خانه ریاضیات غرب تهران

فیزیک یازدهم فصل اول

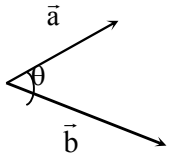
تهیه و تنظیم:

مهدی کمالی

عملیات ریاضی روی بردارها:

برآیند بردارها:

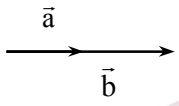
در حالت کلی اندازهٔ برآیند دو بردار $\vec{a}$ و $\vec{b}$ که با هم زاویه θ را تشکیل داده‌اند با رابطه مقابل تعیین می‌شود:



$$|R|=\sqrt{|a|^2+|b|^2+2|a||b|\cos\theta}$$

****حالات خاص:**

۱- دو بردار هم‌جهت باشند: $(\theta=0)$



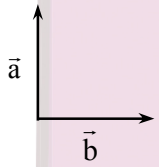
$$\vec{R}=\vec{a}+\vec{b}$$

$$|R|=|a+b|$$

۲- دو بردار در خلاف جهت یکدیگر باشند: $(\theta=180^\circ)$

$$R=|a-b|$$

۳- دو بردار عمود بر هم باشند: $(\theta=90)$



$$R=\sqrt{|a|^2+|b|^2}$$

۴- دو بردار $\vec{a}$ و $\vec{b}$ هم‌اندازه باشند: $(|a|,|b|)$

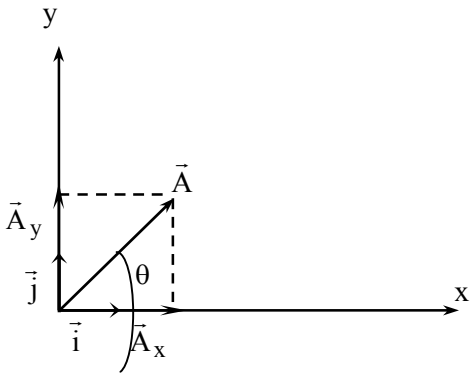
$$R=2|a|\cos\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

! نکته: چنانچه سه یا چند بردار که به طور پشت سر هم رسم شوند با یکدیگر n ضلعی بسازند برآیند آنها صفر است. به عنوان مثال وقتی سه بردار با یکدیگر یک مثلث بسازند برآیند آنها صفر است.

! نکته: اندازه مجموع دو بردار بین جمع و تفریق اندازهٔ آنهاست. $|a-b|\le R\le|a+b|$

**بردارهای یکه

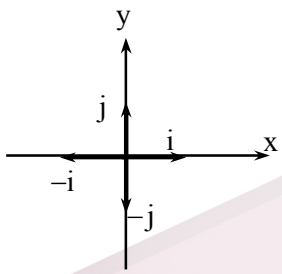
بردارهایی با بزرگی یک که روی محورهای مختصات قرار دارند.



بردار $\vec{i}$ روی محور x

بردار $\vec{j}$ روی محور y

$$\vec{A}=A_x\vec{i}+A_y\vec{j}$$



توجه: بردار $(-\vec{i})$ روی قسمت منفی، محور x قرار می‌گیرد.

بردار $(-\vec{j})$ روی قسمت منفی محور y قرار می‌گیرد.

تجزیه بردارها:

در صورتی که یک بردار را به دو بردار عمود بر هم تبدیل کنیم به طوری که برآیند آنها برابر بردار اولیه شود می‌گوییم این بردار را تجزیه کرده‌ایم.

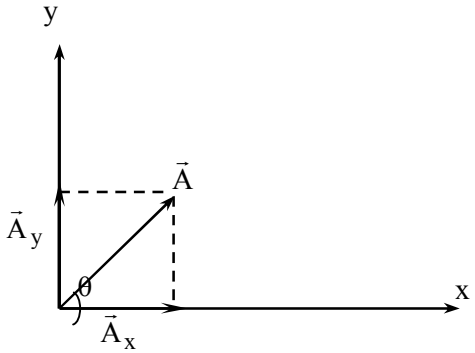
مراحل تجزیه یک بردار:

۱- ابتدا بردار مورد نظر را در مبدأ دستگاه مختصات قرار می‌دهیم.

۲- از انتهای این بردار عمودهایی بر روی محورهای x و y رسم می‌کنیم. (در حقیقت تصویر این بردار را روی محورهای x و رسم می‌کنیم)

۳- مولفه‌های عمودی و افقی بدست آمده را معلوم می‌کنیم

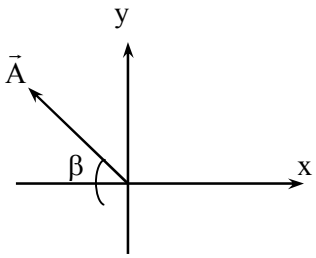
؟ مثال: فرض کنید بردار $\vec{A}$ با محور x زاویه θ تشکیل دهد:



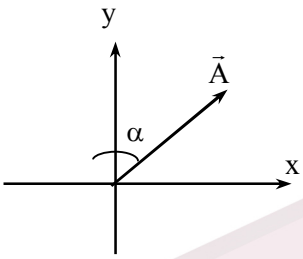
$$\vec{A}=\vec{A}_x+\vec{A}_y$$

$$\vec{A}=A_x\vec{i}+A_y\vec{j}$$

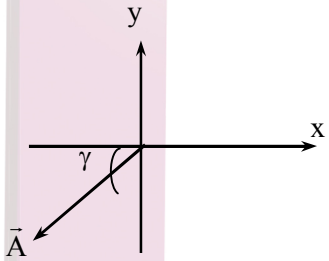
؟ مثال:



؟ مثال:



؟ مثال:



خانه ریاضیات غرب تهران

فصل اول: الکتریسیته ساکن

**** بار الکتریکی**

اندازهٔ بار الکتریکی الکترون یا پروتون که آن را با نماد e نشان می‌دهیم.

مقدار e برابر است با $1/6\times10^{-19}\ C$ که آن را بار پایه نیز می‌گوییم.

نکته: در یک اتم خنثی تعداد الکترون‌ها برابر تعداد پروتون‌های هسته است و جمع جبری همهٔ بارها (بار خالص) دقیقاً برابر صفر است.

**** بار ذرات تشکیل‌دهندهٔ اتم**

نوع ذره	مقدار بار
الکترون	$q_e=-e=-1/6\times10^{-19}\ C$
پروتون	$q_e=+e=1/6\times10^{-19}\ C$
نوترون	$q_n=0$

**** اصل پایستگی بار الکتریکی**

بار الکتریکی به وجود نمی‌آید و از بین نمی‌رود بلکه از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شود.

! نکته: بارهای همنام همدیگر را دفع می‌کنند و بارهای ناهمنام همدیگر را جذب می‌کنند.

**** اصل کوانتیده بودن بار الکتریکی**

بار الکتریکی ایجاد شده در جسم خنثی (q) که به دلیل به دست آوردن یا از دست دادن الکترون ایجاد شده است همواره مضرب درستی (n) از بار بنیادی (e) است.

$q=\pm ne$

\+ : زمانی که جسم الکترون از دست بدهد

\- : زمانی که جسم الکترون بگیرد

! نکته: $\frac{q}{e}$ برای یک جسم نمی‌تواند هر مقداری داشته باشد و باید برابر یک عدد صحیح باشد.

! نکته: در انتقال (تبادل) بار بین اجسام تنها الکترون بین اجسام مبادله می‌شوند.

****روش‌های باردار کردن اجسام**

الف) روش مالش

در این روش وقتی دو جسم بدون بار داریم یکی از جسم‌ها الکترون از دست می‌دهد و جسم دیگر الکترون می‌گیرد و بارهای هر دو جسم به یک اندازه اما مختلف‌العلامت است.

مثال) در مالش میلهٔ لاکی (پلاستیکی) با پارچهٔ پشمی، میله پلاستیکی از پارچهٔ پشمی الکترون دریافت کرده و بار آن منفی می‌شود و پارچه پشمی چون الکترون داده دارای بار مثبت می‌شود.

مثال) در مالش میلهٔ شیشه‌ای به پارچهٔ ابریشمی، میله شیشه‌ای الکترون از دست می‌دهد و بار آن مثبت می‌شود و پارچه ابریشمی دارای بار منفی می‌شود.

****جدول سری الکتریسیته مالشی(سری تریبوالکتریک)**

- ✓ تعیین اینکه کدام جسم الکترون میگیرد و کدام جسم الکترون ازدست می دهد بر اساس این جدول انجام می شود
- ✓ الکترون از جسم بالاتر جدول به جسم پایینتر جدول منتقل می شود یعنی جسم بالاتر دارای بار مثبت و جسم پایینتر دارای بار منفی است.
- ✓ روش مالش بهترین و راحتترین روش باردار کردن اجسام نارساناست.

؟ مثال ۱ : یک میلهٔ پلاستیکی را با پارچهٔ پشمی مالش می‌دهیم. پس از مالش بار الکتریکی میلهٔ پلاستیکی $-12/8\ nc$ می‌شود.

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

ب) تعداد الکترون‌های منتقل شده از پارچه پشمی به میله پلاستیکی را محاسبه کنید.

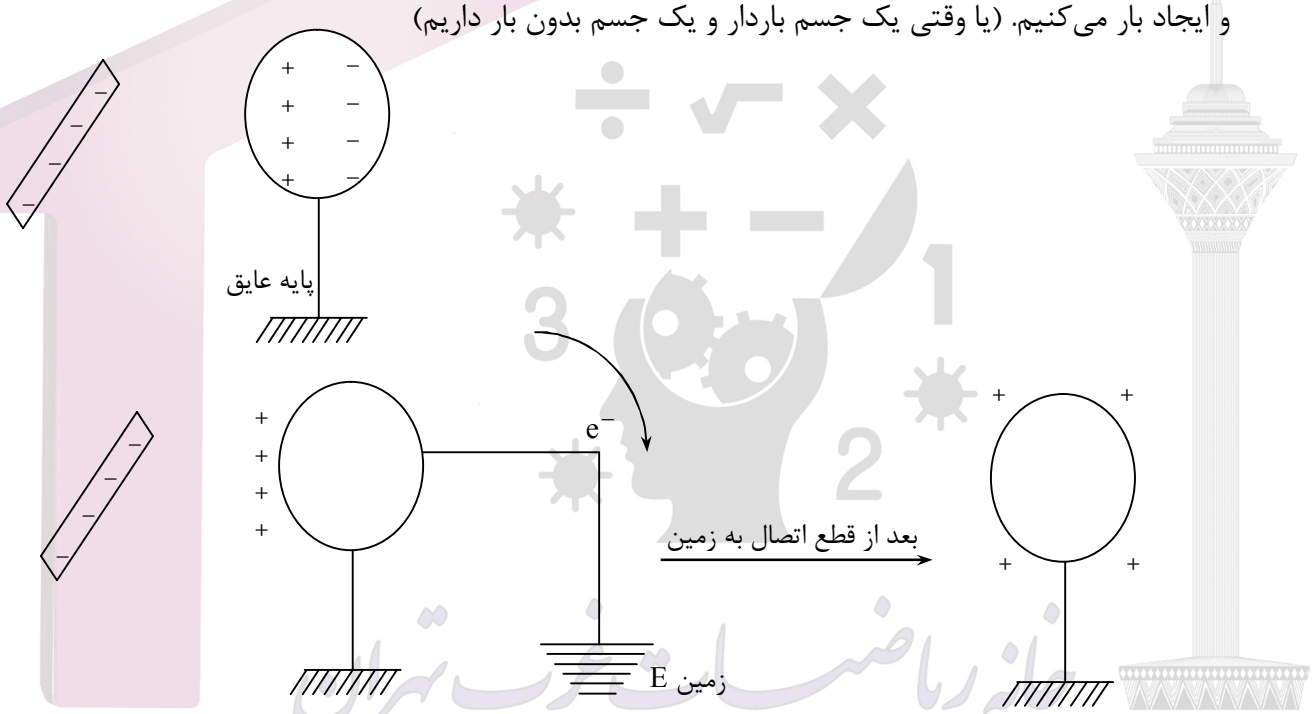
؟ مثال ۲ : الف) بار الکتریکی اتم و هستهٔ اتم کربن $\left({}^{12}_{6}C\right)$ چند کولن است؟

