

آزمون‌های فصل اول

الکتریسته ساکن

۳۰ دقیقه

آزمون الفبای الکتریسته ساکن و قانون کولن

۱. جرم یک سکه فلزی خنثی برابر m است. اگر این سکه دارای بار الکتریکی مثبت شود، جرم آن چگونه تغییر می‌کند؟
 (۱) جرم سکه مقدار بسیار کمی افزایش می‌یابد.
 (۲) جرم سکه مقدار بسیار زیادی افزایش می‌یابد.
 (۳) جرم سکه تغییر نمی‌کند.
 (۴) جرم سکه مقدار بسیار کمی کاهش می‌یابد.

۲. بار الکتریکی هسته اتم ${}_{25}^{53}\text{U}$ چند کولن است؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19}\text{C}$)

- (۱) $4/048 \times 10^{-17}$
 (۲) $4/048 \times 10^{-18}$
 (۳) $1/472 \times 10^{-17}$
 (۴) $1/472 \times 10^{-18}$





۳. سه جسم A و B و C را دوبه‌دو به یک‌دیگر نزدیک می‌کنیم. وقتی A و B به یک‌دیگر نزدیک شوند، 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؟
 (تقریبی قارچ - ۹۰)

- (۱) A و C بار هم‌نام و هم‌اندازه دارند.
 (۲) B و C بار غیرهم‌نام دارند.
 (۳) B بدون بار و C باردار است.
 (۴) A بدون بار و B باردار است.

۴. در شکل مقابل گلوله فلزی باردار از نخ آویزان است. کره فلزی خنثی را که دارای دسته نارسانا است به گلوله نزدیک می‌کنیم. مشاهده می‌شود که گلوله می‌شود. وقتی تماس حاصل شد، کره را جدا می‌کنیم و دوباره به آرامی آن را به گلوله نزدیک می‌کنیم و ملاحظه می‌شود که گلوله می‌شود.
 (تقریبی - ۸۶)

- (۱) جذب - دفع
 (۲) دفع - جذب
 (۳) دفع - دفع
 (۴) جذب - جذب

۵. مطابق شکل زیر چهار کره رسانای مشابه در اختیار داریم. کره خنثی W با کره A تماس داده شده و سپس از آن جدا می‌شود. پس از آن کره W با کره B که دارای بار الکتریکی -32C است، تماس پیدا کرده و از کره B جدا می‌شود و در نهایت کره W با کره C با بار الکتریکی 48C تماس پیدا کرده و از آن جدا می‌شود. اگر بار نهایی کره W، 18C باشد، بار اولیه کره A چند کولن بوده است؟

- | | | | | |
|---|---|---|---|--------|
| A | B | C | W | |
|  |  |  |  | |
| | | | | ۸ (۱) |
| | | | | ۱۶ (۲) |
| | | | | ۲۴ (۴) |
| | | | | ۱۸ (۳) |

۶. با توجه به سری الکتریسیته مالشی کدام گزینه نادرست است؟

- (۱) اگر چوب را با موی انسان مالش دهیم چوب دارای بار منفی می‌شود.
 (۲) اگر کاغذ و تفلون را به یک‌دیگر مالش دهیم کاغذ دارای بار مثبت می‌شود.
 (۳) اگر نایلون و پارچه کتان را به یک‌دیگر مالش دهیم نایلون دارای بار منفی می‌شود.
 (۴) اگر کهر با را با موی گربه مالش دهیم موی گربه دارای بار مثبت می‌شود.

۷. در صفحه xoy بار $q_1 = 3 \mu C$ در مختصات $(3 \text{ cm}, 4 \text{ cm})$ و بار $q_2 = -2 \mu C$ در مختصات $(-5 \text{ cm}, -2 \text{ cm})$ واقع شده‌اند. بزرگی

نیروی الکتریکی وارد شده به بار q_1 چند نیوتن است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2})$

- ۴/۲ (۱) ۳/۴ (۲) ۶/۲ (۳) ۵/۴ (۴)

۸. نیروی بین دو بار الکتریکی q_1 و q_2 که با فاصله r از یکدیگر قرار دارند، F است. اگر اندازه یکی از بارها و همچنین فاصله بین دو بار

نیز، نصف شود، نیروی بین آن‌ها چند برابر می‌شود؟

- ۱ (۱) ۲ (۲) $\frac{1}{4}$ (۳) $\frac{3}{4}$ (۴)

۹. دو بار الکتریکی همنام $q_1 = 8 \mu C$ و q_2 در فاصله r ، نیروی F برهم وارد می‌کنند. اگر ۲۵ درصد از بار q_1 را برداشته و به q_2 اضافه

کنیم، بدون تغییر فاصله بارها، نیروی متقابل بین آن‌ها ۵۰ درصد افزایش می‌یابد. مقدار اولیه q_2 چند میکروکولن است؟ (ریاضی - ۸۹)

- ۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)

۱۰. 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؟

- ۱۵ (۱) ۲۵ (۲) ۴۰ (۳) ۵۰ (۴)

۱۱. دو گلوله فلزی کوچک و مشابه که دارای بار الکتریکی می‌باشند، از فاصله ۳۰ سانتی متری، نیروی جاذبه ۴ نیوتن بر یکدیگر وارد

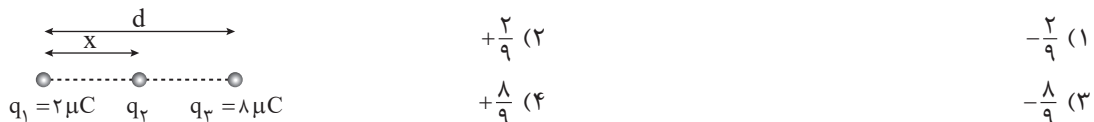
می‌کنند. اگر این دو گلوله را به هم تماس دهیم، بار الکتریکی هر کدام $+3 \mu C$ خواهد شد. بار اولیه گلوله‌ها بر حسب میکروکولن

کدام است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2})$

- ۱۲ (۱) و ۶- ۱۰ (۲) و ۴- ۹ (۳) و ۳- ۸ (۴) و ۲-

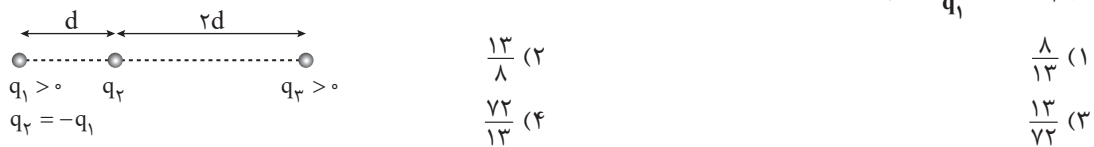
۱۲. سه بار نقطه‌ای مطابق شکل قرار دارند. برآیند نیروهای الکترواستاتیکی وارد بر هر یک از بارها صفر است. بار q_2 چند میکروکولن

است؟



۱۳. سه بار نقطه‌ای مطابق شکل زیر ثابت شده‌اند. اگر برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_1 هم‌اندازه برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر

بار q_2 باشد، $\frac{q_3}{q_1}$ کدام است؟



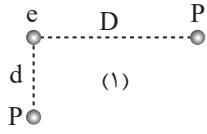
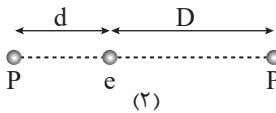
۱۴. مطابق شکل (الف) سه ذره با بارهای الکتریکی یکسان q بر روی خطی قرار گرفته‌اند و برآیند نیروهای وارد شده به q_1 برابر $12N$

است. برآیند نیروهای وارد شده به q_1 در شکل (ب) چند نیوتن می‌باشد؟



۱۵. مطابق شکل‌های زیر دو پروتون و یک الکترون در یک صفحه قرار گرفته‌اند. اگر بزرگی نیروی الکتریکی وارد شده به الکترون در این

شکل‌ها به ترتیب F_1 ، F_2 و F_3 باشد کدام گزینه در مورد بزرگی این نیروها درست است؟

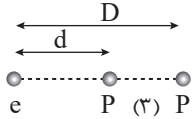


(۱) $F_1 > F_2 > F_3$

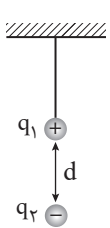
(۲) $F_1 > F_3 > F_2$

(۳) $F_2 > F_1 > F_3$

(۴) $F_2 > F_3 > F_1$



۱۶. مطابق شکل زیر ذره باردار $q_1 = 4 \mu C$ توسط نخ سبکی از سقف آویزان شده است و ذره باردار $q_2 = -4 \mu C$ در زیر آن به حالت تعادل



قرار دارد. اگر جرم بار q_2 ، 10^{-3} گرم باشد، d چند سانتی‌متر است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}, g = 10 \frac{N}{kg})$

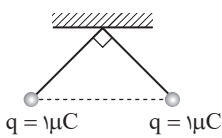
(۱) ۱۲۰

(۲) ۱۲

(۳) ۲۴۰

(۴) ۲۴

۱۷. مطابق شکل زیر دو آونگ مشابه به جرم m و بار الکتریکی $1 \mu C$ از دو نخ یکسان سبک به طول $30\sqrt{2}$ cm آویخته شده‌اند و به حالت



تعادل قرار دارند. m چند گرم است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}, g = 10 \frac{N}{kg})$

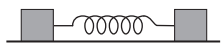
(۲) ۲

(۱) ۱

(۴) ۲/۵

(۳) ۱۰

۱۸. مطابق شکل زیر دو مکعب رسانای کوچک به دوسریک فنر با ثابت $100 \frac{N}{m}$ و طول 20 cm متصل شده و بر روی یک سطح افقی بدون



(۴) ۳۶

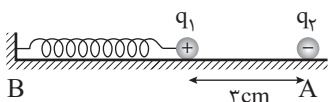
(۳) ۳۰

(۲) ۲۴

(۱) ۲۵

۱۹. مطابق شکل زیر بار $q_2 = -3 \mu C$ در نقطه A ثابت شده است و بار $q_1 = 1/2 \mu C$ به فنری با ثابت $100 \frac{N}{m}$ به تکیه‌گاه B بسته شده

است و به حالت تعادل می‌باشد. اگر طول اولیه فنر 5 cm بوده باشد فاصله A تا B چند سانتی‌متر است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2})$



(۲) ۳۹

(۱) ۵۴

(۴) ۹۰

(۳) ۸۷

۲۰. ذره A با بار الکتریکی Q در مبدأ دستگاه مختصات ثابت شده است. در $t = 0$ ذره B به جرم $8/10$ و بار الکتریکی $4 \mu C$ از نقطه

$x = 20$ cm از روی محور xها با تندی $3 \frac{m}{s}$ در جهت مثبت y شروع به حرکت می‌کند. اگر ذره B بر روی یک دایره حرکت کند، Q

چند میکروکولن است؟

(۴) -۴

(۳) ۴

(۲) -۲

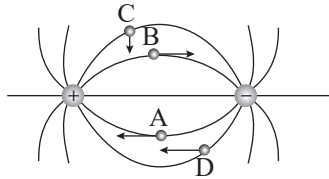
(۱) ۲

۱	(۱) (۲) (۳) (۴)	۵	(۱) (۲) (۳) (۴)	۹	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۳	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۷	(۱) (۲) (۳) (۴)
۲	(۱) (۲) (۳) (۴)	۶	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۰	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۴	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۸	(۱) (۲) (۳) (۴)
۳	(۱) (۲) (۳) (۴)	۷	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۱	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۵	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۹	(۱) (۲) (۳) (۴)
۴	(۱) (۲) (۳) (۴)	۸	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۲	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۶	(۱) (۲) (۳) (۴)	۲۰	(۱) (۲) (۳) (۴)

پاسخ آزمون ۱ در صفحه ۱۰۲

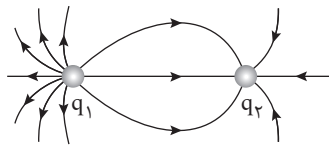


۱. در شکل زیر خطوط میدان الکتریکی اطراف دو بار الکتریکی هم اندازه ناهم نام رسم شده است. در کدام نقطه جهت نیروی الکتریکی وارد شده به یک بار الکتریکی منفی درست رسم شده است؟



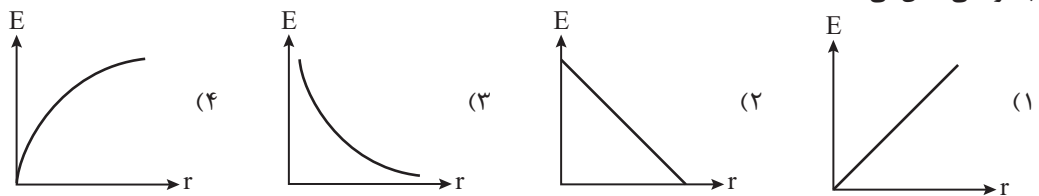
- A (۱)
- B (۲)
- C (۳)
- D (۴)

۲. در شکل زیر خطوط میدان الکتریکی دو بار الکتریکی نقطه‌ای رسم شده است. کدام گزینه در مورد این بارها درست است؟

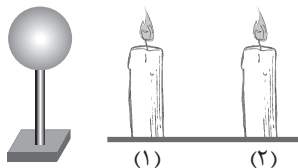


- (۱) $|q_1| > |q_2|, q_2 < 0, q_1 > 0$
- (۲) $|q_1| < |q_2|, q_2 < 0, q_1 > 0$
- (۳) $|q_1| > |q_2|, q_2 > 0, q_1 < 0$
- (۴) $|q_1| < |q_2|, q_2 > 0, q_1 < 0$

۳. کدام یک از نمودارهای زیر تغییرات بزرگی میدان الکتریکی ناشی از یک بار الکتریکی نقطه‌ای را بر حسب فاصله نقطه مورد نظر تا بار به درستی نشان می‌دهد؟



۴. مطابق شکل زیر در مجاورت کلاهک یک وان دوگراف دو شمع روشن قرار گرفته است. شمع (۱) در نزدیکی وان دوگراف و شمع (۲) در فاصله دوری از کلاهک قرار دارد. اگر بار کلاهک مثبت باشد، کدام گزینه در مورد شعله شمع‌های (۱) و (۲) درست است؟



- (۱) شعله شمع (۱) به راست متمایل می‌شود.
- (۲) شعله شمع (۱) به چپ متمایل می‌شود.
- (۳) شعله شمع (۲) به راست متمایل می‌شود.
- (۴) شعله شمع (۲) به چپ متمایل می‌شود.

۵. اگر شعاع اولین لایه اتم هیدروژن 5×10^{-11} باشد. اندازه میدان الکتریکی ناشی از پروتون موجود در هسته در این فاصله چند واحد SI است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}, e = 1/6 \times 10^{-19} C)$

- (۱) $4/56 \times 10^{12}$
- (۲) $5/76 \times 10^{12}$
- (۳) $4/56 \times 10^{11}$
- (۴) $5/76 \times 10^{11}$

۶. میدان الکتریکی در فاصله r از یک بار نقطه‌ای $25 \frac{N}{C}$ است. اگر فاصله را 10 cm بیش‌تر کنیم، میدان الکتریکی $16 \frac{N}{C}$ می‌شود، r چند سانتی‌متر می‌باشد؟ (ریاضی قارچ ۹۲)

- (۱) ۲۰
- (۲) ۴۰
- (۳) $\frac{40}{9}$
- (۴) $\frac{160}{9}$

۷. در کدام یک از شکل‌های زیر نقطه‌ای بر روی خط واصل بارها و در سمت چپ بارها وجود دارد که اگر یک الکترون در آن نقطه قرار بگیرد در حال تعادل باقی می‌ماند؟



۸. دو بار الکتریکی نقطه‌ای $-Q_1$ و $+Q_2$ در فاصله یک متری از هم قرار دارند. اگر در نقطه‌ای بین دو بار و به فاصله 40° سانتی متری از

بار $-Q_1$ ، میدان الکتریکی حاصل از دو بار برابر باشند، نسبت اندازه دو بار الکتریکی $(\frac{Q_2}{Q_1})$ کدام است؟ (تهری قارج - ۸۶)

- ۱) $1/25$ ۲) $1/5$ ۳) $2/25$ ۴) $2/5$

۹. دو بار نقطه‌ای q_1 و $q_2 = 4q_1$ ، در فاصله r از هم واقع‌اند. میدان الکتریکی ناشی از دو بار در فاصله d_1 از بار q_1 برابر صفر است. اگر فاصله

دو بار از هم 2 برابر شود، میدان الکتریکی برآیند در فاصله d_2 از بار q_2 برابر صفر می‌شود. d_2 چند برابر d_1 است؟ (تهری - ۹۴)

- ۱) $\frac{4}{3}$ ۲) $\frac{3}{4}$ ۳) 2 ۴) 4

۱۰. بارهای الکتریکی نقطه‌ای $4 \mu C$ و $-8 \mu C$ 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؟ (تهری قارج - ۹۴)

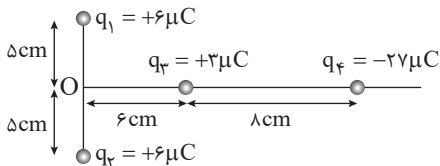
- ۱) -54 ۲) -18 ۳) 18 ۴) 54

۱۱. در کدام یک از گزینه‌های زیر بزرگی برآیند میدان‌های الکتریکی در نقطه A بیش تر است؟



۱۲. بارهای الکتریکی q_1, q_2, q_3, q_4 مطابق شکل روبه‌رو قرار گرفته‌اند. بار الکتریکی q_4 را چند سانتی متر و در کدام جهت جابه‌جا

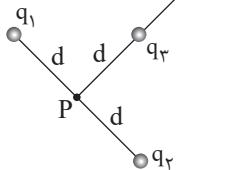
(ریاضی قارج - ۸۹)



کنیم، تا میدان حاصل از بارها در نقطه O برابر صفر شود؟

- ۱) ۴ سانتی متر به راست
۲) ۴ سانتی متر به چپ
۳) ۱۰ سانتی متر به راست
۴) ۱۰ سانتی متر به چپ

۱۳. مطابق شکل روبرو چهار ذره با بارهای الکتریکی $q_1 = q_2 = 5 \mu C$ ، $q_3 = 3 \mu C$ و $q_4 = -12 \mu C$ در مجاورت یک دیگر قرار گرفته‌اند. اگر $d = 3 \mu m$ باشد، بزرگی میدان الکتریکی برآیند در نقطه

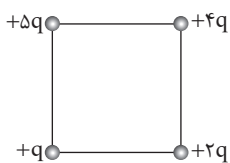


P چند واحد SI است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2})$

- ۱) 6×10^{15} ۲) 9×10^{15}
۳) 12×10^{15} ۴) صفر

۱۴. اگر در یک رأس مربعی بار q قرار گیرد، میدان الکتریکی حاصل از آن در مرکز مربع E است. حال اگر در چهار رأس همان مربع بارهای

(ریاضی - ۸۵)



الکتریکی مطابق شکل مقابل قرار گیرند، اندازه میدان الکتریکی در مرکز آن چند E می‌شود؟

- ۱) $\sqrt{2}$ ۲) $2\sqrt{2}$
۳) $\frac{3}{4}\sqrt{2}$ ۴) $3\sqrt{2}$

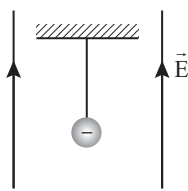
۱۵. آزمایش قطره روغن میلیکان برای دریافت کدام حقیقت فیزیکی انجام شده است؟

- ۱) تجمع بارهای الکتریکی در نقاط نوک تیز اجسام رسانا بیشتر است.
۲) نیروی وارد شده به دو بار الکتریکی با حاصل ضرب بارها رابطه مستقیم دارد.
۳) بارهای الکتریکی در سطوح خارجی اجسام رسانا توزیع می‌شوند.
۴) بار الکتریکی اجسام کوانتیده است.

۱۶. فرض کنید در آزمایش قطره روغن میلیکان، جرم قطره روغنی که بین دو صفحه به صورت معلق قرار گرفته است، $16 \times 10^{-15} \text{ kg}$ و بزرگی میدان الکتریکی $10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ و جهت آن رو به پایین باشد. در این صورت قطره روغن الکترون ($g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$)

- (۱) ۵- جذب کرده است. (۲) ۵- از دست داده است.
(۳) ۱۰- جذب کرده است. (۴) ۱۰- از دست داده است.

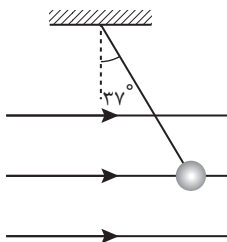
۱۷. مطابق شکل زیر یک آونگ الکتریکی به جرم 2 g و بار الکتریکی $q = -1 \mu\text{C}$ در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ به



حال تعادل قرار دارد. بزرگی نیروی کشش نخ چند نیوتن است؟ ($g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$)

- (۱) ۰/۱ (۲) ۰/۱۲ (۳) ۰/۰۸ (۴) ۰/۰۲

۱۸. مطابق شکل روبرویک آونگ الکتریکی به جرم m و بار الکتریکی $6 \mu\text{C}$ داخل یک میدان الکتریکی به بزرگی $10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ در حالت تعادل قرار دارد. m چند گرم است؟ ($g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}, \sin 37^\circ = 0/6$)



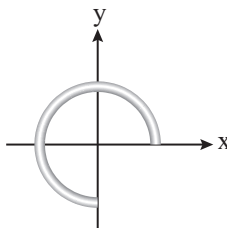
- (۱) ۶ (۲) ۶۰ (۳) ۸۰ (۴) ۸

۱۹. الکترونی با سرعت $1/6 \times 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ در جهت خطوط میدان الکتریکی یکنواختی به بزرگی $10^3 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ شلیک می‌شود. این الکترون تا

لحظه تغییر جهت چند متر جابه‌جا می‌شود؟ ($m_e = 10^{-27} \text{ kg}, q_e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

- (۱) ۰/۸ (۲) ۸ (۳) ۰/۴ (۴) ۴

۲۰. یک میله پلاستیکی دارای بار الکتریکی یکنواخت منفی است. این میله پلاستیکی را به صورت قطاعی از یک دایره خم کرده و مطابق شکل زیر در صفحه مختصات قرار می‌دهیم. جهت برآیند بردار میدان الکتریکی ناشی از این میله در مبدأ مختصات چگونه است؟



- (۱) ↘ (۲) ↖ (۳) ↗ (۴) ↙

۱ (۱) (۲) (۳) (۴)	۵ (۱) (۲) (۳) (۴)	۹ (۱) (۲) (۳) (۴)	۱۳ (۱) (۲) (۳) (۴)	۱۷ (۱) (۲) (۳) (۴)
۲ (۱) (۲) (۳) (۴)	۶ (۱) (۲) (۳) (۴)	۱۰ (۱) (۲) (۳) (۴)	۱۴ (۱) (۲) (۳) (۴)	۱۸ (۱) (۲) (۳) (۴)
۳ (۱) (۲) (۳) (۴)	۷ (۱) (۲) (۳) (۴)	۱۱ (۱) (۲) (۳) (۴)	۱۵ (۱) (۲) (۳) (۴)	۱۹ (۱) (۲) (۳) (۴)
۴ (۱) (۲) (۳) (۴)	۸ (۱) (۲) (۳) (۴)	۱۲ (۱) (۲) (۳) (۴)	۱۶ (۱) (۲) (۳) (۴)	۲۰ (۱) (۲) (۳) (۴)

پاسخ آزمون ۲ در صفحه ۱۰۷

آزمون ۳ برآیند نیروهای الکتریکی و میدان الکتریکی در حالتی که بردارها عمود برهم و هم‌راستا نیستند. ۴۰ دقیقه

بررسی حالت هایی که نیروها هم‌راستا و یا عمود برهم نیستند، فارغ از برنامه‌ی درسی کتاب یازدهم می‌باشد و این آزمون صرفاً برای دانش‌آموزان علاقه‌مند طراحی شده است.

