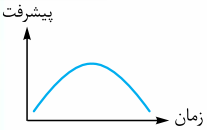
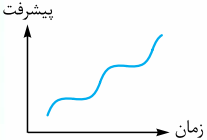
مقدمه ناشر



علاوه بر همهٔ نمودارهایی که تو در درس فیزیک می‌خونید یک نمودار خیلی مهمی تو زندگی آدم‌ها و سازمان‌ها وجود داره که میزان پیشرفت اون‌ها رو در طی زمان نشون می‌ده که این‌جوریه.

زندگی هر انسانی یک سری فراز و نشیب‌هایی داره و یه جایی هم آدم به اوج خودش می‌رسه بعد از اون نقطهٔ اوج معمولاً آدم‌ها پس‌رفت می‌کنند و دیگه مثل قدیما نیستن!!!



اما بعضی از آدم‌ها هستن که وقتی می‌بینن دارن پس‌رفت می‌کنند یه تکونی به خودشون می‌دن و سعی می‌کنند خودشون رو اصلاح کنند و روند رشد قبلی رو پیش بگیرند. این افراد نمودار زندگی‌شون این شکلی می‌شه:

از ویژگی‌های بارز این آدماها نصیحت‌پذیری و اصلاح‌پذیریه! این دسته آدم‌ها وقتی دچار پس‌رفت می‌شن اول اشتباهاتشون رو قبول می‌کنن و بعدش تلاش می‌کنن تا جبرانشون کنن. (این فرق اصلی این آدم‌ها با بقیه است!)

ما هم چون می‌خواهیم همیشه پیشرفت کنیم، نصیحت‌پذیری و اصلاح‌پذیری هستیم! به خاطر همین ازتون می‌خواهیم که هر انتقاد یا پیشنهادی در رابطه با این کتاب جیبی یا بقیهٔ جیبی‌ها داشتین لطفن و حتمن از طریق سایت خیلی‌سبز بهمون اعلام کنین!

از استاد شاهی و مهندس نامی عزیز که زحمت تألیف و نظارت این کتاب رو کشیدن خیلی خیلی ممنونیم.

مقدمه مـؤلف

تقدیم به

برانکو ایوانکویچ

حتمن شده بعضی وقتا، مخصوصن دم امتحانای تشریحی و آزمونای تستی با خودتون بگید که ای کاش یه چیز خلاصه و جمع و جور اما کامل و مرتب از همهٔ مطالب داشتید که خیلی تند و سریع می‌خوندینش و همه چی رو مرور می‌کردین.

یا شاید جزو آدمایی هستین که از متن‌ها و درس‌نامه‌های طولانی و خسته‌کننده فراری‌اند و منبعی رو ترجیح می‌دین که یه راست بره سراغ اصل مطلب و همهٔ چیزای ضروری و مهم رو به زبون ساده بهتون توضیح بده. مثال‌ها و تمرین‌های تکراری و شبیه به هم نداشته باشه، اما با خوندنش نمونه‌هایی از تیپای مختلف سؤالا رو ببینین.

این کتاب دقیقن با همین اهداف نوشته شده! یه کتاب کم‌حجم و مقوی که:

■ با وجود کم‌حجم بودن، هر چیزی از فیزیک یازدهم که دونستنش لازم وکافیه داره. یعنی همهٔ مفاهیم، فرمول‌ها، نکته‌ها، شکل‌های مهم، تمرین‌ها، مثال‌ها، فعالیت‌ها و آزمایش‌های کتاب درسی! به طور مختصر و مفید و طبقه‌بندی شده !

■ درس‌نامه‌هاش کاملِ کامل و در عین حال جمع و جورن! با خوندن درس‌نامه‌ها هم یاد می‌گیری چه‌جوری مسئله حل کنی و هم یاد می‌گیری چه‌جوری به سؤالات مفهومی جواب بدی.

■ مثالا و تستای اون یا برگرفته از کتاب درسی، یا تست کنکورن. برای پوشش بهتر مطالب هم، چندتا مثال و تست تألیفی استاندارد داره.

