گپ اول : مفاهیم

گپ دوم : قانون کولن

گپ سوم : میدان الکتریکی

گپ چهارم : انرژی پتانسیل و اختلاف پتانسیل

گپ پنجم : خازن

Alaeefizik fizikAlaee

بار الکتریکی، پایستگی و کوانتیده بودن بار الکتریکی

مفهوم بار الکتریکی: اجسام در حالت عادی از حیث الکتریکی خنثی هستند، یعنی تعداد بارهای مثبت و منفی آنها یکسان است. اگر جسمی الکترون اضافی دریافت کند، دارای بار منفی و اگر الکترون از دست بدهد، دارای بار مثبت می‌شود.

Alaeefizik fizikAlaee

یادآوری فیزیک هشتم

باردار کردن اجسام:

تماس جسم رسانا با جسم رسانا:

یک جسم باردار با یک جسم خنثی: قسمتی از بارهای الکتریکی از جسم باردار به جسم خنثی می روند به گونه ای که پتانسیل الکتریکی دو جسم یکسان شود و برای بار الکتریکی فرقی نکند که در کدام جسم باشد. در این حالت انگار دو جسم، یک جسم هستند.

Alaeefizik fizikAlaee

دو جسم با بار هم نام: بار الکتریکی از جسمی که بارهای فشرده تری دارد به جسمی می‌رود که فاصله ی بارهای آن بیشتر است. تا در آخر پتانسیل الکتریکی جسم ها یکسان شود.

دقت کنید الکترون از جسمی که الکترون های فشرده تری دارد به جسم دیگری می رود، نه از جسمی که الکترون های بیشتری دارد!

Alaeefizik fizikAlaee

دو جسم با بار مخالف: ابتدا بارهای نا هم نام با هم خنثی می شوند و در آخر، آن باری می ماند که تعدادش بیشتر است. سپس باری که باقی مانده بین دو جسم پراکنده می شود. به گونه ای که پتانسیل آن دو جسم یکسان شود.

تماس با جسم نارسانا:

هنگامی که جسم (چه رسانا چه نارسانا) با جسم نارسانا تماس داده می شود، انتقال بار فقط در محل تماس رخ می دهد. مثلاً اگر یک جسم با بار مثبت را به یک جسم نارسانای خنثی تماس دهیم در نقطه ی تماس جسم نارسانا بار مثبت می نشیند و اگر

Alaeefizik fizikAlaee

در نقطه ای دیگر از همین نارسانا یک جسم با بار منفی تماس دهیم در نقطه ی تماس بار منفی می‌نشیند.

مالش: هنگامی که دو جسم خنثی را به هم می مالیم، الکترون از یک جسم کنده شده و به جسم دیگر انتقال پیدا می کند. در اینصورت جسمی که الکترون را از دست داده بار مثبت و جسمی که الکترون بدست آورده بار منفی پیدا می‌کند.

1- میله ی پلاستیکی در مالش با پارچه ی ابریشمی بار منفی پیدا می‌کند.

2- میله ی شیشه‌ای در مالش با پارچه ی ابریشمی بار مثبت پیدا می‌کند.

Alaeefizik fizikAlaee

جدول۱ـ۱ سری الکتریسیته مالشی (تریبوالکتریک)[1]

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

Alaeefizik fizikAlaee

در مالش الکترون‌ها بر خلاف میل طبیعی و به خاطر عملیات فیزیکی انتقال پیدا می‌کنند. جسمی که بار منفی بدست می آورد مرتب منفی و منفی تر شده و جسمی که بار مثبت بدست می آورد، مرتب مثبت و مثبت‌تر می شود.

تماس: هنگامی که دو جسم را به هم تماس می دهیم، الکترون‌ها طبق میل طبیعی از جسمی که الکترون های فشرده تری داری به جسم دیگر انتقال پیدا می‌کنند.

Alaeefizik fizikAlaee

القا: منظور از القاء در هر جای فیزیک یعنی اینکه بدون هیچ تماس و برخوردی تنها از راه دور روی جسم تأثیر بگذاریم. فرض کنید یک جسم با بار منفی را به یک جسم رسانای خنثی نزدیک می‌کنیم.

در جسم رسانای خنثی چقدر بار الکتریکی وجود دارد؟ نگویید هیچی! یک جسم رسانا پر از بارهای مثبت و منفی است ولی چون این بارها به صورت مزدوج در کنار هم هستند، آنها را نمایش نمی دهیم. پس در جسم رسانای خنثی تعداد بارهای مثبت و

Alaeefizik fizikAlaee

منفی با هم برابر است. وقتی می گوئیم یک جسم $2\mu c$ بار منفی دارد؛ منظورمان این است که بارهای منفی $2\mu c$ بیشتر از بارهای مثبت است.

هنگامی که جسم با بار منفی نزدیک جسم خنثی می شود، تعدادی از بارهای مثبت را به خود جذب می کند. در این صورت تعدادی از بارهای مزدوج طلاق! می گیرند و بارهای مثبت و منفی از هم جدا می شوند. بارهای مثبت می روند به تماشای بارهای منفی ای که در جسم دیگر قرار دارند و بارهای منفی طلاق گرفته قهر می‌کنند و می

Alaeefizik fizikAlaee

روند در سمت دیگر جسم قرار می گیرند. به این تفکیک بار در جسم خنثی، القاء شدن می گویند.

حال جسم با بار منفی، سر مثبت جسم القاء شده را جذب می کند. پس دقت کنید هنگامی که شانه ای را به موهای سرتان می مالید، بار منفی پیدا می کند و خرده‌های کاغذی خنثی هستند. علّت جذب خرده های کاغذ توسط شانه این است که ابتدا خرده های کاغذ القا می شوند و سپس سر مثبت آنها توسط شانه پلاستیکی (که بار منفی دارد) جذب می شود.

Alaeefizik fizikAlaee

بنابراین می توان گفت:

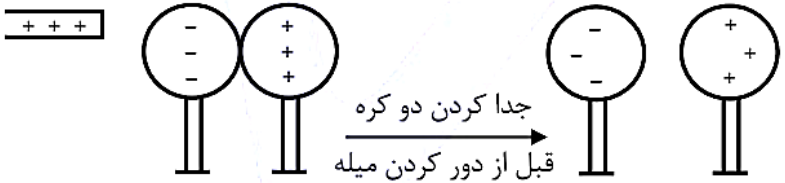
1) دو بار هم نام همدیگر را دفع می کنند.

2) دو بار نام هم نام همدیگر را جذب می کنند.

یک جسم باردار، یک جسم خنثی را از طریق القاء جذب می کند.

Alaeefizik fizikAlaee

✓ **می توان با استفاده از القاء یک کره ی باردار با بار مثبت و منفی ایجاد. دقت کنید که اگر قبل از جداکردن گلوله جسم باردار را دور کنیم بار گلوله ها صفر خواهد بود.**



Alaeefizik fizikAlaee

- چه اجسامی و چگونه به روش مالش باردار می‌شوند؟ معمولاً اجسام نارسانا را به روش مالش باردار می‌کنند، به این‌صورت که طی مالش الکترون‌های سطح یکی از دو جسم با کسب انرژی به جسم دیگر منتقل می‌شوند.

- تذکر 1: در روش مالش، هر دو جسم دارای بارهای ناهمنام اما هم اندازه می‌شوند.
- تذکر ۲: جسمی که الکترون‌خواه تر است، الکترون دریافت می‌کند. جدول الکتریسیته مالشی (تریبوالکتریک) برخی اجسام از بالا به پایین به‌ترتیب افزایش الکترون‌خواهی مرتب شده‌اند. (جدول ۱-۱ کتاب درسی)

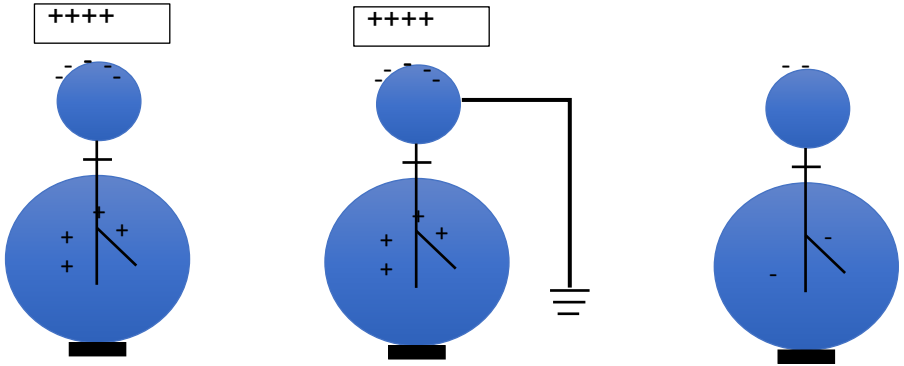
Alaeefizik fizikAlaee

الکتروسکوپ: در پرسش‌های مربوط به الکتروسکوپ معمولاً 4 کاربرد آن پرسیده می‌شود. در ابتدا روش باردار کردن آن را بیان می‌کنیم. فرض کنیم می‌خواهیم به الکتروسکوپ بار منفی بدهیم.

آ) روش تماس: میله با بار منفی را به کلاهک الکتروسکوپ خنثی تماس می‌دهیم. در این حالت تعدادی از بارهای منفی میله بـه الکتروسکوپ منتقل می‌شود.

Alaeefizik fizikAlaee

ب) روش القا: ۱. یک میله‌ی شیشه‌ای را که با مالش به یک پارچه ابریشمی دارای بار مثبت کرده‌ایم، به کلاهک الکتروسکوپ بدون بار نزدیک می‌کنیم. در این‌صورت کلاهک بار منفی و ورقه‌ها، بار مثبت به‌دست می‌آورند.



Alaeefizik fizikAlaee

2. بدون تغییر مکان میله شیشه‌ای، کلاهک الکتروسکوپ را با دست یا با یک سیم رسانا به زمین اتصال می‌دهیم، در این‌صورت بارهای مثبت الکتروسکوپ توسط زمین خنثی می‌شوند و فقط در کلاهک بار منفی باقی می‌ماند.

3. اتصال به زمین را قطع و سپس میله را دور می‌کنیم. در این‌صورت الکتروسکوپ دارای بار منفی خواهد شد.

Alaeefizik fizikAlaee

کاربرد ۱: تشخیص باردار بودن یک جسم: اگر جسم را به‌وسیله‌ی یک عایق به یک الکتروسکوپ دارای بار معلوم نزدیک کنیم و یا تماس دهیم و هیچ اتفاقی در فاصله‌ی بین ورقه‌ها رخ ندهد آن جسم بدون بار است. در غیر این‌صورت باردار خواهد بود.

کاربرد ۲: تعیین نوع بار یک جسم توسط الکتروسکوپ باردار: برای تشخیص نوع بار یک جسم ابتدا الکتروسکوپ را باردار میکنیم، به طوری که نوع بار آن مشخص باشد. سپس جسم باردار را به تدریج و به آرامی به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک میکنیم دو حالت ممکن است رخ دهد اگر در تمام مدت ورقه های الکتروسکوپ به طور پیوسته

Alaeefizik fizikAlaee

از هم دور شوند بار جسم و الکتروسکوپ یکسان است. اما اگر ورقه ها پیوسته جمع شوندو یا ابتدا بسته و سپس از هم دور شوند بار جسم ناهمنام با بار الکتروسکوپ خواهد بود.

کاربرد ۳ :رسانا یا نارسانا بودن یک جسم: جسم مورد نظر را به کلاهک الکتروسکوپ باردار تماس میدهیم. اگر بار الکتروسکوپ خنثی شود جسم مورد نظر رسانا است و اگر تغییری در ورقه های الکتروسکوپ ایجاد نشود، جسم نارسانا میباشد.

Alaeefizik fizikAlaee

کاربرد ۳ : تعیین میزان بار جسم: هر چه بار جسم بیشتر باشد، بار بیشتری به الکتروسکوپ انتقال پیدا می کند، پس نیروی دافعه بین صفحات بیشتر می شود و لذا زاویه ی بین آنها بیشتر می‌شود.

هنگامی که جسم رسانا را به کلاهک الکتروسکوپ می چسبانیم. الکتروسکوپ باردار می‌شود. هنگامی که جسم را دور می کنیم الکتروسکوپ همچنان باردار می‌ماند. برای خنثی کردن الکتروسکوپ باید آن را به زمین اتصال دهیم. یک روش این است که دستمان را به کلاهک بچسبانیم.

Alaeefizik fizikAlaee

پایستگی و کوانتیده بودن بار الکتریکی

اصل پایستگی بار الکتریکی: مجموع جبری همه‌ی بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی ثابت است.

بار الکتریکی می تواند از جسمی به جسم دیگر منتقل شود. اما هرگز امکان تولید یا نابودی یک بار خالص وجود ندارد.

Alaeefizik fizikAlaee

تذکر: بار الکتریکی هر جسم مضرب درستی از بار بنیادی بار الکترون است که از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید.

$$q = \pm ne \qquad n = 0, 1, 2, \ldots$$

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 1:

کلمه یا عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب کنید.

الف) با مالش دادن دو جسم خنثی به یکدیگر اندازه بار ایجاد شده در آنها (مساوی، متفاوت) خواهد بود.

ب) بارهای مثبت و منفی توسط (کولن - فرانکلین) نامگذاری شد.

پ) خنثی بودن یک جسم به معنی این است که در آن جسم (جمع جبری بارهای الکتریکی - اندازه بار الکتریکی) صفر است.

Alaeefizik fizikAlaee

ت) در شرایط یکسان اثر القای الکتریکی در جسم (رسانا – نارسانا) بیشتر است.

ث) جسم نارسانا را میتوان با روش ..... باردار کرد. (القا – مالش یا تماس)

ج) وقتی دو میله پلاستیکی را با پارچه پشمی مالش دهیم میله‌ها همدیگر را (جذب – دفع) می‌کنند.

چ) نوع باری که دو جسم بر اثر مالش پیدا می‌کنند به ..... آن‌ها بستگی دارد. (شکل – جنس)

Alaeefizik fizikAlaee

ح) اگر با نزدیک کردن میله باردار به کلاهک الکتروسکوپ باردار فاصله تیغه‌ها افزایش – کاهش یابد، بار میله و الکتروسکوپ همنام است و اگر فاصله تیغه‌ها (افزایش – کاهش) یابد بار میله و الکتروسکوپ ناهمنام است.

خ) بار الکتریکی یک جسم مضرب درستی از بار بنیادی الکترون e است. این موضوع مربوطبه اصل (پایستگی بار – کوانتیده بودن بار) است.

د) ..... یک کمیت کوانتومی است (بار الکتریکی – نیروی گرانش)

Alaeefizik fizikAlaee

ذ) طبق اصل کوانتیده بودن – بار – پایستگی بار الکتریکی مجموع بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی ثابت است.

ر) بر اثر مالش دو جسم جسمی که الکترون‌خواهی (کم‌تری – بیش‌تری) دارد الکترون از دست می‌دهد.