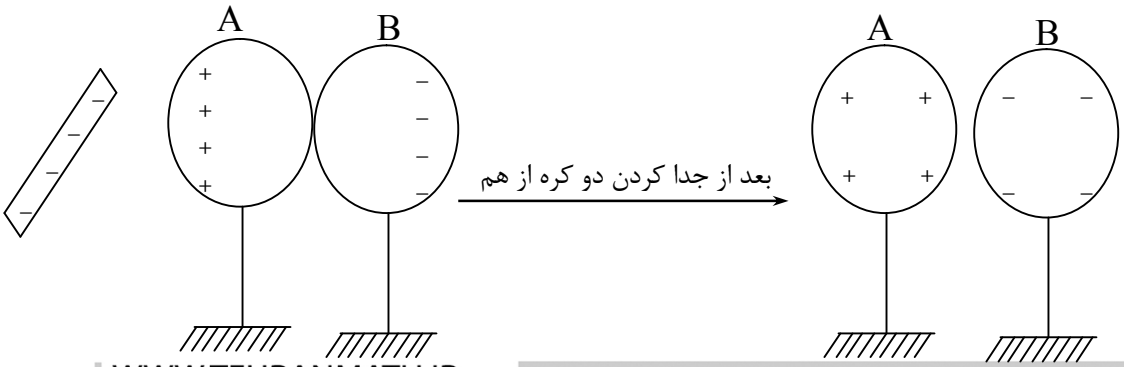
ب) بار الکتریکی اتم کربن یک بار یونیده $\left(C^{+}\right)$ چقدر است؟

؟ مثال ۳ : وقتی روی فرش راه می‌روید بدنتان بار الکتریکی پیدا می‌کند. هنگام دست دادن با دوستتان ممکن است با انتقال باری در حدود ۱nc به او شوک حقیقی وارد شود. در این انتقال بار حدود چند الکترون بین شما و دوستتان منتقل می‌شود؟

ب) روش القا

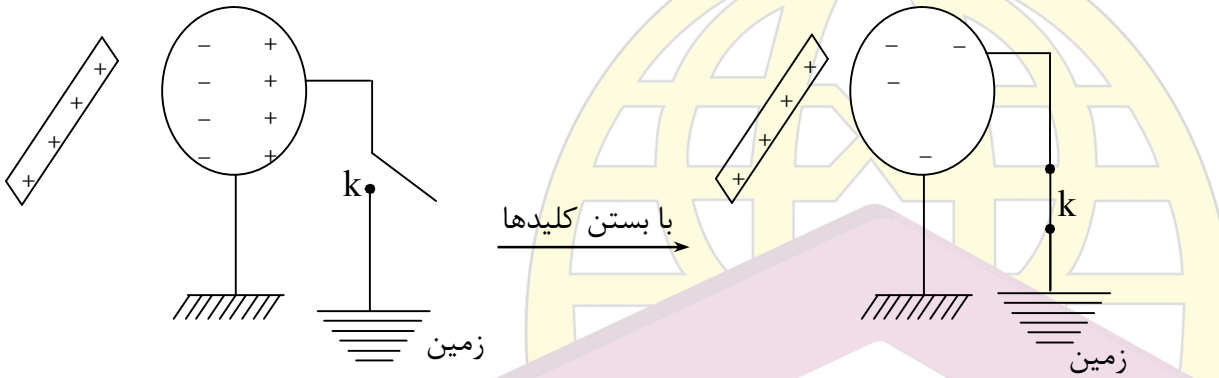
در این روش با نزدیک نمودن جسم باردار به یک رسانای خنثی بارهای مثبت و منفی جسم رسانا را جدا کرده و ایجاد بار می‌کنیم. (یا وقتی یک جسم باردار و یک جسم بدون بار داریم)



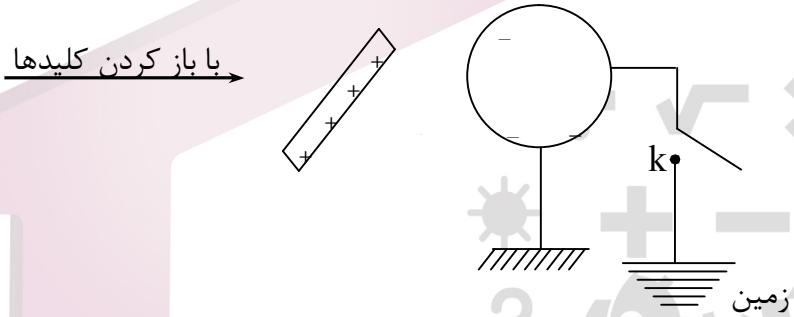


! نکته: در القا بار ناهمنام با جسم باردار، در جسم بدون بار ایجاد می‌شود.

با نزدیک کردن میله باردار با بار الکتریکی مثبت به کره، بارهای منفی در کره به سمت بارهای مثبت میله می‌آیند با بستن کلید k بارهای مثبت کره توسط الکترون‌های زمین خنثی می‌شوند.



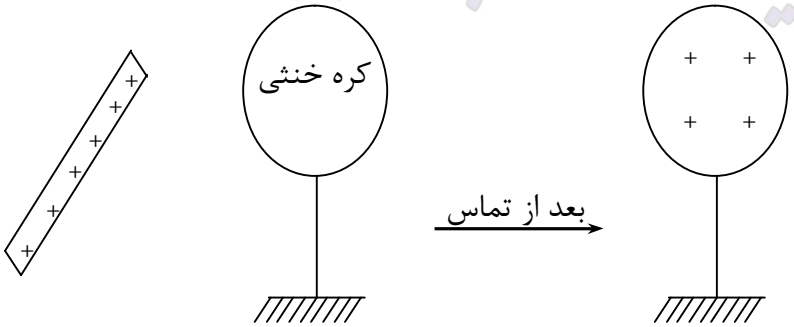
در نهایت با باز کردن کلید k، کره تنها دارای بار الکتریکی منفی می‌شود.



توجه: در روش القا بار میله تغییر نمی‌کند و بار کره مخالف بار میله است.

ج) روش تماس

در این روش وقتی دو جسم رسانا را به هم تماس می‌دهیم بخشی از بار میله بعد از تماس به کره منتقل می‌شود و بارهای کره و میله همنام می‌شوند. به عبارت دیگر بار همنام با جسم باردار در جسم بدون بار ایجاد می‌شود.



مقداری از بارهای میله به کره منتقل می‌شود و هر دو دارای بار مثبت می‌شوند.

**** تماس کره های رسانا و مشابه به یکدیگر**

اگر دو کره رسانا و مشابه با بارهای q_1 و q_2 را به هم تماس دهیم، بعد از تماس و با جدا کردن آنها از هم بار هر دو کره (q'_1, q'_2) با هم برابر شده و مقدار آن برابر است با:

$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2}$$

! نکته: برای n کره رسانا و مشابه داریم:

$$q'_1 = q'_2 = \cdots = q'_n = \frac{q_1 + q_2 + \cdots + q_n}{n}$$: بار کره‌ها بعد از تماس

توجه: در روابط بالا علامت بارها وارد می‌شود.

! نکته: اگر کره‌ها مشابه و هم‌اندازه نباشند بار کره‌ها بعد از تماس متناسب با شعاع آنها خواهد بود به عبارت دیگر کره بزرگتر بار بیشتری می‌یابد.

! نکته: بنابر اصل پایستگی بار در تماس دو کره داریم:

$$\underbrace{q_1 + q_2}_{\downarrow} = \underbrace{q'_1 + q'_2}_{\downarrow}$$

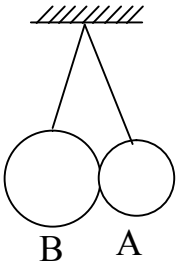
؟ مثال ٤ : دو کره مشابه فلزی با بار $q_1 = 8\ \mu c$ و $q_2 = -2\ \mu c$ داریم. اگر این دو کره را به هم متصل کنیم و پس از مدت زمان مناسبی آنها را از هم جدا کنیم بار کرات پس از جدا کردن را حساب کنید.

! نکته: بار ریخته شده روی جسم عایق (نارسانا) در همان محل باقی می‌ماند اما بار ریخته شده روی جسم رسانا روی سطح خارجی آن پخش می‌شود و تجمع بار در نقاط نوک‌تیز بیشتر است.

؟ مثال ٥ : دو پوستهٔ کروی رسانا را یکبار مماس داخلی و بار دیگر مماس خارجی می‌دهیم و مقداری بار مثبت روی آن می‌ریزیم. نحوهٔ توزیع بار چگونه است؟

؟ مثال٦ : یک کره خنثی را با نخ ابریشمی از سقفی آویزان می‌کنیم. یک میله با بار مثبت را به آن نزدیک و سپس تماس می دهیم. توضیح دهید قبل و بعد از تماس چه رخ می‌دهد؟

؟ مثال٧ : در شکل روبه‌رو میله‌ای با بار منفی را به کره A تماس می‌دهیم. چه اتفاقی می‌افتد؟

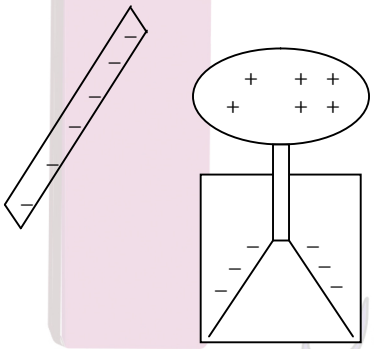


****الکتروسکوپ**

وسیله‌ای است که با کمک آن می‌توان در مورد بار الکتریکی اجسام اظهارنظر کرد.

این وسیله از سه قسمت کلاهک فلزی، تیغهٔ فلزی و ورقه‌های نازک تشکیل شده است.

برای مثال در شکل زیر با نزدیک کردن میله با بار منفی به کلاهک الکتروسکوپ خنثی، با توجه به القا بارهای منفی کلاهک به سمت ورقه‌ها رفته و کلاهک دارای بار مثبت می‌شود و ورقه‌ها دارای بار منفی می‌شوند و همدیگر را دفع کرده و از هم دور می‌شوند.



! نکته: برای تشخیص باردار بودن جسم توسط الکتروسکوپ نیازی به باردار بودن الکتروسکوپ نیست و کافی است جسم را به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک کنیم اگر ورقه‌ها از هم فاصله بگیرند بدین معنی است که جسم باردار است. اما برای تشخیص نوع بار اجسام باید حتماً الکتروسکوپ باردار و نوع بار آن نیز برای ما معلوم باشد. به همین منظور جسم باردار را به آرامی به کلاهک نزدیک می‌کنیم اگر انحراف ورقه‌های الکتروسکوپ بیشتر

شود نوع بار جسم همنام با بار الکتروسکوپ است و اگر انحراف ورقه‌ها برای لحظه‌ای کم شود بار جسم مخالف بار الکتروسکوپ است.

