



۱- کدام یک از جملات زیر در مورد یک خازن نادرست است؟

- (۱) تمام نقاط هر صفحه خازن پتانسیل الکتریکی یکسانی دارند.
 (۲) خطوط میدان الکتریکی بر صفحات خازن (به دور از لبه‌ها) عمود هستند.
 (۳) اگر اختلاف پتانسیل دو سر یک خازن دو برابر شود، ظرفیت تغییری نمی‌کند.
 (۴) با قرار دادن دی الکتریکی قطبی بین صفحات یک خازن شارژ شده که از مولد جدا شده است، میدان الکتریکی بین صفحات افزایش می‌یابد.

۲- فضای بین صفحات یک خازن تخت دایره‌ای شکل با قطر D هوا است. اگر فاصله بین صفحات خازن برابر با $\frac{D}{2}$ باشد، ظرفیت این خازن کدام است؟

k : ثابت کولن و تمام واحدها در SI هستند.

- (۱) $\frac{\pi D}{8k}$ (۲) $\frac{\pi D k}{8}$ (۳) $\frac{D}{8k}$ (۴) $\frac{Dk}{32}$

۳- در یک خازن تخت با صفحات مربع شکل، اگر فاصله بین صفحات را ۲ برابر و طول ضلع مربع را نصف کنیم، ظرفیت خازن چند درصد و چگونه تغییر می‌کند؟

- (۱) ۰،۱۲،۵ کاهش (۲) ۰،۱۲،۵ افزایش (۳) ۸۷،۵ افزایش (۴) ۸۷،۵ کاهش

۴- فاصله بین صفحات خازن تخت A ، $\frac{1}{2}$ برابر فاصله بین صفحات خازن تخت B و مساحت صفحات آن، ۲ برابر مساحت صفحه‌های خازن B است، اما ظرفیت هایشان با هم برابر است. اگر بین صفحات خازن B با کاغذ پر شده باشد. طبق جدول زیر، بین صفحات خازن A با چه ماده‌ای پر شده است؟

دی الکتریک	ماده
۱	هوا
۲	پارافین
۴	کاغذ
۸	میکا
۱۶	آب ناخالص

- (۱) هوا (۲) پارافین (۳) میکا (۴) آب ناخالص

۵- اگر ضریب دی الکتریک خازن تختی ۲۰ درصد افزایش یابد، مساحت صفحات خازن نسبت به حالت اولیه تقریباً چند درصد و چگونه تغییر کند تا ظرفیت خازن ثابت بماند؟

- (۱) ۲۰ درصد کاهش یابد. (۲) ۱۶،۶ درصد کاهش یابد. (۳) ۲۰ درصد افزایش یابد. (۴) ۱۶،۶ درصد افزایش یابد.

۶- تمام فاصله بین صفحات یک خازن تخت با میکا پر شده است. اگر فاصله بین صفحات خازن را ۲۰ درصد افزایش داده و دی الکتریک را از بین صفحات آن برداریم، اندازه تغییرات ظرفیت خازن برابر با ۳۷ میکروفاراد می‌شود. ظرفیت اولیه خازن چند میکروفاراد بوده است؟ ($k_{\text{میکا}} = 7$)

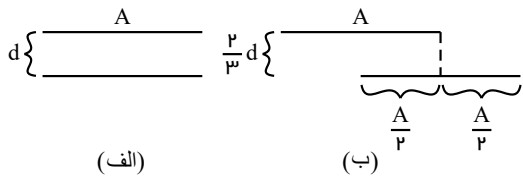
- (۱) ۴۲ (۲) ۲۹ (۳) ۳۵ (۴) ۳۷

۷- فاصله بین صفحات یک خازن تخت، با هوا پر شده است. اگر فاصله بین صفحات خازن را ۶ میلی‌متر افزایش داده و آن را به طور کامل با دی الکتریک میکا پر کنیم، ظرفیت خازن ۳ برابر ظرفیت اولیه می‌شود. فاصله اولیه صفحات خازن چند میلی‌متر بوده است؟ ($k_{\text{میکا}} = 5$)

- (۱) ۴،۵ (۲) ۶ (۳) ۷،۵ (۴) ۹



۸- مطابق شکل (الف)، دو صفحه یک خازن تخت به مساحت A در فاصله d از یکدیگر قرار دارند و دی‌الکتریک بین آن‌ها هوا است. مطابق شکل (ب)، صفحه زیرین را طوری جابه‌جا می‌کنیم که در خازن جدید، نصف سطح صفحه‌ها در مقابل هم قرار گیرند و فاصله دو صفحه از یکدیگر برابر با $\frac{2}{3}$ مقدار قبلی شود. ظرفیت خازن جدید چند برابر ظرفیت خازن اولیه است؟



(۲) $\frac{3}{4}$

(۱) $\frac{3}{2}$

(۴) ۶

(۳) ۳

۹- اگر یک یاخته عصبی (نورون) را به عنوان یک خازن تخت با ظرفیت $3pF$ در نظر بگیریم، طوری که غشای سلول به عنوان دی‌الکتریک و یون‌های باردار با علامت مخالف که در دو طرف غشا هستند به عنوان بارهای روی صفحه‌های خازن عمل کنند. در این صورت تعداد کل یون‌های لازم یک بار یونیده بر روی این یاخته به ازای اختلاف پتانسیل $80mV$ کدام است؟ ($e = 1.6 \times 10^{-19} C$)

(۴) 1.5×10^5

(۳) 3×10^5

(۲) 1.5×10^6

(۱) 3×10^6

۱۰- یک کلید از صفحه کلید رایانه‌ای به مساحت $0.1cm^2$ و به فاصله $5mm$ از صفحه ثابت قرار دارد. این کلید با عایقی به ضریب دی‌الکتریک ۴ پر شده است. اگر کلید و صفحه ثابت را، معادل صفحات یک خازن تخت در نظر بگیریم، ظرفیت این خازن با فشار دادن کلید به مقدار 0.2 پیکوفاراد می‌رسد

که توسط مدارهای الکترونیکی رایانه آشکار می‌شود. تغییر فاصله بین دو صفحه چند میلی‌متر است؟ ($\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{F}{m}$)

(۴) ۲٫۷۵

(۳) ۴٫۸۵

(۲) ۳٫۲۳

(۱) ۱٫۷۷

۱۱- با افزایش اختلاف پتانسیل بین دو صفحه خازنی از $15V$ به $22V$ ، بار الکترونیکی ذخیره شده در خازن به مقدار $140\mu C$ نسبت به قبل افزایش می‌یابد. ظرفیت خازن چند میکروفاراد است؟

(۴) ۱۰

(۳) ۴۰

(۲) ۲۰

(۱) ۰٫۰۵

۱۲- اگر اختلاف پتانسیل الکترونیکی دو سر خازنی را ۳ برابر کنیم، بار الکترونیکی ذخیره شده روی صفحات آن $20nC$ افزایش می‌یابد. بار اولیه خازن چند نانوکولن بوده است؟ (پدیده ریزش رخ نمی‌دهد.)

