چهارشنبه
۱۴۰۳/۱۲/۲۹

الکتریسیتهٔ ساکن
(فصل ۱ یازدهم)

دفترچه پاسخ

دوپینگ ماز

گروه آزمایشی علوم ریاضی و فنی
فیزیک

درس	مسئول درس	طراحان	ویراستاران
فیزیک	سجاد صادقی‌زاده سعید احمدی	سجاد صادقی‌زاده ـ محسن قندچلر سارا قانع ـ محمدجواد سورچی علیرضا محمدی ـ مجید میرزائی	محمدجواد سورچی پویا هدایتی

۱ و ۲ دهم	۳، ۴ و ۵ دهم	۱ یازدهم	۲ یازدهم	۳ و ۴ یازدهم	۱ دوازدهم	۲ دوازدهم	۳ و ۴ دوازدهم	۵ و ۶ دوازدهم
هفتهٔ اول	هفتهٔ دوم		هفتهٔ سوم		هفتهٔ چهارم		هفتهٔ پنجم	هفتهٔ ششم

۵۵ روز جمع‌بندی تا کنکور اردیبهشت

حق چاپ و تکثیر سؤالات به هر روش (الکترونیکی و...) پس از برگزاری آزمون برای تمامی اشخاص حقیقی و حقوقی تنها با مجوز «گروه ماز» مجاز می‌باشد و با متخلفین برابر مقررات رفتار می‌شود.

به دلیل عدم رضایت تیم ماز، هرگونه استفادهٔ غیرقانونی از دفترچه سؤالات و پاسخنامه ماز برای تمامی اشخاص، شرعاً حرام است.

سنجش کلاد
www.SanjeshCloud.ir
T.me/SanjeshClouds

اهمیت مباحث این آزمون در کنکور...

خب بریم سراغ فصل مهم «الکتریسیتهٔ ساکن» از فیزیک یازدهم.

فصل ۱ فیزیک یازدهم

بعضی از قسمت‌های این فصل نسبتاً دشوار هستن و ما سعی کردیم توی این آزمون سؤالات متنوعی از این مباحث براتون طرح کنیم تا حسابی واسه کنکور آماده باشین! یکم با این فصل آشنا بشیم و بعدش بریم باهمدیگه سراغ بررسی سؤالاتش.

۱- مباحث اصلی این فصل چیا هستن؟

مهم‌ترین مباحث این فصل، مباحث مربوط به «قانون کولن»، «میدان الکتریکی»، «پتانسیل و انرژی پتانسیل الکتریکی» و «خازن» هستن. از مباحث اولیهٔ فصل مثل «گسستگی بار الکتریکی» و «روش‌های باردار کردن اجسام» هم غافل نشین که ممکنه ازشون سؤال بیاد. دانش‌آموزای رشتهٔ ریاضی علاوه‌بر مباحث بالا، مبحث «چگالی سطحی بار الکتریکی» رو هم دارن که خیلی مهمه!

۲- چرا این فصل مهمه؟

از این فصل حدوداً ۳ یا ۴ سؤال توی کنکور مطرح می‌شه که تعداد قابل‌توجهیه. از طرفی مباحث این فصل قابلیت ترکیب با مطالب فصل‌های بعدی فیزیک یازدهم رو هم دارن که باعث می‌شه اهمیت این فصل بیش‌تر هم بشه.

۳- توی کنکورهای اخیر چند سؤال از این فصل اومده؟

توی جدول زیر، تعداد سؤالاتی که از این فصل توی کنکور اومده رو براتون آوردیم:

سال / رشته	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	۱۴۰۲ (نوبت اول)	۱۴۰۲ (نوبت دوم)	۱۴۰۳ (نوبت اول)	۱۴۰۳ (نوبت دوم)
تجربی	۳	۴	۴	۳	۳	۳	۳
ریاضی	۴	۵	۴	۳	۳	۳	۳

همون‌طور که می‌بینین، باید انتظار حداقل ۳ تست رو از این فصل داشته باشیم.

کنکور ۱۴۰۴
www.biomaze.ir
www.SanjeshCloud.ir
T.me/SanjeshClouds

۱- دو جسم خنثی A و B را مالش می‌دهیم تا دارای بار الکتریکی به بزرگی $8nC$ شوند. با توجه به سری الکتریسیتهٔ مالشی زیر، چه تعداد از عبارت‌های زیر صحیح است؟ $(e=1/6\times10^{-19}C)$

انتهای مثبت سری
A
B
انتهای منفی سری

الف: تعداد 5×10^{19} الکترون از جسم A به جسم B منتقل شده است.

ب: اگر جسم A را به کلاهک الکتروسکوپی با بار مثبت نزدیک کنیم، فاصلهٔ ورقه‌های الکتروسکوپ کاهش می‌یابد.

پ: جسم‌های A و B یکدیگر را با نیروی الکتریکی می‌رانند.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) صفر

پاسخ: گزینهٔ ۴ (آسان ـ مفهومی/محاسباتی ـ ۱۱۰۱)

بررسی موارد:

الف) با توجه به این‌که در سری الکتریسیتهٔ مالشی، جسم A بالاتر از جسم B قرار دارد، پس از مالش دو جسم، بار A مثبت و بار B منفی است؛ بنابراین تعدادی الکترون از A به B منتقل شده‌اند. تعداد این الکترون‌ها برابر است با:

$q=ne\Rightarrow 8\times10^{-9}=n\times1/6\times10^{-19}\Rightarrow n=5\times10^{10}$ (×)

ب) بار جسم A مثبت است و اگر آن را به کلاهک الکتروسکوپ دارای بار مثبت نزدیک کنیم، با توجه به هم‌نام بودن جسم و الکتروسکوپ، فاصلهٔ ورقه‌ها افزایش می‌یابد. (×)

پ) با توجه به توضیحات قسمت «الف»، بار دو جسم، ناهمنام است؛ بنابراین جسم‌ها یکدیگر را با نیروی الکتریکی می‌ربایند (جذب می‌کنند). (×)

با توجه به توضیحات فوق، هر سه عبارت، نادرست هستند.

بار الکتریکی

۱- بار الکتریکی، کمیتی گسسته (کوانتیده) است که از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$q=\pm ne \quad , \quad n=0,1,2,...$$

در رابطهٔ فوق e بار بنیادی و برابر $e=1/6\times10^{-19}C$ است.

۲- اگر تعداد الکترون‌های یک جسم بیش‌تر از پروتون‌های آن باشد، علامت بار آن منفی خواهد بود و اگر تعداد الکترون‌های آن کم‌تر از پروتون‌هایش باشد، علامت بار آن مثبت خواهد بود.

مثال

تعداد الکترون‌های جسمی $2/5\times10^{10}$ واحد بیش‌تر از پروتون‌های آن است. بار الکتریکی این جسم چند نانوکولن است؟ $(e=1/6\times10^{-19}C)$

پاسخ:

ابتدا دقت کنید که چون الکترون‌ها بیش‌تر هستند، علامت بار جسم منفی است؛ بنابراین می‌توان نوشت:

$$q=-ne=-2/5\times10^{10}\times1/6\times10^{-19}=-4\times10^{-9}C=-4nC$$

روش‌های باردار کردن اجسام: مالش

یکی از روش‌های باردار کردن اجسام که معمولاً برای اجسام نارسانا به‌کار می‌رود، روش مالش است. در مورد این روش خوب است نکات زیر را بدانیم:

۱- هنگامی‌که دو جسم خنثی از طریق مالش، باردار می‌شوند، بار یکی از آن‌ها منفی و بار دیگری مثبت خواهد شد؛ بنابراین علامت بارها مخالف هم خواهد بود.

۲- چون در روش مالش تعداد الکترون‌هایی که یک جسم از دست می‌دهد با تعداد الکترون‌هایی که جسم دیگر به‌دست می‌آورد برابر است، اندازهٔ بار دو جسم باهم برابر خواهد بود؛ به عبارت دیگر اگر بار یک جسم $+q$ باشد، بار دیگری $-q$ خواهد بود.

۳- چون در روش مالش، علامت بار اجسام مخالف هم است، نیروی الکتریکی بین این دو جسم پس از مالش از نوع ربایشی خواهد بود.

۴- هنگامی‌که دو جسم را به‌هم مالش می‌دهیم تا باردار شوند، جسمی که الکترون‌خواه‌تر است (در جدول سری الکتریسیتهٔ مالشی در قسمت پایین‌تری قرار دارد)، الکترون می‌گیرد و بار آن منفی می‌شود. همچنین جسمی که کم‌تر الکترون‌خواه است (در جدول سری الکتریسیتهٔ مالشی در قسمت بالاتری قرار دارد)، الکترون از دست می‌دهد و بار آن مثبت خواهد بود.

مثال

مطابق جدول مقابل که بخشی از سری الکتریسیتهٔ مالشی را نشان می‌دهد، به سؤالات زیر پاسخ دهید.

انتهای مثبت سری
شیشه
ابریشم
لاستیک
تفلون
انتهای منفی سری

سری الکتریسیتهٔ مالشی

۱- اگر یک میلهٔ شیشه‌ای را به یک پارچهٔ ابریشمی مالش دهیم چه اتفاقی می‌افتد؟

با مالش شیشه به ابریشم، شیشه الکترون از دست می‌دهد و دارای بار مثبت می‌شود و ابریشم الکترون می‌گیرد و دارای بار منفی خواهد بود.

دقت کنید که اندازهٔ بار دو جسم باهم برابر است و علامت بار آن‌ها مخالف هم می‌باشد.

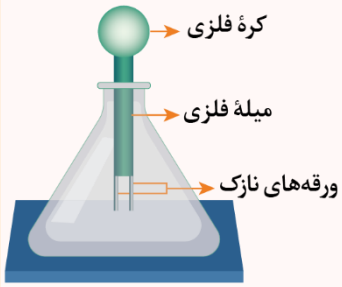
کنکور ۱۴۰۴
www.biomaze.ir
سنجش کلاد
www.SanjeshCloud.ir
T.me/SanjeshClouds

۲- یک میلهٔ شیشه‌ای را با پارچهٔ ابریشمی و یک قطعهٔ تفلون را با یک لاستیک مالش می‌دهیم تا باردار شوند. اگر شیشه و لاستیک را در نزدیکی هم قرار دهیم، نیروی الکتریکی بین آن‌ها از چه نوعی خواهد بود؟

در مالش شیشه با ابریشم، شیشه دارای بار مثبت می‌شود، زیرا در قسمت بالاتری از جدول قرار دارد. در مالش تفلون و لاستیک هم لاستیک دارای بار مثبت می‌شود؛ بنابراین بار لاستیک و شیشه هم‌علامت است و درنتیجه نیروی بین آن‌ها از نوع رانشی خواهد بود.

الکتروسکوپ

یک وسیلهٔ آزمایشگاهی است که می‌توان برای تشخیص باردار بودن و یا نبودن، نوع بار و رسانا بودن اجسام از آن استفاده کرد و همچنین می‌توان مقایسهٔ بار دو جسم را با استفاده از این وسیله معیّن نمود.



۱- اگر یک جسم باردار را به کلاهک الکتروسکوپ بدون باری نزدیک کنیم، ورقه‌های الکتروسکوپ از هم دور شده و باز می‌شوند. دقت کنید علامت بار در این حالت اهمیت ندارد.

۲- اگر یک جسم باردار را به کلاهک الکتروسکوپ بارداری نزدیک کنیم، دو حالت زیر می‌تواند رخ دهد:

۱-۲: بار جسم و الکتروسکوپ هم‌نام باشد:

در این حالت با نزدیک شدن جسم به الکتروسکوپ، ورقه‌های الکتروسکوپ از هم دورتر می‌شوند.

۲-۲: بار جسم و الکتروسکوپ ناهم‌نام باشد:

در این حالت با نزدیک شدن جسم به کلاهک الکتروسکوپ ورقه‌ها به‌هم نزدیک می‌شوند. اگر بار جسم خیلی بزرگ باشد ممکن است ورقه‌ها کاملاً بسته شوند و دوباره شروع به باز شدن کنند.

۳- با توجه به دو نکتهٔ فوق می‌توان کاربردهای زیر را برای الکتروسکوپ درنظر گرفت:

۱-۳: تشخیص باردار بودن جسم: کافی است جسم را به کلاهک یک الکتروسکوپ خنثی نزدیک کنیم. اگر ورقه‌ها باز شوند، جسم باردار است.

۲-۳: تشخیص نوع بار جسم: کافی است جسم را به کلاهک یک الکتروسکوپ باردار که نوع بار آن را می‌دانیم نزدیک کنیم. اگر فاصلهٔ ورقه‌ها بیش‌تر شد، بار جسم هم‌علامت با بار الکتروسکوپ است و اگر فاصلهٔ ورقه‌ها کم‌تر شد، علامت بار جسم باردار مخالف علامت بار الکتروسکوپ است.

۳-۳: تشخیص رسانا یا نارسانا بودن جسم:

جسم را به کلاهک الکتروسکوپ بارداری تماس می‌دهیم. اگر فاصلهٔ ورقه‌ها از هم تغییر محسوسی نکند، جسم نارسانا است و اگر این فاصله تغییر کند، جسم رسانا است.

گروه آموزشی ماز

۲- فاصلهٔ بین دو بار الکتریکی، چند درصد و چگونه تغییر کند تا بزرگی نیروی الکتریکی بین آن‌ها ۳۶ درصد کاهش یابد؟

۱) ۲۵ درصد افزایش ۲) ۲۵ درصد کاهش ۳) ۲۰ درصد افزایش ۴) ۲۰ درصد کاهش

پاسخ: گزینهٔ ۱ (آسان ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۱)

برای مقایسهٔ نیروی الکتریکی در دو حالت می‌توان نوشت:

$$F = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2} \xrightarrow{q_2, q_1, k \text{ ثابت}} \frac{F'}{F} = \left(\frac{r}{r'}\right)^2$$

$$\Rightarrow \frac{64}{100} = \left(\frac{r}{r'}\right)^2 \Rightarrow \frac{r}{r'} = \frac{8}{10} \Rightarrow r' = \frac{5}{4}r = \frac{125}{100}r$$

بنابراین فاصلهٔ بین بارها باید ۲۵ درصد افزایش یابد.

قانون کولن

اگر دو بار q_1 و q_2 در فاصلهٔ r از یکدیگر باشند، نیروی الکتریکی F را به یکدیگر وارد می‌کنند که بزرگی آن از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

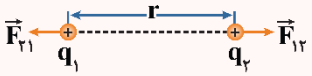
$$F = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

$|q_1|$ و $|q_2|$: اندازهٔ بار الکتریکی برحسب کولن (C) r: فاصلهٔ بین دو بار برحسب متر (m)

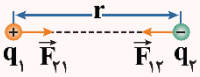
k: ثابت کولن که برابر با $9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$ است.

کنکور ۱۴۰۴
www.biomaze.ir
www.SanjeshCloud.ir
T.me/SanjeshClouds

اگر بارهای q_1 و q_2 هم‌نام باشند، نیروی الکتریکی بین آن‌ها دافعه و اگر ناهم‌نام باشند، نیروی بین آن‌ها جاذبه است.



نیروی الکتریکی بین دو بار الکتریکی هم‌نام، دافعه است.



نیروی الکتریکی بین دو بار الکتریکی ناهم‌نام، جاذبه است.