! نکته: برای تشخیص رسانایی اجسام باید الکتروسکوپ باردار باشد ولی نوع آن مهم نیست. برای این منظور یک نقطه از جسم بدون باری را که در دست داریم به کلاهک الکتروسکوپ تماس می‌دهیم اگر انحراف ورقه‌ها تغییر محسوسی نکند جسم نارسانا است. اما اگر جسم رسانا باشد با تماس جسم به کلاهک الکتروسکوپ انحراف ورقه‌ها کم و یا از بین می‌رود زیرا با تماس جسم رسانا به کلاهک موجب تخلیهٔ قسمتی از بار الکتروسکوپ می‌شود.

! نکته: در نزدیک کردن میله به کلاهک الکتروسکوپ اگر ورقه‌های الکتروسکوپ ابتدا بسته و سپس باز شوند قطعاً بار اولیهٔ الکتروسکوپ مخالف بار میله بوده است.

آزمون

تست ۱: بار الکتریکی در ماده همواره:

۱) مضرب صحیحی از یک بار الکتریکی پایه است.

۲) کمیت پیوسته‌ای است که بی‌نهایت قابل تقسیم می‌باشد.

۳) مضربی از یک کولن است.

۴) کمیت پیوسته‌ای است که نمی‌تواند مضربی از بار الکتریکی پایه باشد.

تست ۲: به هر سانتی‌متر از یک میلهٔ عایق ۸ سانتی‌متری 10^{10} الکترون می‌دهیم بار این میله چند کولن می‌شود؟ (بار هر الکترون $1/6\times10^{-19}$ C کولن است)

۱) 2×10^{-8} ۲) -2×10^{-8} ۳) $12/8\times10^{-9}$ ۴) $-12/8\times10^{-9}$

تست ۳: یک جسم که به وسیلهٔ مالش دارای بار الکتریکی شده است چند کولن الکتریسیته می‌تواند داشته باشد؟

۱) ۲×۱۰^{-۱۹} ۲) ۴×۱۰^{-۱۹} ۳) ۸×۱۰^{-۱۹} ۴) هر سه مقدار

تست ۴: دو کرهٔ فلزی یکسان که روی دو پایه عایق قرار دارند دارای بارهای الکتریکی $q_۱=+۱۲\ \mu c$ و $q_۲=-۲\ \mu c$ می‌باشند. اگر این دو کره را با هم تماس داده و سپس از هم جدا کنیم بار الکتریکی هر کره چند میکروکولن می‌شود؟

۱) ۷ ۲) ۱۰ ۳) ۸ ۴) ۵

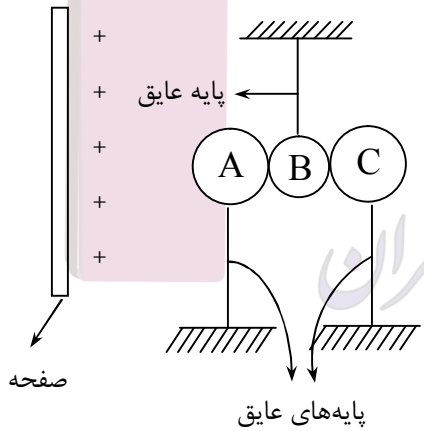
تست ۵: سه کرهٔ فلزی A، B و C در تماس با یکدیگر و مجاور صفحهٔ بارداری قرار دارند. اگر ابتدا کرهٔ فلزی B را از بین دو کره خارج نموده و دور کنیم و سپس صفحهٔ باردار را به فاصلهٔ خیلی دور انتقال دهیم کدامیک از موارد زیر اتفاق می‌افتد؟

۱) $|q_A|=|q_C|, q_C>۰, q_A<۰$

۲) $|q_C|>|q_A|, q_C>۰, q_A<۰$

۳) $|q_A|=|q_C|, q_C<۰, q_A>۰$

۴) $|q_C|<|q_A|, q_C<۰, q_A>۰$



تست ۶: سه جسم A و B و C را دوبه‌دو به یکدیگر نزدیک می‌کنیم. وقتی A و B به یکدیگر نزدیک شوند همدیگر را با نیروی الکتریکی جذب می‌کنند و اگر B و C را به یکدیگر نزدیک کنیم یکدیگر را با نیروی الکتریکی دفع می‌کنند. کدامیک از گزینه‌های زیر می‌تواند صحیح باشد؟

۱) A و C بار همنام و هم‌اندازه دارند.
۲) B و C بار غیرهمنام دارن
۳) B بدون بار و C باردار است.
۴) A بدون بار و B باردار است.

تست ۷: میله‌ای با بار الکتریکی مثبت را به آرامی به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک می‌کنیم ورقه‌های الکتروسکوپ ابتدا بسته و سپس باز می‌شوند. بار الکتریکی قبلی الکتروسکوپ از چه نوع بوده است؟

۱) مثبت
۲) منفی
۳) خنثی یا مثبت
۴) منفی یا خنثی

خانه ریاضیات غرب تهران

نیروی الکتریکی بین دو جسم باردار

**** قانون کولن:** اگر دو ذره باردار در مجاورت هم قرار گیرند به هم نیرو وارد می‌کنند که مقدار این نیرو با حاصلضرب اندازهٔ بارها نسبت مستقیم و با مجذور فاصله بین دو بار نسبت عکس دارد.

$$\begin{cases} F=k\dfrac{|q_1||q_2|}{r^2} \\ k=\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}=9\times10^9\ \dfrac{N.m^2}{C^2} \end{cases}$$

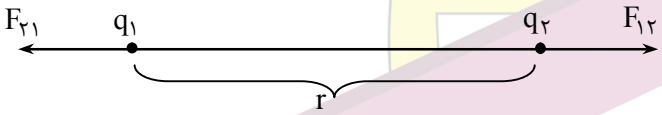
F: نیروی کولنی بر حسب نیوتن

q_1 و q_2: بارها بر حسب کولن

r: فاصله بین دو بار بر حسب متر

k: ثابت کولن

دو بار همنام :



دو بار ناهمنام :

! نکته: نیروی الکتریکی وارد بر هر یک از دو بار حتماً در راستای خط واصل دو بار است و طبق قانون سوم نیوتن (قانون عمل و عکس‌العمل) این دو نیرو هم‌اندازه و در خلاف جهت هم هستند.

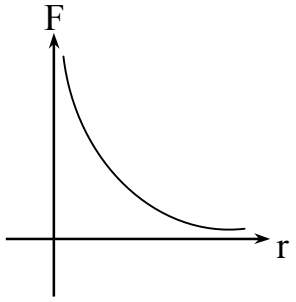
$$\begin{cases} \vec{F}_{12}=-\vec{F}_{21} \\ |F_{12}|=|F_{21}| \end{cases}$$

! نکته: در رابطه قانون کولن علامت بارها در رابطه وارد نمی‌شود.

! نکته: اگر اندازهٔ بارها و یا فاصلهٔ بین آنها تغییر کند، نیروهای الکتریکی را با استفاده از رابطه زیر با هم مقایسه می‌کنیم:

$$\frac{F'}{F}=\frac{|q_1'||q_2'|}{|q_1||q_2|}\times\left(\frac{r}{r'}\right)^2$$

**نمودار تغییرات نیرو بر حسب فاصلهٔ بین دو بار:



! نکته: اگر دو بار الکتریکی فقط تحت تأثیر نیروی الکتریکی وارد شده به یکدیگر شتاب بگیرند، در مقایسهٔ شتاب دو بار داریم:

$$F_{12}=F_{21} \Rightarrow m_2a_2=m_1a_1 \Rightarrow \frac{a_2}{a_1}=\frac{m_1}{m_2}$$

توجه: تبدیل واحدهای زیر را به خاطر بسپاریم:

$$\mu c \xrightarrow{\times 10^{-6}} c$$

$$nc \xrightarrow{\times 10^{-9}} c$$

$$pc \xrightarrow{\times 10^{-12}} c$$

$$cm \xrightarrow{\times 10^{-2}} m$$

؟ مثال ۸: اگر بار q به بار 2q نیروی F وارد کند، بار 2q به بار q چه نیرویی وارد می‌کند؟

؟ مثال ۹: دو ذره با بارهای $9\mu c$ و $-3\mu c$ در فاصلهٔ ۳ سانتی‌متری هم قرار دارند نوع نیرو و اندازه آن چقدر است؟

؟ مثال ۱۰: دو ذره با بارهای مشابه در فاصلهٔ ۳۰ سانتی‌متر به هم نیروی ۳/۶ نیوتن وارد می‌کنند. اندازه هر بار چند میکروکولن است؟

؟ مثال ۱۱: فاصلهٔ میان بارها را ۲ برابر و اندازهٔ یکی از بارها را سه برابر می‌کنیم. نیروی میان بارها چند برابر می‌شود؟

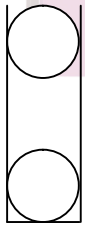
؟ مثال ۱۲: دو کرهٔ مشابه به بارهای ۲ میکروکولن و ۸- میکروکولن به هم نیروی F وارد می‌کنند. اگر آنها را به هم تماس دهیم و مجدداً در همان فاصلهٔ قبلی قرار دهیم نیروی میان آنها چند برابر می‌شود؟

؟ مثال ۱۳: دو ذره باردار مشابه با بارهای همنام در اختیار داریم اگر $\frac{۱}{۵}$ یکی از بارها را برداریم و به دیگری بیفزاییم نیروی میان دو بار چند برابر می‌شود؟

؟ مثال ۱۴: مسأله قبل را برای حالتی که دو بار ناهمنام باشند بررسی کنید.

؟ مثال ۱۵: دو گوی رسانا، کوچک و یکسان به بارهای $q_۱=۴\ nc$ و $q_۲=-۶\ nc$ را با هم تماس می‌دهیم و سپس تا فاصلهٔ $r=۳۰\ cm$ از هم دور می‌کنیم. نیروی برهم‌کنش الکتریکی بین دو گوی را محاسبه کنید و بگویید این نیرو رانشی است یا ربایشی؟

؟ مثال ۱۶: مطابق شکل دو گلوله با بارهای یکسان و همنام ۵ میکروکولن در فاصلهٔ ۳ سانتی‌متر از هم به صورت معلق قرار دارند. جرم هر گلوله را بیابید؟



؟ مثال ۱۷: دو ذره باردار با بارهای مشابه ۴ میکروکولن و جرم ۸ گرم در فاصلهٔ ۶ سانتی‌متری هم قرار دارند. شتاب وارد بر هر ذره چقدر است؟

آزمون

تست۸ : دو کرهٔ فلزی کوچک با بار الکتریکی منفی دارای بارهای q_1 و $q_2=5q_1$ در فاصلهٔ ۳ متری از هم قرار دارند و نیروی دافعهٔ $0/02\ N$ وارد می‌کنند. کرهٔ با بار الکتریکی q_1 دارای چند الکترون است؟

۱) $2/5\times10^{12}$ ۲) $1/25\times10^{12}$ ۳) $2/5\times10^{13}$ ۴) $1/25\times10^{13}$

تست۹ : دو بار الکتریکی همنام و مساوی به فاصلهٔ d از یکدیگر قرار دارند و با نیروی F یکدیگر را می‌رانند. این دو بار را در چه فاصله‌ای از یکدیگر باید قرار داد تا نیروی الکتریکی بین آنها ۵۰ درصد کاهش یابد؟