(۴) ۲۰

(۳) ۱۵

(۲) ۱۰

(۱) ۵

۱۳- فاصله بین دو صفحه خازن مسطحی را که به اختلاف پتانسیل ثابت $20V$ متصل است، دو برابر می‌کنیم. اگر با این عمل $3\mu C$ از بار الکترونیکی ذخیره شده در خازن کاسته شود، ظرفیت اولیه خازن چند میکروفاراد بوده است؟

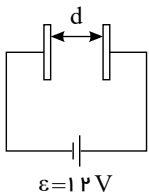
(۴) ۰٫۳

(۳) ۰٫۴

(۲) ۰٫۱

(۱) ۰٫۶

۱۴- مطابق شکل زیر، خازنی را به دو سر یک مولد $12V$ متصل کرده‌ایم. اگر اختلاف پتانسیل مولد را به $24V$ تغییر دهیم، فاصله بین صفحات خازن را چند برابر کنیم تا ظرفیت خازن بدون تغییر باقی بماند؟ (پدیده فروشکست رخ نمی‌دهد.)



(۲) ۲

(۱) ۱

(۴) $\frac{1}{2}$

(۳) $\frac{1}{4}$

۱۵- ظرفیت خازن تختی $20\mu F$ ، بار الکترونیکی آن $20\mu C$ و فاصله صفحه‌های آن از یکدیگر $1mm$ است. اندازه میدان الکترونیکی یکنواخت بین دو صفحه خازن چند واحد SI است؟

(۴) ۱۰۰۰۰

(۳) ۱۰۰۰

(۲) ۱

(۱) ۴۰

۱۶- به طور همزمان، اختلاف پتانسیل دو سر خازنی که ظرفیت اولیه آن $4\mu F$ است را $6V$ افزایش و فاصله بین صفحات آن را ۲۰ درصد کاهش می‌دهیم. در این صورت، اندازه میدان الکترونیکی بین صفحات خازن ۵۰ درصد افزایش می‌یابد. بار الکترونیکی نهایی خازن چند میکروکولن می‌شود؟

(۴) ۱۸۰

(۳) ۱۵۰

(۲) ۱۴۴

(۱) ۱۲۰



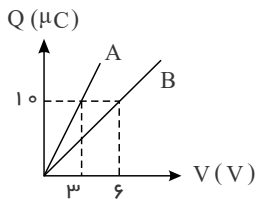
۱۷- خازنی ۴ میکروفارادی را که دی الکتریک بین صفحات آن هوا است، با ولتاژ ۸ ولت شارژ کرده و سپس آن را از مولد جدا می‌کنیم، اگر در این حالت، 8×10^{14} الکترون از صفحه مثبت خازن جدا کرده و به صفحه منفی خازن منتقل کنیم، دی الکتریکی با چه ضریبی را به طور کامل بین دو صفحه قرار دهیم تا اختلاف پتانسیل دو سر خازن ۱۶ ولت شود؟
(اندازه بار الکترون $e = 1.6 \times 10^{-19} C$ است.)

- ۱) ۲ ۲) $\frac{5}{2}$ ۳) ۴ ۴) ۵

۱۸- اگر فاصله بین صفحات یک خازن تخت d ، ظرفیت آن C و اختلاف پتانسیل آن برابر V باشد، کدام نمودار زیر درست رسم شده است؟

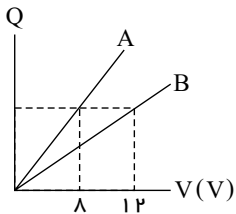


۱۹- نمودار بار الکتریکی ذخیره شده در دو خازن مجزای A و B که بین صفحات هر دوی آنها هوا است، بر حسب ولتاژ اعمال شده به دو سر آنها مطابق شکل زیر است. در کدام یک از گزینه‌های زیر، ظرفیت دو خازن یکسان می‌شوند؟



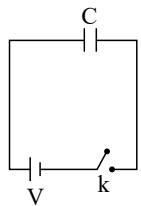
- ۱) دی الکتریکی با ثابت ۲ را به طور کامل وارد خازن A کنیم.
۲) دی الکتریکی با ثابت ۲ را به طور کامل وارد خازن B کنیم.
۳) طول هر ضلع از صفحات خازن A را دو برابر کنیم.
۴) طول هر ضلع از صفحات خازن B را دو برابر کنیم.

۲۰- نمودار بار الکتریکی ذخیره شده بر حسب ولتاژ دو سر خازن‌های مجزای A و B مطابق شکل زیر است. اگر دی الکتریک خازن B که ثابت آن برابر با ۲ است را برداشته، مساحت هر یک صفحه‌های آن را ۲۰ درصد افزایش و فاصله بین صفحات آن را ۲۰ درصد کاهش دهیم، ظرفیت جدید خازن B چند برابر ظرفیت خازن A است؟ (ثابت دی الکتریک هوا را یک در نظر بگیرید.)



- ۱) $\frac{2}{3}$ ۲) $\frac{1}{2}$
۳) $\frac{3}{8}$ ۴) $\frac{3}{2}$

۲۱- در شکل زیر، خازن بدون بار است و کلید k باز می‌باشد. با بستن کلید k پس از مدتی خازن شارژ (پُر) شده است. اگر در این مدت انرژی داده شده



به مدار توسط باتری U_1 و انرژی الکتریکی ذخیره شده در خازن U_2 باشد، نسبت $\frac{U_2}{U_1}$ کدام است؟

- ۱) ۱ ۲) ۲
۳) $\frac{1}{2}$ ۴) $\frac{1}{4}$

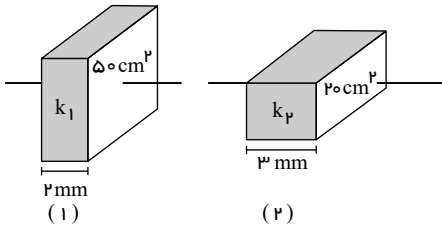
۲۲- مساحت هر یک از صفحه‌های خازن تختی، $1 m^2$ و فاصله بین دو صفحه آن از هم، $0.5 mm$ است. با عایقی با ثابت دی الکتریک ۵، فضای بین دو صفحه را به طور کامل پُر کرده و خازن را به اختلاف پتانسیل الکتریکی $200 V$ وصل می‌کنیم. چند میلی ژول انرژی الکتریکی در خازن ذخیره می‌شود؟

- ۱) ۰٫۹ ۲) ۱۸ ۳) ۹ ۴) ۱٫۸

$$\left(\epsilon_0 = 9 \times 10^{-12} \frac{F}{m} \right)$$



۲۳- در شکل زیر، بار الکتریکی ذخیره شده در هر دو خازن یکسان است. اگر انرژی ذخیره شده در خازن (۱)، ۲۰ درصد کم تر از انرژی ذخیره شده در