- آخر هر فصل هم یه آزمون استاندارد گذاشتیم تا خودتو محک بزنی!

امیدواریم خوندن این کتاب براتون مفید باشه و کارتون رو راه بندازه!

دوستای زیادی برای این کتاب زحمت کشیدن که حتمن باید ازشون تشکر کرد:

- همکارای خوبم در واحد تألیف خیلی‌سبز، فرزاد نامی، حامد دورانی، مهدی هاشمی، میلاد حزنیان و خانم عاطفه جعفری
- بچه های کاردرست واحد تولید خیلی‌سبز
- **ویراستارای عزیز:**

اگه دلتون می‌خواد دربارهٔ این کتاب یا هر موضوع دیگه‌ای چیزی به ما بگید، مشتاقانه منتظرتونیم!

دوستتون دارم

نوید شاهی

فهرست

فصل اول

بخش اول (بار الکتریکی) ۸

بخش دوم (نیروی الکتریکی) ۱۶

بخش سوم (میدان الکتریکی) ۲۲

بخش چهارم (انرژی پتانسیل الکتریکی) ۳۵

بخش پنجم (توزیع بار الکتریکی در ...) ۴۶

بخش ششم (خازن) ۵۲

پرسش‌های تستی ۶۱

پاسخ پرسش‌های تستی ۶۳

فصل دوم

بخش اول (جریان الکتریکی و ...) ۶۸

بخش دوم (مدار الکتریکی ساده) ۸۲

بخش سوم (توان الکتریکی در مدار) ۹۱

بخش چهارم (به هم بستن مقاومت‌ها) ۱۰۰

پرسش‌های تستی ۱۱۶

پاسخ پرسش‌های تستی ۱۱۹

فصل سوم

بخش اول (الفبای مغناطیس) ۱۲۴

بخش دوم (نیروی مغناطیسی) ۱۳۲

بخش سوم (میدان مغناطیسی ...) ۱۴۳

بخش چهارم (ویژگی‌های مغناطیسی مواد) ۱۵۵

بخش پنجم (پدیدهٔ القای الکترومغناطیس) ۱۶۰

بخش ششم (القاگر) ۱۸۰

بخش هفتم (جریان متناوب) ۱۸۴

پرسش‌های تستی ۱۹۱

پاسخ پرسش‌های تستی ۱۹۵

ضمائم

فرمول‌ها ۱۹۹

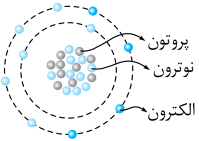
فصل (۱)

الکتریسیتهٔ ساکن

بخش ۱

بار الکتریکی

۱- آشنایی با ساختار اتم



■ هر اتم از الکترون، پروتون و نوترون تشکیل شده است.

نام ذره	مکان	علامت بار الکتریکی
الکترون	اطراف هسته در حال چرخش	منفی
پروتون	درون هسته	مثبت
نوترون	درون هسته	بدون بار

چند نکته

۱ اندازهٔ بار الکتریکی الکترون و اندازهٔ بار الکتریکی پروتون، برابر است.
۲ در حالت عادی، تعداد الکترون‌ها و تعداد پروتون‌های یک اتم برابر است، به همین دلیل، اتم خنثی است.
۳ عدد اتمی یک عنصر برابر با تعداد پروتون‌های آن است.
۴ پروتون‌ها توانایی جداشدن از هستهٔ اتم را ندارند، اما الکترون‌ها می‌توانند از اتمی به اتم دیگر بروند.
۵ جرم نوترون کمی بیشتر از جرم پروتون و جرم این دو خیلی بیشتر از (تقریباً ۲۰۰۰ برابر) جرم الکترون است.

۲- محاسبهٔ بار الکتریکی

■ بار الکتریکی با q نشان داده می‌شود و یکای آن در SI کولن (C) است. به اندازهٔ بار یک الکترون یا پروتون، که کوچک‌ترین مقدار ممکن برای بار در طبیعت است، **بار بنیادی** گفته و آن را با نماد e نشان می‌دهیم، که $e = 1/6 \times 10^{-19}\ C$ است.

