

مدرس و مولف:

امین
رحمانیان

جزوه مفهومی فیزیک

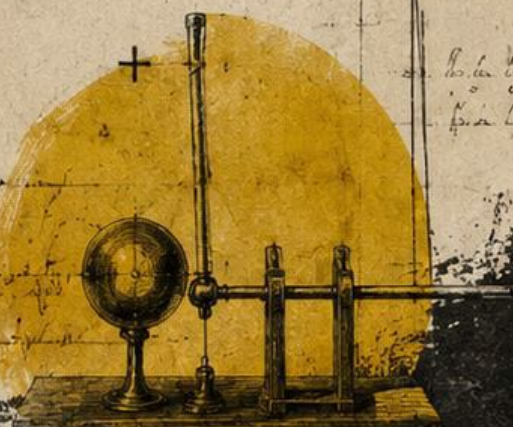
بار الکتریکی و الکتریسیته ساکن

STEPHEN GRAY

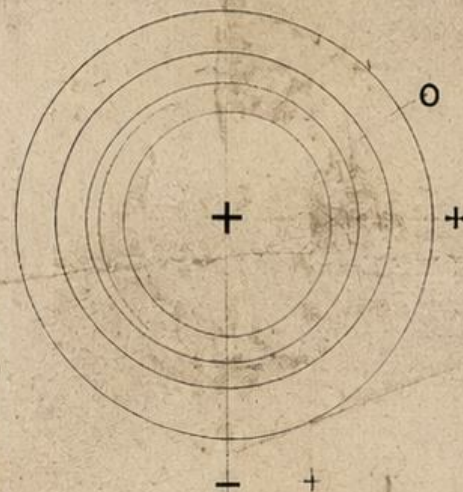
1666-1736

*Experiments on
electrical attraction
and conduction*

S. Gray



physics
Amin Rahmianian.



*July 1666 the first
frank lightning rod was
brought into use in
London by the inventor
Francis Bacon.*

فیزیک یازدهم ریاضی

فصل اول: الکتریسیته ساکن

اندازه‌گیری و بردار

هرگاه هنگام اندازه‌گیری کمیات فیزیکی با اندازه‌های بسیار بزرگ و یا بسیار کوچک یکای اصلی آن کمیت مواجه می‌شویم، از پیشوندهای یکاها استفاده می‌کنیم.

نماد	پیشوند	ضریب	نماد	پیشوند	ضریب
y	یوکتو	10^{-24}	Y	یوتا	10^{24}
z	زپتو	10^{-21}	Z	زتا	10^{21}
a	آتو	10^{-18}	E	ایگزا	10^{18}
f	فمتو	10^{-15}	P	پتا	10^{15}
p	پیکو	10^{-12}	T	ترا	10^{12}
n	نانو	10^{-9}	G	گیگا (جیگا)	10^9
μ	میکرو	10^{-6}	M	مگا	10^6
m	میلی	10^{-3}	k	کیلو	10^3
c	سانتی	10^{-2}	h	هکتو	10^2
d	دسی	10^{-1}	da	دکا	10^1

$$\begin{array}{lcl}
 2 \text{ nm} = 2 \times 10^{-9} \text{ m} & & 16 \text{ GB} = 16 \times 10^9 \text{ B} \\
 \downarrow & & \downarrow \quad \downarrow \\
 10^{-9} & & 10^9 \quad 1 \text{ B} = 8 \text{ b} \\
 & & \downarrow \quad \downarrow \\
 & & \text{بایت} \quad \text{بیت} \\
 8 \mu\text{m} = 8 \times 10^{-6} \text{ m} = 8 \times 10^{-3} \times 10^{-3} \text{ m} = 8 \times 10^{-3} \text{ mm} & & \\
 \downarrow & & \downarrow \\
 \text{میکرومتر (میکرون)} & & \text{میلی m}
 \end{array}$$

روش تبدیل زنجیره ای

در این روش، اندازه کمیت را در یک ضریب تبدیل (نسبتی از یکاها که برابر عدد یک است) ضرب می کنیم.

$$\text{روش زنجیره ای: } 72 \frac{\text{Km}}{\text{h}} = 72 \frac{\text{Km}}{\text{h}} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = \frac{72}{3600} \frac{\text{Km}}{\text{s}} \times \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ Km}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$\downarrow$ ضریب تبدیل $\downarrow$ ضریب تبدیل

نمادگذاری علمی

اندازه های خیلی بزرگ یا خیلی کوچک را به این صورت نمایش می دهند.

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

یکا (واحد) $\rightarrow$ 10^{-19} به توان $\rightarrow$ عددی بین ۱ تا ۱۰ $\rightarrow$ یک عدد صحیح

قوانین سه گانه نیوتن

قانون اول نیوتن:

اگر یک جسم و یا یک بار الکتریکی ساکن باشد (یا حرکت یکنواخت داشته باشد)، آنگاه برآیند نیروهای وارد بر آن جسم یا بار برابر صفر خواهد بود.

$$\text{سکون و حرکت یکنواخت} \Rightarrow a = 0 \Rightarrow F_{\text{net}} = 0$$

قانون دوم نیوتن:

اگر یک جسم و یا یک بار الکتریکی دارای شتاب باشد، آنگاه برآیند نیروهای وارد بر آن جسم یا بار (نیروی خالص) با شتاب رابطه مستقیم خواهد داشت.

$$\text{حرکت شتابدار} \Rightarrow a \neq 0 \Rightarrow F_{\text{net}} = ma$$

قانون سوم نیوتن:

برای هر کنشی، واکنشی است مساوی با آن و در خلاف جهت آن.



بار الکتریکی



شکل ۱-۳ مالش بادکنک به بدن گربه سبب ایجاد بار الکتریکی در آنها و در نتیجه برافراشته شدن موهای گربه می‌شود.



شکل ۱-۴ انتقال پیام‌های عصبی در دستگاه اعصاب به صورت الکتریکی صورت می‌گیرد.



شکل ۱-۵ توصیف آذرخش مبتنی بر اصول الکتریسیته ساکن است.

برخی پدیده‌ها منشأ الکتریکی دارند: آذرخش، پیوند اتم‌ها در مولکول‌ها، پیام‌های عصبی، چسبیدن نوار سلوفان به ظروف، بالا رفتن مارمولک از دیوار.

نوع باری که دو جسم مختلف بر اثر مالش پیدا می‌کنند، به جنس آنها بستگی دارد. همان‌طور که در کتاب علوم تجربی پایه هشتم خود دیدید باردار بودن یک جسم و نوع بار آن را می‌توانیم با الکتروسکوپ (برق‌نما) تعیین کنیم (شکل ۱-۵).



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



الف) تصویری از یک الکتروسکوپ درجه‌بندی شده بدون بار

شکل ۱-۵

یکای بار الکتریکی در SI، کولن (C) است. توجه کنید یک کولن مقدار بار بزرگی است؛ مثلاً در یک آذرخش نوعی، باری از مرتبه 10^6 به زمین منتقل می‌شود و از این رو، در این فصل غالباً با بارهایی از مرتبه میکروکولن (μC) و نانو کولن (nC) سروکار داریم؛ به عنوان مثال، در مالش شانه پلاستیکی با موهای سر، بارهای منتقل شده از مرتبه نانو کولن (nC) است.

⚡ = روش‌های باردار کردن اجسام = ⚡

اجسام می‌توانند به روش‌های مختلف باردار شوند. بار الکتریکی همیشه حاصل جابه‌جایی الکترون‌هاست.

روش	شرح روش	ویژگی‌ها و نکات کلیدی	کاربردها و مثال‌ها	شکل و نمایش شماتیک
۱) مالش (سابه‌کشی) با مالش دو جسم به یکدیگر، الکترون‌ها از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شوند و هر دو جسم باردار می‌شوند.	- دو جسم (معمولاً نارسانا) را به یکدیگر می‌مالیم. - الکترون‌ها از جسمی با تمایل کمتر به سمت جسمی با تمایل بیشتر منتقل می‌شوند. - در نتیجه، یک جسم بار منفی و دیگری بار مثبت پیدا می‌کند.	- بهترین روش برای اجسام نارسانا (مانند پلاستیک، شیشه، ابریشم، پشم). - در این روش، هر دو جسم باردار می‌شوند (یکی مثبت، دیگری منفی). - مقدار بار ایجاد شده معمولاً کم است. - بار ایجاد شده به نوع مواد و شدت مالش بستگی دارد.	- بادکنک مالیده شده به مو - خطکش پلاستیکی مالیده شده بپارچه - شانه پلاستیکی مالیده شده به مو - جذب تکه‌های کاغذ توسط میله پلاستیکی مالیده شده	مثال: مالش میله پلاستیکی با پارچه پشمی
۲) تماس با تماس یک جسم باردار با جسم خنثی، بخشی از بار الکتریکی از جسم باردار به جسم خنثی منتقل می‌شود.	- یک جسم باردار را با جسم خنثی (رسانا یا نارسانا) تماس می‌دهیم. - الکترون‌ها از جسم باردار به جسم خنثی یا بالعکس منتقل می‌شوند. - پس از جداسازی، هر دو جسم باردار خواهند بود.	- برای اجسام رسانا بسیار مؤثر است. - نارساناها نیز می‌توانند به این روش باردار شوند، اما مقدار بار منتقل شده کمتر است. - علامت بار هر دو جسم پس از تماس یکسان خواهد بود.	- لمس کردن یک گوی فلزی باردار با گوی فلزی خنثی - سازش کردن خازن با تماس - سازش اجسام فلزی با اتصال به یک منبع باردار	مثال: تماس گوی فلزی باردار با گوی فلزی خنثی
۳) القا بدون تماس، با نزدیک کردن یک جسم باردار به جسم خنثی (رسانا)، جدایی بارها در جسم خنثی ایجاد می‌شود و در نهایت جسم خنثی باردار می‌شود.	- جسم باردار را به جسم رسانای خنثی نزدیک می‌کنیم. (بدون تماس). - بارها در جسم رسانا جدا می‌شوند. - جسم رسانا را زمین می‌کنیم. - اتصال به زمین را قطع می‌کنیم. - جسم باردار را دور می‌کنیم. - جسم رسانا حالا باردار شده است.	- تنها روش که بدون تماس عمل می‌کند. - فقط برای اجسام رسانا قابل اجراست. - علامت بار جسم نهایی، مخالف علامت جسم القا کننده خواهد بود. - مقدار بار ایجاد شده وابسته به فاصله و مقدار بار جسم القا کننده است.	- الکتروسکوپ القایی - سازش کردن اجسام رسانا در صنعت. - تفکیک بار در ابرها قبل از رعد و برق	مراحل القا در یک رسانا (مثال با الکتروسکوپ)
۴) آذرخش در طبیعت، به دلیل اختلاف بار بین ابرها با زمین، تخلیه الکتریکی عظیمی به شکل صاعقه رخ می‌دهد که سیب باردار شدن اجسام می‌شود.	- بر اثر برخورد و مالش ذرات بخ و قطرات آب در ابرها، بارهای مثبت و منفی جدا می‌شوند. - اختلاف پتانسیل زیاد بین دو ناحیه (مثلاً ابر و زمین) ایجاد می‌شود. - با تخلیه ناگهانی این اختلاف پتانسیل، صاعقه (آذرخش) رخ می‌دهد.	قدرتمندترین نوع باردار شدن در طبیعت. - بار ایجاد شده بسیار زیاد و ناگهانی است. - می‌تواند باعث آسیب به جان انسان‌ها، ساختمان‌ها و تجهیزات الکتریکی شود. - پس از صاعقه جسم برخورد کرده (مثلاً زمین یا یک جسم بلند) باردار می‌شود.	- صاعقه بین ابر و زمین - صاعقه بین دو ابر - آسیب به دکل‌ها، ساختمان‌ها و درختان	مثال: صاعقه بین ابر و زمین

مقایسه کلی روش‌ها

روش	نیاز به تماس	نوع اجسام مناسب	علامت بار نهایی جسم	مقدار بار ایجاد شده	پیچیدگی اجرا	مزایا	معایب
مالش	بله (مالش)	بهترین برای نارسانا	دو جسم: یکی مثبت، یکی منفی	کم تا متوسط	ساده	ساده، قابل اجرا در شرایط مختلف	مقدار بار کم و غیرقابل کنترل دقیق
تماس	بله (تماس مستقیم)	بهترین برای رسانا	هر دو جسم: یکسان	متوسط	ساده	انتقال بار سریع و مؤثر	نیاز به تماس فیزیکی
القا	خیر (بدون تماس)	فقط رسانا	مخالف جسم القا کننده	متوسط تا زیاد	متوسط	بدون تماس، کنترل پذیرتر	نیاز به مراحل چندگانه و زمین کردن
آذرخش	طبیعی (تخلیه هوا)	هر نوع جسم	بسیار زیاد و ناگهانی	بسیار زیاد	غیرقابل کنترل	قدرت بسیار زیاد	خطرناک، غیرقابل پیش‌بینی

- نکات مهم
- اجسام مشابه همدیگر را دفع و اجسام با بار مخالف همدیگر را جذب می‌کنند.
 - رساناها بار به به‌راحتی در سراسر خود پخش می‌کنند. اما نارساناها بار را نگه می‌دارند.
 - هرچه اختلاف پتانسیل بیشتر باشد، مقدار بار منتقل شده نیز بیشتر خواهد بود.
 - الکتریکی همیشه پایدار است؛ یعنی مقدار کل بار قبل و بعد از باردار شدن ثابت می‌ماند.
 - واحد بار الکتریکی کولن (C) است.
 - الکترون‌ها حامل بار منفی هستند و در باردار شدن اجسام نقش اصلی دارند.

یادآوری: در همه روش‌ها، جابه‌جایی الکترون‌ها عامل اصلی ایجاد بار الکتریکی است.

الکتروسکوپ (برق نما):

الکتروسکوپ ابزاری برای تشخیص وجود بار الکتریکی است. اساس کار الکتروسکوپ ها دافعه بارهای همنام است. زمانی که عقربه های الکتروسکوپ دارای بار الکتریکی شود به علت دافعه از هم دور میشود و نشان میدهد که عقربه ها دارای بار شده است.

کاربردهای الکتروسکوپ:

- ۱- تعیین باردار بودن جسم
- ۲- مقایسه مقدار بار دو جسم به صورت کیفی
- ۳- تعیین علامت بار*
- ۴- تعیین رسانا بودن یا نبودن اجسام

تعیین علامت بار*: وقتی جسم باردار را به الکتروسکوپ خنثی نزدیک کنیم در اثر القا عقربه های آن از هم دور میشوند. ولی از روی این انحراف نمی توان فهمید که جسم چه نوع باری مثبت یا منفی دارد جسم باردار بار مثبت داشته باشد یا منفی، تفاوتی نمی کند، در هر دو حالت در اثر القا در عقربه های الکتروسکوپ بار هم علامت القا میشود و همدیگر را دفع می کنند. از روی دفع شدن و انحراف عقربه ها فقط میتوانیم بفهمیم که جسم بار الکتریکی دارد یا ندارد. برای این که بفهمیم جسم چه نوع باری دارد باید ابتدا به الکتروسکوپ بار الکتریکی با علامت معین بدهیم. برای باردار کردن الکتروسکوپ میتوان به دو روش عمل کرد:

روش اول: ابتدا الکتروسکوپ را خنثی میکنیم سپس یک میله شیشه ای را با پارچه ابریشمی مالش میدهیم در این صورت پارچه ابریشمی الکترون میگیرد و بار آن منفی میشود و میله شیشه ای الکترون از دست داده و بار آن مثبت میشود سپس میله شیشه ای را که بار مثبت دارد، با کلاهک الکتروسکوپ تماس میدهیم در اثر تماس، الکتروسکوپ بار مثبت میگیرد و عقربه های آن مقداری منحرف میشوند.

روش دوم: ابتدا الکتروسکوپ را خنثی میکنیم سپس یک میله شیشه ای را با پارچه ابریشمی مالش می دهیم. در این صورت پارچه ابریشمی الکترون میگیرد و بار آن منفی میشود و میله شیشه ای الکترون از دست داده و بار آن مثبت میشود. سپس میله شیشه ای را که بار مثبت دارد به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک میکنیم و دست خود را در این حال به کلاهک الکتروسکوپ میزنیم به این ترتیب در اثر نیروی جاذبه میله باردار مقداری الکترون از زمین وارد الکتروسکوپ میشود و بار صفحات الکتروسکوپ را خنثی میکند سپس دست خود را از کلاهک برداشته و پس از آن میله باردار را دور میکنیم به این ترتیب الکتروسکوپ بار منفی پیدا میکند و عقربه های آن از هم دور می شوند.

