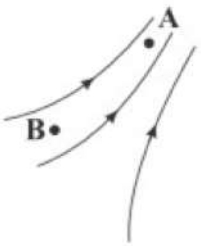
نام دبیر : مهندس مهدی باباخانی

عنوان آزمون : هومورک۴ ساکن

۱ در شکل زیر، خطوط میدان الکتریکی رسم شده است. کدام گزینه رابطه‌ی درستی را در ارتباط با شدت میدان الکتریکی و پتانسیل الکتریکی در نقاط A و B نشان می‌دهد؟



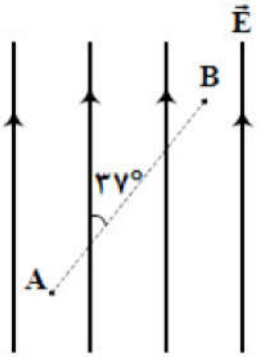
۱) $E_A < E_B$ و $V_A = V_B$

۲) $E_A > E_B$ و $V_A > V_B$

۳) $E_A > E_B$ و $V_A < V_B$

۴) $E_A < E_B$ و $V_A < V_B$

۲ مطابق شکل مقابل، بار $q = -۵\mu C$ را در میدان الکتریکی یکنواخت $E = ۵\times۱۰^{۴}\ \frac{N}{C}$ از نقطهٔ A تا نقطهٔ B جابه‌جا می‌کنیم. اگر $AB = ۵۰\ cm$ باشد. $V_A - V_B$ چند کیلوولت است؟ $(Sin\ ۳۷^\circ = ۰/۶)$



۱) ۱۵

۲) ۲۰

۳) -۱۵

۴) -۲۰

۳ بار الکتریکی $-۴\mu C$ از نقطهٔ A با پتانسیل الکتریکی $V_A = -۲۰V$ تا نقطهٔ B با پتانسیل الکتریکی $V_B = -۵V$ جابه‌جا می‌شود. انرژی پتانسیل الکتریکی بار چند ژول و چگونه تغییر می‌کند؟

۱) $۱۰^{-۴}$، افزایش می‌یابد.

۲) $۱۰^{-۴}$، کاهش می‌یابد.

۳) ۶×۱۰^{-۵}، افزایش می‌یابد.

۴) ۶×۱۰^{-۵}، کاهش می‌یابد.

۴ ذره‌ای با بار الکتریکی $q = -۲۰\mu C$ در میدان الکتریکی یکنواخت $E = ۴\times۱۰^{۴}\ \frac{N}{C}$ توسط یک نیروی خارجی با سرعت ثابت به اندازهٔ $۵۰\ cm$ در خلاف جهت میدان الکتریکی جابه‌جا می‌شود. در این جابه‌جایی، کار نیروی خارجی و تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی ذره به‌ترتیب چند ژول است؟

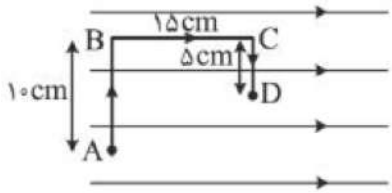
۱) $-۰/۴$ و $-۰/۴$

۲) $-۰/۴$ و $+۰/۴$

۳) $+۰/۴$ و $-۰/۴$

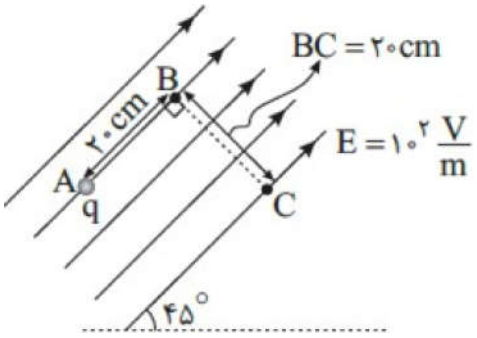
۴) $+۰/۴$ و $+۰/۴$

۵ در شکل زیر در میدان الکتریکی یکنواخت $E = ۲\times۱۰^{۵}\frac{N}{C}$، بار نقطه‌ای $q = ۸\mu C$ از نقطهٔ A به نقطهٔ D در مسیر نشان داده شده منتقل شده است. در این انتقال انرژی پتانسیل الکتریکی این ذرهٔ باردار چند ژول تغییر می‌کند؟



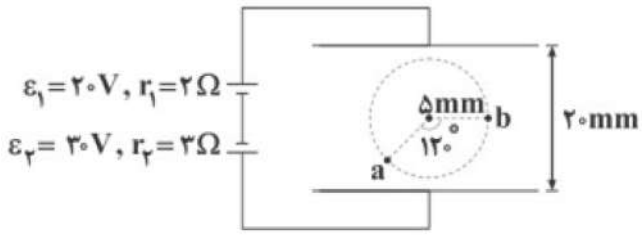
۱) $-۰/۴۸$ ۲) $-۰/۲۴$ ۳) $+۰/۴۸$ ۴) $+۰/۲۴$

۶ در شکل مقابل به ذره‌ای خنثی تعداد $۱۰^{۱۵}$ الکترون می‌دهیم و آن را در میدان الکتریکی $۱۰۰\frac{V}{m}$ از نقطه‌ی A به B و سپس به C می‌بریم. انرژی پتانسیل الکتریکی ذره در این جابه‌جایی چند میلی‌ژول تغییر می‌کند؟ ($e = ۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C$)



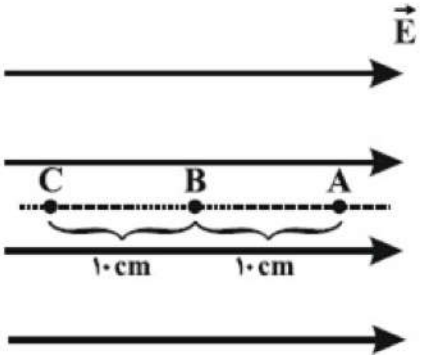
۱) -۳/۲ ۲) ۳/۲ ۳) $۳/۲\sqrt{۲}$ ۴) $-۳/۲\sqrt{۲}$

۷ در میدان الکتریکی یکنواخت ایجادشده بین دو صفحه‌ی موازی نشان داده‌شده، حاصل $V_a - V_b$ در SI برابر کدام گزینه است؟



۱) $۱/۲۵\sqrt{۳}$ ۲) $-۱/۲۵\sqrt{۳}$ ۳) $۲/۵\sqrt{۳}$ ۴) $-۲/۵\sqrt{۳}$

۸ مطابق شکل مقابل، گلوله‌ای به جرم ۲۰g و بار الکتریکی $+۴۰\mu C$، در خلاف جهت خط‌های میدان الکتریکی یکنواخت افقی به بزرگی $۵۰\frac{V}{mm}$ از نقطهٔ A پرتاب می‌شود. برای کاهش تندی این جسم، نیرویی خارجی در خلاف جهت حرکت گلوله به آن اعمال کرده‌ایم. اگر تندی گلوله در نقاط B و C به‌ترتیب $۱۰\frac{m}{s}$ و $۶\frac{m}{s}$ باشد، اندازهٔ کار نیروی خارجی در جابه‌جایی از B تا C چند ژول است؟ (از نیروی وزن صرف‌نظر کنید.)