ز) با انتقال $۲\mathbf{nC}$ بار الکتریکی بین دو جسم $\mathbf{12 \times 10^{19}}$ الکترون از یک جسم به جسم دیگر منتقل می‌شود. (درست - نادرست) $(\mathbf{|e| = 1/6 \times 10^{-19}C})$

Alaeefizik fizikAlaee

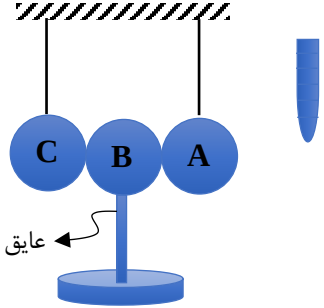
مثال 2:

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

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 3:

مطابق شکل سه گلوله فلزی خنثی A، B و C در تماس با هم قرار دارند. اگر میله باردار با بار منفی را به گلوله نزدیک کنیم و سپس گلوله B را از جای خود خارج کرده و دور کنیم و سپس میله با بار منفی را دور کنیم؛ بار هر یک از کره های B، A و C چگونه خواهد بود؟



Alaeefizik fizikAlaee

مثال 4:

جدول مقابل قسمتی از جدول سری الکتریسیته مالشی (تریبوالکتریک) است. با توجه به این جدول نوع بار هر ماده را مشخص کنید.

انتهای مثبت سری
موی انسان
شیشه
ابریشم
پلاستیک
انتهای منفی سری

الف) مالش یک میله شیشه‌ای با موی سر

ب) مالش یک میله پلاستیکی با پارچه ابریشم

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 5:

به هریک از پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

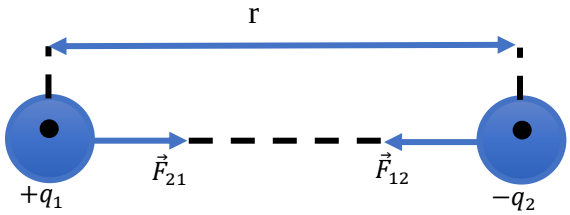
الف) دانش آموزی ادعا می‌کند بار الکتریکی یک جسم $4/2\ e$ است دانش‌آموز کدام اصل فیزیکی را نادیده گرفته است؟

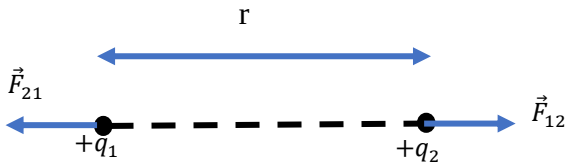
ب) عدد اتمی قلع برابر ۵۰ است بار الکتریکی هستهٔ آن چند کولن است؟ $(|e| = 1/6 \times 10^{-19}\mathrm{C})$

Alaeefizik fizikAlaee

قانون کولن و برهم نهی نیروهای الکتروستاتیکی

قانون کولن نیروی الکتریکی ربایشی یا رانشی بین دو ذره ی باردار q_1 و q_2 که در فاصله‌ی r از یکدیگر قرار دارند، با حاصل‌ضرب بار دو ذره نسبت مستقیم و با مجذور فاصله‌ی دو ذره از یکدیگر نسبت وارون دارد.





Alaeefizik fizikAlaee

طبق قانون سوم نیوتون اندازه‌ی نیرویی که بار q_1 و q_2 وارد می‌کند با اندازه‌ی نیرویی که بار q_1 به q_2 وارد می‌کند، برابر است. به عبارت دیگر این دو نیرو هم‌اندازه هم‌راستا اما در سوی مخالف یکدیگرند.

طبق قانون کولن برای محاسبه‌ی بزرگی نیرویی که دو ذره‌ی باردار به‌هم وارد می‌کنند، از رابطه‌ی زیر استفاده می‌کنیم.

$$F_{1,2} = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

Alaeefizik fizikAlaee

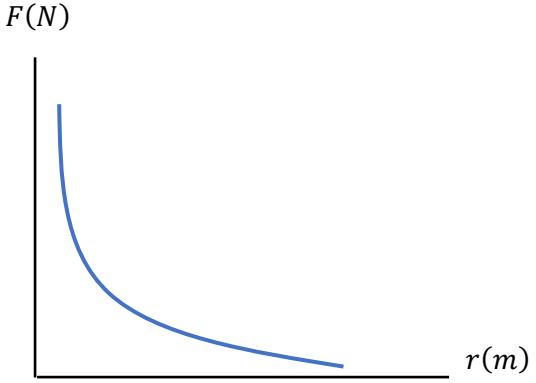
در این رابطه برای محاسبه‌ی بزرگی نیروی F برحسب N، باید r برحسب «متر» و q_1 و q_2 برحسب «کولن» باشد.

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \xrightarrow{\varepsilon_0 = 8/85 \times 10^{-12}\ \frac{C^2}{N.m^2}} K = 9 \times 10^9\ \frac{N.m^2}{C^2}$$ ثابت کولن

Alaeefizik fizikAlaee

در رابطه ی فوق ε_0، ضریب گذردهی الکتریکی خلأ می‌باشد و یکای آن به کمک علامت بارها، نوع نیروی بین آنها (همنام، دافعه، ناهم‌نام جاذبه) را تعیین می‌کنیم.

نمودار نیروی بین دو بار (F) برحسب فاصله‌ی آنها مطابق شکل مقابل است.



Alaeefizik fizikAlaee

حالت های مختلف مسائل مربوط به قانون کولن

حالت ۱: محاسبه نیروی بین دو بار: در این حالت یکی از ۴ عامل q_1، q_2، r و یا F مجهول است که با توجه به توضیح بالا و رابطه‌ی ذکر شده قابل حل هستند.

حالت ۲: تماس دو کره رسانای باردار: در این تیپ از مسائل عموماً دو کره رسانای باردار مشابه را به‌هم تماس می‌دهند و نسبت نیروی الکتریکی کره‌ها در دو حالت قبل و بعد از تماس آنها با یکدیگر را می‌خواهند که به‌صورت زیر عمل می‌کنیم.

Alaeefizik fizikAlaee

1- بعد از تماس کره‌ها به یکدیگر بار هریک با دیگری برابر و مساوی میانگین جبری بار کره‌ها قبل از تماس است (بار کره‌ها با علامت مثبت یا منفی خودشان در نظر گرفته می‌شود).

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

Alaeefizik fizikAlaee

2- برای تعیین نسبت نیرویی که کره‌ها بعد از تماس به هم وارد می‌کنند (یعنی $F' = \frac{k|q_1'||q_2'|}{r'^2}$) به نیرویی که قبل از تماس به هم (یعنی $F = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2}$) رابطه‌ی زیر را می‌نویسیم:

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

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 6:

مثال: دو کره‌ی رسانای مشابه با بارهای ناهمنام $-q$ و $5q$ در فاصله‌ی r نیروی F را بر هم وارد می‌کنند. اگر این دو کره را به هم تماس دهیم و در همان فاصله قرار دهیم نیرویی که به هم وارد می‌کنند چند برابر می‌شود؟

Alaeefizik fizikAlaee

تذکر: نیرویی که کره‌ها بعد از تماس با یکدیگر بر هم وارد می‌کنند، الزاماً رانشی است ولی نیروی آنها به هم قبل از تماس به علامت بارهای روی آنها بستگی دارد.

حالت ۳: برایند نیروهای وارد بر یک ذره: از طرف چند ذره در این تیپ از مسائل چند ذره که می‌توانند بر روی یک خط راست قرار گیرند و یا غیرواقع بر یک خط باشند (مانند رأس‌های مثلث چهار ضلعی دایره و ...) داده می‌شود و مسئله برایند نیروهای وارد بر یک ذره‌ی خاص را می‌خواهد. روش عمومی محاسبه برایند نیروها در سه مرحله به‌صورت زیر است:

Alaeefizik fizikAlaee

مرحله‌ی اول: بردار نیرویی که ازطرف هریک از بارها بر بار هدف وارد می‌شود را رسم می‌کنیم برای رسم توجه به چهار نکته ی زیر مهم است:

. هر دفعه برای رسم نیروی هر یک از بارها بر بار هدف به بارهای دیگر توجهی نمی‌کنیم.

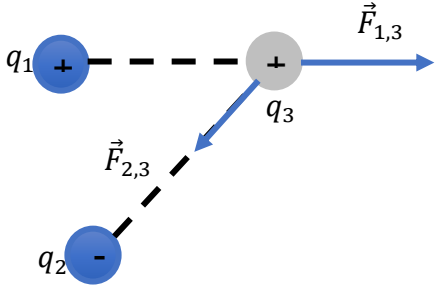
. ابتدای بردار را بر بار هدف قرار می‌دهیم.

. راستای بردار نیرو الزاماً روی خطی است که دو بار را به هم وصل می‌کند.

Alaeefizik fizikAlaee

. جهت بردار براساس نوع دو بار تعیین می‌شود. (جاذبه یا دافعه)

به‌عنوان مثال: در شکل بردار نیروهایی را که q_1 و q_2 بر q_3 وارد می‌کنند مطابق روش ذکر شده رسم کرده‌ایم.



Alaeefizik fizikAlaee

مرحله‌ی دوم: بزرگی هریک از نیروها را بدون در نظر گرفتن علامت بارها و از رابطه‌ی $F = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2}$ به‌دست می‌آوریم (کمیت‌ها در SI باشند).

مرحله‌ی سوم: در پایان، برایند بردارها را براساس قوانین جمع برداری محاسبه می‌کنیم اگر نیروها هم‌راستا باشند. اندازه‌ی برایند با جمع جبری اندازه‌ی آنها به‌دست می‌آید و درنهایت بسته به این که درسوی مثبت محور xها باشد به‌صورت $F_T\vec{i}$ و اگر خلاف جهت xها باشد آن‌را به‌صورت $-F_T\vec{i}$ می‌نویسیم.

Alaeefizik fizikAlaee

اما اگر ذره‌ها در یک راستا نباشند، بهتر است نیروی هر ذره را برحسب بردارهای یکه $\vec{i}$ و $\vec{j}$ بنویسیم و جمع برداری کنیم: $\vec{F}_t = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \cdots$ که درنهایت به‌صورت $\vec{F}_t = \vec{F}_x\vec{i} + \vec{F}_y\vec{j}$ در می‌آیند و بزرگی آن را از رابطه‌ی $F_t = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$ محاسبه می‌کنیم.

Alaeefizik fizikAlaee

حالت ۴: یافتن محل بار الکتریکی سوم که برایند نیروهای وارد بر آن از طرف دو بار دیگر صفر شود.

کاربرد این تیپ مسئله بیش‌تر در بحث میدان الکتریکی است که رفتار حل در هر دو حالت یکسان است. در اینجا فقط به این چهار نکته اکتفا می‌کنیم:

. هنگامی برایند نیروهای وارد بر باری صفر است که نیروی وارد از طرف دو بار دیگر هم اندازه و ناهمسو باشند.

Alaeefizik fizikAlaee

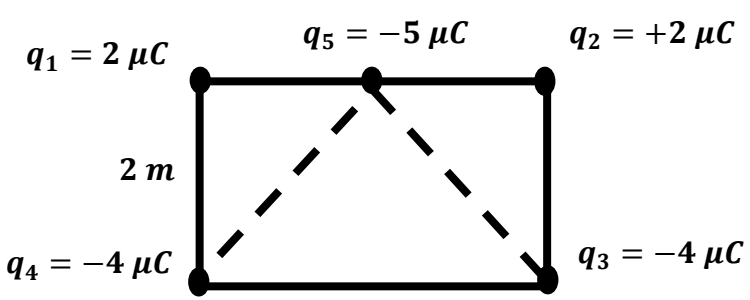
. محل بار سوم برای صفر شدن نیرو برای دو بار هم نام بین دو بار و نزدیک به بار با بزرگی کوچکتر است و برای بارهای ناهم‌نام خارج دو بار و نزدیک به بار با اندازه‌ی کوچک‌تر خواهد بود.

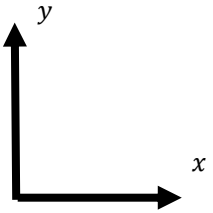
. با رسم بردارهای دو نیرو که ناهمسو هستند اندازه‌های آن دو را مساوی قرار می‌دهیم.

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 7:

مثال: مطابق شکل در چهار رأس یک مستطیل ($2m \times 4m$)، چهار بار الکتریکی و بر وسط ضلع بالای آن بار $q_5 = -5\mu C$ واقع است، برایند نیروهای وارد بر بار q_5 را از طرف چهار بار دیگر بر حسب بردارهای یکه بیابید.





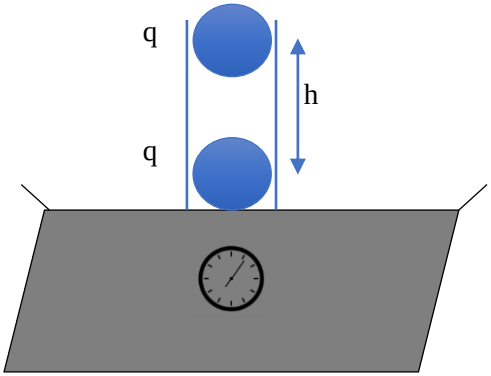
Alaeefizik fizikAlaee

مثال 8:

مثال: مطابق شکل دو گلوله هم جرم و دارای بار یکسان در لوله‌ای بدون اصطکاک با دیواره طوری قرار دارند که دو گلوله در فاصله‌ی h در حالت تعادل‌اند.

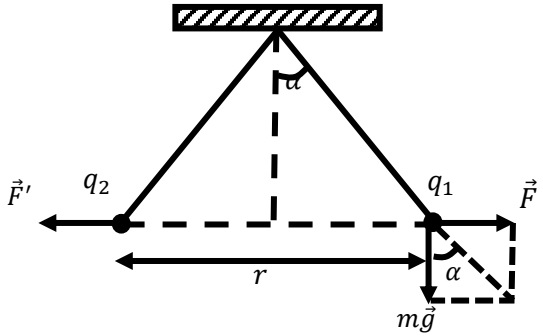
آ) نوع بار را تعیین و فاصله‌ی h را برحسب جرم گلوله به‌دست آورید.

ب) نیروسنج چه عددی را نشان خواهد داد؟ جرم لوله M را و جرم هریک از گلوله‌ها را m در نظر بگیرید.



Alaeefizik fizikAlaee

حالت ۲: آونگ الکتریکی در حال تعادل برای حل این گونه مسائل کافی است، مطابق شکل



Alaeefizik fizikAlaee

زیر نیروهای وارد بر گلوله را رسم و از رابطه‌های مربوطه استفاده کنیم:

$$\begin{cases} \tan\alpha = \dfrac{F}{mg} \\ F = k\dfrac{|q_1||q_2|}{r^2} \end{cases}$$

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 9:

جاهای خالی را با کلمه یا عبارت مناسب کامل کنید و یا از داخل پرانتز عبارت مناسب را انتخاب نمایید.