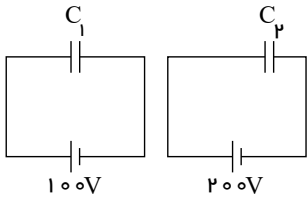
خازن (۲) باشد، نسبت ثابت دی الکتریک خازن (۲) به خازن (۱) $(\frac{k_2}{k_1})$ کدام است؟

- ① ۳
② ۶
③ $\frac{1}{3}$
④ $\frac{1}{6}$

۲۴- دو خازن تخت C_1 و C_2 در اختیار داریم. طوری که مساحت صفحات خازن C_1 ، ۲ برابر مساحت صفحات خازن C_2 ، و فاصله بین صفحات خازن C_1 ، ۳ برابر فاصله بین صفحات خازن C_2 است. اگر خازن C_1 را به اختلاف پتانسیل V و خازن C_2 را به اختلاف پتانسیل $2V$ متصل کنیم، انرژی ذخیره شده در خازن C_1 چند برابر انرژی ذخیره شده در خازن C_2 است؟ (فاصله بین صفحات دو خازن خلأ است.)

- ① $\frac{1}{6}$
② ۶
③ $\frac{3}{8}$
④ $\frac{8}{3}$

۲۵- در مدارهای ساده زیر، انرژی ذخیره شده در خازن C_1 ، ۳۰ درصد انرژی ذخیره شده در خازن C_2 است. اگر دو خازن را خالی کرده و جای آن‌ها را عوض کنیم، نسبت انرژی ذخیره شده در خازن C_2 به انرژی ذخیره شده در خازن C_1 کدام است؟



- ① $\frac{24}{5}$
② $\frac{6}{5}$
③ $\frac{5}{6}$
④ $\frac{5}{24}$

۲۶- ۶۰ درصد از بار الکتریکی یک خازن پُر شده را تخلیه می کنیم. انرژی الکتریکی ذخیره شده در این خازن چند درصد کاهش می یابد؟

- ① ۱۶
② ۸۴
③ ۳۶
④ ۶۴

۲۷- اگر به اندازه $2\mu C$ به بار الکتریکی ذخیره شده در خازن تختی اضافه کنیم. انرژی ذخیره شده در آن ۲۱ درصد افزایش می یابد. بار اولیه خازن چند میکروکولن است؟

- ① ۱۰
② ۲۰
③ ۳۰
④ ۴۰

۲۸- خازنی به ظرفیت یک میکروفاراد را با اختلاف پتانسیل $12V$ شارژ می کنیم. اگر بخواهیم انرژی الکتریکی ذخیره شده در خازن $12/5$ میکروژول افزایش یابد، اختلاف پتانسیل دو سر خازن را باید چند ولت افزایش دهیم؟ (پدیده فروریزش رخ نمی دهد.)

- ① ۱
② ۵
③ ۸
④ ۱۳

۲۹- خازنی به ظرفیت $6\mu F$ را با اختلاف پتانسیل $10V$ پُر می کنیم. اگر خازن را از مولد جدا و دی الکتریکی با ثابت ۲ را بین صفحه های خازن قرار دهیم، انرژی آن چگونه تغییر می کند؟

- ① $150\mu J$ کاهش می یابد.
② $150\mu J$ افزایش می یابد.
③ $300\mu J$ افزایش می یابد.
④ $300\mu J$ کاهش می یابد.

۳۰- یک خازن به اختلاف پتانسیل ثابتی متصل است و بار ذخیره شده در آن برابر $12\mu C$ است. اگر ظرفیت خازن را $2\mu F$ افزایش دهیم و اختلاف پتانسیل دو سر آن را یک ولت تغییر دهیم، بار ذخیره شده در خازن تغییر نمی کند، انرژی ذخیره شده در خازن در حالت دوم چند میکروژول است؟

- ① ۱۲
② ۴۸
③ ۲۵۲
④ ۱۵۰

۳۱- فاصله صفحات یک خازن تخت به ظرفیت $10\mu F$ برابر یک میلی متر است. این خازن را به وسیله یک مولد 100 ولتی شارژ کرده و سپس از مولد جدا می کنیم. اگر فاصله میان صفحات را $2/0$ میلی متر افزایش دهیم، انرژی الکتریکی ذخیره شده در خازن چند ژول تغییر می کند؟

- ① 6×10^{-2}
② 5×10^{-2}
③ 10^{-2}
④ 11×10^{-2}

۳۲- خازنی تخت با دی الکتریک هوا به منبع برق 200 ولت متصل است و در آن $1/8 J$ انرژی الکتریکی ذخیره می شود. اگر عایقی با ثابت دی الکتریک $\epsilon = 2$ را به طور کامل وارد فضای بین صفحات این خازن کنیم، بار الکتریکی ذخیره شده در خازن چند میلی کولن می شود؟

- ① ۳۶
② ۷۲
③ ۳۶۰
④ ۷۲۰



۳۳- انرژی اولیه ذخیره شده در یک خازن تخت، $50 J$ است، در حالی که خازن به دو سر یک باتری متصل است، فاصله بین دو صفحه خازن را از $9 mm$ به $10 mm$ می‌رسانیم. اگر مساحت هر یک از صفحات خازن $10 cm^2$ باشد، بار الکتریکی ذخیره شده در صفحات خازن به چند میکروکولن می‌رسد؟

$$C^2 \frac{C^2}{N \cdot m^2} \quad (k = 1, \epsilon_0 = 9 \times 10^{-12})$$

۱۰ (۴)

۹ (۳)

۳۲ (۲)

۶۴ (۱)

۳۴- خازنی مسطح و بردار که از مولد جدا شده است دارای ظرفیت $6 \mu F$ است. اگر $6 mC$ بار الکتریکی را از صفحه منفی خازن جدا کرده و به صفحه مثبت منتقل کنیم، انرژی ذخیره شده در خازن به اندازه $9 J$ کاهش می‌یابد. بار اولیه خازن چند میلی کولن بوده است؟ (با جابه‌جا کردن بارها، علامت بار صفحات خازن تغییر نمی‌کند.)