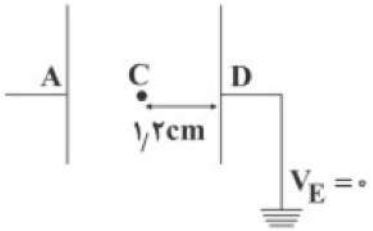


۱) ۰/۸۴ ۲) ۰/۶۴ ۳) ۰/۴۴ ۴) ۰/۲۰

۹ یک باتری ۹ ولتی به دو سر صفحه‌های فلزی موازی که در فاصله‌ی ۴/۵ میلی‌متری از یک‌دیگر قرار دارند، وصل شده است. یک الکترون از حالت سکون از صفحه‌ی منفی رها می‌شود، اگر تنها نیروی الکتریکی حاصل از میدان الکتریکی صفحه‌ها را در نظر بگیریم، انرژی جنبشی الکترون هنگامی که به صفحه‌ی مثبت می‌رسد، چند میکروژول است؟
$(e = ۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\ C)$

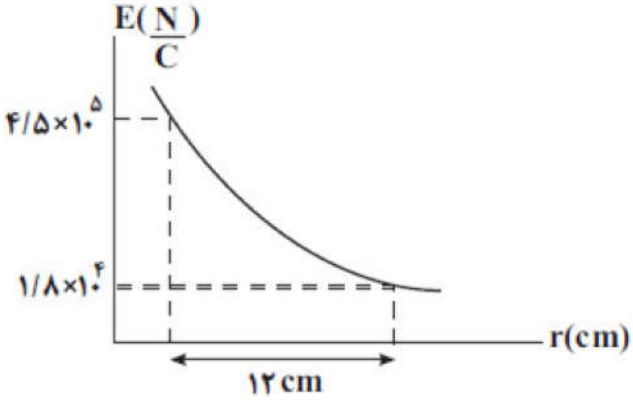
۱) $۲/۸۸\times۱۰^{-۱۸}$ ۲) $۲/۸۸\times۱۰^{-۱۲}$ ۳) $۱/۴۴\times۱۰^{-۱۸}$ ۴) $۱/۴۴\times۱۰^{-۱۲}$

۱۰ در شکل مقابل، پتانسیل الکتریکی نقطه‌ی A برابر با ۲۴۰V و اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه‌ی C و D برابر با ۹۶V است. فاصله‌ی بین این دو صفحه‌ی رسانا چند سانتی‌متر است؟



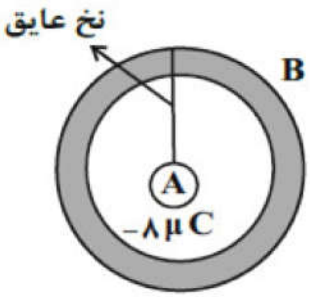
۱) ۳ ۲) ۲ ۳) ۶ ۴) ۴

۱۱) نمودار بزرگی میدان الکتریکی برحسب فاصله از بار $q < 0$، مطابق شکل مقابل است. اگر این بار الکتریکی را هم‌جهت با خطوط یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $2/5M\frac{N}{C}$ به اندازهٔ $4\ \text{cm}$ جابه‌جا کنیم، انرژی پتانسیل الکتریکی این بار چند میلی‌ژول و چگونه تغییر می‌کند؟ $\left(K = 9\times10^{9}\ \frac{N.m^2}{C^2}\right)$



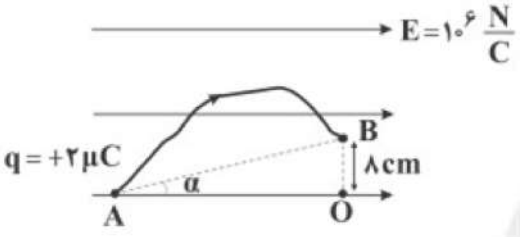
۱) $4/5$، افزایش می‌یابد.
۲) ۴۵، کاهش می‌یابد.
۳) ۴۵، افزایش می‌یابد.
۴) $4/5$ کاهش می‌یابد.

۱۲) کره‌ی رسانای A با بار الکتریکی $-8\mu C$ توسط نخ عایقی از داخل پوسته‌ی رسانای کروی و بدون بار B آویزان است. اگر نخ پاره شود، پس از تعادل الکتریکی، به‌ترتیب بار سطح داخلی و خارجی پوسته‌ی B کدام است؟



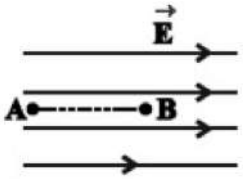
۱) صفر و صفر
۲) $-4\mu C$ و $-4\mu C$
۳) صفر و $-8\mu C$
۴) $-8\mu C$ و صفر

۱۳) مطابق شکل زیر، ذره‌ای با بار مثبت، با طی کردن مسیر نشان داده‌شده از نقطه‌ی A تا نقطه‌ی B جابه‌جا می‌شود. کار انجام‌شده توسط میدان الکتریکی روی این ذره در این جابه‌جایی چند ژول است؟ $\left(\tan\alpha = \frac{4}{5}\right)$



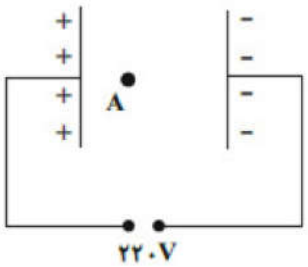
۱) ۵
۲) $0/2$
۳) ۲
۴) ۱۰

۱۴) در شکل مقابل و در میدان الکتریکی یک‌نواختی به بزرگی $۱۰^{۵}\ \frac{N}{C}$، ذره‌ای با بار الکتریکی $q = -۵\mu C$ در نقطه‌ی B بدون تندی اولیه رها می‌شود. وقتی این ذره در مسیر مستقیم، ۲۰ سانتی‌متر جابه‌جا شده و به نقطه‌ی A می‌رسد، انرژی جنبشی آن چند ژول می‌شود؟ (از اثر گرانش و نیروهای مقاوم در مقابل حرکت ذره صرف‌نظر شود.)