۱) $\frac{d\sqrt{2}}{3}$ ۲) $d\sqrt{2}$ ۳) $\frac{d}{2}$ ۴) $2d$

تست۱۰ : دو بار الکتریکی همنام $q_1=8\ \mu c$ و q_2 در فاصلهٔ r نیروی F را بر هم وارد می‌کنند. اگر ۲۵ درصد از بار q_1 را برداشته و به بار q_2 اضافه کنیم بدون تغییر فاصلهٔ بارها نیروی متقابل بین آنها ۵۰ درصد افزایش می‌یابد. مقدار اولیهٔ q_2 چند میکروکولن است؟

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

خانه ریاضیات غرب تهران

تست۱۱ : دو گلولهٔ فلزی کوچک و مشابه که دارای بار الکتریکی می‌باشند در فاصلهٔ ۳۰ سانتی‌متری، نیروی جاذبهٔ ۴ نیوتن بر یکدیگر وارد می‌کنند. اگر این دو گلوله را به هم تماس دهیم بار الکتریکی هر کدام $3\ \mu c$ خواهد شد. بار اولیهٔ گلوله‌ها بر حسب میکروکولن کدام است؟

۱) ۱۲ و ۶- ۲) ۱۰ و ۴- ۳) ۹ و ۳- ۴) ۸ و ۲-

تست۱۲ : دو بار نقطه‌ایq در فاصلهٔ r نیروی F را به هم وارد می‌کنند. چند درصد از یکی از بارها برداریم و به دیگری اضافه کنیم تا وقتی فاصلهٔ دو بار ۲۵ درصد افزایش یابد. نیرویی که به هم وارد می‌کنند، ۵۲ درصد کاهش یابد؟

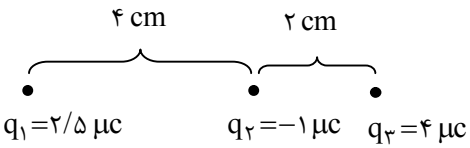
۱) ۲۵ ۲) ۵۰ ۳) ۴۰ ۴) ۷۵

خانه ریاضیات غرب تهران

**** اصل برهم نهی نیروهای کولونی**

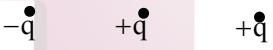
نیروی الکتریکی وارد بر هر ذره باردار برآیند نیروهایی است که ذرات دیگر به آن ذره باردار وارد می‌کنند.

؟ مثال ۱۸: در شکل زیر بردار برآیند نیروی وارد بر بار q_3 را بدست آورید.

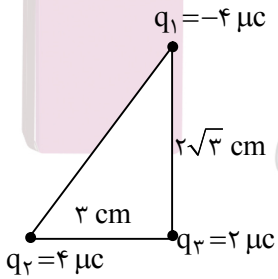


؟ مثال ۱۹: سه ذره باردار مانند شکل روبه‌رو، روی یک خط راست قرار دارند و فاصلهٔ بارهای سمت راست و چپ از بار میانی برابر است. الف) جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار الکتریکی میانی را تعیین کنید.

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

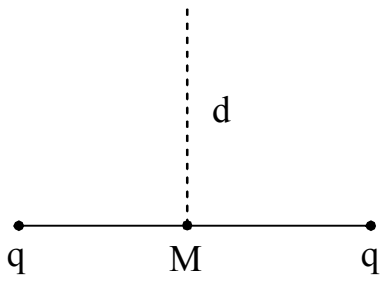


؟ مثال ۲۰: برآیند نیروی وارد بر بار q_3 را بر حسب بردار بدست آورید.



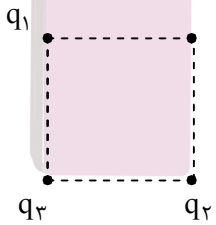
خانه ریاضیات غرب تهران

؟ مثال ۲۱ : در شکل زیر بار q' را در امتداد خط d از بی‌نهایت تا نقطه M وسط دو بار انتقال می‌دهیم. برآیند نیروهای وارد بر q' چگونه تغییر می‌کند؟



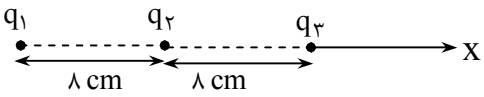
؟ مثال ۲۲ : در شکل فوق اگر یکی از بارها منفی باشد جواب چگونه خواهد بود؟

؟ مثال ۲۳ : سه ذرهٔ باردار q_1 و q_2 و q_3 مطابق شکل در سه رأس مربعی به ضلع $m\ ۳$ ثابت شده‌اند. اگر $q_1=q_2=-۵\ \mu c$ و $q_3=۰/۲\ \mu c$ باشد نیروی خالص الکتریکی وارد بر بار q_3 را بر حسب بردارهای یکهٔ $\vec{i}$ و $\vec{j}$ تعیین کنید.

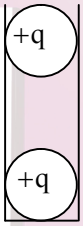


خانه ریاضیات غرب تهران

؟ مثال ۲۴: بارهای الکتریکی نقطه‌ای $q_1=-4\ nc$ و $q_2=5\ nc$ و $q_3=-4\ nc$ مطابق شکل در جای خود ثابت شده‌اند. نیروی خالص الکتریکی وارد بر هر یک از بارهای q_2 و q_3 را محاسبه کنید.



؟ مثال ۲۵: در شکل روبه‌رو دو گوی مشابه به جرم $2/5\ gr$ و بار یکسان مثبت q در فاصله یک سانتی‌متری از هم قرار دارند. به طوریکه گوی بالایی به حالت معلق مانده است.



الف) اندازه بار q را بدست آورید.

ب) تعداد الکترون‌های کنده‌شده از هر گوی چقدر است؟

خانه ریاضیات غرب تهران

** بررسی صفر شدن نیروی الکتریکی برآیند (نقطه تعادل در حضور دو بار الکتریکی)

نیروی الکتریکی برآیند در نقطه‌ای بین دو بار همنام و خارج از دو بار ناهمنام و همیشه نزدیک باری که از نظر اندازه (قدرمطلق) کوچکتر است برابر صفر است.

! نکته: معمولاً در تستها دو سوال هم‌مفهوم مطرح می‌شود که نحوهٔ حل این تستها به روش مشابه و با استفاده از مطلب ارائه شدهٔ بالاست.

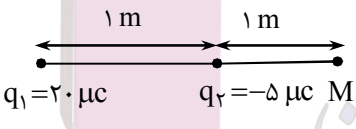
دو سوال هم‌مفهوم

(۱) در چه فاصله‌ای از بار اول و یا در چه فاصله‌ای از بار دوم نیروی الکتریکی برآیند صفر است؟

(۲) بار سوم را در چه فاصله‌ای از بار اول یا بار دوم قرار دهیم بطوریکه از طرف این دو بار به آن بار سوم نیرویی وارد نشود؟

؟ مثال ۲۶: دو ذره باردار با بارهای $4\,\mu c$ و $-16\,\mu c$ در فاصلهٔ $20\,cm$ از هم قرار دارند. بار q_3 را در چه فاصله‌ای از بار $-16\,\mu c$ قرار دهیم تا به آن نیرویی وارد نشود؟

تست ۱۳: در شکل روبه‌رودر نقطهٔ M بار الکتریکی نقطه‌ای چند میکروکولونی قرار دهیم تا برآیند نیروهای وارد بر آن از طرف بارهای دیگر صفر شود؟



۱) -4
۲) ۱
۳) ۵
۴) هر مقدار دلخواه

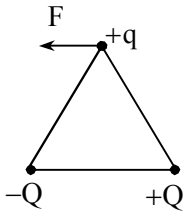
خانه ریاضیات غرب تهران

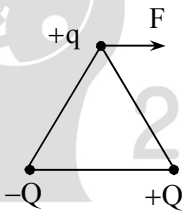
تست ۱۴ : دو بار الکتریکی نقطه‌ای $2\,c+$ و $8\,c+$ در فاصلهٔ ۳۰ سانتی‌متر از یکدیگر قرار دارند. بار الکتریکی q را در نقطه‌ای قرار داده‌ایم و هر ۳ بار الکتریکی به حالت تعادل درآمده‌اند. بار الکتریکی q چند میکروکولن است؟

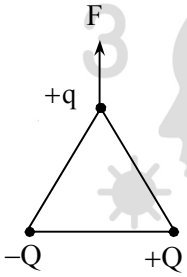
۱) $-\frac{8}{9}$ ۲) $\frac{8}{9}$ ۳) $-\frac{16}{9}$ ۴) $\frac{16}{9}$

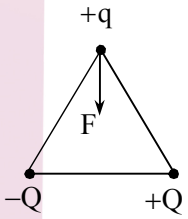
! نکته: همواره برآیند دو بردار، بین دو بردار و نزدیک به بردار بزرگتر رسم می‌شود.

تست ۱۵ : سه بار نقطه‌ای $+Q$ و $-Q$ و $+q$ در سه رأس یک مثلث متساوی‌الاضلاع واقعند. کدام‌یک از شکل‌های زیر جهت نیروی وارد بر بار $+q$ را درست نشان می‌دهد؟

۱) 

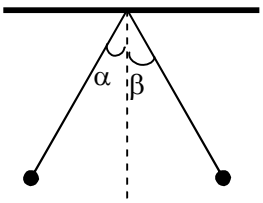
۲) 

۳) 

۴) 

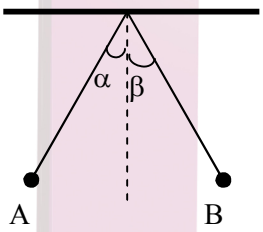
**** تعادل گلوله یک آونگ باردار**

دو آونگ با جرم‌های m_1 و m_2 همدیگر را دفع می‌کنند.



؟ مثال ۲۷ : دو آونگ مشابه با بار یکسان توسط نخی به طول ۵۰ سانتی‌متر از یک نقطه آویزان شده است و همدیگر را دفع می‌کنند. اگر آونگها با راستای قائم زاویه 37°بسازند و جرم هر گلوله ۳۰ گرم باشد بار آونگها را بیابید.

تست ۱۶ : در شکل روبه‌رو گلوله‌های باردار از دو نخ با طول‌های مساوی آویزان است و انحراف آنها از راستای قائم αو βاست و اندازه نیروی الکتریکی وارد بر آنها F_Aو F_Bاست. اگر $q_A>q_B$و $m_A<m_B$باشد کدام رابطه درست است؟



۱) $\alpha=\beta$ و $F_A=F_B$

۲) $\alpha>\beta$ و $F_A=F_B$

۳) $\alpha>\beta$ و $F_A>F_B$

۴) $\alpha=\beta$ و $F_A<F_B$

خانه ریاضیات غرب تهران

میدان الکتریکی ($\vec{E}$)

****تعریف کیفی میدان:**

خاصیتی است در اطراف هر بار الکتریکی که اگر بار دیگری در اطراف آن قرار گیرد به آن بار الکتریکی نیرو وارد می‌شود. این خاصیت را میدان الکتریکی گوییم.

****تعریف کمی میدان الکتریکی:**

به نیروی وارد بر واحد بار آزمون مثبت در هر نقطه را گویند.

میدان الکتریکی کمیتی برداری است و واحد آن $\frac{N}{C}$ یا $\frac{V}{m}$ می‌باشد.

q_0 = بار مثبت آزمون

رابطه ۱ : $\vec{E}=\frac{\vec{F}}{q_0}$

! نکته: جهت میدان الکتریکی هم‌جهت با نیرویی است که به بار مثبت در آن نقطه وارد می‌شود. به عبارت دیگر در نقطه مورد نظر یک بار مثبت فرضی قرار می‌دهیم. جهت نیرویی که به آن بار مثبت فرضی وارد می‌شود همان جهت میدان الکتریکی است.