گروه آموزشی ماز

۳- دو گوی رسانای کوچک و یکسان دارای بار الکتریکی $q_1 = 2\mu C$ و q_2 هستند و در فاصلهٔ r از یکدیگر با نیروی F همدیگر را جذب می‌کنند. اگر این دو گوی را به‌هم تماس دهیم، سپس در فاصلهٔ $\frac{r}{2}$ از هم قرار دهیم، نیروی الکتریکی که به‌هم وارد می‌کنند، ۱۰ درصد کاهش می‌یابد. اندازهٔ بار q_2 چند میکروکولن است؟

۱) ۵ ۲) ۴ ۳) ۴ یا ۰/۶ ۴) ۵ یا ۰/۸

پاسخ: گزینهٔ ۴ (سخت ـ مفهومی/محاسباتی ـ ۱۱۰۱)

با توجه به این‌که در ابتدا گوی‌ها همدیگر را جذب می‌کنند، درمی‌یابیم بار گوی‌ها ناهم‌نام است. از طرفی با توجه به یکسان بودن گوی‌ها، پس از تماس بار گوی‌ها یکسان خواهد شد و داریم:

$$q'_1 = q'_2 = q' = \frac{q_1 + q_2}{2} \xrightarrow[q_1 = 2\mu C]{q_2 < 0} |q'| = \frac{|2 - |q_2||}{2}$$

حالا طبق قانون کولن می‌توانیم بنویسیم:

$$\frac{F'}{F} = \frac{|q'_1||q'_2|}{2 \times |q_2|} \times (\frac{r}{r'})^2 \Rightarrow \frac{F - \frac{10}{100}F}{F} = \frac{9}{10} = \frac{q'^2}{2 \times |q_2|} \times (\frac{r}{\frac{r}{2}})^2$$

$$\Rightarrow \frac{q'^2}{2 \times |q_2|} = \frac{9}{40} \Rightarrow \frac{(\frac{2 - |q_2|}{2})^2}{2 \times |q_2|} = \frac{9}{40} \Rightarrow \frac{q_2^2 - 4|q_2| + 4}{2 \times |q_2|} = 0/9$$

$$\Rightarrow q_2^2 - 5/8|q_2| + 4 = 0 \Rightarrow (|q_2| - 5)(|q_2| - 0/8) = 0$$

$$|q_2| = 5\mu C$$

یا

$$|q_2| = 0/8\mu C$$

مقایسهٔ نیروی الکتریکی

برای مقایسهٔ نیروی الکتریکی بین بارها می‌توان نوشت:

$$F \propto \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \rightarrow \frac{F'}{F} = \left|\frac{q'_1 q'_2}{q_1 q_2}\right| \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2 \xrightarrow{\text{اگر اندازهٔ بارها ثابت باشد}} \frac{F'}{F} = (\frac{r}{r'})^2$$

مثال

دو بار الکتریکی در فاصلهٔ ۱۰cm به‌هم نیروی الکتریکی F را وارد می‌کنند. فاصلهٔ بارها را چند سانتی‌متر افزایش دهیم تا نیروی الکتریکی بین آن‌ها $\frac{F}{4}$ شود؟

پاسخ:

$$F \propto \frac{|q_1 q_2|}{r^2} \xrightarrow{\text{بارها ثابت‌اند}} \frac{F'}{F} = (\frac{r}{r'})^2 \rightarrow \frac{1}{4} = (\frac{10}{r'})^2$$

$\rightarrow r' = 20\,cm \rightarrow$ فاصلهٔ بارها باید ۱۰cm افزایش یابد.

نکات طلایی

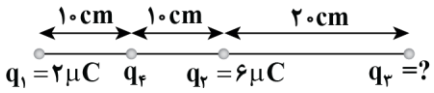
۱- هنگامی‌که دو کرهٔ مشابه رسانا که دارای بارهای الکتریکی q_1 و q_2 هستند، به‌هم تماس داده می‌شوند، بار نهایی آن‌ها برابر $\frac{q_1 + q_2}{2}$ می‌شود.

۲- هنگامی‌که دو کرهٔ مشابه رسانا که دارای بارهای الکتریکی q_1 و q_2 هستند، به‌هم تماس داده می‌شوند، اندازهٔ بار جابه‌جاشده بین آن‌ها برابر $\frac{|q_1 - q_2|}{2}$ است.

گروه آموزشی ماز

کنکور ۱۴۰۴
www.biomaze.ir
سنجش کلاد
www.SanjeshCloud.ir
T.me/SanjeshClouds

۴- در شکل زیر، برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار $q_۴$ صفر است. بار $q_۳$ چند میکروکولن است؟



۱) -۱۸
۲) ۱۸
۳) ۳۶
۴) -۳۶

پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۱)

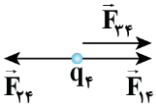
گام اول:

ابتدا نیروهای $F_{۱۴}$، $F_{۲۴}$ را محاسبه می‌کنیم. طبق رابطهٔ $F=\frac{kqq'}{r^۲}$ داریم:

$$F_{۱۴}=\frac{۹\times۱۰^۹\times۲\times۱۰^{-۶}q_۴}{(۱۰)^۲\times۱۰^{-۴}}=۱۸\times۱۰^۵q_۴$$

$$F_{۲۴}=\frac{۹\times۱۰^۹\times۶\times۱۰^{-۶}q_۴}{(۱۰)^۲\times۱۰^{-۴}}=۵۴\times۱۰^۵q_۴$$

گام آخر:



چون $F_{۱۴}<F_{۲۴}$ است برای صفر شدن برایند نیروهای وارد بر $q_۴$ لازم است $F_{۳۴}$ در جهت $F_{۱۴}$ باشد:

$$F_{۲۴}=F_{۱۴}+F_{۳۴}\Rightarrow ۵۴\times۱۰^۵q_۴=۱۸\times۱۰^۵q_۴+q_{۳۴}$$

$$q_{۳۴}=۳۶\times۱۰^۵q_۴=\frac{۹\times۱۰^۹\times q_۳\times q_۴}{(۳۰)^۲\times۱۰^{-۴}}$$

$$|q_۳|=۳۶\times۱۰^{-۶}=۳۶\mu C$$

چون نیروی $F_{۳۴}$ جاذبه است، پس بار $q_۳$ منفی است و گزینهٔ (۴) درست است.

محاسبهٔ نیروی الکتریکی در حضور چند بار

در سؤالاتی که چند بار الکتریکی وجود دارند و نیروی الکتریکی وارد بر یکی از آن‌ها را می‌خواهیم، گام‌های زیر را طی می‌کنیم.

گام اول: بردار نیروی الکتریکی که هر یک از بارها وارد می‌کنند را رسم می‌کنیم.

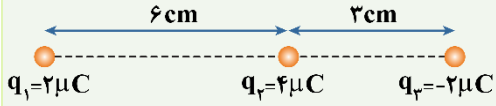
گام دوم: نیروهای الکتریکی را جداگانه محاسبه می‌کنیم.

گام سوم: بردارهای به‌دست‌آمده را به‌صورت برداری جمع می‌کنیم. اگر بردارها هم‌جهت باشند، اندازهٔ آن‌ها جمع می‌شود، اگر خلاف جهت هم باشند، اندازهٔ آن‌ها از هم کم می‌شود و اگر عمود بر هم باشند با کمک رابطهٔ فیثاغورس برایند آن‌ها محاسبه می‌شود.

در ادامه با حل یک مثال، مطالب فوق را مرور می‌کنیم.

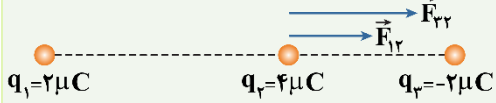
مثال

مطابق شکل، سه بار الکتریکی روی یک خط قرار دارند. نیروی الکتریکی برایند وارد بر $q_۲$ چند نیوتون است؟ $(k=۹\times۱۰^۹\frac{N.m^۲}{C^۲})$



پاسخ تشریحی:

ابتدا دقت کنید که بار $q_۱$، $q_۲$ را دفع می‌کند و بار $q_۳$، $q_۲$ را جذب می‌کند؛ بنابراین جهت نیروهای وارد بر $q_۲$ مطابق شکل زیر است.



در ادامه این دو نیرو را محاسبه می‌کنیم:

$$F_{۱۲}=k\frac{|q_۱q_۲|}{r_{۱۲}^۲}=۹\times۱۰^۹\times\frac{۲\times۱۰^{-۶}\times۴\times۱۰^{-۶}}{(۶\times۱۰^{-۲})^۲}=۲۰N$$

$$F_{۳۲}=k\frac{|q_۳q_۲|}{r_{۳۲}^۲}=۹\times۱۰^۹\times\frac{۲\times۱۰^{-۶}\times۴\times۱۰^{-۶}}{(۳\times۱۰^{-۲})^۲}=۸۰N$$

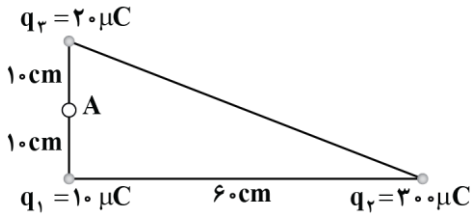
در ادامه با توجه به این‌که دو نیرو هم‌جهت هستند، برایند آن‌ها برابر مجموع اندازهٔ آن‌هاست و نیروی کل برابر است با:

$$\vec{F}_{t_۲}=\vec{F}_{۱۲}+\vec{F}_{۳۲}\Rightarrow|F_{t_۲}|=F_{۱۲}+F_{۳۲}=۲۰+۸۰=۱۰۰N$$

کنکور ۱۴۰۴
www.biomaze.ir
سنجش کلاد
www.SanjeshCloud.ir
T.me/SanjeshClouds

۵- در شکل زیر، اگر بار الکتریکی $q_۴$ را در نقطهٔ A قرار دهیم، بزرگی نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار $q_۱$ برابر با ۱۹۵N می‌شود. بار $q_۴$ چند میکروکولن است؟

۱) ۱۵
۲) ۱۵ یا ۲۵-
۳) ۲۵ یا ۱۵-
۴) ۱۵-



پاسخ: گزینهٔ ۲ (سخت ـ مفهومی/محاسباتی ـ ۱۱۰۱)

اگر برایند نیروهایی که بارهای $q_۳$ و $q_۴$ به بار $q_۱$ وارد می‌کنند را F_j بنامیم، طبق شکل خواهیم داشت:

$$\sqrt{F_{۲۱}^۲ + F_j^۲} = ۱۹۵N \xrightarrow{F_{۱۲}=\frac{۹۰\times۳۰۰\times۱۰}{۳۶۰۰}=۷۵} \sqrt{(۷۵)^۲ + F_j^۲} = ۱۹۵ \Rightarrow F_j = ۱۸۰N$$

بنابراین بزرگی نیرویی که بارهای $q_۳$ و $q_۴$ به $q_۱$ وارد می‌کنند باید برابر ۱۸۰N باشد که با توجه به علامت بار $q_۴$، دو حالت زیر امکان‌پذیر است:

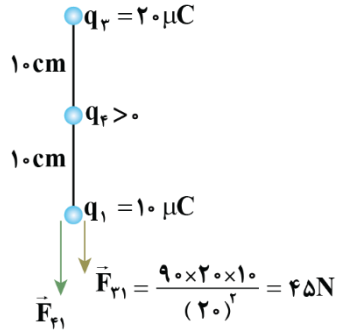
حالت اول:

اگر $q_۴ > ۰$ در محل A قرار گیرد:

$$F_{۴۱} + ۴۵ = ۱۸۰ \Rightarrow F_{۴۱} = ۱۳۵N$$

اکنون $q_۴$ را به‌دست می‌آوریم:

$$۱۳۵ = \frac{۹۰\times۱۰\times q_۴}{۱۰۰} \Rightarrow q_۴ = ۱۵\mu C$$



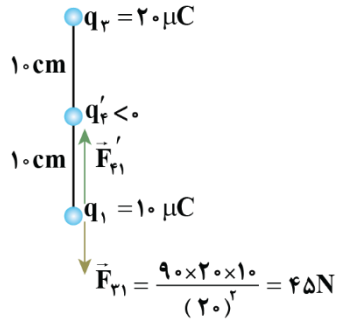
حالت دوم:

اگر $q'_۴ < ۰$ در محل A قرار گیرد:

$$F_{۴۱} - ۴۵ = ۱۸۰ \Rightarrow F_{۴۱} = ۲۲۵\,N$$

اکنون $q'_۴$ را به‌دست می‌آوریم:

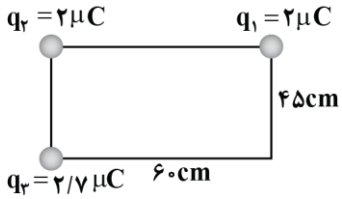
$$۲۲۵ = \frac{۹۰\times۱۰\times|q'_۴|}{۱۰۰} \Rightarrow q'_۴ = -۲۵\mu C$$



گروه آموزشی ماز

۶- در مستطیل زیر، برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار $q_۲$ چند برابر نیروی الکتریکی‌ای است که بار $q_۳$ بر $q_۱$ وارد می‌کند؟

۱) $\frac{۱۳}{۵}$
۲) $\frac{۱۱۷}{۴۰}$
۳) $\frac{۲۴۷}{۷۲}$
۴) $\frac{۳۲۵}{۱۰۸}$



پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۱)

طبق قانون کولن داریم:

$$F_{۱۲} = \frac{k(۲)(۲)}{(۶۰)^۲}\ ,\ F_{۳۲} = \frac{k(۲/۷)(۲)}{(۴۵)^۲} \Rightarrow \frac{F_{۳۲}}{F_{۱۲}} = ۲/۴$$

درنتیجه اگر $F_{۱۲} = F'$ باشد، آن‌گاه $F_{۳۲} = ۲/۴F'$ است.

در این صورت برای محاسبهٔ برایند نیروی الکتریکی وارد بر بار $q_۲$ خواهیم داشت:

$$(F_{net})_۲ = \sqrt{F_{۱۲}^۲ + F_{۳۲}^۲} = \sqrt{(F')^۲ + (۲/۴F')^۲} = ۲/۶F' = \frac{۱۳}{۵}F'$$

کنکور ۱۴۰۴
www.biomaze.ir
سنجش کلاد
www.SanjeshCloud.ir
T.me/SanjeshClouds

اکنون $F_{۱۳}$ را بررسی می‌کنیم.

با توجه به‌اندازهٔ اضلاع مستطیل، قطر آن برابر با $\sqrt{(۴۵)^۲+(۶۰)^۲}=۷۵cm$ است.

$$F_{۱۳}=\frac{k(۲)(۲/۷)}{(۷۵)^۲}\Rightarrow\frac{F_{۱۳}}{F'}=\frac{\frac{k(۲)(۲/۷)}{(۷۵)^۲}}{\frac{k(۲)(۲)}{(۶۰)^۲}}=\frac{۱۰۸}{۱۲۵}$$

درنتیجه $F_{۱۳}=\frac{۱۰۸}{۱۲۵}F'$ است.

