



## بار الکتریکی

### کارت ۱

### فصل ۱

تجربه نشان داده است که دو نوع بار الکتریکی وجود دارد. این دو نوع بار الکتریکی توسط دانشمند آمریکایی فرانکلین، بار مثبت و بار منفی نام‌گذاری شد. مزیت این نوع نام‌گذاری این است که زمانی که جسمی خنثی باشد جمع جبری بارهای آن جسم صفر می‌شود.

دو بار هم‌نام به یکدیگر نیروی دافعه وارد می‌کنند.

دو بار غیرهم‌نام به یکدیگر نیروی جاذبه وارد می‌کنند.

**نکته ۱:** جسم باردار (فارغ از نوع بار الکتریکی‌اش) به جسم رسانای خنثی نیروی جاذبه وارد می‌کند.

یکای بار الکتریکی در دستگاه SI، کولن است و آن را با نماد C نمایش می‌دهند با توجه به این که یک کولن مقدار بار بزرگی است، از این رو در این فصل ما اغلب با بارهایی از مرتبه میکروکولن ( $\mu\text{C}$ ) و نانو کولن (nC) سروکار داریم.



## بار الکتریکی

کارت ۱

فصل ۱

۱) سه جسم  $C, B, A$  را دو به دو به یکدیگر نزدیک می‌کنیم. وقتی  $A$  و  $B$  به یکدیگر نزدیک می‌شوند، هم‌دیگر را با نیروی الکتریکی جذب می‌کنند و اگر  $B$  و  $C$  را به یکدیگر نزدیک کنیم، یکدیگر را با نیروی الکتریکی دفع می‌کنند. کدام یک از گزینه‌های زیر می‌تواند صحیح باشد؟

(سراسری خارج از کشور تجربی ۹۰)

۱)  $C, A$  بارهای هم‌نام و هم اندازه دارند.

۲)  $C, B$  بارهای غیرهم‌نام دارند.

۳)  $B$  بدون بار و  $C$  باردار است.

۴)  $A$  بدون بار و  $B$  باردار است.

پاسخ

۱) گزینه «۴»

اگر دو جسم یکدیگر را دفع کنند، در این صورت هر دو جسم باردار و دارای بارهای هم‌نام هستند. بنابراین  $C$  و  $B$  هر دو باردار و دارای بارهای هم‌نام هستند. اگر دو جسم یکدیگر را جذب کنند دو حالت وجود دارد: یا هر دو باردار و دارای بارهای غیرهم‌نام هستند و یا یکی باردار و دیگری خنثی است



بنابراین جسم A یا خنثی است و یا دارای باری غیرهم‌نام با B است.



## روش‌های باردار کردن اجسام

کارت ۲  
فصل ۱

### روش‌های باردار کردن اجسام:

۱- مالش: از این روش برای باردار کردن اجسام نارسانا استفاده می‌کنند. در هنگام انتقال تعدادی الکترون از یک جسم به جسمی دیگر تعادل بارها در اتم خنثی بر هم می‌خورد و جسمی که الکترون از دست می‌دهد بار مثبت پیدا می‌کند و بر عکس، جسمی که الکترون اضافی دریافت می‌کند بار آن منفی می‌گردد.

**نکته:** به دست آوردن یا از دست دادن الکترون دو جسم در تماس با یکدیگر را بر اساس جدولی موسوم به سری تریبوالکتریک (Tribos) مشخص می‌کنند. در این جدول مواد پایین‌تر، الکترون خواهی بیش‌تری دارند. یعنی اگر دو ماده را با یکدیگر مالش دهیم، الکترون‌ها از ماده بالاتر جدول به ماده‌ای که در قسمت پایین‌تر جدول قرار دارد، منتقل می‌شوند.

۲- تماس: از این روش برای باردار کردن اجسام رسانا استفاده می‌کنند. اگر میله دارای بار را به جسمی رسانا تماس دهیم، تعدادی الکترون بین میله و جسم رسانا منتقل می‌شود. این روش ایجاد بار را روش تماس می‌نامند.

۳- القای الکتریکی: از این روش برای باردار کردن اجسام رسانا استفاده می‌کنند. این روش را در بخش‌های بعدی معرفی خواهیم کرد.

انتهای محبت سوری

سوی انسان

سینه

الچون

سور

سوی گربه

سرب

سیریم

آزمین

پوست انسان

کاغذ

چوب

پارچه کتان

کپور

روح - هوا

پلاستیک، پلی‌اتیلن

لاستیک

فلون

انتهای محبت سوری



## روش‌های باردار کردن اجسام

## کارت ۲ فصل ۱

۱) در شکل زیر گلوله فلزی بارداری آویزان است. کره فلزی خنثی را که دارای دسته نارسانا است به گلوله تماس می‌دهیم. سپس کره را جدا می‌کنیم و دوباره به آرامی به آن گلوله نزدیک می‌کنیم. در این صورت بار کره ..... و گلوله ..... می‌شود.

(سراسری تجربی ۸۶ با اندکی تغییر)



- ۱) مثبت - جذب
- ۲) مثبت - دفع
- ۳) منفی - جذب
- ۴) منفی دفع

### پاسخ

۱) گزینه «۲»

زمانی که کره را با گلوله تماس می‌دهیم بار الکتریکی بین آن‌ها تقسیم می‌شود. پس بار کره مثبت خواهد شد. زمانی که دوباره کره را به گلوله نزدیک می‌کنیم چون بارهای آن‌ها هم نوع هستند یکدیگر را دفع می‌کنند.



## تشخیص باردار بودن جسم

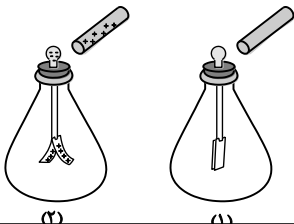
کارت ۳

فصل ۱

باردار بودن یک جسم و نوع بار آن را می‌توانیم با الکتروسکوپ (برق‌نما) تعیین کنیم.

### تشخیص باردار بودن یک جسم:

- ۱- جسم را به کلاهک الکتروسکوپ بدون بار نزدیک می‌کنیم.
- ۲- در صورتی که ورقه‌های الکتروسکوپ از هم دور شوند جسم باردار است در غیر این صورت جسم باردار نیست.





## تشخیص باردار بودن جسم

### کارت ۳

#### فصل ۱

۱) میله‌ای با بار مثبت را کنار کلاهک الکتروسکوپ بدون باری قرار می‌دهیم و دست خود را لحظه‌ای با کلاهک تماس داده و سپس دست و میله را از کلاهک دور می‌کنیم. در این حالت بار کلاهک ..... و بار ورقه‌ها ..... می‌باشد.

۲) منفی - مثبت

۱) منفی - منفی

۴) مثبت - مثبت

۳) مثبت - منفی

#### پاسخ

۱) گزینه « ۱ »

با نزدیک کردن میله با بار مثبت به کلاهک الکتروسکوپ، بارهای منفی روی کلاهک الکتروسکوپ و بارهای مثبت روی ورقه‌های الکتروسکوپ القا می‌شود. وقتی با دست خود کلاهک را لمس می‌کنیم بار هم‌نام میله تخلیه می‌شود. یعنی



در این حالت بار مثبت تخلیه می‌شود. بنابراین در نهایت بار کلاhek و بار ورقه‌ها منفی خواهد شد.





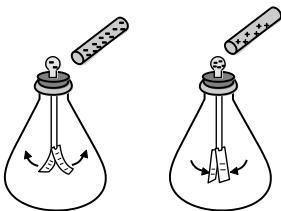
## تشخیص نوع بار

### کارت ۴

### فصل ۱

#### تشخیص نوع بار یک جسم:

مرحله ۱: به روش تماس، الکتروسکوپ را باردار می‌کنیم.  
 مرحله ۲: جسم را به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک می‌کنیم.  
 مرحله ۳: در صورتی که ورقه‌های الکتروسکوپ از هم دور شوند بار جسم، هم‌نام با بار الکتروسکوپ و در صورتی که ورقه‌های الکتروسکوپ به هم نزدیک شوند، بار جسم، مخالف بار الکتروسکوپ می‌باشد.





## تشخیص نوع بار

کارت ۴

فصل ۱

۱) اگر میله‌ای با بار مثبت را به آرامی به کلاهک الکتروسکوپ‌ی که بار منفی دارد نزدیک کنیم، (بار میله بیشتر از بار الکتروسکوپ است). در این حالت ورقه‌های الکتروسکوپ:

- ۱) به هم نزدیک می‌شوند.
- ۲) از هم دور می‌شوند.
- ۳) ابتدا به هم نزدیک و سپس از هم دور می‌شوند.
- ۴) ابتدا از هم دور و سپس به هم نزدیک می‌شوند.

پاسخ

۱) گزینه «۳»

وقتی میله با بار مثبت را به کلاهک الکتروسکوپ با بار منفی نزدیک می‌کنیم تعدادی از بارهای منفی روی ورقه‌ها به سمت کلاهک الکتروسکوپ جذب می‌شوند بنابراین ورقه‌ها بار منفی کم‌تری دارند و انحراف آن‌ها کم می‌شود ولی بعد از خنثی شدن بار ورقه‌ها، چون بار میله بیشتر از



بار کلاهیک الکتروسکوپ است بنابراین بار ورقه‌ها مثبت می‌شود و مجدداً ورقه‌ها از هم دور می‌شوند.