الف) اگر بارهای الکتریکی دو جسم ..... باشد، نیروی بین آنها، دافعه و اگر بارهای الکتریکی دو جسم ..... باشد نیروی بین آنها جاذبه خواهد بود.

ب) طبق قانون ..... دو ذره باردار به یکدیگر نیروی الکتریکی وارد می‌کنند.

Alaeefizik fizikAlaee

پ) نیروی الکتریکی که دو ذره باردار به یکدیگر وارد می‌کنند (هم‌جهت - خلاف جهت یکدیگر) هستند.

ت) اگر بارهای الکتریکی دو ذره باردار برابر نباشد، نیروی الکتریکی وارد شده بر هریک از ذره‌ها (برابر – نابرابر) می‌باشد.

ث) نیروی الکتریکی بین دو بار با حاصل ضرب ..... نسبت ..... دارد.

Alaeefizik fizikAlaee

ج) با نصف شدن فاصله میان دو بار الکتریکی نقطه‌ای نیروی الکتریکی بین آنها دو برابر می‌شود (درست – نادرست).

چ) اگر فقط اندازه یکی از بارهای الکتریکی دو برابر شود، اندازهٔ نیروی الکتریکی بین دو بار (نصف – دو) برابر می‌شود.

ح) هرگاه فاصله بین دو بار الکتریکی نقطه‌ای ..... برابر شود، نیروی بین آنها ۱۶ برابر می‌شود.

خ) اساس کار ترازوی پیچشی کولنی، ..... است.

Alaeefizik fizikAlaee

د) نیرویی که پروتون‌ها را با وجود دافعه‌شان در هسته کنار یکدیگر نگه می‌دارد، نیروی هسته‌ای - - کولنی) نام دارد.

Alaeefizik fizikAlaee

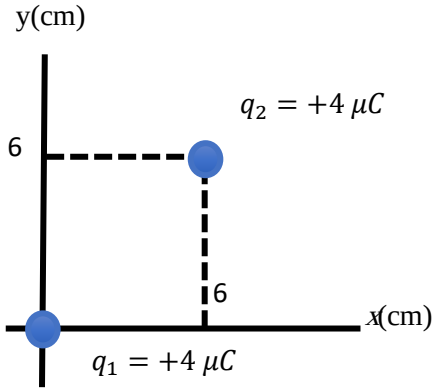
مثال 10:

دو بار الکتریکی نقطه‌ای به فاصله ۳۰ سانتی‌متر از هم قرار دارند و با نیروی $۳۰\,\mathbf{N}$ یکدیگر را دفع می‌کنند. اگر اندازه یکی از بارها سه برابر دیگری باشد، اندازه هر بار چقدر است؟ $(\boldsymbol{k = 9 \times 10^9\ N.m^2/C^2})$

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 11:

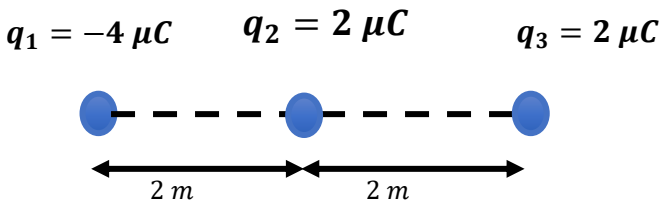
در شکل روبه‌رو ذره باردار $q_1 = +4\ \mu C$ و $q_2 = +4\ \mu C$ در جای خود ثابت شده‌اند. بردار نیروی الکتریکی وارد بر بار q_2 را برحسب بردارهای یکه بنویسید.



Alaeefizik fizikAlaee

مثال 12:

در شکل مقابل اندازه و جهت برایند نیروهای وارد بر بار q_2 را به دست آورید $(k = 9 \times 10^9\ N.m^2/C^2)$

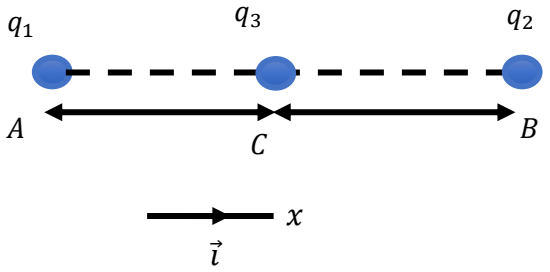


Alaeefizik fizikAlaee

مثال 13:

مطابق شکل روبه رو سه ذره باردار q_1، q_2 و q_3 در نقطه‌های A، B و C ثابت شده‌اند. نیروی الکتریکی وارد بر بار q_2 را برحسب بردار یکه دستگاه مختصات نشان داده شده در شکل بنویسید.

$$(k = 9 \times 10^9 \ \frac{m^2}{N.C^2}, q_1 = q_2 = 2\ \mu C, q_3 = -4\ \mu C, AC = CB = 30\ cm)$$



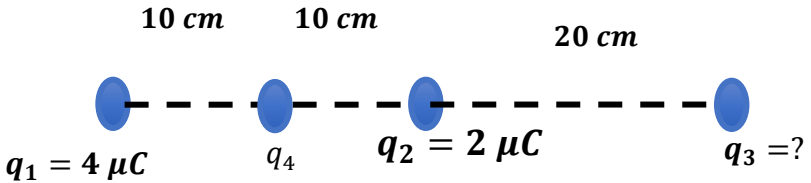
Alaeefizik fizikAlaee

مثال 14:

دو بار الکتریکی مثبت $q_1 = 2\ \mu C$, $q_2 = 8\ \mu C$ در فاصله $90\ cm$ از هم قرار دارند. بار الکتریکی q_3 را در چه فاصله‌ای از بار الکتریکی q_2 قرار دهیم تا در حالت تعادل قرار گیرد؟

مثال 15:

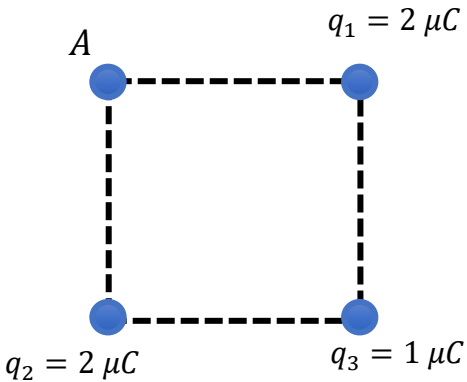
در شکل مقابل برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_4 برابر صفر است. بار q_3 چند میکروکولن است؟



Alaeefizik fizikAlaee

مثال 16:

مطابق شکل مقابل، دو بار نقطه‌ای q_1 و q_2 در گوشه‌های یک مربع به ضلع ۱۰ سانتی متر قرار گرفته‌اند ($k = 9 \times 10^9\ N.m^2/C^2$).



الف) نیروی کل وارد بر بار q_3 را محاسبه نمایید.

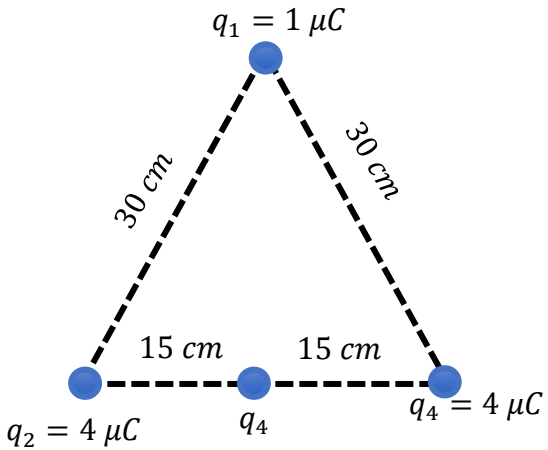
Alaeefizik fizikAlaee

ب) اگر در نقطه A یک ذره باردار قرار دهیم در چه جهتی و به چه اندازه به بار q_3 نیرو وارد کند تا نیروی کل وارد بر بار q_3 صفر شود؟

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 17:

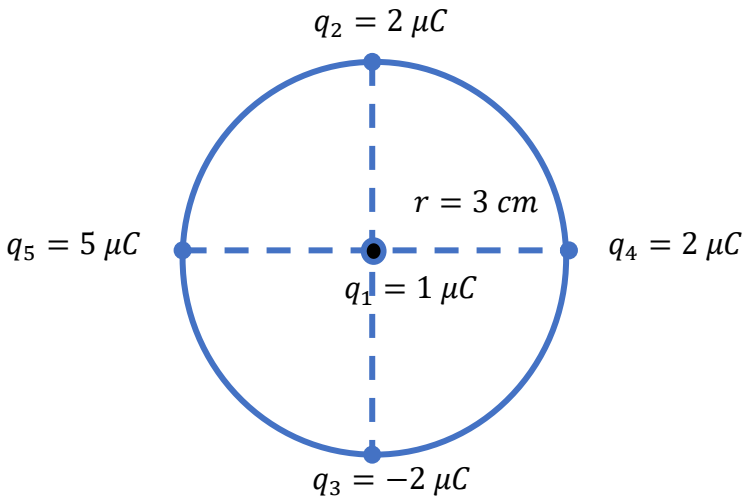
در شکل روبه‌رو اندازهٔ بار الکتریکی q_4 چقدر باشد تا برایند نیروهای وارد بر q_4 صفر گردد؟ ($k = 9 \times 10^9\ N.m^2/C^2$)



Alaeefizik fizikAlaee

مثال 18:

در شکل زیر، برایند نیروهای وارد بر بار q_4 را محاسبه کنید $(k = 9 \times 10^9\ N.m^2/C^2)$.

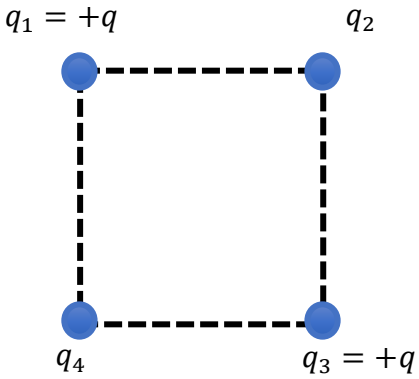


Alaeefizik fizikAlaee

مثال 19:

مطابق شکل زیر در چهار رأس مربعی به ضلع a بارهای q_1، q_2، q_3 و q_4 قرار دارند.

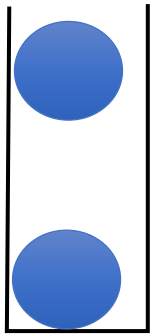
q_4 را طوری تعیین کنید که q_2 در حال تعادل باشد.



Alaeefizik fizikAlaee

مثال 20:

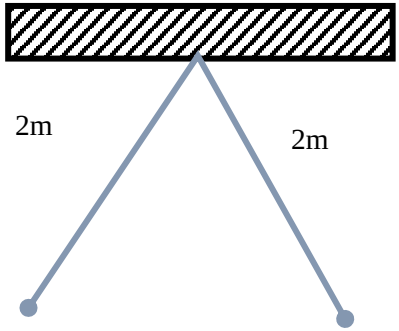
مطابق شکل دو گلوله با بارهای همنام مثبت و مساوی هرکدام به جرم ۱۰ گرم را در یک لوله شیشه‌ای قائم با بدنه نارسانا و بدون اصطکاک رها می‌کنیم. اگر در حالت تعادل گلوله‌ها در فاصله ۳۰ سانتی‌متری از هم قرار گیرند، بار الکتریکی هر گلوله را محاسبه کنید. $(g = 10\frac{N}{kg}, k = 9 \times 10^9\ N.m^2/C^2)$



Alaeefizik fizikAlaee

مثال 21:

دو گلوله مشابه که دارای بار $0.001C$ هستند به‌وسیله دو ریسمان هم طول از یک نقطه آویزان شده‌اند اگر زاویه بین دو ریسمان ۹۰ درجه باشد، جرم هر گلوله چقدر است؟ (تکمیل شکل الزامی است). $(g = 10\frac{N}{kg}, k = 9 \times 10^9\ N.m^2/C^2)$.



Alaeefizik fizikAlaee

مفهوم میدان الکتریکی: یک بار الکتریکی در هر نقطه از فضای اطراف خود خاصیتی ایجاد می‌کند که براساس آن بر هر ذره‌ی باردار واقع در آن نقطه نیرو وارد می‌شود به این خاصیت میدان الکتریکی می‌گویند.

تعریف میدان الکتریکی: نیروی وارد بر بار کوچک و مثبت $+q_0$ موسوم به بار آزمون در هر نقطه را میدان الکتریکی در آن نقطه می‌نامیم که از رابطه ی مقابل به‌دست می‌آید.

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

Alaeefizik fizikAlaee

میدان الکتریکی، کمیتی برداری است و یکای آن در SI، نیوتون بر کولن $(\frac{N}{C})$ نام دارد.

جهت بردار میدان الکتریکی: جهت بردار میدان الکتریکی $\vec{E}$ در هر نقطه، هم‌جهت با نیروی وارد بر بار آزمونی $(+q_0)$ است که به طور فرضی در آن نقطه می‌گذاریم.

محاسبه‌ی میدان الکتریکی یا نیروی وارد بر بار الکتریکی: در میدان الکتریکی در این حالت یکی از سه عامل F، q_0 و E مجهول است که با استفاده از رابطه‌ی $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$ قابل حل هستند. در این رابطه، q_0 باری است که در معرض میدان $\vec{E}$ قرار دارد.

Alaeefizik fizikAlaee

میدان الکتریکی حاصل از یک ذره باردار: برای محاسبه‌ی بزرگی میدان الکتریکی حاصل از یک ذره‌ی باردار در فاصله‌ی r از آن، از رابطه‌ی مقابل استفاده می‌کنیم.

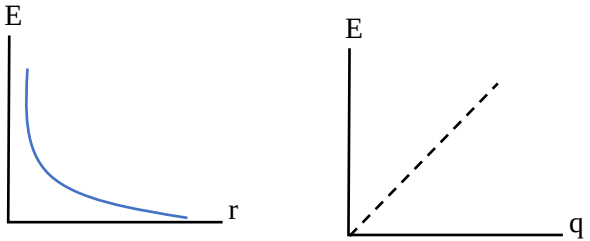
$$E = k\frac{|q|}{r^2}$$

در این رابطه r برحسب «متر» و $|q|$ برحسب «کولن» است.

Alaeefizik fizikAlaee

طبق رابطه‌ی فوق بزرگی میدان الکتریکی با اندازه‌ی بار q نسبت مستقیم و با مجذور فاصله از آن نسبت وارون دارد. نمودار میدان الکتریکی یک بار الکتریکی برحسب فاصله از آن و یا برحسب اندازه‌ی بار در یک فاصله‌ی معین مطابق شکل‌های مقابل است.

تذکر: جهت میدان حاصل از بار مثبت به طرف بیرون بار و برای بار منفی به طرف بار است.