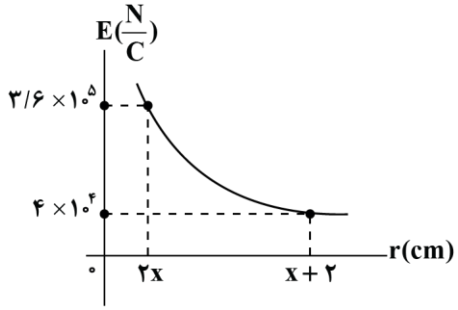
اکنون $\frac{(F_{net})_۲}{F_{۱۳}}$ را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{(F_{net})_۲}{F_{۱۳}}=\frac{\frac{۱۳}{۵}}{\frac{۱۰۸}{۱۲۵}}=\frac{۳۲۵}{۱۰۸}$$

گروه آموزشی ماز

۷- نمودار تغییرات میدان الکتریکی نقطه‌ای ناشی از بار الکتریکی q برحسب فاصله از آن، مطابق شکل زیر است. اندازهٔ میدان الکتریکی در فاصلهٔ ۱۶cm از این بار چند واحد SI است؟

۱) ۱۰۰
۲) ۲۰۰
۳) ۴۵۰
۴) ۹۰۰



پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ نموداری ـ ۱۱۰۱)

طبق رابطهٔ $E=\frac{kq}{r^۲}$ در صورت ثابت بودن q رابطهٔ E، به‌صورت زیر است:

$$E\propto\frac{۱}{r^۲}$$

از این نسبت استفاده می‌کنیم:

$$\frac{E_۱}{E_۲}=\left(\frac{r_۲}{r_۱}\right)^۲\Rightarrow\frac{۳/۶\times۱۰^۵}{۴\times۱۰^۴}=\left(\frac{x+۲}{۲x}\right)^۲\Rightarrow۹=\left(\frac{x+۲}{۲x}\right)^۲\Rightarrow۳=\frac{x+۲}{۲x}\Rightarrow۶x=x+۲\Rightarrow x=\frac{۲}{۵}=۰/۴cm$$

حال در گام بعدی kq را محاسبه می‌کنیم:

$$۳/۶\times۱۰^۵=\frac{kq}{(۰/۸\times۱۰^{-۲})^۲}\Rightarrow kq=۳/۶\times۱۰^۵\times۰/۶۴\times۱۰^{-۴}=۲۳/۰۴$$

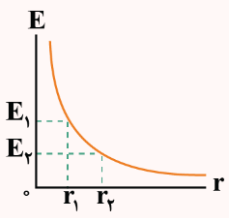
در مرحلهٔ آخر خواستهٔ سؤال را محاسبه می‌کنیم:

$$E=\frac{kq}{r^۲}\Rightarrow E=\frac{۲۳/۰۴}{(۱۶\times۱۰^{-۲})^۲}=۹۰۰(\frac{N}{C})$$

نمودار تغییرات میدان الکتریکی برحسب فاصله

نمودار تغییرات بزرگی میدان الکتریکی برحسب فاصله از بار، مطابق شکل مقابل است:

همان‌طور که واضح است با افزایش فاصله از بار، بزرگی میدان کاهش می‌یابد.

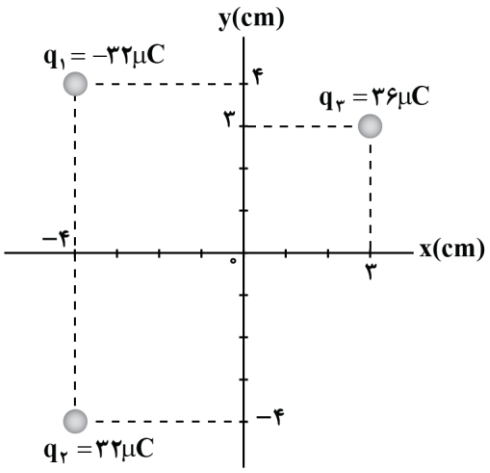


$$E=\frac{k|q|}{r^۲}\xrightarrow{k|q|\text{ ثابت است}}E\propto\frac{۱}{r^۲}\Rightarrow\frac{E_۲}{E_۱}=(\frac{r_۱}{r_۲})^۲$$

گروه آموزشی ماز

کنکور ۱۴۰۴
www.biomaze.ir
www.SanjeshCloud.ir
T.me/SanjeshClouds

۸- مطابق شکل، سه بار الکتریکی در صفحهٔ مختصات قرار دارند. میدان الکتریکی خالص در مبدأ مختصات چند واحد SI است؟ $(k = 9\times10^{9}\ \frac{N.m^2}{C^2})$



۱) $9\sqrt{2}\times10^{7}\vec{i}$

۲) $-9\sqrt{2}\times10^{7}\vec{i}$

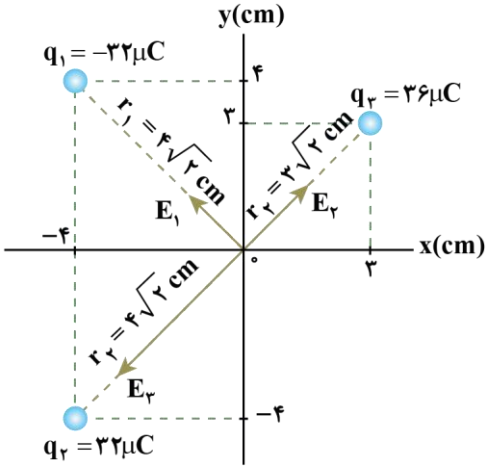
۳) $9\times10^{7}\vec{i}$

۴) $-9\times10^{7}\vec{i}$

پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۱)

گام اول:

میدان الکتریکی حاصل از هریک از بارهای q_1، q_2 و q_3 را در مبدأ مختصات محاسبه می‌کنیم:



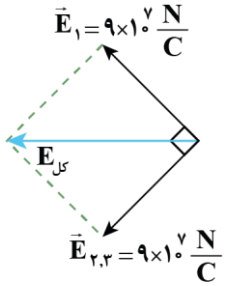
$$E_1 = k\frac{|q_1|}{r_1^2} = 9\times10^{9}\times\frac{32\times10^{-6}}{(4\sqrt{2}\times10^{-2})^2} = 9\times10^{7}\ \frac{N}{C}$$

$$E_2 = E_1 \Rightarrow E_2 = 9\times10^{7}\ \frac{N}{C}$$

$$E_3 = k\frac{|q_3|}{r_3^2} = 9\times10^{9}\times\frac{36\times10^{-6}}{(3\sqrt{2}\times10^{-2})^2} = 18\times10^{7}\ \frac{N}{C}$$

گام دوم:

با توجه به هم‌راستا بودن $\vec{E}_2$ و $\vec{E}_3$، ابتدا برایند آن‌ها را حساب می‌کنیم. سپس برایند حاصل را با $\vec{E}_1$ به‌دست می‌آوریم.



$$E_{2,3} = E_3 - E_2 = 18\times10^{7} - 9\times10^{7} = 9\times10^{7}\ \frac{N}{C}$$

$$E_{کل} = \sqrt{E_1^2 + E_{2,3}^2} = 9\times10^{7}\sqrt{2}\ \frac{N}{C}$$

گام آخر:

با توجه به شکل، جهت میدان در خلاف جهت محور x است؛ بنابراین بردار میدان الکتریکی خالص در مبدأ مختصات برابر است با:

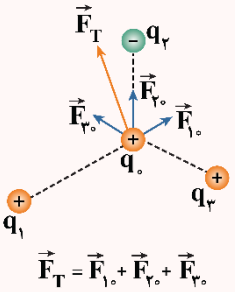
$$\vec{E}_{کل} = (-9\sqrt{2}\times10^{7}\ \frac{N}{C})\vec{i}$$

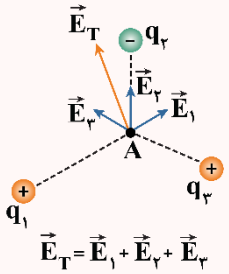
کنکور ۱۴۰۴
www.biomaze.ir
www.SanjeshCloud.ir
T.me/SanjeshClouds

اصل برهم‌نهی میدان‌های الکتریکی

این اصل بیان می‌دارد که میدان الکتریکی ناشی از چند بار نقطه‌ای در نقطه‌ای از فضا، برابر با جمع برداری میدان‌های الکتریکی است که هر یک از بارها به‌طور مستقل در آن نقطه ایجاد می‌کنند.

$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots$$



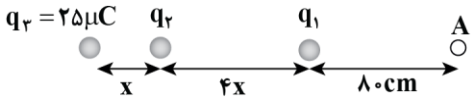


۱- نیروی $\vec{F}_T$، نیروی برایند وارد بر بار آزمون q_0 است.

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

گروه آموزشی ماز

۹- مطابق شکل، سه بار الکتریکی q_1، q_2 و q_3 در تعادل الکترواستاتیکی قرار دارند. اگر اندازهٔ میدان الکتریکی ناشی از بار q_2 در نقطهٔ A برابر با $36000\frac{N}{C}$ باشد، فاصلهٔ A تا بار q_3 چند سانتی‌متر است؟



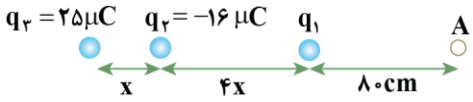
۱) ۲۱۰
۲) ۲۳۰
۳) ۲۴۰
۴) ۲۷۰

پاسخ: گزینهٔ ۲ (سخت ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۱)

ابتدا با توجه به تعادل ۳ بار الکتریکی، q_2 را به‌دست می‌آوریم:

$$q_1 \text{ در تعادل است.} \Rightarrow \left|\frac{q_3}{q_2}\right| = \left(\frac{r_{13}}{r_{12}}\right)^2 \Rightarrow \frac{25}{q_2} = \left(\frac{5x}{4x}\right)^2 \Rightarrow |q_2| = 16\mu C$$

برای این‌که سه بار الکتریکی نشان‌داده‌شده در تعادل باشند، باید بارهای q_1 و q_3 مثبت باشند و q_2 منفی باشد.



$$E_2 = \frac{kq_2}{r_2^2} = \frac{9\times10^9 \times 16\times10^{-6}}{r_2^2} = 36000 \Rightarrow r_2 = 2m = 200cm$$

با توجه به شکل، $r_2 = 4x + 80$ است:

$$200 = 4x + 80 \Rightarrow x = 30cm$$

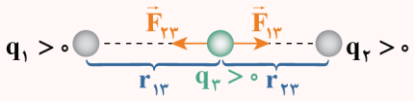
درنتیجه فاصلهٔ q_3 تا نقطهٔ A برابر است با:

$$x + 4x + 80 = 5x + 80 = 5(30) + 80 = 230cm$$

بررسی تعادل برای بارهای قرارگرفته در یک راستا

فرض کنید دو بار معلوم q_1 و q_2 در نزدیکی یکدیگر قرار دارند. می‌خواهیم ببینیم بار مجهول q_3 را کجا قرار دهیم تا نیروی الکتریکی خالص وارد بر آن صفر شود. برای این منظور دو حالت را بررسی می‌کنیم:

۱- بارهای q_1 و q_2 هم‌نام باشند:



در این حالت بار q_3 باید در فاصلهٔ بین دو بار و نزدیک به بار کوچک‌تر قرار گیرد تا برایند نیروهای الکتریکی وارد بر آن صفر شود. در شکل بالا برای سادگی فرض کرده‌ایم همهٔ بارها مثبت باشند.

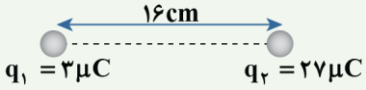
$$q_3 \text{ در تعادل}: F_{13} = F_{23} \rightarrow k\frac{q_1 q_3}{r_{13}^2} = k\frac{q_2 q_3}{r_{23}^2} \rightarrow \frac{q_1}{r_{13}^2} = \frac{q_2}{r_{23}^2}$$

تذکر!

دقت کنید اندازه و علامت بار q_3 هیچ اهمیتی در جواب سؤال ندارد.

مثال

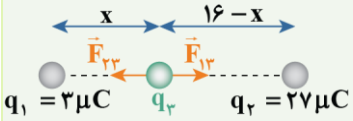
در شکل مقابل، بار q_3 را در چه فاصله‌ای از q_1 قرار دهیم تا نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_3 صفر شود؟



کنکور ۱۴۰۴
www.biomaze.ir
سنجش کلاد
www.SanjeshCloud.ir
T.me/SanjeshClouds

پاسخ تشریحی:

چون بارهای q_1 و q_2 هم‌علامت هستند، بار q_3 باید در فاصلهٔ بین دو بار و نزدیک به بار کوچک‌تر قرار گیرد. به شکل زیر دقت کنید:



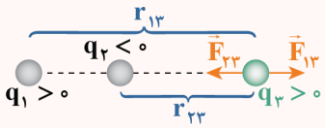
$$F_{13} = F_{23} \rightarrow k\frac{q_1 q_3}{r_{13}^2} = k\frac{q_2 q_3}{r_{23}^2}$$

$$\rightarrow \frac{q_1}{x^2} = \frac{q_2}{(16-x)^2} \rightarrow \frac{\cancel{3}^{1}}{x^2} = \frac{\cancel{27}^{9}}{(16-x)^2}$$

$$\xrightarrow{\text{جذر}} \frac{1}{x} = \frac{3}{16-x} \rightarrow 3x = 16 - x \rightarrow x = 4\,cm$$

بنابراین بار q_3 باید در فاصلهٔ $4\,cm$ از بار q_1 قرار گیرد.

۲- بارهای q_1 و q_2 ناهم‌نام باشند:



در این حالت بار q_3 باید خارج از فاصلهٔ بین دو بار و نزدیک به بار کوچک‌تر قرار گیرد تا برایند نیروهای الکتریکی وارد بر آن بتواند صفر شود. در ادامه کافی است که F_{13} و F_{23} هم‌اندازه باشند.

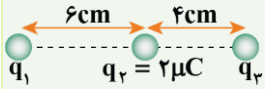
در تعادل q_3 : $F_{13} = F_{23} \rightarrow k\frac{q_1 q_3}{r_{13}^2} = k\frac{q_2 q_3}{r_{23}^2} \rightarrow \frac{q_1}{r_{13}^2} = \frac{q_2}{r_{23}^2}$

تذکر!

مانند حالت قبل، بار q_3 هیچ اهمیتی در جواب سؤال ندارد.

مثال

در شکل مقابل، بار q_3 در تعادل است. q_1 چند میکروکولن است؟



پاسخ تشریحی:

چون q_3 در تعادل است، نیروی الکتریکی‌ای که q_1 به q_3 وارد می‌کند باید هم‌اندازهٔ نیروی الکتریکی‌ای باشد که q_2 به q_3 وارد می‌کند. همچنین دقت کنید که چون q_3 در خارج از فاصلهٔ دو بار قرار دارد، علامت بار q_1 مخالف q_2 است، پس بار q_1 منفی خواهد بود. در ادامه می‌توان نوشت:

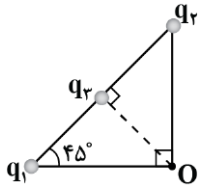
$$F_{13} = F_{23} \rightarrow \cancel{k}\frac{|q_1|\cancel{|q_3|}}{r_{13}^2} = \cancel{k}\frac{|q_2|\cancel{|q_3|}}{r_{23}^2}$$

$$\rightarrow \frac{|q_1|}{10^2} = \frac{2}{4^2} \rightarrow |q_1| = 12/5\,\mu C$$

$$\xrightarrow{q_1 \text{ منفی است.}} q_1 = -12/5\,\mu C$$

گروه آموزشی ماز

۱۰- اگر در شکل مقابل، میدان خالص در نقطهٔ O صفر باشد، کدام گزینه صحیح است؟



۱) $q_1 = q_2 = -\frac{\sqrt{2}}{2}q_3$

۲) $q_1 = q_2 = \frac{\sqrt{2}}{2}q_3$

۳) $q_1 = q_2 = \sqrt{2}q_3$

۴) $q_1 = q_2 = -\sqrt{2}q_3$

پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ مفهومی/محاسباتی ـ ۱۱۰۱)

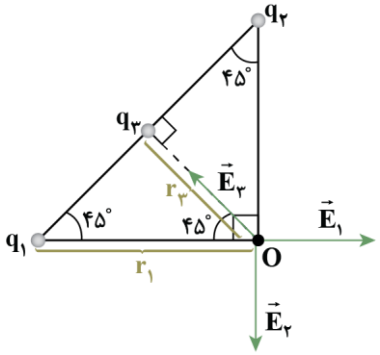
با توجه به شکل برای این‌که میدان خالص در نقطهٔ O صفر شود، باید بارهای q_1 و q_2 هم‌نام باشند و بار q_3 باید ناهم‌نام با بارهای q_1 و q_2 باشد.