■ وقتی یک جسم خنثی، الکترون می‌گیرد یا از دست می‌دهد، باردار می‌شود. بار الکتریکی این جسم (یا اتم و...) از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$q = \pm ne$$

بار الکتریکی (کولن: C) ← q
بار بنیادی (کولن: C) ← e
تعداد الکترون گرفته‌شده یا ازدست‌رفته ← n

در این فرمول

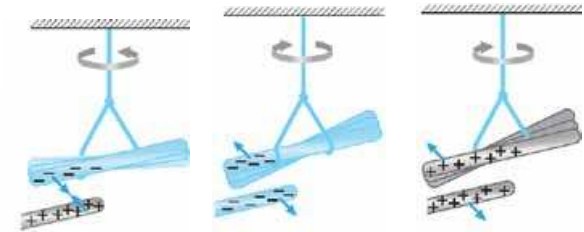
(۱) اگر جسم الکترون بگیرد ← تعداد پروتون < تعداد الکترون ← بار جسم منفی است و در فرمول، از علامت (−) استفاده می‌کنیم.

(۲) اگر جسم الکترون از دست دهد ← تعداد پرتون > تعداد الکترون ← بار جسم مثبت است و در فرمول، از علامت (+) استفاده می‌کنیم.

■ یک کولن، مقدار بزرگی است و در این فصل بیشتر با میکروکولن (μC) و نانوکولن (nC) سروکار داریم:

$$1\,nC = 10^{-9}\,C \qquad 1\,\mu C = 10^{-6}\,C$$

■ بارهای ناهم‌نام همدیگر را **جذب** و بارهای هم‌نام یکدیگر را **دفع** می‌کنند. به جهت چرخش میله‌های آویزان در شکل‌های زیر دقت کنید.



مثال

عدد اتمی عنصر X برابر ۵۰ است. ($e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}$ C)
الف) بار الکتریکی هستهٔ اتم این عنصر، چند کولن است؟
ب) بار الکتریکی یون فرضی $X^{۲-}$ چند کولن است؟

پاسخ الف) هستهٔ اتم این عنصر ۵۰ تا پروتون دارد. پس:

$$q_{\text{هسته}} = +ne = ۵۰ \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} = ۸ \times ۱۰^{-۱۸} C$$

ب) این یون، ۲ الکترون گرفته است. پس بار الکتریکی‌اش منفی است:

$$q_{\text{یون}} = -ne = -۲ \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} = -۳/۲ \times ۱۰^{-۱۹} \text{ C}$$

مثال

وقتی روی فرش راه می‌روید و بدنتان بار الکتریکی پیدا می‌کند، هنگام دست‌دادن با دوستانتان، ممکن است با انتقال باری در حدود ۱nC به او شوک خفیفی وارد کنید. در این انتقال بار، چند الکترون بین شما و دوستتان منتقل شده است؟ ($e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}$ C)

پاسخ در فرمول $q = ne$ ، e و q را داریم و باید n را حساب کنیم:

تبدیل nC به C

$$q = ne \Rightarrow n = \frac{q}{e} = \frac{۱ \times ۱۰^{-۹}}{۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}} = ۶/۲۵ \times ۱۰^{۹}$$

۳- سری الکتریسیتهٔ مالشی

برای باردارشدن یک جسم سه روش وجود دارد:

۱ مالش ۲ تماس ۳ القا

در مورد روش مالش باید بدانید که:

- هنگام مالش دو جسم مختلف، تعدادی **الکترون** از یکی به دیگری منتقل شده و در دو جسم بارهای ناهم‌نام و هم‌اندازه ایجاد می‌شود.

■ نوع باری که دو جسم هنگام مالش پیدا می‌کنند به گرفتن یا از دست دادن الکترون توسط آن‌ها بستگی دارد، یعنی:

جسمی که الکترون می‌گیرد ← تعداد الکترون‌هایش بیشتر از پروتون‌هایش می‌شود ← بار منفی پیدا می‌کند.

جسمی که الکترون از دست می‌دهد ← تعداد الکترون‌هایش کم‌تر از پروتون‌هایش می‌شود ← بار مثبت پیدا می‌کند.