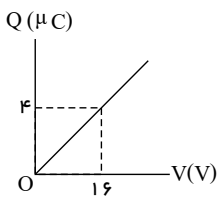
12×10^{-3} (۴)

۱۲ (۳)

6×10^{-3} (۲)

۶ (۱)

۳۵- در شکل زیر، نمودار بار الکتریکی ذخیره شده در یک خازن بر حسب اختلاف پتانسیل دو سر آن نشان داده شده است. به ازای ولتاژ $40 V$ چند میکروژول انرژی الکتریکی در این خازن ذخیره می‌شود؟ (فرض کنید پدیده ریزش رخ نمی‌دهد)



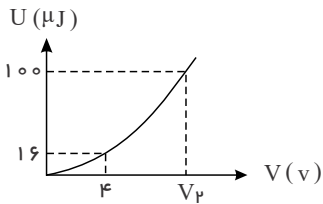
۳۲ (۲)

۵ (۱)

۲۰۰ (۴)

۸۰ (۳)

۳۶- نمودار تغییر انرژی الکتریکی ذخیره شده در یک خازن بر حسب اختلاف پتانسیل دو سر آن، مطابق شکل زیر است. V_p چند ولت است؟



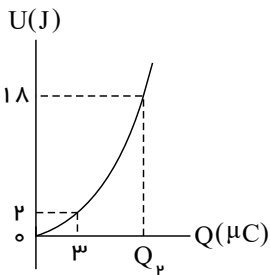
۱۰ (۱)

$10\sqrt{2}$ (۲)

۵ (۳)

$5\sqrt{2}$ (۴)

۳۷- نمودار تغییرات انرژی الکتریکی ذخیره شده در یک خازن بر حسب بار ذخیره شده در آن مطابق شکل زیر است. Q_p چند کولن است؟



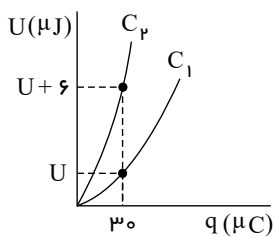
۲۷ (۱)

27×10^{-6} (۲)

۹ (۳)

9×10^{-6} (۴)

۳۸- نمودار انرژی ذخیره شده در یک خازن بر حسب بار روی صفحات آن، برای دو خازن مستقل C_1 و C_2 مطابق شکل زیر است. اگر $C_2 = \frac{1}{3} C_1$ باشد، ظرفیت خازن C_1 چند میکروفاراد است؟



۳۰۰ (۱)

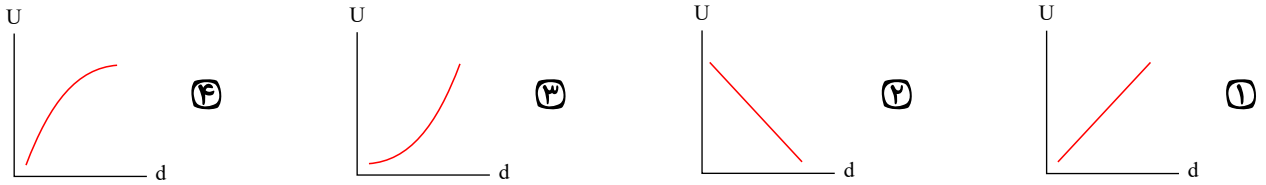
۱۵۰ (۲)

۱۲۰ (۳)

۱۸۰ (۴)



۳۹- یک خازن را توسط باتری شارژ می‌کنیم و پس از جدا کردن خازن از باتری، فاصله بین صفحات خازن را افزایش می‌دهیم. نمودار انرژی ذخیره شده در خازن برحسب فاصله بین صفحات آن مطابق کدام گزینه است؟



۴۰- ظرفیت یک خازن $8\mu F$ و اختلاف پتانسیل دو سر آن $20V$ است، اگر انرژی این خازن در مدت $0.2s$ تخلیه شود، توان متوسط تخلیه انرژی خازن چند وات است؟

- ① 0.8 ② 0.008 ③ 0.32 ④ 0.16

۴۱- اگر اختلاف پتانسیل دو سر خازنی را از $2V$ به $14V$ برسانیم، بار ذخیره شده در آن $72\mu C$ افزایش می‌یابد. اگر این خازن را با ولتاژ $20V$ به طور کامل شارژ کرده و در مدار قرار دهیم، 2 میلی ثانیه طول می‌کشد تا همه انرژی ذخیره شده در این خازن در مدار تخلیه شود. این انرژی با چه توان متوسطی برحسب وات در مدار تخلیه شده است؟ (فرض کنید در هنگام تخلیه خازن پدیده فروریزش رخ نمی‌دهد.)

- ① 0.2 ② 0.6 ③ 1.2 ④ 1.8

۴۲- یک دیفیریلاتور با ظرفیت خازن C و یک باتری $4kV$ در اختیار داریم به طوری که بازه انتقال انرژی از طریق کفشک‌ها به بدن بیمار در آن 50% است. این دستگاه را برای بیمار اول به کار گرفته‌ایم و عمل احیا انجام شده است. اگر بیمار دوم برای احیا به $40J$ انرژی بیشتر نیاز داشته باشد، با فرض ثابت بودن سایر عوامل، ظرفیت خازن دستگاه را چند میکروفاراد باید تغییر دهیم؟

- ① 40 ② 20 ③ 10 ④ 5

۴۳- اگر اختلاف پتانسیل بین دو صفحه خازن از حد مجاز آن، که معمولاً روی بدنه خازن می‌نویسند، بیشتر شود درون دی‌الکتریک بین دو صفحه رسانا، پدیده رخ می‌دهد.

- ① شارژ شدن خازن ② تخلیه شدن خازن ③ القای الکتریکی ④ فروریزش الکتریکی

۴۴- در یک خازن تخت، مساحت هر صفحه $1cm^2$ و فاصله صفحات آن $0.3mm$ است. فضای بین صفحات این خازن را با دی‌الکتریک A به طور کامل پر می‌کنیم به طوری که $k_A = 4$ و حداکثر بزرگی میدان الکتریکی قابل تحمل توسط دی‌الکتریک A برابر با 10 کیلوولت بر میلی‌متر باشد. اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر خازن را به آرامی افزایش می‌دهیم تا پدیده فروریزش الکتریکی رخ دهد. در لحظه فروریزش الکتریکی در دی‌الکتریک داخل این خازن، چند میکروژول انرژی الکتریکی تخلیه خواهد شد؟ ($\epsilon_0 \simeq 9 \times 10^{-12} F/m$)

- ① 6 ② 54 ③ 9 ④ 12

۴۵- یک خازن تخت را پس از شارژ از مولد جدا کرده و فاصله بین صفحات آن را افزایش می‌دهیم. اختلاف پتانسیل دو سر خازن و انرژی ذخیره شده در آن به ترتیب از راست به چپ چگونه تغییر می‌کنند؟

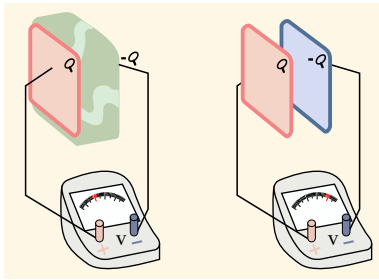
- ① افزایش - افزایش ② بدون تغییر - افزایش ③ کاهش - کاهش ④ افزایش - نمی‌توان اظهار نظر کرد.