از طرفی داریم:

$$E_1 = E_2 \Rightarrow \frac{k|q_1|}{r_1^2} = \frac{k|q_2|}{r_2^2} \xrightarrow{r_1 = r_2} |q_1| = |q_2|$$

کنکور ۱۴۰۴
www.biomaze.ir
www.SanjeshCloud.ir
T.me/SanjeshClouds

چون $E_۱$ و $E_۲$ باهم برابرند و بر هم عمودند، داریم:



$$E_{۱,۲}=\sqrt{E_۱^۲+E_۲^۲}=\sqrt{۲}E_۱$$

$\vec{E}_{۱,۲}$ بر روی خط واصل بار $q_۳$ و نقطهٔ O قرار دارد و در خلاف جهت $\vec{E}_۳$ است؛ بنابراین برای این‌که میدان خالص در نقطهٔ O صفر باشد، باید:

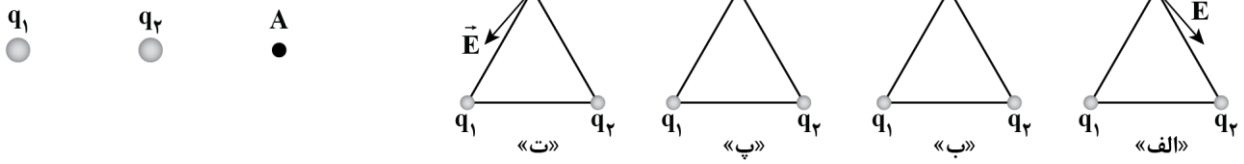
$$\vec{E}_{۱,۲}=-\vec{E}_۳ \Rightarrow E_۳=\sqrt{۲}E_۱ \Rightarrow \frac{k|q_۳|}{r_۳^۲}=\sqrt{۲}\frac{k|q_۱|}{r_۱^۲}$$

$$\xrightarrow{r_۳=\frac{\sqrt{۲}}{۲}r_۱} \frac{k|q_۳|}{\frac{۱}{۲}r_۱^۲}=\frac{\sqrt{۲}k|q_۱|}{r_۱^۲} \Rightarrow |q_۳|=\frac{\sqrt{۲}}{۲}|q_۱|$$

$$\Rightarrow |q_۱|=\sqrt{۲}|q_۳| \Rightarrow q_۱=-\sqrt{۲}q_۳$$

گروه آموزشی ماز

۱۱- مطابق شکل، دو بار الکتریکی $q_۱$ و $q_۲$ در جای خود ثابت نگه داشته شده‌اند و میدان الکتریکی خالص آن‌ها در نقطهٔ A برابر با صفر است. اگر این دو بار را مطابق شکل‌های «الف» تا «ت» در دو رأس مثلث متساوی‌الاضلاعی قرار دهیم، کدام شکل‌ها می‌توانند میدان الکتریکی خالص را در رأس سوم مثلث به‌درستی نشان دهند؟

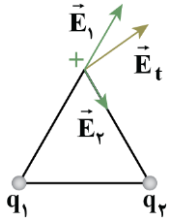


۱) «الف» و «ب»　　۲) «پ» و «ت»　　۳) «الف» و «پ»　　۴) «ب» و «ت»

پاسخ: گزینهٔ ۲　　(متوسط ـ مفهومی ـ ۱۱۰۱)

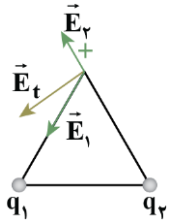
چون میدان الکتریکی خالص در خارج از خط واصل بین دو بار، صفر شده است، درنتیجه بارهای $q_۱$ و $q_۲$ دارای علامت مخالف‌اند و $|q_۱|>|q_۲|$ است.

حالت اول:



$q_۲<۰\ ,\ q_۱>۰$

حالت دوم:

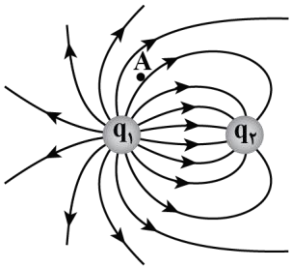


$q_۲>۰\ ,\ q_۱<۰$

گروه آموزشی ماز

کنکور ۱۴۰۴
www.biomaze.ir
سنجش کلاد
www.SanjeshCloud.ir
T.me/SanjeshClouds

۱۲- خطوط میدان الکتریکی برای دو کرهٔ رسانای باردار کوچک در شکل زیر نشان داده شده است. کدام‌یک از عبارت‌های زیر صحیح است؟



الف: بار q_1 مثبت است.

ب: نیروی الکتریکی بین بارها از نوع جاذبه است.

پ: اگر یک الکترون را در نقطهٔ A رها کنیم، نیرویی در جهت ↗ به آن وارد می‌شود.

ت: اندازهٔ بارهای q_1 و q_2 برابر است.

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

پاسخ: گزینهٔ ۱ (آسان ـ مفهومی ـ ۱۱۰۱)

بررسی موارد:

الف

خطوط میدان از بار q_1 خارج شده و به بار q_2 وارد شده است؛ بنابراین q_1 مثبت و q_2 منفی است. (✓)

ب

چون بار الکتریکی دو جسم، ناهم‌نام است، نیروی الکتریکی بین آن‌ها جاذبه است. (✓)

پ

جهت میدان در هر نقطه مماس بر خطوط میدان است؛ بنابراین میدان در نقطهٔ A در جهت ↗ است. با توجه به این‌که به بار منفی در خلاف جهت میدان، نیرو وارد می‌شود، جهت نیروی الکتریکی وارد بر الکترون به‌صورت ↙ است. (✗)

ت

تراکم خطوط در نزدیکی بار q_1 بیش‌تر از تراکم خطوط در نزدیکی q_2 است؛ بنابراین اندازهٔ q_1 بزرگ‌تر از اندازهٔ q_2 است. (✗)

خطوط میدان الکتریکی

۱- برای مجسم کردن میدان الکتریکی در فضای اطراف اجسام باردار از خطوط میدان الکتریکی استفاده می‌کنیم. این خطوط ویژگی‌های زیر را دارا می‌باشند:

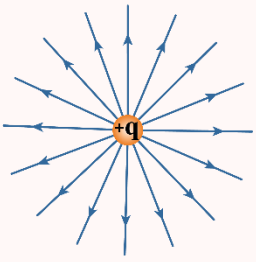
الف) از بار مثبت خارج می‌شوند و به بار منفی وارد می‌شوند.

ب) بردار میدان الکتریکی در هر نقطه هم‌جهت با خط مماس بر خطوط میدان الکتریکی در آن نقطه است.

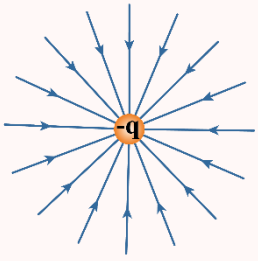
پ) هرچه تراکم خطوط میدان الکتریکی در ناحیه‌ای از فضا بیش‌تر باشد، اندازهٔ میدان الکتریکی در آن ناحیه بیش‌تر است.

ت) خطوط میدان الکتریکی یکدیگر را قطع نمی‌کنند و از هر نقطه فقط یک خط میدان عبور می‌کند.

۲- خطوط میدان الکتریکی در اطراف یک ذرهٔ باردار منزوی مطابق شکل‌های زیر است:

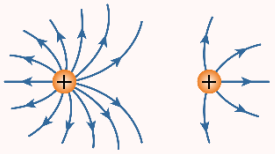


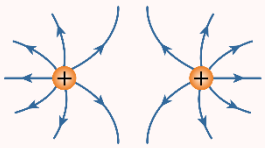
خطوط میدان الکتریکی در اطراف بار مثبت

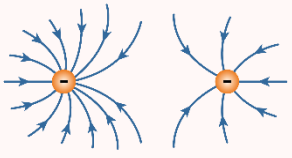


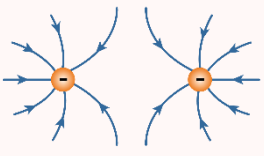
خطوط میدان الکتریکی در اطراف بار منفی

۳- خطوط میدان الکتریکی در اطراف دو ذرهٔ باردار مطابق شکل‌های زیر است:

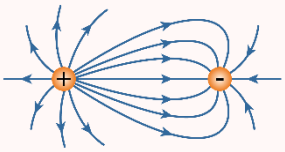

خطوط میدان الکتریکی در اطراف دو بار مثبت غیرهم‌اندازه


خطوط میدان الکتریکی در اطراف دو بار مثبت هم‌اندازه

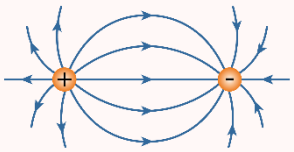

خطوط میدان الکتریکی در اطراف دو بار منفی غیرهم‌اندازه


خطوط میدان الکتریکی در اطراف دو بار منفی هم‌اندازه

کنکور ۱۴۰۴
www.biomaze.ir
سنجش کلاد
www.SanjeshCloud.ir
T.me/SanjeshClouds



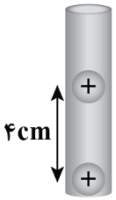
خطوط میدان بارهای مثبت و منفی غیرهم‌اندازه



خطوط میدان بارهای مثبت و منفی هم‌اندازه

گروه آموزشی ماز

۱۳- در شکل زیر، دو گوی مشابه به جرم ۰/۹g و بار یکسان مثبت q در فاصلهٔ ۴cm از هم قرار دارند، به‌طوری‌که گوی بالایی به حالت معلق مانده است. اختلاف تعداد الکترون‌ها و پروتون‌های هر گوی چقدر است؟ $(e=1/6\times10^{-19}C\ ,\ k=9\times10^{9}\frac{N.m^2}{C^2}\ ,\ g=10\frac{N}{kg})$



۱) $6/25\times10^{10}$

۲) $6/25\times10^{11}$

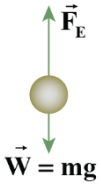
۳) $2/5\times10^{10}$

۴) $2/5\times10^{11}$

پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۱)

گام اول:

برای آن‌که گوی بالایی در حالت تعادل باشد، باید نیروی الکتریکی و وزن آن هم‌اندازه باشند؛ بنابراین می‌توان نوشت:



$$F_E=mg\Rightarrow k\frac{q^2}{r^2}=mg$$

$$\Rightarrow 90\frac{q^2}{4^2}=0/9\times10^{-3}\times10$$

$$\Rightarrow q^2=16\times10^{-4}\Rightarrow q=4\times10^{-2}\mu C=4\times10^{-8}C$$

گام آخر:

تعداد الکترون‌های کنده‌شده برابر است با:

$$q=ne\Rightarrow 4\times10^{-8}=n\times1/6\times10^{-19}\Rightarrow n=2/5\times10^{11}$$

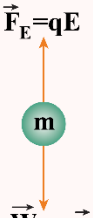
استراتژی حل

در این‌گونه از سؤالات باید نیروی الکتریکی، هم‌اندازه و در خلاف جهت نیروی وزن باشد تا بتواند اثر نیروی وزن را خنثی کند و جسم را معلق نگه دارد.

تعادل بین نیروی الکتریکی و وزن

در این قسمت می‌خواهیم تعادل جسم بارداری را که تحت تأثیر نیروی الکتریکی و وزن قرار دارد بررسی کنیم.

شکل روبه‌رو نیروهای وارد بر جسم را نشان می‌دهد:



با توجه به این‌که جسم در تعادل قرار دارد، نیروی وزن و نیروی الکتریکی، هم‌اندازه هستند و می‌توان نوشت:

شرط تعادل: $F_E=W\rightarrow|qE|=mg$

در مورد جهت میدان و علامت بار به موارد زیر دقت کنید:

الف) اگر بار مثبت باشد $(q>0)$، نیروی الکتریکی هم‌جهت با میدان الکتریکی است؛ بنابراین میدان الکتریکی به سمت بالا خواهد بود.

ب) اگر بار منفی باشد $(q<0)$، نیروی الکتریکی و میدان در خلاف جهت هم هستند؛ بنابراین میدان الکتریکی به سمت پایین خواهد بود.

گروه آموزشی ماز

۱۴- یک ذرهٔ آلفا به جرم $6/6\times10^{-27}kg$ درون یک میدان الکتریکی به بزرگی $3/3\times10^{4}\frac{N}{C}$ رها می‌شود. بزرگی شتابی که این ذره تحت تأثیر میدان الکتریکی می‌گیرد، چند واحد SI است؟ ($e=1/6\times10^{-19}C$ و ذرهٔ آلفا از جنس هستهٔ $_2^4He$ است.)

۱) $1/6\times10^{12}$ ۲) $3/2\times10^{12}$ ۳) $1/6\times10^{11}$ ۴) $3/2\times10^{11}$

کنکور ۱۴۰۴
www.biomaze.ir
سنجش کلاد
www.SanjeshCloud.ir
T.me/SanjeshClouds

پاسخ: گزینهٔ ۱ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۱)

گام اول:

نیروی الکتریکی وارد بر این ذره برابر است با:

$$|F| = q|E| \xrightarrow{q=2e=2\times1/6\times10^{-19}C} |F| = 2\times1/6\times10^{-19}\times3/3\times10^{4}$$

$$\Rightarrow |F| = 3/2\times3/3\times10^{-15}\,N$$

گام آخر:

شتاب ذره برابر است با:

$$a = \frac{F}{m} \Rightarrow a = \frac{3/2\times3/3\times10^{-15}}{6/6\times10^{-27}} = 1/6\times10^{12}\,\frac{m}{s^2}$$

نیروی وارد بر بار الکتریکی در میدان الکتریکی

گرچه برای تعریف میدان الکتریکی یک جسم باردار از بار آزمون مثبت استفاده کردیم ولی وجود این میدان مستقل از بار آزمون است؛ بنابراین، اگر بار الکتریکی در میدان الکتریکی ناشی از اجسام باردار دیگری قرار گیرد، این میدان بر آن نیرو وارد می‌کند که از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

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

مطابق رابطهٔ فوق به دو نتیجهٔ زیر می‌رسیم:

۱- اندازهٔ نیروی الکتریکی از رابطهٔ $|F| = |q||E|$ محاسبه می‌شود.

۲- به بار مثبت در جهت میدان الکتریکی و به بار منفی در خلاف جهت میدان الکتریکی نیرو وارد می‌شود.

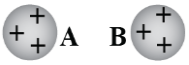
گروه آموزشی ماز

۱۵- در کدام شکل زیر، اگر پروتونی را از نقطهٔ A تا B جابه‌جا کنیم، انرژی پتانسیل الکتریکی آن ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد؟

۱)

۲)

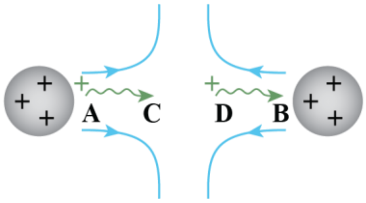
۳)

۴) 

پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ مفهومی ـ ۱۱۰۱)

هرگاه حرکت بار، برخلاف میل طبیعی خود باشد ← انرژی پتانسیل الکتریکی بار، افزایش می‌یابد.

هرگاه حرکت بار، با میل طبیعی خود باشد ← انرژی پتانسیل الکتریکی بار، کاهش می‌یابد.