۱. بار الکتریکی $q_A = 3 \times 10^{-4} \text{ C}$ در مرکز محورهای مختصات قرار دارد و بارهای $q_B = -5 \times 10^{-4} \text{ C}$ و $q_C = 10^{-4} \text{ C}$ به ترتیب در مختصات $(4\text{m}, 0)$ و $(0, 3\text{m})$ قرار دارند. بزرگی مولفه افقی برآیند نیروهای وارد شده به بار C از طرف دوبار دیگر چند نیوتن است؟

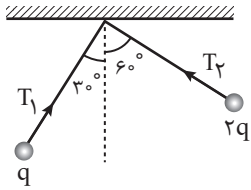
$$(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2})$$

- (۱) ۱۸ (۲) ۱۸/۶ (۳) ۱۴/۴ (۴) ۱۱/۴

۲. دو ذره A و B با بارهای الکتریکی $q_A = 10 \mu\text{C}$ و $q_B = Q$ روی محور x ها به ترتیب در نقاط $x_A = -3 \text{ cm}$ و $x_B = 4 \text{ cm}$ ثابت شده‌اند. ذره C با بار الکتریکی $20 \mu\text{C}$ را از حالت سکون روی محور y ها در $y = 3 \text{ cm}$ رها می‌کنیم. اگر شتاب اولیه ذره C در جهت مثبت محور x ها باشد، Q چند میکروکولن است؟

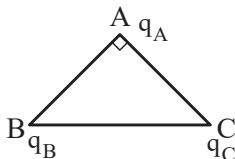
- (۱) $144\sqrt{2}$ (۲) $64\sqrt{2}$ (۳) $25\sqrt{2}$ (۴) $125\sqrt{2}$

۳. در شکل زیر، دو آونگ الکتریکی باردار و هم‌طول، در حالت تعادل قرار دارند. کشش نخ T_1 چند برابر کشش نخ T_2 است؟ (ریاضی - ۹۵)



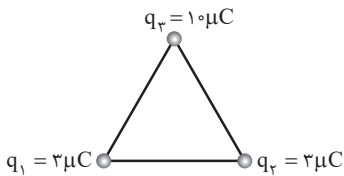
- (۱) $\frac{1}{2}$
(۲) $\frac{\sqrt{3}}{3}$
(۳) $\sqrt{3}$
(۴) ۲

۴. در شکل روبه‌رو مثلث متساوی الساقین قائم‌الزاویه است و بارهای q_A, q_B, q_C به ترتیب $q, \sqrt{3}q, -q$ است. زاویه‌ای که برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_A با امتداد پاره خط BA می‌سازد، چند درجه است؟ (تفسیر - ۱۷)



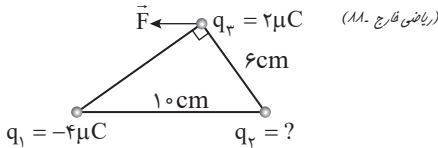
- (۱) ۳۰ (۲) ۴۵ (۳) ۵۳ (۴) ۶۰

۵. سه بار الکتریکی نقطه‌ای مطابق شکل، در رأس مثلث متساوی الاضلاعی به ضلع 30 سانتی‌متر قرار دارند. برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_3 چند نیوتن است؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$) (تفسیر فارغ - ۹۲)



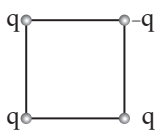
- (۱) $3\sqrt{3}$ (۲) ۳ (۳) $10\sqrt{3}$ (۴) ۱۰

۶. سه بار نقطه‌ای مطابق شکل در جای خود ثابت شده‌اند. برآیند نیروهایی که بارهای q_1 و q_2 بر بار q_3 وارد می‌کنند (نیروی \vec{F}) موازی با قاعده مثلث است. بار q_3 چند میکروکولن است؟ (ریاضی فارغ - ۱۱۰)



- (۱) ۳ (۲) ۴ (۳) $\frac{9}{4}$ (۴) $\frac{27}{16}$

۷. چهار بار نقطه‌ای مطابق شکل زیر در رأس‌های یک مربع به ضلع $a\sqrt{2}$ قرار دارند. بزرگی میدان الکتریکی در نقطه‌ای روی محوری که از مرکز مربع می‌گذرد و بر سطح آن عمود است و در فاصله a از مرکز مربع قرار دارد، کدام است؟ (ثابت کولن = k) (تفسیر - ۹۵)

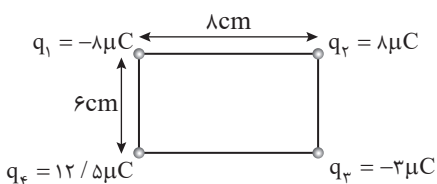


- (۱) $\frac{kq}{a^2}$ (۲) $\frac{2kq}{a^2}$ (۳) $\frac{2\sqrt{2}kq}{a^2}$ (۴) $\frac{\sqrt{2}kq}{2a^2}$

۸. چهار بار الکتریکی مثبت و هم‌اندازه q در رأس‌های یک مربع به ضلع d قرار دارند. اندازه نیرویی که از طرف بارهای دیگر بر یکی از آن‌ها وارد می‌شود، چند $\frac{kq^2}{2d^2}$ است؟ ($k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ و اندازه‌ها در SI است.) (ریاضی فارغ - ۱۸۵)

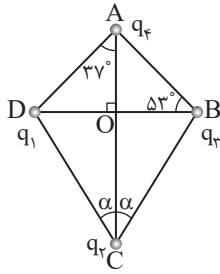
- (۱) ۱ (۲) $\sqrt{2}$ (۳) $\sqrt{2} + 1$ (۴) $2\sqrt{2} + 1$

۹. چهار بار الکتریکی در رأس‌های مستطیلی مطابق شکل قرار دارند. نیروی وارد بر بار q_3 چند نیوتن است؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$) (ریاضی فارغ - ۹۰)



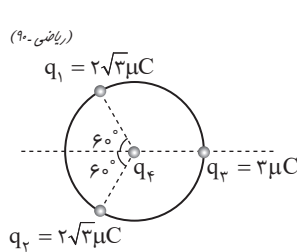
- (۱) ۳۰ (۲) ۶۰ (۳) $6\sqrt{10}$ (۴) $9\sqrt{10}$

۱۰. چهار ذره باردار مطابق شکل در یک صفحه قرار دارند. اگر نیروی الکتریکی وارد بر بار q_4 از طرف بارهای دیگر برابر صفر باشد، زاویه α کدام است؟ ($q_4 = 64 \text{ nC}, q_1 = q_3 = -10 \text{ nC}$) و ($\sin 37^\circ = 0.6, AO = 4 \text{ cm}$) (تقریبی ۱۰)



- (۱) 53°
- (۲) 37°
- (۳) $\text{Arctan } 2$
- (۴) $\text{Arctan } \frac{1}{2}$

۱۱. مطابق شکل، سه بار نقطه‌ای روی محیط دایره‌ای به شعاع 10 cm ، ثابت نگه داشته شده‌اند و بار چهارم (q_4) در مرکز دایره قرار دارد. اگر بر ایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_4 برابر $8/1$ نیوتن باشد، بار مثبت q_4 چند میکروکولن است؟ (بارهای الکتریکی مثبت، و $k = 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$ است.) (ریاضی ۹۰)

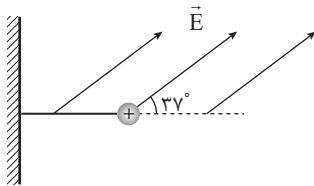


- (۱) 1
- (۲) 2
- (۳) 20
- (۴) 10

۱۲. ذره‌ای با بار الکتریکی $q = -10 \text{ nC}$ در صفحه xoy در نقطه $(0, 1 \text{ m})$ واقع شده است. بزرگی مولفه افقی میدان الکتریکی ناشی از این ذره در نقطه $(4 \text{ m}, -2 \text{ m})$ چند نیوتن بر کولن است؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$)

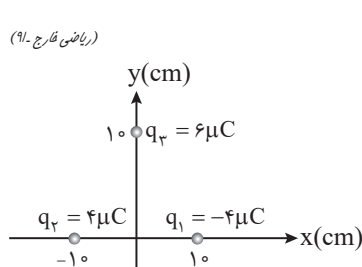
- (۱) $28/8$
- (۲) $2/88$
- (۳) $2/16$
- (۴) $21/6$

۱۳. مطابق شکل زیر ذره‌ای به جرم 60 g با بار الکتریکی $10 \mu\text{C}$ توسط یک نخ سبک به دیوار بسته شده و داخل یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی E قرار گرفته است. اگر نخ به صورت افقی قرار گرفته باشد، E چند واحد SI است؟ ($\cos 37^\circ = 0.8, g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$)



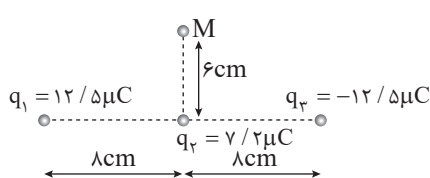
- (۱) $7/5 \times 10^5$
- (۲) $7/5 \times 10^4$
- (۳) 10^5
- (۴) 10^4

۱۴. در شکل زیر، ۳ بار الکتریکی در نقاط مشخص شده قرار دارند. بردار میدان الکتریکی در مبدأ مختصات در SI کدام است؟ (ریاضی تراز ۹۱)



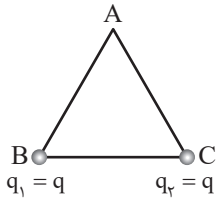
- (۱) $9 \times 10^6 \vec{i}$
- (۲) $-5/4 \times 10^6 \vec{j}$
- (۳) $(7/2\vec{i} - 5/4\vec{j}) 10^6$
- (۴) $(5/4\vec{i} - 7/2\vec{j}) 10^6$

۱۵. سه بار نقطه‌ای مطابق شکل زیر قرار دارند. بزرگی میدان الکتریکی در نقطه M چند نیوتن بر کولن است؟ ($k = 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$) (ریاضی ۹۲)



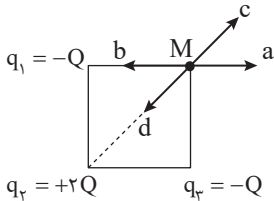
- (۱) $18\sqrt{2} \times 10^6$
- (۲) $6\sqrt{2} \times 10^6$
- (۳) 6×10^6
- (۴) 18×10^6

۱۶. مطابق شکل روبرو بارهای الکتریکی یکسان q_1 و q_2 در دو رأس مثلث متساوی الاضلاع قرار گرفته‌اند و بزرگی میدان الکتریکی در رأس A برابر E است. اگر بار q_2 را دو برابر کرده و q_1 را حذف کنیم، بزرگی میدان الکتریکی در نقطه A چند می‌شود؟ $(\sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2})$



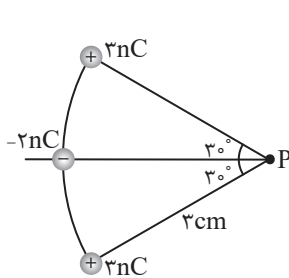
- (۱) $\frac{2\sqrt{3}}{3}$
 (۲) $\frac{\sqrt{3}}{3}$
 (۳) $2\sqrt{3}$
 (۴) $\sqrt{3}$

۱۷. مطابق شکل زیر سه ذره باردار در رئوس مربعی قرار گرفته‌اند. بردار میدان الکتریکی ناشی از این سه ذره در نقطه M به کدام جهت است؟



- (۱) a
 (۲) b
 (۳) c
 (۴) d

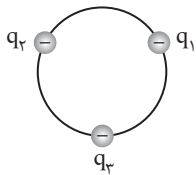
۱۸. مطابق شکل زیر سه بار الکتریکی بر روی قطاعی از یک دایره به شعاع ۳ cm قرار گرفته‌اند. بزرگی میدان الکتریکی بر ایند در نقطه P



چند کیلو نیوتن بر کولن است؟ $(\sin 30^\circ = \frac{1}{2}, k = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2})$

- (۱) $30\sqrt{3} + 20$
 (۲) $30\sqrt{3} - 20$
 (۳) $20\sqrt{3} - 30$
 (۴) $20\sqrt{3} + 30$

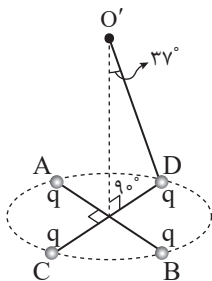
۱۹. مطابق شکل زیر سه ذره با بار الکتریکی یکسان $q = -5 \mu C$ بر روی محیط دایره‌ای به شعاع ۳ m در فواصل مساوی قرار گرفته‌اند.



بزرگی میدان الکتریکی بر ایند در مرکز دایره چند واحد SI است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2})$

- (۱) 15×10^3
 (۲) $5\sqrt{3} \times 10^3$
 (۳) 5×10^3
 (۴) صفر

۲۰. دو قطر عمود بر هم AB, CD از یک دایره افقی را در نظر گرفته و چهار بار الکتریکی نقطه‌ای مشابه در نقاط A, B, C, D قرار می‌دهیم. اگر میدان الکتریکی هر یک از بارها در نقطه O' (نشان داده شده در شکل) برابر $5 \times 10^4 \frac{N}{C}$ باشد، بر ایند میدان الکتریکی حاصل در نقطه O' چند نیوتن بر کولن



(ریاضی ۱۱۰)

است؟ $(\cos 37^\circ = 0.8)$

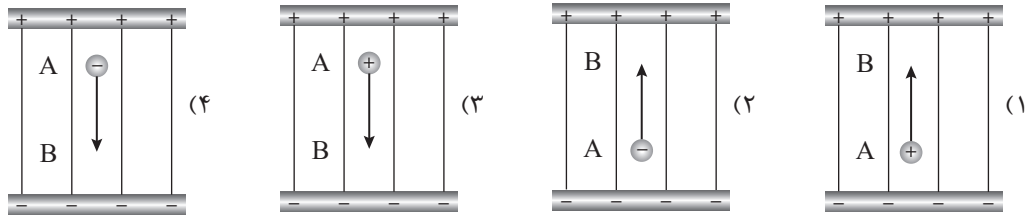
- (۱) 8×10^4
 (۲) $6/4 \times 10^4$
 (۳) $1/6 \times 10^5$
 (۴) 2×10^5

۱	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	۵	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	۹	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	۱۳	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	۱۷	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)
۲	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	۶	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	۱۰	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	۱۴	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	۱۸	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)
۳	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	۷	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	۱۱	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	۱۵	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	۱۹	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)
۴	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	۸	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	۱۲	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	۱۶	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	۲۰	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)

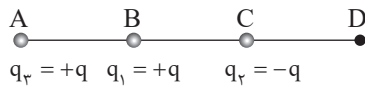
پاسخ آزمون ۳ در صفحه ۱۱۲



۱. کدام یک از گزینه‌های زیر نادرست است؟
 (۱) در جهت خطوط میدان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد.
 (۲) اگر یک الکترون در خلاف جهت خطوط میدان الکتریکی حرکت کند، پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد.
 (۳) پتانسیل الکتریکی در هر نقطه از میدان الکتریکی مستقل از نوع و اندازه باری است که در آن نقطه قرار می‌گیرد.
 (۴) اگر یک پروتون در جهت خطوط میدان الکتریکی جابه‌جا شود انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد.
۲. در شکل‌های زیر چهار حالت مختلف برای حرکت بار الکتریکی از نقطه A تا B در میدان الکتریکی رسم شده است. در کدام گزینه پتانسیل الکتریکی و انرژی پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد؟



۳. مطابق شکل زیر دو ذره بارهای الکتریکی $q_1 = +q$ و $q_2 = -q$ بر روی محور xها در نقاط B و C ثابت شده‌اند. بار نقطه‌ای $q_3 = +q$ را از نقطه A تا نقطه D با سرعت ثابت جابه‌جا می‌کنیم. در این جابه‌جایی انرژی پتانسیل الکتریکی بار q_3 چگونه تغییر می‌کند؟



- (۱) کاهش - افزایش - کاهش
 (۲) افزایش - کاهش - افزایش
 (۳) افزایش - افزایش - کاهش
 (۴) کاهش - افزایش - افزایش

۴. در یک میدان الکتریکی، بار $q = -2\mu C$ از نقطه A تا B جابه‌جا می‌شود. اگر انرژی پتانسیل الکتریکی آن در نقطه‌های A و B به ترتیب 4 mJ و 6 mJ باشد و پتانسیل نقطه A برابر 20 V باشد، پتانسیل نقطه B چند ولت است؟
 (تجربی - فرج - ۹۳)

- (۱) ۸۰ (۲) -۸۰ (۳) -۱۲۰ (۴) ۱۲۰

۵. بار الکتریکی $q = -2\mu C$ از نقطه‌ای با پتانسیل الکتریکی $V_1 = -40\text{ V}$ تا نقطه‌ای با پتانسیل الکتریکی $V_2 = -10\text{ V}$ جابه‌جا می‌شود. انرژی پتانسیل بار چند ژول و چگونه تغییر می‌کند؟
 (ریاضی - ۸۷)

- (۱) 10^{-4} J کاهش می‌یابد.
 (۲) 10^{-4} J افزایش می‌یابد.
 (۳) $6 \times 10^{-5}\text{ J}$ افزایش می‌یابد.
 (۴) $6 \times 10^{-5}\text{ J}$ کاهش می‌یابد.

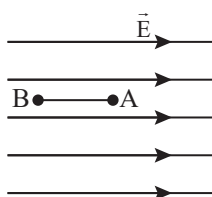
۶. یک میدان الکتریکی یکنواخت به صورت $\vec{E} = (6 \times 10^5)\text{ i}$ در SI در یک صفحه وجود دارد. ذره باردار $q = 2\mu C$ از مبدأ مختصات در این میدان الکتریکی رها می‌شود. تغییرات انرژی پتانسیل این بار از مبدأ مختصات تا نقطه $x = 2\text{ cm}$ چند میلی‌ژول است؟

- (۱) ۲۴ (۲) -۲۴ (۳) ۱۲ (۴) -۱۲

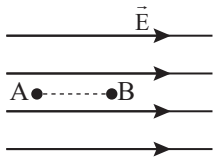
۷. میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E} = (4 \times 10^5)\text{ i} + (3 \times 10^5)\text{ j}$ در صفحه مختصات برقرار است. ذره‌ای با بار الکتریکی $q = -2\mu C$ از مبدأ مختصات تا نقطه $(2\text{ m}, -1\text{ m})$ با سرعت ثابت جابه‌جا می‌شود. کار میدان الکتریکی در این جابه‌جایی چند ژول است؟

- (۱) ۰/۴ (۲) -۰/۴ (۳) ۰/۸ (۴) -۰/۸

۸. بار الکتریکی $q = -4\mu C$ مطابق شکل در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی 10^5 V/m رها می‌شود. در جابه‌جایی بار q از A تا B انرژی جنبشی بار، ۸ میلی‌ژول افزایش می‌یابد. $V_B - V_A$ چند کیلوولت است؟
 (ریاضی - ۸۹)



- (۱) -۲ (۲) ۲ (۳) ۲۰۰ (۴) -۲۰۰



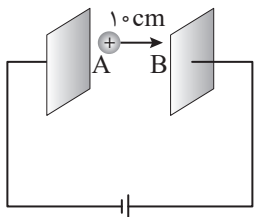
۹. در شکل روبه‌رو، در میدان الکتریکی یکنواخت $10^5 \frac{N}{C}$ ، ذره‌ای با بار الکتریکی $q = -5 \mu C$ در نقطه B بدون سرعت اولیه رها می‌شود. وقتی این ذره در مسیر مستقیم 20 سانتی‌متر جابه‌جا شده و به نقطه A می‌رسد، انرژی جنبشی آن چند ژول می‌شود؟ (از اثر گرانش و نیروهای مقاوم در مقابل حرکت ذره صرف‌نظر شود.)

- (ریاضی قراچ ۹۴)
- ۰/۱ (۱) ۰/۵ (۲) ۰/۰۱ (۳) ۰/۰۵ (۴)

۱۰. در یک میدان الکتریکی یکنواخت، ذره‌ی بار داری به جرم $1/10$ گرم، از نقطه‌ای به پتانسیل الکتریکی 100 ولت از حال سکون به حرکت درمی‌آید و با سرعت 10 متر بر ثانیه به نقطه‌ی دیگری به پتانسیل الکتریکی 100 - ولت می‌رسد. اگر در این مسیر نیروی مؤثر بر ذره فقط حاصل از میدان الکتریکی باشد، بار الکتریکی ذره چند میکروکولن است؟

(ریاضی قراچ ۹۵)

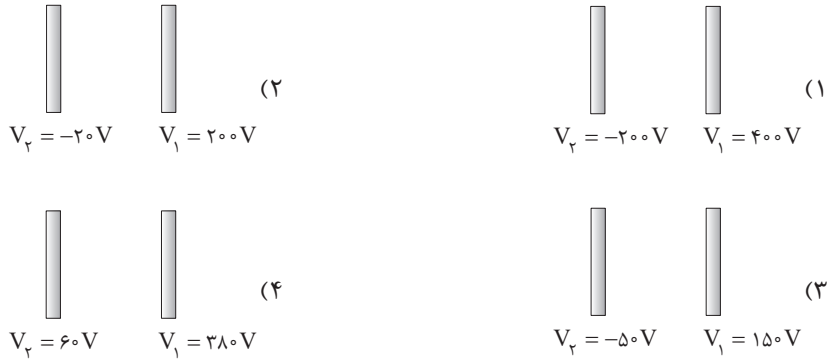
- ۲/۵ (۱) ۴ (۲) ۲۵ (۳) ۴۰ (۴)



۱۱. مطابق شکل زیر ذره‌ای با بار الکتریکی $q = 4 \mu C$ و جرم $m = 10$ g در خلاف جهت خطوط میدان الکتریکی به بزرگی $E = 2 \times 10^5$ با سرعت \bar{V} از نقطه A پرتاب می‌شود و سرانجام در نقطه B متوقف می‌شود. تندی اولیه این ذره چند متر بر ثانیه است؟

- ۲ (۱) ۴ (۲) ۸ (۴) ۶ (۳)

۱۲. در شکل‌های زیر زوج صفحه‌هایی موازی با فاصله یکسان نسبت به یک‌دیگر رسم شده‌اند و پتانسیل الکتریکی هر صفحه مشخص شده است. بزرگی میدان الکتریکی یکنواخت ایجاد شده بین کدام زوج صفحه بزرگ‌تر است؟



۱۳. دو صفحه‌ی رسانای موازی بزرگ دارای بارهای الکتریکی یکسان و نا هم‌علامت هستند و در فاصله 12 سانتی‌متری یک‌دیگر قرار گرفته‌اند. اگر ذره‌ای با بار الکتریکی $q = 2 \mu C$ در بین این دو صفحه قرار گیرد، نیرویی الکتریکی به بزرگی 6 N به آن وارد می‌شود. اختلاف پتانسیل بین دو صفحه چند کیلوولت است؟

- ۳۶ (۱) ۳۶۰ (۲) ۴۰ (۳) ۴۰۰ (۴)

۱۴. چند مورد از عبارات زیر نادرست است؟

الف) هنگامی که یک گوی رسانای خنثی در یک میدان الکتریکی خارجی قرار می‌گیرد، میدان الکتریکی باعث جدا شدن بارهای مثبت و منفی در دو وجه رسانا می‌شود.

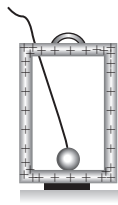
ب) بار اضافی داده شده به یک رسانا روی سطح خارجی آن توزیع می‌شود.

ج) هنگامی که یک جسم رسانا در یک میدان الکتریکی در تعادل الکتروستاتیکی است پتانسیل الکتریکی تمام نقاط رسانا با یک‌دیگر برابر است.

د) هنگامی که یک جسم رسانا داخل میدان الکتریکی قرار می‌گیرد، میدان الکتریکی در مرکز جسم رسانا صفر است.

- ۱ (۱) صفر (۲) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴)

۱۵. در شکل زیر وسیله مورد نیاز برای انجام یکی از آزمایش‌های فاراده رسم شده است. این آزمایش برای اثبات درستی کدام یک از حقایق فیزیکی زیر است؟



- (۱) بار الکتریکی پایسته است.
- (۲) بار الکتریکی کوانتیده است.
- (۳) بار اضافی داده شده به یک جسم رسانا در سطح خارجی آن پخش می‌شود.
- (۴) تجمع بارهای الکتریکی در نقاط نوک تیز اجسام رسانا بیشتر است.