Alaeefizik fizikAlaee

برایند میدانهای الکتریکی حاصل از چند ذره در یک نقطه

برای محاسبه‌ی این برایند به ترتیب زیر عمل میکنیم:

1. در نقطه‌ی موردنظر یک بار مثبت فرضی در نظر می‌گیریم و بردار میدان را در آن نقطه رسم می‌کنیم.

2. بردار میدان حاصل هر ذره را مستقل از بقیه در آن نقطه رسم می‌کنیم (جهت میدان همان جهت نیروی وارد بر بار مثبت فرضی در آن نقطه است).

Alaeefizik fizikAlaee

3. با استفاده از رابطه‌ی $E = k\frac{|q|}{r^2}$، اندازه‌ی میدان الکتریکی هریک از بارها را حساب می‌کنیم و سپس با توجه به جهت میدان‌ها هریک از آنها را برحسب بردارهای یکه‌ی $\vec{i}$ و $\vec{j}$ می‌نویسیم. اگر میدان‌ها در جهت محور $E_x\vec{i}$ یا $E_y\vec{j}$ باشند، و اگر خلاف جهت آنها باشند به صورت به‌صورت $-E_x\vec{i}$ یا $-E_y\vec{j}$ نوشته می‌شود.

4. با استفاده از رابطه‌ی $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \cdots$ برایند میدان‌ها را برحسب بردارهای یکه‌ی $\vec{i}$ و $\vec{j}$ به‌دست می‌آوریم.

Alaeefizik fizikAlaee

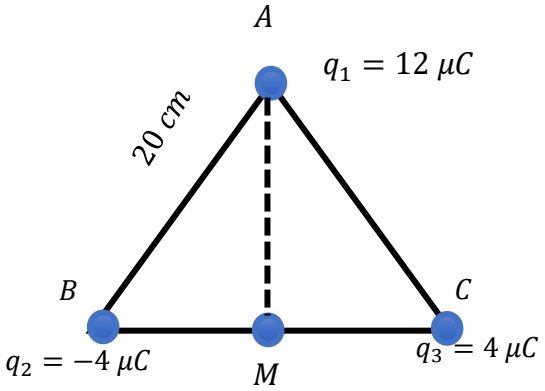
5. اندازه‌ی برایند میدان‌های الکتریکی را از رابطه‌ی $E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$ حساب می‌کنیم.

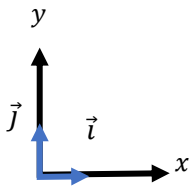
Alaeefizik fizikAlaee

مثال 22:

مثال: سه بار الکتریکی مطابق شکل در سه رأس یک مثلث متساوی‌الاضلاع به اندازه‌ی ضلع $20\ cm$ ثابت شده‌اند. برایند میدان الکتریکی را در نقطه‌ی M وسط ضلع BC برحسب بردارهای یکه بنویسید و اندازه ی آن را به‌دست آورید.

$(k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$





Alaeefizik fizikAlaee

تعیین نقطه‌ای روی خط واصل دو ذره‌ی باردار که میدان برایند در آن نقطه صفر شود

آ) اگر دو ذره‌ی باردار هم‌نام باشند، نقطه‌ی موردنظر روی خط واصل بین دو بار الکتریکی و نزدیک به بار با اندازه‌ی کوچک‌تر است.

ب) اگر دو ذره‌ی باردار ناهم‌نام باشند، نقطه‌ی موردنظر در خارج دو بار و نزدیک به بار الکتریکی با اندازه‌ی کوچک‌تر است.

Alaeefizik fizikAlaee

در هر دو حالت باید اندازه میدان‌ها در آن نقطه برابر و در خلاف جهت هم باشند یعنی:

$$E_1 = E_2 \xrightarrow{E=k\frac{q}{r^2}} k\frac{q_1}{r_1^2} = k\frac{q_2}{r_2^2}$$

تذکر: در این‌گونه تساوی‌ها نیازی نیست یکاها در SI باشند بلکه کافی است کمیت‌های یکسان در دو طرف رابطه یکای یکسانی داشته باشند.

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 23:

مثال: دو بار الکتریکی $q_1 = 2\ \mu C$ و $q_2 = -18\ \mu C$ در فاصله‌ی ۲۴ سانتی‌متری از یکدیگر قرار دارند. در چه فاصله‌ای از بار الکتریکی q_2 میدان الکتریکی برایند صفر می‌شود؟

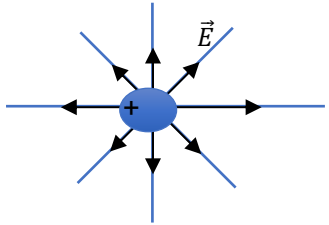
Alaeefizik fizikAlaee

خطوط میدان الکتریکی

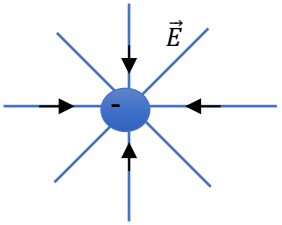
خطوط میدان الکتریکی: برای مجسم کردن میدان الکتریکی در فضای اطراف اجسام باردار از خط‌های جهت داری موسوم به خطوط میدان الکتریکی استفاده می‌کنیم سوال‌هایی که از خطوط میدان الکتریکی ذره‌ی باردار پرسیده می‌شود عموماً رسم خطوط میدان برای ذره‌ی منفرد یا دو ذره‌ی مقابل هم (که ممکن است اندازه و علامت بارهای آنها یکسان یا متفاوت باشد) است.

Alaeefizik fizikAlaee

در شکل‌های زیر خط‌های میدان الکتریکی را در اطراف بارهای الکتریکی منفرد دو بار الکتریکی نزدیک به‌هم و یک بار و یک صفحه‌ی رسانا مشاهده می‌کنید در تمام موارد الزاماً میدان الکتریکی از بار مثبت خارج و به بار منفی وارد می‌شود.

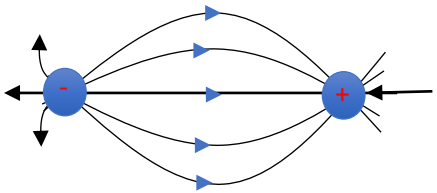


میدان الکتریکی اطراف یک بار مثبت منفرد



میدان الکتریکی اطراف یک بار منفی منفرد

Alaeefizik fizikAlaee

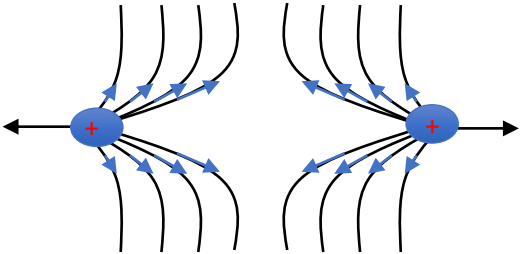


میدان الکتریکی اطراف دوبار هم اندازه و ناهم‌نام (دوقطبی الکتریکی)

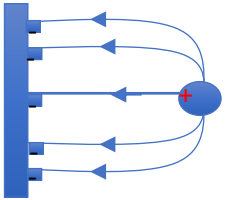
میدان الکتریکی اطراف دوبار ناهم‌نام نابرابر

Alaeefizik fizikAlaee

میدان الکتریکی اطراف دوبار
هم مثبت هم‌اندازه



میدان الکتریکی اطراف دوبار هم
مثبت هم‌اندازه



میدان الکتریکی اطراف یک بار
نقطه‌ای و یک صفحه رسانای باردار
با بارهای ناهم‌نام

Alaeefizik fizikAlaee

ویژگی‌های خط‌های میدان الکتریکی

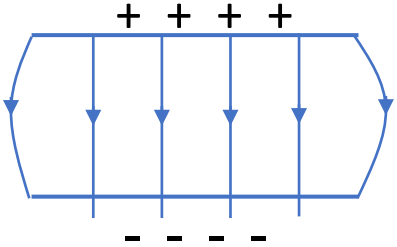
1- خط‌های میدان در هر نقطه، هم‌جهت با نیروی وارد بر بار مثبت واقع در آن نقطه است. در نتیجه، جهت این خط‌ها از بار مثبت رو به خارج و برای بار منفی رو به داخل آن است.

2- بردار میدان در هر نقطه، مماس بر خط میدانی که از آن نقطه می‌گذرد و با آن هم‌جهت است.

3- در هر ناحیه که میدان قوی‌تر باشد، خط‌های میدان متراکم‌ترند.

Alaeefizik fizikAlaee

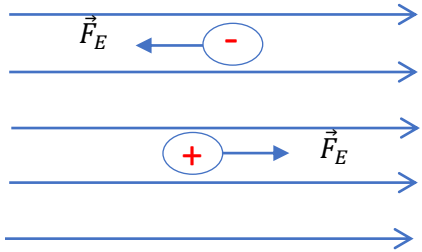
4- خط‌های میدان هرگز یکدیگر را قطع نمی‌کنند یعنی از هر نقطه فقط یک خط میدان می‌گذرد میدان الکتریکی یکنواخت میدانی است که خطوط آن راست موازی هم فاصله و هم‌جهت هستند.



دقت کنید اگر به دو صفحه‌ی رسانای موازی بارهای الکتریکی هم‌اندازه و ناهم‌نام بدهیم در فضای بین دو صفحه و دور از لبه‌ها میدان الکتریکی یکنواخت ایجاد می‌شود.

Alaeefizik fizikAlaee

❖ اگر بار الکتریکی q در میدان الکتریکی $\vec{E}$ ناشی از اجسام باردار دیگری قرار گیرد. این میدان بر آن نیروی $\vec{F}$ را وارد می‌کند که از رابطه‌ی مقابل به‌دست می‌آید: $\vec{F} = |q|\vec{E}$



بزرگی این نیرو از رابطه‌ی $F = |q|E$ به‌دست می‌آید.

❖ جهت این نیرو برای بار مثبت در جهت میدان الکتریکی و برای بار منفی در خلاف جهت میدان است.

Alaeefizik fizikAlaee

تعادل ذره‌های باردار با در نظر گرفتن نیروی گرانش

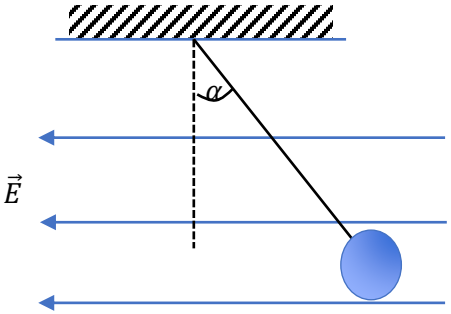
در یک سری از مسائل، یک بار الکتریکی منفرد و یا متصل به نخ در معرض میدان الکتریکی یکنواخت و به حال تعادل قرار دارد و مسئله جرم یا بار ذره و یا زاویه انحراف نخ از راستای قائم را می‌خواهد.

روش عمومی حل: برای حل ابتدا نیروهای وارد بر بار را رسم می‌کنیم برای برقراری تعادل باید برایند نیروهای وارد بر گلوله صفر باشد.

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 24:

مثال: گلوله‌ای با بار $|q| = 2\ \mu C$ به جرم $4g$ مطابق شکل به نخی بسته شده است و در میدان الکتریکی $E = 2 \times 10^4 \frac{N}{C}$ به حال تعادل قرار دارد نوع بار و زاویه‌ی انحراف نخ از راستای قائم (α) را بیابید.



Alaeefizik fizikAlaee

مثال 25:

در جمله‌های زیر عبارت مناسب را از داخل پرانتز انتخاب کنید یا درستی یا نادرستی عبارت‌ها را تعیین نمایید.

الف) با زیاد شدن فاصله از یک بار الکتریکی نقطه‌ای، میدان الکتریکی حاصل از این بار (کاهش - افزایش) می یابد.

ب) میدان الکتریکی کمیتی (برداری – نرده‌ای) است.

پ) اگر شعله شمع را به مولد واندوگراف نزدیک کنیم یون‌های مثبت درون شعله شمع درخلاف جهت میدان به سمت مولد واندوگراف خم می‌شود (درست - نادرست)

Alaeefizik fizikAlaee

ت) نمودار تغییرات بزرگی میدان الکتریکی برحسب فاصله از بار الکتریکی ساکن به‌صورت خط راست است. (درست – نادرست)

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 26:

جاهای خالی را با عبارت مناسب پر کنید.

الف) یک بار الکتریکی در هر نقطه‌ای از فضای اطراف خود خاصیتی ایجاد می‌کند که به آن ..... می‌گویند.

ب) میدان الکتریکی با ..... رابطه مستقیم و با ..... رابطه عکس دارد.

پ) یکای میدان الکتریکی در SI به‌صورت ..... است.

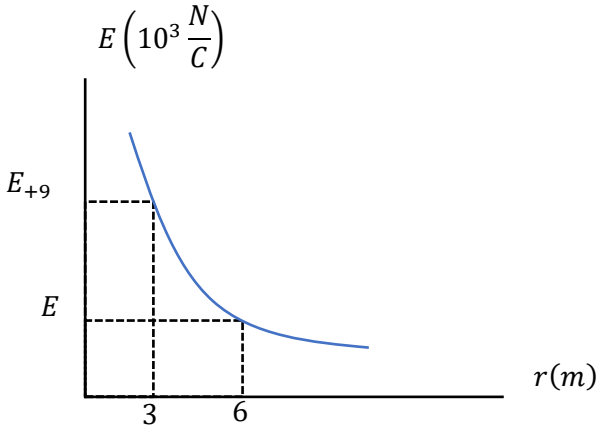
Alaeefizik fizikAlaee

ت) ذره‌ای باردار در یک میدان الکتریکی قرار دارد اگر بار ذره را ۳ برابر کنیم میدان الکتریکی ..... و نیروی وارد بر ذره ..... برابر می‌شود.

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 27:

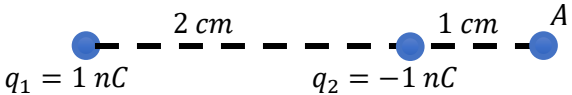
نمودار میدان الکتریکی برحسب فاصله برای یک ذره باردار مطابق شکل است. بزرگی میدان E چند نیوتون بر کولن است؟



Alaeefizik fizikAlaee

مثال 28:

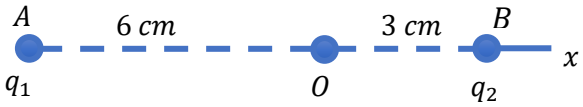
در شکل روبه‌رو بزرگی میدان الکتریکی در نقطه A را محاسبه کنید و به‌صورت بردار یکه بنویسید. $(k = 9 \times 10^9\ N.m^2/C^2)$



Alaeefizik fizikAlaee

مثال 29:

مطابق شکل زیر دو ذره با بارهای الکتریکی $q_1 = +4\ \mu C$ و $q_2 = +2\ \mu C$ در نقطه‌های A و B روی محور x ثابت شده‌اند.



الف) میدان الکتریکی برایند را در نقطه O (مبدأ مختصات) محاسبه کنید و آن را برحسب بردارهای یکه بنویسید.