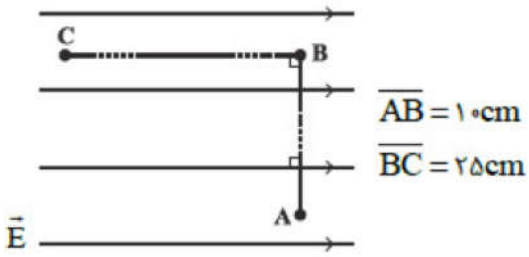
۱) ۰/۱ ۲) ۰/۵ ۳) ۰/۰۱ ۴) ۰/۰۵

۱۵) مطابق شکل مقابل، در یک میدان الکتریکی یک‌نواخت به بزرگی $E = ۲\times۱۰^{۳}\ \frac{N}{C}$، پروتونی را از نقطه‌ی A رها می‌کنیم. اگر پروتون با تندی $۲\times۱۰^{۵}\ \frac{m}{s}$ به صفحه‌ی منفی برخورد کند، فاصله‌ی نقطه‌ی A از صفحه‌ی منفی و مثبت به‌ترتیب از راست به چپ چند سانتی‌متر است؟ (از نیروی وزن و تمامی اصطکاک‌ها صرف‌نظر کنید، $m_P = ۱/۶\times۱۰^{-۲۷}\ \text{kg}$ و بار پروتون $۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\ C$ می‌باشد.)



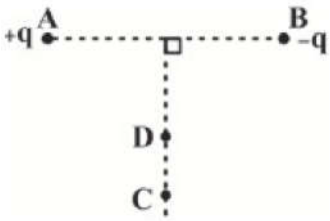
۱) ۱، ۱۱ ۲) ۱۰، ۱۱ ۳) ۱۰، ۱ ۴) ۱، ۱۰

۱۶) مطابق شکل مقابل، بار الکتریکی نقطه‌ای q در میدان الکتریکی یک‌نواختی به بزرگی $E = ۱/۶\times۱۰^{۷}\ \frac{N}{C}$ از نقطه‌ی A تا نقطه‌ی B و سپس تا نقطه‌ی C جابه‌جا می‌شود. اگر کار نیروی میدان الکتریکی در این جابه‌جایی برابر با $+۸\ \text{mJ}$ باشد، بار q چند نانوکولن است؟



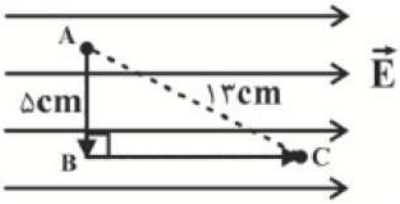
۱) -۲ ۲) ۲ ۳) -۲۰ ۴) ۲۰

۱۷ مطابق شکل مقابل، دو بار الکتریکی نقطه‌ای و هم‌اندازه‌ی $+q$ و $-q$ در نقطه‌های A و B ثابت شده‌اند. اگر بار الکتریکی نقطه‌ای $+۲\mu C$ را روی عمودمنصف خط واصل دو بار از نقطه‌ی C تا D جابه‌جا کنیم، تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی آن مطابق با کدام گزینه است؟



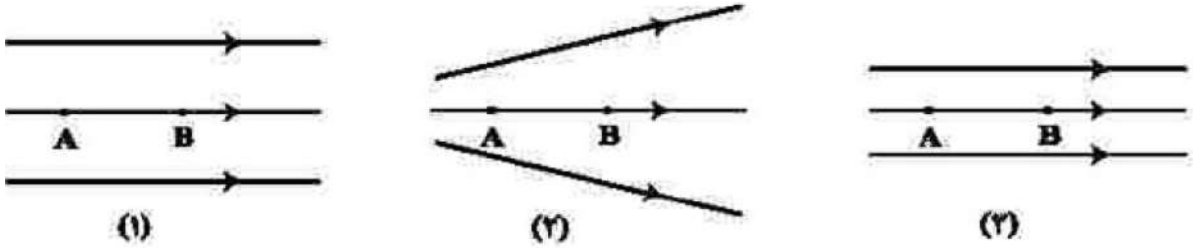
۱) $\Delta U = ۰$
۲) $\Delta U > ۰$
۳) $\Delta U < ۰$
۴) بسته به شرایط هر سه گزینه می‌تواند درست باشد.

۱۸ مطابق شکل زیر، ذره‌ی بارداری با بار $+۵\mu C$ در میدان الکتریکی یک‌نواختی به بزرگی $E = ۱۰^{۵}\frac{N}{C}$، از نقطه‌ی A تا نقطه‌ی B و سپس تا نقطه‌ی C جابه‌جا می‌شود. انرژی پتانسیل الکتریکی این ذره در این جابه‌جایی چگونه تغییر می‌کند؟



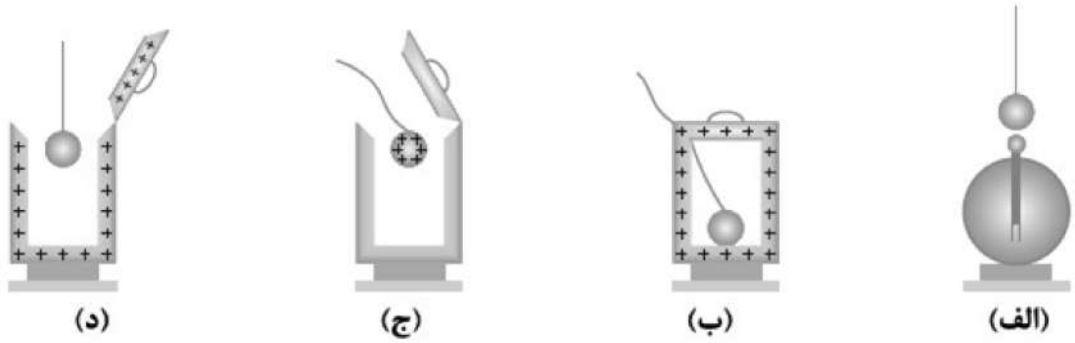
۱) ۰/۰۵ ژول کاهش می‌یابد.
۲) ۰/۰۵ ژول افزایش می‌یابد.
۳) ۰/۰۷ ژول افزایش می‌یابد.
۴) ۰/۰۶ ژول کاهش می‌یابد.