۱۶. در شکل‌های زیر چهار مرحله انجام آزمایشی به‌طور نامرتب رسم شده است. این آزمایش برای نشان دادن چگونگی توزیع بارهای الکتریکی در اجسام رسانا انجام می‌شود. در کدام گزینه ترتیب این شکل‌ها به ترتیب از راست به چپ درست مشخص شده است؟



- (۱) B-D-A-C (۲) D-C-A-B (۳) A-D-B-C (۴) A-C-D-B

۱۷. کدام یک از جملات زیر نادرست است؟

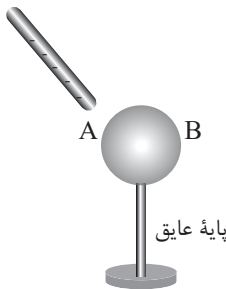
- (۱) عمل مغز اساساً بر مبنای کنش‌ها و فعالیت‌های الکتریکی است.
- (۲) سیگنال‌های عصبی که بین مغز و اعصاب مبادله می‌شوند در واقع جریان‌های الکتریکی می‌باشند.
- (۳) هنگام وقوع آذرخش، انرژی الکتریکی ایجاد شده توسط میله برق‌گیر ساختمان به زمین منتقل می‌شود.
- (۴) تراکم بار در نقاط نوک تیز سطح یک جسم نارسانای باردار بیشتر است.

۱۸. در شکل زیر وضعیت قرارگیری چهار نفر در یک خیابان در هنگام وقوع آذرخش رسم شده است. احتمال در امان ماندن کدام شخص بیشتر است؟



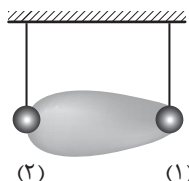
- (۱) A
- (۲) B
- (۳) C
- (۴) D

۱۹. مطابق شکل زیر یک میله باردار منفی به یک گوی فلزی نزدیک شده است. چند مورد از عبارات زیر در مورد این شکل درست است؟



- (الف) در قسمت B بارهای الکتریکی مثبت القا می‌شوند.
 - (ب) تراکم بارهای القا شده به گوی در قسمت A بیش‌تر از قسمت B است.
 - (ج) میدان الکتریکی داخل گوی برابر صفر است.
- (۱) صفر (۲) ۱
(۳) ۲ (۴) ۳

۲۰. مطابق شکل زیر یک جسم رسانای دوکی شکل دارای بار الکتریکی منفی است. در مقابل آن دو آونگ الکتریکی مشابه بارهای الکتریکی منفی از یک میله عایق آویزان شده‌اند. کدام آونگ بیش‌تر منحرف می‌شود و این آزمایش نشان‌دهنده کدام حقیقت فیزیکی است؟



- (۱) در اجسام رسانا بارهای الکتریکی در سطوح خارجی جسم توزیع می‌شوند.
- (۲) در اجسام رسانا بارهای الکتریکی در سطوح خارجی جسم توزیع می‌شوند.
- (۳) در نقاط نوک تیز اجسام رسانا، تجمع بارها بیشتر است.
- (۴) در نقاط نوک تیز اجسام رسانا، تجمع بارها بیشتر است.

۱ (۱) (۲) (۳) (۴)	۵ (۱) (۲) (۳) (۴)	۹ (۱) (۲) (۳) (۴)	۱۳ (۱) (۲) (۳) (۴)	۱۷ (۱) (۲) (۳) (۴)
۲ (۱) (۲) (۳) (۴)	۶ (۱) (۲) (۳) (۴)	۱۰ (۱) (۲) (۳) (۴)	۱۴ (۱) (۲) (۳) (۴)	۱۸ (۱) (۲) (۳) (۴)
۳ (۱) (۲) (۳) (۴)	۷ (۱) (۲) (۳) (۴)	۱۱ (۱) (۲) (۳) (۴)	۱۵ (۱) (۲) (۳) (۴)	۱۹ (۱) (۲) (۳) (۴)
۴ (۱) (۲) (۳) (۴)	۸ (۱) (۲) (۳) (۴)	۱۲ (۱) (۲) (۳) (۴)	۱۶ (۱) (۲) (۳) (۴)	۲۰ (۱) (۲) (۳) (۴)

پاسخ آزمون ۴ در صفحه ۱۱۹

۳۰ دقیقه

آزمون ۵ خازن

۱. اگر بار الکتریکی ذخیره شده روی دو صفحه یک خازن تخت به ترتیب $+5\mu C$ و $-5\mu C$ باشد. بار الکتریکی ذخیره شده در خازن چند میکرو کولن است؟

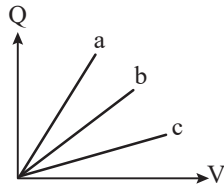
- ۱) $+5$ (۱) ۲) -5 (۲) ۳) 10 (۳) ۴) $2/5$ (۴)

۲. خازن تختی به اختلاف پتانسیل $40V$ متصل شده است. اگر اختلاف پتانسیل دو صفحه خازن را 20% افزایش دهیم، بار الکتریکی ذخیره شده در آن $200\mu C$ افزایش می یابد. ظرفیت خازن چند میکرو فاراد است؟

- ۱) 20 (۱) ۲) 25 (۲) ۳) 15 (۳) ۴) 10 (۴)

۳. در شکل زیر نمودار بار بر حسب اختلاف پتانسیل برای سه خازن تخت a و b و c رسم شده است و در جدول زیر مساحت و فاصله صفحات این سه خازن مشخص شده است. کدام گزینه درست است؟

فاصله	مساحت	خازن
d	A	۱
d	$2A$	۲
$2d$	A	۳



- ۱) نمودار a مربوط به خازن (۳) است.
 ۲) نمودار b مربوط به خازن (۲) است.
 ۳) نمودار a مربوط به خازن (۲) است.
 ۴) نمودار c مربوط به خازن (۱) است.

۴. کدام گزینه جاهای خالی موجود در متن زیر را که در مورد خازن ها می باشد به ترتیب از راست به چپ درست بیان می کند؟
 اگر اختلاف پتانسیل دو صفحه یک خازن را به اندازه کافی کنیم، تعدادی از الکترون های اتم های ماده دی الکتریک، توسط میدان الکتریکی ایجاد شده بین دو صفحه، کنده می شوند و مسیرهای رسانشی در دی الکتریک ایجاد می شود. به این پدیده ماده دی الکتریک می گویند.

- ۱) زیاد، زیگزاگی، فروریزش الکتریکی ۲) زیاد، سرخسی شکل، فروریزش الکتریکی
 ۳) زیاد، سرخسی شکل، تخلیه الکتریکی ۴) کم، زیگزاگی، تخلیه الکتریکی

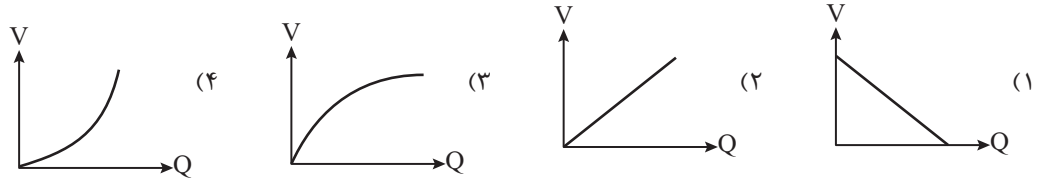
۵. کدام یک از جملات زیر در مورد خازن ها نادرست است؟

- ۱) برخی از صفحه کلیدهای رایانه بر مبنای تغییر ظرفیت خازن عمل می کنند.
 ۲) یک نورون مانند یک خازن تخت عمل می کند. به طوری که غشای سلول به عنوان دی الکتریک و یون های باردار که در دو طرف غشا هستند به عنوان بارهای روی صفحه های خازن عمل می کنند.
 ۳) خازن های ورقه ای، الکترولیتی، سرامیکی و ابر خازن ها خازن هایی با طراحی و کاربردهای مختلف می باشند.
 ۴) برخلاف خازن های موجود در دوربین های عکاسی، باتری های موجود در دوربین های عکاسی می توانند انرژی را با آهنگ بسیار زیادی برای فلاش زدن آماده کنند.

۶. دو صفحه مسی، یک تیغه میکا به ضخامت $1mm$ و $0/4$ و $k = 5$ ، یک تیغه شیشه ای به ضخامت $2mm$ و $0/7$ و $k = 7$ و یک تیغه پارافین به ضخامت $1cm$ و $k = 2$ در اختیار داریم. برای ساختن یک خازن تخت با بیش ترین ظرفیت ممکن باید کدام تیغه را بین صفحات مسی قرار دهیم؟

- ۱) میکا ۲) شیشه
 ۳) پارافین ۴) باید فاصله صفحات را خالی بگذاریم.

۷. در کدام یک از گزینه‌های زیر نمودار تغییرات اختلاف پتانسیل دو سر یک خازن به حسب بار ذخیره شده به روی صفحات آن درست رسم شده است؟



۸. کدام یک از عبارات زیر در مورد شارژ شدن یک خازن درست است؟

- (الف) هنگام شارژ شدن یک خازن، اختلاف پتانسیل دو صفحه خازن به آهستگی افزایش می‌یابد.
 (ب) هنگام شارژ شدن خازن با گذشت زمان برای انتقال بارهای الکتریکی به صفحات خازن کار کم‌تری مورد نیاز است.
 (ج) در هنگام شارژ شدن خازن، ظرفیت خازن افزایش می‌یابد.
 (د) کار انجام شده برای جابه‌جایی بارهای الکتریکی به صورت انرژی پتانسیل الکتریکی در میدان الکتریکی صفحات خازن ذخیره می‌شود.
- (۱) الف - ب (۲) الف - د (۳) ب - ج (۴) ج - د

۹. انرژی ذخیره شده در خازنی که به اختلاف پتانسیل ۱KV وصل است، برابر 10^{-6} KW.h است. ظرفیت این خازن چند میکروفاراد است؟

(تیرین فارچ - ۸۹)

- (۱) $3/6$ (۲) $7/2$ (۳) 36 (۴) 72

۱۰. با تخلیه قسمتی از بار الکتریکی یک خازن پُر شده، اختلاف پتانسیل دو سر آن ۸۰ درصد کاهش می‌یابد. انرژی این خازن چند درصد کاهش می‌یابد؟

(ریاضی - ۹۴)

- (۱) 40 (۲) 64 (۳) 80 (۴) 96

۱۱. مدار یک فلاش عکاسی انرژی را با ولتاژ $300V$ در یک خازن 600 میکروفارادی ذخیره می‌کند. اگر همه این انرژی در مدت $3ms$ تخلیه شود، توان متوسط خروجی فلاش چند کیلووات است؟

- (۱) 9 (۲) 18 (۳) 0.9 (۴) $1/8$

۱۲. خازن شارژ شده‌ای را از مولد جدا کرده و فاصله صفحات آن را ۲ برابر می‌کنیم. کدام گزینه در مورد این خازن درست است؟

- (۱) انرژی ذخیره شده در خازن نصف می‌شود.
 (۲) بار ذخیره شده در خازن نصف می‌شود.
 (۳) ظرفیت خازن ثابت می‌ماند.
 (۴) اختلاف پتانسیل دو سر خازن دو برابر می‌شود.

۱۳. صفحات یک خازن تخت به یک باتری وصل شده و خازن به طور کامل شارژ می‌شود. اگر مساحت صفحات را در این حالت سه برابر کنیم، کدام گزینه در مورد تغییرات ایجاد شده در این خازن درست می‌باشد؟

- (۱) میدان الکتریکی بین صفحات خازن $\frac{1}{3}$ برابر می‌شود.
 (۲) انرژی ذخیره شده در خازن ۳ برابر می‌شود.
 (۳) ظرفیت خازن تغییر نمی‌کند.
 (۴) بار الکتریکی ذخیره شده در خازن ثابت می‌ماند.

۱۴. دو سر خازنی را که دی‌الکتریک آن هوا است به دو سر یک باتری وصل می‌کنیم. انرژی ذخیره شده در آن U می‌شود. اگر در حالتی که به باتری وصل است، فاصله بین دو صفحه را n برابر کنیم، انرژی آن U' می‌شود. ولی اگر همان خازن اولیه را از باتری جدا کنیم و سپس، فاصله بین دو صفحه را n برابر کنیم، انرژی آن U'' می‌شود. نسبت $\frac{U''}{U}$ چقدر است؟

(ریاضی فارچ از کشور - ۹۳)

- (۱) $\frac{1}{n}$ (۲) n (۳) $\frac{1}{n^2}$ (۴) n^2

۱۵. خازن تختی به ظرفیت $10\mu F$ دارای بار الکتریکی است. اگر $2\mu C$ بار الکتریکی از صفحه مثبت جدا کرده و به صفحه منفی منتقل کنیم، انرژی ذخیره شده در خازن $1\mu J$ افزایش می‌یابد، اختلاف پتانسیل دو سر خازن در حالت اول چند ولت است؟

- (۱) 0.2 (۲) 0.4 (۳) 0.6 (۴) 0.8

۱۶. مساحت صفحات یک خازن تخت بدون دی الکتریک 8 cm^2 و فاصله صفحات آن 2 mm است. این خازن توسط یک باتری 100 ولتی شارژ شده و از باتری جدا می شود. اگر بخواهیم در این حالت فاصله صفحات خازن را به 6 mm برسانیم چند نانوزول باید کار خالص انجام دهیم؟ $(\epsilon_0 = 9 \times 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}})$

- ۱۸ (۱) ۳۶ (۲) ۵۴ (۳) ۷۲ (۴)

۱۷. اگر ضخامت غشای یک نورون 10 nm و مساحت سطح آن 10^{-6} cm^2 و ثابت دی الکتریک آن $\kappa = 3$ باشد، هنگامی که اختلاف پتانسیل دو سر این نورون 100 mV می شود، چند زول انرژی الکتریکی در این نورون ذخیره شده است؟ $(\epsilon_0 = 9 \times 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}})$

- ۲۷ (۱) 27×10^{-16} (۲) $13/5 \times 10^{-16}$ (۳) $13/5 \times 10^{-14}$ (۴) 27×10^{-14}

۱۸. ظرفیت خازن یک دستگاه دیفیریلاتور $10 \mu\text{F}$ می باشد و این دستگاه با ولتاژ 4 KV شارژ می شود. اگر تمام انرژی ذخیره شده در دستگاه در مدت 1 ms به بدن بیمار منتقل شود، توان متوسط تخلیه بار الکتریکی این دستگاه چند کیلووات است؟

- ۸۰ (۱) ۱۶۰ (۲) ۸ (۳) ۱۶ (۴)

۱۹. مساحت صفحات یک خازن تخت 4 cm^2 می باشد و بین صفحات آن دی الکتریکی با ثابت $k = 4$ قرار گرفته است. اگر ظرفیت این خازن $1/8 \text{ PF}$ باشد و دو صفحه آن را به یک باتری 60 ولتی متصل کنیم، بزرگی میدان الکتریکی بین دو صفحه چند واحد SI می شود؟ $(\epsilon_0 = 9 \times 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}})$

- ۷/۵ (۱) $7/5 \times 10^2$ (۲) $4/5 \times 10^2$ (۳) $4/5 \times 10^3$ (۴)

۲۰. خازن تختی بادی الکتریکی با ثابت $\kappa = 2$ پر شده است. مساحت و فاصله صفحات این خازن از یک دیگر به ترتیب 1 cm^2 و 3 mm است. اگر میدان الکتریکی میان صفحات از $200 \frac{\text{KN}}{\text{C}}$ تجاوز کند، خازن دچار فروریزش الکتریکی می شود. بیشترین انرژی ذخیره شده در این خازن چند نانوزول می تواند باشد؟ $(\epsilon_0 = 9 \times 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}})$

- ۴۸ (۱) ۷۲ (۲) ۹۶ (۳) ۱۰۸ (۴)

۱	(۱) (۲) (۳) (۴)	۵	(۱) (۲) (۳) (۴)	۹	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۳	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۷	(۱) (۲) (۳) (۴)
۲	(۱) (۲) (۳) (۴)	۶	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۰	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۴	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۸	(۱) (۲) (۳) (۴)
۳	(۱) (۲) (۳) (۴)	۷	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۱	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۵	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۹	(۱) (۲) (۳) (۴)
۴	(۱) (۲) (۳) (۴)	۸	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۲	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۶	(۱) (۲) (۳) (۴)	۲۰	(۱) (۲) (۳) (۴)

پاسخ آزمون ۵ در صفحه ۱۲۳

۳۰ دقیقه

آزمون ۶ جامع

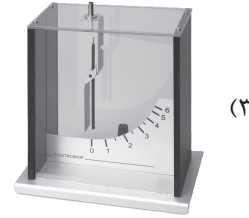
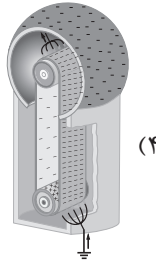
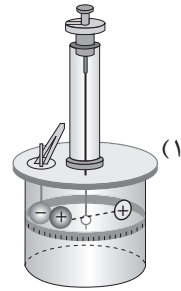
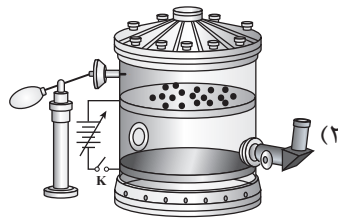
۱. چند الکترون باید از یک سکه خنثی خارج شود، تا بار الکتریکی آن $+1 \mu\text{C}$ شود؟ $(e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C})$ (ریاضی - ۹۵)

- ۱/۶ (۱) $1/6 \times 10^{12}$ (۲) $6/25 \times 10^6$ (۳) $6/25 \times 10^{12}$ (۴)

۲. می خواهیم یک میله سربی را با یک ماده دیگر مالش دهیم تا میله سربی دارای بار مثبت شود. در کدام یک از گزینه های زیر تمام مواد مطرح شده ماده مناسبی برای این منظور هستند؟

- (۱) شیشه - نایلون - پشم
(۲) ابریشم - پارچه کتان - پلی اتیلن
(۳) شیشه - کاغذ - تفلون
(۴) پشم - پوست انسان - پلی اتیلن

۳. کدام یک از وسایل آزمایشگاهی زیر توسط کولن برای اندازه‌گیری بزرگی نیروی مؤثر بین دو بار الکتریکی مورد استفاده قرار گرفته است؟



۴. نیروی دافعه بین دو بار الکتریکی نقطه‌ای مشابه در فاصله r از هم برابر 0.2 N است. اگر به یکی از بارها $2 \mu\text{C}$ اضافه کنیم این نیروی دافعه در همین فاصله برابر 0.3 N می‌شود. اندازه اولیه هر یک از این بارهای الکتریکی چند میکروکولن بوده است؟

(تجربی قارج - ۱۵۰)

- ۲ (۱) ۴ (۲) ۶ (۳) ۸ (۴)

۵. دو کره فلزی مشابه دارای بارهای الکتریکی $q_1 = +5 \mu\text{C}$ و $q_2 = +15 \mu\text{C}$ در فاصله r ، نیروی F بر یک دیگر وارد می‌کنند. اگر این دو کره را در یک لحظه با یک دیگر تماس دهیم، به طوری که فقط بین دو کره مبادله بار صورت گیرد و مجدداً به همان فاصله قبلی برگردانیم، نیروی دافعه بین دو کره چگونه تغییر می‌کند؟

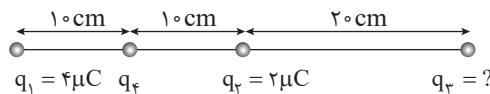
(تجربی - ۹۱)

(۱) ۲۵ درصد افزایش می‌یابد. (۲) ۲۵ درصد کاهش می‌یابد.

(۳) تقریباً ۳۳ درصد کاهش می‌یابد. (۴) تقریباً ۳۳ درصد افزایش می‌یابد.

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

(ریاضی - ۹۱)



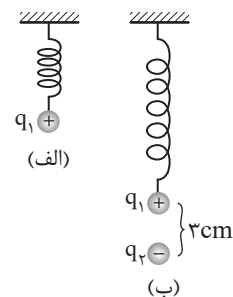
۱۸ (۱)

۸ (۲)

-۸ (۳)

-۱۸ (۴)

۷. مطابق شکل (الف) یک کره کوچک با بار الکتریکی $8 \mu\text{C}$ از فنری به ثابت k آویزان شده است. اگر کره کوچک دیگری به بار $6 \mu\text{C}$ را در زیر کره اول قرار دهیم، مطابق شکل (ب) کره اول 4 cm پایین آمده و در فاصله 3 سانتی متری از کره دوم قرار می‌گیرد.



اگر جرم کره‌ها 10 g باشد، ثابت فنر چند واحد SI است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2})$

۱۲۰ (۱)

۱۲ (۲)

۱۳۰ (۳)

۱۳ (۴)

۸. ذره‌ای به جرم 10 گرم و بار الکتریکی 5 - میکروکولن در یک میدان الکتریکی یکنواخت بدون تکیه‌گاه به حالت سکون قرار دارد. اگر

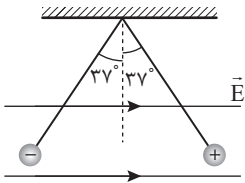
(ریاضی قارج - ۱۵۰)

$g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ باشد، میدان الکتریکی چند نیوتن بر کولن و جهت آن بر کدام سمت است؟

- (۱) 2×10^4 ، بالا (۲) 2×10^4 ، پایین (۳) 5×10^5 ، بالا (۴) 5×10^5 ، پایین

۹. مطابق شکل زیر دو آونگ الکتریکی با بارهای $q_1 = 100 \text{ nC}$ و $q_2 = -100 \text{ nC}$ در فاصله ۳ سانتی متر یکدیگر داخل یک میدان

الکتریکی یکنواخت به بزرگی E به حالت تعادل قرار گرفته اند. اگر جرم هر آونگ 4 g باشد، E چند نیوتن بر کولن است؟



$$\left(\sin 37^\circ = 0.6, k = 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}, g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \right)$$

(۲) 0.7×10^6

(۱) 0.7×10^5

(۴) $1/3 \times 10^5$

(۳) $1/3 \times 10^6$

۱۰. ذره‌ای با بار الکتریکی $q = -10 \mu\text{C}$ و جرم 1 mg با تندی $5 \times 10^8 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$ در جهت خطوط یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $10^3 \frac{\text{N}}{\text{C}}$

شلیک می‌شود. چند ثانیه طول می‌کشد تا تندی حرکت این ذره در برابر به طور لحظه‌ای صفر برسد؟ (نیروی گرانش ناچیز است.)

(۴) 0.5

(۳) 5

(۲) 50

(۱) 500

۱۱. در یک فضا، میدان الکتریکی ثابت و یکنواخت برقرار است. ذره‌ای با بار الکتریکی منفی را در نقطه‌ای از این فضا از حال سکون رها

می‌کنیم. تا زمانی که ذره تحت اثر میدان الکتریکی در این فضا جابه‌جا می‌شود، به سمت مکان‌هایی با پتانسیل الکتریکی می‌رود انرژی پتانسیل الکتریکی آن می‌یابد. (از وزن ذره صرف نظر شود.)

(ریاضی فارغ ۹۳۰)

(۴) بیش تر - کاهش

(۳) بیش تر - افزایش

(۲) کم تر - کاهش

(۱) کم تر - افزایش

۱۲. اختلاف پتانسیل الکتریکی دو نقطه 500 V است. با صرف چند ژول انرژی، بار الکتریکی $8 \mu\text{C}$ میکروکولنی بین این دو نقطه جاری می‌شود؟

(ریاضی ۸۶۰)

(۴) 8×10^{-4}

(۳) 4×10^{-4}

(۲) 8×10^{-3}

(۱) 4×10^{-3}

۱۳. ذره‌ای با بار الکتریکی مثبت q را با سرعت ثابت در میدان الکتریکی یکنواخت \vec{E} ، در خلاف جهت میدان و به موازات خط‌های میدان

(ریاضی فارغ ۹۴۰)

به اندازه d جابه‌جا می‌کنیم. در این صورت انرژی بار q را به اندازه Eqd می‌یابد.