۴۶- یک خازن تخت به یک باتری بسته شده است تا باردار شود. پس از مدتی، در حالی که باتری هم‌چنان به خازن متصل است، دی‌الکتریک بین صفحه‌های آن را خارج می‌کنیم. در این حالت و به ترتیب از راست به چپ، بار الکتریکی و انرژی الکتریکی ذخیره شده در خازن چگونه تغییر می‌کنند؟

- ① افزایش می‌یابد. - کاهش می‌یابد. ② کاهش می‌یابد. - افزایش می‌یابد. ③ افزایش می‌یابد. - افزایش می‌یابد. ④ کاهش می‌یابد. - کاهش می‌یابد.



۴۷- در شکل زیر صفحه‌های باردار یک خازن تخت که بین آن‌ها هواست را به یک ولت‌سنج وصل می‌کنیم، با وارد کردن دی‌الکتریک در بین صفحه‌های خازن، عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد و میدان الکتریکی بین صفحه‌های این خازن چگونه تغییر می‌کند؟ (خازن پس از باردار شدن از مولد جدا شده است.)



- ① ثابت می‌ماند، افزایش می‌یابد.
- ② کاهش می‌یابد، کاهش می‌یابد.
- ③ کاهش می‌یابد، افزایش می‌یابد.
- ④ افزایش می‌یابد، کاهش می‌یابد.

۴۸- در صورت اتصال صفحات یک خازن باردار که پس از پر شدن از مولد جدا شده، با سیم به یکدیگر، جرقه زده می‌شود. اگر پیش از اتصال صفحات این خازن به یکدیگر، فاصله صفحات آن را نصف کرده و سپس صفحات آن را با سیم به یکدیگر متصل می‌کردیم، بزرگی جرقه ایجاد شده نسبت به حالت قبل چگونه تغییر می‌کرد؟

- ① افزایش می‌یابد.
- ② کاهش می‌یابد.
- ③ تغییر نمی‌کند.
- ④ اظهارنظر قطعی ممکن نیست.

۴۹- دو صفحه خازن تختی را به دو قطب یک باتری با اختلاف پتانسیل ثابت V وصل می‌کنیم. در این حالت ظرفیت خازن C است. اگر دو صفحه این خازن را از دو قطب این باتری جدا کنیم و به دو قطب باتری دیگری با اختلاف پتانسیل $3V$ وصل کنیم، ظرفیت خازن چقدر می‌شود؟ (پدیده فرو شکست رخ نمی‌دهد.)

- ① $2C$
- ② $3C$
- ③ C
- ④ $\frac{1}{3}C$

۵۰- اگر فاصله بین صفحات خازن تختی که به مولدی متصل است را $\frac{1}{4}$ حالت اولیه کنیم، بار الکتریکی و انرژی ذخیره شده در خازن به ترتیب از راست به چپ چند برابر می‌شوند؟

- ① $\frac{1}{4}$ و $\frac{1}{4}$
- ② 4 و $\frac{1}{4}$
- ③ 4 و $\frac{1}{4}$
- ④ 4 و 4

۵۱- خازن تختی با ثابت دی‌الکتریک $\kappa = 4$ را با ولتاژ V شارژ کرده و سپس از مولد جدا می‌کنیم. اگر مساحت مشترک صفحات خازن را نصف کنیم و دی‌الکتریک میان صفحات را برداریم. ظرفیت خازن، بزرگی میدان الکتریکی یکنواخت بین صفحات خازن و انرژی خازن به ترتیب از راست به چپ چند برابر می‌شوند؟

- ① $8, 8, 8$
- ② $\frac{1}{8}, \frac{1}{8}, \frac{1}{8}$
- ③ $8, 8, \frac{1}{8}$
- ④ $\frac{1}{8}, \frac{1}{8}, 8$

۵۲- خازن تختی را پس از شارژ از مولد جدا می‌کنیم و فاصله بین صفحات آن را 3 برابر می‌کنیم. با اعمال این تغییرات ...

- ① ظرفیت خازن و بزرگی میدان الکتریکی یکنواخت بین صفحات خازن $\frac{2}{3}$ برابر می‌شوند.
- ② ظرفیت خازن و انرژی ذخیره شده در خازن $\frac{2}{3}$ برابر می‌شوند.
- ③ انرژی ذخیره شده در خازن 3 برابر می‌شود و بزرگی میدان الکتریکی یکنواخت بین صفحات خازن تغییر نمی‌کند.
- ④ بار ذخیره شده در خازن تغییری نمی‌کند و میدان الکتریکی بین صفحات خازن $\frac{2}{3}$ برابر می‌شود.



۵۳- خازن تختی به مولدی متصل و باردار شده است. اگر در همین حالت که به مولد متصل است. فاصله بین صفحه‌های آن را دو برابر کنیم، چه تعداد از عبارات‌های زیر درست است؟

(الف) بزرگی میدان الکتریکی میان صفحه‌ها نصف می‌شود.

(ب) اختلاف پتانسیل میان صفحه‌ها نصف می‌شود.

(پ) ظرفیت خازن دو برابر می‌شود.

(ت) بار روی صفحه‌ها نصف می‌شود.

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

۵۴- خازنی را که بین صفحات آن هوا است، پس از شارژ شدن از مولد جدا می‌کنیم. با اعمال کدام یک از تغییرات زیر در مشخصات هندسی خازن، انرژی ذخیره شده در آن ۴ برابر می‌شود؟

(۱) فاصله بین صفحات خازن را $\frac{1}{4}$ برابر کنیم.

(۲) فاصله بین صفحات خازن را نصف کنیم و دی‌الکتریکی با ثابت دی‌الکتریک ۲ را بین صفحات وارد کنیم.

(۳) فاصله بین صفحات خازن را ۴ برابر کنیم.

(۴) مساحت صفحات خازن و فاصله بین آن‌ها را دو برابر کنیم.

۵۵- دو خازن تخت کاملاً مشابه A و B در اختیار داریم. خازن B را به اختلاف پتانسیل V وصل می‌کنیم و خازن A را با اختلاف پتانسیل دو برابر اختلاف پتانسیل خازن B پر کرده و از مدار جدا می‌کنیم اگر فاصله بین صفحات هر دو خازن را دو برابر کنیم، کدام عبارت نادرست است؟

(۱) ظرفیت هر دو خازن نصف می‌شود.

(۲) بار ذخیره شده روی خازن A چهار برابر بار ذخیره شده روی خازن B می‌شود.

(۳) اختلاف پتانسیل دو سر خازن A ، چهار برابر می‌شود.

(۴) اختلاف پتانسیل دو سر خازن B ، تغییر نمی‌کند.

۵۶- خازنی مسطح و شارژ شده که از مولد جدا شده است، در اختیار داریم. اگر فاصله بین صفحات خازن را نصف کنیم و فضای بین صفحات آن که قبلاً هوا بوده را توسط دی‌الکتریکی با ثابت ϵ پر کنیم، بزرگی میدان الکتریکی بین صفحات خازن نسبت به حالت اولیه چند درصد تغییر می‌کند؟

(۱) ۲۰ درصد کاهش می‌یابد.

(۲) ۸۰ درصد کاهش می‌یابد.