۱۹ شکل زیر، سه آرایش خطوط میدان الکتریکی را نشان می‌دهد. یک الکترون از حالت سکون از نقطهٔ B رها می‌شود و سپس توسط میدان الکتریکی تا نقطهٔ A شتاب می‌گیرد. نقطه‌های A و B در هر سه آرایش در فاصلهٔ یکسان قرار دارند. اگر اختلاف پتانسیل بین دو نقطه $(V_A - V_B)$ را ΔV بنامیم، کدام رابطه درست است؟



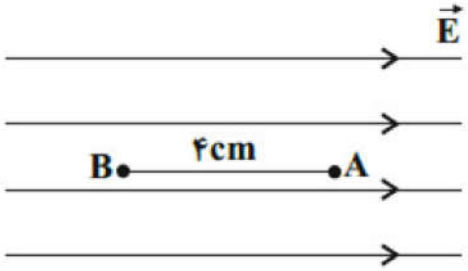
۱) $\Delta V_{(۳)} > \Delta V_{(۲)} > \Delta V_{(۱)}$
۲) $\Delta V_{(۳)} = \Delta V_{(۱)} > \Delta V_{(۲)}$
۳) $\Delta V_{(۱)} > \Delta V_{(۲)} > \Delta V_{(۳)}$
۴) $\Delta V_{(۱)} = \Delta V_{(۲)} = \Delta V_{(۳)}$

۲۰ در شکل زیر مراحل انجام آزمایش چگونگی توزیع بارهای الکتریکی در اجسام رسانا به صورت نامرتب نشان داده شده است. در کدام گزینه ترتیب این شکل‌ها از راست به چپ به درستی مشخص شده است؟



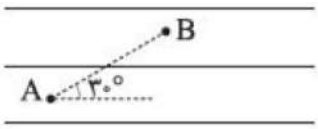
۱) د - ب - ج - الف
۲) الف - ب - ج - د
۳) ج - ب - د - الف
۴) ج - الف - د - ب

۲۱ مطابق شکل مقابل بار الکتریکی نقطه‌ای $q = -۴\mu C$ با جرم ۰/۰۲ گرم در میدان الکتریکی یکنواختی به بزرگ $۱۰^{۵}\ \frac{V}{m}$ در نقطه‌ی A رها شده و به نقطه‌ی B می‌رسد. تندی آن در نقطه‌ی B چند متر بر ثانیه است؟ (نیروی موثر بر بار فقط نیروی الکتریکی است.)



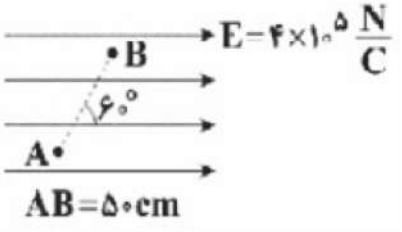
۱) ۴۰
۲) ۸۰
۳) $۴\sqrt{۲}$
۴) $۱۰\sqrt{۱۰}$

۲۲ بار الکتریکی نقطه‌ای مثبت ۱۰μC در یک میدان الکتریکی از نقطهٔ A تا B جابه‌جا می‌شود. اگر کار انجام شده توسط میدان الکتریکی $+۲\ \text{mJ}$ باشد، $V_A - V_B$ چند ولت است؟



۱) -۱۰۰
۲) ۱۰۰
۳) -۲۰۰
۴) ۲۰۰

۲۳ مطابق شکل زیر، بار الکتریکی نقطه‌ای $q = -۲\mu C$ در میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E}$ از نقطه‌ی A تا نقطه‌ی B جابه‌جا می‌شود. به‌ترتیب از راست به چپ، کار نیروی الکتریکی وارد بر بار q چند ژول و $V_B - V_A$ چند ولت است؟

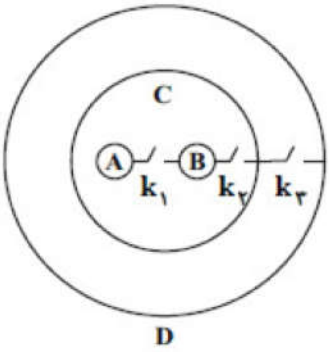


۱) $+۱۰^{۵}$ و $-۰/۲$
۲) $+۱۰^{۵}$ و $-۰/۴$
۳) $۱۰^{۵}$ و $-۰/۲$
۴) $-۱۰^{۵}$ و ۰/۴

۲۴ دو کره‌ی رسانای A و B به ترتیب با شعاع‌های R و $2R$ دارای بارهای الکتریکی مثبت و چگالی سطحی بار الکتریکی یکسان هستند. چند درصد از بار الکتریکی کره‌ی B را به کره‌ی A منتقل کنیم تا بار الکتریکی دو کره برابر شود؟

۱) ۲۵ ۲) ۳۷/۵ ۳) ۵۰ ۴) ۷۵

۲۵ مطابق شکل مقابل، دو کرهٔ رسانا و مشابه دارای بارهای الکتریکی $q_A = -3\mu C$ و $q_B = 5\mu C$ درون پوسته‌های رسانای C و D قرار دارند. کلید k_1 را بسته و باز کرده، سپس کلید k_2 را بسته و باز می‌کنیم و در نهایت کلید k_3 را بسته و باز می‌کنیم. به‌ترتیب از راست به چپ بار کرهٔ A و پوسته خارجی C چند میکروکولن می‌شود؟



۱) ۱، ۱ ۲) صفر، ۱ ۳) ۱، صفر ۴) صفر، صفر

۱ گزینه ۳ پاسخ صحیح است. با توجه به این‌که تراکم خطوط میدان در مجاورت نقطه‌ی A بیشتر است، بنابراین شدت میدان الکتریکی در نقطه‌ی A بیشتر از نقطه‌ی B است، بنابراین:

$$E_A > E_B$$

در مورد پتانسیل الکتریکی همان‌طور که می‌دانیم، با حرکت در جهت خطوط میدان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد، در نتیجه پتانسیل الکتریکی نقطه‌ی A کم‌تر از پتانسیل الکتریکی نقطه‌ی B است، بنابراین:

$$V_A < V_B$$

۲ گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

۳ گزینه ۴ پاسخ صحیح است. مطابق رابطهٔ اختلاف پتانسیل و تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار داریم:

$$V_B - V_A = \frac{\Delta \mathrm{U}}{q} \Rightarrow -۵ - (-۲۰) = \frac{\Delta \mathrm{U}}{-۴\times ۱۰^{-۶}} \Rightarrow \Delta \mathrm{U} = -۶\times ۱۰^{-۵} J$$

بنابراین انرژی پتانسیل الکتریکی بار کاهش می‌یابد.