## پایستگی و کوانتیده بودن بار الکتریکی

کارت ۵  
فصل ۱

**بار بنیادی:** اندازه بار منفی الکترون دقیقاً برابر با اندازه بار مثبت پروتون است. این مقدار بار، بار بنیادی نامیده می‌شود که آن را با نماد  $e$  نمایش می‌دهند و در یکای SI برابر است با:

$$e = 1/60217653 \times 10^{-19} \text{C} \approx 1/6 \times 10^{-19} \text{C}$$

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

**اصل کوانتیده بودن بار:** همواره بار الکتریکی یک جسم مضرب صحیحی از بار بنیادی ( $e$ ) می‌باشد یعنی:

$$q = \pm ne \quad (n = 0, 1, 2, \dots)$$

**نکته ۱:** در رابطه فوق علامت  $+$  به معنای از دست دادن الکترون و علامت  $-$  به معنای به دست آوردن الکترون می‌باشد.

**نکته ۲:** هیچ‌گاه امکان ندارد بار جسمی از بار یک الکترون کم‌تر باشد.



## پایستگی و کوانتیده بودن بار الکتریکی

## کارت ۵ فصل ۱

۱) چند الکترون باید از یک سکه خنثی خارج شود تا بار الکتریکی آن  $1\mu\text{C}$  شود؟ ( $e = 1/6 \times 10^{-19}\text{C}$ )

(سراسری ریاضی - ۹۵)

$$1/6 \times 10^{12} \quad (۲)$$

$$1/6 \times 10^6 \quad (۱)$$

$$6/25 \times 10^{12} \quad (۴)$$

$$6/25 \times 10^6 \quad (۳)$$

۲) برای آن که بار الکتریکی جسمی را از  $-3/2$  میکروکولن به  $+6/4$  میکروکولن تغییر دهیم تبادل الکترون چگونه باید صورت گیرد؟

(آزمون کانون ۹۲)

پاسخ

۱) گزینه «۴»

$$q = +ne \xrightarrow{q=10^{-6}\text{C}} 10^{-6} = n \times 1/6 \times 10^{-19}$$

$$\rightarrow n = \frac{1}{1/6} \times 10^{13} = 6/25 \times 10^{12}$$

۲) برای آن که بار جسم مثبت شود، جسم باید الکترون از دست بدهد. با توجه به رابطه  $q = ne$  تعداد الکترون تبدالی را به دست می آوریم:



$$q = ne \rightarrow q = 6/4 - (-3/2) = 9/6 \mu\text{C}$$

$$9/6 \times 10^{-6} = n \times 1/6 \times 10^{-19}$$

$$\rightarrow n = \frac{9/6}{1/6} \times 10^{13} = 6 \times 10^{13}$$



## قانون کولن

## کارت ۶

### فصل ۱

**قانون کولن:** نیروی الکتریکی (الکتروستاتیکی) بین دو بار نقطه‌ای که در راستای خط مستقیم بین آنها اثر می‌کند، با حاصل ضرب بزرگی آنها متناسب است و با مجذور فاصله بین آنها نسبت

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

معکوس دارد:

در رابطه فوق  $q_1$  و  $q_2$  بارهای الکتریکی بر حسب (C)،  $r$  فاصله بین دو بار نقطه‌ای بر حسب متر (m) و  $F_E$  بزرگی نیروی الکتریکی وارد بر هر بار بر حسب نیوتون (N) است. در این رابطه  $k$  که ثابت الکتروستاتیکی یا ثابت کولن نام دارد برابر است با:

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

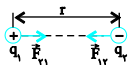
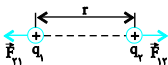
**نکته ۱:** ثابت کولن را می‌توان بر حسب یک ضریب و ثابت دیگر به نام ضریب گذردهی الکتریکی خلاء ( $\epsilon_0$ ) نیز نوشت:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \quad \text{که در آن } \epsilon_0 = 8/85 \times 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N.m}^2} \text{ است.}$$

**نکته ۲:** دو نیروی  $\vec{F}_{12}$  (نیروی که بار  $q_1$  به  $q_2$  وارد می‌کند) و  $\vec{F}_{21}$  (نیروی که بار  $q_2$  به  $q_1$  وارد می‌کند) بنابر قانون سوم نیوتون هم اندازه، هم راستا و در خلاف جهت یکدیگر هستند.



$$\vec{F}_{21} = F_{12}$$







## قانون کولن

## کارت ۶

## فصل ۱

۱) دو بار الکتریکی نقطه‌ای  $q_1$  و  $q_2 = 2q_1$  در فاصله  $r$  از هم قرار دارند و به هم نیروی دافعه وارد می‌کنند. چند درصد از بار  $q_2$  را به  $q_1$  منتقل کنیم تا در همان فاصله، نیروی دافعه بین بارهای الکتریکی بیشینه شود؟

(سراسری خارج از کشور ریاضی ۹۵)

50 (۴)

40 (۳)

25 (۲)

15 (۱)

پاسخ

۱) گزینه «۲»

در فاصله ثابت، نیروی بین بارهای الکتریکی هم‌نام زمانی بیشینه است که اندازه دو بار با هم برابر باشد. اگر بار نهایی را با  $q_1'$  و  $q_2'$  نشان دهیم بنابر اصل پایستگی بار داریم:

$$\begin{cases} q_1 + q_2 = q_1' + q_2' \\ q_2 = 2q_1 \rightarrow 3q_1 = 2q_1' \rightarrow q_1' = \frac{3}{2}q_1 \\ q_1' = q_2' \end{cases}$$

بنابراین بار  $\frac{q_1}{2}$  از بار  $q_2$  به بار  $q_1$  منتقل شده است.



$$\frac{q_2 - q_2}{q_2} \times 100 = \frac{2q_1 - \frac{3}{2}q_1}{2q_1} \times 100 = 25\%$$





## بردارها

## کارت ۷

### فصل ۱

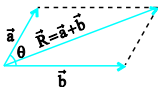
**بردار:** بردار پاره‌خط جهت‌داری می‌باشد که آن را به صورت پیکان نمایش می‌دهند. جهت پیکان جهت کمیت برداری و بزرگی طول آن (بر اساس مقیاس) بزرگی کمیت را نشان می‌دهد.

### برآیند دو بردار:

تعیین جهت برآیند: دو بردار را از یک نقطه رسم می‌کنیم به طوری که این دو بردار دو ضلع متوازی الاضلاع باشند. قطری از متوازی‌الاضلاع که از محل دو بردار رسم می‌شود، برآیند دو بردار است.

**تعیین بزرگی برآیند:** در صورتی که اندازه بردارها  $a$  و  $b$  باشد، زاویه بین دو بردار  $\theta$  و اندازه بردار برآیند  $R$  باشد، داریم:

$$R^2 = a^2 + b^2 + 2ab \cos \theta$$



### تفاضل دو بردار:



تعیین جهت تفاضل: در صورتی که دو بردار از یک نقطه رسم شده باشند، تفاضل دو بردار برداری است که انتهای بردار دوم را به انتهای بردار اول متصل کند.



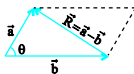
## بردارها

## کارت ۷

## فصل ۱

**تعیین بزرگی تفاضل:** در صورتی که اندازه بردارها  $a$  و  $b$  باشد، زاویه بین دو بردار  $\theta$  و اندازه تفاضل بردارها  $R'$  باشد، داریم:

$$R'^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \theta$$



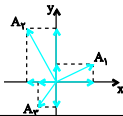
**تجزیه بردارها:** هر بردار دلخواه مانند  $\vec{A}$  را می‌توان به ۲ بردار در راستای  $x$  و  $y$  تجزیه کرد:

$$\begin{cases} A_x = A \cos \alpha = A \sin \beta \\ A_y = A \sin \alpha = A \cos \beta \end{cases}$$



**محاسبه برآیند بردارها با استفاده از تجزیه بردارها:**

- ۱- تک تک بردارها را در راستای  $x$  و  $y$  تجزیه می‌کنیم.
- ۲- برآیند در راستای محور  $x$  را به دست می‌آوریم. ( $R_x$ )
- ۳- برآیند در راستای محور  $y$  را به دست می‌آوریم. ( $R_y$ )
- ۴- برآیند بردارها را از رابطه  $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$  به دست می‌آوریم.





$$\begin{cases} R_x = A_{1x} - A_{2x} - A_{3x} \\ R_y = A_{1y} + A_{2y} - A_{3y} \end{cases}$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

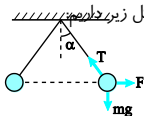


## آونگ الکتریکی

## کارت ۸

## فصل ۱

فرض کنید دو گلوله به جرم‌های  $m_1$  و  $m_2$  که بار آنها  $q_1$  و  $q_2$  است را توسط دو نخ هم طول عایق به نقطه‌ای از سقف بسته‌ایم. در صورتی که بارها هم‌نام باشند، هر یک از گلوله‌ها تحت اثر نیروی وزن ( $mg$ )، کشش نخ ( $T$ ) و نیروی دافعه کولنی ( $F$ ) قرار می‌گیرد. با توجه به شکل زیر در مورد در صورتی که آونگ در تعادل باشد:



$$\begin{cases} \text{نیرو در } x = 0 \\ \text{راستای } y = 0 \\ \text{نیرو در راستای } x = 0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} F = T \sin \alpha \\ mg = T \cos \alpha \end{cases}$$

بنابراین اندازه نیروی کشش طناب بر حسب  $mg$  و  $F$  برابر است با:



$$T = \sqrt{(mg)^2 + F^2}$$

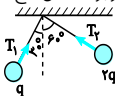




## آونگ الکتریکی

کارت ۸  
فصل ۱

۱) در شکل زیر آونگ الکتریکی باردار و هم طول، در حالت تعادل قرار دارند. کشش نخ  $T_1$  چند برابر کشش نخ  $T_2$