■ این‌که کدام جسم الکترون می‌گیرد و کدام جسم الکترون از دست می‌دهد، بستگی به جایگاه آن در جدول **سری الکتریستهٔ مالشی (تریبوالکتریک)** دارد. در این جدول با حرکت از بالا به پایین، الکترون‌خواهی مواد بیشتر می‌شود. بنابراین هنگام مالش دو جسم، جسمی که در این جدول بالاتر است (به انتهای مثبت سری نزدیک‌تر است)، بار مثبت و جسمی که در این جدول پایین‌تر است (به انتهای منفی سری نزدیک‌تر است)، بار منفی پیدا می‌کند.

نمونهٔ ۱ مالش میلهٔ شیشه‌ای با پارچهٔ ابریشمی: شیشه بالاتر از ابریشم است، پس:

میله شیشه‌ای: مثبت

پارچه ابریشمی: منفی

نمونهٔ ۲ مالش میلهٔ چوبی با پارچهٔ ابریشمی: ابریشم بالاتر از چوب است.

میله چوبی: منفی

پارچه ابریشمی: مثبت

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

۴- الکتروسکوپ

■ **الکتروسکوپ یا برق‌نما،** وسیله‌ای است به شکل روبه‌رو که از یک کلاهک فلزی، یک میلهٔ فلزی و دو ورقهٔ فلزی خیلی سبک تشکیل شده است. اگر الکتروسکوپ باردار شود، به دلیل ایجاد بارهای هم‌نام، در دو ورق، آن‌ها از هم دور می‌شوند.

■ به وسیلهٔ الکتروسکوپ می‌توانیم بفهمیم که:

۱ یک جسم بار دارد یا نه؟ ۲ بار جسم مثبت است یا منفی؟

۳ یک جسم رساناست یا نارسانا؟

مثال

یک میلهٔ چوبی را به موی سر مالش داده و آن را به کلاهک یک الکتروسکوپ با بار منفی نزدیک می‌کنیم. زاویهٔ بین ورقه‌های الکتروسکوپ چگونه تغییر می‌کند؟ (از جدول سری الکتریستهٔ مالشی استفاده کنید.)

پاسخ ورقه‌های الکتروسکوپ، ابتدا دارای بار هم‌نام منفی هستند، پس مقداری از هم فاصله گرفته‌اند. با مالش میلهٔ چوبی با موی سر، چون در جدول الکتریسیته مالشی چوب به انتهای منفی نزدیک‌تر است، میلهٔ چوبی بار منفی پیدا می‌کند. وقتی این میله را به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک می‌کنیم، در الکتروسکوپ بارهای منفی از کلاهک به سمت ورقه‌ها حرکت می‌کنند. یعنی بار ورقه‌ها منفی‌تر شده و فاصله‌شان از هم بیشتر می‌شود.

۵- دو اصل مهم دربارهٔ بار الکتریکی

الف اصل پایستگی بار

مجموع جبری بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی ثابت است. یعنی بار نه به وجود می‌آید، نه از بین می‌رود. بلکه تنها از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شود.

نکته اگر دو کرهٔ رسانای باردار با هم تماس پیدا کنند، جمع بار دو کره، قبل و بعد از تماس، با هم برابر است: $q_1 + q_2 = q'_1 + q'_2$

قبل از تماس

بعد از تماس

خواستن باشد ۱ در فرمول بالا، علامت بارها را باید قرار دهیم.

۲ اگر دو کرهٔ رسانا، هم‌اندازه باشند، بعد از تماس بارشان یکسان می‌شود، پس:

$$q'_۱ = q'_۲ = \frac{q_۱ + q_۲}{۲}$$

مثال

دو کرهٔ رسانای مشابه روی پایه‌های عایقی قرار دارند. بار این دو کره $-۱۲\ \mu C$ و $+۸\ \mu C$ است. اگر دو کره با یک سیم به هم وصل شوند، بار هر یک چند میکروکولن می‌شود؟

پاسخ اتصال دو کره به وسیلهٔ یک سیم، مثل حالتی است که دو کره با هم تماس پیدا می‌کنند. چون کره‌ها هم‌اندازه‌اند، بعد از تماس بارشان مساوی می‌شود، پس:

$$\text{بار دو کره بعد از تماس} = \frac{q_۱ + q_۲}{۲} = \frac{(-۱۲) + (+۸)}{۲} = -۲\ \mu C$$

ب) کوانتیده‌بودن بار

طبق فرمول $q = \pm ne$، بار الکتریکی یک جسم حتماً مضرب درستی از بار بنیادی است و هر مقداری نمی‌تواند داشته باشد. به این ویژگی، **کوانتیده**بودن بار می‌گوییم.