(۲) جنبشی - کاهش

(۱) جنبشی - افزایش

(۴) پتانسیل الکتریکی - کاهش

(۳) پتانسیل الکتریکی - افزایش

۱۴. بین دو صفحه موازی که به فاصله 2 cm از هم قرار دارند. اختلاف پتانسیل الکتریکی 500 V ولت ایجاد کرده‌ایم. اگر یک ذره آلفا بین

(ریاضی ۹۵۰)

این دو صفحه قرار گیرد، نیروی الکتریکی وارد بر آن چند نیوتن خواهد شد؟ $(e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C})$

(۴) 4×10^{-15}

(۳) 4×10^{-13}

(۲) 8×10^{-15}

(۱) 8×10^{-13}

۱۵. دو صفحه یک خازن تخت به ظرفیت $20 \mu\text{F}$ را به اختلاف پتانسیل 80 V متصل می‌کنیم. تا زمان شارژ کامل خازن چه تعداد الکترون

به صفحه منفی خازن منتقل می‌شود؟ $(e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C})$

(۴) 2×10^{15}

(۳) 2×10^{16}

(۲) 10^{15}

(۱) 10^{16}

۱۶. مساحت و فاصله صفحات خازن تخت A به ترتیب 2 و 4 برابر مساحت و فاصله صفحات خازن B است. اگر هر دو خازن بدون دی الکتریک

بوده و اختلاف پتانسیل دو سر خازن B نصف خازن A باشد، ظرفیت خازن B چند برابر خازن A است؟

(۴) $\frac{1}{3}$

(۳) 2

(۲) $\frac{1}{4}$

(۱) 4

۱۷. خازنی به منبع برق 200 V ولت وصل است. اگر انرژی ذخیره شده در آن $1/8 \text{ J}$ باشد، ظرفیت خازن چند میکروفاراد است؟

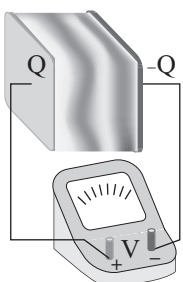
(تجربی فارغ ۹۳۰)

(۴) 180

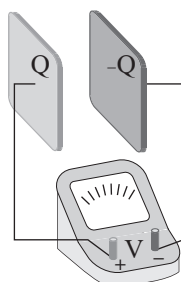
(۳) 90

(۲) 36

(۱) 27



(ب)



(ف)

۱۸. مطابق شکل (الف) صفحات باردار یک خازن تخت را که بین آن‌ها هوا است، به یک ولت‌سنج متصل می‌کنیم. اگر مانند شکل (ب) بین

صفحات خازن یک دی‌الکتریک قرار دهیم، عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد، چگونه تغییر می‌کند؟

(۱) افزایش می‌یابد.

(۲) کاهش می‌یابد.

(۳) تغییر نمی‌کند.

(۴) ابتدا افزایش سپس کاهش می‌یابد.

۱۹. خازن مسطحی که بدون دی‌الکتریک است به یک مولد متصل است. اگر در این حالت فاصله صفحات را ۸ برابر کرده و یک دی‌الکتریک

با ثابت $k = 2$ بین صفحات خازن قرار دهیم، بار الکتریکی و انرژی ذخیره شده در خازن چند درصد کاهش می‌یابد؟

۷۵-۷۵ (۴)

۲۵-۷۵ (۳)

۷۵-۲۵ (۲)

۲۵-۲۵ (۱)

۲۰. چند مورد از عبارتهای زیر در مورد خازن‌ها درست است؟

(الف) خازن‌ها در دوربین‌های عکاسی، صفحه کلیدهای رایانه و دفیبریلاتورها کاربرد دارند.

(ب) اگر یک دی‌الکتریک دچار فروریزش الکتریکی شود، در این دی‌الکتریک نقش‌های لیچنبرگ به وجود می‌آید.

(ج) در یاخته‌های عصبی غشای سلول به عنوان دی‌الکتریک عمل می‌کند.

(د) خازن‌هایی که دارای دی‌الکتریک هستند، ولتاژ قابل تحمل بیشتری دارند.

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

۱	(۱) (۲) (۳) (۴)	۵	(۱) (۲) (۳) (۴)	۹	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۳	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۷	(۱) (۲) (۳) (۴)
۲	(۱) (۲) (۳) (۴)	۶	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۰	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۴	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۸	(۱) (۲) (۳) (۴)
۳	(۱) (۲) (۳) (۴)	۷	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۱	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۵	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۹	(۱) (۲) (۳) (۴)
۴	(۱) (۲) (۳) (۴)	۸	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۲	(۱) (۲) (۳) (۴)	۱۶	(۱) (۲) (۳) (۴)	۲۰	(۱) (۲) (۳) (۴)

پاسخ آزمون ۶ در صفحه ۱۲۷

پاسخ نامه فصل اول

الکتریسیته ساکن



آزمون ۱ الفبای الکتریسیته ساکن و قانون کولن

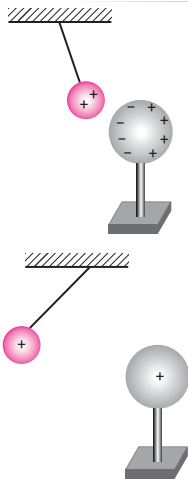
۱. **پله ۱۴** ***** همان طور که می دانید باردار شدن اجسام به دلیل انتقال الکترون ها از یک جسم به جسم دیگر است. هنگامی که جسمی دارای بار الکتریکی مثبت می شود، الکترون از دست می دهد. از آنجایی که جرم الکترون بسیار ناچیز است، می توانیم بگوییم که جرم جسم مقدار بسیار اندکی کاهش می یابد.

۲. **پله ۱۳** ***** در هسته اتم ها پروتون ها و نوترون ها وجود دارند. نوترون از نظر الکتریکی خنثی است. بنابراین برای به دست آوردن بار الکتریکی هسته یک اتم، کافی است بار الکتریکی پروتون ها را به دست آوریم و داریم:

$$q = +ne = 92 \times 1.6 \times 10^{-19} = 1472 \times 10^{-19} = 1.472 \times 10^{-17} \text{ C}$$

۳. **پله ۱۴** ***** هنگامی که دو جسم یکدیگر را جذب می کنند دو حالت ممکن است رخ داده باشد. یا دو جسم دارای بار الکتریکی ناهم نام هستند و یا یکی از آن ها خنثی و دیگری باردار است. از آنجایی که اجسام A و B یکدیگر را جذب کرده اند می توانیم نتیجه بگیریم یا A و B دارای بار الکتریکی ناهم نام هستند و یا یکی باردار و دیگر خنثی است.

پله دوم: هنگامی که دو جسم یکدیگر را دفع می کنند، حتماً دو جسم باردار بوده و دارای بار الکتریکی هم نام هستند. بنابراین چون اجسام B و C یکدیگر را دفع کرده اند حتماً دارای بار الکتریکی هم نام هستند. اگر نتیجه این پله را در کنار نتیجه پله قبل قرار دهیم به طور کلی می توانیم بگوییم که در این آزمایش قطعاً جسم های B و C دارای بار هم نام می باشند و جسم A یا بدون بار است و یا دارای بار ناهم نام با B و C است.



۴. **پله ۱۴** ***** همان طور که در شکل زیر می بینید با نزدیک کردن کره فلزی به گلوله، بارهای الکتریکی به گونه ای در کره تفکیک می شوند که سمت چپ کره دارای بار منفی شود و کره، گلوله را جذب می کند.

پله دوم: اگر گلوله به کره برخورد کند، بار الکتریکی کره مثبت می شود، حال اگر کره را دوباره به گلوله نزدیک کنیم، گلوله دفع می شود. به شکل مقابل توجه کنید.

ایستگاه نکته

اگر دو کره رسانای مشابه با بارهای الکتریکی q_1 و q_2 را به یکدیگر تماس دهیم، مجموع بارهای الکتریکی q_1 و q_2 بین دو کره به صورت مساوی تقسیم می‌شود و برای به دست آوردن بار الکتریکی کره‌ها در حالت جدید داریم:

$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2}$$

دقت کنید که در این رابطه q_1 و q_2 با علامت جایگذاری می‌شوند.

پله یکم: فرض می‌کنیم بار اولیه کره A برابر x باشد. در این صورت با تماس کره W به کره A داریم:

$$q_W = \frac{q_A + 0}{2} = \frac{x}{2}$$

پله دوم: حالا کره W را به کره B با بار الکتریکی $-32C$ تماس می‌دهیم و داریم:

$$q'_W = \frac{q_W + q_B}{2} = \frac{\frac{x}{2} + (-32)}{2} = \frac{x}{4} - 16$$

پله سوم: حالا کره W را به کره C با بار الکتریکی $48C$ تماس می‌دهیم و داریم:

$$q''_W = \frac{q'_W + q_C}{2} = \frac{\frac{x}{4} - 16 + 48}{2} = \frac{x}{8} + 16$$

از آن‌جا که بار نهایی ذخیره شده در کره W برابر $18C$ است، داریم:

$$q''_W = 18 \Rightarrow \frac{x}{8} + 16 = 18 \Rightarrow x = 16C$$

در سری الکتریسیته مالشی پارچه کتان پایین‌تر از نایلون قرار دارد، بنابراین اگر نایلون و پارچه کتان را به یکدیگر مالش دهیم نایلون دارای بار الکتریکی مثبت می‌شود.

پله یکم: فاصله دو نقطه را به دست می‌آوریم:

$$r = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} = \sqrt{(-8)^2 + (-6)^2} = 10 \text{ cm}$$

$$F = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 3 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{100 \times 10^{-4}} = 5.4 \text{ N}$$

پله دوم:

$$F = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{q'_1 q'_2}{q_1 q_2} \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2 \xrightarrow{q'_1 = \frac{q_1}{2}} \frac{F'}{F} = \frac{q_1}{2} \times \left(\frac{r}{\frac{r}{2}}\right)^2 = 2$$

پله یکم: ۲۵ درصد از بار الکتریکی q_1 را کم کرده و به بار q_2 اضافه می‌کنیم. بنابراین داریم:

$$q'_1 = q_1 - \frac{25}{100} q_1 = 8 - \frac{25}{100} (8) = 6 \mu C$$

$$q'_2 = q_2 + \frac{25}{100} q_1 = q_2 + 2$$

دقت کنید که چون بارهای الکتریکی q_1 و q_2 هم‌نام هستند، هنگامی که مقداری از q_1 را به q_2 منتقل می‌کنیم بار الکتریکی q_1 کاهش یافته و q_2 افزایش می‌یابد. به نظر شما اگر q_1 و q_2 نا هم‌نام بودند چه اتفاقی رخ می‌داد؟

پله دوم:

$$F = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{|q'_1||q'_2|}{|q_1||q_2|} \xrightarrow{F' = \frac{15}{100} F} \frac{15}{100} = \frac{6(q_2 + 2)}{8(q_2)} \Rightarrow \frac{3}{20} = \frac{3(q_2 + 2)}{2q_2} \Rightarrow 2q_2 = q_2 + 2 \Rightarrow q_2 = 2 \mu C$$

*** ۱۰. مثال ۲: **پله یکم:** چون دو بار به یکدیگر نیروی دافعه وارد می‌کنند، پس بارهای الکتریکی q_1 و q_2 هم نام هستند. فرض

می‌کنیم به اندازه x از بار q_2 کم کرده و به بار q_1 اضافه کنیم. در این صورت داریم:

$$q_2' = q_2 - x = 2q_1 - x$$

پله دوم: اگر بخواهیم نیروی الکتریکی وارد شده به دو بار الکتریکی بیشینه باشد طبق رابطه $F = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2}$ باید حاصل ضرب

بارها بیشینه شود. هنگامی که حاصل جمع دو عدد ثابت است، ضرب دو عدد هنگامی بیشینه می‌شود که دو عدد با یکدیگر برابر باشند. (دلیل این نکته را حتماً از معلم ریاضی خود بپرسید.) بنابراین داریم:

$$2q_1 - x = q_1 + x \Rightarrow q_1 = 2x \Rightarrow x = \frac{q_1}{2}$$

پله سوم: حالا باید ببینیم x چند درصد از q_2 است:

$$\frac{x}{q_2} = \frac{\frac{q_1}{2}}{2q_1} = \frac{1}{4} \Rightarrow x = \frac{1}{4}q_2 = \frac{25}{100}q_2$$

*** ۱۱. مثال ۲: **پله یکم:** فرض می‌کنیم بار الکتریکی اولیه هر کره برابر q_1 و q_2 باشد. در این صورت داریم:

$$F = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow 4 = \frac{9 \times 10^9 \times |q_1||q_2| \times 10^{-12}}{900 \times 10^{-4}} \Rightarrow |q_1||q_2| = 40$$

دقت کنید که در رابطه به دست آمده $|q_1|$ و $|q_2|$ برحسب میکروکولن هستند.

پله دوم: هنگامی که دو کره را به یکدیگر تماس می‌دهیم بار الکتریکی هر کره $3 \mu C$ می‌شود. بنابراین داریم:

$$|q_1'| = |q_2'| = \frac{q_1 + q_2}{2} \Rightarrow 3 = \frac{q_1 + q_2}{2} \Rightarrow q_1 + q_2 = 6 \mu C$$

پله سوم: برای به دست آوردن q_1 و q_2 باید دو معادله به دست آمده در دو پله قبل را در یک دستگاه حل کنیم:

$$\left. \begin{aligned} |q_1| \times |q_2| &= 40 \\ q_1 + q_2 &= 6 \end{aligned} \right\} \Rightarrow q_1 = 10 \mu C, q_2 = -4 \mu C$$

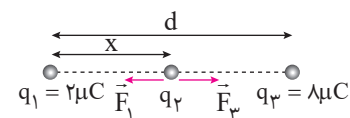
البته لزومی به حل این دستگاه نیست، کافی است اعداد مطرح شده در گزینه‌ها را در این معادلات جایگذاری کنیم تا جواب درست را به دست آوریم. اگر دقت کنید فقط حاصل ضرب اندازه اعداد مطرح شده در گزینه «۲» برابر 40 می‌شود. بنابراین بعد از طی کردن پله اول با بررسی گزینه‌ها می‌توانستیم جواب درست را پیدا کنیم.

*** ۱۲. مثال ۳: **پله یکم:** اگر بخواهیم برابری نیروهای وارد شده به هر سه بار صفر باشد، باید بار q_2 منفی باشد. به طور مثال اگر

برابری نیروهای وارد شده به q_2 را بررسی کنید، می‌بینید که بار q_1 ، q_3 را دفع می‌کند بنابراین بار q_2 باید منفی باشد تا q_2 را جذب کند تا برابری نیروهای وارد شده به q_2 صفر شود.

پله دوم: مطابق شکل زیر نیروهای وارد شده به بار منفی q_2 را رسم می‌کنیم و از آنجایی که قرار است برابری آن‌ها صفر شود F_1

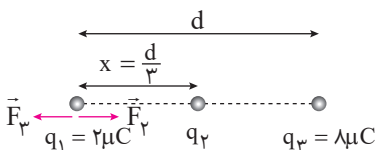
را برابر F_3 قرار می‌دهیم:



$$F_1 = F_3 = \frac{k|q_1||q_2|}{x^2} = \frac{k|q_2||q_3|}{(d-x)^2} \Rightarrow \frac{2}{x^2} = \frac{4}{(d-x)^2} \xrightarrow{\text{جذر می‌گیریم}} \frac{1}{x} = \frac{2}{d-x} \Rightarrow x = \frac{d}{3}$$

پله سوم: حالا نیروهای وارد شده به بار q_1 را رسم می‌کنیم و از آنجایی که قرار است برابری نیروهای وارد شده به بار q_1 نیز صفر

شود پس باید F_2 برابر F_3 باشد و داریم:

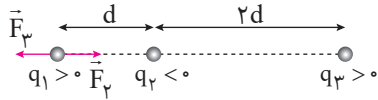


$$F_r = F_r \Rightarrow \frac{k |q_r| |q_1|}{x^2} = \frac{k |q_r| |q_1|}{d^2} \xrightarrow{x=\frac{d}{9}} \frac{|q_r|}{\frac{d}{9}} = \frac{\lambda}{d^2} \Rightarrow |q_r| = \frac{\lambda}{9}$$

از طرف دیگر در پله یکم بار الکتریکی q_r منفی به دست آمد و داریم:

$$q_r = -\frac{\lambda}{9}$$

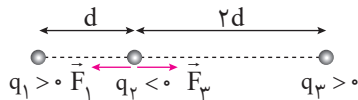
پله یکم: نیروهای وارد شده به بار q_1 را رسم کرده و اندازه آن‌ها را به دست می‌آوریم:



$$F_r = \frac{k |q_1| |q_r|}{d^2} \xrightarrow{|q_1|=|q_r|=q} F_r = \frac{kq^2}{d^2}$$

$$F_r = \frac{k |q_1| |q_r|}{(3d)^2} \Rightarrow F_r = \frac{kq q_r}{9d^2}$$

پله دوم: حالا به سراغ بار q_r می‌رویم و نیروهای وارد شده به آن را به دست می‌آوریم:



$$F_1 = \frac{kq^2}{d^2}$$

$$F_r' = \frac{kq q_r}{4d^2}$$

پله سوم: طبق صورت مسأله باید تفاضل F_r و F_1 در پله اول برابر تفاضل F_r' و F_1 در حالت دوم باشد. بنابراین داریم:

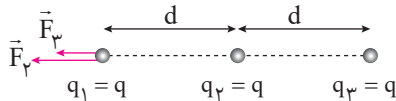
$$F_r' - F_1 = F_r - F_1$$

$$\frac{k q_r}{4d^2} - \frac{kq^2}{d^2} = \frac{kq^2}{d^2} - \frac{k q_r}{9d^2} \Rightarrow \frac{q_r}{4} - q = q - \frac{q_r}{9} \Rightarrow \frac{q_r}{4} + \frac{q_r}{9} = 2q$$

$$\Rightarrow \frac{13q_r}{36} = 2q \Rightarrow \frac{q_r}{q} = \frac{72}{13}$$

دقت کنید که F_1 و F_r با یکدیگر برابر هستند و چون F_r' و F_1 با یکدیگر برابر نیستند برای این که تفاضل F_r' و F_1 بتواند برابر تفاضل F_r و F_1 باشد باید تساوی $F_r' - F_1 = F_r - F_1$ برقرار باشد. به این نکته نیز توجه کنید که F_r' بزرگ‌تر از F_r است.

پله یکم: مطابق شکل زیر نیروهای وارد شده به بار q_1 در شکل (الف) را رسم کرده و برابری آن‌ها را به دست می‌آوریم:

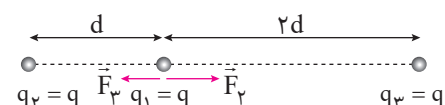


$$\left. \begin{aligned} F_1 &= \frac{kq \times q}{d^2} = \frac{kq^2}{d^2} \\ F_r &= \frac{kq \times q}{(2d)^2} = \frac{kq^2}{4d^2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow F_{r,1} = F_r + F_1 = \frac{5kq^2}{4d^2}$$

با توجه به این که برابری نیروهای وارد شده به بار q_1 در شکل (الف) برابر $12N$ است داریم:

$$\frac{5kq^2}{4d^2} = 12 \Rightarrow \frac{kq^2}{d^2} = \frac{48}{5}$$

پله دوم: حالا به سراغ شکل (ب) می‌رویم و نیروهای وارد شده به بار الکتریکی q_1 را در شکل (ب) رسم کرده و برابری آن‌ها را به دست می‌آوریم:



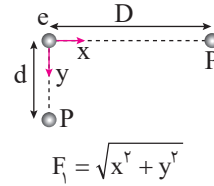
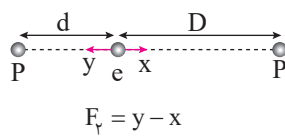
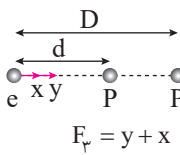
$$\left. \begin{aligned} F_r &= \frac{kq^2}{d^2} \\ F_{r,3} &= \frac{k(q)(q)}{(2d)^2} = \frac{kq^2}{4d^2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow F_{r,3} = F_r - F_r = \frac{kq^2}{d^2} - \frac{kq^2}{4d^2} = \frac{3kq^2}{4d^2}$$

حالا کافی است مقدار عبارت $\frac{kq^2}{d^2}$ را که در پله یکم به دست آوردیم در عبارت به دست آمده در پله دوم جایگذاری کنیم:

$$F_{r,3} = \frac{3}{4} \frac{kq^2}{d^2} \xrightarrow{\frac{kq^2}{d^2} = \frac{4\lambda}{5}} F_{r,3} = \frac{3}{4} \left(\frac{4\lambda}{5} \right) = \frac{3\lambda}{5} = \frac{36}{5} = 7.2 \text{ N}$$

۱۵. پله ۳

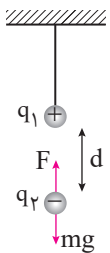
بزرگی نیرویی که یک پروتون به الکترون در فاصله D وارد می کند را با x و بزرگی نیرویی که یک پروتون به الکترون در فاصله d وارد می کند را با y نشان می دهیم و نیروهای وارد شده به الکترون را در هر شکل رسم می کنیم:



از عبارت به دست آمده نتیجه می گیریم که $F_p > F_1 > F_2$

۱۶. پله ۱

نیروهای وارد شده به بار q_2 را رسم می کنیم.



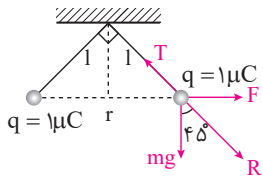
پله دوم: چون بار q_2 در تعادل است، برآیند نیروهای وارد شده به q_2 برابر صفر است بنابراین داریم:

$$F = mg \Rightarrow \frac{k|q_1||q_2|}{d^2} = mg \Rightarrow \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 4 \times 10^{-12}}{d^2} = 10 \times 10^{-3} \times 10 \Rightarrow d^2 = 9 \times 16 \times 10^{-2}$$

$$\Rightarrow d = 3 \times 4 \times 10^{-1} = 1.2 \text{ m} = 120 \text{ cm}$$

۱۷. پله ۴

نیروهای وارد شده به یکی از بارهای الکتریکی را رسم می کنیم:



همان طور که در شکل بالا می بینید برآیند نیروهای F و mg که همان نیروی R است باید در امتداد نیروی کشش نخ (T) باشد تا بتواند آن را خنثی کند تا بار q در حال تعادل بماند.

پله دوم: به کمک رابطه فیثاغورس r را به دست می آوریم:

$$r = \sqrt{l^2 + l^2} = l\sqrt{2} = 30\sqrt{2} \times \sqrt{2} = 60 \text{ cm}$$

$$F = \frac{k|q||q|}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 1 \times 10^{-12}}{3600 \times 10^{-4}} = \frac{1}{40} \text{ N}$$

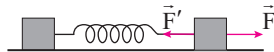
پله سوم: اندازه نیروی F را به دست می آوریم:

پله آخر: به سراغ تانژانت زاویه 45° می رویم:

$$\tan 45^\circ = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}} \Rightarrow 1 = \frac{F}{mg} \xrightarrow{F = \frac{1}{40} \text{ N}} 1 = \frac{\frac{1}{40}}{m(10)} \Rightarrow 10 \cdot m = \frac{1}{40} \Rightarrow m = \frac{1}{400} \text{ kg} = 2.5 \text{ g}$$

۱۸. پله ۳

نیروهای وارد شده به یکی از مکعبها را رسم می کنیم:



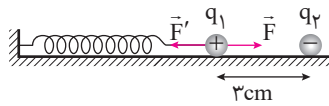
در شکل بالا نیروی الکتریکی را با F و نیروی فنر را با F' نشان داده ایم.

پله دوم: چون برآیند نیروهای وارد شده به مکعب صفر می شود F و F' با یکدیگر برابر هستند. اگر طول ثانویه فنر را برابر x در نظر بگیریم داریم:

$$F' = F \Rightarrow k\Delta x = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow 100(x - 0/2) = \frac{9 \times 10^9 \times 1000 \times 10^{-12}}{x^2} \Rightarrow 100(x - 0/2) = \frac{0/9}{x^2} \Rightarrow 100x^3 - 20x^2 = 0/9$$

حالا باید جواب این معادله درجه سه را به دست آوریم. بهترین روش برای به دست آوردن جواب این معادله جایگذاری گزینهها

در این معادله است. اگر $x = 0/3 \text{ m}$ را جایگذاری کنید خواهید دید که $x = 0/3 \text{ m}$ در معادله صدق می کند. دقت کنید که در رابطه ابتدای پله دوم k در معادله سمت راست معادله عدد ثابت کولن و k در سمت چپ معادله ثابت فنر می باشد.



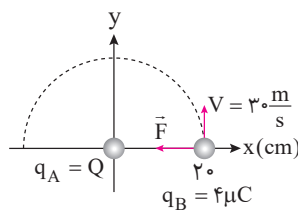
۱۹. پله یکم: ابتدا نیروهای وارد شده به بار q_1 را رسم می کنیم:

در شکل بالا نیروی الکتریکی را با F و نیروی فنر را با F' نشان داده ایم.