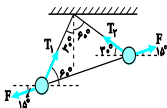
است؟ (سراسری ریاضی - ۹۵)

- |                      |     |               |     |
|----------------------|-----|---------------|-----|
| $\frac{\sqrt{3}}{3}$ | (۲) | $\frac{1}{2}$ | (۱) |
| ۲                    | (۴) | $\sqrt{3}$    | (۳) |

پاسخ

۱) گزینه «۳»

ابتدا نیروها را در راستای  $x$  تجزیه می‌کنیم. برای هر بار شرط آن که آونگ در تعادل باشد این است که برآیند در راستای محور  $x$  و  $y$  صفر شوند، بنابراین:



برای

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{بار اول} \\ \text{برای} \\ \text{بار دوم} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} F \cos 15^\circ = T_1 \cos 60^\circ \\ F \cos 15^\circ = T_2 \cos 30^\circ \end{array} \right.$$



$$\rightarrow \frac{T_1 \times \frac{2}{2}}{T_2 \times \frac{\sqrt{3}}{2}} = 1 \rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \sqrt{3}$$



## برآیند نیروهای الکتریکی

### کارت ۹

### فصل ۱

**اصل برهم‌نهی نیروهای الکتروستاتیکی:** نیروی الکتریکی وارد بر هر ذره برآیند نیروهایی است که هر یک از ذره‌های دیگر در غیاب سایر ذره‌ها، بر آن ذره وارد می‌کنند.

فرض کنید  $n$  ذره باردار داشته باشیم که در نزدیکی بار نقطه‌ای  $q_0$  قرار دارند. نیروی خالص (برآیند) وارد بر بار نقطه‌ای  $q_0$  از جمع برداری زیر به دست می‌آید:

$$\vec{F}_{T_0} = \vec{F}_{10} + \vec{F}_{20} + \vec{F}_{30} + \dots + \vec{F}_{n_0}$$

**نکته ۱:** در صورتی که بارها در یک راستا قرار داشته باشند، برآیند نیروی الکتریکی وارد بر بار نقطه‌ای  $q_0$  برابر است با جمع جبری نیروها

$$F_{T_0} = F_{10} + F_{20} + F_{30} + \dots + F_{n_0}$$

**نکته ۲:** در صورتی که برآیند دو نیرو صفر باشد آن‌گاه آن دو نیرو الزاماً هم اندازه و در خلاف جهت هم هستند.



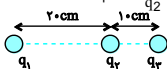
## برآیند نیروهای الکتریکی

کارت ۹

فصل ۱

۱) در شکل زیر، برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر هر یک از

بارهای نقطه‌ای برابر صفر است. کدام است؟  $\frac{q_3}{q_2}$



(سراسری تجربی-۹۳)

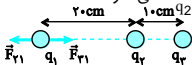
+4	(۲)	-4	(۱)
$+\frac{9}{4}$	(۴)	$-\frac{9}{4}$	(۳)

پاسخ

۱) گزینه «۳»

برآیند دو نیروی الکتریکی وارد بر بار  $q_1$  برابر صفر است بنابراین نیروهای  $F_{21}$  و  $F_{31}$  هم اندازه و در خلاف جهت هم هستند. با توجه به خلاف جهت هم بودن دو نیرو، بارهای

$q_2$  و  $q_3$  ناهم نام هستند یعنی  $\frac{q_3}{q_2}$  منفی خواهد شد.



قانون  
کولن



$$|F_{21}| = |F_{31}| \rightarrow \frac{kq_2q_1}{r_2^2} = \frac{kq_3q_1}{r_3^2} \rightarrow \frac{q_2}{q_3} = \frac{r_2^2}{r_3^2}$$

$$\frac{r_2=20\text{cm}}{r_3=30\text{cm}} \rightarrow \frac{q_3}{q_2} = \frac{9}{4} \xrightarrow[\text{بارها}]{\text{با توجه به علامت}} \frac{q_3}{q_2} = -\frac{9}{4}$$



## برآیند نیروهای الکتریکی ناشی از بارهای غیرهم‌راستا

کارت ۱۰  
فصل ۱

در صورتی که بارها در یک راستا قرار نداشته باشند، برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار نقطه‌ای  $q_0$  را به صورت زیر محاسبه می‌کنیم:

۱- تک تک نیروها را در راستای محور  $x$  و  $y$  تجزیه می‌کنیم.

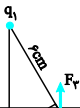
۲- برآیند نیروها را در راستای محور  $x$  به دست می‌آوریم.  
( $F_x$ )

۳- برآیند نیروها را در راستای محور  $y$  به دست می‌آوریم.  
( $F_y$ )

۴- برآیند نیروهای وارد بر  $q_0$  برابر است با:  
$$F_T = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

۱) در شکل زیر سه بار نقطه‌ای در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ای ثابت شده‌اند. اگر برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار  $q_3$  موازی خط واصل  $q_1, q_2$  باشد،  $F_3$  چند نیوتون است؟

(سراسری تجربی - ۹۶)



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



$$8\sqrt{5} \quad (1)$$

$$12\sqrt{5} \quad (2)$$

$$16\sqrt{5} \quad (3)$$

$$20\sqrt{5} \quad (4)$$



## بر آیند نیروهای الکتریکی ناشی از بارهای غیرهم راستا

کارت ۱۰

فصل ۱



۱) گزینه‌ی «۴»؛ ابتدا نیروهای  $F_{13}$  و  $F_{23}$  را در راستای  $x$  و  $y$  تجزیه می‌کنیم:

$$\vec{F}_{13} = -F_{13} \sin \alpha \vec{i} + F_{13} \cos \alpha \vec{j}$$

$$\vec{F}_{23} = F_{23} \cos \alpha \vec{i} + F_{23} \sin \alpha \vec{j}$$

از رابطه فیثاغورس استفاده می‌کنیم تا طول پاره‌خط واصل بین ۲ بار  $q_2, q_1$  را به دست آوریم:

$$\sqrt{6^2 + 3^2} = 3\sqrt{5} \text{ cm}$$

با توجه به تعریف  $\cos \alpha, \sin \alpha$  در مثلث قائم‌الزاویه داریم:

$$\sin \alpha = \frac{\sqrt{5}}{5}, \quad \cos \alpha = \frac{2\sqrt{5}}{5}$$

بر آیند دو نیروی  $F_{13}$  و  $F_{23}$  روی محور  $y$  قرار دارد بنابراین بر آیند دو نیروی مذکور در راستای  $x$  برابر صفر و در راستای  $y$  برابر  $F_3$  است. پس:

$$x \text{ راستای: } -F_{13} \sin \alpha + F_{23} \cos \alpha = 0$$

$$\rightarrow \frac{kq_1q_3}{10^{-4} \times 6^2} \times \frac{\sqrt{5}}{5} = \frac{kq_2q_3}{3^2 \times 10^{-4}} \times \frac{2\sqrt{5}}{5} \quad \frac{q_3 = 2\mu\text{C}}{q_2 = 1\mu\text{C}} \rightarrow q_1 = 8\mu\text{C}$$

$$y \text{ راستای: } F_{13} \cos \alpha + F_{23} \sin \alpha = F_3$$

$$\rightarrow k \frac{q_1q_3}{6^2 \times 10^{-4}} \times \frac{2\sqrt{5}}{5} + k \frac{q_2q_3}{3^2 \times 10^{-4}} \times \frac{\sqrt{5}}{5} = F_3 \rightarrow$$





$$F_3 = 9 \times 10^9 \times \frac{16 \times 10^{-12}}{36 \times 10^{-4}} \times \frac{2\sqrt{5}}{5} + 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-12}}{9 \times 10^{-4}} \times \frac{\sqrt{5}}{5} = 20\sqrt{5} \text{ N}$$



## میدان الکتریکی

کارت ۱۱

فصل ۱

**میدان الکتریکی:** هر بار الکتریکی در اطراف خود خاصیتی ایجاد می‌کند که توسط آن می‌تواند به هر بار الکتریکی دیگری در اطراف خود نیرو وارد نماید به این خاصیت میدان الکتریکی می‌گوییم.

\* طبق قرارداد، شدت میدان الکتریکی در یک فاصله معین از یک بار الکتریکی برابر است با نیرویی که بار الکتریکی به بار مثبت یک کولنی (بار آزمون) در آن فاصله وارد می‌نماید و داریم:

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

که در آن  $q_0$ ، مقدار الکتریکی بار آزمون بر حسب C و F نیروی وارد بر بار آزمون از طرف بار الکتریکی بر حسب N است.

**نکته ۱:** یکای میدان الکتریکی در SI،  $\frac{N}{C}$  است.

**نکته ۲:** میدان الکتریکی کمیتی برداری می‌باشد که جهت آن همواره هم‌راستا و هم جهت با نیرویی است که بار الکتریکی به بار آزمون  $+1C$  وارد می‌کند.





## میدان الکتریکی

### کارت ۱۱

### فصل ۱

۱) بار  $q_0 = 4 \times 10^{-6} \text{C}$  در فاصله  $6 \text{cm}$  از گوی با بار  $3 \times 10^{-6} \text{C}$  قرار گرفته است. گوی به بار نیروی  $F = 32 \text{N}$  وارد می‌کند.

آ) میدان بار الکتریکی در محل بار آزمون را تعیین کنید.