پس از باردار کردن الکتروسکوپ با باری که علامت آن را میدانیم بار آزمون جسمی را که میدانیم بار الکتریکی دارد و میخواهیم نوع بار آن را تعیین کنیم به آرامی به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک می کنیم. اگر انحراف عقربه های الکتروسکوپ بیشتر شد بار جسم و بار داده شده به الکتروسکوپ هم علامت است.



۱ چگونه توسط برق نما (الکتروسکوپ) می توانیم تشخیص دهیم که :

الف) یک میله باردار است یا نه؟

ب) میله رساناست یا نارسانا؟

پ) نوع بار میله باردار چیست؟



پرسش ۱-۱

چرا وقتی روکش پلاستیکی را روی یک ظرف غذا می کشید و آن را در لبه های ظرف فشار می دهید، روکش در جای خود ثابت باقی می ماند؟

پاسخ:

در یک اتم خنثی تعداد الکترون ها برابر با تعداد پروتون های هسته است. بنابراین، جمع جبری همه بارها (بار خالص) دقیقاً برابر با صفر است. در تجربه هایی مانند مالش اجسام به یکدیگر، الکترون ها تولید نمی شوند و یا از بین نمی روند بلکه صرفاً از جسمی به جسم دیگر منتقل می شوند. اندازه بار منفی الکترون دقیقاً برابر با اندازه بار مثبت پروتون است. این مقدار بار را بار بنیادی می گویند که برابر است با:

$$e = 1.6 \times 10^{-19} C$$

از آنجا که جدا کردن پروتون از هسته اتم به آسانی صورت نمی گیرد، این الکترون ها هستند که میتوانند بین اتم ها مبادله شوند. اگر یک اتم تعدادی الکترون از دست بدهد و یا به دست آورد دارای بار الکتریکی می شود. به این ترتیب توازن بارهای الکتریکی جسم به هم خورده و جسم باردار می شود. بار الکتریکی یک جسم از رابطه مقابل به دست می آید:

$$q = \pm ne$$

مقدار بار جسم: q

تعداد الکترون مبادله شده: n

$e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ اندازه بار یک الکترون

نکته مهم دیگر این است که مقدار q که همان بار الکتریکی می باشد، حتما باید مضرب صحیحی از بار بنیادی e باشد. یعنی مقدار n که همان تعداد الکترون های مبادله شده است، باید یک عدد حسابی باشد.

$$n = 0, 1, 2, 3, 4, 5, \dots$$

در مورد بارهای الکتریکی دو اصل وجود دارد. نخستین آنها **اصل پایداری بار** است که بیان می دارد: مجموع جبری همه بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی^۱ ثابت است؛ یعنی بار می تواند از جسمی به جسم دیگر منتقل شود، ولی هرگز امکان تولید یا نابودی یک بار خالص وجود ندارد. تاکنون هیچ آزمایشی این اصل را نقض نکرده است.

دومین اصل، **کوانتیده بودن بار** است. در تجربه هایی مانند مالش اجسام به یکدیگر اگر جسم خنثی الکترون به دست آورد یا از دست بدهد، همواره بار الکتریکی مشاهده شده جسم، مضرب درستی از بار بنیادی e است:

- ۱- اگر بعد از باردار کردن یک جسم، ۱۰۰ الکترون از جسم الف به جسم ب برود،
الف) بار الکتریکی جسم الف چقدر می شود؟
ب) بار الکتریکی جسم ب چقدر می شود؟

- ۲- اگر جسمی دارای ۱ کولن بار الکتریکی مثبت شده باشد، چند الکترون از دست داده است؟



۳- وقتی روی فرش راه میروید و بدنتان بار الکتریکی پیدا میکند هنگام دست دادن با دوستان ممکن است با انتقال باری در حدود $1nC$ به او شوک خفیفی وارد کنید. در این انتقال بار حدود چند الکترون بین شما و دوستان منتقل شده است؟

سوال ۱: اگر جسم دو الکترون داشته باشد، مقدار بار آن چقدر است؟

سوال ۲: اگر مقدار بار الکتریکی یک جسم -4.4×10^{-19} باشد، چه تعداد الکترون دارد؟

سوال ۳: عدد اتمی اورانیوم $Z = 92$ است. بار الکتریکی هسته اتم چقدر است؟ مجموع بار الکتریکی الکترون‌های اتم اورانیوم چقدر است؟ بار الکتریکی اتم اورانیوم خنثی چقدر است؟

نوع و مقدار بار هسته، فضای اطراف هسته و بار کل ذره‌ی ${}^A_Z\text{A}^+$ را تعیین کنید.

با دادن ۲۰۰۰ الکترون به جسمی اندازه بار الکتریکی آن ۴۰ درصد کاهش یافته و علامت آن نیز تغییر می‌کند، بار الکتریکی اولیه کدامیک از گزینه‌های زیر است؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19} C$)

(۲) $2 \times 10^{-6} nC$

(۱) $20 \times 10^{-19} nC$

(۴) $2 \times 10^{-6} pC$

(۳) $20 \times 10^{-6} pC$

با گرفتن ۱۰۰ الکترون از یک جسم باردار، بار آن بدون تغییر علامت ۴۰ درصد افزایش می‌یابد، بار اولیه آن چند کولن بوده است؟ ($e = -1/6 \times 10^{-19} C$)

(۲) 4×10^{-17}

(۱) 400×10^{-17}

(۴) 4×10^{-18}

(۳) 400×10^{-18}

بار اتمی $3/2 \times 10^{-19} C$ و بار هسته آن $4/48 \times 10^{-18} C$ می‌باشد. اتم موردنظر کدام است؟

(۲) ${}_{28}X^{2+}$

(۱) ${}_{28}X$

(۴) ${}_{28}X^{+}$

(۳) ${}_{28}X^{3+}$

جسمی دارای بار الکتریکی منفی است. اگر 6×10^{10} الکترون به آن بدهیم، بار الکتریکی آن ۵ برابر بار اولیه می‌شود، بار اولیه آن چند نانو کولن بوده است؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19} C$)

آیا $q = 4/1 \times 10^{-19} C$ می‌تواند بار یک ذره باردار باشد؟ با راه‌حل توضیح دهید. ($e = 1/6 \times 10^{-19} C$)

یک پارچهٔ کتان و یک میلهٔ شیشه‌ای را در اثر مالش به یکدیگر باردار کرده‌ایم. اگر در اثر این مالش تعداد 30×10^{18} الکترون بین میلهٔ شیشه‌ای و پارچهٔ کتان مبادله شده باشد بار پارچهٔ کتان برحسب میکروکولن کدام است؟ (شیشه نسبت به کتان به انتهای سری مثبت الکتریسیتهٔ مالشی نزدیک‌تر است و $e = 1/6 \times 10^{-19} C$)

$$(1) \quad -4/8 \times 10^{-6} \quad (2) \quad -4/8 \times 10^{-6}$$

$$(3) \quad 4/8 \times 10^{-6} \quad (4) \quad 4/8 \times 10^{-6}$$

بار الکتریکی یک میلهٔ شیشه‌ای $3/2 nC$ - است. این میلهٔ باردار را به پارچهٔ ابریشمی مالش می‌دهیم و بار میله $4/8 nC$ + می‌شود. کدامیک از گزینه‌های زیر درست است؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19} C$)

(1) تعداد الکترون‌های میله قبل از مالش 2×10^{10} است.

(2) تعداد پروتون‌های میله پس از مالش 3×10^{10} است.

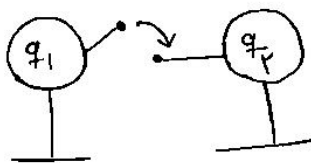
(3) بر اثر مالش 5×10^{10} الکترون از میله به پارچه منتقل شده است.

(4) بر اثر مالش 3×10^{10} الکترون از میله به پارچه منتقل شده است.

۲ یک میله پلاستیکی را با پارچه پشمی مالش می دهیم. پس از مالش، بار الکتریکی میله پلاستیکی $12/8 \text{ nC}$ می شود.
 الف) بار الکتریکی ایجاد شده در پارچه پشمی چقدر است؟
 ب) تعداد الکترون های منتقل شده از پارچه پشمی به میله پلاستیکی را محاسبه کنید.

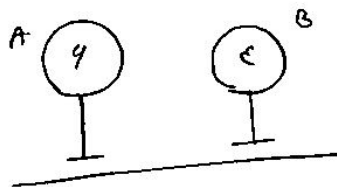
۳ الف) بار الکتریکی اتم و هسته اتم کربن ($^{12}_6\text{C}$) چند کولن است؟
 ب) بار الکتریکی اتم کربن یک بار یونیده (C^+) چقدر است؟

فرض کنید دو کره با اندازه دوگانه با هم برابر باشد مقدار بار هر کره سی از تماس از رابطه زیر به دست می آید:



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

مثال ۱: اگر $q_A = -4\text{C}$ و $q_B = +4\text{C}$ باشد سی از تماس اندازه هر کره چقدر بار است؟



مثال ۲: اگر $q_A = -3\text{C}$ باشد و $q_B = +9\text{C}$ باشد سی از تماس اندازه هر کره چقدر است؟ جهت ولت الکترون به کدام سمت است؟

مثال ۳: اگر $q_A = +8\text{C}$ باشد و $q_B = +4\text{C}$ باشد سی از تماس اندازه هر کره چقدر است؟ جهت ولت الکترون به کدام سمت است؟



کره A دارای ۱۲ واحد بار منفی و کره B دارای ۲ واحد بار مثبت است. اگر حجم کره B، ۴ برابر حجم کره A باشد، پس از تماس، کدام بار بیشتری خواهد داشت؟ چرا؟

زمین خنثی بزرگ

می‌دانیم وقتی که جسم بارداری با جسمی دیگر در تماس است تمام یا مقداری از بار خود را به آن منتقل می‌کند و آن جسم نیز باردار می‌شود؛ اما اگر جسمی بار خود را به زمین بدهد با توجه به اینکه زمین بسیار بسیار بزرگ است می‌توانیم فرض کنیم که این بار تأثیری در مثبت یا منفی شدن بار زمین ندارد و همچنان خنثی باقی می‌ماند. در بسیاری از آزمایش‌ها وقتی جسم بارداری را مثلاً با یک سیم به زمین متصل می‌کنیم عملاً تمام بار جسم به زمین منتقل می‌شود و جسم ما خنثی می‌گردد. این درحالی است که زمین همچنان خنثی باقی می‌ماند.

در هنگام مالش، با انتقال تعدادی الکترون از یک جسم به جسمی دیگر، تعادل بارها در اتم خنثی بر هم می‌خورد و جسمی که الکترون از دست می‌دهد، تعداد الکترون‌هایش کمتر از تعداد پروتون‌های آن می‌شود و بار الکتریکی خالص آن مثبت می‌گردد و همچنین، جسمی که الکترون اضافی دریافت می‌کند، الکترون‌هایش از پروتون‌های آن فزونی می‌یابد و بار الکتریکی خالص آن منفی می‌شود. به‌دست آوردن یا از دست دادن الکترون دو جسم در تماس با یکدیگر را می‌توان براساس جدولی موسوم به **سری الکتریسیته مالشی** (تریبو الکتریک؛ Tribo در زبان یونانی به معنای مالش است) معلوم کرد (جدول ۱-۱). در این جدول مواد پایین‌تر، الکترون‌خواهی بیشتری دارند؛ یعنی اگر دو ماده در این جدول در تماس با یکدیگر قرار گیرند، الکترون‌ها از ماده بالاتر جدول به ماده‌ای که پایین‌تر قرار دارد منتقل می‌شوند؛ مثلاً اگر تفلون با نایلون مالش یابد، الکترون‌ها از نایلون به تفلون منتقل می‌شوند.

جدول ۱-۱ سری الکتریسیته

مالشی (تریبو الکتریک)^۱

انتهای مثبت سری

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

انتهای منفی سری

قانون کولن

۳-۱ قانون کولن

همان طور که می دانیم نیروی الکتریکی که دو جسم باردار برهم وارد می کنند می تواند جاذبه یا دافعه باشد. اگر بارهای الکتریکی دو جسم همان باشند، این نیرو دافعه است (شکل ۱-۶). و اگر ناهمنام باشند، این نیرو جاذبه است.



شکل ۱-۶ گوی های باردار همنام یکدیگر را با نیرویی هم اندازه دفع کرده اند.



شکل ۱-۷ ترازوی پیچشی کولن. در یک سر یک میله نارسنای سبک افقی یک گوی باردار مثبت کوچک و در سر دیگر آن، یک قرص قرار دارد و میله از وسط توسط یک رشته سیم کنسان و نازک آویخته شده است. یک گوی با بار منفی از حفره ای به داخل استوانه شیشه ای برده می شود. درجه هایی بر سطح استوانه حک شده است که زاویه چرخش میله را نشان می دهد. نیروی مؤثر بین این بارها از اندازه گیری زاویه چرخش تا رسیدن به حالت تعادل به دست می آید.

نیروی الکتریکی بین دو جسم باردار، به چه عامل هایی بستگی دارد و اندازه این نیروها را از چه رابطه ای می توان محاسبه کرد؟ شارل آگوستین کوئن، دانشمند فرانسوی برای نخستین بار با انجام آزمایش های ساده و هوشمندانه ای توانست عامل های مؤثر بر نیروی الکتریکی بین دو ذره باردار را که اصطلاحاً بار نقطه ای خوانده می شود، شناسایی کند. نتیجه آزمایش های او امروزه به نام **قانون کولن** خوانده می شود. شکل ۱-۷ طرحی از آزمایش کولن را نشان می دهد.

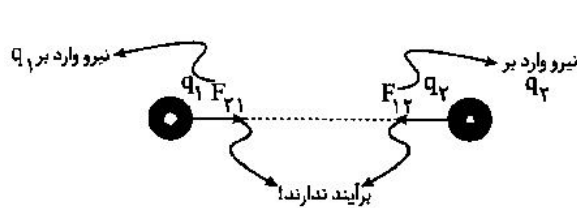
قانون کولن بیان می دارد :

اندازه نیروی الکتریکی (الکتروستاتیکی) بین دو بار نقطه ای^۱ که در راستای خط واصل آنها اثر می کند، با حاصل ضرب بزرگی آنها متناسب است و با مربع فاصله بین آنها نسبت وارون دارد. بنابراین، اندازه این نیرو برابر است با

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \quad (۱-۲)$$

۱- در این بخش با نیروهای بین ذره های باردار (بارهای نقطه ای) سر و کار داریم. البته اگر فاصله یک جسم باردار با جسم باردار دیگر چنان زیاد باشد که بتوان از ابعاد هر یک از دو جسم در مقایسه با فاصله بین آنها چشم پوشی کرد، می توان دو جسم را به صورت ذره های باردار در نظر گرفت.

هر دو ذره باردار دلخواه نیروی الکتریکی به همدیگر وارد می کنند که این نیرو با حاصل ضرب بارها رابطه مستقیم و با مجذور فاصله رابطه عکس دارد.



ثابت کولن

$$F \propto \frac{q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow F = \frac{K q_1 q_2}{r^2}$$

$$K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$$

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{Nm}^2}$$

اگر بارها همنام باشند، نیروی بین آنها دافعه و اگر ناهمنام باشند، نیروی بین آنها جاذبه خواهد بود.

سوال: دو بار الکتریکی $|q_1| = |q_2| = 1$ در فاصله یک کیلومتری از هم نیرویی که بر هم وارد میکنند چند نیوتن است؟

سوال: دو کره کوچک باردار با بار مثبت، مجموعاً دارای بار ۸ میکروکولن در فاصله ۳۰ سانتی متری از هم نیروی ۱.۵N را بر هم وارد میکنند. بار هر کره را بیابید.



سوال: دو کره رسانای کوچک با بار یکسان q در فاصله r بر هم نیروی F را وارد می کنند. چند درصد از بار یکی از کره ها را به دیگری منتقل کنیم تا نیروی بین دو بار در همان فاصله 25% کاهش یابد؟

سوال: دو گلوله بسیار کوچک فلزی مشابه در فاصله 2cm بر هم نیروی ربایش $4 \times 10^{-5} \text{N}$ را وارد می کنند. دو گلوله را با سیم رسانا به هم متصل کرده پس از برقراری تعادل، نیروی بین دو بار برابر $\frac{9}{4} \times 10^{-5} \text{N}$ می شود. اندازه بارهای گلوله را بیابید.