پله دوم: چون بار q_1 ساکن است برآیند نیروهای وارد شده به آن صفر است و داریم:

$$F = F' \Rightarrow \frac{k|q_1||q_2|}{r^2} = k\Delta x \Rightarrow \frac{9 \times 10^9 \times 1/2 \times 3 \times 10^{-12}}{9 \times 10^{-4}} = 100 \Delta x \Rightarrow \Delta x = \frac{36}{100} \text{ m} = 36 \text{ cm}$$

پله سوم: طول اولیه فنر 51 cm بوده است و اگر فنر به اندازه 36 cm افزایش طول پیدا کند طول آن به 87 cm می رسد. بنابراین فاصله AB برابر 90 cm است.



۲۰. پله یکم: ابتدا شکل ساده ای از وضعیت قرارگیری بارها را رسم می کنیم:

پله دوم: با توجه به این که ذره B حرکت دایره ای انجام می دهد نیروی F همان نیروی مرکزگرا بوده و اندازه آن به صورت زیر به دست می آید:

$$F = \frac{mV^2}{r} = \frac{0.8 \times 10^{-3} \times (30)^2}{0.8} = 3/6 \text{ N}$$

پله سوم: از طرف دیگر نیروی F همان نیرویی است که ذره A به ذره B وارد می کند و داریم:

$$F = \frac{k|q_A||q_B|}{r^2} \Rightarrow 3/6 = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6} \times Q}{200 \times 10^{-4}} \Rightarrow Q = 2 \mu\text{C}$$

دقت کنید که بار q_A باید q_B را جذب کند بنابراین بار q_A منفی است و داریم:

✓ آزمون ۲ میدان الکتریکی

۱. همان طور که می دانید در هر نقطه از میدان الکتریکی، بردار نیروی وارد شده به یک ذره باردار، مماس بر خطوط میدان الکتریکی است. بنابراین بردارهای C و D نمی توانند درست باشند. از طرف دیگر می دانیم که به بارهای مثبت در جهت خطوط میدان الکتریکی و به بارهای منفی در خلاف جهت خطوط میدان الکتریکی نیرو وارد می شود، بنابراین چون در این مسأله بار مورد نظر منفی است در خلاف جهت خطوط میدان الکتریکی به آن نیرو وارد می شود. و در نتیجه بردار A درست رسم شده است.

۲. پله یکم: همان طور که می دانید خطوط میدان الکتریکی از بارهای مثبت خارج شده و وارد بارهای منفی می شوند، بنابراین بار الکتریکی q_1 مثبت بوده و بار الکتریکی q_2 منفی می باشد.

پله دوم: از طرف دیگر هرچه تراکم خطوط میدان الکتریکی بیشتر باشد، میدان الکتریکی قوی تر است. چون تراکم خطوط اطراف بار الکتریکی q_1 بیشتر است، میدان الکتریکی در نزدیکی بار q_1 قوی تر است و در نتیجه $|q_1|$ نیز بزرگ تر از $|q_2|$ است.

۳. طبق رابطه $E = \frac{kq}{r^2}$ بزرگی میدان الکتریکی ناشی از بار الکتریکی نقطه ای با مجذور فاصله رابطه عکس دارد و هرچه فاصله بیش تر شود میدان الکتریکی کم تر می شود در نتیجه گزینه های (۱) و (۴) نادرست هستند.

از طرف دیگر رابطه E و r به صورت خطی نمی باشد و هنگامی که r به سمت بی نهایت می رود مقدار E به سمت صفر می رود و در نتیجه جواب گزینه «۳» می شود.

۴. درون شعله شمع یون های مثبت قرار دارد بنابراین شعله شمعی که در نزدیکی کلاهک قرار دارد تحت تأثیر میدان

الکتریکی ناشی از کلاهک باردار دفع شده و به سمت راست متمایل می‌شود. اما شمع سمت راست در فاصله دورتری از کلاهک قرار دارد و نیروی کمتری به یون‌های موجود در شعله آن وارد می‌شود، بنابراین تغییر محسوسی در وضعیت شعله ایجاد نمی‌شود.

۵. بار الکتریکی پروتون برابر بار الکتریکی الکترون است و داریم:

$$E = \frac{k|q|}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (1/6 \times 10^{-19})}{(\Delta \times 10^{-11})^2} = \Delta / 76 \times 10^{11} \frac{N}{C}$$

۶. با یک تناسب ساده به راحتی این مسأله را حل خواهیم کرد.

$$E = \frac{k|q|}{r^2} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{q_2}{q_1} \times \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \xrightarrow[q_1=q_2]{r_2=r_1+r_1} \frac{160}{250} = \left(\frac{r_1}{r_1+10}\right)^2 \xrightarrow{\text{جذر می‌گیریم}} \frac{4}{5} = \frac{r_1}{r_1+10} \Rightarrow 4r_1 + 40 = 5r_1 \Rightarrow r_1 = 40 \text{ cm}$$

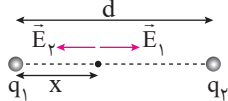
۷. ایستگاه نکته

صفر شدن میدان الکتریکی

فرض کنید دو بار الکتریکی q_1 و q_2 بر روی پاره خطی در فاصله d از یک دیگر قرار گرفته باشند. می‌خواهیم محل نقطه‌ای را به دست آوریم که در آن نقطه میدان الکتریکی برابری صفر شود. بدین منظور دو حالت زیر را در نظر می‌گیریم:

الف) بارهای q_1 و q_2 هم نام باشند:

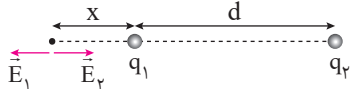
اگر بارهای q_1 و q_2 هم نام باشند میدان الکتریکی بین دو بار و در نزدیکی باری که اندازه کوچک‌تری دارد می‌تواند صفر شود. به طور مثال در شکل زیر اگر $q_1, q_2 > 0$ باشند و $|q_1| < |q_2|$ باشد داریم:



$$E_1 = E_2 \Rightarrow \frac{k|q_1|}{x^2} = \frac{k|q_2|}{(d-x)^2} \Rightarrow \frac{|q_1|}{x^2} = \frac{|q_2|}{(d-x)^2}$$

ب) بارهای q_1 و q_2 ناهم نام باشند:

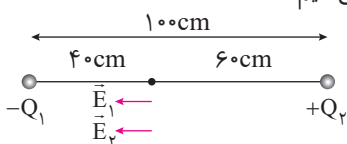
اگر بارهای q_1 و q_2 ناهم نام باشند، میدان الکتریکی برابری صفر در خارج از دو بار و نزدیک باری که اندازه کوچک‌تری دارد می‌تواند صفر شود. به طور مثال در شکل زیر اگر $q_1 > 0$ و $q_2 < 0$ و $|q_1| < |q_2|$ داریم:



$$E_1 = E_2 \Rightarrow \frac{k|q_1|}{x^2} = \frac{k|q_2|}{(d+x)^2} \Rightarrow \frac{|q_1|}{x^2} = \frac{|q_2|}{(d+x)^2}$$

اگر بخواهیم در نقطه مورد نظر به الکترون نیرویی وارد نشود باید بزرگی میدان الکتریکی برابری صفر در نقطه مورد نظر شود. از طرف دیگر چون نقطه مورد نظر در خارج از دو بار است، پس بارها باید ناهم علامت باشند و چون نقطه مورد نظر در سمت چپ قرار دارد، پس باید اندازه بار الکتریکی سمت چپ کوچک‌تر باشد.

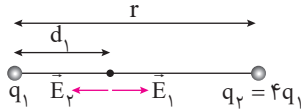
۸. پله یکم: ابتدا شکل ساده‌ای از وضعیت قرارگیری بارهای الکتریکی رسم می‌کنیم:



پله دوم: طبق صورت سؤال اندازه میدان‌های E_1 و E_2 یکسان است و داریم:

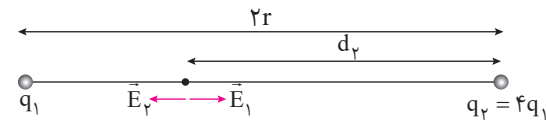
$$E_1 = E_2 \Rightarrow \frac{k|Q_1|}{r_1^2} = \frac{k|Q_2|}{r_2^2} \Rightarrow \frac{Q_1}{1600} = \frac{Q_2}{3600} \Rightarrow \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{9}{4} = 2/25$$

۹. **پله یکم:** شکل ساده‌ای از وضعیت قرارگیری بارها در حالت اول را رسم کرده و d_1 را به دست می‌آوریم:



$$E_1 = E_2 \Rightarrow \frac{kq_1}{d_1^2} = \frac{k(4q_1)}{(r-d_1)^2} \xrightarrow{\text{جذر می‌گیریم}} \frac{1}{d_1} = \frac{2}{r-d_1} \Rightarrow 2d_1 = r - d_1 \Rightarrow d_1 = \frac{r}{3}$$

پله دوم: مراحل طی شده در پله قبل را برای حالت دوم تکرار می‌کنیم:

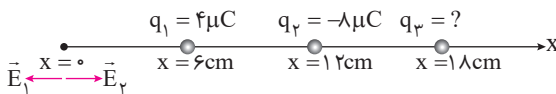


$$E_1 = E_2 \Rightarrow \frac{kq_1}{(2r-d_2)^2} = \frac{k(4q_1)}{(d_2)^2} \xrightarrow{\text{جذر می‌گیریم}} \frac{1}{2r-d_2} = \frac{2}{d_2} \Rightarrow d_2 = 4r - 2d_2 \Rightarrow d_2 = \frac{4r}{3}$$

$$\frac{d_2}{d_1} = \frac{\frac{4r}{3}}{\frac{r}{3}} = 4$$

و در نهایت داریم:

۱۰. **پله یکم:** برای حل این گونه سؤالات اولین اقدام رسم شکل مناسبی از وضعیت قرارگیری بارها است.



پله دوم: همان‌طور که در شکل بالا می‌بینید در مبدأ مختصات بردار \vec{E}_1 به سمت چپ و بردار \vec{E}_2 به سمت راست می‌باشد و

$$E_1 = \frac{k|q_1|}{r_1^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6}}{36 \times 10^{-4}} = 10^7 \frac{N}{C}$$

اندازه آن‌ها به صورت زیر به دست می‌آید:

$$E_2 = \frac{k|q_2|}{r_2^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 8 \times 10^{-6}}{144 \times 10^{-4}} = \frac{1}{2} \times 10^7 \frac{N}{C}$$

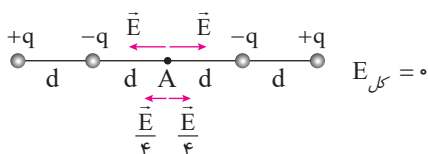
همان‌طور که می‌بینید E_1 بزرگ‌تر از E_2 است و برآیند \vec{E}_1 و \vec{E}_2 به سمت چپ می‌شود. چون می‌خواهیم برآیند میدان‌های الکتریکی در مبدأ مختصات برابر صفر باشد باید E_3 به سمت راست باشد و مجموع اندازه \vec{E}_2 و \vec{E}_3 برابر اندازه \vec{E}_1 باشد، بنابراین داریم:

$$E_1 = E_2 + E_3 \Rightarrow 10^7 = \frac{1}{2}(10^7) + \frac{kq_3}{r_3^2} \Rightarrow \frac{k|q_3|}{r_3^2} = \frac{1}{2}(10^7) \Rightarrow \frac{9 \times 10^9 |q_3|}{18^2 \times 10^{-4}} = \frac{1}{2} 10^7 \Rightarrow |q_3| = 18 \times 10^{-6} C = 18 \mu C$$

چون بردار E_3 به سمت راست است، پس باید q_3 بار مثبت آزمون را جذب کند. پس باید $q_3 < 0$ باشد و بنابراین $q_3 = -18 \mu C$ می‌باشد.

۱۱. **پله یکم:** بزرگی میدان الکتریکی حاصل از بار q در فاصله d از آن را برابر E در نظر می‌گیریم و در نتیجه بزرگی میدان الکتریکی

بار q در فاصله $2d$ از آن برابر $\frac{E}{4}$ می‌شود و داریم:



گزینه «۱»:

گزینه «۲»:

$$E_{\text{کل}} = 2(E) + 2\left(\frac{E}{4}\right) = 2.5E$$

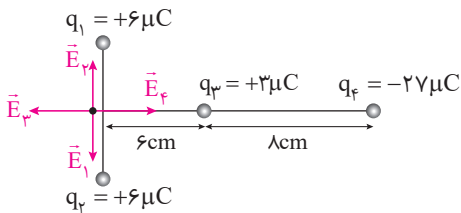
گزینه «۳»:

$$E_{\text{کل}} = E + (-E) + 2\left(\frac{E}{4}\right) = 0.5E$$

گزینه «۴»:

$$E_{\text{کل}} = 2(E) - 2\left(\frac{E}{4}\right) = 1.5E$$

*** ۱۲. پله یکم: بردارهای میدان الکتریکی را در نقطه مورد نظر رسم می کنیم:



پله دوم: همان طور که در شکل بالا می بینید با توجه به این که \vec{E}_1 و \vec{E}_2 در خلاف جهت یکدیگر هستند و اندازه آن ها یکسان است، یکدیگر را خنثی می کنند. پس برای صفر شدن میدان الکتریکی در نقطه مورد نظر کافی است E_3 و E_4 برابر یکدیگر باشند. بنابراین داریم:

$$\frac{k|q_3|}{r_3^2} = \frac{k|q_4|}{r_4^2} \Rightarrow \frac{1}{6^2} = \frac{27}{r_4^2} \xrightarrow{\text{جذر می گیریم}} \frac{1}{6} = \frac{3}{r_4} \Rightarrow r_4 = 18 \text{ cm}$$

بار q_4 در حالت اول در فاصله ۱۴ سانتی متری نقطه O است. برای این که فاصله q_4 تا O برابر ۱۸ cm شود باید ۴ cm به سمت راست برود.

*** ۱۳. پله یکم: از ظاهر سؤال نترسید حل این سؤال کار چندان دشواری نیست. ابتدا بردارهای میدان الکتریکی را در نقطه

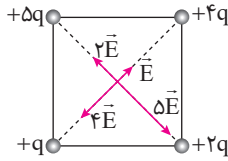


پله دوم: همان طور که در شکل بالا می بینید \vec{E}_1 و \vec{E}_2 یکدیگر را خنثی می کنند. بنابراین برای به دست آوردن میدان الکتریکی برابند در نقطه P کافی است E_3 و E_4 را به دست آوریم:

$$\left. \begin{aligned} E_3 &= \frac{k|q_3|}{r_3^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 3 \times 10^{-6}}{(3 \times 10^{-6})^2} = 3 \times 10^{15} \frac{\text{N}}{\text{C}} \\ E_4 &= \frac{k|q_4|}{r_4^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 12 \times 10^{-6}}{(6 \times 10^{-6})^2} = 3 \times 10^{15} \frac{\text{N}}{\text{C}} \end{aligned} \right\} \Rightarrow E_{\text{کل}} = E_3 - E_4 = 0$$

۱۴. مثال ۴

پله یکم: بردارهای میدان الکتریکی را در مرکز مربع مطابق شکل زیر رسم می کنیم. با توجه به این که فاصله تمام بارها تا مرکز مربع یکسان است، بزرگی میدان الکتریکی هر بار طبق رابطه $E = \frac{k|q|}{r^2}$ با اندازه بار مورد نظر رابطه مستقیم دارد، به این ترتیب داریم:

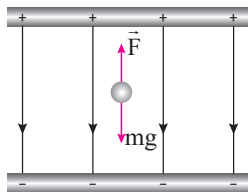


پله دوم: حالا برآیند بردارهای $2E$ و $5E$ را با یکدیگر در نظر می گیریم که برابر $3E$ می شود و برآیند بردارهای E و $4E$ را نیز با هم در نظر می گیریم که آن هم $3E$ می شود و داریم:

$$E_{\text{کل}} = \sqrt{(3E)^2 + (3E)^2} = 3E\sqrt{2}$$

۱۵. مثال ۴

میلیکان با تغییر دادن میدان الکتریکی بین صفحات به حرکت قطره های روغن در این فضا توجه کرد و با تحلیل این حرکت نیروی الکتریکی وارد بر هر قطره را محاسبه کرد و از آنجا بار الکتریکی هر قطره را تعیین کرد و با تکرار این آزمایش به دفعات زیاد متوجه شد که بار قطره ها برابر بار بنیادی e یا مضرب درستی از این مقدار است یا به عبارت دیگر بار الکتریکی کوانتیده است.



پله یکم: به شکل زیر توجه کنید. با توجه به این که نیروی وزن به سمت پایین است، نیروی حاصل از میدان الکتریکی باید به سمت بالا باشد تا اثر وزن را خنثی کند تا ذره به حال تعادل باقی بماند. بنابراین بار ذره مورد نظر منفی است و این ذره الکترون جذب کرده است.

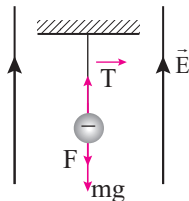
پله دوم: برای این که نیروها اثر یکدیگر را خنثی کنند باید F برابر mg باشد و داریم:

$$F = mg \Rightarrow Eq = mg \Rightarrow 10^5 \times q = 16 \times 10^{-15} \times 10 \Rightarrow q = 16 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$q = ne \Rightarrow 16 \times 10^{-19} = 1/6 \times 10^{-19} \times n \Rightarrow n = 10$$

پله سوم:

۱۷. مثال ۲

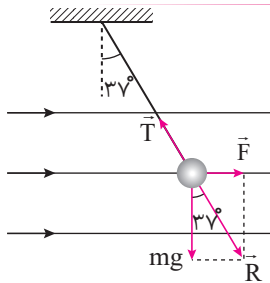


پله یکم: نیروهای وارد شده به گلوله آونگ را رسم می کنیم. چون بار الکتریکی آونگ منفی است در خلاف جهت خطوط میدان الکتریکی به آن نیروی الکتریکی وارد می شود.

پله دوم: چون جسم مورد نظر در تعادل است، باید برآیند نیروهای وارد شده به آن صفر باشد و داریم:

$$T = F + mg = Eq + mg = 10^5 (10^{-6}) + (2 \times 10^{-3} \times 10) = 0/12 \text{ N}$$

۱۸. مثال ۴



پله یکم: نیروهای وارد شده به گلوله آونگ را رسم می کنیم. همان طور که در شکل روبرو می بینید باید برآیند mg و F یعنی نیروی R در راستای نیروی T باشد تا بتواند آن را خنثی کند. بنابراین نیروی R باید با راستای قائم زاویه 37° بسازد.

پله دوم:

$$\tan 37^\circ = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}} = \frac{F}{mg} \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{Eq}{mg} \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{10^5 (6 \times 10^{-6})}{m(10)} \Rightarrow m = 0/08 \text{ kg} = 80 \text{ g}$$

۱۹. مثال ۲

پله یکم: ابتدا نیروی وارد شده به الکترون را به دست می آوریم:

$$F = Eq = 10^3 \times (1/6 \times 10^{-19}) = 1/6 \times 10^{-16} \text{ N}$$

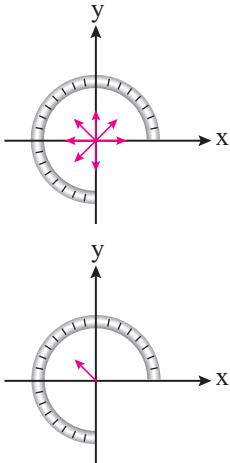
$$a = \frac{F}{m} = \frac{1/6 \times 10^{-16}}{9.1 \times 10^{-31}} = 1/6 \times 10^{14} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

پله دوم: الکترون تحت این نیرو شتابی می گیرد که اندازه آن برابر است با:

پله سوم: چون نیروی وارد شده به الکترون در خلاف جهت حرکت آن می‌باشد، حرکت الکترون کند شونده می‌باشد و سرعت آن از $\frac{m}{s} \times 10^6 \times \frac{1}{6}$ کاهش یافته و به صفر می‌رسد. برای به دست آوردن جابه‌جایی الکترون در این بازه زمانی داریم:

$$V_f^2 - V_i^2 = 2a\Delta x \Rightarrow 0 - (1/6 \times 10^6)^2 = 2(-1/6 \times 10^{11})\Delta x \Rightarrow 1/6 \times 10^{12} = 2 \times 10^{11} \Delta x \Rightarrow \Delta x = 8m$$

دقت کنید که چون بردار شتاب در خلاف جهت حرکت الکترون می‌باشد، شتاب را با علامت منفی جایگذاری کرده‌ایم.



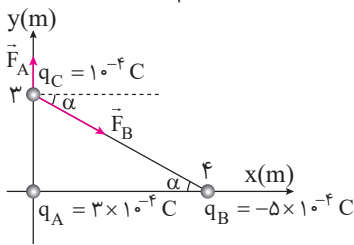
۲.۲۰ بار مثبت آزمون را در مبدأ مختصات قرار می‌دهیم. اگر میله را به صورت تعداد بار

الکتریکی کوچک که در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند در نظر بگیریم و بردار میدان الکتریکی هر یک از آن‌ها را در مبدأ مختصات رسم کنیم به شکل روبه‌رو می‌رسیم:

همان‌طور که در شکل بالا می‌بینید بردارهای ربع‌های اول و سوم یک‌دیگر را خنثی می‌کنند و براینده بردارهای باقی‌مانده در راستای خط $y = -x$ بوده و به صورت زیر است.

آزمون ۳ **برایند نیروهای الکتریکی و میدان الکتریکی در حالتی که بردارها عمود برهم و هم‌راستا نیستند.**

۱.۱ **پله یکم:** ابتدا وضعیت قرارگیری بارهای الکتریکی را در محورهای مختصات مشخص می‌کنیم:



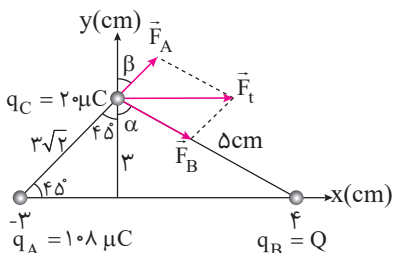
پله دوم: همان‌طور که در شکل روبه‌رو می‌بینید، \vec{F}_A مؤلفه‌ای در راستای افقی ندارد. بنابراین کافی است مؤلفه افقی \vec{F}_B را به دست آوریم:

$$F_B = \frac{k|q_B||q_C|}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (5 \times 10^{-7}) \times (10^{-7})}{25} = 18N$$

$$F_{B_x} = F_B \cos \alpha = 18 \times \left(\frac{4}{5}\right) = \frac{72}{5} = 14.4N$$

دقت کنید که برای بدست آوردن $\cos \alpha$ از نسبت $\frac{\text{ضلع مجاور}}{\text{وتر}}$ استفاده کرده‌ایم.

۲.۱۴ **پله یکم:** ابتدا شکل ساده‌ای از وضعیت قرارگیری بارها در محورهای مختصات را رسم می‌کنیم:



دقت کنید که چون شتاب ذره C در جهت مثبت محور xها است، طبق رابطه $F = ma$ ، براینده نیروهای وارد شده به ذره باردار C نیز باید در جهت مثبت محور xها باشد.

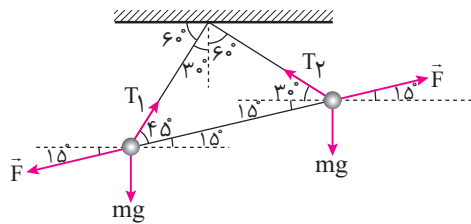
پله دوم: چون نیروی براینده به صورت افقی است، پس مؤلفه‌های قائم بردارهای \vec{F}_A و \vec{F}_B یک‌دیگر را خنثی کرده‌اند و داریم:

$$F_A \cos \beta = F_B \cos \alpha \Rightarrow F_A \cos 45^\circ = F_B \left(\frac{3}{5}\right) \Rightarrow F_A \left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right) = F_B \left(\frac{3}{5}\right)$$

دقت کنید که $\cos \alpha$ را به کمک نسبت ضلع مقابل به وتر در مثلث سمت راست به دست آورده‌ایم.