؟ مثال ۲۸ : به بار آزمون $0/2\,\mu C$ نیروی $0/05\,N$ وارد می‌شود. اگر جهت نیرو به سمت شمال باشد مقدار میدان الکتریکی را بیابید؟

؟ مثال ۲۹ : بار q در میدانی به شدت $8\times10^{4}\,\frac{N}{C}$ قرار دارد و به آن نیرویی 2×10^{-2} نیوتن وارد می‌شود. بزرگی بار را بیابید؟

**** میدان الکتریکی حاصل از ذره باردار**

برای بار q در فاصلهٔ r میدان الکتریکی از رابطه زیر قابل محاسبه است:

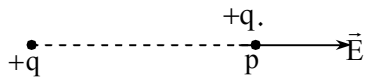
رابطه ۲ : $E=K\frac{|q|}{r^{2}}$

توجه: اگر اندازه بار یا فاصله تغییر کند میدان الکتریکی نیز تغییر می‌کند و داریم:

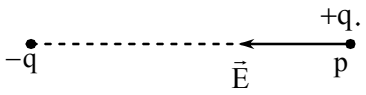
$$\frac{E'}{E}=\frac{q'}{q}\times\left(\frac{r}{r'}\right)^{2}$$

! نکات:

۱- جهت میدان بار $q>0$ در نقطه‌ای مانند p به طرف بیرون بار و در راستای خط واصل است.

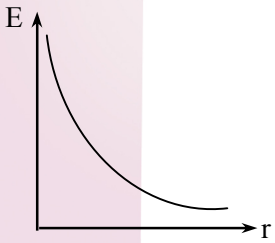


۲- جهت میدان بار $q<0$ در نقطه‌ای مانند p به طرف بار و در راستای خط واصل است.



۳- آن باری که مقدار میدان الکتریکی را تعیین می‌کند بار q در رابطه ۲ می‌باشد نه بار $q.$ در رابطه ۱. در حقیقت بار اصلی بار q می‌باشد و بار $q.$ یک بار فرضی است که وجود خارجی ندارد.

۴- نمودار شدت میدان الکتریکی بر حسب فاصله:



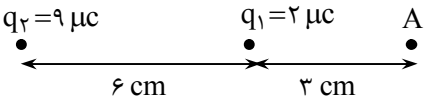
****اصل برهم نهی میدانهای الکتریکی**

میدان الکتریکی ناشی از چند بار الکتریکی در یک نقطه با مجموع میدان‌هایی که بارهای دیگر در آن نقطه ایجاد می‌کنند برابر است.

؟ مثال ۳۰: در فاصلهٔ ۳۰ سانتی‌متری از بار $2\mu c$ میدان الکتریکی را محاسبه کنید؟

خانه ریاضیات غرب تهران

؟ مثال ۳۱ : در شکل زیر میدان الکتریکی برآیند در نقطه A را محاسبه کنید.



؟ مثال ۳۲ : مطابق شکل دو ذره به بارهای $q_۱ = ۴\ \mu c$ و $q_۲ = -۶\ \mu c$ در فاصلهٔ $۸\ m$ از یکدیگر ثابت شده‌اند. اندازه میدان الکتریکی خالص را در نقطه‌های زیر بدست آورید.

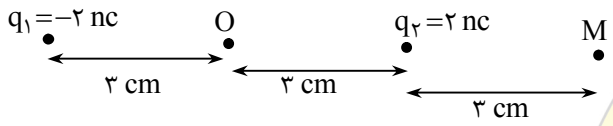
الف) در وسط خط واصل دو ذره

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

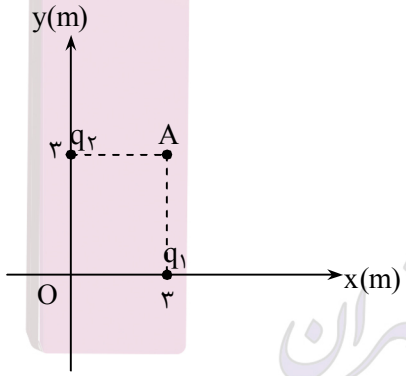
خانه ریاضیات غرب تهران

! نکته: دو بار الکتریکی هم‌اندازه و غیرهمنام را دوقطبی الکتریکی گویند

؟ مثال ۳۳: شکل زیر آرایشی از دوقطبی الکتریکی را نشان می‌دهد که در آن فاصله دو بار از هم ۶ cm است. میدان الکتریکی خالص را در نقطه‌های O و M بدست آورید.

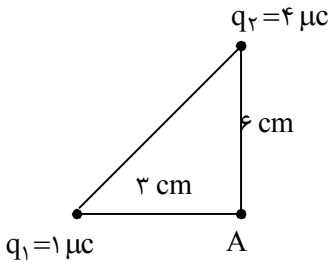


؟ مثال ۳۴: شکل روبه‌رو دو بار نقطه‌ای q_1 و q_2 را در صفحهٔ xy نشان می‌دهد. میدان الکتریکی خالص را در نقطهٔ O تعیین کنید. $(q_1=q_2=5\ \mu c)$



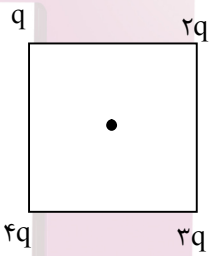
؟ مثال ۳۵: در مثال قبل میدان الکتریکی خالص را در نقطه A تعیین کنید.

؟ مثال ۳۶ : در شکل‌های زیر میدان الکتریکی خالص را در نقطه A بدست آورید.



؟ مثال ۳۷ : میدان الکتریکی در فاصلهٔ ۲۵ cm از یک بار الکتریکی برابر $4\times10^5\ \frac{N}{C}$ می‌باشد. اگر ۲۵ cm دیگر از بار دور شویم میدان الکتریکی چقدر می‌شود؟

؟ مثال ۳۸ : در شکل زیر میدان الکتریکی بار q در مرکز مربع E است. میدان حاصل از ۴ بار در مرکز مربع چند E و در چه جهتی است؟



**بررسی صفر شدن میدان الکتریکی برآیند

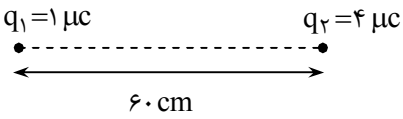
میدان الکتریکی برآیند در نقطه‌ای بین دو بار همنام و خارج از فاصله دو بار ناهمنام و همیشه نزدیک به باری که از نظر مقدار (قدرمطلق) کوچکتر است برابر صفر است.

دو سوال هم‌مفهوم

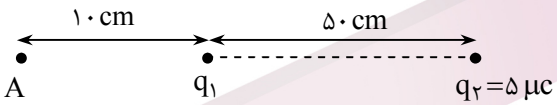
(۱) در چه فاصله‌ای از بار اول یا در چه فاصله‌ای از بار دوم شدت میدان الکتریکی برآیند برابر صفر است؟

(۲) بار سوم را در چه فاصله‌ای از بار اول و یا در چه فاصله‌ای از بار دوم قرار دهیم که از طرف این دو بار به آن بار سوم نیرویی وارد نشود؟

؟ مثال ۳۹ : در شکل زیر میدان الکتریکی برآیند کجا صفر می‌شود؟



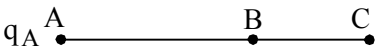
؟ مثال ۴۰ : اندازهٔ بار q_1 را طوری تعیین کنید که میدان الکتریکی برآیند در نقطه A برابر $۱/۵\times۱۰^{۵}$ شود؟



خانه ریاضیات غرب تهران

آزمون

تست ۱۷ : اگر شدت میدان حاصل از بار الکتریکی نقطه‌ای q_A را در نقاط B و C به ترتیب با E_B و E_C نشان دهیم و $\frac{AB}{BC}=\frac{۳}{۲}$ باشد. نسبت $\frac{E_B}{E_C}$ کدام است؟



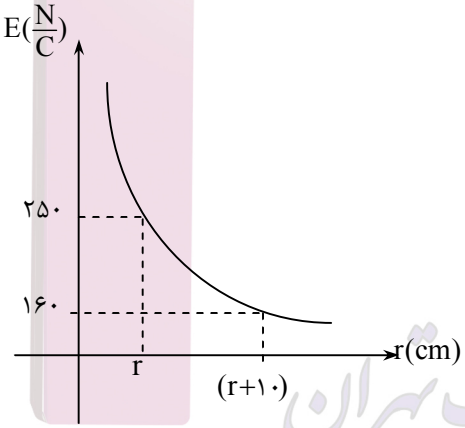
۱) ۵

۲) $\frac{۹}{۴}$

۳) $\frac{۲۵}{۹}$

۴) $\frac{۳}{۲}$

تست ۱۸ : نمودار میدان الکتریکی بر حسب فاصله در اطراف یک ذره باردار به صورت زیر نشان داده شده است. فاصله r چند سانتی‌متر است؟



۱) ۲۰

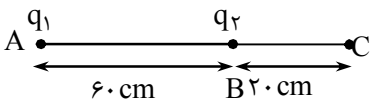
۲) ۴۰

۳) ۶۰

۴) ۸۰

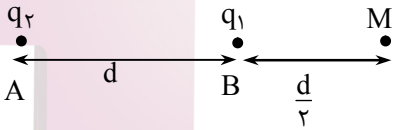
خانه ریاضیات غرب تهران

تست ۱۹ : در شکل زیر میدان حاصل از دو بار نقطه‌ای q_1 و q_2 در نقطه C صفر است. نسبت $\frac{q_2}{q_1}$ برابر کدام است؟



۱) $-\frac{1}{16}$
۲) $-\frac{1}{4}$
۳) $\frac{1}{3}$
۴) $\frac{1}{9}$

تست ۲۰ : دو بار الکتریکی q_1 و q_2 در نقاط A و B مطابق شکل قرار دارند. شدت میدان الکتریکی در نقطه M برابر $\vec{E}$ می‌باشد. اگر بار q_1 را خنثی کنیم شدت میدان در همان نقطه $-\frac{\vec{E}}{3}$ می‌شود نسبت $\frac{q_2}{q_1}$ کدام است؟



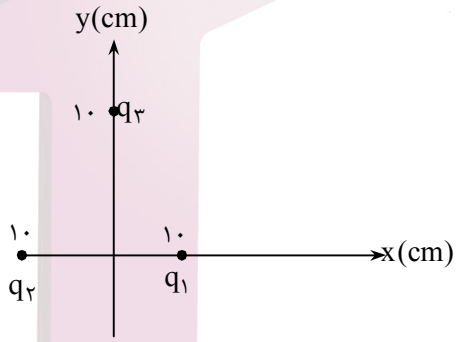
۱) $-\frac{9}{4}$
۲) $\frac{9}{4}$
۳) $-\frac{3}{2}$
۴) $\frac{3}{2}$

خانه ریاضیات غرب تهران

تست ۲۱ : دو بار الکتریکی نقطه‌ای $+۲\ \mu c$ و $+۸\ \mu c$ در فاصلهٔ ۳۰ سانتی‌متری هم قرار دارند. بار الکتریکی q را در نقطه‌ای قرار داده‌ایم که میدان الکتریکی در محل هر سه بار صفر شود. بار الکتریکی q چند میکروکولن است؟

۱) $-\frac{۸}{۹}$ ۲) $\frac{۸}{۹}$ ۳) $-\frac{۱۶}{۹}$ ۴) $\frac{۱۶}{۹}$

تست ۲۲ : در شکل روبه‌رو سه بار الکتریکی در نقاط مشخص شده‌اند. بردار میدان الکتریکی در مبدأ مختصات کدام است؟ $(q_۳=۶\ \mu c, q_۱=-q_۲=۴\ \mu c)$