، دو گلوله‌ی فلزی کوچک و مشابه که دارای بار الکتریکی می‌باشند، از فاصله‌ی 30 سانتی‌متری، نیروی جاذبه‌ی 4 نیوتن بر یکدیگر وارد می‌کنند. اگر این دو گلوله را به هم تماس دهیم، بار الکتریکی هر کدام $+3\mu\text{C}$ خواهد شد. بار اولیه‌ی گلوله‌ها

برحسب میکروکولن کدام است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})$ (سراسری ریاضی - ۹۴)

۴ و ۸ -۲

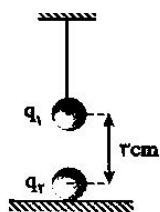
۳ و ۹ -۳

۲ و ۱۰ -۴

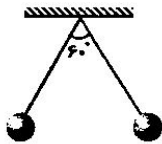
۱ و ۱۲ -۶

مسئله دو کره‌ی رسانای کوچک مشابه باردار با بارهای همنام q_1 و q_2 ($q_2 > q_1$) در فاصله‌ی r بر هم نیروی F وارد می‌کنند. دو کره را با یک سیم رسانا به هم وصل می‌کنیم. نیروی بین دو کره نسبت به حالت قبل چه تغییری خواهد کرد؟

مسئله دو کره‌ی رسانای کوچک با بارهای ناهمنام q_1 و q_2 ($|q_2| > |q_1|$) در فاصله‌ی r بر هم نیروی F وارد می‌کنند. اگر آن‌ها را با یک سیم رسانا به هم متصل کنیم، نیروی بین دو کره نسبت به حالت قبل چه تغییری خواهد کرد؟



مسئله در شکل مقابل گلوله‌ی کوچکی به جرم $2g$ با بار $q_1 = 50nC$ از یک ریسمان عایق و سبک آویزان است و در فاصله‌ی $3cm$ از گلوله‌ی باردار دیگری با بار q_2 که روی سطح زمین است، قرار دارد. نیروی کشش ریسمان $0.3N$ است. مقدار و علامت بار q_2 را بیابید. ($k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$, $g = 10 \frac{N}{kg}$)



مسئله در شکل روبه‌رو دو گلوله‌ی مشابه که بار هر کدام یک میکروکولن است، از دو نخ عایق به طول $10\sqrt{3}$ cm از یک نقطه آویزان و در اثر رانش الکتروستاتیکی از راستای قائم منحرف شده‌اند و زاویه‌ی بین دو نخ 60° است. جرم هر گلوله و نیروی کشش هر نخ را تعیین کنید.

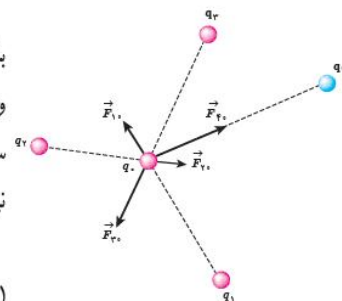
برهم‌نهی نیروهای الکتروستاتیکی: اگر به جای دو ذره باردار، تعدادی بار نقطه‌ای داشته باشیم، نیروی الکتریکی وارد بر هر ذره باردار چگونه تعیین می‌شود؟ تجربه نشان می‌دهد که در این وضعیت، نیروی الکتریکی وارد بر هر ذره، برآیند نیروهایی است که هر یک از ذره‌های دیگر در غیاب سایر ذره‌ها، بر آن ذره وارد می‌کند. این موضوع که از آزمایش نتیجه شده است را **اصل برهم‌نهی** نیروهای الکتروستاتیکی می‌گویند.

فرض کنید n ذره باردار داشته باشیم که در نزدیکی بار نقطه‌ای q قرار دارند. آن‌گاه نیروی خالص (برآیند) وارد بر بار نقطه‌ای q با جمع برداری زیر داده می‌شود:

$$\vec{F}_T = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$$

شکل ۱-۹ نیروی وارد بر بار q از سوی چهار بار دیگر را نشان می‌دهد.

در این کتاب، مثال‌هایی را بررسی می‌کنیم که در آنها نیروهای الکتریکی وارد بر یک ذره باردار در یک راستا قرار دارند یا عمود بر یکدیگرند.^۱



شکل ۱-۹ نیروی برآیند وارد بر بار q .

در اینجا برابر است با

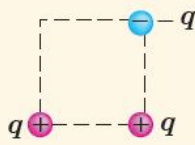
$$\vec{F}_T = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4$$

پرسش ۱-۲

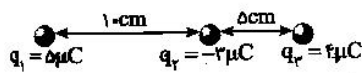
سه ذره باردار مانند شکل روبه‌رو، روی یک خط راست قرار دارند و فاصله بارهای سمت راست و چپ از بار میانی برابر است. الف) جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار الکتریکی میانی را تعیین کنید. ب) اگر ذره سمت راست به جای q ، بار $-q$ داشته باشد، جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار میانی چگونه خواهد بود؟



پرسش ۱-۳



سه ذره باردار مطابق شکل روبه‌رو، در سه گوشه یک مربع قرار دارند.
 الف) جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار سمت راست پایینی را تعیین کنید.
 ب) اگر ذره سمت چپ پایینی به جای q ، بار $-q$ داشته باشد، جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار سمت راست پایینی چگونه خواهد بود؟



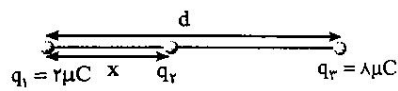
در شکل روبه‌رو نیروی خالصی که بر هر بار وارد می‌شود، را حساب

مسئله
کنید.

مسئله دو بار $q_1 = 2 \mu C$ و $q_2 = -8 \mu C$ در فاصله 20 cm از هم قرار دارند. بار $q_3 = +1 \mu C$ را در چه فاصله‌ای از بار q_1 قرار دهیم تا نیروی خالص وارد بر آن صفر شود؟

مسئله دو بار $q_1 = 3 \mu C$ و $q_2 = 27 \mu C$ در فاصله 30 cm از هم قرار دارند. بار $q_3 = +1 \mu C$ را در کجا قرار دهیم تا بزرگی نیروهای وارد بر بار q_3 ، از طرف دو بار هم‌اندازه باشد؟





سه بار نقطه‌ای مطابق شکل قرار دارند. برایند نیروهای الکترواستاتیکی وارد بر هر یک از بارها صفر است. بار q_2 چند میکروکولن است؟

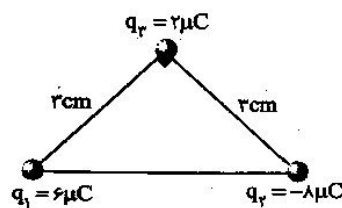
(مسئله‌ای خارج از کشور تجربی-۸۹)

$$+\frac{2}{9} \quad (2)$$

$$-\frac{2}{9} \quad (1)$$

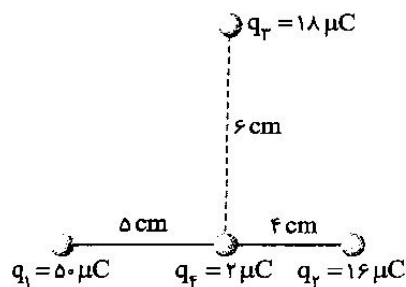
$$+\frac{8}{9} \quad (4)$$

$$-\frac{8}{9} \quad (3)$$



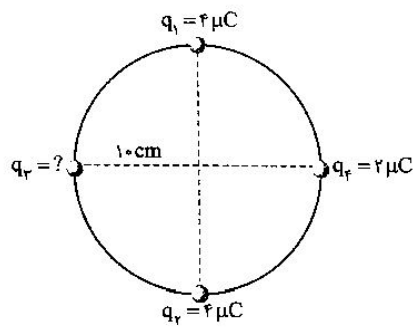
در شکل روبه‌رو نیروی خالص (برآیند) وارد بر بار q_3 را حساب کنید.

مسئله



در شکل روبه‌رو نیروی خالص (برآیند) وارد بر بار q_4 را حساب کنید.

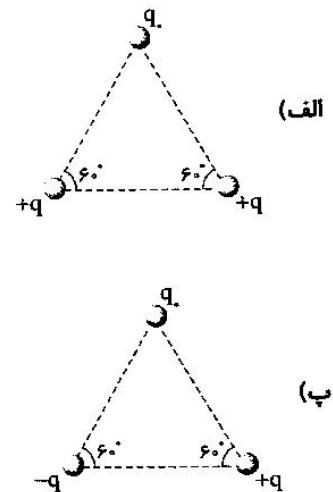
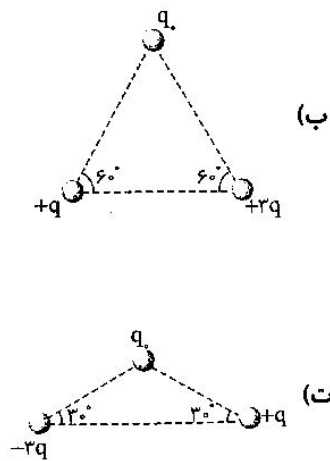




مسئله در شکل مقابل چهار بار الکتریکی روی محیط دایره‌ای به شعاع 10 cm در فاصله‌های مساوی از هم قرار دارند. اگر نیروی خالص وارد بر بار q_4 صفر شود، اندازه و نوع بار q_3 را مشخص کنید.

در هر یک از شکل‌های داده شده نیروی برآیند وارد بر بار q_1 را رسم کنید.

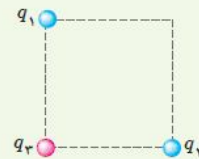
مسئله



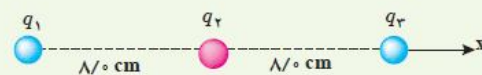
۳-۱ قانون کولن

۴ دو گوی رسانا، کوچک و یکسان به بارهای $q_1 = 4/0 \text{ nC}$ و $q_2 = -6/0 \text{ nC}$ را با هم تماس می‌دهیم و سپس تا فاصله $r = 3/0 \text{ cm}$ از هم دور می‌کنیم. نیروی برهم‌کنش الکتریکی بین دو گوی را محاسبه کنید. این نیرو رانشی است یا ربایشی؟

۵ سه ذره باردار q_1 ، q_2 و q_3 مطابق شکل در سه رأس مربعی به ضلع 3 m ثابت شده‌اند. اگر $q_1 = q_2 = -5 \mu\text{C}$ و $q_3 = +2/0 \mu\text{C}$ باشد، نیروی خالص الکتریکی وارد بر بار q_3 را برحسب بردارهای یکه $\vec{i}$ و $\vec{j}$ تعیین کنید.



۶ بارهای الکتریکی نقطه‌ای $q_1 = -4/0 \text{ nC}$ ، $q_2 = +5/0 \text{ nC}$ و $q_3 = -4/0 \text{ nC}$ مطابق شکل، در جای خود ثابت شده‌اند. نیروی خالص الکتریکی وارد بر هر یک از بارهای q_1 و q_2 را محاسبه کنید.



۷ در شکل روبه‌رو، دو گوی مشابه به جرم $2/5 \text{ g}$ و بار یکسان مثبت q در فاصله $1/0 \text{ cm}$ از هم قرار دارند، به‌طوری‌که گوی بالایی به حالت معلق مانده است. الف) اندازه بار q را به‌دست آورید. ب) تعداد الکترون‌های کنده‌شده از هر گوی چقدر است؟

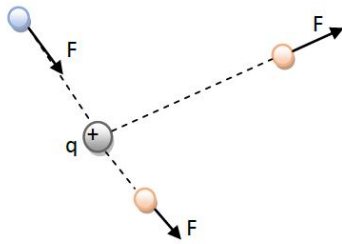


میدان الکتریکی :

تعریف میدان الکتریکی: هر بار الکتریکی در فضای اطراف خود خاصیتی ایجاد می کند که به علت وجود این خاصیت بر بارهای الکتریکی که در این فضا قرار می گیرند نیرو وارد می شود. این خاصیت را میدان الکتریکی گویند.

میدان الکتریکی ناشی از جسم باردار بصورت زیر تعریف می شود :

میدان الکتریکی کمیتی برداری است پس باید دارای اندازه و جهت باشد :



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

اندازه میدان الکتریکی :

میدان الکتریکی برای هر بار الکتریکی از رابطه زیر بدست می آید :

E ← اندازه میدان الکتریکی ← یکای آن نیوتن بر کولن ($\frac{N}{C}$)

F ← اندازه نیروی الکتریکی ← یکای آن نیوتون (N)

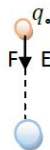
q ← اندازه بار الکتریکی ← یکای آن کولن (C)

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

جهت میدان الکتریکی :

میدان الکتریکی هم جهت با نیرویی است که در هر نقطه به بار آزمون وارد می شود.

نکته: بار آزمون یک بار الکتریکی کوچک با بار مثبت است.



میدان الکتریکی حاصل از یک ذره باردار :

E ← اندازه میدان الکتریکی ← یکای آن نیوتن بر کولن ($\frac{N}{C}$)

q ← اندازه بار الکتریکی ← یکای آن کولن (C)

r ← فاصله بین دو ذره باردار ← یکای آن متر

K ← ثابت کولن ← مقدار آن 9×10^9 ← یکای آن نیوتن متر مربع برمبذور کولن ($\frac{Nm^2}{C^2}$)

$$\left. \begin{aligned} F &= K \frac{q q_0}{r^2} \\ E &= \frac{F}{q_0} \end{aligned} \right\} \rightarrow E = K \frac{q}{r^2}$$

میدان الکتریکی با اندازه بار الکتریکی رابطه مستقیم و با مربع فاصله دو بار الکتریکی از یکدیگر رابطه وارون (عکس) دارد.

مثال: میدان الکتریکی حاصل از بار نقطه ای $q = +20 \mu C$ در فاصله 30 cm آن چند نیوتن بر کولن است ؟

مثال: بزرگی میدان الکتریکی در فاصله r از یک بار نقطه ای 250 N/C است . اگر فاصله را 10 cm بیشتر کنیم بزرگی میدان الکتریکی 160 N/C میشود . r چند cm است ؟

مثال: در فاصله d از یک بار نقطه ای اندازه میدان الکتریکی E است . اگر 20 cm دیگر از این بار دور شویم اندازه میدان $\frac{E}{9}$ میشود . d چند cm است ؟

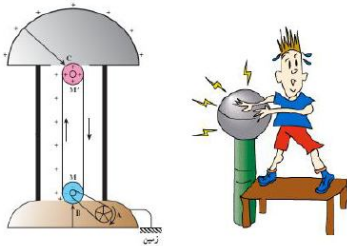
مثال: بزرگی میدان الکتریکی حاصل از یک بار نقطه ای در فاصله 4 cm آن برابر E است . چند سانتی متر دیگر از این بار نقطه ای دور شویم تا بزرگی میدان 36% کاهش یابد .

مثال: بزرگی میدان الکتریکی ذره ای با بار الکتریکی q در فاصله d از آن برابر E است . اگر بار $3q$ — را به ذره اضافه کنیم ، اندازه میدان الکتریکی آن در فاصله $3d$ از ذره چند برابر E خواهد شد ؟



مثال: بار الکتریکی نقطه ای $1\mu C$ در فاصله $3m$ از بار نقطه ای $4\mu C$ قرار دارد. میدان الکتریکی روی فضا واصل دو بار الکتریکی و در نقطه ای به

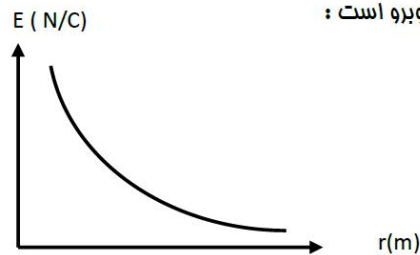
فاصله $2m$ از بار بزرگتر چند N/C است؟ $k=9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$



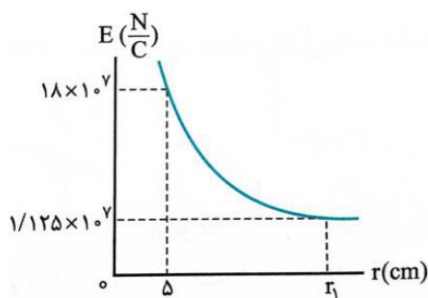
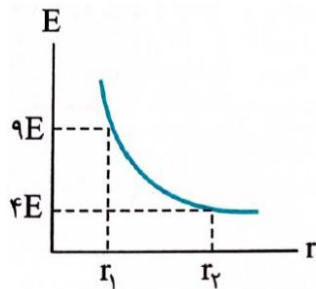
مولد وان دوگراف:

مولد وان دو گراف وسیله ای است که با استفاده از تسمه ای متمرکز بار الکتریکی را بر روی یک کلاهک تو خالی فلزی جمع می کند.