ب) در نقطه ذره ای با بار الکتریکی $-5\ \mu C$ قرار می‌دهیم نیروی الکتریکی وارد بر ذره را برحسب بردارهای یکه بنویسید.

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 30:

دو بار الکتریکی $4\ \mu C$ و $100\ \mu C$ در فاصله $۶۰cm$ از هم ثابت شده‌اند میدان الکتریکی برایند در چه فاصله‌ای از بار کوچکتر صفر خواهد بود؟

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 31:

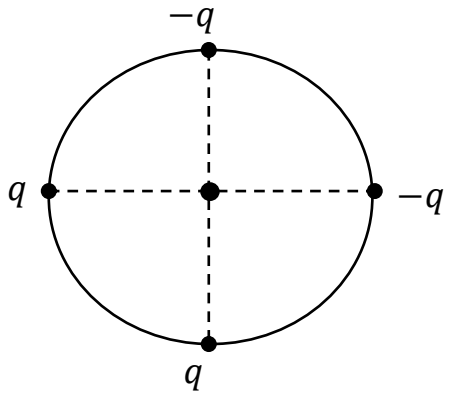
دو ذره باردار $q_1 = 2\ \mu C$ و $q_2 = -18\ \mu C$ در فاصله ۱۲cm از هم واقع‌اند در چه فاصله‌ای از بار q_2 میدان الکتریکی برایند صفر می‌شود؟

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 32:

در شکل مقابل، شعاع دایره ۲ متر و $q = 4\ \mu C$ است. ($k = 9 \times 10^9\ \frac{N.m^2}{C}$)

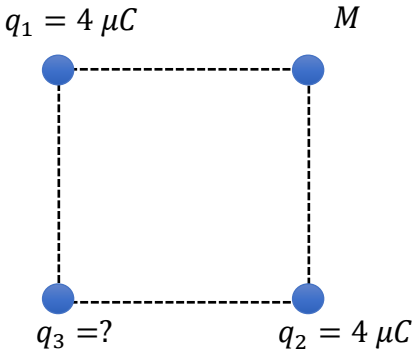
بردار برایند میدان‌های الکتریکی حاصل از چهار بار را در مرکز دایره برحسب بردارهای یکه $\vec{i}$ و $\vec{j}$ بنویسید و بزرگی آن را به‌دست آورید. جهت بردار برایند را رسم کنید.



Alaeefizik fizikAlaee

مثال 33:

در شکل زیر طول هر ضلع مربع $۳cm$ است اندازه بار q_3 چقدر باشد تا برایند میدان‌های الکتریکی حاصل از بارها در نقطه M برابر صفر شود؟



Alaeefizik fizikAlaee

مثال 34:

جاهای خالی را با کلمات مناسب کامل کنید و یا کلمه یا عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب نمایید.

الف) در هر ناحیه که تراکم خطوط میدان الکتریکی بیشتر باشد، میدان الکتریکی قوی‌تر – ضعیف‌تر) است.

ب) جهت میدان الکتریکی در اطراف یک بار مثبت (به طرف بار - به طرف خارج از بار) است.

Alaeefizik fizikAlaee

پ) جهت خط‌های میدان حاصل از بار منفی در جهت دور شدن از بار نزدیک شدن به بار است.

ت) خطوط میدان الکتریکی یکدیگر را ..... نمی‌کنند.

ث) نیروی وارد بر بار الکتریکی منفی در میدان الکتریکی یکنواخت هم‌جهت با میدان است. (درست – نادرست)

ج) جهت خطوط میدان الکتریکی در هر نقطه هم‌جهت با ..... وارد بر بار مثبت آزمون در آن نقطه است.

Alaeefizik fizikAlaee

چ) میدان الکتریکی در هر نقطه، برداری است (مماس – عمود) بر خط میدان الکتریکی که از آن نقطه می‌گذرد و با آن خط میدان هم‌جهت است.

ح) دوقطبی الکتریکی از دو بار ..... و ..... تشکیل شده است.

خ) در آرایشی از بارهای الکتریکی، خطوط میدان الکتریکی از بارهای مثبت شروع و به بارهای منفی ختم می‌شود. (درست – نادرست)

Alaeefizik fizikAlaee

د) در میدان الکتریکی ..... خطوط میدان، مستقیم موازی و هم فاصله است.

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 35:

به سؤال‌های زیر پاسخ دهید:

الف) دو ویژگی خط‌های میدان الکتریکی یکنواخت را بنویسید.

ب) خط‌های میدان الکتریکی را در اطراف دو بار غیرهمنام و هم‌اندازه (دو قطبی الکتریکی) رسم کنید و در یک نقطه دلخواه جهت میدان الکتریکی را نشان دهید.

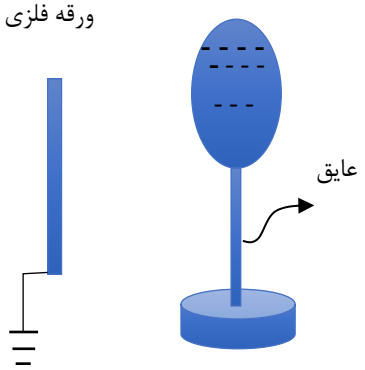
Alaeefizik fizikAlaee

پ) خطوط میدان الکتریکی را در فضای اطراف دو بار الکتریکی هم‌اندازه و مثبت رسم کنید.

ت) خطوط میدان الکتریکی را در فضای اطراف دو بار نقطه‌ای $-q_1$ و $+q_2$ رسم کنید. $(|q_2| > |q_1|)$

Alaeefizik fizikAlaee

ث) خطوط میدان الکتریکی را برای هریک از موارد زیر رسم کنید.



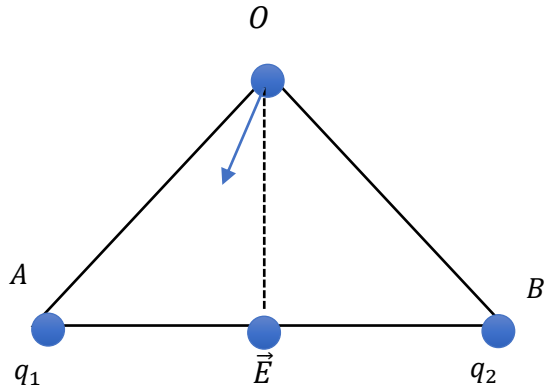
(**1**)

دو صفحه رسانای موازی باردار با بارهای ناهمنام و هم‌اندازه

(**2**)

Alaeefizik fizikAlaee

ج) میدان الکتریکی حاصل از دو بار نقطه‌ای q_1 و q_2 در نقطه O واقع بر عمودمنصف AB مطابق شکل مقابل است نوع بار q_2 را تعیین کنید و اندازه دو بار را با هم مقایسه نمایید.



Alaeefizik fizikAlaee

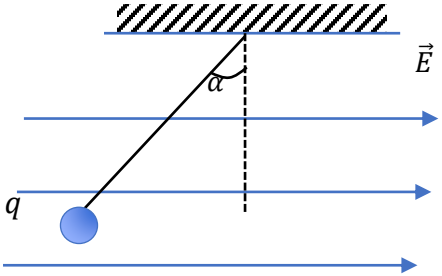
مثال 36:

روی سطح بادکنکی به جرم $10g$ بار الکتریکی $-۲۰۰C$ ایجاد می‌کنیم و آن را در یک میدان الکتریکی قرار می‌دهیم. بزرگی و جهت این میدان الکتریکی را در صورتی‌که بادکنک معلق بماند، تعیین کنید. از نیروی شناوری وارد بر بادکنک چشم پوشی کنید. ($g = ۱۰ N/kg$)

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 37:

در شکل روبه‌رو یک ذره به جرم ۱۸g و بار الکتریکی q توسط یک نخ در میدان الکتریکی یکنواخت و افقی $2250\ \mathrm{N/C}$ قرار دارد. به ازای $\alpha = ۳۷^\circ$ گلوله در حال تعادل و ساکن است. اندازه و علامت بار q را تعیین کنید. $(g = 10\frac{N}{kg}, \sin 37^\circ = 0/6)$



Alaeefizik fizikAlaee

انرژی پتانسیل الکتریکی

مثال: اگر فاصله‌ی دو بار الکتریکی کم یا زیاد شود انرژی پتانسیل الکتریکی سامانه‌ی متشکل از دو بار چگونه تغییر خواهد کرد؟

Alaeefizik fizikAlaee

- اگر یک بار الکتریکی در یک میدان الکتریکی جابه‌جا شود تغییر انرژی پتانسیل آن چگونه خواهد بود؟

Alaeefizik fizikAlaee

کار میدان الکتریکی و تغییر انرژی پتانسیل

روش محاسبه کار میدان الکتریکی: برای محاسبه کار میدان الکتریکی بر روی بار مثبت q در جابه‌جایی بار از A تا B (مطابق شکل) به‌صورت زیر عمل می‌کنیم

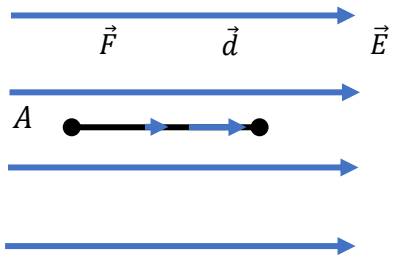
1-در ابتدای مسیر (نقطه‌ی A) دو بردار نیروی وارد بر بار q (F) و جابه جایی ($\vec{d}$) را مشخص میکنیم تا θ (زاویه‌ی بین $\vec{F}$ و $\vec{d}$) به‌دست آید.

Alaeefizik fizikAlaee

2-از ترکیب دو رابطه ، $W_E = Fd\cos\theta = F = E|q|$، رابطه‌ی کار میدان به‌صورت زیر، به‌دست می‌آید:

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

تذکر: بدیهی است که اگر q مثبت باشد، $\vec{F}$ در جهت $\vec{E}$ و اگر منفی باشد، $\vec{F}$ درخلاف جهت $\vec{E}$ رسم خواهد شد.



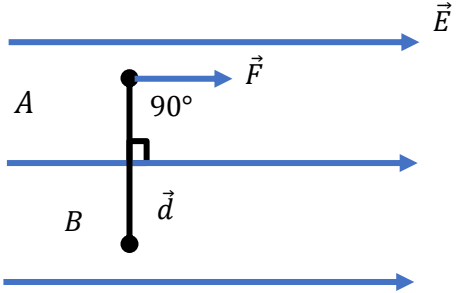
Alaeefizik fizikAlaee

نتایج:

۱. اگر $\theta = 90°$ یعنی جابه جایی عمود بر میدان باشد $W_E = 0$ است.

۲. اگر θ زاویه‌ی تند باشد، آنگاه W_E مثبت است $(W_E > 0)$.

3. اگر زاویه‌ی باز باشد، آنگاه W_E منفی است $(W_E < 0)$.



Alaeefizik fizikAlaee

تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی

طبق تعریف، تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی برابر منفی کار میدان الکتریکی بر روی بار q در یک جابه‌جایی معین است، بنابراین داریم:

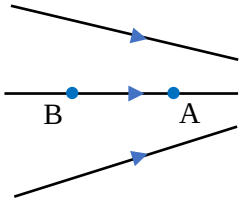
$$\Delta U_E = -W_E = -E|q|d\cos\theta$$

یا میتوان W_E را طبق روشی که در بالا توضیح دادیم، محاسبه کنیم و در یک منفی ضرب نماییم.

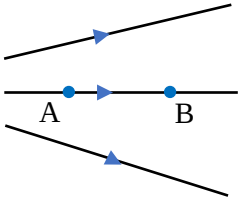
Alaeefizik fizikAlaee

مثال 38:

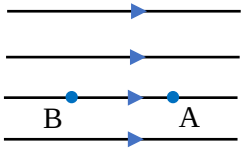
شکل زیر، سه آرایش مختلف از خطوط میدان الکتریکی را نشان می‌دهد (در هر سه آرایش نقطه‌های A و B در فاصله‌های یکسان از هم قرار دارند) در هر آرایش یک الکترون از حالت سکون در نقطه A رها می‌شود. از نقطه A به نقطه B:



(پ)



(ب)



(الف)

Alaeefizik fizikAlaee

1) در شکل (الف) میدان الکتریکی ..... می‌ماند. در شکل (ب) ..... می‌یابد و در شکل (پ) ..... می‌یابد. (افزایش – کاهش – ثابت)

2) در شکل‌های زیر الکترونی را با سرعت اولیهٔ یکسان از نقطه A در میدان الکتریکی پرتاب می‌کنیم. در این حالت سرعت الکترون در نقطه B در شکل ..... بیش‌تر است.

Alaeefizik fizikAlaee

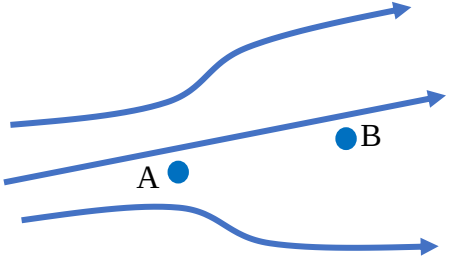
مثال 39:

در شکل زیر، بار مثبت را در میدان الکتریکی از نقطه A تا B جابه‌جا می‌کنیم:

الف) در کدام نقطه میدان الکتریکی قوی‌تر است؟

ب) در این جابه‌جایی انرژی پتانسیل الکتریکی بار مثبت افزایش می‌یابد یا کاهش؟ چرا؟

پ) کار انجام شده توسط میدان الکتریکی بر روی این بار در این جابه‌جایی مثبت است یا منفی؟ چرا؟



Alaeefizik fizikAlaee

مثال 40:

در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $10^4\ \mathrm{N/C}$ ذره‌ای به جرم ۱۰g و بار $+4\ \mu C$ رها می‌شود. هنگامی‌که این ذره به اندازه ۵۰cm در راستای میدان حرکت کرد:

الف) نیروی وارد بر ذره از طرف میدان چند نیوتون است؟

ب) تغییر انرژی پتانسیل ذره چند ژول است؟

پ) تندی ذره بعد از جابه‌جایی ۵۰cm چند m/s است؟

Alaeefizik fizikAlaee

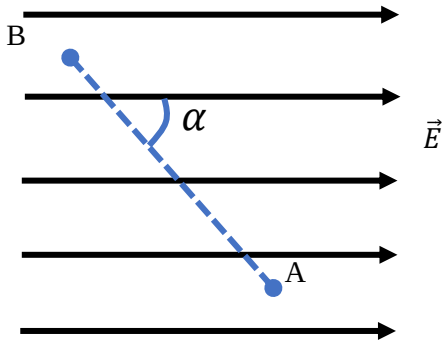
مثال 41:

ذره‌ای با بار ۲ پیکو کولن و جرم 2×10^{-18} در یک میدان الکتریکی یکنواخت رها می‌شود. اگر تندی ذره پس از ۱۰cm جابه‌جایی به $10^6 \frac{m}{s}$ برسد، اندازه میدان الکتریکی را محاسبه کنید.