۴ گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

۵ گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

طبق رابطهٔ $\Delta \mathrm{U} = -E\,|q|\,d\,\mathrm{Cos}\,\theta$ در جابه جایی‌هایی عمود بر خطوط میدان، $\Delta \mathrm{U}$ صفر است، پس فقط جابه‌جایی از B تا C را بررسی می‌کنیم:

$$\Delta \mathrm{U} = -E\,|q|\,d\,\mathrm{Cos}\,\theta \Rightarrow \Delta \mathrm{U} = -۲\times ۱۰^{۵} \times \times ۱۰^{-۶} \times ۱۵ \times ۱۰^{-۲} = -۰/۲۴ J$$

از طرفی می‌دانیم اگر بار مثبت در جهت خطوط میدان الکتریکی جابه‌جا شود، حرکت آن به صورت خودبه‌خودی بوده و تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی آن منفی است.

۶ گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

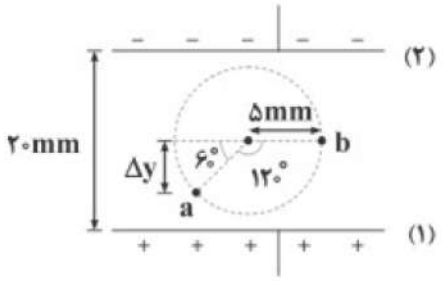
تغییر انرژی تانسیل ذره فقط در مسیر AB رخ می‌دهد و برابر است با:

$$\Delta \mathrm{U} = -\,|q|\,\mathrm{Ed}\,\mathrm{Cos}\,\theta \xrightarrow[|q|=|-\,\mathrm{ne}|]{\theta=۱۸۰^\circ}$$

$$\Delta \mathrm{U} = -۱۰^{۱۵} \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} \times ۱۰^{۲} \times ۰/۲ \times (-۱)$$

$$\Delta \mathrm{U} = ۳/۲ \times ۱۰^{-۳} J = ۳/۲\mathrm{mJ}$$

۷ گزینه ۱ پاسخ صحیح است. با توجه به بزرگ‌تر بودن ε_2 از ε_1، بار صفحه‌ی پایین، از نوع مثبت است و داریم:

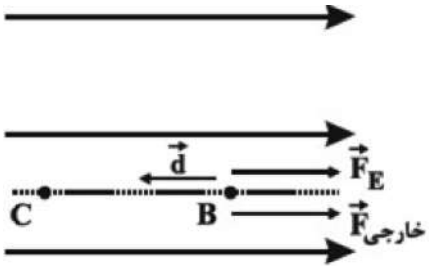


$$\Delta y_{a,b} = r \,\mathrm{Sin}\, ۶۰^\circ = ۵\frac{\sqrt{۳}}{۲}\ \mathrm{mm}$$

$$\Delta V = Ed \Rightarrow \left|\frac{\Delta V_{a,b}}{\Delta V_{۱,۲}}\right| = \left|\frac{\Delta y_{a,b}}{d_{۱,۲}}\right| \Rightarrow \left|\frac{\Delta V_{a,b}}{۱۰}\right| = \frac{۵\frac{\sqrt{۳}}{۲}}{۲۰}$$

$$\Rightarrow |\Delta V_{a,b}| = ۱/۲۵\sqrt{۳}V \Rightarrow V_a - V_b = +۱/۲۵\sqrt{۳}V$$

۸ گزینه ۳ پاسخ صحیح است.



اگر از قضیهٔ کار و انرژی جنبشی استفاده کنیم:

$$K_B = \frac{۱}{۲}mv_B^{۲} = \frac{۱}{۲}\times\frac{۲}{۱۰۰}\times(۱۰)^{۲} = ۱J$$

$$K_C = \frac{۱}{۲}mv^{۲}C = \frac{۱}{۲}\times\frac{۲}{۱۰۰}\times(۶)^{۲} = ۰/۳۶J$$

$$W_t = K_C - K_B \xrightarrow[K_B=۱J]{K_C=۰/۳۶J} W_t = ۰/۳۶ - ۱ = -۰/۶۴J$$

کار برایند برابر با مجموع کار میدان الکتریکی و نیروی خارجی است. داریم:

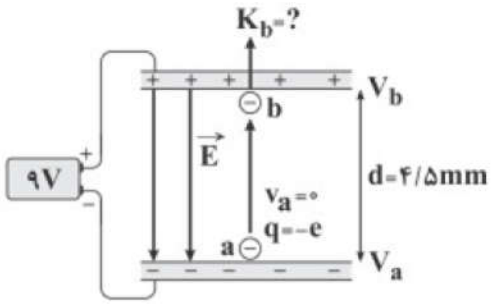
$$W_E = F_E d \,\mathrm{Cos}\, ۱۸۰^\circ = -E|q|d$$

$$\Rightarrow W_E = -۵۰\times۱۰^{۳}\times۴۰\times۱۰^{-۶}\times۱۰\times۱۰^{-۲} = -۰/۲۰J$$

$$W_t = W_E + W_{\text{خارجی}}$$

$$\Rightarrow -۰/۶۴ = -۰/۲۰ + W_{\text{خارجی}} \Rightarrow W_{\text{خارجی}} = -۰/۴۴J$$