ب) اگر بار  $5 \times 10^{-6} \text{C}$  را به جای  $q_0$  قرار دهیم، چه نیرویی به آن وارد می‌شود؟

پاسخ

۱)

آ) از رابطه  $F = Eq_0$  داریم:

$$E = \frac{F}{q_0} = \frac{32}{4 \times 10^{-6}} = 8 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

ب) از رابطه  $F = Eq_0$  استفاده می‌کنیم:

$$F = q_0 E = (5 \times 10^{-6}) \times (8 \times 10^6) = 40 \text{N}$$



## میدان الکتریکی حاصل از یک ذره باردار

کارت ۱۲  
فصل ۱

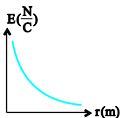
می‌خواهیم میدان الکتریکی ناشی از ذره‌ای با بار  $q$  را در نقطه  $A$  که به فاصله  $r$  از بار  $q$  قرار دارد محاسبه کنیم. اگر بار آزمون  $q_0$  در نقطه  $A$  قرار گیرد، اندازه نیرویی که بار  $q$  به بار آزمون  $q_0$  وارد می‌کند،  $F$ ، طبق

$$F = k \frac{|q|q_0}{r^2} \quad \text{قانون کولن برابر است با:}$$

با جای‌گذاری مقدار  $F$  در رابطه  $E = \frac{F}{q_0}$  داریم:

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

**نکته ۱:** با توجه به رابطه فوق، نمودار  $E$  بر حسب  $r$  به صورت مقابل خواهد شد:



**نکته ۲:** با توجه به نمودار فوق با افزایش فاصله (افزایش  $r$ ) اندازه میدان الکتریکی کاهش می‌یابد به طوری که در فاصله‌های دور اندازه میدان الکتریکی صفر می‌شود.

**نکته ۳:** با توجه به نمودار فوق با افزایش  $r$  شدت تغییرات میدان الکتریکی  $\left(\frac{\Delta E}{\Delta r}\right)$  کاهش می‌یابد.



## میدان الکتریکی حاصل از

## کارت ۱۲

### یک ذره باردار

- ۱) اندازه میدان الکتریکی حاصل از بار الکتریکی نقطه‌ای  $q$  در فاصله  $4r$  از آن برابر با  $\frac{N}{C}100$  است. اگر اندازه بار الکتریکی را دو برابر کنیم، در  $\frac{1}{3}$  فاصله قبلی از بار، اندازه میدان الکتریکی چند نیوتون بر کولن خواهد بود؟ (آزمون کانون ۹۲)
- ۲) رابطه تغییرات میدان الکتریکی نسبت به تغییرات فاصله از بار، فاصله  $(\frac{\Delta E}{\Delta r})$  را بیابید.

پاسخ

- ۱) از نسبت میدان‌های الکتریکی استفاده می‌کنیم:

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{q_2}{q_1} \times \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \rightarrow \frac{E_2}{100} = 2 \times \left(\frac{1}{3}\right)^2 \rightarrow E_2 = 1800 \frac{N}{C}$$

- ۲) با فرض این که فاصله اولیه  $r_1$  و فاصله ثانویه  $r_2$  باشد داریم:

$$E_2 = \frac{kq}{r_2^2}, E_1 = \frac{kq}{r_1^2} \rightarrow \Delta E = E_2 - E_1 = kq \left( \frac{r_1^2 - r_2^2}{r_1^2 r_2^2} \right)$$

$$\rightarrow \frac{\Delta E}{\Delta r} = kq \frac{(r_1 - r_2)(r_1 + r_2)}{\Delta r r_1^2 r_2^2} = kq \frac{-(r_1 + r_2)}{r_1^2 r_2^2}$$



در صورتی که تغییرات  $r$  بسیار ناچیز باشد ( $\Delta r \ll 1$ )

توان

$$r_1 \square r_2 \rightarrow \frac{\Delta E}{\Delta r} = -kq \frac{r_1 + r_2}{r_1^4} = \frac{-2kq}{r_1^3} \quad (\Delta r \ll 1) \quad \text{فرض کرد:}$$



## برآیند میدان‌های الکتریکی

### کارت ۱۳

### فصل ۱

\* میدان الکتریکی ناشی از چند بار الکتریکی در نقطه‌ای از فضا، برابر مجموع میدان‌هایی است که هر بار در نبود سایر بارها در آن نقطه از فضا ایجاد می‌کند یعنی:

$$\vec{E} = \vec{E}_{10} + \vec{E}_{20} + \dots + \vec{E}_{n0}$$

برآیند میدان‌های الکتریکی ناشی از چند بار الکتریکی در نقطه‌ای از فضا را به صورت زیر محاسبه می‌کنیم:

۱- در صورتی که بردار میدان در راستای محور  $x$  یا  $y$  نبوده، آن را تجزیه می‌کنیم.

۲- برآیند میدان‌ها در راستای محور  $x$  را به دست می‌آوریم. ( $E_x$ )

۳- برآیند میدان‌ها در راستای محور  $y$  را به دست می‌آوریم. ( $E_y$ )

۴- برآیند میدان کل  $E_T$  برابر است با:  $E_T = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$

**نکته ۱:** در صورتی که بارها در یک راستا قرار داشته باشند، برآیند میدان الکتریکی ناشی از بارها در نقطه‌ای هم‌راستا با بارها، برابر است با جمع جبری میدان‌های الکتریکی یعنی:

$$E_{T0} = E_{10} + E_{20} + \dots + E_{n0}$$



## برآیند میدان‌های الکتریکی

کارت ۱۳

فصل ۱

۱) بارهای الکتریکی نقطه‌ای  $4\mu\text{C}$  و  $-8\mu\text{C}$  روی محور  $x$  به ترتیب در مکان‌های  $x = 6\text{cm}$  و  $x = 12\text{cm}$  قرار دارند. بار نقطه‌ای چند میکروکولن را باید در مکان  $x = 18\text{cm}$  قرار داد تا میدان الکتریکی در مبدأ محور  $x$  برابر صفر شود؟

(سراسری خارج از کشور تجربی ۹۴)

$$(1) \quad -54 \quad (2) \quad -18 \quad (3) \quad 18 \quad (4) \quad 54$$

پاسخ

۱) گزینه‌ی «۲»

برآیند میدان‌ها را در مبدأ محاسبه می‌کنیم:



$$E_1 - E_2 + E_3 = 0$$

$$E_1 = \frac{k \times 4 \times 10^{-6}}{6^2 \times 10^{-4}}, \quad E_2 = \frac{k \times 8 \times 10^{-6}}{12^2 \times 10^{-4}}, \quad E_3 = \frac{k \times q}{18^2 \times 10^{-4}}$$

$$\rightarrow \frac{k \times 10^{-2}}{9} - \frac{k \times 10^{-2}}{18} + \frac{k \times q}{18^2 \times 10^{-4}} = 0 \rightarrow \frac{q}{18^2 \times 10^{-4}} = -\frac{10^{-2}}{18}$$

$$\Rightarrow q = -18 \times 10^{-6} \text{C} = -18\mu\text{C}$$





با توجه به این که اندازه میدان  $E_3$  منفی می شود پس جهت میدان  $E_3$  هم جهت با میدان  $E_2$  است بنابراین بار  $q$  منفی خواهد شد.



## ویژگی‌های خطوط میدان الکتریکی اطراف بار نقطه‌ای

کارت ۱۴

فصل ۱

ویژگی‌های خطوط میدان الکتریکی:

- ۱- خطوط میدان الکتریکی برای بار مثبت به طرف خارج بار و برای بار منفی به طرف داخل بار است. (شکل ۱ و ۲)

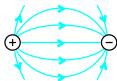


(۱)



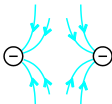
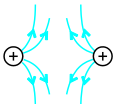
(۲)

- نکته ۱: خطوط میدان الکتریکی حاصل از دو بار مساوی غیر هم‌نام به صورت زیر است. (شکل ۳)



(۳)

- نکته ۲: خطوط میدان الکتریکی حاصل از دو بار مساوی هم‌نام به صورت زیر است. (شکل ۴ و ۵)





## ویژگی‌های خطوط میدان الکتریکی اطراف بار نقطه‌ای

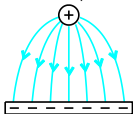
## کارت ۱۴ فصل ۱

- (۱) آ خطوط میدان الکتریکی حاصل از بار مثبت و صفحه با بار منفی را رسم کنید.
- (ب) خطوط میدان الکتریکی حاصل از بار منفی و صفحه با بار مثبت را رسم کنید.

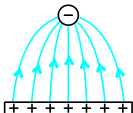
پاسخ

(۱)

- (آ) با توجه به این که صفحه دارای بار منفی از بی‌شمار بار منفی تشکیل شده است و هم‌چنین خطوط میدان همواره از بار مثبت خارج و به بار منفی وارد می‌شوند داریم:



(ب) مشابه حالت آ داریم:

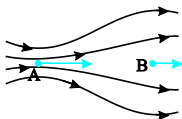




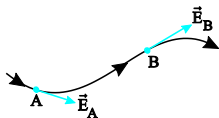
## قاعده‌های رسم خطوط میدان الکتریکی

کارت ۱۵  
فصل ۱

\* در هر نقطه‌ای از فضا که تراکم خطوط میدان الکتریکی بیشتر باشد، میدان قوی‌تر می‌باشد، به عنوان مثال در شکل زیر  $E_A > E_B$  می‌باشد.



بردار میدان الکتریکی در هر نقطه برداری است مماس بر خطوط میدان الکتریکی و هم جهت با آن.



خطوط میدان برآیند هرگز یکدیگر را قطع نمی‌کنند.