پله سوم: حالا مقادیر F_A و F_B را در معادله بالا برحسب روابط آن‌ها جایگذاری می‌کنیم:

$$F_A \left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right) = F_B \left(\frac{3}{5}\right) \Rightarrow \frac{k|q_A||q_C|}{(3\sqrt{2})^2} \times \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{k|Q||q_C|}{5^2} \left(\frac{3}{5}\right) \Rightarrow \frac{1.08\sqrt{2}}{36} = \frac{3Q}{125} \Rightarrow Q = 125\sqrt{2}\mu C$$



$$F_x = T_{rx} \Rightarrow F \cos 15^\circ = T_r \cos 30^\circ \quad (1)$$

$$F_x = T_{lx} \Rightarrow F \cos 15^\circ = T_l \cos 6^\circ \quad (2)$$

$$\left. \begin{aligned} F \cos 15^\circ &= T_l \cos 6^\circ \\ F \cos 15^\circ &= T_r \cos 30^\circ \end{aligned} \right\} \Rightarrow T_l \cos 6^\circ = T_r \cos 30^\circ \Rightarrow T_l \left(\frac{1}{2} \right) = T_r \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \right) \Rightarrow \frac{T_l}{T_r} = \sqrt{3}$$

۳. **پله یکم:** نیروهای وارد شده به هر آونگ را رسم می کنیم:

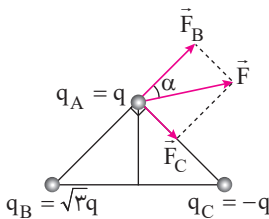
پله دوم: چون آونگ‌ها در حالت سکون قرار دارند باید برابری نیروهای وارد شده به هر آونگ صفر شود. برای به دست آوردن جواب این سؤال کافی است مؤلفه افقی نیروها را مورد بررسی قرار دهیم. برای آونگ سمت راست داریم:

و برای آونگ سمت چپ داریم:

پله آخر: از روابط (۱) و (۲) نتیجه می گیریم که:

۴. **پله یکم:** طبق معمول شکل ساده‌ای از نیروهای وارد شده به ذره مورد نظر رسم می کنیم:

پله دوم: اگر برابری نیروهای وارد شده به q_A را با F نشان دهیم، طراح محترم زاویه F و امتداد AB یعنی همان α را از ما می خواهد که به صورت زیر به دست می آید:



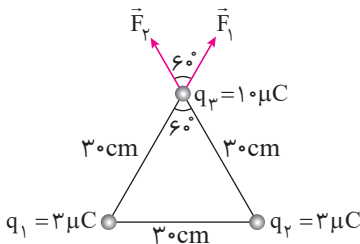
$$\tan \alpha = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}} = \frac{F_C}{F_B} = \frac{\frac{k|q||q_C|}{r^2}}{\frac{k|q||q_B|}{r^2}} = \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{3} \Rightarrow \alpha = 30^\circ$$

۵. **پله یکم:** نیروهای وارد شده به بار q_3 را رسم می کنیم:

پله دوم: بزرگی \vec{F}_1 و \vec{F}_2 را به دست می آوریم:

$$F_1 = F_2 = \frac{k|q_1||q_3|}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 3 \times 10^{-6} \times 10 \times 10^{-6}}{900 \times 10^{-4}} = 3 \text{ N}$$

پله سوم: در این پله می خواهیم برابری \vec{F}_1 و \vec{F}_2 را به دست می آوریم:

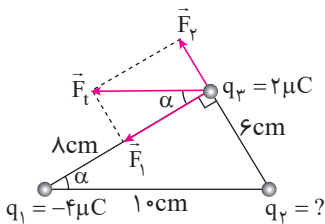


$$F_t = 2F_1 \cos \frac{\alpha}{2} = 2(3) \cos \frac{60^\circ}{2} = 6 \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \right) = 3\sqrt{3} \text{ N}$$

۶. **پله یکم:** نیروهای وارد شده به بار q_3 را رسم می کنیم:

پله دوم: با نوشتن تانژانت زاویه α نسبت $\frac{F_2}{F_1}$ را به دست می آوریم:

$$\tan \alpha = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}} = \frac{F_2}{F_1}$$



$$\frac{6}{8} = \frac{F_2}{F_1} \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \frac{3}{4}$$

با توجه به اضلاع مثلث می توانیم تانژانت زاویه α را به دست آورده و در رابطه بالا جایگذاری کنیم:

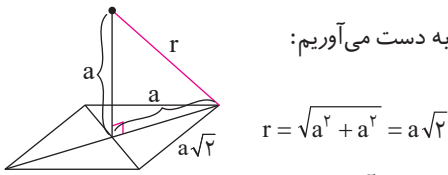
پله سوم: با معلوم شدن $\frac{F_2}{F_1}$ به دست آوردن q_3 کار چندان دشواری نیست.

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{\frac{k|q_2||q_3|}{\lambda^2}}{\frac{k|q_1||q_3|}{\lambda^2}} \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{q_2}{q_1} \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{2}{-4} q_3 \Rightarrow q_3 = \frac{27}{16} \mu\text{C}$$

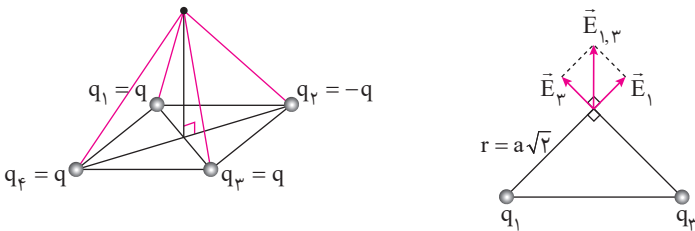
دقت کنید که بار الکتریکی q_3 بار الکتریکی q_1 را دفع می کند. بنابراین $q_3 > 0$ است.

سؤال ۷

پله یکم: ابتدا فاصله نقطه مورد نظر را تا یکی از رأس‌های مربع به دست می‌آوریم:



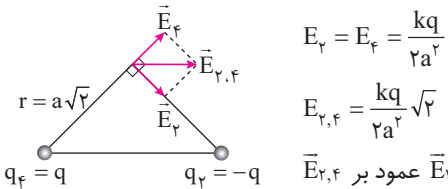
پله دوم: اندازه میدان الکتریکی حاصل از بارهای q_1 و q_2 را به دست آورده و برآیند آن‌ها را حساب می‌کنیم:



$$E_1 = E_2 = \frac{k|q|}{r^2} = \frac{k|q|}{(a\sqrt{2})^2} = \frac{kq}{2a^2}$$

$$E_{1,3} = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \frac{kq\sqrt{2}}{2a^2}$$

پله سوم: حالا میدان‌های الکتریکی ناشی از دو بار q_3 و q_4 را به دست آورده و برآیند آن‌ها را حساب می‌کنیم:



$$E_3 = E_4 = \frac{kq}{2a^2}$$

$$E_{3,4} = \frac{kq}{2a^2} \sqrt{2}$$

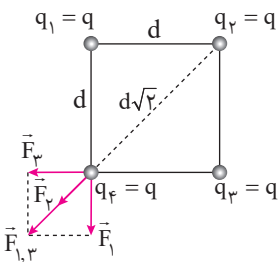
پله چهارم: همان‌طور که در شکل‌های رسم شده در دو پله قبل می‌بینید $\vec{E}_{1,3}$ عمود بر $\vec{E}_{3,4}$

است و داریم:

$$E_t = \sqrt{E_{1,3}^2 + E_{3,4}^2} \xrightarrow{E_{1,3} = E_{3,4}} E_t = \sqrt{2E_{1,3}^2} \Rightarrow E_t = \sqrt{2}E_{1,3} = \sqrt{2} \left(\frac{kq\sqrt{2}}{2a^2} \right) = \frac{kq}{a^2}$$

سؤال ۸

پله یکم: ابتدا شکل ساده‌ای از وضعیت قرارگیری بارها رسم می‌کنیم:



پله دوم: اندازه نیروهای \vec{F}_1 و \vec{F}_2 را به دست آورده و بزرگی برآیند آن‌ها را محاسبه می‌کنیم:

$$F_1 = F_2 = \frac{k|q||q|}{d^2}$$

$$F_{1,3} = 2F_1 \cos \frac{\alpha}{2} = 2 \left(\frac{kq^2}{d^2} \right) \cos 45^\circ = \frac{kq^2}{d^2} \sqrt{2}$$

$$F_3 = \frac{k|q_3||q_4|}{r^2} = \frac{k(q)(q)}{(d\sqrt{2})^2} = \frac{kq^2}{2d^2}$$

پله سوم: اندازه \vec{F}_3 را به دست می‌آوریم:

دقت کنید که فاصله بار q_3 تا بار q_4 برابر قطر مربع است که به اندازه $d\sqrt{2}$ می‌باشد.

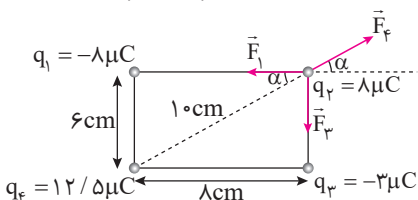
پله چهارم: برای به دست آوردن بزرگی برآیند نیروهای وارد شده به q_4 کافی است مقادیر به دست آمده برای \vec{F}_1 و \vec{F}_2 را با

$$F_{ج} = \frac{kq\sqrt{2}}{d^2} + \frac{kq^2}{2d^2} = \frac{kq^2}{2d^2} (2\sqrt{2} + 1)$$

یک‌دیگر جمع کنیم:

سؤال ۹

پله یکم: طبق روال سؤالات گذشته در اولین پله، نیروهای وارد شده به بار مورد نظر را رسم می‌کنیم:



پله دوم: بزرگی نیروهای \vec{F}_1 ، \vec{F}_2 و \vec{F}_3 را به دست می‌آوریم:

$$F_1 = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 8 \times 10^{-6} \times 8 \times 10^{-6}}{64 \times 10^{-4}} = 90 \text{ N}$$

$$F_r = \frac{k|q_r||q_r|}{r_r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 3 \times 10^{-6} \times 8 \times 10^{-6}}{36 \times 10^{-4}} = 60 \text{ N}$$

$$F_f = \frac{k|q_f||q_r|}{r_f^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 12/5 \times 10^{-6} \times 8 \times 10^{-6}}{100 \times 10^{-4}} = 90 \text{ N}$$

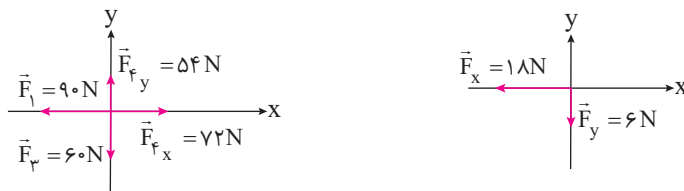
پله سوم: دقت کنید که چون اندازه \vec{F}_r و \vec{F}_f با یکدیگر برابر نبوده و شکل مورد نظر نیز مربع نیست براینده نیروهای \vec{F}_r و \vec{F}_f الزاماً در راستای نیروی \vec{F}_f قرار نمی‌گیرد، بنابراین ما نمی‌توانیم براینده \vec{F}_r و \vec{F}_f را به دست آورده و از \vec{F}_f کم کنیم و مجبوریم نیروی F_f را تجزیه کنیم:

$$F_{fx} = F_f \cos \alpha = 90 \left(\frac{4}{5} \right) = 72 \text{ N}$$

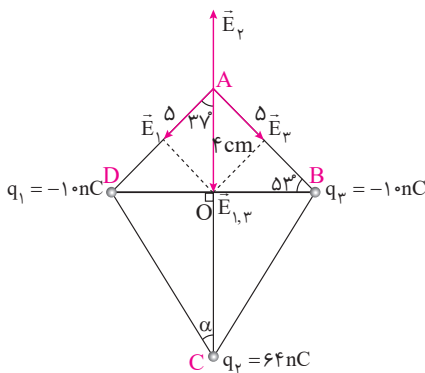
$$F_{fy} = F_f \sin \alpha = 90 \left(\frac{3}{5} \right) = 54 \text{ N}$$

دقت کنید که مقدار عبارت‌های $\sin \alpha$ و $\cos \alpha$ را به کمک نسبت اضلاع مثلث ایجاد شده به دست آورده‌ایم.

پله آخر: نیروهای \vec{F}_r و \vec{F}_f و مؤلفه‌های \vec{F}_f را در یک دستگاه مختصات رسم کرده و براینده آن‌ها را به دست می‌آوریم:



$$F_{gr} = \sqrt{6^2 + 18^2} = \sqrt{6^2 + (3 \cdot 6)^2} = \sqrt{10 \cdot 6^2} = 6\sqrt{10} \text{ N}$$



۱۰. مثال ۱۴ *** **پله یکم:** چون براینده نیروهای وارد شده به بار q_f برابر صفر

است می‌توانیم نتیجه بگیریم که طبق رابطه $F = Eq$ براینده میدان‌های الکتریکی نیز در رأس A برابر صفر می‌باشد. در رأس A بار مثبت آزمون را قرار می‌دهیم و بردار میدان‌های الکتریکی را در نقطه A رسم می‌کنیم:

پله دوم: اندازه بردارهای E_1 و E_2 یکسان است و بزرگی براینده E_3 و E_4 باید برابر بزرگی E_1 باشد تا آن را خنثی کند. بدین ترتیب داریم:

$$E_{1,2} = E_3 \Rightarrow 2E_1 \cos \frac{\alpha}{2} = E_3 \Rightarrow 2E_1 \cos 37^\circ = E_3 \Rightarrow \frac{2k|q_1|}{(AD)^2} \left(\frac{4}{5} \right) = \frac{k|q_3|}{(AC)^2} \Rightarrow \frac{2(10)}{5^2} \left(\frac{4}{5} \right) = \frac{64}{(AC)^2} \Rightarrow AC = 10 \text{ cm}$$

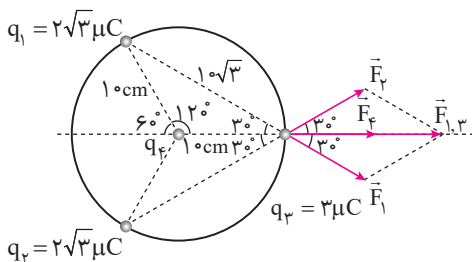
دقت کنید که برای به دست آوردن AD، از کسینوس زاویه 37° به صورت زیر استفاده کرده‌ایم:

$$\cos 37^\circ = \frac{AO}{AD} \Rightarrow \frac{4}{5} = \frac{4}{AD} \Rightarrow AD = 5 \text{ cm}$$

$$CO = AC - AO = 10 - 4 = 6 \text{ cm}$$

$$\tan \alpha = \frac{OD}{OC} = \frac{3}{6} = \frac{1}{2} \Rightarrow \alpha = \text{Arctan} \left(\frac{1}{2} \right)$$

پله آخر:



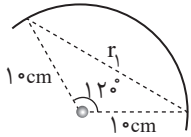
۱۱. مثال ۱۵ *** **پله یکم:** ابتدا نیروهایی که بارهای q_1 و q_2 به بار

الکتریکی q_3 وارد می‌کنند را رسم کرده و براینده آن‌ها را حساب می‌کنیم:

$$F_1 = F_2 = \frac{k|q_1||q_3|}{r_1^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 2\sqrt{3} \times 10^{-6} \times 3 \times 10^{-6}}{(10\sqrt{3})^2 \times 10^{-4}} = 1/8\sqrt{3} \text{ N}$$

$$F_{1,2} = 2F_1 \cos \frac{\alpha}{2} = 2 \left(1/8\sqrt{3} \right) \cos(30^\circ) = 2 \left(1/8\sqrt{3} \right) \frac{\sqrt{3}}{2} = 5/4 \text{ N}$$

دقت کنید که برای محاسبه r به صورت زیر عمل کرده‌ایم:



$$r = 2R \sin\left(\frac{12^\circ}{2}\right) = 2(1) \sin 6^\circ = 10\sqrt{3} \text{ cm}$$

پله دوم: طبق صورت سؤال بزرگی برآیند نیروهای وارد شده به بار q_p ، $\lambda/1N$ می‌باشد، بنابراین داریم:

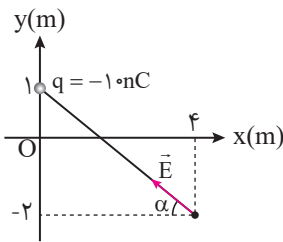
$$F_t = F_\phi + F_{\lambda,r} \Rightarrow \lambda/1 = F_\phi + \lambda/4 \Rightarrow F_\phi = 2/7N$$

پله سوم: با مشخص شدن F_ϕ پیدا کردن q_p کار چندان دشواری نیست.

$$F_\phi = \frac{k|q_\phi||q_p|}{R^2} \Rightarrow 2/7 = \frac{9 \times 10^9 (q_\phi)(3 \times 10^{-6})}{10^2 \times 10^{-4}} \Rightarrow q_\phi = 1 \mu C$$

۱۲. سؤال ۲

پله یکم: وضعیت قرارگیری بار q را در محورهای مختصات مشخص می‌کنیم:



پله دوم: به کمک رابطه فیثاغورس فاصله نقطه مورد نظر تا بار q را به دست آورده و به کمک

$$r = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5m$$

آن بزرگی میدان الکتریکی را محاسبه می‌کنیم:

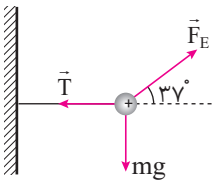
$$E = \frac{k|q|}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 10 \times 10^{-9}}{25} = \frac{18}{5} \frac{N}{C}$$

پله سوم: حالا E را تجزیه می‌کنیم تا مؤلفه افقی آن را به دست آوریم:

$$E_x = E \cos \alpha = \frac{18}{5} \left(\frac{\alpha \text{ ضلع مجاور}}{\text{وتر}} \right) = \frac{18}{5} \left(\frac{4}{5} \right) = \frac{72}{25} = \frac{288}{100} = 2/88 \frac{N}{C}$$

۱۳. سؤال ۳

پله یکم: نیروهای وارد شده به ذره مورد نظر را رسم می‌کنیم. دقت کنید که به بار مثبت در جهت خطوط میدان



الکتریکی نیرو وارد می‌شود.

پله دوم: با توجه به این که ذره مورد نظر در حال سکون قرار دارد باید برآیند نیروهای وارد شده به آن

صفر شود. پس باید مؤلفه قائم نیروی F برابر mg بوده و مؤلفه افقی نیروی F برابر T باشد تا برآیند

نیروهای وارد شده به ذره باردار صفر شود. بنابراین داریم:

$$F \sin 37^\circ = mg \Rightarrow F(3/5) = 60 \times 10^{-3} \times 10 \Rightarrow F = 1N$$

$$E = \frac{F}{q} = \frac{1}{10 \times 10^{-6}} = 10^5 \frac{N}{C}$$

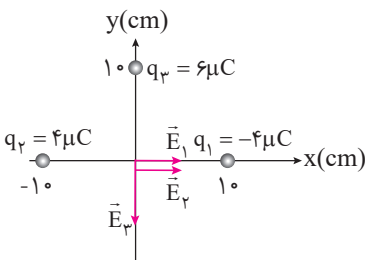
پله سوم:

۱۴. سؤال ۳

پله یکم: در مبدأ مختصات بار مثبت آزمون را قرار می‌دهیم و بردار

میدان‌های الکتریکی را در نقطه مورد نظر رسم می‌کنیم:

پله دوم: بزرگی میدان‌های الکتریکی را بدست می‌آوریم:



$$E_1 = E_2 = \frac{k|q_1|}{r_1^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6}}{100 \times 10^{-4}} = 36 \times 10^5 \frac{N}{C}$$

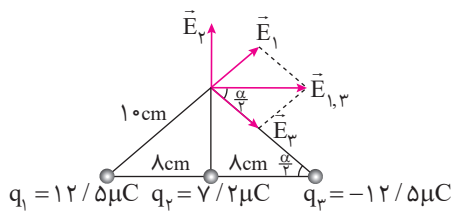
$$E_3 = \frac{k|q_3|}{r_3^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 6 \times 10^{-6}}{100 \times 10^{-4}} = 54 \times 10^5 \frac{N}{C}$$

پله سوم: برآیند بردارهای E_1 و E_2 را به دست آورده و بردار میدان الکتریکی برآیند را در مبدأ مختصات می‌نویسیم:

$$E_{1,2} = E_1 + E_2 = 72 \times 10^5 \frac{N}{C}$$

$$E_{\text{کل}} = (E_{1,2})\vec{i} - E_3\vec{j} = (72 \times 10^5)\vec{i} - 54 \times 10^5\vec{j} = (7/2\vec{i} - 5/4\vec{j}) \times 10^6$$

۱۵. مثال ۱ **پله یکم:** بار مثبت آزمون را در نقطه M قرار داده و بردار میدان‌های الکتریکی را در نقطه M رسم می‌کنیم:



پله دوم: اندازه میدان‌های الکتریکی E_1 ، E_2 و E_3 را به دست می‌آوریم:

$$E_1 = E_2 = \frac{k|q_1|}{r_1^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 12/5 \times 10^{-6}}{100 \times 10^{-4}} = 11/25 \times 10^6 \frac{N}{C}$$

$$E_3 = \frac{k|q_3|}{r_3^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 7/2 \times 10^{-6}}{36 \times 10^{-4}} = 18 \times 10^6 \frac{N}{C}$$

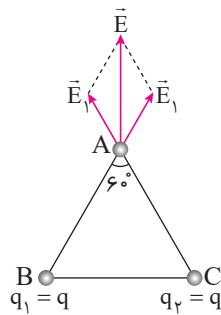
پله سوم: برابند \vec{E}_1 و \vec{E}_2 را به دست می‌آوریم:

$$E_{1,2} = 2E_1 \cos \frac{\alpha}{2} = 2(11/25 \times 10^6) \times \frac{\lambda}{10} = 18 \times 10^6 \frac{N}{C}$$

پله چهارم: $\vec{E}_{1,2}$ عمود بر \vec{E}_3 است و بزرگی برابند آن‌ها به صورت زیر به دست می‌آید:

$$E_t = \sqrt{E_3^2 + E_{1,2}^2} = \sqrt{2(18 \times 10^6)^2} = 18\sqrt{2} \times 10^6 \frac{N}{C}$$

۱۶. مثال ۱ **پله یکم:** بردار میدان‌های الکتریکی را در نقطه A رسم می‌کنیم. فرض می‌کنیم بزرگی



میدان الکتریکی هر بار برابر E_1 باشد و E_1 را بر حسب E به دست می‌آوریم:

$$E_{گر} = 2E_1 \cos \frac{\alpha}{2} \Rightarrow E = 2E_1 \cos \frac{60^\circ}{2} \Rightarrow E = 2E_1 \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow E_1 = \frac{\sqrt{3}}{3} E$$

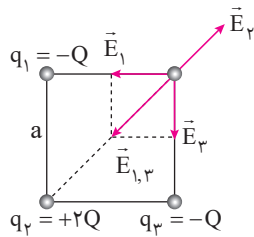
پله دوم: اگر بار q_1 را حذف کنیم یکی از میدان‌های الکتریکی در نقطه A از بین می‌رود و با دو برابر

کردن بار q_2 میدان الکتریکی ناشی از آن دو برابر می‌شود و بزرگی میدان برابند در نقطه A به صورت

$$E_{گر} = 2E_1 = 2\left(\frac{\sqrt{3}}{3}\right)E$$

روبرو به دست می‌آید:

۱۷. مثال ۱ **پله یکم:** بار مثبت آزمون را در نقطه M قرار می‌دهیم و بردار میدان‌های الکتریکی



را در نقطه مورد نظر رسم می‌کنیم.

$$E_1 = E_3 = \frac{k|q_1|}{r_1^2} = \frac{kQ}{a^2}$$

پله دوم: اندازه \vec{E}_1 ، \vec{E}_2 و \vec{E}_3 را به دست می‌آوریم:

$$E_2 = \frac{k|q_2|}{r_2^2} = \frac{k(2Q)}{(a\sqrt{2})^2} = \frac{kQ}{a^2}$$

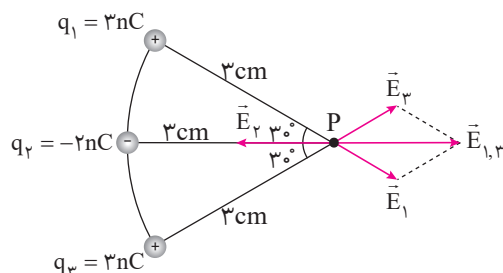
دقت کنید که ضلع مربع را برابر a در نظر گرفته‌ایم و قطر مربع برابر $a\sqrt{2}$ می‌شود.

پله سوم: حالا بزرگی $\vec{E}_{1,3}$ را به دست آورده و با \vec{E}_2 مقایسه می‌کنیم.

$$\left. \begin{aligned} E_{1,3} &= \sqrt{E_1^2 + E_3^2} = \sqrt{2}E_1 = \sqrt{2} \frac{kQ}{a^2} \\ E_2 &= \frac{kQ}{a^2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow E_{1,3} > E_2$$

چون اندازه $\vec{E}_{1,3}$ بزرگ‌تر از \vec{E}_2 است میدان الکتریکی برابند در جهت $\vec{E}_{1,3}$ خواهد بود.