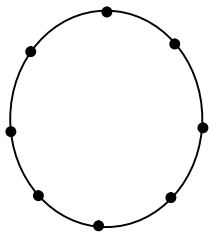
۱) $۹\times۱۰^{۶}\vec{i}$

۲) $-۵/۴\times۱۰^{۶}\vec{j}$

۳) $(-۷/۲\vec{i}-۵/۴\vec{j})\times۱۰^{۶}$

۴) $(۵/۴\vec{i}-۷/۲\vec{j})\times۱۰^{۶}$

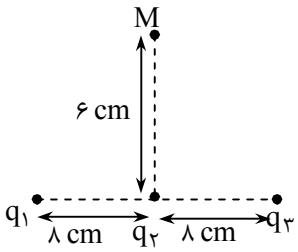
تست ۲۳ : هشت بار الکتریکی نقطه‌ای هر یک به اندازهٔ ۵×۱۰^{-۹} کولن با فواصل مساوی روی محیط دایره‌ای به شعاع ۳۰ cm توزیع شده‌اند. هرگاه فقط یکی از بارها منفی باشد. شدت میدان الکتریکی کل در مرکز دایره چند $\frac{N}{C}$ است؟



۱) $۱۰^{۳}$ ۲) ۵×۱۰^{۲}

۳) ۳×۱۰^{۳} ۴) ۱۵×۱۰^{۲}

تست ۲۴ : سه بار نقطه‌ای مطابق شکل قرار دارند. بزرگی میدان الکتریکی در نقطه M چند $\frac{N}{C}$ و در کدام جهت است؟ $(q_1=-q_3=12/5\ \mu c, q_2=7/2\ \mu c)$



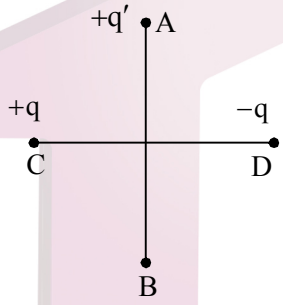
۱) $18\sqrt{2}\times10^6$، ☐

۲) $6\sqrt{2}\times10^6$، ☐

۳) 6×10^6، ☐

۴) 18×10^6، ☐

تست ۲۵ : در شکل روبه‌رو هرگاه بار $+q'$ روی عمودمنصف خط CD از A به طرف B حرکت کند برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر آن از طرف بارهای مستقر در C و D ..... می‌یابد.



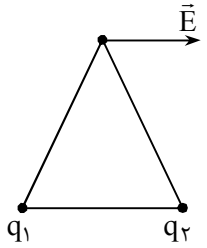
۱) ابتدا افزایش سپس کاهش

۲) ابتدا کاهش سپس افزایش

۳) همواره کاهش

۴) همواره افزایش

تست ۲۶ : در دو رأس یک مثلث متساوی‌الاضلاع دو ذره با بار الکتریکی q_1 و q_2 قرار دارند و شدت میدان الکتریکی حاصل از آنها در رأس دیگر مثلث مطابق شکل روبه‌رو است. کدام رابطه بین q_1 و q_2 برقرار است؟



۱) q_1 مثبت و q_2 منفی و اندازه آنها با هم متفاوت است.

۲) q_1 مثبت و q_2 منفی و اندازه آنها با هم برابر است.

۳) q_1 منفی و q_2 مثبت و اندازه آنها با هم متفاوت است.

۴) q_1 منفی و q_2 مثبت و اندازه آنها با هم برابر است.

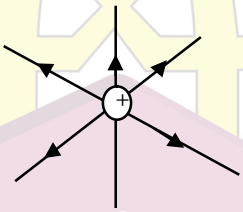
❋❋خطوط میدان الکتریکی

میدان الکتریکی اطراف بارها را به کمک خطوط میدان الکتریکی نشان میدهیم. در مورد خطوط میدان الکتریکی به نکات زیر توجه کنید:

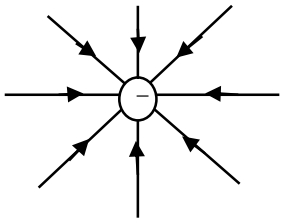
۱. خطوط میدان الکتریکی همواره از بار مثبت خارج شده و به بار منفی وارد میشود.

میدان الکتریکی برای چند مورد مهم.

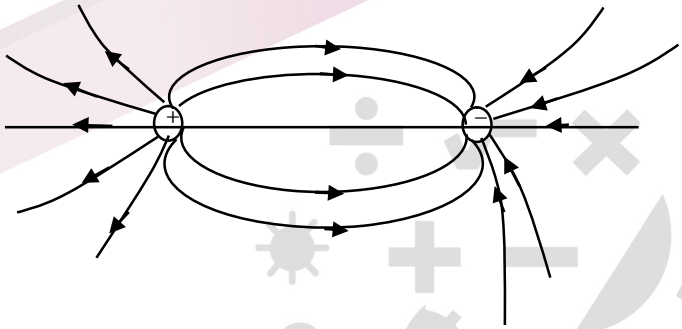
الف)



ب)



پ)میدان الکتریکی اطراف یک دو قطبی

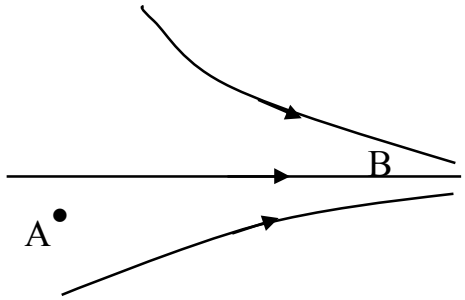


ت) میدان الکتریکی اطراف دو بار همنام به طوریکه $|q_1| = |q_2|$

ث) میدان الکتریکی اطراف دو بار همنام به طوریکه $|q_1| < |q_2|$

خانه ریاضیات غرب تهران

۲- تراکم خطوط میدان الکتریکی نشان دهنده قدرت میدان است. یعنی هرچه تراکم خطوط بیشتر باشد میدان الکتریکی قوی تر است.



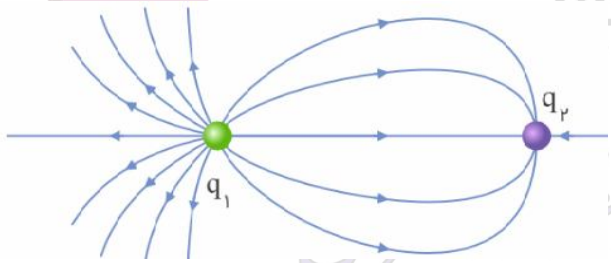
$$E_A < E_B$$

۳- خطوط میدان الکتریکی در هر نقطه به صورت خط مماس برآن نقطه و در جهت میدان الکتریکی رسم میشوند که جهت میدان الکتریکی درآن نقطه را نیز نشان میدهند.

۴- خطوط میدان الکتریکی یکدیگر را قطع نیمکنند یعنی از هر نقطه فقط و فقط یک خط میدان میگذرد.

اثبات:

تست۲۷ : با توجه به شکل مقابل کدام یک از گزینه های زیر صحیح است؟



۱) $|q_1| > |q_2|, q_2 > 0, q_1 < 0$

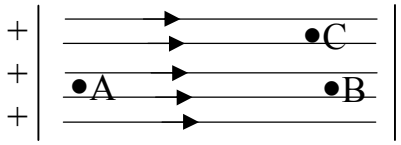
۲) $|q_1| > |q_2|, q_2 < 0, q_1 > 0$

۳) $|q_1| = |q_2|, q_2 < 0, q_1 > 0$

۴) $|q_1| < |q_2|, q_2 < 0, q_1 > 0$

** میدان الکتریکی یکنواخت

اگر خطوط میدان الکتریکی موازی و به فاصله یکسان از هم قرار داشته باشند آنگاه میدان الکتریکی در هر نقطه مقداری یکسان دارد به این میدان، میدان الکتریکی یکنواخت گفته میشود.



$$E_A = E_B = E_C$$

! نکته: اگر با الکتریکی q در میدان الکتریکی $\vec{E}$ قرار گیرد این میدان بر بار q نیروی $\vec{F}$ وارد میکند که عبارت است از:

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

! نکته: در رابطه بالا همواره علامت بار q وارد میشود، بنابراین به این نتیجه می‌رسیم که اگر بار q مثبت باشد($q > 0$) آنگاه $\vec{F},\vec{E}$ هم جهت هستند و اگر بار q منفی باشد ($q < 0$) آنگاه $\vec{F},\vec{E}$ در خلاف جهت هم هستند.

؟ مثال ٤١ : ذره ای به جرم ۴ gr و بار الکتریکی $2\mu c$ را در یک میدان الکتریکی یکنواخت $2\times10^{4}\ \frac{N}{C}$ قرار میدهیم.

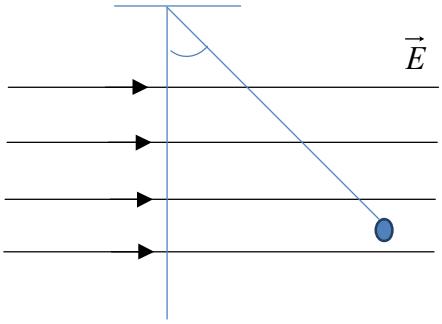
الف) نیروی الکتریکی وارد براین بار چند نیوتن است؟

ب) اندازه شتاب حاصل از نیروی الکتریکی وارد براین ذره چند برابر اندازه شتاب گرانش زمین است؟ ($g = 10$)

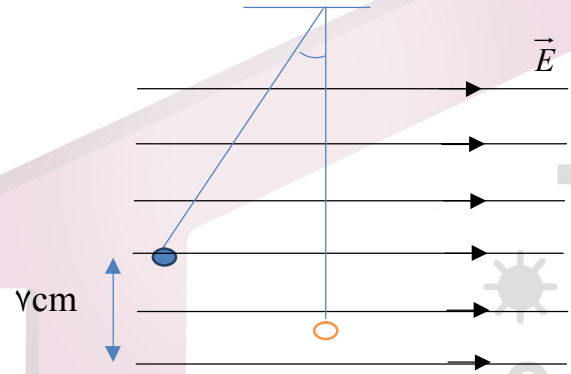
؟ مثال ٤٢ : دو ذره با بارهای $q_1 = -6\mu c$ و $q_2 = 500nc$ در یک میدان الکتریکی یکنواخت قرار گرفته اند.اگر اندازه نیروی وارد شده به بار q_1 به اندازه ۱۱۰ نیوتن بیشتر از نیروی وارد شده به بار q_2 باشد اندازه میدان الکتریکی چقدر است؟

خانه ریاضیات غرب تهران

**تعادل گلوله آونگ در یک میدان الکتریکی یکنواخت



مثال ۴۳ : درشکل مقابل گلوله آونگ به جرم ۴ گرم به انتهای نخی با جرم ناچیز و طول ۳۵cm بسته شده و در میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $۲\times۱۰^{۴}\frac{N}{C}$ درحال تعادل است بار الکتریکی گلوله چند کولن است؟ $(g=۱۰\frac{N}{kg})$



** تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی یک ذره باردار

همانطور که میدانیم بار مثبت به طور خود به خودی به سمت بار منفی حرکت میکند و بار منفی نیز به طور خود به خودی به سمت بار مثبت حرکت میکند.