(۳) ۵۰ درصد افزایش می‌یابد.

(۴) ۵۰ درصد کاهش می‌یابد.

۵۷- اگر ۴۰ درصد از بار الکتریکی ذخیره شده روی صفحات یک خازن شارژ شده را تخلیه کنیم، ظرفیت خازن و انرژی الکتریکی ذخیره شده در خازن به ترتیب از راست به چپ چگونه تغییر می‌کند؟ (ولتاژ دو سر خازن ثابت است.)

(۱) ۴۰ درصد کاهش می‌یابد، ۳۶ درصد کاهش می‌یابد.

(۲) ۶۰ درصد کاهش می‌یابد، ۶۴ درصد کاهش می‌یابد.

(۳) ثابت می‌ماند، ۳۶ درصد کاهش می‌یابد.

(۴) ثابت می‌ماند، ۶۴ درصد کاهش می‌یابد.

۵۸- دو سر خازن تختی به ظرفیت $12\mu F$ را به یک باتری وصل می‌کنیم. اگر فاصله بین صفحات خازن را ۲۰ درصد کاهش دهیم، به ترتیب از راست به چپ، انرژی ذخیره شده و بار ذخیره شده در خازن چگونه تغییر می‌کند؟

(۱) ۲۰ درصد کاهش، ۲۰ درصد افزایش می‌یابد.

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

(۳) ۲۵ درصد افزایش، ۲۵ درصد افزایش می‌یابد.

(۴) ۲۰ درصد افزایش، ۲۰ درصد افزایش می‌یابد.

۵۹- خازن تختی که عایق بین صفحات آن هواست، به مولد متصل است و انرژی الکتریکی ذخیره شده در آن برابر با U است. اگر در این حالت فاصله دو صفحه‌اش را سه برابر کرده و سپس آن را از مولد جدا کنیم و پس از آن، بین دو صفحه خازن را به طور کامل با عایقی به ضریب دی‌الکتریک ۲ پر کنیم، انرژی الکتریکی ذخیره شده در خازن چند برابر U خواهد شد؟

۳ (۴)

۲ (۳)

۱ (۲)

۶ (۱)



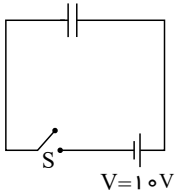
۶۰- بزرگی میدان الکتریکی بین صفحات خازن تختی که بین صفحات آن هوا است و به یک مولد متصل است، برابر با E_0 است. اگر خازن را از مولد جدا کنیم و ابتدا فاصله بین صفحات آن را n برابر و سپس فضای بین صفحات را از دی الکتریکی به ضریب κ_0 پر کنیم. بزرگی میدان الکتریکی بین صفحات آن E' می شود. $\frac{E'}{E_0}$ کدام است؟

- ① $\frac{\kappa_0}{n}$ ② $n\kappa_0$ ③ $\frac{1}{\kappa_0}$ ④ $\frac{n}{\kappa_0}$

۶۱- خازن تختی که فضای بین صفحات آن هواست به باتری متصل و پر شده است و انرژی آن در این حالت U می باشد. اگر بدون جداکردن آن از باتری، فضای بین صفحات خازن را با ماده‌ای با ثابت دی الکتریک κ به طور کامل پر کنیم، انرژی الکتریکی ذخیره شده در خازن U' می شود ولی اگر خازن را ابتدا از باتری جدا کنیم و سپس فضای بین صفحات آن را با ماده‌ای با ثابت دی الکتریک κ به طور کامل پر کنیم، انرژی ذخیره شده در آن U'' می شود. حاصل $\frac{U''}{U'}$ کدام است؟

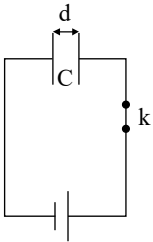
- ① $\frac{1}{\kappa}$ ② κ ③ κ^2 ④ $\frac{1}{\kappa^2}$

۶۲- در شکل زیر، خازنی با یک باتری شارژ شده است. اگر در همین حالت که به باتری متصل است یک عایق با ثابت دی الکتریک κ فضای بین صفحات خازن را به طور کامل پر کند، انرژی ذخیره شده در آن $360 \mu J$ می شود، ولی اگر ابتدا کلید را قطع کنیم و سپس فضای بین صفحات خازن را به طور کامل با دی الکتریکی با ثابت κ پر کنیم، انرژی الکتریکی ذخیره شده در خازن $90 \mu J$ می شود. به ترتیب از راست به چپ دی الکتریک (κ) و بار اولیه ذخیره شده در خازن بر حسب میکروکولن، کدام است؟



- ① ۳۶۰ و ۲ ② ۳۶۰ و ۴
③ ۷۲۰ و ۲ ④ ۷۲۰ و ۴

۶۳- در شکل زیر در حالتی که کلید k بسته است، انرژی خازن برابر U می باشد. در این حالت به اندازه $2d$ به فاصله دو صفحه خازن اضافه می کنیم و سپس کلید k را باز می کنیم و فضای بین دو صفحه خازن را با دی الکتریکی با ثابت 2 به طور کامل پر می کنیم. انرژی ذخیره شده در خازن چند برابر U می شود؟



- ① $\frac{2}{3}$ ② $\frac{3}{2}$
③ $\frac{1}{6}$ ④ ۶

۶۴- اگر بار $q = +2nC$ را میان صفحات خازنی تخت قرار دهیم، نیرویی به بزرگی $20N$ از طرف میدان الکتریکی یکنواخت بین صفحات خازن به آن وارد می شود. اگر مساحت هر یک از صفحات این خازن 2 سانتی متر مربع باشد، چند میکروکولن بار روی صفحات آن ذخیره شده است؟

$$\frac{C^2}{N \cdot m^2} \quad (\kappa = 1 \text{ و } \epsilon_0 = 9 \times 10^{-12})$$

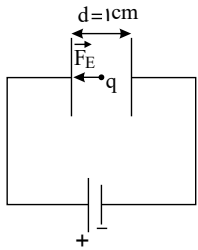
- ① ۱۸ ② ۹ ③ ۲ ④ اطلاعات مسئله کافی نیست.

۶۵- ذره‌ای به جرم 0.2 گرم و بار الکتریکی 1 میکروکولن را بین صفحات یک خازن تخت بردار به ظرفیت $20 \mu F$ رها می کنیم. اگر ذره با شتاب ناشی از نیروی الکتریکی برابر $25 \frac{m}{s^2}$ شروع به حرکت کند، انرژی ذخیره شده در خازن چند میلی ژول است؟ (فاصله بین صفحات خازن 1 cm است و از نیروی وزن و نیروهای اتلافی وارد بر ذره صرف نظر شود.)