نمودار میدان الکتریکی بر مسب فاصله از بار الکتریکی مطابق شکل روبرو است :



مثال: نمودار اندازه میدان الکتریکی حاصل از یک ذره باردار بر مسب فاصله از آن مطابق شکل روبروست. در این نمودار $\frac{r_p}{r_1}$ را به دست آورید



مثال: نمودار تغییرات میدان الکتریکی حاصل از بار نقطه ای q بر مسب فاصله از آن بصورت شکل مقابل است، اندازه q چند میکرو کولن و r_1 چند سانتی متر است؟

آزمایشی که نشان دهد با افزایش فاصله میدان الکتریکی کاهش می یابد :



وسایل لازم : مولد وان دو گراف - دو عدد شمع - فط کش

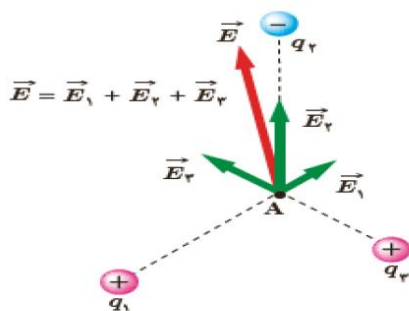
شرح آزمایش : دو شمع روشن یکی را در فاصله دور و دیگری را در فاصله نزدیک یک مولد وان دو گراف قرار می دهیم . با روشن کردن مولد وان دو گراف شعله شمع نزدیکتر به سمت کلاهک کشیده می شود اما شعله شمع دورتر تغییر پندانی نمی کند . دلیل آن است که بار روی کلاهک مولد وان دو گراف یو نهایی شعله شمع را به سمت خود می کشد در حالی که شمع دورتر چون تحت تاثیر میدان ضعیفی قرار دارد تغییر نمی کند .

نتیجه: میدان الکتریکی با فاصله رابطه عکس دارد . با افزایش فاصله میدان ضعیف می شود

تمرین ۱-۴

طبق مدل بور برای اتم هیدروژن، در حالت پایه فاصله الکترون از پروتون هسته برابر با $5/3 \times 10^{-11} \text{ m}$ است.
الف) اندازه میدان الکتریکی ناشی از پروتون هسته را در این فاصله تعیین کنید.
ب) در چه فاصله ای از پروتون هسته، بزرگی میدان الکتریکی برابر با بزرگی میدان الکتریکی حاصل از مولد وان دوگراف مثال پیش در فاصله $1/0 \text{ m}$ از مرکز کلاهک آن است؟

برآیند میدان الکتریکی :

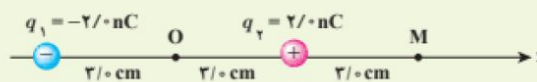


اگر در صفحه n بار الکتریکی وجود داشته باشد در هر نقطه n میدان الکتریکی وجود دارد که برآیند این میدانها اندازه میدان را در هر نقطه تعیین می کند .
نکته: برای بدست آوردن برآیند همد میدان الکتریکی باید هر کدام از میدانها را بر حسب بردار یک بنویسید و سپس به کمک جمع برداری بردارهای یک برآیند را مناسبه نمایید .

دو قطبی الکتریکی : به مجموعه دوبار هم اندازه و ناهمنام که در فاصله d از یکدیگر قرار دارند دو قطبی الکتریکی گویند .

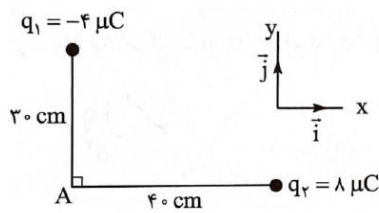
تمرین ۱-۵

شکل زیر، آرایشی از دو بار الکتریکی هم اندازه و غیرهمنام (دوقطبی الکتریکی) را نشان می دهد که در آن فاصله دو بار از هم $6/0 \text{ cm}$ است. میدان الکتریکی خالص را در نقطه های O و M به دست آورید.

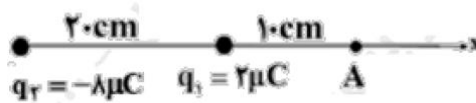


مثال: دو ذره باردار بر روی دو راس مثلث قائم الزاویه ای ثابت شده اند. بردار میدان را در رأس قائم به دست آورید.

$$k = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$$



در شکل زیر اندازه و جهت میدان الکتریکی برآیند را در نقطه A به دست آورید. $(k = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2})$ (ریاضی فردا ۱۴۰۳)

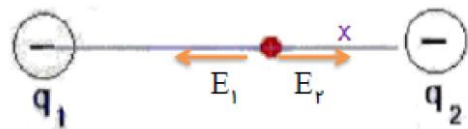


نکته:

اگر دو بار نقطه ای q_1 و q_2 در فاصله r از یکدیگر قرار بگیرند در نقطه ای نزدیک بار کوچکتر (صرف نظر از علامت) برآیند میدانهای حاصل از دو بار صفر خواهد بود. این نقطه:

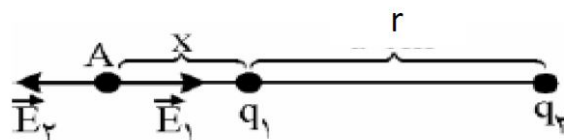
الف/ اگر دو بار همنام باشند ← روی خط واصل دو بار اما بین دو بار q_1 و q_2 قرار دارد ← فاصله نقطه مورد نظر از بار کوچکتر (x) از رابطه زیر بدست می آید:

$$\sqrt{\frac{\text{بار کوچکتر}}{\text{بار بزرگتر}}} = \frac{x}{r - x}$$



ب/ اگر دو بار نا همنام باشند ← روی خط واصل دو بار اما خارج دو بار q_1 و q_2 قرار دارد. ← فاصله نقطه مورد نظر از بار کوچکتر (x) از رابطه زیر بدست می آید:

$$\sqrt{\frac{\text{بار کوچکتر}}{\text{بار بزرگتر}}} = \frac{x}{r + x}$$



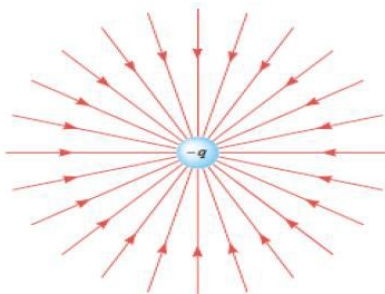
مثال: دو بار الکتریکی $q_1 = -27 \mu C$ و $q_2 = +3 \mu C$ در فاصله ۱۲ cm از یکدیگر قرار دارند. در چه نقطه ای برآیند میدانها صفر است؟

خطوط میدان الکتریکی :

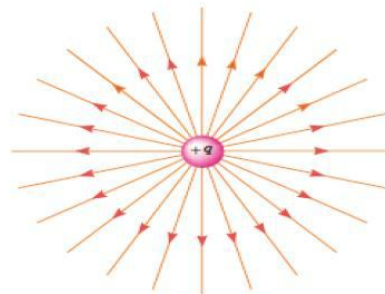
جهت میدان الکتریکی : میدان الکتریکی در هر نقطه هم جهت با نیرویی است که در آن نقطه به بار آزمون وارد می شود .

نکته : الف/ جهت میدان الکتریکی در اطراف بار مثبت $\leftarrow$ به سمت خارج بار الکتریکی

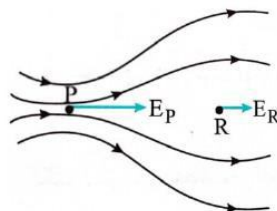
ب/ جهت میدان الکتریکی در اطراف بار منفی $\leftarrow$ به سمت داخل بار الکتریکی



ب) خطوط میدان الکتریکی به سمت ذره باردار $-q$ است.

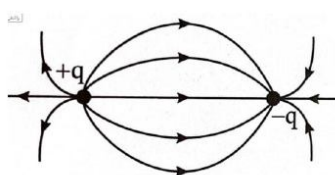


الف) خطوط میدان الکتریکی در جهت دور شدن از ذره باردار $+q$ است.



ویژگیهای خطوط میدان الکتریکی :

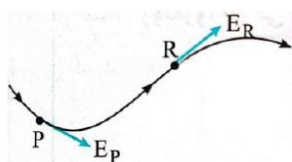
الف/ هر جا میدان قویتر باشد خطوط میدان به هم نزدیکترند .



ب/ خطوط میدان یکدیگر را قطع نمی کنند . اگر خطوط میدان یکدیگر را قطع کنند در نقطه تقاطع

دو بردار میدان می توان رسم کرد . و این غیر ممکن است .

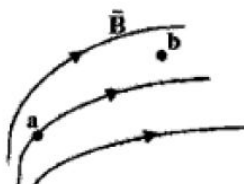
ج/ جهت خطوط میدان از بار مثبت شروع و به بار منفی ختم می شود .



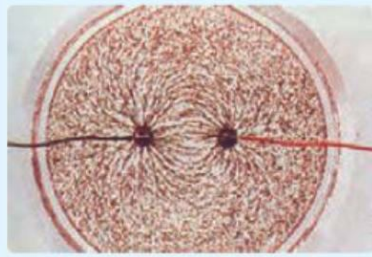
د/ میدان در هر نقطه برداری است مماس بر خطوط میدان و با بردار میدان هم جهت است .

خطوط میدان مغناطیسی مطابق شکل زیر رسم شده است . بردار میدان مغناطیسی را در نقاط a و b رسم کنید .

(نهایی تجربی فروردین ۱۴۰۳)



فعالیت ۱-۳ (کار در کلاس)



۱ درون یک ظرف شیشه‌ای یا پلاستیکی با عمق کم، مقداری پارافین مایع یا روغن کرچک به عمق حدود 5cm بریزید و داخل آن دو الکتروود نقطه‌ای قرار دهید. الکتروودها را با سیم به پایانه‌های مثبت و منفی یک مولد ولتاژ بالا، مانند مولد وان دوگراف وصل کنید. روی سطح پارافین، مقدار کمی بذر چمن یا خاکشیر بپاشید. مولد را روشن کنید. اکنون به سمت‌گیری دانه‌ها در فضای بین دو الکتروود توجه کنید. شکل سمت‌گیری دانه‌ها در این فضا را رسم کنید.

برای مشاهده خطوط میدان حاصل از بارهای مثبت و منفی می‌توان از آزمایش زیر استفاده کرد :

۱/ درون یک ظرف شیشه‌ای یا پلاستیکی با عمق کم ، مقداری پارافین یا روغن کرچک به عمق حدود $5/5$ سانتی متر بریزید.

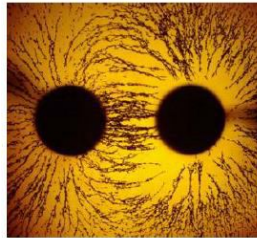
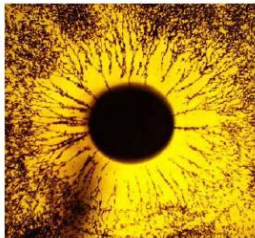
۲/ داخل روغن دو الکتروود نقطه‌ای قرار دهید

۳/ الکتروودها را با سیم به پایانه‌های مثبت و منفی یک مولد ولتاژ بالا ، مثل مولد وان دو گراف وصل کنید

۴/ روی سطح پارافین کمی بذر چمن یا خاکشیر بپاشید .

۵/ مولد را روشن کنید

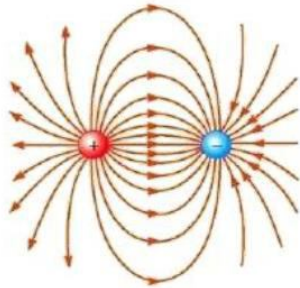
۶/ دانه های خاکشیر یا چمن در راستای خطوط میدان سمت گیری میکنند .



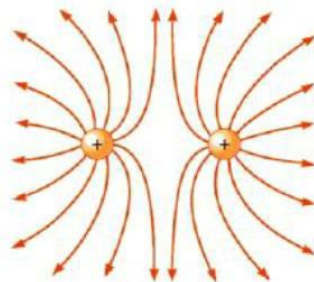
پرسش ۱-۴

به نظر شما چرا خطوط میدان الکتریکی برایندهرگز یکدیگر را قطع نمی کنند؟

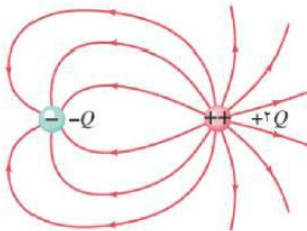
رسم خطوط میدان الکتریکی :



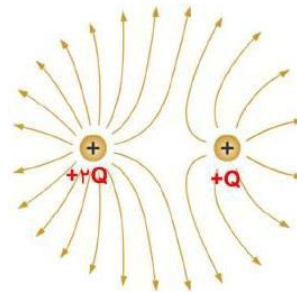
خطوط میدان در اطراف دو بار نقطه ای
ناهمان هم اندازه (دو قطبی الکتریکی)



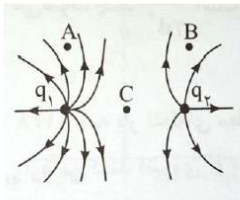
خطوط میدان در اطراف دو بار نقطه ای
همان هم اندازه



خطوط میدان در اطراف دو بار نقطه ای ناهمان
با اندازه های متفاوت



خطوط میدان در اطراف دو بار نقطه ای همان
با اندازه های متفاوت

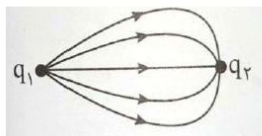


مثال : در شکل مقابل :

الف/ علامت بارها را تعیین کنید

ب/ کدام بار بزرگتر است ؟

ج/ میدان الکتریکی را در نقاط A و B و C مقایسه کنید



مثال : در شکل روبرو :

الف/ علامت بارها را مشخص کنید

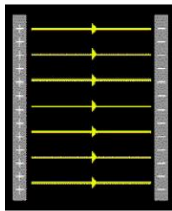
ب/ اندازه کدام بار بیشتر است ؟

آزمایشی طراحی کنید که با استفاده از آن بتوان طرح خطوط میدان الکتریکی اطراف دوبار نقطه ای هم اندازه و ناهمان را مشاهده نمود .

(نهایی تهری فراداد ۱۴۰۳)

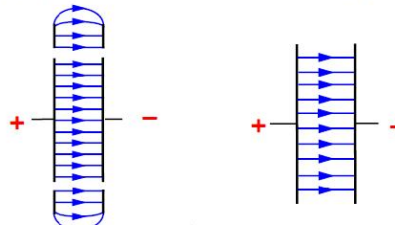
میدان الکتریکی یکنواخت :

خطوط میدان در یک منطقه از فضا مستقیم و موازی و هم فاصله اند یعنی بردار میدان در تمام نقاط هم اندازه و هم جهت است.



په‌گونه‌ی ایجاد میدان الکتریکی یکنواخت :

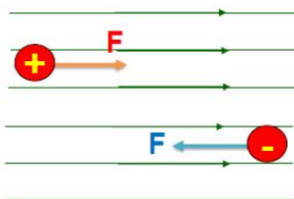
اگر دو صفحه (سانا) را به موازات یکدیگر قرار دهیم و آنها را به یک مولد وصل کنیم بین دو صفحه و دور از لبه ها میدان یکنواخت تشکیل می شود.



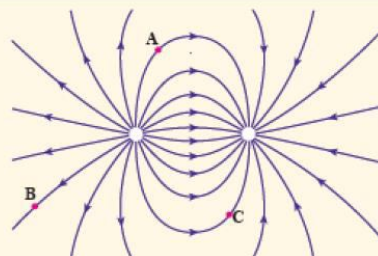
نیروی الکتریکی وارد بر بار الکتریکی در یک میدان الکتریکی: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \rightarrow \vec{F} = q\vec{E}$

الف/ اگر بار الکتریکی مثبت باشد ($q > 0$) $\vec{E}$ و $\vec{F}$ هم جهت یکدیگرند.

ب/ اگر بار الکتریکی منفی باشد ($q < 0$) $\vec{E}$ و $\vec{F}$ خلاف جهت یکدیگرند.



پرسش ۱-۵



بار $-q$ را در نقطه‌های A، B و C از میدان الکتریکی غیریکنواخت شکل روبه‌رو قرار دهید و جهت نیروی الکتریکی وارد بر این بار منفی را تعیین کنید.

فعالیت ۱-۴

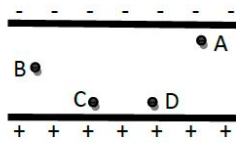


تولیدمثل برخی از گل‌ها به زنبورهای عسل وابسته است. گرده‌ها به واسطه میدان الکتریکی، از یک گل به زنبور و از زنبور به گل دیگر منتقل می‌شوند. در این باره تحقیق کنید.

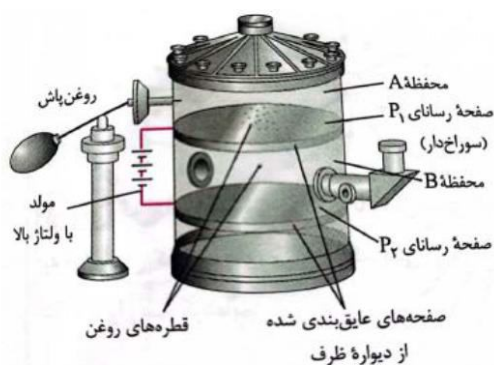
تمرین ۱-۲

روی سطح بادکنکی به جرم $1\%g$ بار الکتریکی $200nC$ ایجاد می‌کنیم و آن را در یک میدان الکتریکی قرار می‌دهیم. بزرگی و جهت این میدان الکتریکی را در صورتی که بادکنک معلق بماند، تعیین کنید. از نیروی شناوری وارد به بادکنک چشم‌پوشی کنید.