۹ گزینه ۴ پاسخ صحیح است. با توجه به شکل زیر، از پایستگی انرژی استفاده می‌کنیم:



$$K_a + U_a = K_b + U_b$$

با توجه به این‌که $K_a = ۰$ است داریم:

$$K_b = U_a - U_b = -e(V_a - V_b)$$

$$\Rightarrow K_b = +e(V_b - V_a) = ۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\times۹$$

$$\Rightarrow K_b = ۱/۴۴\times۱۰^{-۱۸}\ J = ۱/۴۴\times۱۰^{-۱۲}\ \mu J$$

۱۰ گزینه ۱ پاسخ صحیح است. ابتدا اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه‌ی A و D را به دست می‌آوریم و چون D به زمین متصل است، پتانسیل الکتریکی نقطه‌ی D صفر است، بنابراین:

$$|\Delta V_{AD}| = |V_D - V_A| = |۰ - ۲۴۰| = ۲۴۰ V$$

با توجه به رابطه‌ی $|\Delta V| = Ed$ و با توجه به ثابت بودن بزرگی میدان الکتریکی یکنواخت در تمامی نقاط میان دو صفحه‌ی رسانا می‌توانیم بنویسیم:

$$\left|\frac{\Delta V_{AD}}{\Delta V_{CD}}\right| = \frac{d_{AD}}{d_{CD}} \Rightarrow \frac{۲۴۰}{۹۶} = \frac{d_{AD}}{۱/۲} \Rightarrow d_{AD} = ۳\ cm$$

۱۱ گزینه ۱ پاسخ صحیح است. با استفاده از رابطهٔ $E=k\frac{|q|}{r^2}$، ابتدا r_1 و به دنبال آن $|q|$ را می‌یابیم:

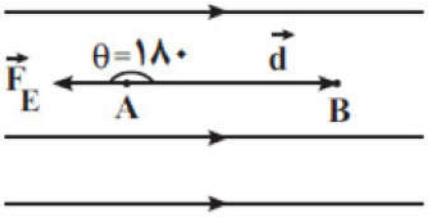
$$E=k\frac{|q|}{r^2}\xrightarrow{|q|=\text{ثابت}}\frac{E_1}{E_2}=\left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2\xrightarrow[E_2=1/8\times10^4\ \frac{N}{C}]{E_1=4/5\times10^5\ \frac{N}{C}\ ,\ r_2=r_1+12\ \text{cm}}$$

$$\frac{4/5\times10^5}{1/8\times10^4}=\left(\frac{r_1+12}{r_1}\right)^2\Rightarrow 25=\left(\frac{r_1+12}{r_1}\right)^2\Rightarrow 5=\frac{r_1+12}{r_1}\Rightarrow 5r_1=r_1+12$$

$$\Rightarrow 4r_1=12\Rightarrow r_1=3\text{cm}=3\times10^{-2}\ m$$

$$E_1=k\frac{|q|}{r_1^2}\Rightarrow 4/5\times10^5=9\times10^9\times\frac{|q|}{9\times10^{-4}}\Rightarrow |q|=4/5\times10^{-8}\ C\xrightarrow{q<0}q=-4/5\times10^{-8}\ C$$

اکنون تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار q را می‌یابیم. با توجه به این‌که بر بار الکتریکی منفی در خلاف جهت میدان الکتریکی نیرو وارد می‌شود، به صورت زیر ΔU را می‌یابیم:



$$\Delta U=-W_E\xrightarrow[F_E=|q|E]{W_E=F_E d\ \text{Cos}\,\theta}$$

$$\Delta U=-|q|\,\text{Ed}\,\text{Cos}\,\theta$$

$$\xrightarrow[E=2/5M\frac{N}{C}=2/5\times10^6\ \frac{N}{C}]{d=4\text{cm}=4\times10^{-2}\ m}$$

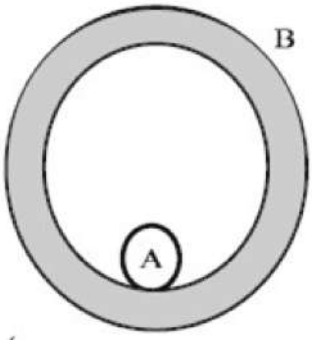
$$\Delta U=-4/5\times10^{-8}\times2/5\times10^6\times4\times10^{-2}\times\text{Cos}\,180$$

$$\xrightarrow{\text{Cos}\,180=-1}\Delta U=4/5\times10^{-3}\ J\xrightarrow{1\ mJ=10^{-3}\ J}\Delta U=4/5\ mJ$$

چون $\Delta U>0$ است، انرژی پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد.

۱۲ گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

اگر نخ پاره شود، کره‌ی A به داخل پوسته‌ی کروی B می‌افتد. چون بارها در رسانا به گونه‌ای توزیع می‌شوند که بار خالص در داخل صفر شود، پس در داخل پوسته‌ی کروی بار خالص صفر است و تمام بار خالص $-8\mu C$ روی سطح خارجی پوسته‌ی B توزیع می‌شود.



۱۳ گزینه ۲ پاسخ صحیح است. کار میدان الکتریکی روی یک ذره‌ی باردار در یک جابه‌جایی، برابر است با:

$$W_E = E\,|q|\;d\,\mathrm{Cos}\,\alpha$$

در فرمول بالا، عبارت $d\;\mathrm{Cos}\,\alpha$ برابر با میزان جابه‌جایی ذره در راستای خطوط میدان یا همان AO در این سؤال است.

AO را به کمک روابط مثلثاتی محاسبه می‌کنیم:

$$\tan\alpha = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}} \Rightarrow \frac{۴}{۵} = \frac{\mathrm{OB}}{\mathrm{OA}} \Rightarrow \frac{۴}{۵} = \frac{۸}{\mathrm{OA}} \Rightarrow \mathrm{OA} = ۱۰\,\mathrm{cm} = ۰/۱\mathrm{m}$$

با استفاده از فرمول W_E که در ابتدا ذکر شد، خواسته‌ی سؤال را محاسبه می‌کنیم.

$$W_E = ۱۰^{۶} \times ۲ \times ۱۰^{-۶} \times ۰/۱ = ۰/۲\mathrm{J}$$

۱۴ گزینه ۱ پاسخ صحیح است. چون بار $q = -۵\mu\mathrm{C}$ از B به A به صورت خودبه‌خود جابه‌جا می‌شود، پس انرژی پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد.

$$\Delta\mathrm{U}_E = -E\,|q|\,d\,\mathrm{Cos}\,\theta = -۱۰^{۵} \times ۵ \times ۱۰^{-۶} \times ۲۰ \times ۱۰^{-۲} \times ۱ \Rightarrow \Delta\mathrm{U}_E = -۱۰^{-۱}\,J$$

