}\ \frac{q^{۲}}{۱۲ \times ۱۰^{-۶}}$$

$$U_{۲} = \frac{۱}{۲}\ \frac{q_{۲}^{۲}}{C} = \frac{۱}{۲}\ \frac{(q + ۳ \times ۱۰^{-۳})^{۲}}{C} = \frac{۱}{۲}\ \frac{(q + ۳ \times ۱۰^{-۳})^{۲}}{۱۲ \times ۱۰^{-۶}} = U_{۱} + ۸$$

$$\Rightarrow \frac{۱}{۲}\ \frac{(q^{۲} + ۶ \times ۱۰^{-۳}q + ۹ \times ۱۰^{-۶})}{۱۲ \times ۱۰^{-۶}} = \frac{۱}{۲}\ \frac{q^{۲}}{۱۲ \times ۱۰^{-۶}} + ۸$$

$$\Rightarrow \cancel{q^{۲}} + ۶ \times ۱۰^{-۳}q + ۹ \times ۱۰^{-۶} = \cancel{q^{۲}} + ۸ \times ۲ \times ۱۲ \times ۱۰^{-۶}$$

$$۶ \times ۱۰^{-۳}q = ۱۸۳ \times ۱۰^{-۶}$$

$$q = ۳۰٫۵ \times ۱۰^{-۳}C = ۳۰٫۵mC$$

(توجه: هنگامی‌که $+۳mC$ بار از صفحه‌ی منفی جدا کرده و به صفحه‌ی مثبت منتقل می‌شود بار خازن به اندازه‌ی $۳mC$ افزایش می‌یابد.)

نام و نام خانوادگی