مثال : در شکل مقابل نیروی الکتریکی وارد بر بار الکتریکی $+q$ را در نقاط A و B و C و D با هم مقایسه کنید



مثال : ذره ای به جرم $m = 4 \times 10^{-4} \text{ kg}$ و بار q در میدان الکتریکی یکنواخت که قائم و رو به پایین است معلوم و به حال سکون قرار دارد. اگر بزرگی میدان $\frac{N}{C}$ باشد نوع و اندازه بار ذره را بیابید.



آزمایش قطره - روغن میلیکان :

هدف آزمایش : بار الکتریکی با هر مقداری ظاهر نمی شود بلکه مضرب درستی از بار بنیادی است ($q = \pm ne$)

شرح آزمایش :

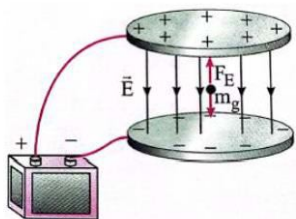
الف / توسط یک منبع ولتاژ بالا بین دو ورقه فلزی موازی و افقی میدان الکتریکی قائم یکنواخت ایجاد می کنیم .

ب / در مرکز ورقه بالایی چندین سوراخ کوچک ایجاد می کنیم تا از طریق آنها

قطره های روغن را به کمک روغن پاش به نامیه بین دو ورقه بپاشیم . بیشتر قطره های روغن بر اثر مالش با دهانه فروچی روغن پاش باردار می شوند .

پ / صفحه های P_1 و P_2 به پایانه های باتری وصل شده و به این ترتیب باردار می شوند . و در فضای بین دو صفحه میدان الکتریکی یکنواخت قائم رو به پایین ایجاد می شود .

ت / قطره روغن در میدان الکتریکی بین دو صفحه معلوم است . برای معلوم بودن باید نیروی میدان بر خلاف جهت نیروی وزن که رو به پایین است به قطره وارد شود . نیروی الکتریکی رو به بالا و میدان الکتریکی به سمت پایین است پس قطره روغن دارای بار منفی است .

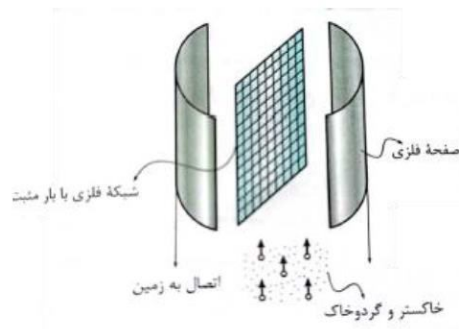


ث / به کمک رابطه $|q|E = mg$ می توان مقدار بار الکتریکی قطره را محاسبه کرد .
ج / به کمک رابطه $|q| = ne$ می توان تعداد الکترونها قطره روغن را محاسبه کرد .
نتیجه : تعداد الکترونها قطره روغن مضرب صمیمی از بار بنیادی است .

فعالیت ۱-۵



رسوب‌دهنده الکتروستاتیکی (ESP) دود و غبار را از گازهای زائدی که از دودکش کارخانه‌ها و نیروگاه‌ها بالا می‌آید جدا می‌سازد. رسوب‌دهنده‌ها انواع مختلفی دارند. در مورد اساس کار این رسوب‌دهنده‌ها تحقیق کنید. شکل‌های روبه‌رو تأثیر رسوب‌دهنده را در کاهش آلودگی هوای ناشی از یک دودکش نشان می‌دهد.



اساس کار رسوب‌دهنده الکتروستاتیکی :

توری سیمی که بین دو تیغه فلزی متصل به زمین قرار دارد به میزان زیادی بار مثبت پیدامی‌کند. بار مثبت توری باعث می‌شود بین توری و تیغه‌ها تفلیه الکتریکی رخ دهد. در تفلیه الکتریکی جریان پیوسته‌ای از یونها ایجاد می‌شود که خود را به ذرات غباری که در گازی که از دودکش بالا می‌رود متصل می‌کنند. ذرات باردار به سمت تیغه‌های متصل به زمین حرکت می‌کنند و در آن‌جا رسوب می‌کنند. پس از مدتی تیغه را با زدن ضربه می‌تکانند و ذرات را جدا می‌کنند.

انرژی پتانسیل الکتریکی:

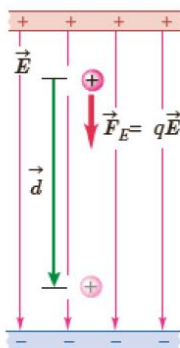
یادآوری: کار نیروی وزن برابر است با منفی تغییر انرژی پتانسیل گرانشی ($W_{mg} = -\Delta U_g$)

کار نیروی الکتریکی وارد بر یک ذره باردار در میدان الکتریکی یکنواخت E در یک جابجایی مشخص برابر است با :

منفی تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی در همان جابجایی.

بنابر این : تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی برابر است با :

منفی کاری که توسط میدان الکتریکی برای انجام حرکت یکنواخت بر روی بار انجام شده است.



$$W_E = -\Delta U_E \rightarrow \Delta U_E = -W_E$$

$$\left. \begin{aligned} W &= Fd \cos \theta \\ W_E &= F_E d \cos \theta \\ F_E &= |q|E \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \rightarrow W_E &= |q|Ed \cos \theta \\ \rightarrow \Delta U &= -W_E \\ \rightarrow \Delta U_E &= -|q|Ed \cos \theta \end{aligned}$$

نکته : الف/ اگر $\Delta U > 0$ باشد انرژی پتانسیل افزایش یافته است.

ب/ اگر $\Delta U < 0$ باشد انرژی پتانسیل کاهش یافته است.

نکته: الف/ هر گاه جابجایی بار در میدان فوبفودی انجام شود انرژی پتانسیل الکتریکی بار کاهش می یابد.



ب/ هر گاه جابجایی بار در میدان غیرفوبفودی (اجباری) انجام شود انرژی پتانسیل الکتریکی بار افزایش می یابد.



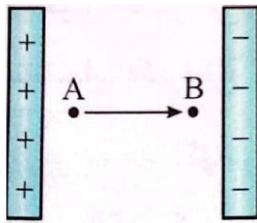
نکته:

الف/ اگر بار مثبت در جهت میدان الکتریکی جابجا شود: کار میدان الکتریکی بر روی بار مثبت است و انرژی پتانسیل الکتریکی کاهش می یابد
 ب/ اگر بار مثبت در خلاف جهت میدان الکتریکی جابجا شود: کار میدان الکتریکی بر روی بار منفی است و انرژی پتانسیل الکتریکی افزایش می یابد
 ج/ اگر بار منفی در جهت میدان الکتریکی جابجا شود: کار میدان الکتریکی بر روی بار منفی است و انرژی پتانسیل الکتریکی افزایش می یابد
 د/ اگر بار مثبت در خلاف جهت میدان الکتریکی جابجا شود: کار میدان الکتریکی بر روی بار مثبت است و انرژی پتانسیل الکتریکی کاهش می یابد

مثال: اگر بار الکتریکی $-2\mu C$ را با سرعت ثابت در خلاف جهت میدان الکتریکی به بزرگی $4 \times 10^{-3} \frac{N}{C}$ به اندازه 20cm جابجا کنیم کار انجام شده در این جابجایی و تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی را بیابید

مثال: اگر بار الکتریکی $+10\mu C$ را با سرعت ثابت در جهت میدان الکتریکی به بزرگی $5 \times 10^{-4} \frac{N}{C}$ ، 50cm جابجا کنیم کار انجام شده در این جابجایی و تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی را بیابید.



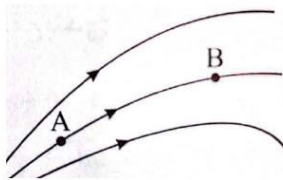


مثال: ذره ای با بار الکتریکی مثبت را مطابق شکل در یک میدان الکتریکی یکنواخت رها می کنیم .

اگر ذره مسیر نشان داده شده به حرکت در آید ، انرژی پتانسیل الکتریکی ذره :

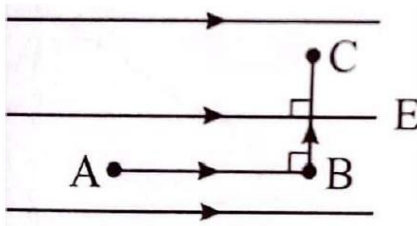
الف/ افزایش می یابد ب/ کاهش می یابد ج/ ثابت می ماند

مثال: اگر دو بار الکتریکی نا همنام را با سرعت ثابت از هم دور کنیم انرژی پتانسیل الکتریکی آنها چگونه تغییر می کند ؟ چرا؟



مثال: در شکل مقابل بار مثبت از A به B حرکت داده می شود. انرژی پتانسیل الکتریکی آن چگونه تغییر

می کند ؟ با ذکر دلیل .



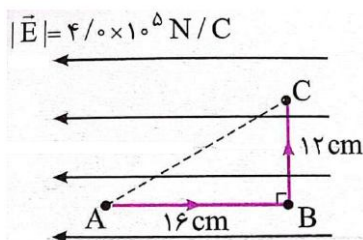
مثال: ذره ای با بار الکتریکی $+4\mu C$ در میدان الکتریکی یکنواخت $E = 10^5 \text{ N/C}$ از A به B و سپس از B به C می رود .

الف/ نیروی الکتریکی وارد بر ذره مقدار است ؟

ب/ کمترین کار لازم برای انتقال بار از A به C مقدار است ؟

ج/ تغییر انرژی پتانسیل در انتقال از A به B مقدار است ؟

$AB = 4\text{cm}$ $BC = 3\text{cm}$



مثال: یک ذره باردار با بار الکتریکی $-5\mu C$ را ابتدا از نقطه A به B و سپس از B به C می بریم .

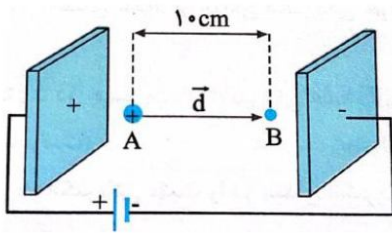
الف/ نیروی الکتریکی وارد بر ذره را بیابید

ب/ تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی ذره را در جابجایی از A به C بیابید

$AB = 16\text{cm}$ $BC = 12\text{cm}$ $E = 4 \times 10^5 \text{ N/C}$



مثال: در یک میدان الکتریکی یکنواخت $E = 2 \times 10^3 \text{ N/C}$ پروتونی از نقطه A از حال سکون رها شده و با تندی V به نقطه B می‌رسد. بار الکتریکی پروتون $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ و جرم آن $1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ است. الف/ تغییر انرژی پتانسیل پروتون در طی این جابجایی چقدر است؟ ب/ تندی پروتون را در لحظه رسیدن به نقطه B محاسبه کنید.



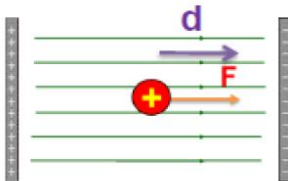
افتلاف پتانسیل الکتریکی:

نسبت تغییر انرژی پتانسیل به بار ذره که مستقل از نوع و اندازه بار الکتریکی است. **نکته:** علامت q باید در رابطه آورده شود.

$$\Delta V = V_p - V_l = \frac{\Delta U_E}{q} \rightarrow V = \frac{U_E}{q}$$

نکته: پتانسیل و افتلاف پتانسیل کمیت‌های نرده ای هستند.

نکته: هر چه در جهت میدان از بار مثبت دور شویم پتانسیل کاهش می‌یابد.



$$\Delta U < 0 \rightarrow \Delta V < 0$$

نکته: بار مثبت در میدان از پتانسیل زیاد به کم شارش می‌یابد. اما بار منفی از پتانسیل کم به زیاد.



پتانسیل کمتر



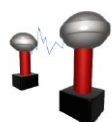
پتانسیل بیشتر

پتانسیل کمتر

نکته: هر باتری دو پایانه دارد یکی مثبت و دیگری منفی. افتلاف پتانسیل دو سر یک باتری (فرض کنید باتری ۱/۵ ولتی است) را بصورت زیر نشان می‌دهند:



$$\Delta V = V_+ - V_-$$



$$\Delta V_{\text{باتری}} = V_+ - V_- = 1.5V$$

نکته: بنابر قرارداد پتانسیل زمین صفر است. ($V_E = 0$)

تمرین ۹-۱

الف) نشان دهید در یک میدان الکتریکی یکنواخت، با حرکت در سوی خطوط میدان، بدون توجه به نوع بار، پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد و بالعکس با حرکت در خلاف جهت خطوط میدان، بدون توجه به نوع بار، پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد.
 ب) نشان دهید در میدان الکتریکی یکنواخت، با حرکت در جهت عمود بر خطوط میدان، پتانسیل الکتریکی تغییر نمی‌کند.

تمرین ۱۰-۱

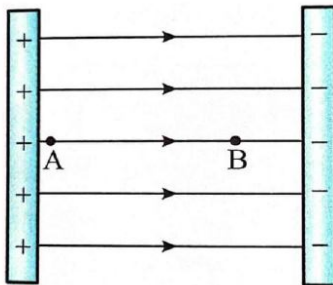
اگر پایانه مثبت یک باتری ۱۲ ولتی را مرجع پتانسیل در نظر بگیریم، پتانسیل پایانه منفی آن چند ولت خواهد شد؟

مثال: در میدان الکتریکی یکنواخت نشان داده شده در شکل الکترونی با سرعت V_A پرتاب و در نقطه B متوقف شده است. (بار الکترون

$1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ و جرم آن $9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ است)

الف/ تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی الکترون در این جابجایی چقدر است؟

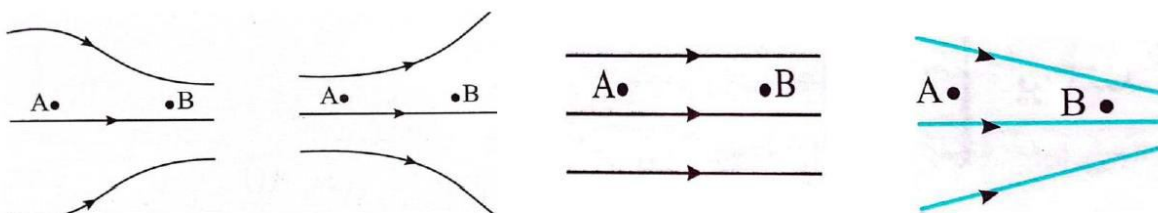
ب/ V_A را بیابید. (از نیروی وزن صرف‌نظر کنید)



مثال: بار الکتریکی $-4 \mu\text{C}$ از نقطه B تا A جابجا شده است. اگر انرژی پتانسیل الکتریکی بار q در نقاط A و B به ترتیب $U_A = 120 \mu\text{J}$ و

$U_B = 200 \mu\text{J}$ باشد، $V_{AB} = V_A - V_B$ را بدست آورید.

مثال: در شکلهای زیر میدان الکتریکی و پتانسیل را در نقاط A و B مقایسه کنید



مثال: اگر بار الکتریکی $+3C$ از پایانه منفی یک باتری $1/5$ ولتی به پایانه مثبت منتقل شود انرژی پتانسیل این بار چقدر و چگونه تغییر می کند ؟

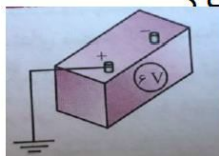
مثال: برای انتقال یک الکترون از قطب مثبت یک باتری 12 ولتی به قطب منفی چقدر کار انجام می شود ؟

$$q_{\text{الکترون}} = -1/4 \times 10^{-19} C$$

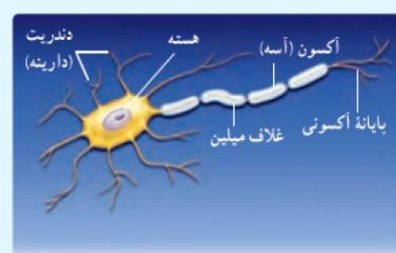
مثال: برای انتقال یک الکترون از قطب منفی یک باتری $14/5$ ولتی به قطب مثبت آن چقدر کار انجام می شود ؟

مثال: اگر بار الکتریکی $+1/5C$ از پایانه مثبت یک باتری 12 ولتی به پایانه منفی آن منتقل شود انرژی پتانسیل آن چقدر و چگونه تغییر می کند ؟

مثال: در شکل روبرو باتری 6 ولتی است . پتانسیل پایانه منفی چند ولت است ؟



فعالیت ۶-۱



عمل مغز اساساً بر مبنای کنش ها و فعالیت های الکتریکی است. سیگنال های عصبی چیزی جز عبور جریان های الکتریکی نیست. مغز این سیگنال ها را دریافت می کند و اطلاعات به صورت سیگنال های الکتریکی در امتداد اعصاب گوناگون منتقل می شوند. هنگام انجام هر عمل خاصی، سیگنال های الکتریکی زیادی تولید می شوند. این سیگنال ها حاصل کنش الکتروشیمیایی در یاخته های عصبی موسوم به نورون هستند. درباره چگونگی کار نورون ها تحقیق و به کلاس گزارش کنید.