در گزینهٔ (۴) با رسم خطوط میدان متوجه می‌شویم که در قسمت اول حرکت (مثلاً A تا C) پروتون که دارای بار مثبت است از کرهٔ مثبت سمت چپ درحال دور شدن است و این حرکت، با میل طبیعی پروتون است ← انرژی پتانسیل الکتریکی درحال کاهش است.

اما در قسمت دوم مسیر (مثلاً D تا B) پروتون درحال نزدیک شدن به کرهٔ مثبت سمت راست است که این حرکت برخلاف میل طبیعی پروتون است ← انرژی پتانسیل الکتریکی درحال افزایش است.

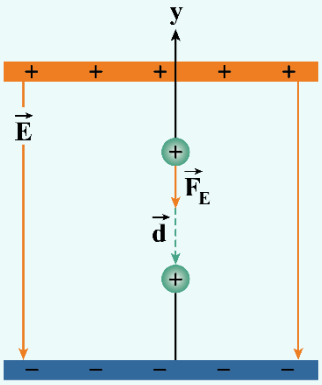
کنکور ۱۴۰۴
www.biomaze.ir
www.SanjeshCloud.ir
T.me/SanjeshClouds

نکات طلایی

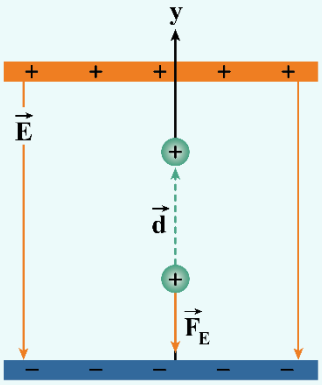
۱- به‌سادگی می‌توان دریافت، اگر بارِ الکتریکیِ مثبت، در جهتِ میدان الکتریکی جابه‌جا شود انرژی پتانسیل الکتریکیِ آن کاهش یافته است و اگر بارِ الکتریکیِ منفی، در جهتِ میدان الکتریکی جابه‌جا شود انرژی پتانسیل الکتریکیِ آن افزایش می‌یابد.

۲- اگر یک بار الکتریکی را در یک میدانِ الکتریکی رها سازیم، همواره به سمتی می‌رود که انرژی پتانسیلِ الکتریکیِ آن کاهش می‌یابد و اگر برای جابه‌جایی آن مجبور باشیم به‌زور این کار را انجام دهیم، انرژی پتانسیلِ الکتریکیِ آن افزایش می‌یابد.

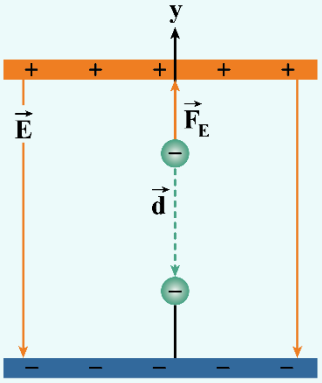
در شکل‌های زیر چند حالت مربوط به جابه‌جایی بارهای مختلف و تغییر انرژی پتانسیلِ الکتریکی نشان داده شده است.



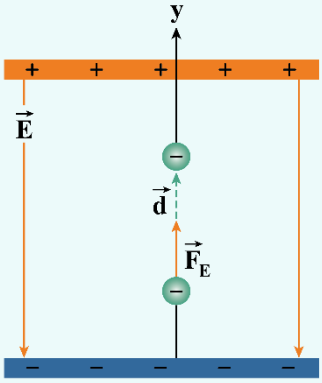
الف) بار **مثبت** در **جهت** میدان الکتریکی $\vec{E}$ حرکت می‌کند:
میدان الکتریکی، کار **مثبت** W_E را روی بار انجام می‌دهد.
انرژی پتانسیل الکتریکی U_E **کاهش** می‌یابد.



ب) بار **مثبت** در **خلاف** جهت میدان الکتریکی $\vec{E}$ حرکت می‌کند:
میدان الکتریکی، کار **منفی** W_E را روی بار انجام می‌دهد.
انرژی پتانسیل الکتریکی U_E **افزایش** می‌یابد.



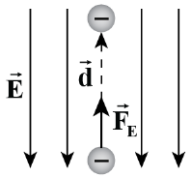
پ) بار **منفی** در **جهت** میدان الکتریکی $\vec{E}$ حرکت می‌کند:
میدان الکتریکی، کار **منفی** W_E را روی بار انجام می‌دهد.
انرژی پتانسیل الکتریکی U_E **افزایش** می‌یابد.



ت) بار **منفی** در **خلاف** جهت میدان الکتریکی $\vec{E}$ حرکت می‌کند:
میدان الکتریکی، کار **مثبت** W_E را روی بار انجام می‌دهد.
انرژی پتانسیل الکتریکی U_E **کاهش** می‌یابد.

گروه آموزشی ماز

۱۶- مطابق شکل زیر، درنتیجهٔ برخورد پرتوهای کیهانی با مولکول‌های هوا، الکترون‌هایی از این مولکول‌ها کنده می‌شوند. در نزدیکی سطح زمین، میدان الکتریکی با بزرگی $۲۵۰\frac{N}{C}$ و جهت رو به پایین وجود دارد. اگر یکی از این الکترون‌ها، تحت تأثیر این میدان ۲km رو به بالا جابه‌جا شود، انرژی پتانسیل الکتریکی آن چند ژول و چگونه تغییر می‌کند؟ $(e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C)$



۱) ۸×۱۰^{-۱۴} ژول کاهش می‌یابد.
۲) ۸×۱۰^{-۱۴} ژول افزایش می‌یابد.
۳) ۴×۱۰^{-۱۳} ژول کاهش می‌یابد.
۴) ۴×۱۰^{-۱۳} ژول افزایش می‌یابد.

پاسخ: گزینهٔ ۱ (آسان ـ مفهومی/محاسباتی ـ ۱۱۰۱)

برای محاسبهٔ تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی الکترون داریم:

$$\Delta U_E = -|q|Ed\cos\theta = -۱/۶۰\times۱۰^{-۱۹}\times۲۵۰\times۲۰۰۰\times\cos۰^\circ = -۸\times۱۰^{-۱۴}\,J$$

کنکور ۱۴۰۴
www.biomaze.ir
سنجش کلاد
www.SanjeshCloud.ir
T.me/SanjeshClouds

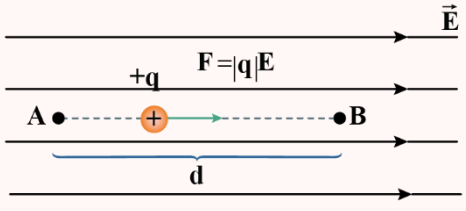
کار نیروی الکتریکی

کار نیروی الکتریکی وارد بر یک ذرهٔ باردار در میدانِ الکتریکی $\vec{E}$ در یک جابه‌جایی مشخص، برابر با قرینهٔ تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی در همان جابه‌جایی است.

$$W_E = -\Delta U_E$$

تغییر انرژیِ پتانسیل الکتریکیِ یک ذرهٔ باردار در میدان الکتریکیِ یکنواخت

فرض کنید ذرهٔ باردارِ $+q$ در یک میدان الکتریکی یکنواختِ $\vec{E}$، تحت اثرِ میدانِ الکتریکی، جابه‌جایی $\vec{d}$ را انجام می‌دهد. طبق تعریفِ کارِ یک نیرو، خواهیم داشت:



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

θ زاویهٔ بین نیروی الکتریکی $\vec{F}_E$ و جابه‌جایی $\vec{d}$ است.

گروه آموزشی ماز

۱۷- الکترونی را در یک میدان الکتریکی یکنواخت به سمت صفحهٔ با پتانسیل بیش‌تر حرکت می‌دهیم. چه تعداد از عبارات زیر در مورد این الکترون الزاماً درست است؟

الف: انرژی جنبشی الکترون افزایش می‌یابد.

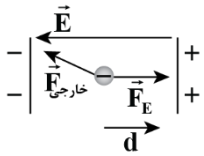
ب: کار میدان الکتریکی مثبت است.

پ: کار کل مثبت است.

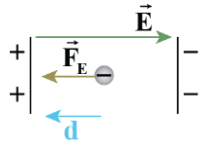
۱) صفر ۲) یک ۳) دو ۴) سه

پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ مفهومی ـ ۱۱۰۱)

به‌طور کلی به یاد داشته باشید برای اظهارنظر در مورد انرژی جنبشی و کار کل، باید حتماً راجع به همهٔ نیروهای وارد بر جسم اطلاعات داشته باشیم، به همین خاطر اظهارنظر قطعی در مورد انرژی جنبشی و کار کل امکان‌پذیر نیست.



مطابق شکل، ممکن است نیروی خارجی که ما به الکترون وارد می‌کنیم طوری باشد که مؤلفه‌های آن با F_E و mg برابر باشند.
در این صورت حرکت جسم با تندی ثابت خواهد بود و انرژی جنبشی آن نیز ثابت می‌ماند.
و در این صورت کار کل صفر می‌باشد (رد عبارات «الف» و «پ»)



طبق شکل، چون حرکت الکترون در جهت نیروی الکتریکی است، کار میدان الکتریکی مثبت است. (درستی عبارت «ب»)

کار میدان الکتریکی و تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی

تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی برابر قرینهٔ کار نیروی الکتریکی است و می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} W = Fd\cos\theta \\ \Delta U = -W \end{cases} \rightarrow \Delta U = -Fd\cos\theta$$

$$\xrightarrow{F=E|q|} \Delta U = -E|q|d\cos\theta$$

$$\rightarrow |\Delta U| = |Eqd\cos\theta|$$

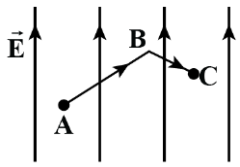
دقت کنید کار نیروی الکتریکی فقط به مبدأ و مقصد حرکت بار ربط دارد و مستقل از مسیر حرکت است؛ بنابراین تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی هم فقط به مبدأ و مقصد حرکت ربط دارد.

از رابطهٔ فوق برای محاسبهٔ تغییرات انرژی پتانسیل در یک میدان الکتریکی استفاده می‌کنیم. دقت کنید در حالتی که عمود بر خطوط میدان حرکت کنیم ($\cos\theta = 0$)، پتانسیل الکتریکی و انرژی پتانسیل الکتریکی ثابت می‌مانند، زیرا کار نیروی الکتریکی صفر است.

گروه آموزشی ماز

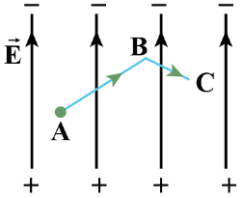
کنکور ۱۴۰۴
www.biomaze.ir
سنجش کلاد
www.SanjeshCloud.ir
T.me/SanjeshClouds

۱۸- در شکل زیر، بار الکتریکی $q=+50\mu C$ مسیر ABC را طی می‌کند و تغییرات پتانسیل الکتریکی در مسیرهای AB و BC به‌ترتیب $60V$ و $20V$ است. اگر انرژی پتانسیل الکتریکی بار q در نقطهٔ C برابر با $1300\mu J$ باشد، آن‌گاه انرژی پتانسیل الکتریکی در نقطهٔ A چند میکروژول است؟



۱) ۷۰۰
۲) ۱۱۰۰
۳) ۱۵۰۰
۴) ۳۳۰۰

پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۱)



مسیر AB: در این مسیر، بار الکتریکی به سمت صفحهٔ منفی (پتانسیل کم‌تر) حرکت می‌کند.
درنتیجه پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد.

$$\Delta V_{AB}=-60V$$

مسیر BC: در این مسیر، بار الکتریکی به سمت صفحهٔ مثبت (پتانسیل بیش‌تر) حرکت می‌کند. درنتیجه پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد.

$$\Delta V_{BC}=+20V$$

درنتیجه در کل حرکت خواهیم داشت:

$$\Delta V_{ABC}=\Delta V_{AB}+\Delta V_{BC}=-60+20=-40V$$

اکنون تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی را به‌دست می‌آوریم:

$$\Delta U=q.\Delta V\Rightarrow U_C-U_A=q\Delta V$$
$$\Rightarrow 1300-U_A=(+50)(-40)\Rightarrow U_A=3300\mu J$$

تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی و اختلاف پتانسیل الکتریکی

۱- هنگامی‌که بار q بین دو نقطه که اختلاف پتانسیل آن‌ها برابر ΔV است، جابه‌جا شود، انرژی پتانسیل الکتریکی آن تغییر می‌کند. تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی بار یعنی ΔU به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$\Delta U=q\Delta V$$

۲- مطابق رابطهٔ بالا، بار مثبت با حرکت به سمت پتانسیل‌های بیش‌تر، انرژی پتانسیل الکتریکی‌اش زیاد می‌شود و انرژی پتانسیل الکتریکی بار منفی با حرکت به سمت پتانسیل‌های کم‌تر بیش‌تر می‌شود.

۳- اگر یک بار الکتریکی در جهت خودبه‌خودی حرکت کند، انرژی پتانسیل الکتریکی آن حتماً کم می‌شود. جهت حرکت خودبه‌خودی بار مثبت در جهت خطوط میدان الکتریکی است، درحالی‌که جهت حرکت خودبه‌خودی بار منفی در خلاف جهت میدان الکتریکی است.

۴- با حرکت در جهت خطوط میدان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی (V) کاهش می‌یابد.

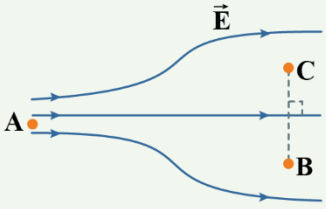
$$V_B<V_A$$

نکته

نوع و اندازهٔ بار ذره در نحوهٔ تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی (ΔU) مؤثر است؛ ولی در نحوهٔ تغییرات پتانسیل الکتریکی (ΔV) تأثیری ندارد.
همچنین با حرکت در جهت عمود بر خطوط میدان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی ثابت می‌ماند.

مثال

شکل زیر، خطوط میدان الکتریکی را در ناحیه‌ای از صفحه نشان می‌دهد. درستی یا نادرستی گزاره‌های زیر را بررسی کنید.



الف: بزرگی میدان الکتریکی در نقطهٔ A بیش‌تر از نقطهٔ B است.
ب: پتانسیل الکتریکی نقاط B و C برابر است.
پ: با حرکت یک بار منفی از A تا B ، انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد.
ت: تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی یک بار الکتریکی در حرکت از A تا B، برابر تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی آن در حرکت از A تا C است.

پاسخ:
هریک از عبارت‌ها را جداگانه بررسی می‌کنیم:
الف: تراکم خطوط میدان در نزدیکی نقطهٔ A بیش‌تر از B است، پس بزرگی میدان الکتریکی در A بیش‌تر از B است. (✓)

کنکور ۱۴۰۴
www.biomaze.ir
سنجش کلاد
www.SanjeshCloud.ir
T.me/SanjeshClouds

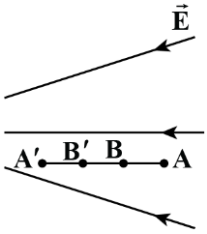
ب: نقاط B و C در یک سطح عمود بر خطوط میدان قرار دارند، پس پتانسیل الکتریکی آن‌ها برابر است. (✓)

پ: با حرکت بار منفی از A تا B، این بار در خلاف جهت خودبه‌خودی حرکت کرده است و درنتیجه انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد. (✓)

ت: چون پتانسیل الکتریکی نقاط B و C برابر است، تغییرات پتانسیل و انرژی پتانسیل الکتریکی با جابه‌جایی از A تا B با جابه‌جایی از A تا C یکسان است. (✓)

گروه آموزشی ماز

۱۹- در میدان الکتریکی نشان‌داده‌شده، یک پروتون را از نقطهٔ A به سمت چپ، شلیک می‌کنیم تا مسیر AA' را طی کند. اگر طول مسیرهای AB و $B'A'$ با یکدیگر برابر باشند، کدام گزینه نادرست است؟



۱) کار میدان الکتریکی در مسیر $B'A'$ از کار میدان الکتریکی در مسیر AB بزرگ‌تر است.