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 42:

مطابق شکل، بار $q = 10\ \mu C$ را با تندی ثابت در داخل میدان الکتریکی یکنواخت $E = 8 \times 10^5\ \frac{N}{C}$ از نقطه A تا نقطه B جابه‌جا می‌کنیم اگر AB = ۴m و $\alpha = 30°$ باشد، مطلوب است:



الف) نیروی الکتریکی وارد بر بار q.

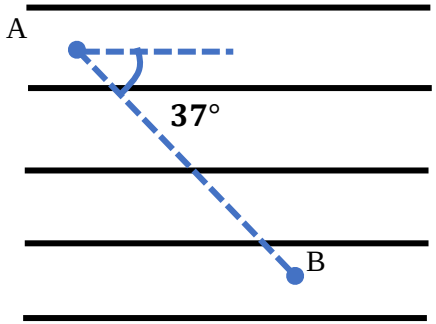
ب) کاری که برای این جابه‌جایی باید انجام دهیم.

پ) تغییر انرژی پتانسیل بار q.

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 43:

اگر بار الکتریکی $-4\ \mu C$ را با تندی ثابت از نقطه A تا B منتقل کنیم، انرژی پتانسیل الکتریکی آن به اندازه $20\ \mu J$ کاهش می‌یابد.



الف) جهت میدان الکتریکی را با ذکر دلیل تعیین کنید.

$\vec{E}$

ب) اندازه میدان الکتریکی چند N/C است؟

$(\cos 37^\circ = 0/8\ ,\ AB = 25\ cm)$

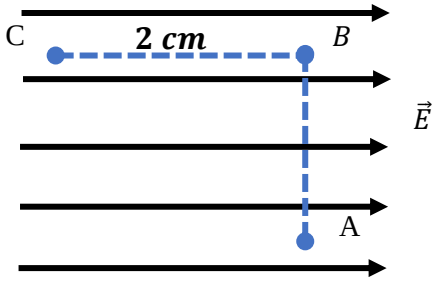
Alaeefizik fizikAlaee

مثال 44:

در میدان الکتریکی یکنواخت شکل مقابل که بزرگی آن $E = 5 \times 10^5\ N/C$ است بار $q = 2\ nC$ از نقطه C به نقطه B و سپس به نقطه A می‌رود.

الف) کاری که نیروی الکتریکی در این جابه‌جایی انجام می‌دهد را به‌دست آورید.

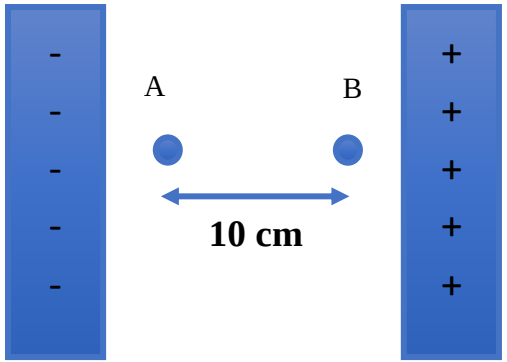
ب) تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار q در این جابه‌جایی چقدر است؟



Alaeefizik fizikAlaee

مثال 45:

مطابق شکل مقابل، در میدان الکتریکی یکنواخت $E = ۲ \times ۱۰^{3} N/C$، پروتونی از نقطه A با تندی V_0 در خلاف جهت میدان الکتریکی پرتاب شده است. اگر پروتون در نقطه B متوقف گردد: (بار پروتون $1/67 \times 10^{-27}$ کولن و جرم آن $1/67 \times 10^{-27}$ کیلوگرم است.)



Alaeefizik fizikAlaee

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

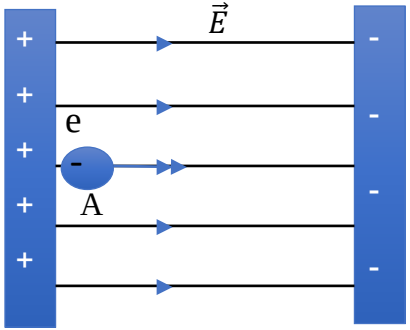
ب) تندی پرتاب پروتون را پیدا کنید. (از وزن پروتون و مقاومت هوا چشم‌پوشی شود).

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 46:

در شکل روبه‌رو، الکترونی از نقطه A با سرعت $4 \times 10^6 \frac{m}{s}$ در امتداد خط‌های میدان الکتریکی پرتاب شده است پس از چند میلی‌متر پیشروی، سرعت الکترون صفر می‌شود؟

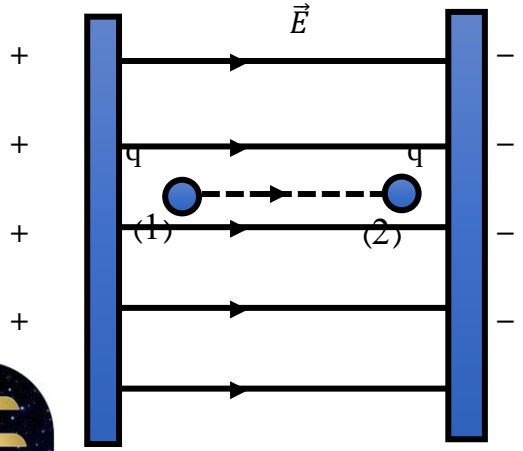
$$\left(E = 9 \times 10^3 \frac{N}{C}, m_e \cong 9 \times 10^{-31} kg, e = 1/6 \times 10^{-19} C\right)$$



Alaeefizik fizikAlaee

پتانسیل الکتریکی

مطابق شکل اگر بار q در میدان الکتریکی $\vec{E}$ از نقطه‌ی (۱) تا نقطه‌ی (۲) جابه‌جا شود و تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی آن ΔU_E باشد، آنگاه اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه (ΔV) طبق رابطه‌ی زیر تعریف می‌شود.



$$\Delta V = V_2 - V_1 = \frac{\Delta U_E}{q}$$

Alaeefizik fizikAlaee

چند نکته:

1. اختلاف پتانسیل بین دو نقطه، یعنی $\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q}$ به نوع و اندازه‌ی بار q بستگی ندارد و برای دو نقطه‌ی معین همواره ثابت است.

2. در رابطه‌ی بالا، الزاماً باید علامت بار الکتریکی منظور شود.

3. اگر در جهت میدان الکتریکی پیش برویم، پتانسیل الکتریکی نقاط کاهش می‌یابد.

Alaeefizik fizikAlaee

4. اگر در خلاف جهت میدان الکتریکی حرکت کنیم، پتانسیل الکتریکی نقاط افزایش می‌یابد.

5. اگر در راستای عمود بر میدان حرکت کنیم پتانسیل الکتریکی نقاط ثابت می‌ماند.

Alaeefizik fizikAlaee

محاسبه‌ی تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی با معلوم بودن اختلاف پتانسیل الکتریکی دو نقطه

در این حالت بار الکتریکی و از نقطه‌ای با پتانسیل الکتریکی V_1 به نقطه‌ای با پتانسیل الکتریکی V_2 منتقل می‌شود با محاسبه‌ی $\Delta = V_2 - V_1$ و با استفاده از رابطه‌ی $\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q}$ تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار محاسبه می‌شود.

Alaeefizik fizikAlaee

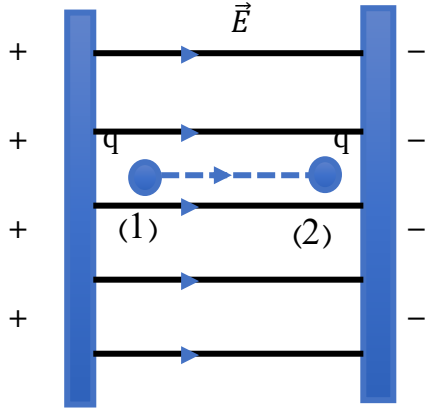
مثال 47:

اگر بار الکتریکی $q = -4\ \mu C$ از پایانه‌ی مثبت باتری ۱۵ ولتی به پایانه‌ی منفی آن جابه‌جا شود انرژی پتانسیل الکتریکی آن چقدر تغییر می‌کند؟

Alaeefizik fizikAlaee

رابطه‌ی اختلاف پتانسیل دو نقطه و اندازه‌ی میدان الکتریکی یکنواخت

فرض می‌کنیم بار الکتریکی مثبت q در میدان یکنواخت $\vec{E}$ از A تا B جابه‌جا شود، در این‌صورت داریم:



. تغییر انرژی پتانسیل بار q:

$$\Delta U_E = -E|q|d\cos 0 = -E|q|d$$

Alaeefizik fizikAlaee

. اختلاف پتانسیل بین دو نقطه‌ی A و B

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

از ترکیب دو رابطه‌ی بالا داریم:

$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} = \frac{-E|q|d}{q} = -Ed$$

Alaeefizik fizikAlaee

اگر بار مثبت q و درجهت میدان الکتریکی جابه‌جا شود $\theta = 0^\circ$ و خواهیم داشت:

$$\Delta V = -Ed$$

اگر بار مثبت q و درخلاف جهت میدان الکتریکی جابه‌جا شود $\theta = 180^\circ$ و خواهیم داشت:

$$\Delta V = Ed$$

Alaeefizik fizikAlaee

نتیجه: به‌طور کلی $\Delta V = \pm Ed$ است، که اگر در جهت میدان جابه‌جا شویم (در جهت کاهش پتانسیل) از $\Delta V = -Ed$ و اگر درخلاف جهت میدان جابه‌جا شویم (در جهت افزایش پتانسیل) از $\Delta V = +Ed$ استفاده می‌کنیم.

تذکر: در رابطه‌های بالا چون ΔV برحسب ولت، **d** برحسب متر است، یکای میدان الکتریکی برحسب ولت بر متر می‌باشد که معادل نیوتون بر متر است.

Alaeefizik fizikAlaee

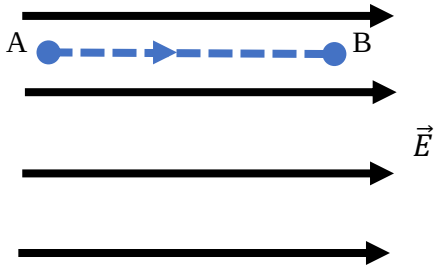
پرتاب یا رها کردن یک ذره‌ی باردار در میدان الکتریکی

اگر یک ذره باردار را در یک میدان الکتریکی رها یا پرتاپ کنیم، این ذره تنها تحت اثر نیروی میدان الکتریکی قرار خواهد داشت. در این حالت همواره میتوان از قضیه کار – انرژی جنبشی یا پایستگی انرژی مکانیکی استفاده کرد.

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 48:

مطابق شکل ذره‌ای به جرم ۸ میلی‌گرم و بار الکتریکی $(+4\ \mu C)$ را از نقطه‌ی A با پتانسیل الکتریکی ۶۰ ولت به سمت نقطه B با پتانسیل الکتریکی ۴۰- ولت با تندی ۵ m/s پرتاب می‌کنیم، تندی این ذره در لحظه‌ی رسیدن به نقطه‌ی B چقدر است؟



Alaeefizik fizikAlaee

کار انجام شده توسط نیروی خارجی: اگر در میدان الکتریکی علاوه‌بر نیروی الکتریکی، نیروی خارجی دیگری بر ذره‌ای با بار q وارد شود و آن را از نقطه‌ای به نقطه‌ای دیگر جابه‌جا نماید، طبق قضیه‌ی کار – انرژی جنبشی تغییر انرژی جنبشی بار q برابر است با:

$$\Delta K = W_{ex} + W_E = W_{ex} - q\Delta V$$

اگر بار و در ابتدا و انتهای این جابه جایی ساکن باشد $\Delta K = 0$ است، بنابراین داریم:

$$W_{ex} = -W_E = q\Delta V = \Delta U$$

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 49:

مطابق شکل بار $q = 5\ \mu C$ را از A تا B به فاصله‌ی $۲۰\ cm$ در سوی میدان با تندی ثابت جابه جا می‌کنیم. $E = 3 \times 10^4\ \frac{N}{C}$

آ) جهت نیروی ما (نیروی خارجی) کدام سمت است؟

ب) کار نیروی ما چند ژول است؟

پ) کار نیروی میدان چقدر است؟

Alaeefizik fizikAlaee

ت) تغییر انرژی پتانسیل از A تا B چقدر است؟

ث) اختلاف پتانسیل بین دو نقطه B و A، $(V_B - V_A)$ چقدر است؟

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 50:

جاهای خالی را با کلمات مناسب کامل کنید و یا کلمه یا عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب نمایید.

الف) نسبت تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی به بار الکتریکی ذره است. (.....)

ب) پتانسیل الکتریکی کمیتی ..... می‌باشد و یکای آن ..... است.

پ) نسبت تغییر انرژی پتانسیل به بار ذره، مستقل از ..... و ..... است.

Alaeefizik fizikAlaee

ت) اگر الکترونی در داخل میدان الکتریکی رها شود در جهتی حرکت می‌کند که انرژی پتانسیل الکتریکی آن (افزایش – کاهش) یابد.

ث) اگر در جهت میدان الکتریکی حرکت کنیم پتانسیل الکتریکی (افزایش – کاهش) می‌یابد.

ج) در میدان الکتریکی یکنواخت با حرکت در جهت عمود بر خطوط میدان پتانسیل الکتریکی صفر است؟ (درست – نادرست)

Alaeefizik fizikAlaee

چ) اگر بار الکتریکی مثبت در جهت خطوط میدان الکتریکی جابه‌جا شود پتانسیل الکتریکی (افزایش – کاهش) می‌یابد.

ح) یکای ولت معادل (ژول بر کولن – ژول در کولن) است.

خ) در نقطه مرجع پتانسیل الکتریکی ..... است.

د) نیوتون بر کولن همان ولت بر متر است. (درست – نادرست)

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 51:

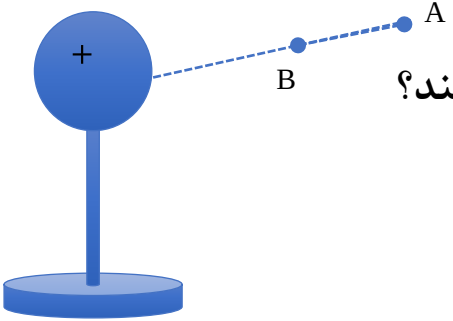
الف) در شکل مقابل، از نزدیکی بار q_1 تا نزدیکی بار q_2 جابه‌جا می‌شویم. تغییرات بزرگی میدان الکتریکی و پتانسیل الکتریکی چگونه خواهد بود. (با ذکر دلیل)

ب) توضیح دهید، اگر در میدان الکتریکی انرژی پتانسیل الکتریکی بار مثبت کاهش یابد، پتانسیل الکتریکی چگونه تغییر کرده است؟

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 52:

در شکل روبه‌رو ذره‌ای با بار منفی را از حال سکون، از نقطه A واقع در میدان الکتریکی اطراف کره باردار رها می‌کنیم. اگر ذره در مسیر A تا B جابه‌جا شود:



الف) در این جابه‌جایی کار نیروی الکتریکی مثبت است یا منفی؟

ب) در این جابه‌جایی انرژی جنبشی ذره باردار چگونه تغییر می‌کند؟

پ) پتانسیل الکتریکی نقاط A و B را با هم مقایسه کنید.