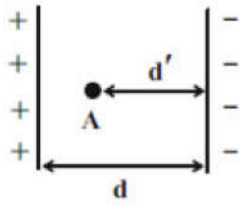
طبق اصل پایستگی انرژی مکانیکی : $\Delta\mathrm{K} = -\Delta\mathrm{U}_E = +۱۰^{-۱}\,J$

$$\Delta\mathrm{K} = K_۲ - K_۱ \xrightarrow[K_۱ = ۰]{v_۱ = ۰} \Delta\mathrm{K} = K_۲ \Rightarrow K_۲ = ۰/۱\,J$$

۱۵ گزینه ۳ پاسخ صحیح است. چون بار الکتریکی به طرف صفحه‌ی ناهم‌نام حرکت کرده است، پس انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش یافته است.

$$\Delta\mathrm{U} = -W_E \Rightarrow \Delta\mathrm{U} < ۰, W_E > ۰$$

بنابه قضیه‌ی کار - انرژی جنبشی، داریم:



$$W_t = \Delta\mathrm{K} \Rightarrow W_E = \Delta\mathrm{K} \Rightarrow |q|\,\mathrm{Ed}'\,\mathrm{Cos}\,\theta = (K_۲ - \cancel{K_۱})$$

$$\Rightarrow ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} \times ۲ \times ۱۰^{۳} \times d' \times ۱ = \frac{۱}{۲} \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۲۷} \times ۴ \times ۱۰^{۱۰}$$

$$\Rightarrow ۱۰^{-۱۶} d' = ۱۰^{-۱۷} \Rightarrow d' = ۱۰^{-۱}\,m = ۰/۱m = ۱۰\,\mathrm{cm}$$

d' همان فاصله‌ی نقطه‌ی A از صفحه‌ی منفی است. چون میدان الکتریکی یک‌نواخت و ثابت است، داریم:

$$|\Delta\mathrm{V}| = E \times d \Rightarrow ۲۲۰ = ۲ \times ۱۰^{۳}\,d \Rightarrow d = ۰/۱۱m = ۱۱\,\mathrm{cm}$$

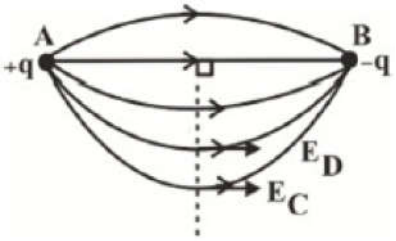
فاصله‌ی نقطه‌ی A از صفحه‌ی مثبت $= d - d' = ۱۱ - ۱۰ = ۱\,\mathrm{cm}$

۱۶ گزینه ۱ پاسخ صحیح است. در جابه‌جایی از نقطه‌ی A تا نقطه‌ی B، چون جابه‌جایی عمود بر نیروی میدان الکتریکی است، بنابراین نیروی میدان کاری انجام نمی‌دهد. در جابه‌جایی از نقطه‌ی B تا نقطه‌ی C، چون کار نیروی میدان الکتریکی مثبت است، بنابراین جابه‌جایی و نیروی میدان الکتریکی هم‌جهت هستند و با توجه به جهت خط های میدان، چون نیروی الکتریکی در خلاف جهت خط های میدان الکتریکی است، بنابراین بار q منفی است. داریم:

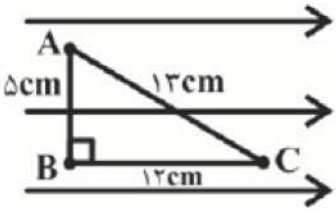
$$W_E = F_E\,\mathrm{Cos}\,\theta \Rightarrow W_E = |q|\,\mathrm{Ed}\,\mathrm{Cos}\,\theta \Rightarrow ۸ \times ۱۰^{-۳} = |q| \times ۱/۶ \times ۱۰^{۷} \times ۲۵ \times ۱۰^{-۲} \times ۱$$

$$\Rightarrow |q| = ۲ \times ۱۰^{-۹} = ۲\mathrm{nC} \xrightarrow{q<۰} q = -۲\,\mathrm{nC}$$

۱۷ گزینه ۱ پاسخ صحیح است. مطابق شکل، میدان الکتریکی خالص حاصل از بارهای q_1 و q_2 در هر نقطه مماس بر خط های میدان و بر خط واصل C و D عمود است. بنابراین در جابه‌جایی بار $+۲\mu C$ از نقطه‌ی C تا نقطه‌ی D، زاویه‌ی بین بردار نیرو و جابه‌جایی برابر با ۹۰ درجه است. لذا بنا به رابطه‌ی $\Delta U = -|q|\,Ed\,Cos\,\theta$، تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار صفر می‌شود. $\Delta U = -|q|\,Ed\,Cos\,۹۰^\circ = ۰$



۱۸ گزینه ۴ پاسخ صحیح است. در مسیر AB چون عمود بر خط های میدان الکتریکی حرکت کرده‌ایم، انرژی پتانسیل الکتریکی آن تغییری نمی‌کند. در مسیر BC در حرکت به سمت پتانسیل‌های کم‌تر، انرژی پتانسیل الکتریکی ذره (با بار مثبت) کاهش می‌یابد. بنابراین داریم:



$$\Delta U_E = -E\,|q|\,d = -۱۰^{۵} \times ۵ \times ۱۰^{-۶} \times ۱۲ \times ۱۰^{-۲} = -۰/۰۶J$$

۱۹ گزینه ۱ پاسخ صحیح است. با توجه به این که هر چه خطوط میدان فشرده‌تر باشد میدان قوی‌تر است، گزینه‌ی ۱ صحیح است.

۲۰ گزینه ۳ پاسخ صحیح است. ظرف رسانایی با درپوش فلزی را درنظر بگیرید که روی پایه نارسانایی قرار دارد و روی درپوش آن دسته‌ای عایق نصف شده است. ابتدا ظرف بدون بار و یک گوی فلزی را که از نخ عایقی آویزان است، باردار و سپس وارد ظرف می‌کنیم (شکل ج). اکنون گوی را با کف ظرف تماس می‌دهیم و سپس درپوش فلزی را می‌بندیم (شکل ب). آن‌گاه درپوش فلزی را با دسته عایقش برمی‌داریم (شکل د) و گوی فلزی را از ظرف خارج نموده و آن‌را به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک می‌کنیم. مشاهده می‌شود عقربه الکتروسکوپ تکان نمی‌خورد (شکل الف). این نشان می‌دهد گوی فلزی بار ندارد و تمام بار آن به ظرف رسانا منتقل شده است، در این حالت اگر ظرف را به الکتروسکوپ نزدیک کنیم، مشاهده می‌شود ورق‌های الکتروسکوپ تکان می‌خورند. از این آزمایش نتیجه می‌گیریم که بار اضافی داده شده به یک رسانا روی سطح خارجی آن توزیع می‌شود.