۲) تغییر انرژی جنبشی پروتون در مسیر $B'A'$ بیش‌تر از تغییر انرژی جنبشی پروتون در مسیر AB است.

۳) کاهش پتانسیل الکتریکی در مسیر $B'A'$ بیش‌تر از کاهش پتانسیل الکتریکی در مسیر AB است.

۴) افزایش انرژی پتانسیل الکتریکی پروتون در مسیر $B'A'$ بیش‌تر از افزایش انرژی پتانسیل الکتریکی پروتون در مسیر AB است.

پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ مفهومی ـ ۱۱۰۱)

با توجه به این‌که نیروی الکتریکی وارد بر پروتون به سمت چپ و جابه‌جایی آن نیز در همین جهت است، درنتیجه $\Delta U < 0$ است؛ یعنی انرژی پتانسیل الکتریکی پروتون درحال کاهش است.

دقت شود چون اندازهٔ میدان الکتریکی در مسیر $B'A'$ بزرگ‌تر از اندازهٔ میدان الکتریکی در مسیر AB است، آن‌گاه به‌ازای مسافت‌های یکسان:

اندازهٔ کار میدان در مسیر $B'A'$ بیش‌تر است.

تغییرات پتانسیل الکتریکی و تغییرات انرژی جنبشی در مسیر $B'A'$ بیش‌تر است.

چون حرکت در جهت میدان است، تغییرات پتانسیل الکتریکی از نوع کاهش است.

گروه آموزشی ماز

۲۰- ذره‌ای به جرم ۵۰ گرم و بار الکتریکی $q=-۱۰۰mC$ از نقطهٔ A با پتانسیل $V_A=۱۲۰V$، با تندی $۳۵\frac{m}{s}$ به سمت نقطهٔ B با پتانسیل $V_B=-۱۸۰V$ شلیک می‌شود. تندی این بار الکتریکی در نقطهٔ B چند متر بر ثانیه است؟ (تنها نیروی مؤثر بر بار، نیروی الکتریکی درنظر گرفته شود.)

۱) ۵ ۲) ۱۰ ۳) ۱۵ ۴) ۲۰

پاسخ: گزینهٔ ۱ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۱)

چون تنها نیروی مؤثر بر بار، نیروی الکتریکی است، خواهیم داشت:

$$\Delta U=-\Delta K \Rightarrow q.\Delta V=K_A-K_B=\frac{۱}{۲}m(v_A^۲-v_B^۲)$$

در این صورت خواهیم داشت:

$$\Rightarrow (-۱۰۰\times ۱۰^{-۳})\times[(-۱۸۰)-(+۱۲۰)]=\frac{۱}{۲}(۵۰\times ۱۰^{-۳})(۳۵^۲-v_B^۲)\Rightarrow v_B^۲=۲۵\Rightarrow v_B=۵\frac{m}{s}$$

پایستگی انرژی و انرژی پتانسیل الکتریکی

در مسائلی که اتلاف انرژی نداریم و نیرویی جز نیروی الکتریکی روی ذره کار انجام نمی‌دهد، تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی و انرژی جنبشی، قرینهٔ هم هستند؛ بنابراین برای محاسبهٔ تغییرات انرژی جنبشی کافی است تغییرات انرژی پتانسیل را محاسبه کنیم و سپس آن را قرینه کنیم.

پایستگی انرژی: $\Delta U+\Delta K=0\rightarrow \Delta K=-\Delta U$

بنابراین با توجه به این‌که $|\Delta U|=|Eqd\cos\alpha|$ است، برای محاسبهٔ ΔK داریم:

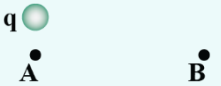
$$|\Delta K|=|Eqd\cos\alpha|$$

در حالتی که روی ذره فقط نیروی الکتریکی کار انجام می‌دهد، هرگاه در جهت خودبه‌خودی حرکت کند، $\Delta K>0$ است و انرژی جنبشی زیاد می‌شود و هرگاه بار الکتریکی در خلاف جهت خودبه‌خودی حرکت کند، $\Delta K<0$ است و انرژی جنبشی کم می‌شود.

کنکور ۱۴۰۴
www.biomaze.ir
سنجش کلاد
www.SanjeshCloud.ir
T.me/SanjeshClouds

نکته

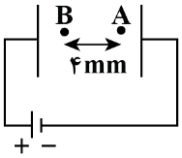
فرض کنید بار الکتریکی q از نقطهٔ A به B برود. در نمودار زیر برخی از نکات مهم در مورد این جابه‌جایی را جمع‌آوری کرده‌ایم:



- تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی برابر قرینهٔ کار نیروی الکتریکی است: $\Delta U_E = -W_E$
- اختلاف پتانسیل نقاط B و A برابر است با: $\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q}$
- با حرکت در جهت میدان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی نقاط عبوری کاهش می‌یابد.
- با حرکت در خلاف جهت میدان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی نقاط عبوری افزایش می‌یابد.
- با حرکت در جهت عمود بر میدان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی ثابت می‌ماند.
- درصورتی‌که فقط نیروی الکتریکی روی ذره کار انجام دهد، انرژی مکانیکی، پایسته می‌ماند و تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی قرینهٔ تغییرات انرژی جنبشی می‌شود: $\Delta U_E = -\Delta K$

گروه آموزشی ماز

۲۱- خازنی به ظرفیت $4\mu F$ دارای بار $200\mu C$ است. اگر فاصلهٔ بین صفحات خازن $20mm$ باشد و این فاصله را ٪۲۵ افزایش دهیم، اختلاف پتانسیل بین نقاط A و B چند ولت تغییر می‌کند؟



۱) ۲ ولت کاهش می‌یابد.
۲) ۲ ولت افزایش می‌یابد.
۳) ۸ ولت کاهش می‌یابد.
۴) ۸ ولت افزایش می‌یابد.

پاسخ: گزینهٔ ۱ (سخت ـ مفهومی/محاسباتی ـ ۱۱۰۱)

اختلاف پتانسیل دو سر خازن برابر $V = \frac{Q}{C} = \frac{200\times10^{-6}}{4\times10^{-6}} = 50V$ است.

خازن به باتری متصل است؛ پس ولتاژ آن ثابت و طبق رابطهٔ $E = \frac{V}{d}$، با افزایش d، میدان الکتریکی کاهش می‌یابد.

$$E = \frac{V}{d} = \frac{50}{20\times10^{-3}} = 2500\frac{V}{m}$$

اختلاف پتانسیل اولیه بین نقاط A و B برابر است با:

$$V_{BA} = V_B - V_A = Ed_{BA} \Rightarrow V_B - V_A = 2500\times4\times10^{-3} = 10V$$

با افزایش d و ثابت ماندن اختلاف پتانسیل دو سر خازن، بزرگی میدان جدید را به‌دست می‌آوریم.

$$d' = d + \frac{25}{100}d = \frac{5}{4}d = \frac{5}{4}\times20\times10^{-3} = 25\times10^{-3}m$$

$$E' = \frac{V}{d'} = \frac{50}{25\times10^{-3}} = 2000\frac{V}{m}$$

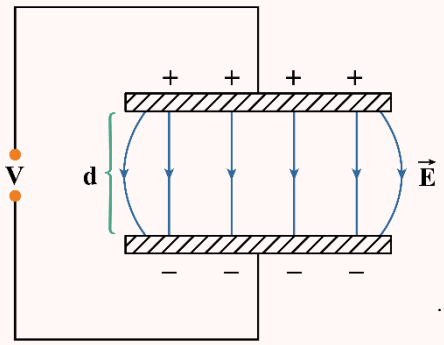
$$V'_{BA} = V'_B - V'_A = E'd_{BA} = 2000\times4\times10^{-3} = 8V$$

بنابراین V_{BA} از ۱۰ ولت به ۸ ولت رسیده است، یعنی ۲ ولت کاهش داشته است.

کنکور ۱۴۰۴
www.biomaze.ir
سنجش کلاد
www.SanjeshCloud.ir
T.me/SanjeshClouds

میدان الکتریکی یکنواخت

۱- اگر دو صفحهٔ بزرگ فلزی را با بارهای $+q$ و $-q$ باردار کنیم و در مقابل هم در فاصلهٔ d قرار دهیم، به‌دور از لبهٔ صفحه‌ها، میدان الکتریکی یکنواختی بین آن‌ها ایجاد می‌شود که اندازهٔ آن از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:



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

۲- مطابق رابطهٔ $E = \frac{V}{d}$، یکای میدان الکتریکی علاوه‌بر $\frac{\text{نیوتون}}{\text{کولن}}$ که در گذشته خواندیم، می‌تواند $\frac{\text{ولت}}{\text{متر}}$ هم باشد.

مثال

دو صفحهٔ بزرگ فلزی را به اختلاف پتانسیل $۲۰V$ وصل می‌کنیم و آن‌ها را در فاصلهٔ $5cm$ از هم قرار می‌دهیم. اندازهٔ میدان الکتریکی بین دو صفحه چند واحد SI است؟

پاسخ:

مطابق رابطهٔ $E = \frac{V}{d}$ داریم:

$$E = \frac{V}{d} = \frac{۲۰}{۵\times۱۰^{-۲}} = ۴۰۰\frac{V}{m}$$

ظرفیت خازن

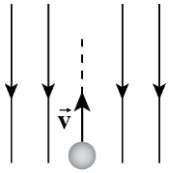
با توجه به آن‌که هرچه اختلاف پتانسیل بین دو صفحهٔ خازن بیش‌تر باشد، بار ذخیره‌شده در آن بیش‌تر می‌شود، نسبت بار ذخیره‌شده به اختلاف پتانسیل بین دو صفحهٔ آن را ظرفیت خازن می‌نامند. ظرفیت خازن، عددی ثابت است و آن را با C نشان می‌دهند و واحد آن فاراد یا کولن بر ولت است:

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

هنگامی‌که یک خازن به ظرفیت C توسط یک باتری با ولتاژ V باردار می‌شود، بار ذخیره‌شده در آن از رابطهٔ $q = CV$ به‌دست می‌آید.

گروه آموزشی ماز

۲۲- مطابق شکل زیر، ذرهٔ بارداری به جرم $۲۰mg$ و بار $-۲nC$ در میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $۴\times۱۰^{۵}\frac{N}{C}$ با سرعت $۵\frac{m}{s}$ در خلاف جهت میدان پرتاب شده است. پس از چند سانتی‌متر جابه‌جایی در خلاف جهت میدان، تندی ذرهٔ باردار به $\sqrt{۴۳}\frac{m}{s}$ می‌رسد؟ $(g = ۱۰\frac{N}{kg})$

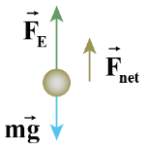


۱) ۱۵
۲) ۲۰
۳) ۳۰
۴) ۴۰

پاسخ: گزینهٔ ۳ (سخت ـ مفهومی/محاسباتی ـ ۱۱۰۱)

به ذرهٔ باردار دو نیروی وزن (رو به پایین) و الکتریکی (رو به بالا) وارد می‌شود. برایند این دو نیرو برابر است با:

$$\begin{cases} F_E = E|q| = ۴\times۱۰^{۵}\times۲\times۱۰^{-۹} = ۸\times۱۰^{-۴}\,N \\ mg = (۲۰\times۱۰^{-۶})\times۱۰ = ۲\times۱۰^{-۴} \end{cases} \Rightarrow F_{net} = F_E - mg = (۸\times۱۰^{-۴}) - (۲\times۱۰^{-۴}) = ۶\times۱۰^{-۴}\,N$$



پس نیروی خالص وارد بر ذره $۶\times۱۰^{-۴}\,N$ و جهت آن به سمت بالا است.

اکنون طبق قضیهٔ کار ـ انرژی جنبشی داریم:

$$W_t = K_۲ - K_۱ \xrightarrow[K_۲-K_۱=\frac{۱}{۲}m(v_۲^۲-v_۱^۲)]{W_t = F_{net}d\cos\theta} F_{net}d\cos\theta = \frac{۱}{۲}m(v_۲^۲ - v_۱^۲)$$

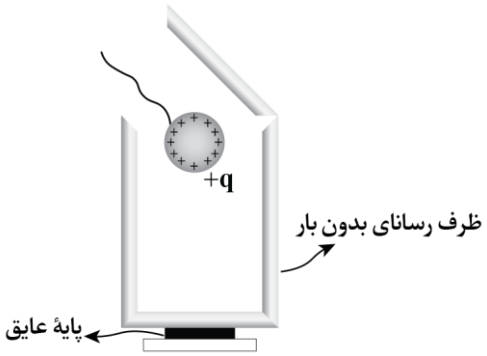
$$\xrightarrow[v_۱=۵\frac{m}{s},\ v_۲=\sqrt{۴۳}\frac{m}{s},\ \theta=۰]{F_{net}=۶\times۱۰^{-۴}\,N,\ m=۲۰\times۱۰^{-۶}\,kg} ۶\times۱۰^{-۴}\times d\times۱ = \frac{۱}{۲}\times۲۰\times۱۰^{-۶}(۴۳-۲۵) \Rightarrow d = ۰/۳ = ۳۰cm$$

گروه آموزشی ماز

کنکور ۱۴۰۴
www.biomaze.ir
www.SanjeshCloud.ir
T.me/SanjeshClouds

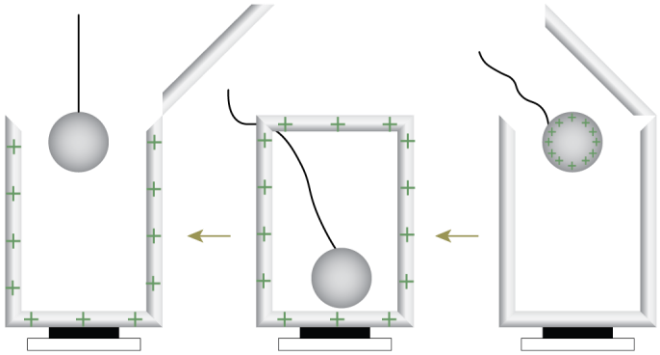
۲۳- مطابق شکل زیر، یک گوی فلزی با بار مثبت را که از نخ عایقی آویزان است، وارد ظرف می‌کنیم. اکنون گوی را با کف ظرف تماس می‌دهیم و سپس درپوش فلزی را می‌بندیم. آن‌گاه گوی را از ظرف جدا می‌کنیم و درپوش فلزی را با دستهٔ عایقش برمی‌داریم. پس از خارج کردن گوی فلزی از ظرف، بار الکتریکی گوی ..... است و از این آزمایش می‌توان نتیجه گرفت .....

۱) صفر ـ بار الکتریکی در سطح خارجی رسانا پخش می‌شود.
۲) صفر ـ میدان الکتریکی درون رسانا صفر است.
۳) مثبت ـ بار الکتریکی در سطح خارجی رسانا پخش می‌شود.
۴) مثبت ـ میدان الکتریکی درون رسانا صفر است.