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 53:

الف) در یک میدان الکتریکی یکنواخت بار $q_1 = -4\ \mu C$ از نقطه A تا B جابه‌جا می‌شود. اگر انرژی پتانسیل الکتریکی آن در نقاط A و B به‌ترتیب $0/4\ mJ$ و $0/8\ mJ$ و پتانسیل نقطه A برابر ۱۵V باشد پتانسیل نقطه B چند ولت است؟

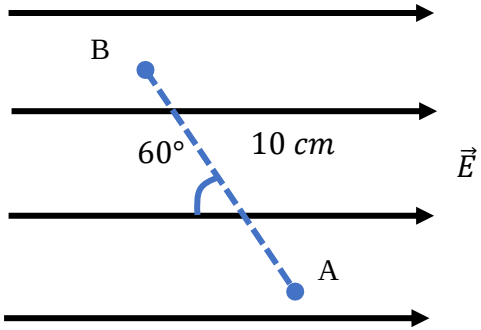
Alaeefizik fizikAlaee

ب) اختلاف پتانسیل بین پایانه‌های یک باتری ۲۴V است اگر ذره‌ای با بار $q = 5\ C$ از پایانه مثبت به پایانه منفی آن برود، تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی آن چند ژول می‌شود؟

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 54:

مطابق شکل روبه‌رو بار الکتریکی $q = 5\ \mu C$ در میدان الکتریکی یکنواختی به بزرگی $10^5 N/C$ در مسیر A تا B با تندی ثابت جابه‌جا می‌شود. مطلوب است:



الف) نیروی الکتریکی وارد بر بار q

ب) تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار q

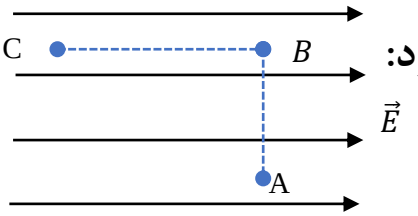
پ) اختلاف پتانسیل بین دو نقطه A و B یعنی $(V_B - V_A)$

ت) کار نیروی میدان الکتریکی در این جابه‌جایی

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 55:

در میدان الکتریکی یکنواخت شکل مقابل که بزرگی آن $E = 5 \times 10^5 N/C$ است بار الکتریکی q و از نقطه C به نقطه B و سپس به نقطه A می‌رود:



الف) اختلاف پتانسیل الکتریکی بین نقاط C و B را بیابید.

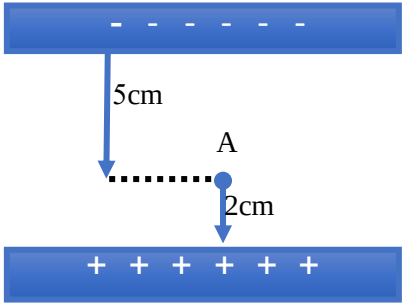
ب) اگر بار نقطه ای q =2 nC از نقطه C تا نقطه A جابه‌جا شود،

تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی آن را به‌دست آورید. (CB = 2 cm)

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 56:

مطابق شکل یک ذره غبار با بار الکتریکی $2 \times 10^{-11} C$ و جرم $2 \times 10^{-7} kg$ در میدان الکتریکی بین دو صفحه باردار قرار گرفته است. اگر اختلاف پتانسیل بین دو صفحه $28\ kV$ باشد و ذره از نقطه A از حال سکون شروع به حرکت کند:



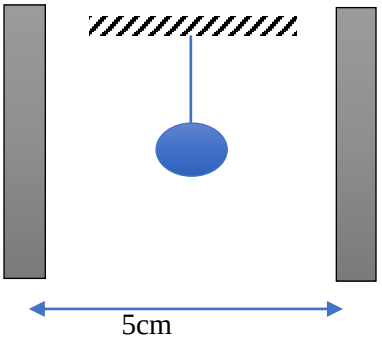
الف) این ذره به کدام صفحه برخورد می‌کند؟ چرا؟

ب) سرعت برخورد آن به صفحه چقدر است؟

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 57:

گلوله‌ای به جرم $0/2\ g$ و بار $0/02\ \mu C$ به‌وسیله نخی بین دو ورقه قائم موازی که $5cm$ از هم فاصله دارند آویزان شده است. اختلاف پتانسیل بین دو ورقه چند ولت باشد تا نخ به اندازه ۳۷ درجه از امتداد قائم منحرف شود؟ ($\sin 37^\circ =$ $0/6$ و $\cos 37^\circ = 0/8$)

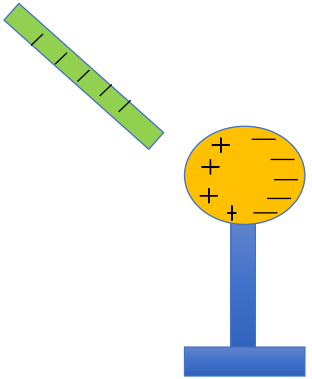


توزیع بار الکتریکی در اجسام رسانا

نحوه‌ی توزیع بار الکتریکی در اجسام رسانا: وقتی به یک جسم رسانا، بار الکتریکی داده می‌شود، در مدت کوتاهی (از مرتبه ی و 10^{-9}) تمام بار داده شده به سطح خارجی جسم رانده شده و در آنجا توزیع می‌شود و بار الکتریکی و میدان الکتریکی درون جسم صفر خواهد شد. علت آن است که بارهای یک جسم رسانا که الزاماً هم‌نامند یکدیگر را دفع کرده و خود را در دورترین فاصله از هم که همان سطح جسم است قرار می‌دهند.

Alaeefizik fizikAlaee

القای بار الکتریکی: وقتی میله‌ای باردار را به یک جسم رسانا (به‌عنوان مثال کره‌ی رسانا) بدون تماس با آن، نزدیک کنیم الکترون‌های آزاد کره تحت تأثیر نیروی الکتریکی میله‌ی باردار (میدان الکتریکی حاصل از آن) جابه‌جا می‌شوند به‌طوری‌که سطح مجاور میله بار ناهم‌نام و سطح دورتر کره بار هم‌نام را خواهد داشت.



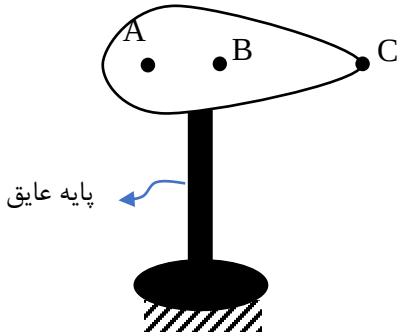
Alaeefizik fizikAlaee

توجه:1. میدان الکتریکی و بار الکتریکی تمام نقاط درون جسم رسانا صفر است.

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

۳. خطوط میدان الکتریکی نزدیک به نقاط تیز جسم متراکم‌تر و میدان الکتریکی قوی‌تر است.

۴. در کره (به دلیل تقارن) تراکم بار الکتریکی در همه‌ی نقاط یکسان است.



Alaeefizik fizikAlaee

مثال 58:

در هریک از عبارات جاهای خالی زیر را با کلمات مناسب کامل کنید و یا عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب نمایید.

الف) بارهای الکتریکی در (سطح داخلی – سطح خارجی) رسانا توزیع می‌شود.

ب) میدان الکتریکی در داخل رسانا صفر است. (درست – نادرست)

پ) در یک رسانای منزوی و در حال تعادل الکتروستاتیکی، پتانسیل الکتریکی نقاط نیز اجسام بیشتر است. (درست – نادرست)

Alaeefizik fizikAlaee

ت) پتانسیل الکتریکی گوشه‌های یک مکعب رسانای دارای بار الکتریکی مثبت، ..... پتانسیل الکتریکی سایر نقاط واقع بر روی آن است.

ث) در حالت تعادل الکتروستاتیکی سطح یک جسم رسانا یک سطح هم‌پتانسیل است. (درست – نادرست)

ج) وقتی به یک جسم (رسانا – نارسانا) بار الکتریکی داده می‌شود، بار در محل داده شده به جسم باقی می‌ماند.

Alaeefizik fizikAlaee

چ) تراکم بار در نقاط تیز جسم رسانای باردار از نقاط دیگر آن کمتر است. (درست – نادرست)

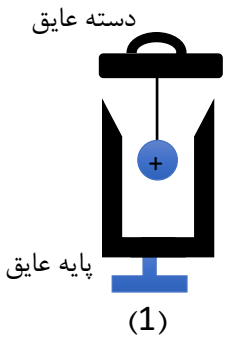
ح) در نبود میدان الکتریکی خارجی، تراکم بار روی سطح خارجی یک (مخروط – کره) رسانا یکسان است.

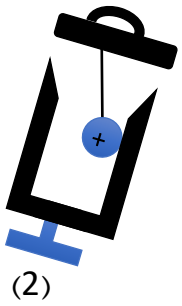
خ) خطوط میدان الکتریکی همواره بر سطح رساناهای فلزی عمود می‌باشد. (درست – نادرست)

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 59:

یک گلوله فلزی باردار مطابق شکل (۱) توسط نخی عایق به درپوش فلزی جعبه رسانای بدون باری وصل شده است. در شکل (۲) جعبه رسانا را کج می‌کنیم به‌طوری‌که گلوله به بدنه داخلی آن تماس یابد:





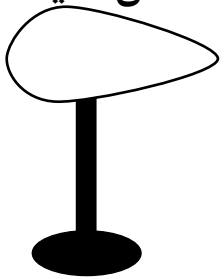
الف) وضعیت بار الکتریکی در گلوله چگونه است؟

ب) از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیریم؟

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 60:

یک جسم رسانای دوکی شکل را روی پایه عایق قرار داده و آن را ازطریق مولد واندوگراف باردار می‌کنیم درستی یا نادرستی جملات زیر را مشخص کنید.



الف) تجمع بار در تمام نقاط آن یکسان است.

ب) داخل آن میدان الکتریکی به وجود آمده است.

پ) تراکم خطوط میدان در اطراف نوک تیز دوک بیشتر است.

Alaeefizik fizikAlaee

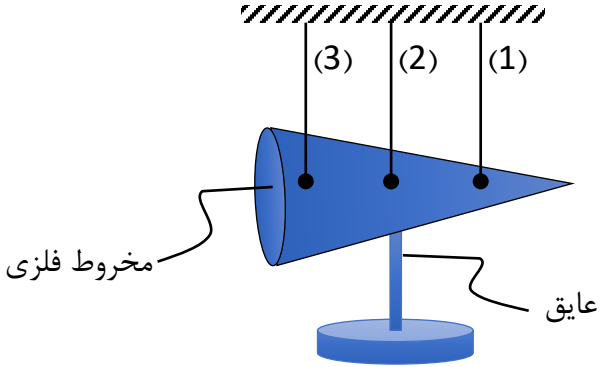
ت) پتانسیل تمام نقاط آن یکسان است.

ث) بار الکتریکی فقط در سطح بیرونی این رسانا توزیع می‌شود و داخل آن هیچ باری وجود ندارد.

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 61:

در شکل روبه‌رو مخروط فلزی که بر روی پایه عایق قرار دارد را به مولد واندوگراف متصل کنیم. مشاهدات خود را پیش بینی کنید.



Alaeefizik fizikAlaee

مثال 62:

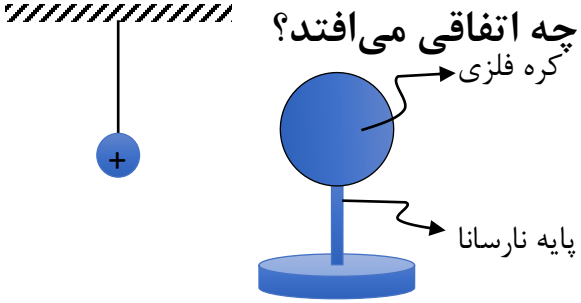
به سؤال‌های زیر پاسخ دهید:

الف) مطابق شکل زیر، یک کره و یک جسم مخروطی رسانا را که روی پایه عایق قرار دارند به‌هم تماس داده‌ایم میله شیشه‌ای با بار مثبت را نزدیک می‌کنیم ابتدا کره را دور می‌کنیم و سپس میله را بر می‌داریم نحوه توزیع بار در آنها چگونه است؟

میله‌ی شیشه‌ای

ب) هنگامی‌که یک بادکنک باردار را به یک باریکه آب که از شیر آب فرو می‌ریزد نزدیک کنیم باریکه خمیده می‌شود علت را توضیح دهید.

پ) یک کره فلزی بدون بار را که روی پایه نارسانایی قرار دارد به آونگ الکتریکی بارداری نزدیک می‌کنیم با ذکر دلیل توضیح دهید چه اتفاقی می‌افتد؟



Alaeefizik fizikAlaee

خازن: **خازن وسیله‌ای است که می‌تواند بار الکتریکی و انرژی الکتریکی را در خود ذخیره کند.**

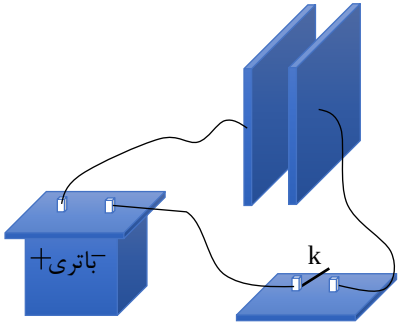
هر خازن از دو جسم رسانا تشکیل شده است که روی آنها بارهای مثبت و منفی توزیع شده و بین آنها یک قطعه‌ی عایق قرار گرفته است. دو جسم رسانا می‌تواند دو صفحه‌ی فلزی تخت باشد.

Alaeefizik fizikAlaee

باردار کردن خازن: برای باردار کردن خازن باید دو صفحه‌ی خازن را به پایانه‌های یک باتری متصل کنیم. به علت اختلاف پتانسیل بین دو سر باتری و صفحات خازن این صفحه‌ها دارای بارهایی با بزرگی یکسان اما با علامت مخالف می‌شود.

ظرفیت خازن: نسبت بار خازن به اختلاف پتانسیل دو صفحه آن را ظرفیت خازن می‌نامیم.