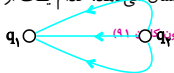
در آرایشی از بارها خطوط میدان الکتریکی از بارهای مثبت شروع و به بارهای منفی ختم می‌شوند.



## قاعده‌های رسم خطوط میدان الکتریکی

کارت ۱۵  
فصل ۱

۱) شکل زیر سه خط میدان الکتریکی حاصل از دو بار الکتریکی نقطه‌ای  $q_1$  و  $q_2$  را نشان می‌دهد. کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟ (آزمون کل ۹۱)



۱)  $q_1$  مثبت و  $q_2$  منفی،  $|q_1| > |q_2|$

۲)  $q_1$  منفی و  $q_2$  مثبت،  $|q_1| > |q_2|$

۳)  $q_1$  مثبت و  $q_2$  منفی،  $|q_1| < |q_2|$

۴)  $q_1$  منفی و  $q_2$  مثبت،  $|q_1| < |q_2|$

پاسخ

۱) گزینه «۲»

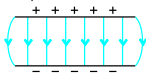
خطوط میدان از  $q_2$  به  $q_1$  است پس  $q_2$  مثبت و  $q_1$  منفی است. در فاصله یکسان، تراکم خطوط میدان اطراف بار  $q_1$  بیش‌تر است بنابراین میدان اطراف  $q_1$  بزرگ‌تر از میدان اطراف  $q_2$  است پس:  $|q_1| > |q_2|$



## نیروهای الکتریکی وارد بر بار در میدان الکتریکی

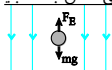
## کارت ۱۶ فصل ۱

**میدان الکتریکی یکنواخت:** ناحیه‌ای از فضا که بزرگی میدان الکتریکی در تمام نقاط آن یکسان باشد و خطوط میدان الکتریکی در آن هم‌راستا، هم‌جهت و هم‌فاصله باشند را میدان الکتریکی یکنواخت می‌گوییم.



**نیروی الکتریکی وارد بر بار الکتریکی در یک میدان الکتریکی:**  
از طرف میدان الکتریکی  $E$  به بار  $q$  نیرویی وارد می‌شود که بزرگی آن از رابطهٔ روبه‌رو به دست می‌آید:  $F = |q|E$   
**نکتهٔ ۱:** در صورتی که  $q$  مثبت باشد، نیرو در جهت  $\vec{E}$  خواهد بود و در صورتی که  $q$  منفی باشد، نیرو در خلاف جهت  $\vec{E}$  خواهد بود.

**نکتهٔ ۲:** در صورتی که اثر میدان گرانش زمین را در نظر بگیریم، برای آن که بار در میدان الکتریکی معلق بماند باید برآیند نیروهای وارد بر آن صفر باشد.





$$E_e = mg$$

$$\rightarrow E |q| = mg \rightarrow |q| = \frac{mg}{E}, |q| = ne \rightarrow ne = \frac{mg}{E}$$





## نیروهای الکتریکی وارد بر بار در میدان الکتریکی

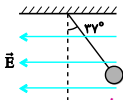
## کارت ۱۶ فصل ۱

۱) مطابق شکل گلوله کوچک بارداری به جرم ۱۲ گرم، توسط یک نخ سبک و خنثی از نقطه  $O$  آویزان شده و در میدان الکتریکی یکنواختی به بزرگی  $2 \times 10^4 \frac{N}{C}$  در حالت تعادل قرار دارد. بار الکتریکی گلوله چند میکروکولن است؟

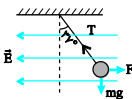
(آزمون کانون ۹۲)

$$g = 10 \frac{N}{kg}$$

$$\sin 37^\circ = 0/6$$



پاسخ



۱) نیروی  $T$  را تجزیه می‌کنیم. برای آن که جسم در تعادل باشد باید جهت  $F$  به سمت راست باشد. چون  $F$  در خلاف جهت  $E$  است پس بار منفی است.

$$X \quad \left\{ \begin{array}{l} F = T \sin 37^\circ \\ mg = T \cos 37^\circ \end{array} \right. \text{را استای}$$

از تقسیم دو رابطه داریم:



$$\frac{E|q|}{mg} = \tan 37^\circ \rightarrow |q| = \frac{mg \tan 37^\circ}{E} = \frac{12 \times 10^{-3} \times 10 \times \frac{3}{4}}{2 \times 10^4} = 4/5 \mu\text{C}$$

$$q = -4/5 \mu\text{C}$$



## انرژی پتانسیل الکتریکی

کارت ۱۷

فصل ۱

تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی: حداقل کاری که انجام می‌دهیم تا بار را با سرعت ثابت در میدان الکتریکی از نقطه اول به نقطه دوم جابه‌جا کنیم.

\* کار نیروی الکتریکی وارد بر یک ذره باردار در میدان الکتریکی  $\vec{E}$  در یک جابه‌جایی مشخص برابر منفی تغییر انرژی پتانسیل در همان جابه‌جایی است یعنی:

$$W_E = -\Delta U_E$$

تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی یک بار ذره‌ای در میدان الکتریکی یکنواخت:

تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار ذره‌ای  $q$  چنین محاسبه

$$\Delta U_E = -W_E = -|q|Ed \cos \theta$$

می‌شود: که در آن،  $\theta$  زاویه بین نیروی  $F$  و جابه‌جایی  $d$  است.

هم‌چنین بار الکتریکی ( $q$ ) بر حسب کولن (C)، بزرگی

میدان الکتریکی ( $E$ ) بر حسب نیوتون بر کولن ( $\frac{N}{C}$ ) اندازه

جابه‌جایی ( $d$ ) بر حسب متر ( $m$ ) متر و تغییر انرژی

پتانسیل الکتریکی ( $\Delta U_E$ ) بر حسب ژول (J) است.

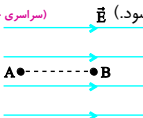


## انرژی پتانسیل الکتریکی

کارت ۱۷

فصل ۱

۱) در شکل زیر در میدان الکتریکی یکنواخت  $\frac{N}{C} 10^5$  ذره‌ای با بار الکتریکی  $q = -5\mu C$  در نقطه B بدون سرعت اولیه رها می‌شود. وقتی این ذره در مسیر مستقیم، ۲۰ سانتی‌متر جابه‌جا شده و به نقطه A می‌رسد، انرژی جنبشی آن چند ژول می‌شود؟ (از اثر گرانش و نیروهای مقاوم در مقابل حرکت ذره صرف‌نظر شود.)  $\vec{E}$  (سراسری خارج از کشور ۹۴)



0/1 (۱)

0/5 (۲)

0/01 (۳)

0/05 (۴)

پاسخ

۱) گزینه «۱»

در این جابه‌جایی انرژی پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد و به انرژی جنبشی تبدیل می‌شود.

$$\Delta K = -\Delta U$$

$$\Delta K = -qEd \xrightarrow[\substack{q=-5\mu C \\ E=10^5 \frac{N}{C}}]{\substack{d=0.20 \text{ m}}} \Delta K = 0/1 \text{ J}$$



چون در لحظهٔ رها شدن  $K = 0$  است بنابراین تمام انرژی پتانسیل الکتریکی به انرژی جنبشی ذره تبدیل شده است:

$$\Delta K = K_2 - K_1 \xrightarrow{K_1=0} \Delta K = K_2 = 0 \text{ J}$$

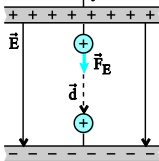


## تغییرات انرژی پتانسیل بار مثبت در میدان الکتریکی

کارت ۱۸

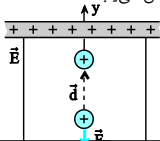
فصل ۱

۱- بار مثبت در جهت میدان الکتریکی  $\vec{E}$  حرکت کند:  
میدان الکتریکی کار مثبت  $W_E$  را روی بار انجام می‌دهد.  
انرژی پتانسیل الکتریکی  $U_E$  کاهش می‌یابد.



۲- بار مثبت در خلاف جهت میدان الکتریکی  $\vec{E}$  حرکت کند:

میدان الکتریکی کار منفی  $W_E$  را روی بار انجام می‌دهد.  
انرژی پتانسیل الکتریکی  $U_E$  افزایش می‌یابد.





## تغییرات انرژی پتانسیل بار مثبت در میدان الکتریکی

## کارت ۱۸ فصل ۱

۱) مطابق شکل زیر دو صفحهٔ رسانا با بارهای هم‌اندازه و ناهم‌نام در فاصلهٔ 5cm از یکدیگر قرار گرفته‌اند و میدان الکتریکی یکنواخت E به بزرگی  $10^4 \frac{N}{m}$  بین دو صفحه ایجاد شده است. اگر پروتونی را از کنار صفحه با بار مثبت رها کنیم، سرعت آن هنگامی که به صفحه با بار منفی می‌رسد چند متر بر ثانیه است؟ (بار پروتون  $e_p = 1/6 \times 10^{-19} C$  و جرم پروتون  $m_p = 2 \times 10^{-27} kg$ )



پاسخ

۱) بار مثبت در صورتی که در جهت میدان حرکت کند انرژی پتانسیل آن کاهش می‌یابد بنابراین:

$$\Delta U = -Eqd = -10^4 \times 1/6 \times 10^{-19} \times 5 \times 10^{-2} = -8 \times 10^{-17} J$$

طبق پایستگی انرژی مکانیکی:

$$\Delta K = -\Delta U_E = -(-8 \times 10^{-17}) = 8 \times 10^{-17} J$$

$$\Delta K = K_2 - K_1 \xrightarrow[v_1=0]{K_1=0} \Delta K = K_2 = \frac{1}{2} mv^2$$



$$\rightarrow 8 \times 10^{-17} = \frac{1}{2} \times 2 \times 10^{-27} v^2 \rightarrow v^2 = 8 \times 10^{10} \rightarrow v = 2\sqrt{2} \times 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

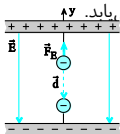




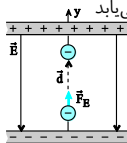
## تغییرات انرژی پتانسیل بار منفی در میدان الکتریکی

## کارت ۱۹ فصل ۱

۱- بار منفی در جهت میدان الکتریکی  $\vec{E}$  حرکت کند: میدان الکتریکی کار منفی  $W_E$  را روی بار انجام می‌دهد. انرژی پتانسیل الکتریکی  $U_E$  افزایش می‌یابد.