رابطه افتلاف پتانسیل با میدان الکتریکی یکنواخت :

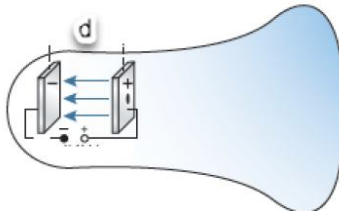
$\Delta V \leftarrow$ افتلاف پتانسیل بین دو نقطه میدان الکتریکی

$E \leftarrow$ میدان الکتریکی یکنواخت

$d \leftarrow$ فاصله دو نقطه مورد نظر

$$|\Delta V| = Ed$$

نکته : رابطه بالا فقط زمانی صدق می کند که میدان الکتریکی یکنواخت باشد .



نکته : لامپ تصویر تلویزیونها و نمایشگرهای قدیمی ، لامپ پرتو - کاتدی (CRT) بودند . در این لامپ ، الکترونها در میدان الکتریکی یکنواخت بین دو صفحه باردار شتاب می گیرند و به صفحه نمایشگر برخورد کرده و یک تصویر ایجاد می کنند .

مثال : ذره ای به جرم 1.6×10^{-19} و بار الکتریکی q در فضای بین دو صفحه افقی رسانا معلق و به حال سکون قرار دارد . فاصله دو صفحه از یکدیگر برابر 1cm و افتلاف پتانسیل بین دو صفحه 500V و میدان الکتریکی رو به پایین است . اندازه و نوع بار الکتریکی را مشخص کنید .

کار انجام شده توسط نیروی خارجی :

اگر در یک میدان الکتریکی برای جابجا کردن یک ذره باردار از یک نیرو غیر از نیروی میدان الکتریکی استفاده شود ، این نیرو را نیروی خارجی و کاری که توسط این نیرو انجام می شود را کار نیروی خارجی ($W_{\text{خارجی}}$) می نامیم . پس در این حالت کار کل طبق قضیه کار انرژی جنبشی برابر مجموع کار نیروی میدان و کار نیروی خارجی است

$$W_t = W_{\text{خارجی}} + W_E \rightarrow$$

$$\Delta K = W_{\text{خارجی}} + W_E \rightarrow$$

$$\Delta K = W_{\text{خارجی}} - q\Delta V$$

نکته : اگر تندی بار q در ابتدا و انتهای مسیر یکسان باشد تغییرات انرژی جنبشی و در نتیجه کار کل صفر است و در این صورت کار نیروی خارجی قرینه کار نیروی میدان خواهد بود .

$$\Delta K = 0 \rightarrow W_{\text{خارجی}} = -W_E = q\Delta V$$

نکته : کار نیروی خارجی بسته به علامت ΔV ، q می توان مثبت ، منفی یا صفر باشد .

تمرین ۱-۱۱

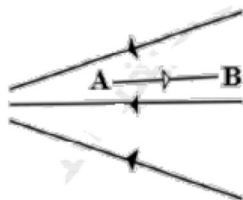
در شکل (۲۷-۱ الف) با فرض آنکه بار $+q$ در ابتدا و انتهای جابه جایی ساکن باشد ، آیا کار نیروی خارجی ، مثبت است یا منفی ؟
(ب) آیا بار $+q$ به نقطه ای با پتانسیل بیشتر حرکت کرده است یا به نقطه ای با پتانسیل کمتر؟ توضیح دهید .



مطابق شکل الکترونی را از نقطه A تا B در میدان الکتریکی جابجا می کنیم .

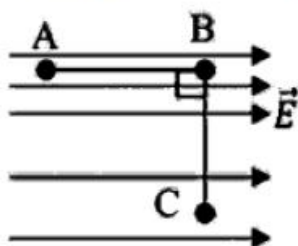
به کمک کلمات (افزایش - کاهش - ثابت - مثبت - منفی) جدول را کامل کنید (نهایی ریاضی فرداد ۱۴۰۳)

اندازه میدان الکتریکی	پتانسیل الکتریکی	انرژی پتانسیل الکتریکی	کار میدان الکتریکی
الف/.....	ب/.....	پ/.....	ت/.....

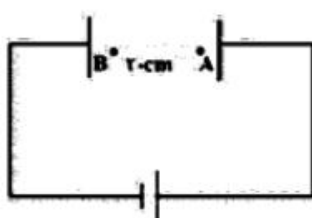


الکترونی را مطابق شکل زیر از نقطه ی A به B و سپس به نقطه ی C منتقل می کنیم . به جای مروف الفبا در خانه های جدول

کلمات (افزایش - کاهش - ثابت) بنویسید (نهایی تجربی فرداد ۱۴۰۳)



مسیر	اندازه میدان الکتریکی	پتانسیل الکتریکی	انرژی پتانسیل الکتریکی
A → B		الف	ب
B → C	پ	ت	



الف/ در میدان الکتریکی یکنواخت $E = 4 \times 10^3 \frac{N}{C}$ ذره ی برداری به جرم $m = 10^{-15} kg$ و

بار $q = 3nC$ را مطابق شکل زیر از نقطه A بدون تندی اولیه رها می کنیم . تندی ذره به

هنگام رسیدن به نقطه B به فاصله ۲۰ سانتی متر از نقطه A ، چند متر بر ثانیه است ؟

(ا و ن ذره و مقاومت هوا چشم پوشی شود .)

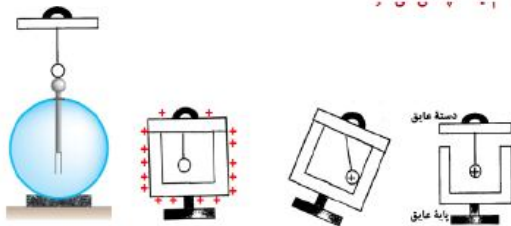
ب/ در حالی که صفحات رسانا به باتری متصل اند آنها را کمی از هم دور می کنیم . اختلاف پتانسیل بین نقاط A و B چگونه تغییر

می کند ؟ (کاهش - افزایش - ثابت)



توزیع بار الکتریکی در اجسام رسانا :

آزمایش فاراده :



بار در سطح خارجی رسانا به گونه ای پخش می شود که میدان الکتریکی در

داخل رسانا صفر شود .

۱- ابتدا ظرف فلزی بدون بار است

۲- گوی فلزی متصل به نخ عایق را به درپوش فلزی وصل و

سپیس گوی را باردار می کنیم .

۳- اکنون ظرف فلزی را که می کنیم تا گوی به ظرف برافروزد کند و بعد درپوش فلزی را با دسته عایقش بر می داریم .

۴- گوی فلزی از ظرف خارج آن را به کلاهک الکتروسکوپ بدون بار نزدیک می کنیم .

۵- الکتروسکوپ تغییری را نشان نمیدهد . پس بار گوی به ظرف منتقل شده . اما اگر سطح داخلی ظرف را به کلاهک

الکتروسکوپ تماس دهیم بارها در سطح داخلی ظرف هم دیده نمیشوند .

نتیجه : بارها به سطح خارجی ظرف منتقل شده اند .



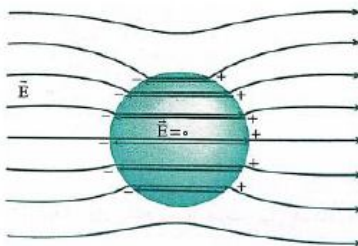
میدان الکتریکی در داخل رساناها :

پس از مدت کوتاهی از دادن بار به رسانا (کمتر از 10^{-9} s) بار در سطح خارجی رسانا توزیع می شود . به طوری که میدان الکتریکی در داخل رسانا

صفر می شود . زیرا اگر میدان صفر نباشد بر الکترون های آزاد داخل رسانا نیروی الکتریکی وارد شده و آنها را وارد به حرکت می کند و سبب ایجاد

جریان در داخل رسانا می شود . و در این صورت بارها در مال تعادل الکتروستاتیکی قرار ندارند . اما در عمل می بینیم که همپنین جریانی در داخل

رسانا برقرار نیست .



رسانای فنتی در میدان الکتریکی خارجی :

اگر یک جسم رسانا در یک میدان الکتریکی خارجی قرار گیرد . الکترونهای آزاد به گونه ای بر روی

سطح رسانا پخش (القا) می شوند . که اثر میدان خارجی در درون رسانا را فنتی می کنند . و میدان

در درون رسانا صفر می شود . به عبارتی میدان خارجی باعث جدا شدن بارهای مثبت و منفی در

دو وجه رسانا می شود . به طوری که میدان حاصل از این بارها میدان داخلی جسم رسانا را فنتی

می کند .

نکته : صفر شدن میدان در درون رسانا ربطی به شکل رسانا ندارد و در هر رسانایی با هر شکلی صفر است .

پتانسیل نقاط مختلف یک رسانا در تعادل الکتروستاتیکی :

وقتی میدان در درون رسانا صفر باشد نیروی وارد بر ذرات باردار نیز صفر خواهد بود در نتیجه کار نیروی الکتریکی و تغییر انرژی پتانسیل جسم رسانا

نیز صفر خواهند بود . پس همه نقاط داخل و سطح رسانا پتانسیل یکسانی خواهند داشت . پس سطح خارجی جسم رسانا سطح هم پتانسیل است .

$$E = 0 \rightarrow F_E = 0 \rightarrow \Delta U_E = -W_E = 0$$

$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} = 0 \rightarrow \Delta V = 0 \rightarrow V_p - V_1 = 0 \rightarrow V_p = V_1$$

نکته : پدیده القا به این دلیل اتفاق می افتد که بار در سطح خارجی (سانا) پخش می شود و میدان در داخل (سانا صفر است).

فعالیت ۱-۷



(الف) در شکل شخصی را داخل یک قفس توری فلزی می بینید که نوعی از قفس فاراده است. در مورد قفس فاراده و کاربردهایش تحقیق و به کلاس گزارش کنید.
(ب) تحقیق کنید چرا معمولاً شخصی که در داخل اتومبیل یا هواپیماست از خطر آذرخش در امان می ماند.
(پ) با اعضای گروه خود آزمایش های دیگری را طراحی و اجرا کنید که نشان دهد بار اضافی داده شده به سانا، روی سطح خارجی آن قرار می گیرد.

فناوری و کاربرد : یکی از کاربردهای صنعتی پدیده القای بار الکتریکی ، (رنگ پاشی الکتروستاتیکی است

مراحل رنگ پاشی الکتروستاتیکی :



الف/ سطح فلزی که می فوهند آن را رنگ کنند به زمین متصل می کنند .
ب/ قطرات ریز رنگ را به کمک اختلاف پتانسیل بالا باردار می کنند. به کمک یک میدان الکتریکی به سمت سطح فلز پرتاب می کنند .
ج/ با نزدیک شدن قطرات باردار (رنگ به سطح فلز، بارهایی با علامت مخالف روی سطح فلز القا می شود). (زیرا سطح فلز به زمین متصل است و بارهای همنام بار قطره ها به زمین منتقل می شود و بار ناهمنام بار قطره ها روی سطح باقی می ماند.)

د/ بارهای ناهمنام (بارهای رنگ و سطح فلز) یکدیگر را جذب کرده و قطرات رنگ به طور یکنواخت روی سطح فلز پخش می شوند

پگالی سطحی بار الکتریکی (سانا)

برای مقایسه تراکم بار الکتریکی در بخش های مختلف یک جسم از کمیتی به نام پگالی سطحی بار استفاده می کنیم .

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

پگالی سطحی بار از رابطه زیر محاسبه می شود :

$Q \leftarrow$ بار الکتریکی موجود در سطح جسم $\leftarrow$ یکای آن کولن (C)

$A \leftarrow$ مساحت سطحی که بار روی اون توزیع شده $\leftarrow$ یکای آن متر مربع (m^2)

$\sigma \leftarrow$ پگالی سطحی بار $\leftarrow$ یکای آن کولن بر متر مربع ($\frac{C}{m^2}$)

آزمایش پگونگی توزیع بار بر روی سطح خارجی یک جسم باردار :

هدف : بارها چگونه بر روی سطح خارجی جسم (سانا) پخش می شوند .

شرح آزمایش :



الف/ یک جسم رسانای دوکی شکل را روی پایه عایق قرار دهید و آن را با تماس با کلاهک مولد

وان دوگراف باردار کنید

ب/ گلوله ای فلزی را که به دسته عایق متصل است با بخش پهن دوک تماس داده و سپس گلوله را به

سر الکتروسکوپ تماس دهید

ج/ همین آزمایش را با قسمت نوک تیز دوک نیز انجام دهید

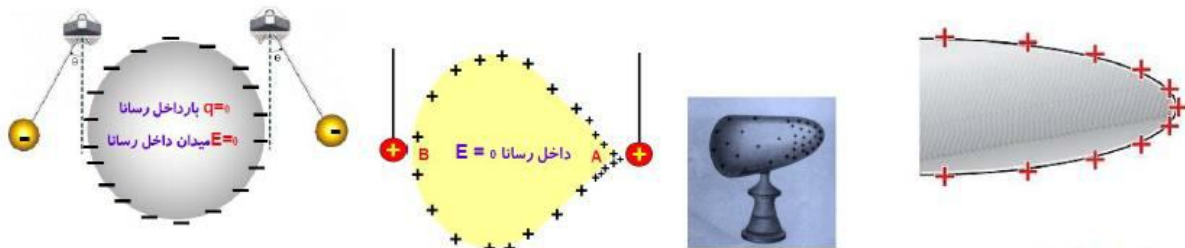
د/ انحراف تیغه های الکتروسکوپ با نوک تیز دوک بیشتر از انحراف تیغه ها با نوک پهن دوک است .

نتیجه آزمایش : تراکم بار و پگالی سطحی بار نقاط نوک تیز سطح جسم (سانای باردار) از دیگر نقاط بیشتر است .

نکته : در نقاط نوک تیز خطوط میدان الکتریکی متراکم تر و میدان الکتریکی قوی تر از سایر نقاط است .

توزیع بار در سطح خارجی جسم رسانا :

- الف/ اگر جسم رسانا دارای شکل متقارن و یکنواخت باشد مانند کره : بارها بطور یکنواخت در سطح خارجی پخش می شوند .
 ب/ اگر جسم رسانا دارای نقاط برجسته و نوک نیز باشد مانند جسم دوکی شکل یا قیف مانند : تجمع بارها در نقاط نوک تیز بیشتر است .



فعالیت ۸-۱

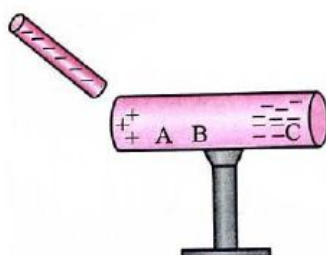


دو قطعه ورقه آلومینیومی نازک به ابعاد $3\text{cm} \times 4\text{cm}$ را مجاله کنید و به سرهای دو تکه نخ هم اندازه به طول 30cm وصل کنید. پس از آنکه جسم فلزی دوکی شکل را با مولد وان دوگراف باردار کردید، یکی از آونگ‌ها را مقابل نوک تیز و دیگری را مقابل بخش پهن دوک بیاویزید. چه مشاهده می کنید؟ مشاهده خود را توجیه کنید.

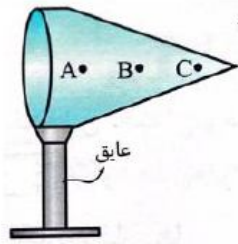
فعالیت ۹-۱



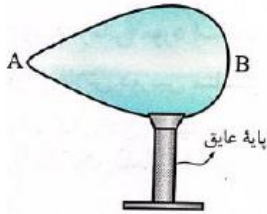
در مورد برق‌گیرهای ساختمان تحقیق کنید و بررسی کنید آنها چگونه ساختمان‌ها را از گزند آذرخش در امان نگه می‌دارند.



مثال : میله ای با بار منفی را به یک جسم رسانا که بر روی پایه عایقی قرار دارد نزدیک می‌کنیم. بارها مطابق شکل بر روی جسم جابجا می‌شوند. پتانسیل نقاط A و B و C را مقایسه کنید .