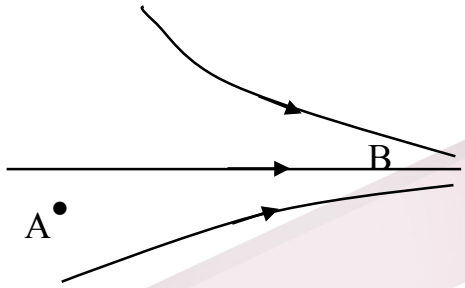
اما بار مثبت به طور خود به خودی به سمت بار مثبت نمیرود بلکه باید به زور (یعنی با صرف انرژی) بار مثبت را به سمت بار مثبت ببریم(به همین گونه برای بار منفی صادق است) بنابراین می‌توان به این نتیجه رسید که هرجا کاری به صورت خود به خودی انجام شود انرژی پتانسیل الکتریکی کاهش می یابد یعنی $(\Delta U<0)$و هرجا کاری به زور صورت گیرد انرژی پتانسیل الکتریکی افزایش می یابد. یعنی $(\Delta U>0)$

! نکته مهم: همانطور که گفتیم جهت میدان الکتریکی از بار مثبت خارج و به بار منفی وارد میشود یعنی از بار مثبت به سمت بار منفی است. بنابراین داریم:

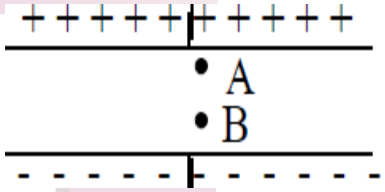
۱) اگر بار مثبت در جهت میدان الکتریکی و یا بار منفی در خلاف جهت میدان الکتریکی حرکت کند (کار خود به خودی) بنابراین انرژی پتانسیل الکتریکی کاهش می یابد. ($\Delta U < 0$)

۲) اگر بار مثبت در خلاف جهت میدان الکتریکی و یا بار منفی در جهت میدان الکتریکی حرکت کند (کار زوری) بنابراین انرژی پتانسیل الکتریکی افزایش می یابد. $(\Delta U > 0)$

؟ مثال ٤٤ : در شکل زیر اگر در میدان الکتریکی الکترونی را از A به B حرکت دهیم انرژی پتانسیل الکترون چگونه تغییر می کند؟



تست۲۸ : در شکل زیر اگر نیروی وارد بر بار نقطه ای (q-) و انرژی پتانسیل این بار را در نقطه A به ترتیب با U_A, F_A و همین کمیت ها را در نقطه B با U_B, F_B نشان دهیم کدام رابطه صحیح است؟



۱) $U_A > U_B, F_A = F_B$

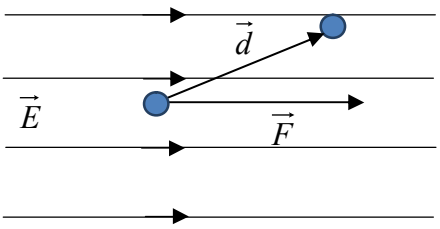
۲) $U_A \le U_B, F_A > F_B$

۳) $U_A \ge U_B, F_A < F_B$

۴) $U_A < U_B, F_A = F_B$

تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی و کار میدان الکتریکی

اگر ذره ای با بار q در یک میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E}$ جابجایی $\vec{d}$ را انجام دهد آنگاه کار انجام شده توسط میدان الکتریکی روی بار برابر است با:



$$W_E = Fd\cos\theta$$

$$W_E = E|q|d\cos\theta$$

از طرفی داریم:

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

$$\Delta U = W_{(\text{ــــ})}$$

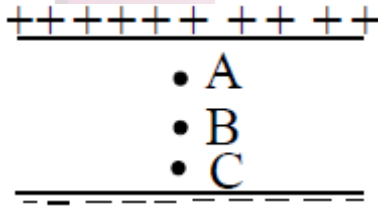
! نکته: در پایستگی انرژی تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی و تغییرات انرژی جنبشی قرنیه یکدیگرند.

$$\Delta U = -\Delta k$$

؟ مثال ٤٥: در یک میدان الکتریکی یکنواخ به بزرگی $4\times10^4\frac{N}{C}$ ذره ای با بار الکتریکی $-4\mu c$ از حال سکون رها می شود. پس از $25cm$ جابجایی در راستای خطوط میدان انرژی پتانسیل الکتریکی بار چگونه تغییر می کند؟

❋❋پتانسیل الکتریکی نقاط مختلف میدان الکتریکی

همواره جهت میدان الکتریکی از پتانسیل بیشتر به سمت پتانسیل کمتر است به عبارت دیگر هرچه به بارهای مثبت نزدیکتر باشیم پتانسیل بیشتر و هرچه از بار مثبت دورتر باشیم پتانسیل کمتر است.



$$V_A > V_B > V_C$$

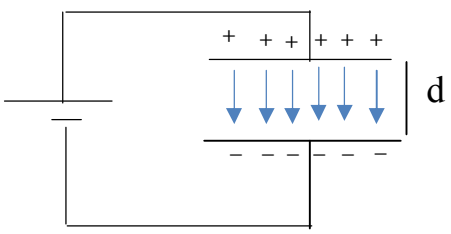
! نکته مهم: پتانسیل الکتریکی به بار الکتریکی بستگی ندارد یعنی در نقطه ای اگر بار الکتریکی وجود داشته باشد یا نداشته باشد پتانسیل آن نقطه مقداری ثابت است. اما انرژی پتانسیل الکتریکی به بار الکتریکی وابسته است.

! نکات مهم:

۱. میدان الکتریکی بین دو صفحه خازن که به یک باتری با پتانسیل V متصل است از رابطه زیر بدست میآید:

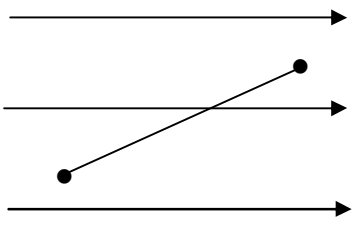
d: فاصله بین دو صفحه موازی

V: اختلاف پتانسیل بین دو صفحه



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

۲. در یک میدان الکتریکی یکنواخت اگر اندازه اختلاف پتانسیل دو نقطه A و B مطابق شکل زیر باشد میدان الکتریکی برابر است با:



$$d = AB\cos\alpha$$

$$E = \frac{\Delta V_{AB}}{d} = \frac{\Delta V_{AB}}{AB\cos\alpha}$$

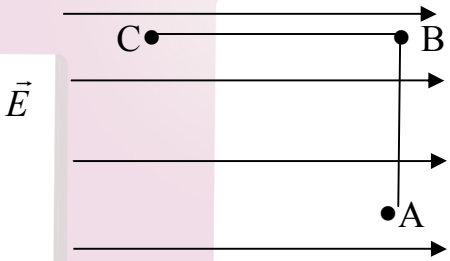
! نکته: دراین گونه مسائل فاصله دو نقطه در راستای میدان الکتریکی حائز اهمیت است.

؟ مثال ٤٦: مطابق شکل بار $q = 50nC$ را در میدان یکنواخت $8\times10^5\frac{N}{C}$ نخست از نقطه A تا B و سپس تا نقطه C جابجا می کنیم.اگر $AB = 0/2m$ و $BC = 0/4m$ باشد:

الف) نیروی وارد بر بار q را حساب کنید.

ب) کاری که نیروی الکتریکی در این جابجایی انجام می دهد را حساب کنید.

پ) تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار q در این جابجایی را حساب کنید.



خانه ریاضیات غرب تهران

**ارتباط بین انرژی پتانسیل الکتریکی و پتانسیل نقاط میدان

فرض کنید بار q از نقطه A به نقطه B منتقل شود و انرژی پتانسیل آن از U_A به U_B رسیده است. بنابراین داریم:

$$V_B - V_A = \frac{U_B - U_A}{q} \Rightarrow \Delta V_{AB} = \frac{\Delta U_{AB}}{q}$$

! نکته: در رابطه بالا علامت q وارد میشود.

؟ مثال ۴۷ : دو صفحه رسانا به فاصله ۲ سانتیمتر را موازی یکدیگر قرار می دهیم و آنها را به اختلاف پتانسیل ۱۰۰ ولت وصل می کنیم. در نتیجه یکی از صفحه ها به طور منفی و دیگری به طور مثبت باردار می شوند و میان دو صفحه میدان الکتریکی یکنواختی به وجود می آید. اندازه این میدان را حساب کنید.

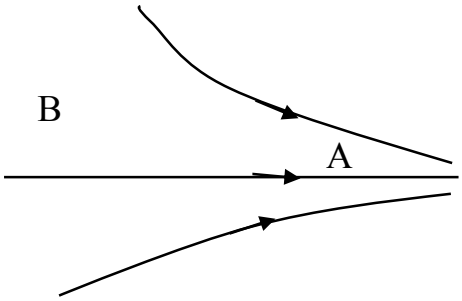
؟ مثال ۴۸ : بار الکتریکی $q = -40nC$ از نقطه ای با پتانسیل الکتریکی $V_1 = -40V$ تا نقطه ای با پتانسیل $V_2 = -10V$ آزادانه جابجا می شود. انرژی پتانسیل الکتریکی بار q چه اندازه و چگونه تغییر می کند؟

؟ مثال ۴۹ : اگر بار الکتریکی $-5\mu c$ از نقطه A به پتانسیل الکتریکی ۲ ولت به نقطه B منتقل میشود. اگر دراین جابجایی کار نیروی میدان الکتریکی ۵ میلی ژول باشد. پتانسیل نقطه B چند ولت است؟

خانه ریاضیات غرب تهران

آزمون

تست۲۹ : شکل زیر خطوط میدان الکتریکی را در قسمتی از فضا نشان میدهد در مقایسه میدان و پتانسیل الکتریکی نقاط A وB کدام رابطه درست است؟



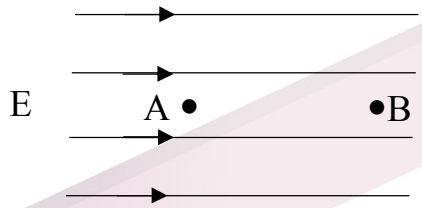
۱) $V_B > V_A, E_B < E_A$

۲) $V_B > V_A, E_B > E_A$

۳) $V_B < V_A, E_B < E_A$

۴) $V_B < V_A, E_B > E_A$

تست۳۰ : در شکل روبرو میدان الکتریکی یکنواخت $E = ۳۰۰۰\frac{N}{C}$ و فاصله AB برابر ۲cm است. اگر پتانسیل نقاط A وB را به ترتیب با V_A و V_B نشان دهیم. $V_B - V_A$ چند ولت است؟



۱) -۶۰۰۰

۲) ۶۰۰۰

۳) -۶۰

۴) ۶۰

تست۳۱ : اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو صفحه رسانای موازی ۵۰۰ ولت و فاصله بین دو صفحه یک سانتیمتر است الکترونی از صفحه منفی جدا شده و به سمت صفحه مثبت شتاب میگیرد. انرژی پتانسیل الکتریکی الکترون تا رسیدن به صفحه مثبت به اندازه ..... ژول ..... می یابد.

۱) ۸×۱۰^{-۱۷}، افزایش

۲) ۸×۱۰^{-۱۹}، افزایش

۳) ۸×۱۰^{-۱۹}، کاهش

۴) ۸×۱۰^{-۱۷} ، کاهش

تست۳۲ : در انتقال بار ۵ میکروکولن از نقطه A به نقطه B به اندازه ۲ میلی ژول انرژی آزاد می شود. اگر پتانسیل الکتریکی نقطه B برابر با ۱۰۰ ولت باشد پتانسیل الکتریکی نقطه A چند ولت است؟

۱) ۵۰۰ ۲) ۴۰۰ ۳) ۳۰۰ ۴) صفر

تست۳۳ : در یک میدان الکتریکی بار q از نقطه A تا B جابجا می شود اگر کار نیروی الکتریکی در این انتقال برابر ۳۶ میکروژول و انرژی پتانسیل الکتریکی این بار در نقطه A برابر ۲۰ میکروژول باشد. انرژی پتانسیل الکتریکی بار q در نقطه B چند میکروژول است؟

۱) ۱۶ ۲) -۱۶ ۳) ۵۶ ۴) -۵۶

**توزیع بار الکتریکی در رسانا

جسم رسانا دارای الکترونهای آزاد میباشد وقتی به جسم رسانا بار داده میشود بارهای داده شده روی سطح خارجی جسم رسانا پخش میشوند زیرا بارها باید طوری قرار بگیرند که برآیند نیروهای وارد برآنها به حداقل برسد.