نکته اگر فرمول $q = \pm ne$ را به شکل $n = \pm \frac{q}{e}$ بنویسیم، طبق اصل کوانتیده‌بودن بار، مقدارهای مجاز برای q به گونه‌ای است که n یک عدد درست (صحیح) شود.

تست

بار الکتریکی یک جسم برابر با کدام‌یک از مقادیر زیر نمی‌تواند باشد؟ $(e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}\ C)$

۱) $q_۱ = ۳\ nC$

۲) $q_۲ = ۸\ nC$

۳) $q_۳ = ۱۰^{-۱۸}\ C$

۴) $q_۴ = ۱\ C$

پاسخ| گزینهٔ ۳ با استفاده از فرمول $n=\frac{q}{e}$، n را در هر مورد حساب می‌کنیم. n باید یک عدد صحیح باشد:

$$n=\frac{q}{C}\begin{cases}(۱)\text{ گزینهٔ }: n_۱=\dfrac{۳\times ۱۰^{-۹}}{۱/۶\times ۱۰^{-۱۹}}=\dfrac{۳}{۱۶}\times ۱۰^{۱۱} & \checkmark\\ (۲)\text{ گزینهٔ }: n_۲=\dfrac{۸\times ۱۰^{-۹}}{۱/۶\times ۱۰^{-۱۹}}=۵\times ۱۰^{۱۰} & \checkmark\\ (۳)\text{ گزینهٔ }: n_۳=\dfrac{۱۰^{-۱۸}}{۱/۶\times ۱۰^{-۱۹}}=\dfrac{۱۰}{۱/۶}=\dfrac{۵۰}{۸} & \times\\ (۴)\text{ گزینهٔ }: n_۴=\dfrac{۱}{۱/۶\times ۱۰^{-۱۹}}=\dfrac{۱}{۱۶}\times ۱۰^{۲۰} & \checkmark\end{cases}$$

پرسش های تستی

۱- چند الکترون باید از یک سکهٔ خنثی خارج شود تا بار الکتریکی آن $+1\,\mu C$ شود؟ $(e = 1/6\times10^{-19}\ C)$ (سراسری ریاضی)

۱) $1/6\times10^{6}$ ۲) $1/6\times10^{12}$ ۳) $6/25\times10^{6}$ ۴) $6/25\times10^{12}$

۲- میدان الکتریکی حاصل از بار q در نقطهٔ A که در فاصلهٔ ۳۰ سانتی‌متری آن قرار دارد، برابر $10^{5}\ N/C$ است. اگر بار q' در نقطهٔ A قرار گیرد، نیرویی برابر $0/02\ N$ از طرف میدان به آن وارد می‌شود. q و q' به ترتیب از راست به چپ، چند میکروکولن‌اند؟ $(k = 9\times10^{9}\ \frac{N.m^2}{C^2})$ (سراسری تجربی)

۱) ۰/۲ ، ۱ ۲) ۰/۲ ، ۱۰ ۳) ۰/۵ ، ۱ ۴) ۰/۵ ، ۱۰

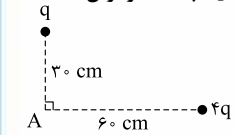
۳- اگر فاصلهٔ بین دو بار الکتریکی نقطه‌ای را ۲۰ درصد افزایش دهیم، نیروی الکتریکی بین آن‌ها، تقریباً چند درصد کاهش می‌یابد؟ (سراسری ریاضی)