۲- بار منفی در خلاف جهت میدان الکتریکی  $\vec{E}$  حرکت کند: میدان الکتریکی کار مثبت  $W_E$  را روی بار انجام می‌دهد. انرژی پتانسیل الکتریکی  $U_E$  کاهش می‌یابد.



۳- بار الکتریکی عمود بر خط میدان الکتریکی جابه‌جا شود:



در این صورت کار انجام گرفته توسط این نیروها صفر می‌باشد و تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی بار صفر خواهد شد.



## تغییرات انرژی پتانسیل بار منفی در میدان الکتریکی

## کارت ۱۹ فصل ۱

۱) مطابق شکل زیر، بار الکتریکی نقطه‌ای  $q < 0$  به جرم  $20g$  را در یک میدان الکتریکی یکنواخت قائم از نقطه  $A$  رها می‌کنیم و بار با سرعت  $3 \frac{m}{s}$  از نقطه  $B$  عبور می‌کند. اگر طی این جابه‌جایی، کار نیروی وزن  $\frac{1}{5}$  کار نیروی الکتریکی باشد، کار نیروی الکتریکی چند میلی ژول است؟



پاسخ  
(۱)

$$\Delta K = K_B = \frac{1}{2} m v_B^2 = \frac{1}{2} \times 20 \times 10^{-3} \times 3^2 \rightarrow \Delta K = 9 \times 10^{-2} J$$

طبق قضیه کار و انرژی جنبشی ( $W_t = \Delta K$ ) و این که در صورتی که بار منفی در خلاف جهت میدان حرکت کند، میدان الکتریکی کار مثبت  $W_E$  را روی بار انجام می‌دهد داریم:



$$W_g + W_E = \Delta K \xrightarrow{W_g = \frac{1}{5} W_E} \frac{6}{5} W_E = 9 \times 10^{-2}$$

$$\rightarrow W_E = 75 \times 10^{-3} \text{ J} = 75 \text{ mJ}$$



## پتانسیل الکتریکی

کارت ۲۰

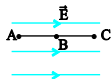
فصل ۱

\* نسبت انرژی پتانسیل به بار ذره، مستقل از نوع و اندازه بار الکتریکی است. به این نسبت، اختلاف پتانسیل الکتریکی دو نقطه‌ای می‌گوییم که ذره میان آن‌ها جابه‌جا شده است و آن را با  $\Delta V$  نمایش می‌دهیم. اگر ذره از نقطه (۱) به نقطه (۲) جابه‌جا شده باشد

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

که در آن اختلاف پتانسیل الکتریکی ( $\Delta V$ ) بر حسب ژول بر کولن ( $\frac{J}{C}$ ) است که آن را به افتخار الساندرو ولتا، ولت می‌نامند و با نماد  $V$  نمایش می‌دهند.

**نکته ۱:** انرژی پتانسیل برای یک بار الکتریکی تعریف می‌شود اما پتانسیل الکتریکی برای یک نقطه از میدان الکتریکی تعریف می‌شود.



**نکته ۲:** مستقل از نوع بار الکتریکی، اگر در جهت میدان حرکت کنیم، از پتانسیل بیش‌تر به پتانسیل کم‌تر رفته‌ایم.

$$V_A > V_B > V_C$$

**نکته ۳:** نقاطی از صفحه که پتانسیل الکتریکی آن‌ها با هم برابر باشد را سطوح هم‌پتانسیل می‌نامیم بنابراین هر



صفحه که عمود بر خطوط میدان الکتریکی باشد سطح هم پتانسیل نامیده می‌شود.

**نکته ۴:** برای حل مسائل، علامت بار الکتریکی را حتماً در رابطه قرار می‌دهیم.



## پتانسیل الکتریکی

کارت ۲۰

فصل ۱

۱) درون یک میدان الکتریکی یکنواخت، بار الکتریکی  $q = +2\mu\text{C}$  از نقطه A تا نقطه B جابه‌جا می‌شود. اگر کار نیروی الکتریکی در این انتقال، برابر  $5 \times 10^{-5} \text{ J}$  باشد، تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی بار  $q$  چند ژول است و  $V_B - V_A$  برابر چند ولت است؟

(سراسری ریاضی - ۹۶)

$$(۱) \quad -25, -5 \times 10^{-5} \quad (۲) \quad +25, -5 \times 10^{-5}$$

$$(۳) \quad -25, 5 \times 10^{-5} \quad (۴) \quad +25, 5 \times 10^{-5}$$

پاسخ

۱) گزینه «۱»

می‌دانیم کار نیروی الکتریکی منفی تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی در آن جابه‌جایی است پس:

$$\Delta U_e = -W_E = -5 \times 10^{-5} \text{ J}$$

با توجه به رابطه اختلاف پتانسیل الکتریکی داریم:



$$\Delta V = V_B - V_A = \frac{\Delta U_e}{q} = \frac{-5 \times 10^{-5}}{+2 \times 10^{-6}} = -25V$$





## رابطه اختلاف پتانسیل دو نقطه و اندازه میدان یکنواخت

## کارت ۲۱ فصل ۱

\* با توجه به این که اختلاف پتانسیل دو نقطه از میدان الکتریکی مستقل از نوع و اندازه بار جابه‌جا شده بین دو نقطه است پس می‌توان فرض کرد بار جابه‌جا شده بین دو نقطه مثبت است. با فرض این که بار مثبت را در جهت میدان الکتریکی یکنواخت  $\vec{E}$  به اندازه  $d$  جابه‌جا کنیم، طبق رابطه  $(\theta = 0)$  داریم:

$$\Delta U_E = -qEd \quad (1)$$

طبق رابطه اختلاف پتانسیل داریم:

$$\Delta U_E = q\Delta V \quad (2)$$

با مساوی قرار دادن روابط (۱) و (۲) داریم:

$$\Delta V = -Ed$$

**نکته ۱:** اگر بار در خلاف جهت میدان حرکت کند رابطه اختلاف پتانسیل و میدان یکنواخت به صورت زیر می‌شود:

$$\Delta V = Ed$$

**نکته ۲:** یکای میدان الکتریکی را ولت بر متر  $(\frac{V}{m})$  نیز می‌توان در نظر گرفت.



## رابطه اختلاف پتانسیل دو نقطه و اندازه میدان یکنواخت

کارت ۲۱  
فصل ۱

۱) بین دو صفحه موازی که به فاصله  $2\text{cm}$  از هم قرار دارند اختلاف پتانسیل الکتریکی  $500$  ولت ایجاد کرده‌ایم. اگر یک ذره آلفا بین این دو صفحه قرار گیرد، نیروی الکتریکی وارد بر آن چند نیوتون خواهد شد؟ (  $e = 1/6 \times 10^{-19}\text{C}$  و اندازه بار ذره آلفا دو برابر بار الکترون و علامت آن مثبت است.)

(سراسری ریاضی - ۹۵)

(۲)  $8 \times 10^{-15}$

(۱)  $8 \times 10^{-13}$

(۴)  $4 \times 10^{-15}$

(۳)  $4 \times 10^{-13}$

پاسخ

۱) گزینه «۲»

ابتدا اندازه میدان الکتریکی یکنواخت را به دست می‌آوریم:

$$|\Delta V| = Ed \rightarrow 500 = E \times 2 \times 10^{-2} \rightarrow E = 2/5 \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$



حال با استفاده از رابطه نیروی وارد بر بار در میدان الکتریکی  
یکنواخت، نیروی وارد بر ذره آلفا را به دست می‌آوریم:

$$F = |q|E = 2 \times 1/6 \times 10^{-19} \times 2/5 \times 10^4 = 8 \times 10^{-15} \text{ N}$$

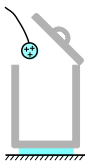


## توزیع بار الکتریکی در رسانا (آزمایش فاراده)

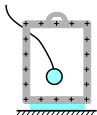
کارت ۲۲  
فصل ۱

**روش آزمایش:** ظرف رسانایی با درپوش فلزی را در نظر می‌گیریم که روی پایهٔ نارسانایی قرار دارد و روی درپوش آن دسته‌ای عایق نصب شده است. در ابتدا ظرف بدون بار است. یک گوی فلزی را که از نخ عایق آویزان است با باردار و سپس وارد ظرف می‌کنیم (شکل الف). گوی را با ظرف تماس می‌دهیم و درپوش فلزی را می‌بندیم (شکل ب). گوی را از ظرف خارج می‌کنیم و آن را به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک می‌کنیم. مشاهده می‌شود عقربهٔ الکتروسکوپ حرکت نمی‌کند (شکل پ).