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



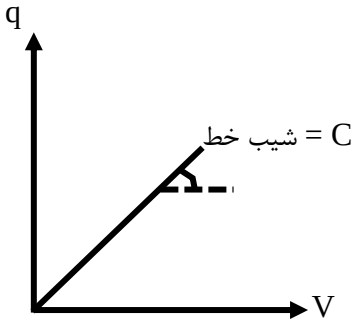
یکای بار الکتریکی، کولن (C)، یکای اختلاف پتانسیل، ولت (V) و بنابراین یکای ظرفیت خازن کولن بر ولت ($\frac{C}{V}$) می‌باشد که آن را فاراد (F) گویند.

یک فاراد ظرفیت بالایی می‌باشد. واحدهای کوچکتر از فاراد عبارت‌اند از:

$$1\ \mu F = 10^{-6} F\ ,1\ nF = 10^{-9} F,\ 1\ pF = 10^{-12} F$$

Alaeefizik fizikAlaee

با افزایش اختلاف پتانسیل دو سر خازن، به همان نسبت بار آن نیز افزایش می‌یابد، اما نسبت آن دو که همان ظرفیت خازن باشد ثابت می‌ماند. بنابراین ظرفیت خازن به بار الکتریکی و اختلاف پتانسیل دو سر آن بستگی ندارد. نمودار بار الکتریکی خازن برحسب اختلاف پتانسیل دوسر آن به‌صورت مقابل است. شیب این نمودار برابر ظرفیت خازن است.



Alaeefizik fizikAlaee

خازن با دی الکتریک

اگر فضای میان صفحه‌های یک خازن را با ماده‌ای عایق (مانند کاغذ یا پلاستیک) که به آن دی‌الکتریک گفته می‌شود پر کنیم ظرفیت خازن افزایش می‌یابد. یعنی اگر ظرفیت خازن بدون دی‌الکتریک را با C_0 نمایش دهیم آن‌گاه ظرفیت خازن با دی‌الکتریک برابر با $C = \kappa C_0$ می‌شود.

Alaeefizik fizikAlaee

عامل‌های مؤثر در ظرفیت خازن تخت

. ظرفیت خازن تخت با فاصله‌ی دو صفحه‌ی خازن نسبت عکس دارد. $(C\alpha\frac{1}{d})$

. ظرفیت خازن با مساحت سطح مشترک صفحه‌های آن نسبت مستقیم دارد. $(C\propto A)$

. ظرفیت خازن به جنس دی‌الکتریک وابسته است و با ضریب دی‌الکتریک (κ) نسبت مستقیم دارد. $(C \propto K)$

Alaeefizik fizikAlaee

ظرفیت خازن تخت: ظرفیت خازن از رابطه‌ی مقابل به‌دست می‌آید:

$$C = \kappa \varepsilon_0 \frac{A}{d}$$

در این رابطه C ظرفیت بر حسب (F)، ثابت دی‌الکتریک (بدون یکا)، ε_0 ضریب گذردهی الکتریکی خلأ ($\varepsilon_0 = 8/85 \times 10^{-12} \frac{F}{m}$) A مساحت برحسب ($m^2$) و d فاصله‌ی بین دو صفحه بر حسب (m) است.

Alaeefizik fizikAlaee

کم‌ترین مقدار ثابت دی‌الکتریک برابر یک است که برای محیط خلأ و تقریباً برای هوا است. بنابراین با خارج کردن دی‌الکتریک ازمیان صفحه‌های یک خازن ظرفیت خازن کم می‌شود و برعکس ورود دی الکتریک باعث افزایش ظرفیت خازن می‌شود.

ظرفیت خازن منحصراً به مشخصات ساختمانی آن بستگی دارد و به بار الکتریکی و اختلاف پتانسیل دو سر آن بستگی ندارد.

وقتی یک دی‌الکتریک همه‌ی فضای بین دو صفحه‌ی خازن را پر کند در این حالت فاصله‌ی بین دو صفحه‌ی خازن برابر ضخامت دی‌الکتریک است.

Alaeefizik fizikAlaee

برای محاسبه‌ی نسبت ظرفیت دو خازن و یا یک خازن در دو حالت مختلف از رابطه‌ی مقابل استفاده می‌کنیم:

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{\kappa_2}{\kappa_1} \times \frac{A_2}{A_1} \times \frac{d_1}{d_2}$$

Alaeefizik fizikAlaee

فروریزش الکتریکی

- حضور دی‌الکتریک‌ها در خازن باعث افزایش حداکثر ولتاژ قابل تحمل خازن می‌شود (از مزیت‌های دی‌الکتریک)
- برای هر دی‌الکتریک بیشینه‌ی اختلاف پتانسیلی وجود دارد که از آن به بعد دست خوش فروریزش الکتریکی می‌شود.

Alaeefizik fizikAlaee

انرژی خازن

هنگامی‌که صفحه های خازن را به باتری وصل می‌کنیم به‌طور مستمر باری جزئی از یک صفحه‌ی خازن جدا و به همان اندازه به صفحه‌ی دیگر منتقل می‌شود در این فرآیند طبق رابطه‌ی $W_{\text{خارجی}} = Q\Delta V$ باتری روی این بار کار انجام می‌دهد که به‌صورت انرژی پتانسیل الکتریکی در میدان الکتریکی فضای بین صفحه‌های خازن ذخیره می‌شود. انرژی خازن از رابطه‌های زیر به‌دست می‌آید.

Alaeefizik fizikAlaee

$$U=\frac{1}{2}QV \rightarrow \begin{cases} \xrightarrow{Q=CV} U=\frac{1}{2}CV^2 \\ V=\frac{Q}{C} \rightarrow U=\frac{Q^2}{C} \rightarrow U=\frac{Q^2}{2C} \end{cases}$$

در حل مسائل بسته به این که کدام‌یک از کمیت‌های Q، C، V، و یا U در مسئله معلوم باشد از یکی‌از این رابطه‌ها استفاده می‌کنیم.

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 63:

جاهای خالی را با کلمه یا عبارت مناسب کامل کنید و یا کلمه یا عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب نمایید.

الف) خازن وسیله‌ای الکتریکی است که می‌تواند ..... و ..... را در خود ذخیره کند.

ب) در فلاش دوربین از (باتری – خازن) استفاده می‌شود.

پ) اگر اختلاف پتانسیل دو سر یک خازن را نصف کنیم ظرفیت خازن دو برابر می‌شود. (درست – نادرست)

Alaeefizik fizikAlaee

ت) اگر فاصله صفحات خازن را نصف کنیم، ظرفیت آن ..... می‌شود. (دو برابر – نصف)

ث) وجود دی‌الکتریک در خازن سبب تقویت تضعیف میدان الکتریکی آن می‌شود.

ج) حضور دی‌الکتریک در خازن باعث افزایش – کاهش حداکثر ولتاژ قابل تحمل خازن می‌شود.

چ) در اثر پدیده ..... دی‌الکتریک تغییر ماهیت داده و سوراخ شده و خازن می‌سوزد.

Alaeefizik fizikAlaee

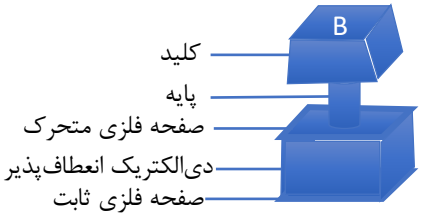
ح) این پدیده در عایق بین دو صفحه خازن‌ها معمولاً با ایجاد یک جرقه همراه است و در بیشتر مواقع خازن را می‌سوزاند (فروریزش الکتریکی – تخلیه خازن)

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 64:

به سؤالات زیر پاسخ دهید:

الف) در صفحه کلید شکل مقابل عامل تشخیص رایانه که، کدام کلید توسط کاربر فشار داده شده، چیست؟



ب) فروریزش الکتریکی را تعریف کنید.

Alaeefizik fizikAlaee

پ) هر یک از تغییرات زیر چه تأثیری در ظرفیت خازن دارد؟

۱) کاهش سطح مقطع صفحات خازن که روبه روی هم قرار دارند.

۲) قرار دادن عایق بین صفحات خازن

۳) افزایش بار الکتریکی خازن

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 65:

خازن تختی را به مولد وصل می‌کنیم و پس از پر شدن از مولد جدا کرده و سپس فاصله صفحه‌های خازن را نصف می‌کنیم. در جدول زیر، هر عبارت از ستون A به یک عبارت از ستون B مرتبط است؛ آن‌ها را مشخص کنید.

A	B
الف) بار الکتریکی ذخیره شده در خازن ب) اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر خازن پ) ظرفیت خازن	1. نصف می‌شود. 2. دو برابر می‌شود. 3. ثابت می‌ماند. 4. $\frac{1}{4}$ برابر می‌شود.

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 66:

با توجه به جمله‌های (الف) و (ب)، جاهای خالی را در جدول زیر با کلمه‌های (افزایش، کاهش، ثابت) پر کنید.

الف) در یک خازن متصل به باتری صفحه‌های خازن را از هم دور می‌کنیم.

ب) در یک خازن متصل به باتری بین دو صفحه دی‌الکتریک میکا قرار می‌دهیم.

Alaeefizik fizikAlaee

خازن	اختلاف پتانسیل	ظرفیت	بار الکتریکی
الف			
ب			

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 67:

با نصف کردن فاصله صفحات خازن تختی که به اختلاف پتانسیل ثابتی وصل است، کمیت‌های ظرفیت خازن بار الکتریکی روی صفحات خازن و میدان الکتریکی بین صفحات چگونه تغییر می‌کند؟

Alaeefizik fizikAlaee

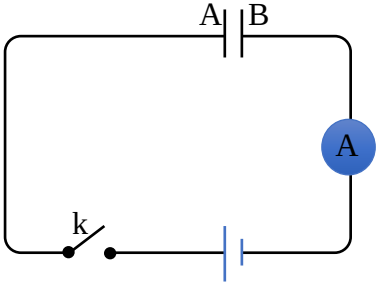
مثال 68:

اختلاف پتانسیل دو سر یک خازن را از ۱۰ ولت به ۳۰ ولت افزایش می‌دهیم. با این کار $50\ \mu C$ بار بیش‌تری روی صفحات این خازن ذخیره می‌شود. ظرفیت این خازن را به‌دست آورید.

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 69:

در شکل زیر یک خازن با دی‌الکتریک هوا و یک باتری و کلید مشاهده می‌کنید. با استفاده از کلمه‌های داده شده در کادر جاهای خالی در متن زیر را کامل کنید. (یک کلمه اضافی است).



مثبت - بیشتر از - برابر با - کمتر از - منفی

الف) پس از وصل کردن، صفحه B دارای بار ..... و صفحه A دارای بار ..... می‌شود.

Alaeefizik fizikAlaee

ب) زمانی‌که ولتاژ دو سر مولد ..... ولتاژ دو سر خازن است، شارش بار قطع شده و آمپرسنج عبور جریان را نشان نمی‌دهد.

پ) اگر بدون آن که خازن را از مولد جدا کنیم دی‌الکتریک را بین صفحات خازن قرار دهیم انرژی خازن در این حالت ..... انرژی خازن در حالت اولیه است.

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 70:

با توجه به جمله‌های الف و ب، جاهای خالی را با کلمات (افزایش – ثابت – کاهش) پر کنید.

الف) خازنی به باتری متصل است در این حالت فاصله بین صفحات را کم می‌کنیم.

ب) خازن را از باتری جدا می‌کنیم و بین صفحات دی‌الکتریک قوی قرار می‌دهیم.

Alaeefizik fizikAlaee

خازن	اختلاف پتانسیل	ظرفیت	بار	میدان الکتریکی	انرژی
الف					
ب					

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 71:

خازنی با دی‌الکتریک هوا را به باتری متصل می‌کنیم تا شارژ شود. بعد از شارژ شدن آن را از باتری جدا می‌کنیم و سپس دی‌الکتریک با ضریب ۴ بین صفحه‌های آن قرار می‌دهیم. با ذکر دلیل مشخص کنید هرکدام از کمیت‌های زیر چند برابر می‌شوند؟

الف) ظرفیت خازن ب) میدان الکتریکی در خازن پ) انرژی ذخیره شده در خازن

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 72:

ظرفیت خازن تختی $۲۰nF$ و بار الکتریکی آن $۱۸۰nC$ است.

الف) انرژی ذخیره شده در این خازن چقدر است؟

ب) بین صفحات خازن هواست. خازن را از باتری جدا کرده و فاصله بین صفحات آن را دو برابر می‌کنیم در این حالت انرژی ذخیره شده در خازن چقدر افزایش می‌یابد؟

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 73:

مساحت صفحه‌های یک خازن مسطح برابر $0/5m^2$ و فضای بین صفحه‌ها از ماده‌ای با ثابت دی‌الکتریک پر شده است. اگر این خازن را با ولتاژ ۱۰۰۰ ولت پر کنیم، انرژی ذخیره شده در آن $4 \times 10^{-3}J$ می‌شود.

الف) ظرفیت خازن را به‌دست آورید.

ب) فاصله بین دو صفحه خازن را حساب کنید ($\varepsilon_0 = 8/8 \times 10^{-12}\ \frac{F}{m}$).

مثال 74:

شعاع هر صفحه دایره‌ای خازنی $۲cm$ و فاصله دو صفحه از یکدیگر $۵mm$ و در فضای بین دو صفحه الکل با ضریب دی‌الکتریک ۲۵ قرار دارد. اگر این خازن را به اختلاف پتانسیل ۱۰۰V وصل کنیم انرژی ذخیره شده در آن چقدر خواهد بود؟ $(\pi = 3\ ,\ \varepsilon_0 = 9 \times 10^{-12})$

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 75:

میدان الکتریکی بین صفحات خازن تختی که مساحت هر صفحه آن $4\ cm^2$ و فاصله بین صفحه‌ها mm۲ است، برابر $\mathrm{N/C}$ ۵۰۰ می‌باشد و بین صفحه‌ها هوا می‌باشد. انرژی ذخیره شده در این خازن چند ژول است؟ ($\varepsilon_0 = 9 \times 10^{-12}\ \frac{F}{m}$)

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 76:

الف) انرژی ذخیره شده در یک خازن به ظرفیت $660\ \mu F$ با ولتاژ $200\ V$، چند ژول است؟

ب) اگر تمام این انرژی در مدت $1\ ms$ آزاد شود، توان متوسط خروجی چند کیلووات خواهد بود؟

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 77:

در یک دوربین عکاسی از خازنی با ظرفیت $400\ \mu F$ که با ولتاژ ۲۰۰ ولت پر شده است، استفاده می‌شود.

الف) بار این خازن چقدر است؟

ب) اگر تمام انرژی خازن در مدت $۲ms$ تخلیه شود، توان خروجی چند وات است؟

Alaeefizik fizikAlaee

مثال 78:

ظرفیت خازنی ۱۲ میکروفاراد و بار آن Q است. اگر $+3\ mC$ بار الکتریکی را از صفحه منفی جدا کرده و به صفحه مثبت منتقل کنیم انرژی ذخیره شده در خازن 8 J زیاد می‌شود. اندازه Q را به‌دست آورید.

Alaeefizik fizikAlaee