۱) ۴۰ ۲) ۳۰ ۳) ۲۵ ۴) ۱۵

۴- در شکل زیر، برایند نیروهای الکتریکی وارد بر هر یک از بارهای الکتریکی صفر است. نسبت‌های $\frac{x}{r}$ و $\frac{q_3}{q_2}$ به ترتیب ازراست به چپ کدام‌اند؟

۱) $\frac{3}{2}$ ، ۹ ۲) $\frac{3}{2}$ ، −۹ ۳) ۲ ، ۹ ۴) ۲ ، −۹

۵- شکل زیر، دو بار الکتریکی مثبت را نشان می‌دهد. اگر میدان الکتریکی خالص در نقطهٔ A برابر $1000\sqrt{2}\ N/C$ باشد، q چند نانوکولن است؟ $(k = 9\times10^{9}\ \frac{N.m^2}{C^2})$



۱) $2\sqrt{2}$ ۲) $5\sqrt{2}$ ۳) ۱۰ ۴) ۲۰

پاسخ پرسش‌های تستی

۱- گزینهٔ «۴» q و e را داریم و با یک حساب و کتاب ساده باید n را تعیین کنیم. فقط باید حواسمان به تبدیل واحدهای لازم باشد.

$$q = ne \Rightarrow n = \frac{q}{e} = \frac{۱\times۱۰^{-۶}}{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}} = ۶/۲۵\times۱۰^{۱۲}$$

۲- گزینهٔ «۱» **گام اول** میدان حاصل از بار q در فاصلهٔ ۳۰ سانتی‌متری‌اش برابر $۱۰^{۵}\ \frac{N}{C}$ است، پس:

$$E = k\frac{|q|}{r^{۲}} \Rightarrow ۱۰^{۵} = ۹\times۱۰^{۹}\times\frac{q}{(۳۰\times۱۰^{-۲})^{۲}} \Rightarrow q = ۱۰^{-۶}\ C = ۱\mu C$$

گام دوم در محل بار q' اندازهٔ میدان $۱۰^{۵}\ N/C$ و نیروی وارد بر آن $۰/۰۲\ N$ است؛ بنابراین:

$$F = E|q'| \Rightarrow ۰/۰۲ = ۱۰^{۵}\times q' \Rightarrow |q'| = ۲\times۱۰^{-۷}\ C = ۰/۲\ \mu C$$

۳- گزینهٔ «۲» رابطهٔ نسبتی برای قانون کولن را می‌نویسیم:

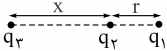
$$\frac{F'}{F} = |\frac{q'_{۱}}{q_{۱}}|\times|\frac{q'_{۲}}{q_{۲}}|\times(\frac{r}{r'})^{۲} = (\frac{r}{۱/۲r})^{۲} = \frac{۱}{۱/۴۴} = \frac{۱۰۰}{۱۴۴}$$

$$\Rightarrow F' = \frac{۱۰۰}{۱۴۴}F$$

بنابراین داریم:

$$\frac{\Delta F}{F}\times۱۰۰ = -\frac{۴۴}{۱۴۴}\times۱۰۰ \simeq -۳۰٪$$

۴- گزینهٔ «۴» نیروی خالص وارد بر بار $q_{۳}$ صفر است، پس نیروهای وارد بر آن از طرف دو بار دیگر با هم برابر اما در خلاف جهت یکدیگرند:



$$F_{13} = F_{23} \Rightarrow k\frac{|q_1||q_3|}{(r+x)^2} = k\frac{|q_2||q_3|}{x^2}$$

$$\Rightarrow \frac{\frac{9}{4}|q_2|}{(r+x)^2} = \frac{|q_2|}{x^2} \xrightarrow{\text{جذر در طرفین}} \frac{\frac{3}{2}}{r+x} = \frac{1}{x}$$

$$r + x = \frac{3}{2}x \Rightarrow \frac{x}{r} = 2$$

با توجه به این‌که نیروی خالص وارد بر بار q_2 صفر است، می‌توان نوشت:

$$F_{12} = F_{32} \Rightarrow k\frac{|q_1||q_2|}{r^2} = k\frac{|q_3||q_2|}{x^2}$$

$$\Rightarrow \frac{\frac{9}{4}|q_2|}{(\frac{x}{2})^2} = \frac{|q_3|}{x^2} \Rightarrow 9|q_2| = |q_3|$$

$$\xrightarrow{\text{بارهای } q_2 \text{ و } q_3 \text{ ناهمنام هستند.}} q_3 = -9q_2$$