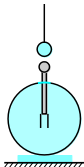
\* بنابر آزمایش فاراده می‌توان نتیجه گرفت بار اضافی یک رسانای منزوی روی سطح خارجی آن توزیع می‌شود.



(الف)



(ب)



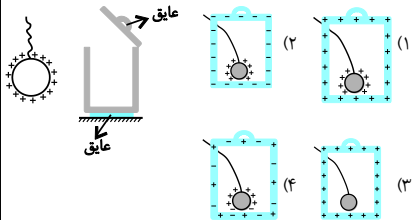
(پ)



## توزیع بار الکتریکی در رسانا (آزمایش فاراده)

## کارت ۲۲ فصل ۱

۱) مطابق شکل زیر، ظرف رسانایی با درپوش فلزی که دسته آن عایق است در اختیار داریم. ظرف در ابتدا بدون بار است. یک گوی فلزی باردار به وسیله نخ عایقی که به آن متصل است، وارد ظرف کرده و گوی را در کف آن قرار می‌دهیم و در ظرف را می‌بندیم. کدام شکل چگونگی توزیع بار در مجموعه گوی و ظرف را به درستی نشان می‌دهد؟



پاسخ

۱) گزینه «۳»

در الکتریسیته ساکن، بار یک رسانا بعد از ایجاد تعادل روی سطح خارجی آن توزیع می‌شود، بعد از اتصال گوی فلزی



باردار به ظرف، مجموع این دو جسم، یک جسم رسانا را تشکیل می‌دهند که بعد از ایجاد تعادل، بار آن‌ها فقط روی سطح خارجی مجموعه قرار می‌گیرد.

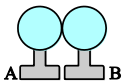


## القای بار الکتریکی

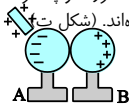
### کارت ۲۳

### فصل ۱

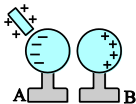
**القای بار الکتریکی:** از این روش برای باردار کردن اجسام رسانا استفاده می‌شود. دو کره فلزی خنثی با پایه‌های نارسانا را در نظر بگیرید (شکل آ). یک میله با بار مثبت به کره A نزدیک می‌کنیم (شکل ب) سپس بی آن که میله را جابه‌جا کنیم، کره B را از کره A جدا می‌کنیم (شکل پ) اکنون میله را از کره دور می‌کنیم در حالی که کره‌ها را به الکتروسکوپ نزدیک کنیم مشاهده می‌کنیم ورقه‌های الکتروسکوپ حرکت می‌کنند بنابراین کره‌ها باردار شده‌اند. (شکل ت)



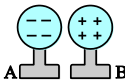
(ا)



(ب)



(پ)



(ت)



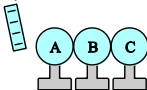
## القای بار الکتریکی

کارت ۲۳

فصل ۱

۱) مطابق شکل زیر، میله‌ای با بار الکتریکی منفی را به سه کره رسانای مشابه و خنثی  $C, B, A$  که در تماس با هم قرار دارند، نزدیک کرده و نگه می‌داریم. اگر پس از برقراری تعادل، کره  $B$  را از دو کره دیگر جدا کنیم و میله را دور کنیم، بار الکتریکی کره‌های  $C, B, A$  به ترتیب از راست به چپ کدام است؟

(آزمون کانون ۹۳)



پایه‌های عایق

۱) مثبت، مثبت، منفی

۲) منفی، مثبت، مثبت

۳) مثبت، خنثی، منفی

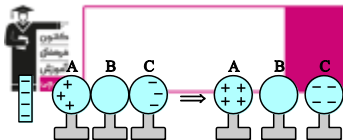
۴) منفی، خنثی، مثبت

پاسخ

۱) گزینه «۳»

وقتی میله‌ای با بار الکتریکی منفی را به کره رسانای  $A$  نزدیک می‌کنیم و نگه می‌داریم، توزیع بار در کره‌ها مطابق شکل زیر می‌شود، بنابراین با جدا کردن کره  $B$ ، این کره بدون بار الکتریکی (خنثی) شده و کره  $A$  بار مثبت و کره  $C$  بار منفی پیدا می‌کند.





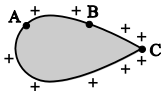
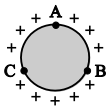


## میدان در داخل رسانا و تراکم بار روی سطح رسانا

کارت ۲۴  
فصل ۱

\* زمانی که یک رسانای خنثی را در یک میدان الکتریکی خارجی قرار می‌دهیم، بارها به گونه‌ای بر روی سطح خارجی رسانا القا می‌شود که میدان الکتریکی ناشی از آن اثر میدان خارجی را درون رسانا خنثی کند و در نتیجه میدان الکتریکی خالص درون رسانا صفر شود.

نحوه توزیع بار الکتریکی بر روی سطح خارجی رسانا، برای رساناهای مختلف می‌تواند متفاوت باشد. به عنوان مثال برای اجسام متقارن مانند کره توزیع بار روی سطح خارجی آن‌ها به طوری یکنواخت می‌باشد. اما برای اجسام دیگر در نقاط نوک تیز تراکم بار بیش‌تر از نقاط دیگر است.





## میدان در داخل رسانا و تراکم بار روی سطح رسانا

## کارت ۲۴ فصل ۱

- ۱) یک کره رسانا را داخل میدان الکتریکی یکنواخت قرار می‌دهیم. در حالت تعادل الکتروستاتیکی، شدت میدان الکتریکی در داخل کره ..... است.
- ۲) به دو کره کاملاً مشابه که یکی نارسانا و دیگری رسانا است به یک اندازه بار الکتریکی می‌دهیم. درباره‌ی مقایسه تراکم سطحی بار الکتریکی دو کره چه می‌توان گفت؟

### پاسخ

- ۱) میدان درون رسانایی که در تعادل الکتروستاتیکی است، برابر صفر است.
- ۲) وقتی به کره نارسانا بار الکتریکی داده می‌شود بار در نقطه تماس باقی می‌ماند. اما وقتی به کره رسانا بار الکتریکی داده می‌شود، بار در کل سطح خارجی کره به‌طور یکسان



توزیع می‌شود. بنابراین تراکم بار در برخی قسمت‌های کره نارسانا که همان نقطه تماس است بیش‌تر است.



## خازن

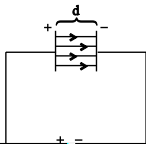
## کارت ۲۵

## فصل ۱

**باردار (شارژ) کردن خازن:** روش ساده و مرسوم برای باردار کردن خازن قرار دادن آن در مدار الکتریکی ساده‌ای است که دارای مولد (باتری) است. برای شارژ کردن یک خازن کفایت دو صفحه‌ی خازن را به دو سر یک مولد ببندیم. می‌دانیم صفحه‌ای که به پایانه مثبت وصل می‌شود دارای بار مثبت و صفحه دیگر دارای بار منفی می‌شود و این انتقال بار تا زمانی انجام می‌شود که صفحه مثبت با پایانه مثبت مولد هم‌پتانسیل و صفحه منفی با پایانه منفی هم‌پتانسیل شود. پس از آن که خازن به طور کامل شارژ شد، بزرگی بار دو صفحه با هم برابر و غیرهم‌نام می‌شوند یعنی اگر صفحه مثبت دارای بار  $+q$  باشد، صفحه دیگر دارای بار  $-q$  خواهد شد.

**نکته ۱:** پس از پر شدن خازن جریان الکتریکی در مدار قطع می‌شود.

**نکته ۲:** جهت میدان الکتریکی داخل خازن از صفحه مثبت به صفحه منفی می‌باشد.





## خازن

کارت ۲۵

فصل ۱

۱) با استفاده از مولد، خازنی را به طور کامل شارژ می‌کنیم. در صورتی که بار  $Q$  در خازن ذخیره شود، کدام یک از گزینه‌های زیر، بار روی صفحات خازن را به درستی نشان

می‌دهد؟

(آزمون کانون - ۹۵)

(۲)

(۱)

(۴)

(۳)

پاسخ

۱) گزینه «۳»

بار هر صفحه هم‌نام با پایانه‌ای از مولد است که به آن متصل می‌باشد. هم‌چنین بزرگی بار ذخیره شده روی هر



صفحه برابر است با بزرگی بار ذخیره شده در خازن. بنابراین گزینه «۳» درست می‌باشد.

### ظرفیت خازن

\* اگر اختلاف پتانسیل بین صفحه‌های خازن ( $\Delta V$ ) را زیاد کنیم، بار خازن ( $Q$ ) نیز به همان نسبت زیاد می‌شود، یعنی نسبت  $\frac{Q}{\Delta V}$  همواره مقداری ثابت است. به این نسبت ثابت ظرفیت الکتریکی خازن یا به اختصار ظرفیت خازن می‌گوییم. ظرفیت خازن را با نماد  $C$  نمایش

می‌دهیم و از رابطهٔ روبه‌رو محاسبه می‌شود:  $C = \frac{Q}{V}$

که در آن  $Q$  بار الکتریکی بر حسب کولن ( $C$ ) و  $V$  اختلاف پتانسیل دو سر خازن بر حسب ولت ( $V$ ) است.



**نکته ۱.** واحد (یکای) ظرفیت خازن در SI کولن بر ولت  $(\frac{C}{V})$

است که به پاس خدمات مایکل فاراده، آن را فاراد (F) نامیدند.

فاراد یکای بسیار بزرگی است و عملاً ظرفیت اکثر خازن‌های متداول در محدودهٔ پیکوفاراد ( $10^{-12}F$ ) تا میلی فاراد ( $10^{-3}F$ ) است.