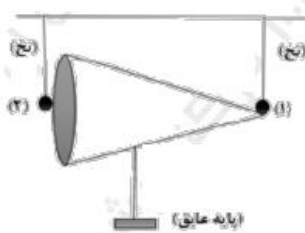


مثال : در شکل روبرو مخروط فلزی باردار است. اگر پگالی سطحی بار الکتریکی در نقاط A و B و C را مقایسه کنید .



مثال : شکل مقابل رسانای بارداری را نشان می دهد . پتانسیل الکتریکی و پگالی سطحی بار را در نقاط A و B با هم مقایسه کنید .

مثال : پگالی سطحی بار الکتریکی کره ای فلزی به قطر $1m$ ، $5\mu C/m^2$ است . بار الکتریکی موجود در سطح کره ؟، چند میکرو کولن است ؟



مطابق شکل دو آونگ فلزی مثلثی در تماس با جسم فلزی دوتی شکل هستند . به کمک مولد

واندوگراف به جسم دوتی شکل بار الکتریکی می دهیم :

الف / چرا آونگ ها منصرف می شوند ؟

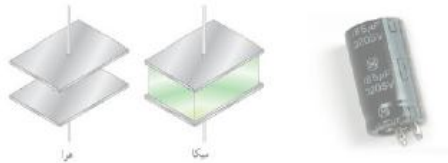
ب / کدام آونگ بیشتر منصرف می شود ؟ چرا ؟

(نهایی ریاضی فرداد ۱۴۰۳)



خازن: خازن وسیله ای است که می تواند بار و انرژی الکتریکی را در خود ذخیره کند. مثلاً باتری های دوربین باعث باردار شدن فلاش دوربین می شود و انرژی در این خازن ذخیره می گردد.

خازن از دو صفحه رسانا تشکیل شده که به موازات یکدیگر قرار می گیرند و بین دو صفحه از یک ماده عایق (دی الکتریک) پر شده است.



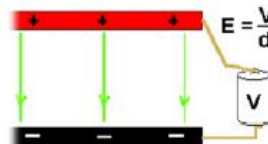
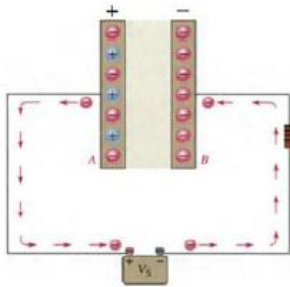
شارژ خازن (باردار کردن خازن):

هرگاه دو صفحه خازن را به یک باتری با اختلاف پتانسیل V وصل کنیم.

بارهای الکتریکی بین دو صفحه جابجا می شوند، یک صفحه دارای بار $+q$ و

و دیگری بر اثر القا دارای بار $+q$ میشود. بار دو صفحه با هم برابرند.

نکته: خازن وسیله ای است که به کمک آن می توان میدان الکتریکی یکنواخت تولید کرد.



ظرفیت خازن:

تعریف ظرفیت خازن: نسبت بار الکتریکی ذخیره شده در خازن به اختلاف پتانسیل بین دو صفحه آن که برای هر خازن مقدار ثابتی است.

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

ظرفیت خازن از رابطه زیر بدست می آید:

C ← ظرفیت خازن ← یکای آن فاراد (F)

q ← بار الکتریکی ← یکای آن کولن (C)

V ← اختلاف پتانسیل الکتریکی ← یکای آن ولت (V)

نکته: فاراد یکای بزرگی است اغلب از یکاهای کوچکتر میکرو فاراد یا نانو فاراد یا پیکو فاراد استفاده می شود.

نکته: ظرفیت خازن به مشخصات ساختمانی آن بستگی دارد و به اختلاف پتانسیل و بار الکتریکی وابسته نیست.

مثال: اگر ظرفیت خازنی $3\mu F$ باشد و به اختلاف پتانسیل $15V$ وصل شود

الف/ چقدر بار الکتریکی می تواند بر روی صفحات آن ذخیره شود؟

ب/ اگر اختلاف پتانسیل دو سر خازن را 3 برابر کنیم ظرفیت و بار الکتریکی چه تغییری می کنند؟

اثر دی الکتریک بر ظرفیت خازن :

دو نوع دی الکتریک وجود دارد :

الف/ دی الکتریک قطبی / ب/ دی الکتریک غیر قطبی

اثر دی الکتریک قطبی بر ظرفیت خازن :

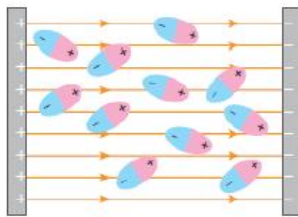
مولکولهای قطبی مانند آب ، NH_3 ، HCl در غیاب میدان

الکتریکی ، یک جهت گیری نامنظم دارند ، اما در حضور میدان الکتریکی

، مولکولهای قطبی می کوشند با میدان خارجی هم سو شوند ، بدین

صورت که سر منفی مولکولهای قطبی به طرف صفحه مثبت و سر

مثبت این مولکولها به طرف صفحه منفی کشیده می شوند .



ب) در حضور میدان الکتریکی ، مولکولهای قطبی می کوشند خود را در جهت میدان الکتریکی خارجی هم ردیف کنند .



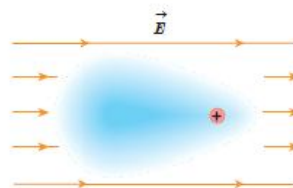
الف) در نبود میدان الکتریکی ، سمت گیری مولکولهای دو قطبی نامنظم است .

اثر دی الکتریک غیر قطبی بر ظرفیت خازن :

در نبود میدان مرکز بارهای مثبت و منفی مولکولهای غیر قطبی بر هم منطبق اند . دی الکتریکهای غیر قطبی مانند متان ، بنزین در حضور میدان

الکتریکی بر اثر القا قطبیده می شوند . یعنی میدان الکتریکی باعث می شود که ابر الکترونی مولکولهای دی الکتریک در خلاف جهت میدان جابجا

شوند و مرکز بارهای مثبت و منفی مولکولها از هم جدا شده و مولکولها قطبیده شوند .



ب) در حضور میدان الکتریکی ، مرکز بارهای مثبت و منفی از هم جدا می شوند و ابر الکترونی در خلاف جهت میدان جابه جا می شود .



الف) در نبود میدان الکتریکی ، مرکز بارهای مثبت و منفی بر هم منطبق اند .

نکته : با قرار دادن ماده دی الکتریک (قطبی یا غیر قطبی) بین صفحات خازن ظرفیت خازن افزایش می یابد .

اگر ظرفیت خازن بدون دی الکتریک C_0 باشد ظرفیت آن خازن با قرار گرفتن دی الکتریک بین صفحات $C = \kappa C_0$ می شود .

نکته : κ را ثابت دی الکتریک گویند ، ویک کمیت بدون یکا می باشد .

عوامل موثر بر ظرفیت فازن :

الف / مسامت صفحات فازن (A) ← رابطه مستقیم

ب/ فاصله دو صفحه فازن (d) ← رابطه وارون

ج/ جنس عایق (دی الکتریک) (κ) ← ثابت دی الکتریک ← رابطه مستقیم

ماده دی الکتریک	ضریب دی الکتریک
هوا	1
نیشه	4.2
میکا	5 - 9
پاکلیت	4.5 - 7.5
لاستیک	2.8
کاغذ	3.5
پارافین	2.2

$$C = K \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

ظرفیت فازن از رابطه زیر بدست می آید :

C ← ظرفیت فازن ← یکای آن فاراد (F)

K ← ثابت دی الکتریک ← یگا ندارد

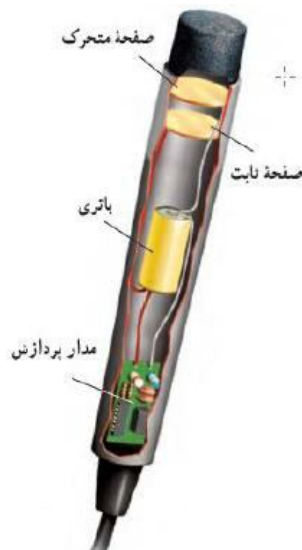
ϵ_0 ← ثابت گذردهی الکتریکی فلا ← مقدار آن 8.85×10^{-12} ← یکای آن مربع

کولن بر نیوتون متر مربع ($\frac{C^2}{Nm^2}$)

A ← مسامت صفحات فازن ← یکای آن متر مربع (m^2)

d ← فاصله بین صفحات فازن ← یکای آن متر (m)

نکته : برای فلا و هوا $k=1$ و برای بقیه عایقها $k > 1$ است .



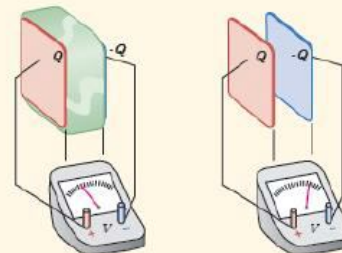
میکروفن فازنی : در یک میکروفن فازنی با ارتعاش صفحه متمرک (دیافراگم) فازن بر اثر صدا

فاصله صفحات فازن تغییر میکند. بنابر این ظرفیت فازن تغییر میکند که به ایجاد یک سیگنال الکتریکی

می انجامد .

پرسش ۱-۶

در شکل زیر صفحه‌های باردار یک خازن تخت را که بین آنها هواست، به ولت‌سنج وصل می‌کنیم. با وارد کردن دی الکتریک در بین صفحه‌ها، اختلاف پتانسیل دو صفحه کاهش می‌یابد. علت آن را توضیح دهید. (توجه کنید که این آزمایش با بیشتر ولت‌سنج‌های معمولی و رایج ممکن نیست.)



فعالیت ۱۰-۱



در حسگر کیسه هوای برخی از خودروها از یک خازن استفاده می‌شود. دربارهٔ چگونگی عملکرد این حسگرها تحقیق کنید و نتیجهٔ آن را به کلاس گزارش دهید.

مثال : مسامت صفحات موازی فازن تفتی $4cm^2$ و فاصله بین آنها $2mm$ است. اگر میدان الکتریکی بین صفحات $500N/C$ باشد و بین

$$\epsilon_0 = 9 \times 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2}$$

الف/ ظرفیت فازن چند فاراد است ؟

ب/ اختلاف پتانسیل بین صفحه های فازن چند ولت است ؟

مثال : اگر مسامت صفحات فازنی را ۲ برابر و فاصله بین صفحات آن را نصف کنیم ظرفیت فازن چند برابر می شود ؟

مثال : اگر فاصله صفحات فازنی که بین صفحات آن فلا است را ۲ برابر و اختلاف پتانسیل بین دو صفحه فازن را ۴ برابر کنیم بار ذخیره شده بر روی

فازن چند برابر می شود ؟

مثال : بین صفحه های یک فازن دی الکتریکی با ضریب ۳ وجود دارد. دی الکتریک را برداشته و فاصله بین صفحات را ۲ برابر و مسامت صفحه ها را

نصف می کنیم. ظرفیت فازن نسبت به حالت اول چند برابر می شود؟

مثال : ظرفیت فازنی که بین صفحات آن هواست برابر $2\mu F$ است. اگر فاصله بین صفحات را $\frac{1}{4}$ برابر کنیم و بین آنها عایقی به ثابت دی

الکتریک ۴ قرار دهیم ظرفیت فازن چقدر می شود ؟

به سوال زیر پاسخ کوتاه دهید .

صفحات باردار یک فازن تفت که بین آن ها شیشه است. به ولت سنج وصل می کنیم. با خارج کردن شیشه از بین صفحات فازن، عددی که

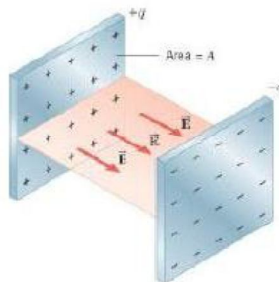
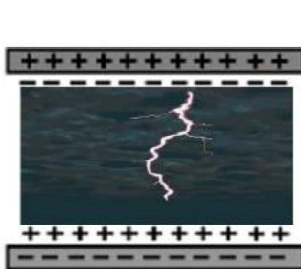
ولت سنج نشان می دهد چه تغییری می کند ؟ چرا؟ (نهایی ریاضی فرداد ۱۴۰۳)



فرو ریزش الکتریکی :

اگر اختلاف پتانسیل دو صفحه فازن را به اندازه کافی زیاد کنیم تعدادی از الکترونهای ماده دی الکتریک توسط میدان ایجاد شده بین دو صفحه کنده می شوند و مسیر های رسانا (نقش لیچنبرگ) درون دی الکتریک ایجاد می شود که سبب تخلیه فازن می گردد . فرو ریزش معمولا با ایجاد جرقه همراه است و در بیشتر مواقع فازن می سوزد .

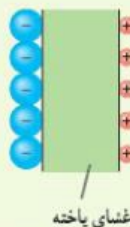
نکته : معمولا برای جلوگیری از فرو ریزش الکتریکی فازن اختلاف پتانسیل بیشینه ای که فازن می تواند تحمل کند بر روی آن مشخص می کنند



شکل ۱-۴۵ نقش های لیچنبرگ . فرو ریزش الکتریکی باعث تشکیل مسیرهای رسانایی سرخس شکلی در دی الکتریک شده است.

تمرین ۱-۱۲

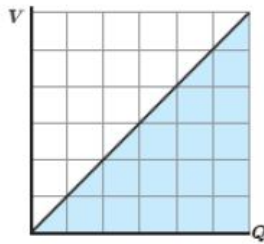
یک یاخته عصبی (نورون) را می توان با یک خازن تخت مدل سازی کرد، به طوری که غشای سلول به عنوان دی الکتریک و یون های باردار با علامت مخالف که در دو طرف غشا هستند به عنوان بارهای روی صفحه های خازن عمل کنند (شکل روبه رو). ظرفیت یک سلول عصبی و تعداد یون های لازم (باقرض آنکه هر یون یک بار یونیده باشد)، برای آنکه یک اختلاف پتانسیل 85mV ایجاد شود چقدر است؟ فرض کنید غشا دارای ثابت دی الکتریک $K=3$ ، ضخامت 10nm و مساحت سطح 1m^2 است.



غشای یاخته

فعالیت ۱-۱۱

خازن ها انواع متعددی دارند؛ زیرا برای کاربردهای مختلفی طراحی و ساخته می شوند. درباره خازن های مختلف مانند خازن های ورقه ای، میکا، سرامیکی، الکترولیتی، خازن های متغیر، آبرخازن ها و ظرفیت آنها تحقیق کنید. هر گروه می تواند روی یک نوع خازن تحقیق کند.



نمودار ولتاژ بر حسب بار برای خازنی که توسط یک باتری باردار می شود.

انرژی خازن :

نکته : انرژی خازن به صورت انرژی پتانسیل الکتریکی در میدان الکتریکی خازن ذخیره می شود .
وقتی صفحه های خازن باردار می شوند انرژی در درون خازن ذخیره می شود . برای نشان دادن انرژی ذخیره شده در خازن ، دو سر یک خازن پر شده را به دو سر یک لامپ کوچک وصل می کنیم لامپ برای مدتی روشن و سپس خاموش می شود . خاموش شدن لامپ نشان دهنده خالی شدن خازن است .
در هنگام شارژ خازن توسط باتری مقداری بار از یک صفحه خازن جدا شده و به همان اندازه به صفحه دیگر منتقل می شود . در واقع در این حالت باتری روی بار کار انجام می دهد . کاری که باتری انجام می دهد به صورت انرژی پتانسیل در میدان الکتریکی فضای بین صفحات خازن ذخیره می شود .

در هنگام انتقال بار اختلاف پتانسیل دو صفحه خازن افزایش می یابد پس برای انتقال بارهای بعدی به کار بیشتری نیاز است . با توجه به رابطه $(C = \frac{Q}{V})$ چون ظرفیت خازن مقدار ثابتی است اختلاف پتانسیل و بار خازن با یکدیگر یک رابطه فضا مستقیم (اختلاف پتانسیل تابع فضا بار است) خواهند داشت و اختلاف پتانسیل از صفر تا V افزایش می یابد . برای مناسبه کار باید اختلاف پتانسیل متوسط $(V_{av} = \frac{V+0}{2} = \frac{V}{2})$ را در نظر گرفت .

$$W = QV_{av} = Q \left(\frac{V}{2} \right) = \frac{1}{2} QV$$

این کار به صورت انرژی پتانسیل در میدان الکتریکی بین صفحات خازن ذخیره می شود .
انرژی خازن (U) از روابط زیر بدست می آید :

$$U = \frac{1}{2} QV \quad , \quad U = \frac{1}{2} CV^2 \quad , \quad U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

مثال : خازنی به ظرفیت $4\mu F$ را به وسیله یک باتری ۱۲ ولتی پر می کنیم . بار ذخیره شده در خازن و انرژی آن را بیابید .