۱۸. مثال ۲ **پله یکم:** بردار میدان‌های الکتریکی را در نقطه P



رسم می‌کنیم:

پله دوم: اندازه \vec{E}_1 ، \vec{E}_2 و \vec{E}_3 را به دست می‌آوریم:

$$E_1 = E_3 = \frac{k|q_1|}{R^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 3 \times 10^{-9}}{9 \times 10^{-4}} = 3 \times 10^6 \frac{N}{C}$$

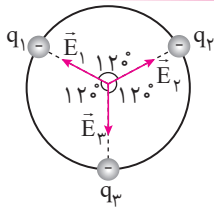
$$E_r = \frac{k|q_r|}{R^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-9}}{9 \times 10^{-4}} = 2 \times 10^4 \frac{N}{C}$$

$$\vec{E}_{1,3} = 2E_1 \cos \frac{\alpha}{2} = 2(3 \times 10^4) \cos 30^\circ = 3\sqrt{3} \times 10^4 \frac{N}{C}$$

پله سوم: برابند \vec{E}_3 و \vec{E}_1 را به دست می‌آوریم:

پله چهارم: حالا نوبت به دست آوردن اندازه برابند دو بردار $\vec{E}_{1,3}$ و \vec{E}_2 است:

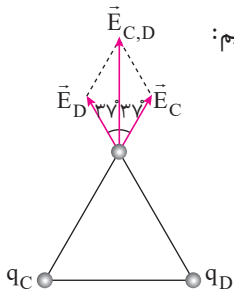
$$E_{\text{کل}} = E_{1,3} - E_2 = (3\sqrt{3} - 2) \times 10^4 \frac{N}{C} = (30\sqrt{3} - 20) \frac{kN}{C}$$



این هم یک سؤال ساده برای آن که خستگیان در برود. در مرکز دایره بار مثبت آزمون

۱۹. ۱۴ دقیقه

قرار می‌دهیم و بردار میدان‌های الکتریکی را رسم می‌کنیم. همان‌طور که می‌بینید با سه بردار هم‌اندازه مواجه هستیم که دو به دو با یکدیگر زاویه 120° می‌سازند. ما با دیدن این شکل به یاد علامت اتومبیل بنز می‌افتیم شما چطور؟! در این حالت همواره برابند برابر صفر می‌شود.



پله یکم: ابتدا برابند میدان‌های الکتریکی ناشی از بارهای q_C و q_D را به دست می‌آوریم:

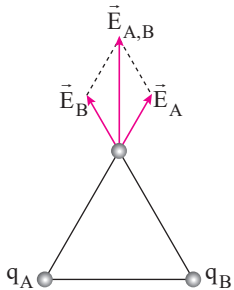
۲۰. ۱۳ دقیقه

$$E_{C,D} = 2E \cos \frac{\alpha}{2} \Rightarrow E_{C,D} = 2(5 \times 10^4) \cos 37^\circ = 8 \times 10^4 \frac{N}{C}$$

پله دوم: حالا مراحل طی شده در پله قبل را برای بارهای A و B تکرار می‌کنیم:

$$E_{A,B} = E_{C,D} = 8 \times 10^4 \frac{N}{C}$$

پله سوم: بردارهای $\vec{E}_{C,D}$ و $\vec{E}_{A,B}$ بر یکدیگر منطبق می‌شوند و اندازه برابند آن‌ها به صورت زیر به دست می‌آید:

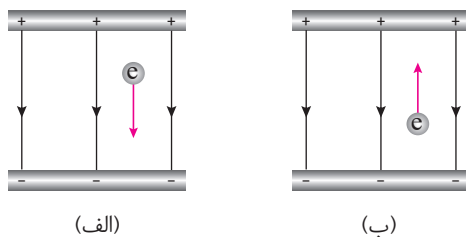


$$E_{\text{کل}} = 2(E_{C,D}) = 2(8 \times 10^4) = 1/6 \times 10^5 \frac{N}{C}$$

ایستگاه نکته

همان طور که می دانید پتانسیل الکتریکی یک ویژگی از نقاط مختلف فضا است و به بار الکتریکی که در آن نقطه قرار می گیرد بستگی ندارد. به طور کلی برای مقایسه پتانسیل الکتریکی نقاط مختلف به نزدیکی یا دوری آن ها از بارهای مثبت توجه می کنیم. هرچه در خلاف جهت خطوط میدان الکتریکی به سمت بارهای مثبت حرکت کنیم، پتانسیل نقاط افزایش پیدا می کنند و هرچه در جهت خطوط میدان الکتریکی به سمت بارهای منفی حرکت کنیم یا از بارهای مثبت دور شویم پتانسیل الکتریکی نقاط کاهش می یابند. از طرف دیگر برای بررسی تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی طبق رابطه $\Delta V = \frac{\Delta U}{q}$ علاوه بر علامت ΔV باید به علامت q نیز توجه کنیم. اگر بخواهیم بدون انجام محاسبات علامت ΔU را تشخیص دهیم، می توانیم به صورت زیر عمل کنیم. به طور کلی هر حرکتی که به صورت خود به خودی انجام شود باعث کاهش انرژی پتانسیل الکتریکی می شود و $\Delta U < 0$ خواهد شد و هر حرکتی که به صورت غیر خود به خودی (به زور!) انجام شود، باعث افزایش انرژی پتانسیل الکتریکی می شود و $\Delta U > 0$ خواهد شد.

به طور مثال در شکل (الف) یک الکترون در جهت خطوط میدان الکتریکی به سمت بارهای منفی جابه جا می شود. چون این حرکت به

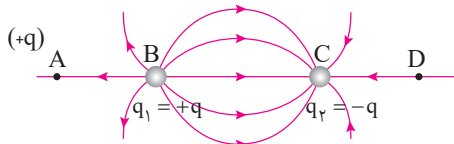


صورت غیر خود به خودی باید انجام شود، $\Delta U > 0$ می شود به عبارت دیگر برای انجام این حرکت نیروی خارجی باید روی الکترون کار انجام دهد و انجام این کار باعث افزایش انرژی پتانسیل الکتریکی الکترون می شود. اما در شکل (ب) یک الکترون در خلاف جهت خطوط میدان الکتریکی جابه جا می شود. چون این حرکت به صورت خود به خودی روی می دهد. $\Delta U < 0$ می شود و انرژی پتانسیل الکتریکی الکترون کاهش می یابد.

عبارت مطرح شده در گزینه «۴» نادرست است. یک پروتون به صورت خود به خودی می تواند در جهت خطوط میدان الکتریکی جابه جا شود. بنابراین در این جابه جایی انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می یابد.

۲. ۱. **پله یکم:** برای افزایش پتانسیل الکتریکی باید در خلاف جهت خطوط میدان الکتریکی و به سمت بارهای مثبت حرکت کنیم. بنابراین جواب این سؤال یا گزینه «۱» و یا گزینه «۲» می باشد. **پله دوم:** برای افزایش انرژی پتانسیل الکتریکی باید حرکت به صورت غیر خود به خودی (به زور!) انجام شود. در گزینه «۱» بار مثبت به سمت صفحه مثبت جابه جا شده است، بنابراین چون حرکت به صورت غیر خود به خودی می باشد، انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می یابد.

۳. ۲. **پله یکم:** ابتدا خطوط میدان الکتریکی ناشی از بارهای q_1 و q_2 را رسم می کنیم:



پله دوم: هنگام جابه جایی بار q_2 از نقطه A به نقطه B چون بار مثبت را خلاف خطوط میدان الکتریکی جابه جا می کنیم انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می یابد در فاصله B تا C بار مثبت q_2 در جهت خطوط میدان الکتریکی به صورت خود به خودی

جابه‌جا می‌شود و انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد و از نقطه C تا D دوباره بار مثبت q در خلاف جهت خطوط میدان الکتریکی به صورت غیرخودبه‌خودی جابه‌جا شده و انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد.

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow V_B - V_A = \frac{U_B - U_A}{q} \Rightarrow V_B - 20 = \frac{0.6 \times 10^{-3} - 0.4 \times 10^{-3}}{-2 \times 10^{-6}} \Rightarrow V_B = -80 \text{ V} \quad \text{۴. ۲ نکته} \quad ***$$

به این نکته دقت داشته باشید که هنگام جایگذاری مقادیر مختلف در رابطه $\Delta V = \frac{\Delta U}{q}$ پارامترهای مختلف باید با در نظر گرفتن علامت جبری جایگذاری شوند.

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow V_f - V_i = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow -10 - (-40) = \frac{\Delta U}{-2 \times 10^{-6}} \Rightarrow \Delta U = -6 \times 10^{-5} \text{ J} \quad \text{۵. ۴ نکته} \quad ***$$

به عبارت دیگر انرژی پتانسیل الکتریکی بار به اندازه $6 \times 10^{-5} \text{ J}$ کاهش می‌یابد.

$$\text{۶. ۲ نکته} \quad ***$$

ایستگاه نکته

هنگامی که یک ذره با بار الکتریکی q در یک میدان الکتریکی به بزرگی E با سرعت ثابت جابه‌جا می‌شود، انرژی پتانسیل الکتریکی آن به اندازه ΔU تغییر می‌کند. برای به دست آوردن اندازه تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی، کار انجام شده توسط میدان الکتریکی و کار انجام شده توسط نیروی خارجی می‌توانیم از روابط زیر استفاده کنیم:

$$|W_E| = |W_{\text{نیروی خارجی}}| = |\Delta U| = E|q|d \cos \alpha = |\Delta V| \times |q|$$

در رابطه بالا d جابه‌جایی بار برحسب متر، ΔV اختلاف پتانسیل برحسب ولت و α زاویه بین راستای جابه‌جایی و خطوط میدان الکتریکی است.

بهتر است اندازه ΔU ، نیروی خارجی W و W_E را از روابط بالا به دست بیاوریم و علامت این کمیت‌ها را به‌طور جداگانه خودمان تشخیص دهیم. برای به دست آوردن علامت ΔU ، نیروی خارجی W و W_E به صورت زیر عمل می‌کنیم:

همان‌طور که می‌دانید اگر حرکتی به صورت خودبه‌خودی انجام شود $\Delta U < 0$ و اگر به صورت غیرخودبه‌خودی انجام شود $\Delta U > 0$ می‌باشد. از طرف دیگر داریم:

$$W_{\text{نیروی خارجی}} = \Delta U$$

$$W_E = -\Delta U$$

البته تمامی این روابط زمانی صادق هستند که بار مورد نظر با سرعت ثابت جابه‌جا شود.

$$|\Delta U| = E|q|d \cos \alpha = 6 \times 10^5 \times 2 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-2} = 24 \times 10^{-3} \text{ J} = 24 \text{ mJ}$$

چون بار الکتریکی مثبت در جهت خطوط میدان الکتریکی به صورت خودبه‌خودی جابه‌جا شده است $\Delta U < 0$ می‌باشد و داریم:

$$\Delta U = -24 \text{ mJ}$$

۷. ۱ نکته ۲ نکته ۳ نکته
پله یکم: ابتدا کار میدان الکتریکی را در راستای محور x ها به دست می‌آوریم:

$$|W_{E_x}| = E|q|d \cos \alpha = 4 \times 10^5 \times (2 \times 10^{-6}) \times 1 = 0.8 \text{ J}$$

چون مولفه افقی میدان الکتریکی در راستای محور x ها است و بار الکتریکی $-2 \mu\text{C}$ در جهت خطوط میدان الکتریکی از $x = 0$ به

$x = 1 \text{ m}$ به صورت غیرخودبه‌خودی حرکت کرده است پس $\Delta U > 0$ بوده و $W_E < 0$ داریم:

$$W_{E_x} = -0.8 \text{ J}$$

پله دوم: مراحل قبل را در راستای محور y ها تکرار می‌کنیم:

$$|W_{E_y}| = E|q|d \cos \alpha = 3 \times 10^5 \times (2 \times 10^{-6}) \times (2) = 1.2 \text{ J}$$

مؤلفه قائم میدان الکتریکی در جهت مثبت محور y ها است و بار الکتریکی $2\mu\text{C}$ در خلاف جهت خطوط میدان الکتریکی به صورت خودبه‌خودی از نقطه $y = 0$ به نقطه $y = -2\text{m}$ جابه‌جا می‌شود. بنابراین $\Delta U < 0$ بوده و $W_E > 0$ است و داریم:

$$W_{E_y} = 1/2\text{J}$$

$$W_E = W_{E_x} + W_{E_y} = -0/8 + 1/2 = 0/4\text{J}$$

پله آخر:

۸. **پله یکم:** طبق قانون بقای انرژی چون در این جابه‌جایی نیروی خارجی به ذره وارد نمی‌شود، میزان افزایش انرژی جنبشی بار الکتریکی برابر میزان کاهش انرژی پتانسیل الکتریکی آن است. به عبارت دیگر داریم:

$$\Delta U = -\Delta K = -8 \times 10^{-3}\text{J}$$

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow V_B - V_A = \frac{-8 \times 10^{-3}}{-4 \times 10^{-6}} = 2 \times 10^3\text{V} = 2\text{kV}$$

پله دوم:

دقت کنید که بار الکتریکی مورد نظر در خلاف جهت خطوط میدان الکتریکی جابه‌جا شده است بنابراین پتانسیل الکتریکی انتهای مسیر بیش‌تر از ابتدای مسیر می‌باشد و به عبارت دیگر $V_B > V_A$ بوده و $\Delta V > 0$ می‌باشد.

۹. **پله یکم:** اندازه ΔU را به دست می‌آوریم:

$$|\Delta U| = E|q|d\cos\alpha = 10^5 \times 5 \times 10^{-6} \times 0/2 = 0/1\text{J}$$

پله دوم: علامت ΔU را به دست می‌آوریم. چون ذره منفی در خلاف خطوط میدان الکتریکی از نقطه B به A به صورت

$$\Delta U = -0/1\text{J}$$

خودبه‌خودی حرکت می‌کند $\Delta U < 0$ است و داریم:

پله سوم: چون نیروی خارجی به ذره وارد نمی‌شود $\Delta K = -\Delta U$ است و داریم:

$$\Delta K = -\Delta U = -(-0/1) = 0/1\text{J}$$

و از آنجایی که انرژی جنبشی اولیه ذره صفر است، انرژی جنبشی ثانویه آن برابر $0/1\text{J}$ می‌شود.

۱۰. **پله یکم:** تغییرات انرژی جنبشی ذره را به دست می‌آوریم:

$$\Delta K = \frac{1}{2}m(V_f^2 - V_i^2) = \frac{1}{2}(0/1 \times 10^{-3})(10^2 - 0) = \frac{1}{2} \times 10^{-2}\text{J}$$

پله دوم: چون نیروی خارجی به ذره مورد نظر وارد نمی‌شود $\Delta U = -\Delta K$ است و داریم:

$$\Delta U = -\Delta K = -\frac{1}{2} \times 10^{-2}\text{J}$$

پله سوم:

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow -100 - (100) = \frac{-\frac{1}{2} \times 10^{-2}}{q} \Rightarrow -200 = \frac{-10^{-2}}{2q} \Rightarrow q = \frac{1}{4} \times 10^{-4} = 0/25 \times 10^{-4}\text{C} = 25\mu\text{C}$$

۱۱. **پله یکم:** اندازه تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی را در این جابه‌جایی به دست می‌آوریم:

$$|\Delta U| = E|q|d\cos\alpha = 2 \times 10^5 \times 4 \times 10^{-6} \times 0/1 = 0/8\text{J}$$

پله دوم: چون بار الکتریکی مثبت در خلاف خطوط میدان الکتریکی به سمت صفحه مثبت می‌رود حرکت غیرخودبه‌خودی بوده و

$$\Delta U > 0$$

است و چون نیروی خارجی به ذره مورد نظر وارد نمی‌شود داریم:

پله سوم:

$$\Delta K = \dot{K}_f - K_i \Rightarrow -0/08 = -\frac{1}{2}mV_f^2 \Rightarrow 0/08 = \frac{1}{2}(10 \times 10^{-3})V_f^2 \Rightarrow V_f = 4\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

۱۲. **پله یکم:** همان‌طور که می‌دانید طبق رابطه $E = \frac{|\Delta V|}{d}$ میدان الکتریکی بین دو صفحه با اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو

صفحه رابطه مستقیم دارد. با توجه به این که اختلاف پتانسیل بین دو صفحه در گزینه «۱» $(V_f - V_i = -200 - (-400) = -600\text{V})$ بیش از سایرین است می‌توانیم نتیجه بگیریم که بزرگی میدان الکتریکی در گزینه «۱» بیش از سایرین است.

۱۳. **پله یکم:** ابتدا بزرگی میدان الکتریکی بین دو صفحه را به دست می‌آوریم:

$$E = \frac{F}{q} = \frac{6}{2 \times 10^{-6}} = 3 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

پله دوم: حالا با یک جایگذاری ساده ΔV را به دست می‌آوریم:

$$E = \frac{|\Delta V|}{d} \Rightarrow |\Delta V| = Ed = 3 \times 10^6 \times 12 \times 10^{-2} = 36 \times 10^4 \text{ V} = 360 \text{ kV}$$

عبارت‌های الف، ب، ج و د درست هستند. بنابراین جواب گزینه‌ی (۱) می‌شود. **۱۴. گزینه ۱**

این آزمایش برای اثبات این موضوع که «بار اضافی داده شده به یک جسم رسانا در سطح خارجی آن پخش می‌شود» انجام می‌شود. **۱۵. گزینه ۳**

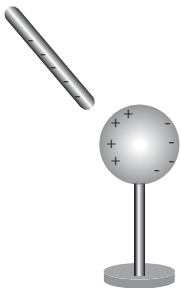
مراحل آزمایش به قرار زیر است: **۱۶. گزینه ۱**

در شکل C گلولهٔ باردار به داخل یک استوانهٔ فلزی برخورد می‌کند و استوانه باردار می‌شود. در شکل A در ظرف فلزی بسته می‌شود و بار الکتریکی داده شده به ظرف فلزی در سطوح خارجی آن پخش می‌شود. در شکل D در ظرف باز شده و یک آونگ خنثی داخل ظرف قرار می‌گیرد و به داخل آن تماس پیدا می‌کند. در شکل B آونگ مورد نظر از ظرف خارج شده و به کلاهک یک الکتروسکوپ تماس داده می‌شود. چون تیغه‌های الکتروسکوپ از یکدیگر فاصله نمی‌گیرند، نتیجه می‌گیریم که آونگ الکتریکی خنثی است و در نتیجه داخل ظرف فلزی بار الکتریکی وجود نداشته و همهٔ بارها در سطح خارجی توزیع شده‌اند.

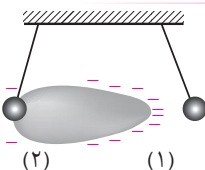
همان‌طور که می‌دانید اگر به یک جسم **نارسانا** بار الکتریکی داده شود، بارهای الکتریکی در محلی که بار به جسم داده شده است باقی می‌مانند و بنابراین چون بارها نمی‌توانند در جسم حرکت کنند الزاماً تجمع بارها در نقاط نوک تیز جسم بیشتر نیست. دقت کنید که تراکم بار در نقاط نوک تیز اجسام **رسانا** بیش‌تر از سایر نقاط جسم است. بنابراین عبارت مطرح شده در گزینهٔ «۴» نادرست است. **۱۷. گزینه ۴**

همان‌طور که می‌دانید اگر به یک جسم رسانا بار الکتریکی داده شود، بارهای الکتریکی در سطح خارجی جسم توزیع می‌شوند و داخل جسم رسانا بار الکتریکی وجود ندارد. بنابراین اگر هنگام وقوع آذرخش، شخصی داخل اتومبیل باشد، اتومبیل مانند قفس فاراده عمل می‌کند و چون بارهای الکتریکی در سطح خارجی اتومبیل توزیع می‌شوند احتمال در امان بودن شخص بیشتر می‌شود. **۱۸. گزینه ۳**

همان‌طور که در شکل مقابل می‌بینید با نزدیک کردن میلهٔ باردار به گوی فلزی در سمت راست گوی بارهای منفی و در سمت چپ گوی بارهای مثبت القا می‌شوند و تراکم بارهای القا شده در سمت راست و چپ کره یکسان می‌باشد. به عبارت دیگر می‌توانیم بگوییم که هنگام قرار گرفتن گوی فلزی در میدان الکتریکی میلهٔ باردار، بارهای الکتریکی القا شده در گوی به گونه‌ای توزیع می‌شوند که میدان الکتریکی ناشی از آنها اثر میدان خارجی را درون رسانا خنثی کند و بدین ترتیب میدان الکتریکی خالص درون رسانا صفر می‌شود. بنابراین عبارت‌های (الف) و (ب) نادرست می‌باشند و فقط عبارت (ج) درست است. **۱۹. گزینه ۲**



همان‌طور که می‌دانید در نقاط نوک تیز اجسام رسانا تجمع بارها بیشتر است، بنابراین در نقطه نوک تیز جسم دوکی شکل مقابل تجمع بارها بیشتر بوده و در نتیجه آونگ شماره (۱) بیش‌تر از آونگ شماره (۲) منحرف می‌شود. به شکل روبه‌رو دقت کنید. **۲۰. گزینه ۳**





۱. به طور کلی بار ذخیره شده در خازن را برابر بار ذخیره شده روی صفحه مثبت اعلام می‌کنیم. به طور مثال اگر روی صفحات خازن تختی بارهای $+Q$ و $-Q$ ذخیره شده باشد، بار ذخیره شده در خازن $+Q$ می‌شود.

۲. **پله یکم:** اختلاف پتانسیل دو سر خازن را در حالت جدید به دست می‌آوریم:

$$V' = V + \frac{20}{100} V = \frac{120}{100} V = \frac{120}{100} (40) = 48V$$

پله دوم: به کمک رابطه $Q = CV$ و نوشتن یک تناسب ساده، مقدار بار اولیه ذخیره شده در خازن را به دست می‌آوریم:

$$Q = CV \xrightarrow{C \text{ ثابت}} \frac{Q'}{Q} = \frac{V'}{V} \xrightarrow{Q' = Q + 200} \frac{Q + 200}{Q} = \frac{48}{40} \Rightarrow Q = 1000 \mu C$$

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{1000}{40} = 25 \mu F$$

پله سوم:

۳. **پله یکم:** ابتدا به کمک جدول داده شده ظرفیت هر خازن را به دست می‌آوریم:

$$C = \frac{\kappa \epsilon_0 A}{d} \Rightarrow \begin{cases} C_1 = \frac{\kappa \epsilon_0 A}{d} \\ C_2 = \frac{\kappa \epsilon_0 (2A)}{d} \\ C_3 = \frac{\kappa \epsilon_0 A}{2d} \end{cases}$$

بنابراین می‌توانیم بگوییم $C_2 > C_1 > C_3$ است.

پله دوم: طبق رابطه $C = \frac{Q}{V}$ شیب نمودار $Q - V$ بیانگر بزرگی ظرفیت خازن است. با توجه به نمودار رسم شده می‌توانیم بگوییم $C_a > C_b > C_c$ است.

پله سوم: با توجه به مقایسه دو عبارت به دست آمده در دو پله قبل می‌توانیم بگوییم نمودار (a) مربوط به خازن (۲) است.

۴. **پله ۱:**

متن انتخاب شده مربوط به صفحه (۳۲) کتاب درسی فیزیک یازدهم رشته تجربی می‌باشد، لطفاً این متن را بار دیگر با دقت بیشتر مطالعه کنید.

۵. **پله ۱:**

باتری‌ها معمولاً می‌توانند انرژی را با آهنگ نسبتاً کمی به مدار بدهند که این آهنگ برای گسیل نور از فلاش دوربین مناسب نیست. اما وقتی خازن باردار می‌شود، می‌تواند انرژی را با آهنگ بسیار زیادی برای فلاش زدن آماده کند. بنابراین عبارت مطرح شده در گزینه «۴» نادرست است.