- ① ۲۵ ② ۵۰ ③ 2.5×10^7 ④ 5×10^7

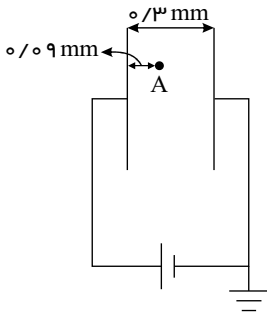


۶۶- در شکل زیر، یک ذره با بار q در میدان الکتریکی یکنواخت بین دو صفحه یک خازن تخت به ظرفیت $C = 2\mu F$ و متصل به باتری قرار داده می‌شود. فاصله بین دو صفحه خازن برابر با $d = 1\text{ cm}$ ، دی‌الکتریک بین صفحات آن هواست و اندازه بار الکتریکی ذخیره شده بر روی صفحات خازن $20\mu C$ است. اگر نیروی الکتریکی وارد بر بار q از سوی میدان الکتریکی به سمت چپ و اندازه آن برابر با 10^{-10} N باشد، بار q چند میکروکولن است؟



- ۱ (۱) ۱
۲ (۲) -۱
۳ (۳) ۱۰
۴ (۴) -۱۰

۶۷- در شکل زیر اگر مساحت هر یک از صفحه‌های خازن برابر با 4 cm^2 و بار ذخیره شده در خازن 40 پیکوکولن باشد، پتانسیل الکتریکی نقطه A چند ولت است؟ (فضای بین صفحات خازن هواست و $\epsilon_0 = 9 \times 10^{-12}\text{ F/m}$)

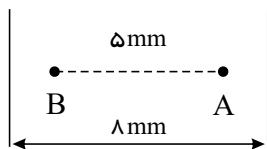


- ۱ (۱) $\frac{3}{7}$
۲ (۲) $\frac{7}{3}$
۳ (۳) -۱
۴ (۴) $\frac{7}{9}$

۶۸- بار $2\mu C$ از نزدیکی صفحه مثبت خازن تختی به ظرفیت $C = 1\mu F$ که به باتری متصل است تا نزدیکی صفحه دیگر آن جابه‌جا می‌شود و در این جابه‌جایی اندازه کار میدان الکتریکی برابر با $10\mu J$ می‌باشد. اگر پتانسیل الکتریکی پایانه مثبت باتری 20 V باشد، به ترتیب از راست به چپ، پتانسیل الکتریکی پایانه منفی آن چند ولت و اندازه بار الکتریکی ذخیره شده بر روی صفحات خازن چند میکروکولن است؟

- ۱ (۱) ۵ و ۱۵
۲ (۲) ۱۰ و ۵
۳ (۳) ۱۰ و -۲۵
۴ (۴) ۱۵ و -۵

۶۹- ذره‌ای با بار الکتریکی 2 pC و جرم 20 میکروگرم در میدان الکتریکی یکنواخت بین صفحات یک خازن تخت شارژ شده، از حال سکون و از نقطه A رها شده و با تندی 0.1 m/s از نقطه B عبور می‌کند. اگر ظرفیت خازن برابر با 2 nF باشد، بار الکتریکی ذخیره شده روی صفحات خازن چند میکروکولن است؟ (از نیروی وزن صرف نظر کنید.)



- ۱ (۱) ۱٫۶
۲ (۲) ۸
۳ (۳) ۳٫۲
۴ (۴) ۴

۷۰- در خازنی تخت که دی‌الکتریک آن هواست، مساحت هر کدام از صفحات آن برابر با 4 cm^2 و فاصله آن‌ها از یکدیگر 4 cm است، بار الکتریکی Q را ذخیره کرده‌ایم. اگر یک ذره باردار به جرم 20 mg و بار الکتریکی $q = +10\mu C$ را از مجاورت صفحه مثبت این خازن رها سازیم، این ذره با تندی $50\frac{\text{km}}{\text{s}}$ به صفحه مقابل می‌رسد. مقدار بار ذخیره شده در خازن (Q) چند میلی‌کولن است؟ (از نیروی وزن و هر گونه اتلاف انرژی صرف نظر شود و $\epsilon_0 = 8.8 \times 10^{-12}\frac{\text{F}}{\text{m}}$)

- ۱ (۱) ۱٫۲
۲ (۲) ۰٫۲۲
۳ (۳) ۲٫۲
۴ (۴) ۲۲

۷۱- انرژی ذخیره شده در خازن تختی، که بین صفحات آن خلأ است برابر $2 \times 10^{-4}\text{ J}$ است. برای قرار دادن عایقی با ضریب دی‌الکتریک k در این خازن، $6 \times 10^{-4}\text{ J}$ کار انجام شده است. نوع اتصال این خازن و ضریب k به ترتیب کدام است؟

- ۱ (۱) متصل به مولد - ۳
۲ (۲) متصل به مولد - ۴
۳ (۳) جدا از مولد - ۴
۴ (۴) جدا از مولد - ۳



پاسخنامه تشریحی

۱ - گزینه ۴ با قرار دادن هر دی الکتریکی بین صفحات خازن شارژ شده، میدان الکتریکی بین دو صفحه کاهش می یابد.

۲ - گزینه ۳

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \xrightarrow{\substack{\kappa=1, A=\pi\left(\frac{D}{2}\right)^2 \\ \epsilon_0=\frac{1}{4\pi k}, d=\frac{D}{2}}} C = \frac{1}{4\pi k} \times \frac{\pi D^2}{\frac{D}{2}} \Rightarrow C = \frac{D}{8k}$$

۳ - گزینه ۴ اگر طول ضلع مربع نصف شود، مساحت آن $\frac{1}{4}$ برابر می شود.

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{A_2}{A_1} \times \frac{d_1}{d_2} = \frac{1}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8} \xrightarrow{\times 100} \frac{C_2}{C_1} = 12.5\%$$

یعنی ظرفیت خازن ۸۷٫۵ درصد کاهش می یابد.

۴ - گزینه ۱

طبق رابطه $C = \frac{\epsilon_0 k A}{d}$ و تساوی ظرفیت دو خازن A و B داریم:

$$C_A = C_B$$

$$\frac{\epsilon_0 k_A A_A}{d_A} = \frac{\epsilon_0 k_B A_B}{d_B} \xrightarrow{\substack{d_A = \frac{1}{2} d_B \\ A_A = 2 A_B}} 2 k_A = k_B \xrightarrow{k_B = 4} k_A = 1 \Rightarrow k \text{ قرار دارد با } 1$$

۵ - گزینه ۲

$$\frac{C'}{C} = \frac{K'}{K} \times \frac{A'}{A} \rightarrow 1 = \frac{120}{100} \times \frac{A'}{A} \rightarrow \frac{A'}{A} = \frac{100}{120} = \frac{5}{6} \xrightarrow{\times 100} \frac{A'}{A} \simeq 83.3\%$$

یعنی مساحت صفحات باید تقریباً ۱۶٫۶ درصد کاهش یابد.