در مدار فلاش دوربین عکاسی خازنی وجود دارد که با ولتاژ ۲۰۰ ولت شارژ شده است . اگر فلاش دوربین عکاسی روشن شود ، تلفیه انرژی در مدت 5×10^{-3} و با توان ۴۰۰۰ وات انجام می شود . ظرفیت خازن چند خواهد است ؟ (نهایی ریاضی فرداد ۱۴۰۳)





با توجه به اعداد روی خازن در شکل روبرو ،

الف / مدارکتر انرژی که می توان در این خازن ذخیره نمود ، چند ژول است ؟

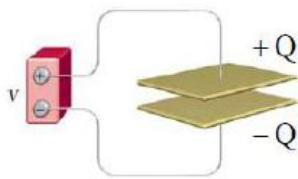
ب/ اگر این خازن را به اختلاف پتانسیل بیشتر از ۴۰۰ ولت متصل کنیم چه اتفاقی رخ می دهد ؟

(نهایی تجربی مرداد ۱۴۰۳)

نکته:

اگر خازنی را به وسیله مولدی پر کنیم و بدون اینکه آن را از باتری جدا کنیم مشفصات ساغتمانی آن را تغییر دهیم ظرفیت خازن تغییر می کند

پس:



الف / اختلاف پتانسیل ثابت می ماند : V ثابت

ب/ بار روی صفحات با ظرفیت نسبت مستقیم دارد : $q = CV$

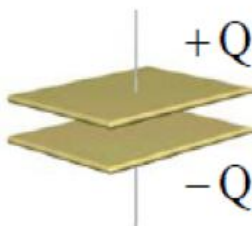
ج/ انرژی خازن با ظرفیت نسبت مستقیم دارد . $U = \frac{1}{2} CV^2$

$$\frac{U_p}{U_1} = \frac{q_p}{q_1} = \frac{C_p}{C_1}$$

به طور فلاصه می توان از این رابطه استفاده کرد :

نکته :

اگر خازنی را پس از پر شدن از مولد جدا کنیم و سپس مشفصات ساغتمانی آن را تغییر دهیم ظرفیت خازن تغییر می کند پس:



الف/ بار الکتریکی ثابت می ماند : q ثابت

ب/ اختلاف پتانسیل با ظرفیت عکس دارد : $V = \frac{q}{C}$

ج/ انرژی با ظرفیت عکس دارد : $U = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C}$

$$\frac{U_p}{U_1} = \frac{q_p}{q_1} = \frac{C_1}{C_p}$$

به طور فلاصه از این رابطه می توان استفاده کرد :

مثال : بدون آنکه فازنی را از مولد جدا کنیم دی الکتریک $k_1 = 4$ را از بین صفحه های فازن برداشته و دی الکتریک $k_2 = 12$ را جایگزین می کنیم . اگر فاصله بین صفحه ها را ۳ برابر کنیم هر کدام از کمیت های زیر چه تغییری میکند ؟

الف / ظرفیت فازن

ب / افتلاف پتانسیل

ج / بار الکتریکی

د / انرژی

مثال : فازنی با ثابت دی الکتریک ۲ را به وسیله باتری شارژ کرده سپس آن را از باتری جدا می کنیم دی الکتریک را از بین دو صفحه برداشته حاصله بین صفحه ها را $\frac{1}{3}$ برابر و مسامت هر صفحه ها را ۴ برابر می کنیم هر کدام از کمیت های زیر چه تغییری می کنند ؟

الف / ظرفیت فازن

ب / افتلاف پتانسیل

ج / بار الکتریکی

د / انرژی

فازن تفتی که بین صفحات آن هواست ، توسط یک باتری باردار شده است . آن را از باتری جدا می کنیم هریک از تغییرات زیر چه تاثیری بر انرژی ذخیره در فازن ایجاد می کند ؟

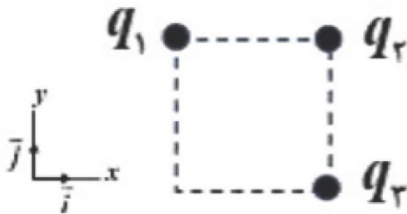
الف / قرار دادن دی الکتریک بین صفحات فازن

ب / کاهش مسامت صفحات فازن

(نهایی تجربی فرداد ۱۴۰۳)

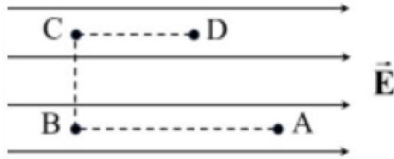
سوالات امتحان نهایی

ردیف	لطفاً پاسخ سوالات را روی همین برگ بنویسید	بارم
۱	در جمله زیر، عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب کنید. طبق اصل (پایستگی - کوانتیده بودن) بار، همواره بار الکتریکی جسم، مضرب درستی از بار بنیادی e است.	سوالات امتحانات نهایی متوسطه-پازدهم-خردادماه ۱۴۰۴
۲	چرا معمولاً شخصی که داخل هواپیماست از خطر آذرخش در امان می‌ماند؟	سوالات امتحانات نهایی متوسطه-پازدهم-خردادماه ۱۴۰۴
۳	بار الکتریکی روی سطح فلزی بزرگی، دور از لبه‌ها به طور یکنواخت توزیع شده است. اگر چگالی بار روی این سطح $\frac{C}{m^2} \times 10^{-6}$ باشد، در بخشی از این سطح به شکل مربعی به ضلع 2 mm چند کولن بار قرار گرفته است؟	سوالات امتحانات نهایی متوسطه-پازدهم-خردادماه ۱۴۰۴
۴	سه ذره باردار q_1 ، q_2 و q_3 مطابق شکل روبه‌رو در سه رأس مربعی به ضلع 30 cm ثابت شده‌اند. نیروی خالص الکتریکی وارد بر بار q_2 را بر حسب بردارهای یکه $\vec{i}$ و $\vec{j}$ تعیین کنید. ($q_1 = 3 \text{ nC}$ ، $q_2 = 2 \text{ nC}$ ، $q_3 = -4 \text{ nC}$ ، $k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}$)	سوالات امتحانات نهایی متوسطه-پازدهم-خردادماه ۱۴۰۴



۵	درستی یا نادرستی جمله زیر را با واژه «درست» یا «نادرست» مشخص کنید. خطوط میدان الکتریکی برآیند می‌توانند در هر نقطه فضا یکدیگر را قطع کنند. سوالات امتحانات نهایی متوسطه-پازدهم-خردادماه ۱۴۰۴
۶	نمودار تغییرات میدان الکتریکی یک ذره باردار بر حسب فاصله، مطابق شکل روبه‌رو است. اندازه بار الکتریکی ذره چند کولن است؟ $k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$ سوالات امتحانات نهایی متوسطه-پازدهم-خردادماه ۱۴۰۴
۷	پدیده فروریزش الکتریکی در خازن را توضیح دهید. سوالات امتحانات نهایی متوسطه-پازدهم-خردادماه ۱۴۰۴
۸	ذره بارداری در یک میدان الکتریکی یکنواخت قائم رو به بالا، معلق و به حال سکون قرار دارد. نوع بار الکتریکی ذره را تعیین کنید. سوالات امتحانات نهایی متوسطه-پازدهم-خردادماه ۱۴۰۴
۹	ظرفیت خازن تختی $F = 18 \times 10^{-9}$ و مساحت هر یک از صفحه‌های آن $6m^2$ است. اگر بین صفحه‌های آن دی‌الکتریک با ثابت ۵ پر شده باشد، فاصله بین دو صفحه خازن چند متر است؟ $\left(\epsilon_0 = 9 \times 10^{-12} \frac{F}{m} \right)$ سوالات امتحانات نهایی متوسطه-پازدهم-خردادماه ۱۴۰۴



میله شیشه‌ای را با پارچه ابریشمی مالش می‌دهیم، سپس آن را به کلاهک الکتروسکوپی با بار مثبت نزدیک می‌کنیم ورقه‌های الکتروسکوپ به هم نزدیک‌تر می‌شوند یا دورتر؟ چرا؟						
<table border="1"><tr><td>انتهای مثبت سری</td></tr><tr><td>شیشه</td></tr><tr><td>نایلون</td></tr><tr><td>ابریشم</td></tr><tr><td>انتهای منفی سری</td></tr></table>	انتهای مثبت سری	شیشه	نایلون	ابریشم	انتهای منفی سری	۱۰
انتهای مثبت سری						
شیشه						
نایلون						
ابریشم						
انتهای منفی سری						
سوالات امتحانات نهایی متوسطه-پازدهم-خردادماه ۱۴۰۳						
بار الکتریکی $q = -10 \text{ nC}$ از نقطه‌ای با پتانسیل الکتریکی $V_1 = 15 \text{ V}$ تا نقطه‌ای با پتانسیل V_2 آزادانه جابه‌جا می‌شود. اگر انرژی پتانسیل الکتریکی بار q در این جابه‌جایی $J \cdot 10^{-7}$ کاهش یابد، V_2 چند ولت است؟	۱۱					
سوالات امتحانات نهایی متوسطه-پازدهم-خردادماه ۱۴۰۴						
مطابق شکل روبه‌رو، بار الکتریکی مثبت q را در یک میدان الکتریکی یکنواخت در مسیر ABCD از نقطه A تا D جابه‌جا می‌کنیم. الف) کار نیروی الکتریکی در کدام مسیر صفر است؟ ب) انرژی پتانسیل الکتریکی این بار در مسیر CD چگونه تغییر می‌کند؟ پ) پتانسیل الکتریکی نقطه‌ای A و B را با هم مقایسه کنید. 	۱۲					
سوالات امتحانات نهایی متوسطه-پازدهم-خردادماه ۱۴۰۴						
درستی یا نادرستی جمله زیر را با واژه «درست» یا «نادرست» مشخص کنید.	۱۳					
- اگر ساختمان یک خازن را تغییر ندهیم، با دو برابر کردن اختلاف پتانسیل میان صفحه‌های آن، ظرفیت خازن ثابت می‌ماند.						
سوالات امتحانات نهایی متوسطه-پازدهم-خردادماه ۱۴۰۴						
خازن تختی که بین صفحات آن هواست، توسط یک باتری باردار شده است. آن را از باتری جدا می‌کنیم هریک از تغییرات زیر چه تأثیری بر انرژی ذخیره شده در خازن ایجاد می‌کند؟	۱۴					
الف) قرار دادن دی‌الکتریک بین صفحات خازن ب) کاهش مساحت صفحات خازن						
سوالات امتحانات نهایی متوسطه-پازدهم-خردادماه ۱۴۰۳						



در میدان الکتریکی یکنواخت $E = 6 \times 10^3 \frac{N}{C}$ ذره باردار به جرم $2 \times 10^{-16} \text{ kg}$ و بار $q = 3 \text{ nC}$ را مطابق شکل مقابل از نقطه A بدون تندی اولیه رها می‌کنیم. تندی ذره به هنگام رسیدن به نقطه B به فاصله ۲۰ سانتی‌متر از نقطه A، چند متر بر ثانیه است؟ (از وزن ذره و مقاومت هوا چشم‌پوشی شود).

سوالات امتحانات نهایی متوسطه-پازدهم-خردادماه ۱۴۰۳

الکترونی را مطابق شکل زیر از نقطه A به B و سپس به نقطه C منتقل می‌کنیم.

به جای حروف الفبا در خانه‌های جدول کلمات (افزایش - کاهش - ثابت) بنویسید.

مسیر	اندازه میدان الکتریکی	پتانسیل الکتریکی	انرژی پتانسیل الکتریکی
A → B		الف	ب
B → C	پ	ت	

سوالات امتحانات نهایی متوسطه-پازدهم-خردادماه ۱۴۰۳

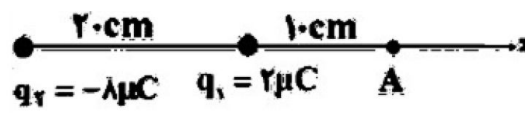
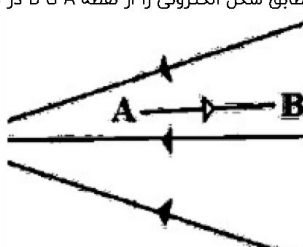
آزمایشی طراحی کنید که با استفاده از آن بتوان طرح خطوط میدان الکتریکی اطراف دو بار نقطه‌ای هم‌اندازه و ناهمنام را مشاهده نمود.

سوالات امتحانات نهایی متوسطه-پازدهم-خردادماه ۱۴۰۳

سوالات امتحانات نهایی متوسطه-یازدهم-خردادماه ۱۴۰۳

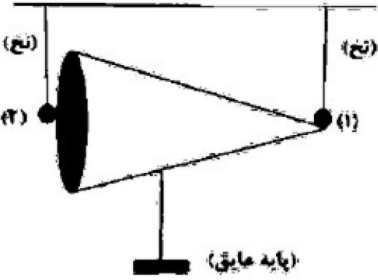
سوالات امتحانات نهایی متوسطه-یازدهم-خردادماه ۱۴۰۳

سوالات امتحانات نهایی متوسطه-یازدهم-خردادماه ۱۴۰۳

۱۸	عبارت صحیح را از داخل پرانتز انتخاب کنید و بنویسید. با دور شدن از بار نقطه‌ای اندازه میدان الکتریکی (افزایش - کاهش) می‌یابد.	سوالات امتحانات نهایی متوسطه-پازدهم-خردادماه ۱۴۰۳
۱۹	عبارت صحیح را از داخل پرانتز انتخاب کنید و بنویسید. بار اضافی داده شده به رسانا در سطح (خارجی - داخلی) آن توزیع می‌شود.	سوالات امتحانات نهایی متوسطه-پازدهم-خردادماه ۱۴۰۳
۲۰	عبارت صحیح را از داخل پرانتز انتخاب کنید و بنویسید. جمله «مجموع جبری همه بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی ثابت است». بیانگر اصل (پایستگی - کوانتیده بودن) بار است.	سوالات امتحانات نهایی متوسطه-پازدهم-خردادماه ۱۴۰۳
۲۱	در مدار فلاش دوربین عکاسی خازنی وجود دارد که با ولتاژ ۲۰۰ ولت شارژ شده است. اگر فلاش دوربین عکاسی روشن شود، تخلیه انرژی در مدت 2×10^{-3} s و با توان ۴۰۰۰ وات انجام می‌شود، ظرفیت خازن چند فاراد است؟	سوالات امتحانات نهایی متوسطه-پازدهم-خردادماه ۱۴۰۳
۲۲	در شکل زیر اندازه و جهت میدان الکتریکی برآیند را در نقطه A به دست آورید. $\left(k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2} \right)$ 	سوالات امتحانات نهایی متوسطه-پازدهم-خردادماه ۱۴۰۳
۲۳	مطابق شکل الکترونی را از نقطه A تا B در میدان الکتریکی جابه‌جا می‌کنیم.  به کمک کلمات (افزایش - کاهش - ثابت - مثبت - منفی) جدول را کامل کنید و بنویسید.	سوالات امتحانات نهایی متوسطه-پازدهم-خردادماه ۱۴۰۳

اندازه میدان الکتریکی	پتانسیل الکتریکی	انرژی پتانسیل الکتریکی	کار میدان الکتریکی
الف	ب	پ	ت



۲۴	دو بار نقطه‌ای $q_1 = 4\mu\text{C}$ و $q_2 = 3\mu\text{C}$ در فاصله ۲ از هم قرار دارند، اگر نیروی بین این دو بار $2/7\text{N}$ باشد، فاصله دو بار چند متر است؟ $\left(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}\right)$ سوالات امتحانات نهایی متوسطه-پازدهم-خردادماه ۱۴۰۳
۲۵	مطابق شکل دو آونگ فلزی خنثی در تماس با جسم فلزی دوکی شکل هستند. به کمک مولد واندوگراف به جسم دوکی شکل بار الکتریکی می‌دهیم: الف) چرا آونگ‌ها منحرف می‌شوند؟ ب) کدام آونگ بیشتر منحرف می‌شود؟ چرا؟  سوالات امتحانات نهایی متوسطه-پازدهم-خردادماه ۱۴۰۳
۲۶	صفحات باردار یک خازن تخت که بین آن‌ها شیشه است، به ولتسنج وصل می‌کنیم. با خارج کردن شیشه از بین صفحات خازن، عددی که ولتسنج نشان می‌دهد چه تغییری می‌کند؟ چرا؟ سوالات امتحانات نهایی متوسطه-پازدهم-خردادماه ۱۴۰۳
۲۷	درستی یا نادرستی گزاره‌ی زیر را با واژه‌ی درست یا نادرست مشخص کنید. - بار الکتریکی یک جسم نمی‌تواند هر مقدار دلخواهی را داشته باشد. سوالات امتحانات نهایی متوسطه-پازدهم-خردادماه ۱۴۰۳