۶. **پله ۱:** طبق رابطه $C = \frac{\kappa \epsilon_0 A}{d}$ ظرفیت خازن با نسبت $\frac{\kappa}{d}$ رابطه مستقیم دارد. کافی است در هر مورد $\frac{\kappa}{d}$ را به دست آوریم:

$$\text{میکا: } \frac{\kappa}{d} = \frac{5/4}{0/1} = 54 \quad \text{شیشه: } \frac{\kappa}{d} = \frac{7}{0/3} = 35 \quad \text{پارافین: } \frac{\kappa}{d} = \frac{2}{10}$$

دقت کنید که چون می‌خواهیم مقادیر به دست آمده را مقایسه کنیم، لزومی ندارد مقدار d برحسب متر جایگذاری شود و در همه موارد d را برحسب میلی‌متر جایگذاری کرده‌ایم. همان‌طور که می‌بینید نسبت $\frac{\kappa}{d}$ برای تیغه میکا بیش‌تر از سایر حالت‌ها است.

۷. **پله ۱:** هنگام انتقال بار الکتریکی به خازن، اختلاف پتانسیل دو صفحه خازن به آهستگی افزایش می‌یابد. بنابراین برای انتقال بارهای

بعدی به کار بیش‌تری نیاز است. با توجه به رابطه $Q = CV$ و با توجه به این‌که در این فرایند ظرفیت خازن همواره مقدار ثابتی است، اختلاف پتانسیل دو صفحه خازن تابعی خطی از بار ذخیره شده در آن می‌شود که به‌طور یکنواخت از صفر تا V افزایش می‌یابد.

۲.۸ تک تک عبارتها را بررسی می‌کنیم:

عبارت (الف) درست است.

عبارت (ب) نادرست است. هنگام انتقال بار الکتریکی به خازن، اختلاف پتانسیل دو صفحه خازن به آهستگی افزایش می‌یابد. بنابراین برای انتقال بارهای بعدی به کار بیش‌تری نیاز است.

عبارت (ج) نادرست است. ظرفیت خازن تابعی از شرایط ساختمانی خازن است و به بار و اختلاف پتانسیل دو سر خازن بستگی ندارد. عبارت (د) درست است.

۲.۹ $U = \frac{1}{2} CV^2 \Rightarrow 10^{-6} \times 36 \times 10^5 = \frac{1}{2} C(1000)^2 \Rightarrow 3/6 = \frac{1}{2} C \times 10^6 \Rightarrow C = 7/2 \times 10^{-6} F = 7/2 \mu F$

دقت کنید که برای تبدیل واحد KWh به ژول به صورت زیر عمل می‌کنیم:

۲.۱۰ $V_2 = V_1 - \frac{\Delta V}{100} V_1 = \frac{20}{100} V_1$

$$U = \frac{1}{2} CV^2 \Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 = \left(\frac{\frac{20}{100} V_1}{V_1}\right)^2 \Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \left(\frac{2}{10}\right)^2 = \frac{4}{100}$$

بنابراین انرژی U_2 ، ۴ درصد انرژی U_1 است و به عبارت دیگر انرژی ذخیره شده در خازن ۹۶ درصد کاهش یافته است.

۲.۱۱ $U = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} (600 \times 10^{-6}) (300)^2 = 27 J$ **پله یکم:** انرژی ذخیره شده در خازن را به دست می‌آوریم:

پله دوم: $P = \frac{U}{t} = \frac{27}{3 \times 10^{-3}} = 9 \times 10^3 W = 9 KW$

۲.۱۲ **پله یکم:** طبق رابطه $C = \frac{\kappa \epsilon_0 A}{d}$ با دو برابر کردن فاصله صفحات خازن ظرفیت خازن نصف می‌شود.

پله دوم: هنگامی که خازن شارژ شده‌ای را از باتری جدا می‌کنیم بار الکتریکی ذخیره شده روی صفحات آن ثابت می‌ماند و طبق رابطه $C = \frac{Q}{V}$ چون Q ثابت بوده و C نصف شده است، اختلاف پتانسیل دو سر خازن دو برابر می‌شود.

پله سوم: طبق رابطه $U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$ چون Q ثابت است با نصف شدن ظرفیت خازن، انرژی ذخیره شده در خازن دو برابر می‌شود.

۲.۱۳ **پله یکم:** طبق رابطه $C = \frac{\kappa \epsilon_0 A}{d}$ با سه برابر شدن مساحت صفحات ظرفیت خازن سه برابر می‌شود.

پله دوم: هنگامی که یک خازن به مولد متصل است، اختلاف پتانسیل دو سر آن ثابت است.

طبق رابطه $C = \frac{Q}{V}$ چون V ثابت است، با سه برابر شدن ظرفیت خازن بار ذخیره شده روی صفحات آن نیز سه برابر می‌شود.

پله سوم: طبق رابطه $U = \frac{1}{2} CV^2$ چون V ثابت است با سه برابر شدن C، انرژی ذخیره شده در خازن نیز سه برابر می‌شود.

پله چهارم: طبق رابطه $E = \frac{\Delta V}{d}$ چون اختلاف پتانسیل و فاصله صفحات ثابت است. میدان الکتریکی بین دو صفحه ثابت می‌ماند.

۲.۱۴ **پله یکم:** در حالت اول خازن به باتری وصل است، در این حالت اختلاف پتانسیل دو سر خازن ثابت است. طبق

رابطه $C = \frac{\kappa \epsilon_0 A}{d}$ با n برابر کردن فاصله صفحات، ظرفیت خازن $\frac{1}{n}$ برابر می‌شود و طبق رابطه $U = \frac{1}{2} CV^2$ با $\frac{1}{n}$ برابر شدن

ظرفیت خازن، U نیز $\frac{1}{n}$ برابر می‌شود و داریم:

پله دوم: در حالت دوم خازن را از باتری جدا کرده‌ایم، در این حالت بار ذخیره شده در خازن ثابت می‌ماند. همان‌طور که در پله

قبل مشاهده کردید ظرفیت خازن $\frac{1}{n}$ برابر می‌شود و طبق رابطه $U = \frac{1}{\gamma} \frac{Q^2}{C}$ چون انرژی با ظرفیت رابطه عکس دارد. انرژی n

برابر می‌شود و داریم:

دقت کنید که هنگامی که بار ذخیره شده در خازن ثابت است، برای بررسی تغییر انرژی ذخیره شده در خازن از رابطه $U = \frac{1}{\gamma} \frac{Q^2}{C}$

استفاده می‌کنیم و هنگامی که اختلاف پتانسیل دو سر خازن ثابت است، از رابطه $U = \frac{1}{\gamma} CV^2$ بهره می‌گیریم.

$$\frac{U''}{U'} = \frac{nU}{\frac{1}{n}U} = n^2 \quad \text{پله آخر:}$$

۱۵. **پله یکم:** در حالت اول انرژی ذخیره شده در خازن U_1 است و در حالت دوم انرژی ذخیره شده در خازن U_2

$$U_2 = U_1 + 1 \Rightarrow \frac{1}{\gamma} \frac{Q_2^2}{C} = \frac{1}{\gamma} \frac{Q_1^2}{C} + 1 \xrightarrow{C=10\mu F} \frac{1}{\gamma} \frac{(Q_1+2)^2}{10} = \frac{1}{\gamma} \frac{Q_1^2}{10} + 1 \Rightarrow (Q_1+2)^2 = Q_1^2 + 20$$

$$\Rightarrow Q_1^2 + 4Q_1 + 4 = Q_1^2 + 20 \Rightarrow Q_1 = 4\mu F$$

دقت کنید که در روابط بالا همه اعداد را برحسب میکروکولن جایگذاری کرده‌ایم به این نکته نیز دقت کنید که اگر از صفحه مثبت $2\mu C$ بار جدا کرده و به صفحه منفی منتقل کنیم به طور کلی بار خازن به اندازه $2\mu C$ افزایش می‌یابد.

$$V_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{4}{10} = 0.4V \quad \text{پله دوم:}$$

۱۶. **پله یکم:** ظرفیت خازن و انرژی ذخیره شده در خازن را در حالت اول به دست می‌آوریم:

$$C = \frac{\kappa \epsilon_0 A}{d} = \frac{9 \times 10^{-12} \times 8 \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-3}} = 36 \times 10^{-13} F$$

$$U = \frac{1}{\gamma} CV^2 = \frac{1}{\gamma} (36 \times 10^{-13}) \times (100)^2 = 18 \times 10^{-9} J$$

پله دوم: در حالت دوم فاصله صفحات نسبت به حالت قبل ۳ برابر شده است بنابراین طبق رابطه $C = \frac{\kappa \epsilon_0 A}{d}$ ظرفیت خازن،

$\frac{1}{3}$ برابر می‌شود. چون خازن را از باتری جدا کرده‌ایم بار ذخیره شده در آن ثابت است و با توجه به رابطه $U = \frac{1}{\gamma} \frac{Q^2}{C}$ با $\frac{1}{3}$ شدن ظرفیت خازن انرژی ذخیره شده در آن ۳ برابر شده و به $54 \times 10^{-9} J$ می‌رسد.

پله سوم: افزایش انرژی ذخیره شده در خازن توسط کار انجام شده به وسیله نیروی خارجی تأمین می‌شود. بنابراین داریم:

$$|W_{\text{نیروی خارجی}}| = \Delta U_2 = U_2 - U_1 = 54 \times 10^{-9} - 18 \times 10^{-9} = 36 \times 10^{-9} J = 36 nJ$$

۱۷. **پله یکم:** یک نورون مانند یک خازن تخت عمل می‌کند. ابتدا ظرفیت این خازن را به دست می‌آوریم:

$$C = \frac{\kappa \epsilon_0 A}{d} = \frac{3 \times 9 \times 10^{-12} \times (10^{-6} \times 10^{-4})}{10 \times 10^{-9}} = 27 \times 10^{-14} F$$

$$U = \frac{1}{\gamma} CV^2 = \frac{1}{\gamma} (27 \times 10^{-14}) (100 \times 10^{-3})^2 = 13/5 \times 10^{-16} J \quad \text{پله دوم:}$$

۱۸. **پله یکم:** ابتدا انرژی ذخیره شده در دستگاه را به دست می‌آوریم:

$$U = \frac{1}{\gamma} CV^2 = \frac{1}{\gamma} \times 10 \times 10^{-6} \times (4 \times 10^{-3})^2 = 80 J$$

پله دوم: حالا می‌توانیم توان متوسط تخلیه انرژی الکتریکی به بدن بیمار را به دست آوریم:

$$P = \frac{U}{t} = \frac{80}{10^{-3}} = 80 \times 10^{-3} W = 80 kW$$

۱۹. **پله یکم:** ابتدا فاصله بین صفحات خازن تخت را به دست می‌آوریم:

$$C = \frac{k\epsilon_0 A}{d} \Rightarrow \frac{1}{\lambda} \times 10^{-12} = \frac{4 \times 9 \times 10^{-12} \times 4 \times 10^{-4}}{d} \Rightarrow 0.2d = 16 \times 10^{-4} \Rightarrow d = 8 \times 10^{-3} \text{ m}$$

پله دوم: با داشتن فاصله بین صفحات خازن و اختلاف پتانسیل دو صفحه خازن، میدان الکتریکی بین دو صفحه را به دست

$$E = \frac{\Delta V}{d} = \frac{60}{8 \times 10^{-3}} = \frac{6 \times 10^4}{8} = 0.75 \times 10^4 = 7.5 \times 10^3 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$
 می آوریم:

۲۰. گزینه ۴ پله یکم: ظرفیت خازن را به دست می آوریم: $C = \frac{k\epsilon_0 A}{d} = \frac{2 \times 9 \times 10^{-12} \times 1 \times 10^{-4}}{3 \times 10^{-3}} = 6 \times 10^{-13} \text{ F}$

پله دوم: به کمک میدان الکتریکی بین دو صفحه خازن، اختلاف پتانسیل دو سر خازن را به دست می آوریم:

$$E = \frac{V}{d} \Rightarrow 200 \times 10^3 = \frac{V}{3 \times 10^{-3}} \Rightarrow V = 600 \text{ V}$$

دقت کنید که میدان الکتریکی را برحسب $\frac{\text{N}}{\text{C}}$ جایگذاری کرده ایم. با توجه به این که بیشترین میدان الکتریکی ذخیره شده در خازن می تواند

$\frac{\text{N}}{\text{C}}$ 200×10^3 باشد، بنابراین بیشترین اختلاف پتانسیلی که می توان به دو سر خازن اعمال کرد تا دچار فروریزش نشود 600 V است و

بیشترین انرژی ذخیره شده در خازن به صورت زیر به دست می آید: $U = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times (6 \times 10^{-13}) \times (600)^2 = 1.08 \times 10^{-9} \text{ J} = 1.08 \text{ nJ}$

✓ آزمون ۶ جامع

۱. گزینه ۴ $q = ne \Rightarrow 1 \times 10^{-6} = n(1/6 \times 10^{-19}) \Rightarrow n = \frac{10^{-6}}{1/6 \times 10^{-19}} = \frac{10^4}{1/6} = 6/25 \times 10^{12}$ ***

۲. گزینه ۲ برای این که سرب دارای بار مثبت شود باید الکترون از دست بدهد پس باید سرب را با موادی که در سری الکتریسیته مالشی پایین تر از سرب قرار دارند، مالش دهیم. ابریشم، پارچه کتان و پلی اتیلن هر سه در سری الکتریسیته مالشی پایین تر از سرب هستند. ***

۳. گزینه ۱ شکل رسم شده در گزینه «۱» ترازوی پیچشی کولن را نشان می دهد. در یک سر، یک میله نارسانای سبک افقی و یک گوی باردار مثبت کوچک و در سر دیگر آن، یک قرص قرار دارد و میله از وسط توسط یک رشته سیم کشسان 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 موثر بین این بارها از اندازه گیری زاویه چرخش تا رسیدن به حالت تعادل به دست می آید. سعی کنید کاربرد وسایل آزمایشگاهی مطرح شده در سایر گزینه ها را هم بررسی کنید. ***

۴. گزینه ۲ با نوشتن یک تناسب ساده به راحتی می توانیم پاسخ این سؤال را به دست آوریم. اگر بار اولیه هر دو ذره برابر q باشد در حالت ثانویه بار یکی از ذره ها q و بار ذره دیگر $(q+2)$ است و داریم: ***

$$F = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{q_1'q_2'}{q_1q_2} \Rightarrow \frac{0.03}{0.02} = \frac{q'(q+2)}{q \times q} \Rightarrow \frac{3}{2} = \frac{q+2}{q} \Rightarrow q = 4 \mu\text{C}$$

۵. گزینه ۴ پله یکم: ابتدا بار کره ها را بعد از تماس به دست می آوریم: $q_1' = q_2' = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{5 + 15}{2} = 10 \mu\text{C}$ ***

پله دوم: حالا با نوشتن یک تناسب ساده نسبت $\frac{F'}{F}$ را به دست می آوریم:

$$F = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{|q_1'| \times |q_2'|}{|q_1| \times |q_2|} = \frac{10 \times 10}{5 \times 15} = \frac{100}{75} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{4}{3} = 1/33 = \frac{133}{100}$$

برای بررسی سؤالات درصدی باید مخرج کسر مورد نظر را به 100 برسانیم و کسر به دست آمده را با $\frac{100}{100}$ مقایسه کنیم. همان طور که در معادلات بالا می بینید، $F' = \frac{133}{100} F$ است. بنابراین می توانیم بگوییم نیرو به اندازه 33 درصد افزایش یافته است.

۶. **پله یکم:** اگر برابند نیروهای وارد بر بار q_f در نقطه مورد نظر صفر باشد، طبق رابطه $E = \frac{F}{q}$ برابند میدانهای

الکتریکی نیز در نقطه مورد نظر صفر است. بنابراین می‌توانیم در محل بار q_f بار مثبت آزمون را قرار داده و بزرگی میدانهای الکتریکی را در این نقطه بررسی کنیم.

پله دوم: همان‌طور که در شکل زیر می‌بینید در نقطه مورد نظر E_1 به سمت راست و E_2 به سمت چپ می‌باشد چون r_1 و r_2 با یک‌دیگر برابر هستند و $q_1 > q_2$ می‌باشد، می‌توانیم نتیجه بگیریم که $E_1 > E_2$ است. بنابراین اگر بخواهیم برابند میدانهای

الکتریکی در نقطه مورد نظر صفر شود باید E_3 به سمت چپ باشد و داریم:

$$E_2 + E_3 = E_1 \Rightarrow \frac{k|q_2|}{r_2^2} + \frac{k|q_3|}{r_3^2} = \frac{k|q_1|}{r_1^2} \Rightarrow \frac{2}{100} + \frac{|q_3|}{900} = \frac{4}{100} \Rightarrow 2 + \frac{|q_3|}{9} = 4 \Rightarrow |q_3| = 18 \mu C$$

از طرف دیگر چون q_3 بار مثبت آزمون را دفع کرده است، پس $q_3 > 0$ می‌باشد و $q_3 = 18 \mu C$ است.

۷. **پله یکم:** در شکل زیر دو نیروی وزن و نیروی فنر به q_1 وارد می‌شوند و q_1 به حال تعادل قرار می‌گیرد.

پس این دو نیرو اثر یک‌دیگر را خنثی کرده‌اند. به شکل زیر توجه کنید.

در حالت دوم علاوه بر نیروی وزن نیروی الکتریکی که بار q_2 به بار q_1 وارد می‌کند نیز به سمت پایین به بار

وارد می‌شود. این افزایش نیرو باعث افزایش طول فنر به اندازه ۴ cm می‌شود و باز هم بار q_1 در حال تعادل قرار می‌گیرد.

با توجه به این که برابند نیروهای وارد شده به q_2 در شکل (ب) نیز صفر است، داریم:

$$F_E = \Delta F_{\text{فنر}} \Rightarrow \frac{k|q_1||q_2|}{r^2} = k\Delta x \Rightarrow \frac{4 \times 10^{-9} \times (0/8)(0/6) \times 10^{-12}}{4 \times 10^{-4}} = k \left(\frac{4}{100} \right)$$

$$\Rightarrow 4/8 = k \left(\frac{4}{100} \right) \Rightarrow k = 120 \frac{N}{m}$$

۸. **پله یکم:** ابتدا شکل ساده‌ای وضعیت قرارگیری ذره مورد نظر در میدان الکتریکی

رسم می‌کنیم و نیروهای وارد شده به آن را مشخص می‌کنیم.

چون نیروی وزن به سمت پایین است نیروی الکتریکی باید به سمت بالا باشد تا mg را خنثی کند

تا ذره به حال سکون باقی بماند. از طرف دیگر می‌دانیم که به بارهای الکتریکی منفی در خلاف

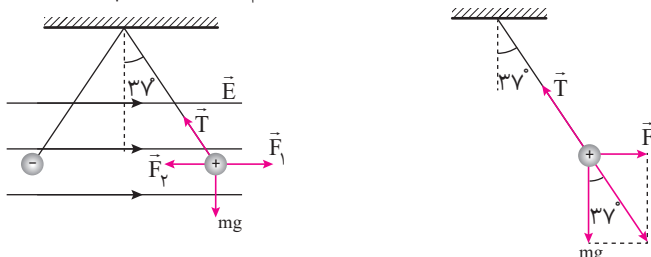
جهت خطوط میدان الکتریکی نیرو وارد می‌شود پس میدان الکتریکی باید به سمت پایین باشد.

پله دوم: چون برابند نیروهای وارد شده به ذره صفر است باید $F = mg$ باشد و داریم:

$$F = mg \Rightarrow E|q| = mg \Rightarrow E(\Delta \times 10^{-6}) = 10 \times 10^{-3} \times 10 \Rightarrow E = 2 \times 10^4 \frac{N}{C}$$

۹. **پله یکم:** ابتدا نیروهای وارد شده به یکی از آونگ‌ها را رسم می‌کنیم. در شکل زیر نیرویی که میدان الکتریکی به بار

مورد نظر وارد می‌کند را با \vec{F}_1 و نیرویی که بار دیگر به آن وارد می‌کند را با \vec{F}_2 نشان داده‌ایم:



همان‌طور که در شکل بالا می‌بینید برایند F_1 و F_2 را با F_t نشان داده‌ایم. چون ذره مورد نظر در حال سکون است باید برایند F_t و mg در راستای T باشد تا برایند نیروهای وارد شده به بار الکتریکی بتواند صفر شود.

پله دوم: به کمک قانون تانژانت زاویه 37° ، اندازه F_t را به دست می‌آوریم:

$$\tan 37 = \frac{F_t}{mg} \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{F_t}{4 \times 10^{-3} \times 10} \Rightarrow F_t = 0.03 \text{ N}$$

$$F_y = \frac{k|q_1||q_2|}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 100 \times 10^{-9} \times 100 \times 10^{-9}}{9 \times 10^{-4}} = 0.1 \text{ N}$$

پله سوم: اندازه F_y را به دست می‌آوریم:

$$F_t = F_1 - F_y \Rightarrow 0.03 = F_1 - 0.1 \Rightarrow F_1 = 0.13$$

پله چهارم: با داشتن F_t و F_y مقدار F_1 را به دست می‌آوریم:

پله پنجم: F_1 بزرگی نیرویی است که میدان الکتریکی به ذره باردار مورد نظر وارد می‌کند. بنابراین داریم:

$$E = \frac{0.13}{100 \times 10^{-9}} = 1.3 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$F = Eq = 1.3 \times 10^6 \times 10^{-6} = 1.3 \text{ N}$$

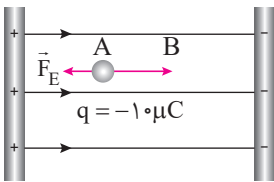
پله یکم: نیروی وارد شده به بار مورد نظر را به دست می‌آوریم: **۱۰. ۱۰**

$$a = \frac{F}{m} = \frac{1.3}{1 \times 10^{-6}} = 1.3 \times 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

پله دوم: شتاب حرکت ذره مورد نظر را به دست می‌آوریم:

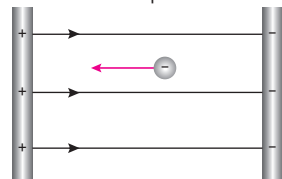
$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} \Rightarrow 1.3 \times 10^6 = \frac{5 \times 10^4 \times 10^{-2}}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = 0.0038 \text{ s}$$

پله سوم:



پله اضافی: اگر می‌خواهید درک بهتری از حرکت بار داشته باشید به شکل زیر توجه کنید. بار الکتریکی منفی مورد نظر از نقطه A به سمت نقطه B شلیک می‌شود. چون نیروی وارد شده به ذره مورد نظر در خلاف جهت حرکت است پس شتاب ایجاد شده باعث کاهش سرعت ذره مورد نظر می‌شود تا جایی که در نقطه B متوقف شود.

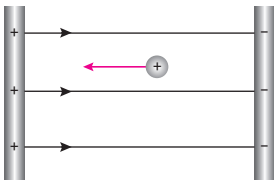
۱۱. ۱۱ **پله یکم:** لطفاً حتماً برای پاسخ‌گویی به این‌گونه سؤالات شکل ساده‌ای از چگونگی حرکت بار رسم کنید.



پله دوم: همان‌طور که در شکل روبه‌رو می‌بینید ذره مورد نظر در خلاف جهت خطوط میدان الکتریکی و به سمت صفحه مثبت حرکت می‌کند و در نتیجه به سمت مکان‌هایی با پتانسیل بیش‌تر می‌رود. از طرف دیگر حرکت ذره به صورت خودبه‌خودی صورت می‌پذیرد و در نتیجه انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد.

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow \Delta U = \Delta V \times q = 500 \times (0.8 \times 10^{-6}) = 4 \times 10^{-4} \text{ J}$$

۱۲. ۱۲



پله دوم: با توجه به این‌که بار الکتریکی مثبت در خلاف خطوط میدان الکتریکی به صورت غیر خودبه‌خودی (به زور!) جابه‌جا شده است، انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد. بنابراین جواب این سؤال گزینه «۳» می‌شود.

پله اضافی: دقت کنید که حرکت ذره با سرعت ثابت انجام می‌شود و در این حالت $\Delta K = 0$ است و در نتیجه انرژی جنبشی ثابت می‌ماند.

۱۴. ۱۴ **پله یکم:** ذره α از هسته اتم هلیوم تشکیل شده است. یعنی از دو پروتون و نوترون تشکیل شده است. همان‌طور که

می‌دانید نوترون‌ها دارای بار الکتریکی نمی‌باشند و بار الکتریکی پروتون به اندازه بار الکتریکی الکترون است و داریم:

$$q_\alpha = 2q_p = 2(1.6 \times 10^{-19}) = 3.2 \times 10^{-19} \text{ C}$$