پاسخ: گزینهٔ ۱ (آسان ـ مفهومی ـ ۱۱۰۱)

با توجه به این‌که بار الکتریکی در سطح خارجی رساناها پخش می‌شود، هنگامی که گوی را درون ظرف قرار می‌دهیم و سپس با ظرف تماس می‌دهیم، همهٔ بار گوی به ظرف منتقل می‌شود؛ بنابراین بار گوی برابر صفر می‌شود.



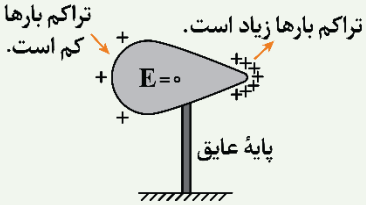
توزیع بار در جسم رسانا

در رساناهای منزوی، بار الکتریکی به‌گونه‌ای در سطح جسم پخش می‌شود که ویژگی‌های زیر را داشته باشد:

۱- بار الکتریکی در سطح خارجی رسانا پخش می‌شود.
۲- تجمع و تراکم بارها در نقاط نوک‌تیز بیش‌تر است.
۳- میدان الکتریکی درون رسانا صفر است.
۴- خطوط میدان الکتریکی در خارج از رسانا بر سطح آن عمود است.
۵- پتانسیل الکتریکی همهٔ نقاط رسانا باهم برابر است، به عبارت دیگر اختلاف پتانسیل الکتریکی نقاط رسانا باهم صفر است.

مثال

جسم فلزی دوکی‌شکل زیر را درنظر بگیرید. اگر این جسم را باردار کنیم، تراکم بارها در قسمت نوک‌تیز بیش‌تر از سایر قسمت‌های آن است.



بنابراین اگر یک آونگ الکتریکی را نزدیک قسمت نوک‌تیز قرار دهیم، به نسبت قسمت پهن‌تر، بیش‌تر منحرف می‌شود.

گروه آموزشی ماز

۲۴- چگالی سطحی بار کرهٔ رسانای A، چهار برابر کرهٔ رسانای B و بار الکتریکی یکسانی روی این دو کره وجود دارد. شعاع کرهٔ A چند برابر شعاع کرهٔ B است؟

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

کنکور ۱۴۰۴
www.biomaze.ir
سنجش کلاد
www.SanjeshCloud.ir
T.me/SanjeshClouds

پاسخ: گزینهٔ ۱ (آسان ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۱)

از رابطهٔ $\sigma = \frac{q}{A}$ برای محاسبهٔ چگالی سطحی بار استفاده می‌کنیم:

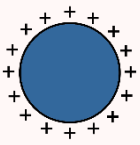
$$\frac{\sigma_A}{\sigma_B} = \frac{q_A}{q_B} \times \frac{A_B}{A_A} \xrightarrow{A=4\pi r^2} \frac{\sigma_A}{\sigma_B} = \left(\frac{r_B}{r_A}\right)^2$$

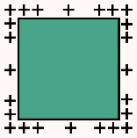
$$\Rightarrow 4 = \left(\frac{r_B}{r_A}\right)^2 \Rightarrow r_B = 2r_A \Rightarrow r_A = \frac{1}{2} r_B$$

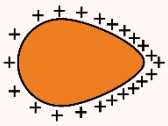
چگالی سطحی بار الکتریکی

چگالی سطحی بار الکتریکی رسانا: برای این‌که بتوانیم تراکم بار الکتریکی در بخش‌های مختلف سطح یک جسم را باهم مقایسه کنیم کمیتی به نام چگالی سطحی بار را تعریف می‌کنیم. درواقع چگالی سطحی، پارامتری است که تراکم بار در قسمت‌های مختلف یک جسم را نشان می‌دهد:

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







در رابطهٔ بالا، A مساحت سطحی است که بار در آن پخش شده است.

q، بار و σ (بخوانید سیگما)، چگالی سطحی بار است.

یکای چگالی سطحی بار الکتریکی:

$$\sigma = \frac{q}{A} \rightarrow [\sigma] = \frac{[q]}{[A]} \rightarrow [\sigma] = \frac{C}{m^2}$$

گروه آموزشی ماز

۲۵- دو گلولهٔ باردار مشابه به شعاع ۱/۵cm و بار q که فاصلهٔ مرکز دو گلوله از هم ۱۵۰cm است، یکدیگر را با نیروی ۱۴/۴N دفع می‌کنند. چگالی سطحی بار هر گلوله چند میکروکولن بر متر مربع است؟ $(\pi = 3 \ , \ k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$

۱) $\frac{10}{9}$ ۲) $\frac{2}{90}$ ۳) $\frac{10}{9}\times10^7$ ۴) $\frac{2}{9}\times10^5$

پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۱)

گام اول:

در ابتدا بار گلوله‌ها را محاسبه می‌کنیم:

$$F = \frac{kq^2}{r^2} \Rightarrow 14/4 = \frac{9\times10^9 \times q^2}{(150\times10^{-2})^2} \Rightarrow q^2 = 36\times10^{-10} \Rightarrow q = 6\times10^{-5}C$$

گام آخر:

چگالی سطحی بار را محاسبه می‌کنیم:

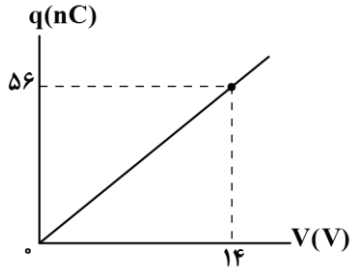
$$A = 4\pi r^2$$

$$\sigma = \frac{q}{A} \Rightarrow \sigma = \frac{6\times10^{-5}}{4\times3\times\frac{9}{4}\times10^{-4}} = \frac{2}{90}\frac{C}{m^2} = \frac{2}{9}\times10^5 \frac{\mu C}{m^2}$$

گروه آموزشی ماز

کنکور ۱۴۰۴
www.biomaze.ir
www.SanjeshCloud.ir
T.me/SanjeshClouds

۲۶- دو صفحهٔ رسانا با مساحت $400cm^2$ را در فاصلهٔ $0/5mm$ از هم قرار می‌دهیم و فاصلهٔ بین آن‌ها را با یک مادهٔ دی‌الکتریک پر می‌کنیم. اگر با شارژ کردن این خازن، نمودار تغییرات بار ذخیره‌شده در آن برحسب اختلاف پتانسیل دو سر آن مطابق شکل باشد، ثابت دی‌الکتریک عایق بین صفحه‌ها چقدر است؟ $(\varepsilon_0 \simeq 9\times10^{-12}\frac{F}{m})$



۱) $\frac{25}{9}$

۲) $\frac{25}{3}$

۳) $\frac{50}{9}$

۴) $\frac{50}{3}$

پاسخ: گزینهٔ ۳ (متوسط ـ نموداری ـ ۱۱۰۱)

گام اول:

با توجه به نمودار، اگر خازن با ولتاژ $V=14V$ شارژ شود، بار ذخیره‌شده در آن برابر $q=56nC$ می‌شود؛ بنابراین ظرفیت آن برابر است با:

$$C=\frac{q}{V}\Rightarrow C=\frac{56}{14}=4nF=4\times10^{-9}F$$

گام آخر:

ثابت دی‌الکتریک را به‌دست می‌آوریم:

$$C=\kappa\varepsilon_0\frac{A}{d}\Rightarrow 4\times10^{-9}=\kappa\times9\times10^{-12}\times\frac{400\times10^{-4}}{0/5\times10^{-3}}$$

$$\Rightarrow 4\times10^{-9}=\kappa\times9\times10^{-12}\times80\Rightarrow\kappa=\frac{50}{9}$$

ظرفیت خازن

با توجه به آن‌که هرچه اختلاف پتانسیل بین دو صفحهٔ خازن بیش‌تر باشد، بار ذخیره‌شده در آن بیش‌تر می‌شود، نسبت بار ذخیره‌شده به اختلاف پتانسیل بین دو صفحهٔ آن را ظرفیت خازن می‌نامند. ظرفیت خازن، عددی ثابت است و آن را با C نشان می‌دهند و واحد آن فاراد یا کولن بر ولت است:

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

هنگامی‌که یک خازن به ظرفیت C توسط یک باتری با ولتاژ V باردار می‌شود، بار ذخیره‌شده در آن از رابطهٔ $q=CV$ به‌دست می‌آید.

عوامل مؤثر بر ظرفیت خازن:

تنها ویژگی‌های ساختمانی می‌توانند بر روی ظرفیت خازن مؤثر باشند.

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

۱- فاصلهٔ بین صفحات (d)

۲- مساحت صفحات (A)

۳- دی‌الکتریک بین صفحات (با ثابت κ)

میدان الکتریکی بین صفحه‌های خازن از روابط زیر به‌دست می‌آید:

$E=\frac{V}{d}\rightarrow$ اگر ولتاژ را داشته باشیم

$E=\frac{q}{\kappa\varepsilon_0 A}\rightarrow$ اگر بار را داشته باشیم

کنکور ۱۴۰۴
www.biomaze.ir
سنجش کلاد
www.SanjeshCloud.ir
T.me/SanjeshClouds

انرژی ذخیره‌شده در خازن از روابط زیر به‌دست می‌آید:

$$\text{انرژی خازن} \rightarrow \begin{cases} U = \frac{1}{2}CV^2 \\ U = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C} \\ U = \frac{1}{2}qV \end{cases}$$

مثال

یک خازن تخت از صفحه‌هایی با مساحت $10^{-3}\,m^2$ ساخته شده است که در فاصلهٔ $0/5\,mm$ از هم قرار گرفته‌اند و بین صفحه‌ها هوا است. اگر این خازن را به اختلاف پتانسیل $20\,V$ متصل کنیم تا شارژ شود، به سؤالات زیر پاسخ دهید.

الف) ظرفیت خازن چند نانوفاراد است؟ $(\varepsilon_0 = 9\times10^{-12}\,\frac{F}{m})$

$$C = \kappa\varepsilon_0\frac{A}{d} = 1\times9\times10^{-12}\times\frac{10^{-3}}{0/5\times10^{-3}} = 18\times10^{-12}\,F = 0/018\,nF$$

ب) بزرگی میدان الکتریکی بین صفحه‌های خازن چند واحد SI است؟

$$E = \frac{V}{d} = \frac{20}{0/5\times10^{-3}} = 4\times10^4\,\frac{V}{m}$$

پ) بار ذخیره‌شده در خازن چند نانوکولن است؟

$$q = CV \rightarrow q = 0/018\times20 = 0/36\,nC$$

ت) انرژی ذخیره‌شده در خازن چند نانوژول است؟

$$U = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}\times0/018\times20^2 = 3/6\,nJ$$

گروه آموزشی ماز

۲۷- اختلاف پتانسیل دو صفحهٔ خازنی را $\frac{15}{11}$ برابر می‌کنیم. در این صورت انرژی خازن و بار ذخیره‌شدهٔ آن $104\,\mu J$ و $16\,\mu C$ تغییر می‌کنند. ظرفیت خازن چند میکروفاراد است؟

۱) ۴ ۲) ۸ ۳) ۱۰ ۴) ۲۰

پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۱)

ابتدا بار خازن را در دو حالت حساب می‌کنیم:

$$q = CV \xrightarrow{C\text{ ثابت است.}} \frac{q_2}{q_1} = \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow \frac{q_1+16}{q_1} = \frac{15}{11} \Rightarrow q_1 = 44\,\mu C$$

$$q_C = q_1 + 16 = 44 + 16 = 60\,\mu C$$

درنتیجه $q_2 = 60\,\mu C$ می‌باشد.

حالا با داشتن اختلاف انرژی و بار خازن در دو حالت، ظرفیت خازن را حساب می‌کنیم:

$$U_2 - U_1 = 104 \xrightarrow{U=\frac{1}{2}\frac{q^2}{C}} \frac{1}{2C}(q_2^2 - q_1^2) = 104$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2C}(60^2 - 44^2) = 104 \Rightarrow C = 8\,\mu F$$

گروه آموزشی ماز

۲۸- خازنی به یک باتری متصل شده تا شارژ شود. اگر در همین حالت، فاصلهٔ بین صفحه‌های خازن را ۲۰ درصد کاهش دهیم، بار الکتریکی، میدان الکتریکی و انرژی ذخیره‌شده در خازن به‌ترتیب از راست به چپ چند برابر می‌شوند؟

۱) $\frac{4}{5}$، $\frac{4}{5}$، ۱ ۲) $\frac{5}{4}$، $\frac{4}{5}$، $\frac{5}{4}$ ۳) ۱، $\frac{5}{4}$، $\frac{4}{5}$ ۴) $\frac{5}{4}$، $\frac{5}{4}$، $\frac{5}{4}$

کنکور ۱۴۰۴
www.biomaze.ir
سنجش کلاد
www.SanjeshCloud.ir
T.me/SanjeshClouds

پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ مفهومی/محاسباتی ـ ۱۱۰۱)

با توجه به این‌که خازن به باتری متصل است، ولتاژ آن ثابت می‌ماند.

$$\frac{V_۲}{V_۱}=۱$$

با کاهش ۲۰ درصدی فاصلهٔ بین صفحه‌ها، فاصلهٔ بین آن‌ها $\frac{۴}{۵}$ برابر می‌شود و داریم:

$$d_۲=d_۱-\frac{۲۰}{۱۰۰}=\frac{۸۰}{۱۰۰}d_۱=\frac{۴}{۵}d_۱\Rightarrow\frac{d_۲}{d_۱}=\frac{۴}{۵}$$

$$C=\kappa\varepsilon_۰\frac{A}{d}\Rightarrow\frac{C_۲}{C_۱}=\frac{d_۱}{d_۲}=\frac{۵}{۴}$$

در ادامه تغییر هر یک از کمیت‌های خواسته‌شده را محاسبه می‌کنیم.

بار الکتریکی:

$$q=CV\xrightarrow{\text{ثابت }V}\frac{q_۲}{q_۱}=\frac{C_۲}{C_۱}=\frac{۵}{۴}$$

میدان الکتریکی:

$$E=\frac{V}{d}\xrightarrow{\text{ثابت }V}\frac{E_۲}{E_۱}=\frac{d_۱}{d_۲}=\frac{۵}{۴}$$

انرژی الکتریکی:

$$U=\frac{۱}{۲}CV^۲\xrightarrow{\text{ثابت }V}\frac{U_۲}{U_۱}=\frac{C_۲}{C_۱}=\frac{۵}{۴}$$

نکته

هنگامی که در ویژگی‌های یک خازن تغییر ایجاد کنیم، دو حالت زیر امکان‌پذیر است:

۱- خازن به باتری وصل باشد: در این حالت ولتاژ خازن ثابت می‌ماند.

۲- خازن شارژ و از باتری جدا شده باشد: در این حالت بار خازن ثابت می‌ماند.

گروه آموزشی ماز

۲۹- شکل (۳) وضعیت یک مادهٔ دی‌الکتریک غیرقطبی را در نبود میدان الکتریکی نشان می‌دهد. کدام‌یک از عبارت‌های زیر صحیح است؟

الف: شکل (۱) وضعیت این ماده را درون میدان الکتریکی نشان می‌دهد.

ب: شکل (۲) وضعیت این ماده را درون میدان الکتریکی نشان می‌دهد.

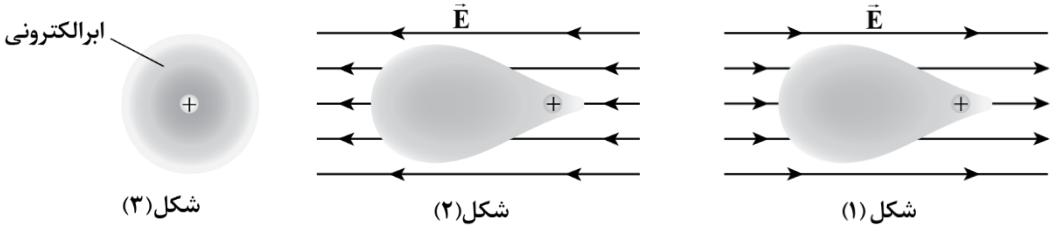
پ: با قرار دادن این ماده بین صفحه‌های یک خازن تخت، ظرفیت خازن افزایش یابد. (در ابتدا بین صفحات خازن، خلأ بوده است.)