۵- گزینهٔ «۳» محاسبهٔ میدان الکتریکی حاصل از هر کدام از ذره‌های باردار:

$$E_1 = k\frac{|q_1|}{r_1^2} = 9\times10^9 \times \frac{q}{9\times10^{-2}} = q\times10^{11}$$

$$E_2 = k\frac{|q_2|}{r_2^2} = 9\times10^9 \times \frac{4q}{36\times10^{-2}} = q\times10^{11}$$

دو میدان E_1 و E_2 بر هم عمود و هم‌اندازه هستند، بنابراین داریم:

$$E_t = \sqrt{2}E_1 \Rightarrow 1000\sqrt{2} = \sqrt{2}\times q\times10^{11}$$

$$\Rightarrow q = 10^{-8}\,C = 10\,nC$$

۶- گزینهٔ «۳» ذرهٔ باردار فقط تحت تأثیر نیروی الکتریکی است، پس:

$$\Delta K = -\Delta U = -q\Delta V \Rightarrow (۲\times۱۰^{-۳} - ۰) = -q\times(۸۰-۳۰)$$

$$\Rightarrow\ q = -۴۰\ \mu C$$

۷- گزینهٔ «۱» با توجه به بار منفی کره، میدان الکتریکی به سمت کره است. وقتی در جهت میدان جابه‌جا می‌شویم (از نقطهٔ B به سمت نقطهٔ A)، پتانسیل کاهش می‌یابد: $V_A < V_B$

اگر بار منفی در خلاف جهت میدان جابه‌جا شود، انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد.

۸- گزینهٔ «۲» **گام اول** برای محاسبهٔ میدان الکتریکی بین دو صفحه از فرمول $E = \frac{\Delta V}{d}$، استفاده می‌کنیم.

$$E = \frac{\Delta V}{d} = \frac{۵۰۰}{۲\times۱۰^{-۲}} = ۲/۵\times۱۰^{۴}\ N/C \ \text{یا}\ V/m$$

گام دوم بار ذرهٔ آلفا معادل بار دو پروتون است، پس:

$$q = ne \xrightarrow{n=۲} q = ۲\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹} = ۳/۲\times۱۰^{-۱۹}\ C$$

گام سوم اندازهٔ نیروی وارد بر بار در میدان الکتریکی به شکل زیر به دست می‌آید: $F = E\,|q| = (۲/۵\times۱۰^{۴})\times(۳/۲\times۱۰^{-۱۹}) = ۸\times۱۰^{-۱۵}\ N$

۹- گزینهٔ «۲»

$$Q' = Q + ۳\ mC\ ,\ U = ۴۵۰۰\ mJ\ ,\ C = ۵\ \mu F = ۵\times۱۰^{-۳}\ mF$$

ضمائم

فرمول‌ها

فصل ۱

۱ بار الکتریکی:

$q = \pm n e$ (q: بار الکتریکی (کولن: C)، e: بار بنیادی (کولن: C)، n: تعداد الکترون‌های گرفته‌شده یا از دست‌رفته)

$n = 0, 1, 2, \ldots$

علامت + : اگر الکترون از دست رود، علامت − : اگر الکترون گرفته شود.

۲ رابطهٔ قانون کولن:

$F = k \dfrac{|q_1||q_2|}{r^2}$ (F: نیروی الکتریکی (نیوتون: N)، q_1 و q_2: بار الکتریکی دو ذره (کولن: C)، r: فاصلهٔ دو ذره (متر: m))

۳ میدان الکتریکی حاصل از ذرهٔ باردار:

$E = k \dfrac{|q|}{r^2}$ (E: میدان الکتریکی ($\frac{\text{نیوتون}}{\text{کولن}}$: $\frac{N}{C}$)، q: بار الکتریکی ذره (کولن: C)، r: فاصلهٔ نقطه تا ذره (متر: m))

۴ نیروی وارد بر بار در میدان الکتریکی:

$\vec{F} = q\vec{E}$ ($\vec{F}$: نیروی الکتریکی (نیوتون: N)، q: بار الکتریکی (کولن: C)، $\vec{E}$: میدان الکتریکی ($\frac{\text{نیوتون}}{\text{کولن}}$: $\frac{N}{C}$))

علامت بار الکتریکی باید لحاظ شود.