! نکته: بارهای داده شده به جسم نارسانا درهمان محل باقی می مانند زیرا جسم نارسانا تعداد الکترون های آزاد بسیار کمی دارد.

! نکته: میدان الکتریکی برآیند داخل جسم رسانا صفر میباشد . بنابراین وقتی یک جسم رسانا در میدان الکتریکی خارجی قرار می‌گیرد جسم در تعادل الکترواستاتیکی قرار میگیرد.

! نکته: وقتی جسم رسانای خنثی در یک میدان الکتریکی خارجی قرار میگیرد الکترون های آزاد جسم تحت تاثیر میدان الکتریکی خارجی به گونه ای روی سطح رسانا جابجا میشوند که میدان الکتریکی ناشی از آنها اثر میدان خارجی داخل رسانا را خنثی کند و میدان الکتریکی برآیند داخل رسانا صفر شود(میدان الکتریکی خارجی روی سطح جسم رسانا عمود میباشد).

! نکته: با توجه به صفر بودن میدان الکتریکی خالص داخل رسانا و عمود بودن میدان روی سطح رسانا کار نیروی الکتریکی درهرجابه جایی بار داخل وروی سطح رسانا صفر است.

! نکته: تمام نقاط روی سطح رسانا و داخل آن تحت هر شرایطی دارای پتانسیل الکتریکی یکسان میباشد.

! نکته: علت شارش (جابجایی) بار الکتریکی بین دو نقطه اختلاف پتانسیل الکتریکی بین آن دو نقطه میباشد.

! نکته: جهت جریان الکتریکی از پتانسیل بیشتر به سمت پتانسیل کمتر است. اما حرکت الکترون ها در خلاف جهت جریان الکتریکی یعنی از پتانسیل الکتریکی کمتر به سمت پتانسیل الکتریکی بیشتر است.

نکته: وقتی جسم رسانا (یا جسم های رسانا) درتعادل الکترو استاتیکی قرار میگیرند یعنی تمام نقاط آنها هم پتانسیل می شوند.

** چگالی سطحی بار الکتریکی جسم رسانا (σ)

به تعداد بار الکتریکی در واحد سطح جسم رسانا گفته میشود.

σ: چگالی سطحی بار الکتریکی جسم رسانا ($\frac{c}{m^2}$)

q :بار الکتریکی (c)

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

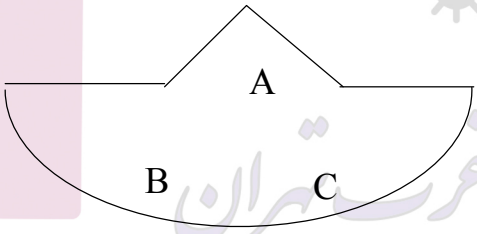
A :مساحت سطح جسم (m^2)

! نکته:چگالی سطحی جسم رسانا در نقاط نوک تیز و برجسته (پله ای) بیشتر از سایر نقاط است.

** فرمول مقایسه ای

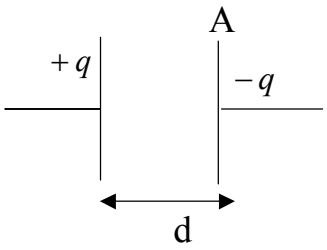
$$\frac{\sigma_A}{\sigma_B} = \frac{q_A}{q_B} \times \frac{A_B}{A_A} \rightarrow \frac{\sigma_A}{\sigma_B} = \frac{q_A}{q_B} \times (\frac{r_B}{r_A})^2$$

؟ مثال ۵۰ : در شکل زیر چگالی سطحی بار الکتریکی را در نقاط C, B, A مقایسه کنید.



خازن

خازن وسیله ای است الکتریکی که از دو صفحه رسانای موازی هم تشکیل شده است.



❋❋ظرفیت خازن و شارژ کردن خازن

وقتی خازنی را به باتری وصل میکنیم، میتوانیم درآن بار الکتریکی ذخیره کنیم. در حقیقت چون اختلاف پتانسیل بین صفحات خازن و باتری در ابتدای وصل کردن متفاوت است بنابراین شارش بار الکتریکی از باتری به صفحات ادامه می یابد تا جاییکه اختلاف پتانسیل بین صفحات برابر اختلاف پتانسیل باتری شود. صفحه ای که به پایانه مثبت باتری متصل است دارای بار مثبت و صفحه ای که به پایانه منفی باتری وصل است دارای بار منفی است.

! نکته: وقتی می گوییم خازن دارای بار q است یعنی یک صفحه خازن دارای بار q+ و صفحه دیگر دارای بار q− است

❋❋ فرمول مستقیم ظرفیت خازن

C: ظرفیت خازن (فاراد F)

q: بار الکتریکی خازن (C)

V : اختلاف پتانسیل دو سر خازن (ولت)

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

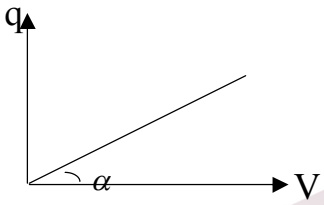
❋❋فرمول مقایسه ای

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{q_2}{q_1} \times \frac{V_1}{V_2}.$$

؟ مثال ۱ : اختلاف پتانسیل بین دو صفحه یک خازن را از ۲۸ ول به ۴۰ ولت افزایش می دهیم. اگر با این کار ۱۵ میکروکولن بر بار ذخره شده در خازن افزوده شود ظرفیت خازن را حساب کنید.

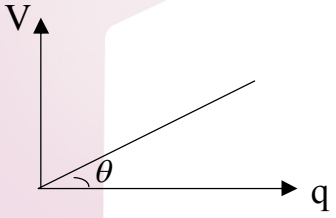
نمودارها

الف: نمودار بار برحسب اختلاف پتانسیل (q - V)



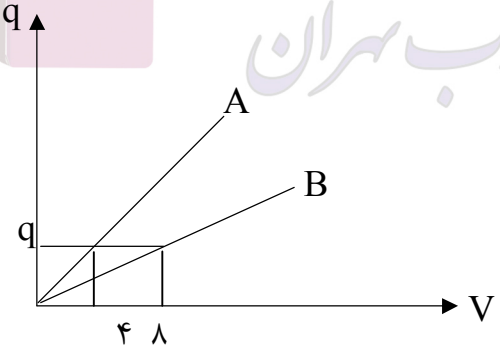
شیب نمودار (q – V) = $\tan\alpha = \frac{q}{V} = C$

ب: نمودار اختلاف پتانسیل برحسب بار الکتریکی (V – q)



شیب نمودار (V – q) = $\tan\theta = \frac{V}{q} = \frac{1}{C}$

؟ مثال ۲ : نمودار با بار ذخیره شده در دو خازن A , B برحسب ولتاژ دو سرآنها مطابق شکل است. ظرفیت خازن A چند برابر خازن B است؟



❋❋ فرمول ساختمانی خازن

$C = k\,\varepsilon_0 \frac{A}{d}$ k :ثابت دی الکتریک

$\varepsilon_.$: ضریب گذردهی الکتریکی خلاء $(\varepsilon_. = ۸/۸۵ \times ۱۰^{-۱۲} \frac{C^۲}{N.m^۲})$

A: مساحت سطح مشترک صفحات خازن $(m^۲)$

d: فاصله بین صفحات خازن (m)

❋❋فرمول مقایسه ای

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{K_2}{K_1} \times \frac{A_2}{A_1} \times \frac{d_1}{d_2}$$

؟ مثال ۵۳ : ظرفیت یک خازن تخت با فاصله صفحات ۱ میلی متر که بین صفحات آن هوا قرار دارد برابر یک فاراد است. مساحت صفحه های این خازن چقدر است؟

؟ مثال ٥٤ : مساحت هر یک از صفحه های خازن تختی ۱ متر مربع و فاصله دو صفحه از هم ۰/۵ میلی متر است.عایقی با دی الکتریک ۵ بین دو صفحه قرار داده شده است. ظرفیت خازن را تعیین کنید

؟ مثال ۵۵ : اگر فاصله بین صفحات خازن مسطحی را نصف و اختلاف پتانسیل بین دو صفحه آن را دو برابر کنیم بار الکتریکی ذخیره شده در خازن چند برابر می شود؟

! نکته: ثابت دی الکتریک برای هوا (خلا) برابر یک است و برای مواد عایق دیگر بـه جـز هـوا بزرگتـر از یـک میباشد.

! نکته: اگر بین صفحات خازن ماده رسانا و یا نارسانا (عایق) قرار گیرد ظرفیت خازن افزایش می‌یابد. چرا؟

! نکته مهم: ظرفیت خازن به فرمول مستقیم آن $(C=\frac{q}{V})$ وابسته نیسـت و فقـط بـه فرمـول سـاختمانی خازن $(C=k\varepsilon_0\frac{A}{d})$ وابسته است. مگر آنکه یکی از المان های q یا V در فرمول مسقیم ثابت باشند.

! نکته: اگر خازن با باتری شارژ شود و سپس از باتری جدا شود بار الکتریکی در خازن ثابت می ماند.

! نکته: اگر خازن با باتری شارژ شود و همچنان به باتری متصل باشد اختلاف پتانسیل دو سر خازن ثابت مـی ماند.

** فروریزش الکتریکی

وقتی بین صفحات خازن دی الکتریک قرار دهیم باعث میشود تا حداکثر ولتاژ قابل تحمل خـازن افـزایش یابـد. دراین صورت اگر اختلاف پتانسیل بین صفحات خازن را به اندازه کافی زیاد کنیم تعداد زیادی از الکتـرون هـای ماده دی الکتریک توسط میدان الکتریکی ایجاد شده بین دو صفحهکننده میشوند و مسـیرهایی رسـانا درون دی الکتریک ایجاد میشود که سبب تخلیه خازن میشود، به این پدیده فروریزش الکتریکـی گوینـد. کـه ایـن پدیـده معمولاً با ایجاد جرقه همراه است و در بیشتر مواقع خازن را می سوزاند.

**انرژی الکتریکی ذخیره شده در خازن

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

q=C.V

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

؟ مثال ٥٦ : ظرفیت خازنی ۱۲ میکروفاراد و بار الکتریکی آن q است. اگر ۳ میلی کولن بار از صفحه منفی جدا کرده و به صفحه مثبت منتقل کنیم انرژی ذخیره شده در خازن ۸ ژول زیاد می شود.q را حساب کنید.

! نکته مهم:

$$\text{درصد تغییرات کمیت A}=\frac{\Delta A}{A_1}\times 100=\frac{A_2-A_1}{A_1}\times 100$$

؟ مثال ٥٧ : خازن مسطحی که بین صفحات آن هوا قرار دارد به یک مولد متصل است. اگر در همین حالت فاصله صفحات آن را ۴ برابر کنیم. انرژی خازن چند درصد کاهش می یابد؟

خانه ریاضیات غرب تهران