## ظرفیت خازن

## کارت ۲۶

## فصل ۱

۱) صفحه‌های خازنی را به پایانه‌های مولدی با اختلاف پتانسیل 6V وصل می‌کنیم اگر بار صفحه مثبت خازن  $18\mu\text{C}$  باشد، ظرفیت خازن SI کدام است؟

- (۱)  $6 \times 10^{-6}$  (۲)  $3 \times 10^{-6}$  (۳) 6 (۴) 3

۲) اختلاف پتانسیل بین دو صفحه یک خازن تخت را از 48 ولت به 32 ولت کاهش می‌دهیم. اگر با این کار 12 میکروکولن از بار الکتریکی ذخیره شده در خازن کم شود، ظرفیت خازن چند میکروفاراد است؟

(آزمون کانون ۹۲)

- (۱) 1 (۲) 0/75 (۳) 1/25 (۴) 0/8

## پاسخ

۱) گزینه «۲»

بار صفحه مثبت خازن برابر بار صفحه منفی خازن و برابر بار خازن است. با استفاده از رابطه محاسبه ظرفیت خازن داریم:

$$C = \frac{18 \times 10^{-6}}{6} = 3 \times 10^{-6} \text{F}$$

۲) گزینه «۲»

ثاب  
ت



$$Q = CV \xrightarrow{C} \Delta Q = C \Delta V$$

$$-12 \times 10^{-6} = C \times (32 - 48) \rightarrow C = \frac{12 \times 10^{-6}}{16} = 0.75 \times 10^{-6} \text{ F} = 0.75 \mu\text{F}$$

**ظرفیت خازن با دی الکتریک**

### عوامل مؤثر بر ظرفیت خازن:

- ۱- ظرفیت خازن با مساحت صفحه‌ها نسبت مستقیم دارد.
- ۲- ظرفیت خازن با فاصله صفحه‌ها نسبت عکس دارد.
- ۳- ظرفیت خازن با ثابت دی‌الکتریک ماده عایق بین صفحات خازن نسبت مستقیم دارد.

بنابراین ظرفیت خازن را می‌توان به صورت زیر نوشت:

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

که در آن  $A$  مساحت صفحه‌ها بر حسب متر مربع ( $\text{m}^2$ )،  $d$  فاصله صفحه‌ها بر حسب متر ( $\text{m}$ )،  $k$  ثابت دی الکتریک ماده عایق و  $\epsilon_0$  ضریب گذردهی الکتریکی خلأ است.

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

**نکته ۱:** برای هوا یا خلأ  $k = 1$  می‌باشد و برای عایق‌های دیگر  $k > 1$  است.



**نکته ۲:** ظرفیت خازن به ولتاژ دو سر آن و یا بار روی صفحات خازن بستگی ندارد بلکه به شکل و ساختمان خازن بستگی دارد.

**نکته ۳:** ظرفیت خازن به جنس صفحات رسانای آن بستگی ندارد.



## ظرفیت خازن با دی الکتریک

کارت ۲۷

فصل ۱

۱) بین دو صفحه خازن مسطحی هوا است و دو سر آن به یک اختلاف پتانسیل الکتریکی ثابت وصل است. اگر با ثابت ماندن فاصله بین صفحات، یک تیغه شیشه‌ای بین آن صفحات قرار دهیم، بار الکتریکی خازن چگونه تغییر می‌کند؟

(سراسری ریاضی - ۸۵)

۱) ثابت می‌ماند.

۲) کاهش می‌یابد.

۳) افزایش می‌یابد.

۴) بسته به ضخامت شیشه ممکن است افزایش یا کاهش یابد.

پاسخ

۱) گزینه «۳»

با توجه به این که خازن به مولد متصل است پس اختلاف پتانسیل دو سر آن ثابت می‌ماند. با قرار دادن یک تیغه شیشه‌ای به جای هوا (یا  $k < k_0$ ) و طبق رابطه  $C = k\epsilon_0 \frac{A}{d}$  با ثابت ماندن سطح مقطع (A) و فاصله بین دو صفحه (d)، ظرفیت خازن افزایش می‌یابد. با



افزایش ظرفیت خازن و ثابت ماندن اختلاف پتانسیل طبق رابطه  $Q = CV$  بار ذخیره شده در خازن افزایش می‌یابد.



## فروریزش الکتریکی

کارت ۲۸

فصل ۱

**فروریزش الکتریکی:** برای هر دی الکتریکی بیشینه میدانی وجود دارد. در صورتی که میدان دی الکتریک از بیشینه آن بیش تر شود، دی الکتریک بین دو صفحه به طور موقت رسانا می شود و خاصیت عایقی خود را از دست می دهد. این پدیده را فروریزش الکتریکی می گویند.

\* به لحاظ میکروسکوپی فروریزش الکتریکی ناشی از کنده شدن الکترون های اتم ماده دی الکتریک توسط میدان الکتریکی و سپس رانده شدن این الکترون ها توسط میدان الکتریکی و ایجاد یک مسیر رسانایی درون دی الکتریک (موسوم به نقش های لیچنبرگ) است که با ایجاد جرقه همراه است و در بیش تر مواقع خازن را می سوزاند.

**قدرت دی الکتریک:** مقدار بیشینه میدان الکتریکی که دی الکتریک می تواند بدون فروریزش تحمل کند را قدرت دی الکتریک می گویند.

**نکته ۱:** قدرت دی الکتریک را معمولاً بر حسب  $\frac{kV}{mm}$  یا

$\frac{kV}{cm}$  بیان می کنند.



**پتانسیل فروریزش:** مقدار بیشینه اختلاف پتانسیل الکتریکی که دی الکتریک می تواند بدون فروریزش تحمل کند را پتانسیل فروریزش می گویند.



## فرو ریزش الکتریکی

کارت ۲۸

فصل ۱

۱) مساحت هر یک از صفحه‌های خازن تختی  $200\text{cm}^2$  و فاصله بین دو صفحه،  $0/59\text{mm}$  است. فضای بین صفحه‌ها را با شیشه پر می‌کنیم.

آ) در صورتی که شیشه در آستانه فرو ریزش الکتریکی باشد، بار روی هر یک از صفحات را بر حسب  $C$  به دست آورید.

ب) در صورتی که پتانسیلی بیش‌تر از پتانسیل فرو ریزش الکتریکی به خازن اعمال کنیم بار روی هر یک از صفحات را بر حسب  $C$  به دست آورید.

$$E \text{ (فرو ریزش)} = 5K, \quad K = 14 \frac{\text{kV}}{\text{mm}}$$

پاسخ

۱) آ) ابتدا ظرفیت خازن را محاسبه می‌کنیم.

$$C = K\epsilon_0 \frac{A}{d} = 5 \times 8/85 \times 10^{-12} \times \frac{2 \times 10^{-2}}{0/59 \times 10^{-3}} = 1/5 \text{ nF}$$

سپس پتانسیل فرو ریزش الکتریکی را محاسبه می‌کنیم:

$$V \times d = 14 \times 0/59 = 8/26 \text{ kV} \quad \text{فرو ریزش} = E$$

$$Q = CV \rightarrow Q = 1/5 \times 10^{-9} \times 8/26 \times 10^3 = 1/239 \times 10^{-5} \text{ C}$$

ب) در این حالت در دی الکتریک فرو ریزش رخ می‌دهد، بنابراین مسیری رسانا بین دو صفحه دی الکتریک ایجاد





می‌شود با توجه به این که بار روی صفحات با هم برابر و ناهم‌نام هستند بنابراین در اثر تماس پس از مدت کوتاهی، بار هر دو صفحه صفر خواهد شد.



## انرژی خازن

کارت ۲۹


فصل ۱

انرژی ذخیره شده در خازن از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$U = \frac{1}{2} QV$$

با استفاده از رابطه  $Q = CV$  داریم:  $U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$  ,  $U = \frac{1}{2} CV^2$

**نکته ۱:** سطح زیر نمودار  $(Q - V)$ ، انرژی ذخیره شده در خازن  $U = \frac{1}{2} QV$  را نشان می‌دهد.



**نکته ۲:** فرض کنید خازنی را به یک مولد می‌بندیم و آن را شارژ می‌کنیم. در صورتی که خازن را از مولد جدا نکنیم و تغییراتی در ظرفیت خازن ایجاد کنیم چون خازن به مولد وصل است ولتاژ در آن تغییری نمی‌کند و داریم:

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{U_2}{U_1}$$

اما اگر خازن را از مولد جدا کنیم و تغییراتی در ظرفیت آن ایجاد کنیم چون بار ذخیره شده ثابت می‌ماند  $(Q_1 = Q_2)$  برای تغییرات ولتاژ و انرژی خازن داریم:

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{U_1}{U_2}$$



## انرژی خازن

کارت ۲۹

فصل ۱

۱) با تخلیهٔ قسمتی از بار الکتریکی یک خازن پر شده، اختلاف پتانسیل دو سر آن ۸۰ درصد کاهش می‌یابد. انرژی خازن چند درصد کاهش می‌یابد؟

(سراسری ریاضی - ۹۴)

پاسخ

۱) با توجه به این که ظرفیت خازن ثابت است و ولتاژ تغییر

کرده است از رابطهٔ  $U = \frac{1}{2}CV^2$  استفاده می‌کنیم.

$$U = \frac{1}{2}CV^2 \rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 \rightarrow \frac{U_2}{U_1} = (0/2)^2 = 0/04$$

$$U_2 = 0/04U_1 \rightarrow \Delta U = 0/04U_1 - U_1 = -0/96U_1 \rightarrow$$

انرژی خازن ۹۶٪ کاهش یافته است.