۱) فقط «الف»

۲) «الف» و «پ»

۳) فقط «ب»

۴) «ب» و «پ»

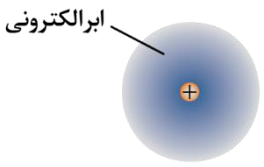


شکل (۳) شکل (۲) شکل (۱)

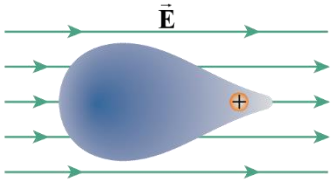
کنکور ۱۴۰۴
www.biomaze.ir
سنجش کلاد
www.SanjeshCloud.ir
T.me/SanjeshClouds

پاسخ: گزینهٔ ۲ (آسان ـ مفهومی ـ ۱۱۰۱)

وقتی یک دی‌الکتریک غیرقطبی (مانند متان، بنزن و ...) در میدان بین دو صفحهٔ خازن قرار می‌گیرد براثر القا قطبیده می‌شود؛ یعنی میدان الکتریکی اعمال‌شده باعث می‌شود که ابر الکترونی مولکول‌های دی‌الکتریک در خلاف جهت میدان جابه‌جا شود و به این ترتیب، مرکز بارهای مثبت و منفی مولکول‌ها از هم جدا شده و اصطلاحاً مولکول‌ها قطبیده می‌شوند. با توجه به شکل زیر، عبارت «الف» درست و عبارت «ب» نادرست است.



در نبود میدان الکتریکی، مرکز بارهای مثبت و منفی برهم منطبق‌اند.



در حضور میدان الکتریکی، مرکز بارهای مثبت و منفی از هم جدا می‌شوند و ابر الکترونی در خلاف جهت میدان جابه‌جا می‌شود.

می‌توان نشان داد این رفتار مولکول‌های دی‌الکتریک (قطبی یا غیرقطبی) در میدان الکتریکی بین صفحه‌های خازن، سبب افزایش ظرفیت خازن می‌شود؛ بنابراین عبارت «پ» نیز صحیح است.

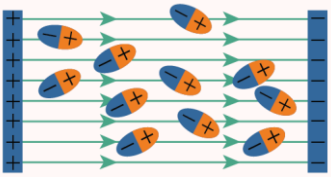
خازن با دی‌الکتریک

ظرفیت خازن با ضریبی به نام ثابت دی‌الکتریک مادهٔ عایق افزایش می‌یابد. این ثابت را با κ نشان می‌دهند. به این معنی که اگر ظرفیت خازن بدون دی‌الکتریک را با C_0 نمایش دهیم، آن‌گاه ظرفیت خازن با دی‌الکتریک برابر با $C = \kappa C_0$ می‌شود.

انواع دی‌الکتریک

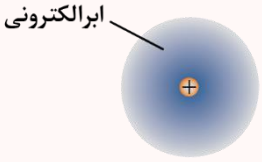
قطبی: این دی‌الکتریک درصورت حضور میدان الکتریکی سر منفی مولکول‌های خود را به طرف صفحهٔ مثبت و سر مثبت مولکول‌های خود را به سمت صفحهٔ منفی می‌گیرند و درنتیجه این مولکول‌ها در جهت میدان الکتریکی قرار می‌گیرند. این هم‌جهت شدن، میدانی مانند E را ایجاد می‌کند که در خلاف جهت میدان اصلی خازن یا همان $\vec{E}_0$ می‌باشد. به این ترتیب میدان الکتریکی برایند در داخل دی‌الکتریک، جمع برداری دو میدان موجود می‌شود.

الف) در نبود میدان الکتریکی، سمت‌گیری مولکول‌های دوقطبی نامنظم است.

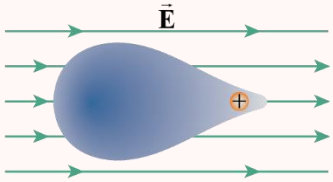


ب) در حضور میدان الکتریکی، مولکول‌های قطبی می‌کوشند خود را در جهت میدان الکتریکی خارجی هم‌ردیف کنند.

غیرقطبی: وقتی مولکول‌های دی‌الکتریک غیرقطبی در میدان الکتریکی بین دو صفحهٔ خازن قرار می‌گیرند براثر القا قطبیده می‌شوند؛ یعنی میدان الکتریکی باعث می‌شود که ابر الکترونی این مولکول‌ها در خلاف جهت میدان جابه‌جا شوند و به این ترتیب مرکز بارهای مثبت و منفی از هم جدا می‌شوند.



الف) در نبود میدان الکتریکی، مرکز بارهای مثبت و منفی برهم منطبق‌اند.



ب) در حضور میدان الکتریکی، مرکز بارهای مثبت و منفی از هم جدا می‌شوند و ابر الکترونی در خلاف جهت میدان جابه‌جا می‌شود.

درنتیجه: در شرایطی که خازن از باتری جدا باشد، دی‌الکتریک چه به‌صورت قطبی و چه به‌صورت غیرقطبی باعث تضعیف میدان داخل خازن می‌شود و درنتیجه اختلاف پتانسیل کاهش و با توجه به ثابت بودن بار الکتریکی، ظرفیت خازن افزایش می‌یابد. دقت کنید اگر خازن به باتری وصل باشد، دی‌الکتریک، میدان خازن را تغییر نمی‌دهد، ولی بازهم ظرفیت خازن افزایش می‌یابد.

کنکور ۱۴۰۴
www.biomaze.ir
www.SanjeshCloud.ir
T.me/SanjeshClouds

۳۰- اختلاف پتانسیل بین دو صفحهٔ یک خازن را از $۲۸V$ به $۴۴V$ افزایش می‌دهیم. اگر با این کار ۵×۱۰^{۱۳} الکترون بین صفحه‌های خازن جابه‌جا شوند، ظرفیت خازن چند میکروفاراد است؟ $(e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C)$

۱) ۰/۵ ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) ۴

پاسخ: گزینهٔ ۱ (متوسط ـ محاسباتی ـ ۱۱۰۱)

گام اول:

محاسبهٔ تغییر بار خازن:

$$\Delta q = ne = ۵\times۱۰^{۱۳}\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹} = ۸\times۱۰^{-۶}C = ۸\mu C$$

گام آخر:

محاسبهٔ ظرفیت خازن:

$$C = \frac{\Delta q}{\Delta V} = \frac{۸}{۴۴-۲۸} = \frac{۸}{۱۶} = ۰/۵\mu F$$

کنکور ۱۴۰۴
www.biomaze.ir
www.SanjeshCloud.ir
T.me/SanjeshClouds

فصل ۱ فیزیک یازدهم «جمع‌بندی فشرده»

الکتریسیتهٔ ساکن

بار الکتریکی

دو نوع بار الکتریکی وجود دارد:
۱- بار الکتریکی مثبت که منشأ آن پروتون‌ها هستند.
۲- بار الکتریکی منفی که منشأ آن الکترون‌ها هستند.

پایستگی و کوانتیده بودن بار الکتریکی

پایستگی: بار الکتریکی خودبه‌خود به‌وجود نمی‌آید و خودبه‌خود ازبین نمی‌رود! بلکه از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شود.

اصل کوانتیده بودن: کم‌ترین باری که یک جسم می‌تواند داشته باشد به‌اندازهٔ بار یک الکترون است. این مقدار را «بار بنیادی» می‌گویند.

بار الکتریکی یک جسم، مضرب صحیحی از بار بنیادی (e) است:
$q = \pm ne$ و $n = 0, 1, 2, 3, \ldots$

روش باردار کردن اجسام

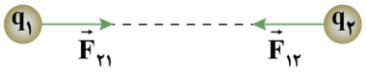
به سه روش می‌توان اجسام را باردار کرد: ۱- مالش ۲- تماس ۳- القا

الکتروسکوپ (برق‌نما)

الکتروسکوپ وسیله‌ای آزمایشگاهی است که از یک رسانای یکپارچه شامل کلاهک فلزی، میلهٔ فلزی و تیغه‌های نازک و سبک و فلزی ساخته شده که بدون اتصال الکتریکی روی پایه‌ای عایق و درون محفظه‌ای شیشه‌ای و شفاف قرار گرفته است. اگر الکتروسکوپ باردار باشد، تیغه‌های فلزی آن از هم دور می‌شوند.

قانون کولن

دو بار نقطه‌ای q_1 و q_2 که در فاصلهٔ r از یکدیگر قرار دارند، بر هم نیروی الکتریکی وارد می‌کنند که این نیرو بین بارها از نوع کنش و واکنش است یعنی اندازهٔ این نیروها یکسان و جهت‌های آن‌ها مخالف هم است.



$$F = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2}$$ → ثابت کولن $k = 9\times10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$

صفر شدن نیروی برایند برای بارهای قرارگرفته در یک راستا

۱- اگر دو بار هم‌نام باشند، در نقطه‌ای مابین دو بار و نزدیک بار کوچک‌تر
۲- اگر دو بار ناهم‌نام باشند، در نقطه‌ای خارج دو بار و نزدیک بار کوچک‌تر

کنکور ۱۴۰۴
www.biomaze.ir
www.SanjeshCloud.ir
T.me/SanjeshClouds

فصل ۱ فیزیک یازدهم

الکتریسیتهٔ ساکن

میدان الکتریکی

هر بار الکتریکی در فضای اطراف خود خاصیتی ایجاد می‌کند که به‌موجب آن به هر بار دیگری که در آن فضا باشد، نیروی الکتریکی وارد می‌کند. این خاصیت، میدان الکتریکی نام دارد.

اندازهٔ میدان الکتریکی در فاصلهٔ r از q $\rightarrow E = \frac{k|q|}{r^2}$

اگر یک بار الکتریکی وارد میدان بار الکتریکی دیگری شود، به آن نیرویی وارد می‌شود که از رابطهٔ روبه‌رو به‌دست می‌آید:

$F = E|q_\circ|$

خطوط میدان الکتریکی

خط‌های میدان در هر نقطه، هم‌جهت با نیروی وارد بر بار مثبتِ واقع در آن نقطه است.
خطوط میدان الکتریکی به‌صورت شعاعی، از بار مثبت خارج و به بار منفی وارد می‌شود.
میدان الکتریکی کمیتی برداری است و میدان الکتریکی در هر نقطه، برداری مماس بر خط میدان عبوری از آن نقطه و هم‌جهت با خط میدان است.
میزان تراکم خطوط میدان الکتریکی، نشان‌دهندهٔ بزرگی میدان است. هر جا خطوط میدان به یکدیگر نزدیک‌تر و فشرده‌تر و پرتراکم‌تر باشند، میدان در آن ناحیه بزرگ‌تر است و بالعکس.
خطوط میدان، یکدیگر را قطع نمی‌کنند، یعنی از هر نقطه از فضا یک خط میدان می‌گذرد که همان میدان الکتریکی برایند است.
تعداد خط‌های میدان الکتریکی که از یک بار الکتریکی خارج یا به آن داخل می‌شوند، با اندازهٔ آن بار متناسب است. خط میدان در نزدیکی بار بزرگ‌تر، خمیدگی کم‌تری دارد.

کار نیروی الکتریکی

فرض کنید ذره‌ای با بار الکتریکی q در میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E}$ به‌اندازهٔ $\vec{d}$ جابه‌جا شود. نیروی الکتریکی وارد بر بار $F_E = E|q|$ و کاری که نیروی الکتریکی روی بار انجام می‌دهد برابر است با:

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

نکته: طبق قضیهٔ کار و انرژی، کار کل انجام‌شده روی یک جسم برابر تغییر انرژی جنبشی آن است:

$W_t = \Delta K$

انرژی و اختلاف پتانسیل الکتریکی

انرژی پتانسیل الکتریکی

تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار در یک جابه‌جایی، همواره برابر با منفی کار نیروی الکتریکی وارد بر آن بار در آن جابه‌جایی است.

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

اگر جهت جابه‌جایی بار، در خلاف تمایل حرکت بار باشد، آن‌گاه $W_E < 0$ و انرژی پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد $(\Delta U_E > 0)$ و اگر جهت جابه‌جایی بار، مطابق تمایل حرکت بار باشد، آن‌گاه $W_E > 0$ و انرژی پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد $(\Delta U_E < 0)$.

اختلاف پتانسیل الکتریکی

به تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بر یکای بار الکتریکی در جابه‌جایی بین دو نقطه از میدان الکتریکی، اختلاف پتانسیل الکتریکی می‌گویند (تعریف کمی) و از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$\Delta V_E = \frac{\Delta U_E}{q} = \frac{-W_E}{q} \Rightarrow |\Delta V_E| = E|d'| \quad (d' \text{ اندازهٔ جابه‌جایی در راستای میدان})$$

- d' در جهت میدان باشد. $\rightarrow \Delta V = -E|d'|$
- d' در خلاف جهت میدان باشد. $\rightarrow \Delta V = +E|d'|$

باتری

هر باتری از دو پایانه تشکیل شده است، یکی مثبت و دیگری منفی. هنگامی که می‌گوییم باتری ۱۲ ولت است، یعنی پتانسیل الکتریکی پایانهٔ مثبت (V_+) به‌اندازهٔ ۱۲ ولت از پتانسیل الکتریکی پایانهٔ منفی (V_-) بیش‌تر است.

کنکور ۱۴۰۴
www.biomaze.ir
سنجش کلاد
www.SanjeshCloud.ir
T.me/SanjeshClouds

الکتریسیتهٔ ساکن

توزیع بار الکتریکی در اجسام رسانا

اگر به جسم نارسانا و رسانای منزوی (جسمی که با فضای اطراف خود، بار الکتریکی مبادله نمی‌کند) بار الکتریکی بدهیم، بار به‌صورت زیر پخش می‌شود:

۱- جسم نارسانا: بار داده‌شده به جسم نارسانا در همان محل باقی می‌ماند.

۲- جسم رسانای منزوی: بار داده‌شده به جسم رسانای منزوی، فقط روی سطح خارجی رسانا پخش می‌شود و هیچ باری داخل جسم رسانا باقی نمی‌ماند و این ربطی به توپر یا توخالی بودن جسم رسانا ندارد.

خازن

- رابطهٔ مداری خازن: $C=\frac{q}{V}$ یا $q=CV$ یا $V=\frac{q}{C}$
- عوامل مؤثر بر ظرفیت خازن: $C=\frac{\kappa\varepsilon_{\circ}A}{d}$
- انرژی ذخیره‌شده در خازن: $U=\frac{1}{2}qV$ یا $U=\frac{1}{2}\frac{q^2}{C}$ یا $U=\frac{1}{2}CV^2$
- تحلیل میدان الکتریکی بین صفحه‌های خازن:
  - اگر خازن به مولد وصل است، حتماً از رابطهٔ $E=\frac{V}{d}$ حل کنید؛ زیرا V ثابت است.
  - اگر خازن شارژشده را از باتری جدا کنند، از رابطهٔ $E=\frac{q}{\kappa\varepsilon_{\circ}A}$ حل کنید؛ زیرا q ثابت است.

کنکور ۱۴۰۴
www.biomaze.ir
www.SanjeshCloud.ir
T.me/SanjeshClouds