۲۱ گزینه ۱ پاسخ صحیح است. فاصله‌ی طی شده از نقطه‌ی A تا نقطه‌ی B برابر با $۴\ cm$ است، بنابراین با توجه به رابطه‌ی $E = \frac{|\Delta V|}{d}$ می‌توان نوشت.

$$E = \frac{|\Delta V|}{d} \Rightarrow ۱۰^{۵} = \frac{|\Delta V|}{۴ \times ۱۰^{-۲}} \Rightarrow |\Delta V| = ۴ \times ۱۰^{۳}\,V$$

چون در خلاف جهت خط های میدان جابه‌جا می‌شویم، $V_B > V_A$ است و بنابراین $\Delta V = ۴ \times ۱۰^{۳}\,V$ خواهد بود.

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow ۴ \times ۱۰^{۳} = \frac{\Delta U}{-۴ \times ۱۰^{-۶}} \Rightarrow \Delta U = -۱۶ \times ۱۰^{-۳}\,J$$

طبق اصل پایستگی انرژی، انرژی پتانسیل آن ۱۶×۱۰^{-۳} ژول کاهش می‌یابد و به انرژی جنبشی آن افزوده می‌شود.

$$\Delta K = -\Delta U = ۱۶ \times ۱۰^{-۳}\,J \rightarrow ۱۶ \times ۱۰^{-۳} = \frac{۱}{۲} \times ۰/۰۲ \times ۱۰^{-۳}(v^{۲} - ۰^{۲}) \Rightarrow v^{۲} = ۱۶۰۰ \Rightarrow v = ۴۰\,\frac{m}{s}$$

۲۲ گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

اختلاف پتانسیل از A تا B برابر است با:

$$\Delta V=\frac{\Delta U}{q}\xrightarrow[\Delta V=V_B-V_A]{\Delta U=-W_E} V_B-V_A=\frac{-۲\times۱۰^{-۳}}{۱۰\times۱۰^{-۶}}=-۲۰۰V$$

$$\Rightarrow V_A-V_B=۲۰۰V$$

۲۳ گزینه ۳ پاسخ صحیح است. برای W_E می‌توان نوشت:

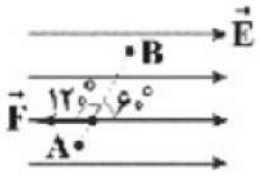
$$W_E=E\,|q|\;d\,\text{Cos}\,\theta$$

$$\Rightarrow W_E=۴\times۱۰^{۵}\times۲\times۱۰^{۶}\times۰/۵\times\text{Cos}\,۱۲۰^\circ=-۰/۲J$$

V_B-V_A برابر است با:

$$V_B-V_A=\frac{\Delta U_E}{q}=\frac{-W_E}{q}=\frac{-(-۰/۲)}{-۲\times۱۰^{۶}}=-۱۰^{۵}\,V$$

دقت کنید: θ زاویه‌ی بین نیروی الکتریکی وارد بر بار از طرف میدان و جابه‌جایی بار است.



۲۴ گزینه ۲ پاسخ صحیح است. نسبت بار اولیه‌ی کره‌های رسانا برابر است با:

$$\sigma=\frac{Q}{۴\pi R^{۲}}\Rightarrow\sigma_A=\sigma_B\Rightarrow\frac{Q_A}{۴\pi R^{۲}}=\frac{Q_B}{۴\pi R^{۲}}\Rightarrow Q_B=۴Q_A$$

می‌بایست مجموع بارها $Q_A+۴Q_A=۵Q_A$ بین دو کره به طور مساوی تقسیم شوند تا دو کره هم‌بار شوند:

$$Q_{\text{نهایی}}=\frac{Q_A+Q_B}{۲}=\frac{Q_A+۴Q_A}{۲}=۲/۵\,Q_A$$

بنابراین درصد بار منتقل‌شده از کره‌ی B به کره‌ی A برابر است با:

$$Q_B-Q_{\text{نهایی}}=۴Q_A-۲/۵\,Q_A=۱/۵\,Q_A$$

$$\Rightarrow\frac{۱/۵\,Q_A}{۴Q_A}\times۱۰۰=\%۳۷/۵$$

۲۵ گزینه ۳ پاسخ صحیح است. با بسته و باز کردن کلید $k_۱$، بار کره‌های A و B برابر می‌شوند.

$$q'_A=q'_B=\frac{q_A+q_B}{۲}=\frac{-۳+۵}{۲}=۱\mu C$$

با بسته و باز کردن کلید $k_۲$، تمام بار کرهٔ B به پوسته خارجی C منتقل شده و با بسته و باز کردن کلید $k_۳$ این بار به پوستهٔ خارجی D منتقل می‌گردد، پس:

$$q_A=۱\mu C, q_C=۰, q_D=۱\mu C$$

۱	۱	۲	**۳**	۴
۲	۱	**۲**	۳	۴
۳	۱	۲	۳	**۴**
۴	**۱**	۲	۳	۴
۵	۱	**۲**	۳	۴
۶	۱	**۲**	۳	۴
۷	**۱**	۲	۳	۴
۸	۱	۲	**۳**	۴
۹	۱	۲	۳	**۴**
۱۰	**۱**	۲	۳	۴
۱۱	**۱**	۲	۳	۴
۱۲	۱	۲	**۳**	۴
۱۳	۱	**۲**	۳	۴
۱۴	**۱**	۲	۳	۴
۱۵	۱	۲	**۳**	۴
۱۶	**۱**	۲	۳	۴
۱۷	**۱**	۲	۳	۴
۱۸	۱	۲	۳	**۴**
۱۹	**۱**	۲	۳	۴
۲۰	۱	۲	**۳**	۴
۲۱	**۱**	۲	۳	۴
۲۲	۱	۲	۳	**۴**
۲۳	۱	۲	**۳**	۴
۲۴	۱	**۲**	۳	۴
۲۵	۱	۲	**۳**	۴