۵ کار انجام‌شده توسط میدان الکتریکی یکنواخت:

$W_E = \pm E|q|d$

- W_E: کار میدان (ژول: J)
- q: بار الکتریکی (کولن: C)
- d: جابه‌جایی بار در راستای میدان (متر: m)
- E: اندازهٔ میدان $\left(\frac{\text{نیوتون}}{\text{کولن}} : \frac{N}{C}\right)$

علامت + : بار در جهت نیروی میدان حرکت می‌کند.

علامت − : بار در خلاف جهت نیروی میدان حرکت می‌کند.

۶ تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی بار:

$\Delta U_E = -W_E$

- ΔU_E: تغییر انرژی پتانسیل بار (ژول: J)
- W_E: کار انجام‌شده توسط میدان (ژول: J)

۷ اختلاف پتانسیل الکتریکی دو نقطه:

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

- ΔV: اختلاف پتانسیل (ولت: V)
- ΔU: تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی (ژول: J)
- q: بار الکتریکی (کولن: C)

$\Delta V = V_{\text{مقصد}} - V_{\text{مبدأ}}$

علامت بار باید لحاظ شود.

بار انرژی بگیرد: $\Delta U > 0$ ، بار انرژی از دست دهد (آزاد شود): $\Delta U < 0$

۸ رابطهٔ اختلاف پتانسیل دو نقطه در میدان یکنواخت:

$|\Delta V| = Ed$

- $|\Delta V|$: اختلاف پتانسیل (ولت: V)
- d: فاصلهٔ دو نقطه در راستای میدان (متر: m)
- E: اندازهٔ میدان یکنواخت $\left(\frac{\text{نیوتون}}{\text{کولن}} : \frac{N}{C}\right)$

۹ تعریف ظرفیت خازن:

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

- C: ظرفیت خازن (فاراد: F)
- Q: بار ذخیره‌شده در خازن (کولن: C)
- V: اختلاف پتانسیل دو صفحهٔ خازن (متر: m)

ظرفیت خازن مقدار ثابتی است و با تغییر v و q تغییر نمی‌کند.

۱۰ عوامل مؤثر بر ظرفیت خازن:

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

- C: ظرفیت خازن (فاراد: F)
- A: مساحت صفحات (مترمربع: m^2)
- d: فاصلهٔ دو صفحه (متر: m)
- κ: ضریب دی‌الکتریک (یکا ندارد.)

$\kappa_{\text{خلأ}} = 1$ و $\kappa_{\text{هوا}} \simeq 1$ و κ عایق‌های دیگر > 1

۱۱ میدان الکتریکی بین صفحات:

$$E = \frac{V}{d} = \frac{Q}{\kappa \varepsilon_{\circ} A}$$

- E: میدان الکتریکی ($\frac{\text{نیوتون}}{\text{کولن}}$: $\frac{N}{C}$)
- V: اختلاف پتانسیل (ولت: V)
- Q: بار ذخیره‌شده (کولن: C)
- A: مساحت صفحه‌ها (متر مربع: m^2)
- d: فاصلهٔ دو صفحه (متر: m)
- κ: دی‌الکتریک (یکاندارد.)

۱۲ انرژی خازن:

$$U = \frac{1}{2} C V^2 = \frac{1}{2} Q V = \frac{Q^2}{2C}$$

- U: انرژی ذخیره‌شده در خازن (ژول: J)
- C: ظرفیت خازن (فاراد: F)
- Q: بار ذخیره‌شده در خازن (کولن: C)
- V: اختلاف پتانسیل (ولت: V)