۶ - گزینه ۱

$$\frac{C'}{C} = \frac{\kappa'}{\kappa} \times \frac{d}{d'} \Rightarrow \frac{C - 37}{C} = \frac{1}{7} \times \frac{100}{120} \Rightarrow C = 42 \mu F$$

۷ - گزینه ۴ با استفاده از رابطه ظرفیت خازن های تخت ($C = k \epsilon_0 \frac{A}{d}$) و نوشتن رابطه مقایسه ای آن داریم:

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{k_2}{k_1} \times \frac{d_1}{d_2} \xrightarrow{k_2=k_1=5, k_1=k_2=1} 3 = \frac{5}{1} \times \frac{d_1}{d_1 + 6} \Rightarrow 3d_1 + 18 = 5d_1 \Rightarrow d_1 = 9 \text{ mm}$$

۸ - گزینه ۲ در رابطه $C = k \epsilon_0 \frac{A}{d}$ برابر با سطحی از صفحات خازن است که در مقابل هم قرار دارند، بنابراین داریم:

$$\frac{C'}{C} = \frac{k'}{k} \cdot \frac{A'}{A} \cdot \frac{d}{d'} = 1 \times \frac{1}{2} \times \frac{d}{\frac{2}{3}d} = \frac{3}{4}$$

۹ - گزینه ۱

$$Q = CV \xrightarrow{Q=ne} n = \frac{CV}{e} \xrightarrow{\substack{C=2 \times 10^{-12} F \\ v=80 \times 10^{-3} v, e=1.6 \times 10^{-19} C}} n = \frac{3 \times 10^{-12} \times 80 \times 10^{-3}}{1.6 \times 10^{-19}}$$

$$\text{تعداد یون در هر صفحه خازن} \Rightarrow n = 3 \times 5 \times 10^5 = 15 \times 10^5$$

$$\text{تعداد یون در دو صفحه خازن} = 2n = 3 \times 10^6$$

۱۰ - گزینه ۲

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} = 4 \times 8.85 \times 10^{-12} \times \frac{0.1 \times 10^{-2}}{5 \times 10^{-3}} = 7.08 \times 10^{-14} F = 7.08 \times 10^{-2} pF$$

$$\frac{C'}{C} = \frac{d}{d'} \Rightarrow \frac{0.2}{7.08 \times 10^{-3}} = \frac{5}{d'} \Rightarrow d' = 1.77 \text{ mm} \Rightarrow d - d' = 5 - 1.77 = 3.23 \text{ mm}$$

۱۱ - گزینه ۲

$$\Delta V = V_2 - V_1 = 22 - 15 = 7V$$

$$\begin{cases} Q_1 = CV_1 \\ Q_2 = CV_2 \end{cases} \Rightarrow Q_2 - Q_1 = C(V_2 - V_1) \Rightarrow \Delta Q = C \Delta V$$

$$\Rightarrow C = \frac{\Delta Q}{\Delta V} \xrightarrow{\substack{\Delta V=7V \\ \Delta Q=140 \mu C}} C = \frac{140}{7} = 20 \mu F$$



۱۲ - گزینه ۲ ظرفیت خازن فقط تابع عوامل ساختمانی می باشد، در نتیجه با تغییرات اختلاف پتانسیل دو سر خازن، ظرفیت خازن ثابت می ماند.

$$C_1 = C_2 \Rightarrow \frac{Q_2}{V_2} = \frac{Q_1}{V_1} \xrightarrow{Q_2 = (Q_1 + 20)nC} \frac{Q_1 + 20}{3V_1} = \frac{Q_1}{V_1} \Rightarrow Q_1 + 20 = 3Q_1 \Rightarrow Q_1 = 10nC$$

۱۳ - گزینه ۴ با دو برابر کردن فاصله بین دو صفحه یک خازن تخت، طبق رابطه $C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d}$ ، ظرفیت آن نصف می شود. بنابراین داریم:

$$Q_2 - Q_1 = -3\mu C$$

$$\Rightarrow C_2 V - C_1 V = -3\mu C \xrightarrow{C_2 = \frac{C_1}{2}} \frac{C_1}{2} V - C_1 V = -3\mu C$$

$$\Rightarrow C_1 V = 6\mu C \xrightarrow{V=20V} C_1 = 0.3\mu F$$

۱۴ - گزینه ۱ ظرفیت خازن فقط به ساختمان خازن بستگی دارد و با تغییر اختلاف پتانسیل بین دو صفحه، تغییر نمی کند. پس لازم نیست هیچ کاری انجام دهیم! جز اینکه گزینه ۱ را انتخاب می کنیم!

۱۵ - گزینه ۳ طبق رابطه $E = \frac{V}{d}$ برای محاسبه میدان (E) لازم است اختلاف پتانسیل (V) و فاصله صفحات (d) را بدانیم که برای محاسبه اختلاف پتانسیل از رابطه $q = CV$ کمک می گیریم:

$$q = CV \Rightarrow 20 = 20 \times V \Rightarrow V = 1V$$

$$E = \frac{V}{d} = \frac{1}{1 \times 10^{-3}} = 10^3 = 1000 \left(\frac{V}{m}\right)$$

۱۶ - گزینه ۴ طبق رابطه زیر، اختلاف پتانسیل دو سر خازن ۱٫۲ برابر می شود.

$$V = Ed \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{E_2}{E_1} \times \frac{d_2}{d_1} \xrightarrow{E_2 = 1.5E_1} \frac{V_2}{V_1} = 1.5 \times 0.8 = 1.2 \quad (1)$$

از طرفی، ولتاژ ۶ ولت افزایش پیدا کرده است. بنابراین:

$$V_2 - V_1 = 6 \xrightarrow{(1)} 1.2V_1 - V_1 = 6 \Rightarrow 0.2V_1 = 6 \Rightarrow V_1 = 30(V) \xrightarrow{(1)} V_2 = 1.2V_1 = 36(V)$$

طبق رابطه زیر، ظرفیت خازن در حالت جدید برابر است با:

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow \frac{\kappa_2}{\kappa_1} \times \frac{A_2}{A_1} \times \frac{d_1}{d_2} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{d_1}{d_2} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{d_1}{0.8d_1} \Rightarrow C_2 = 5\mu F$$

$$Q_2 = C_2 V_2 \Rightarrow Q_2 = 5 \times 36 = 180\mu C$$

۱۷ - گزینه ۲ ابتدا بار اولیه و نهایی خازن را حساب می کنیم:

$$q_1 = CV = 4 \times 8 = 32\mu C = 32 \times 10^{-6} C$$

$$q_2 = q_1 + \underbrace{\Delta q}_{ne} = 32 \times 10^{-6} + (8 \times 10^{14} \times 1.6 \times 10^{-19}) = 160 \times 10^{-6} C$$

حال از رابطه نسبتی ظرفیت خازن استفاده می کنیم:

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{q_2}{q_1} \times \frac{V_1}{V_2} \xrightarrow{C \text{ با } k \text{ متناسب است}} \frac{k_2}{k_1} = \frac{q_1}{q_2} \times \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow \frac{k_2}{1} = \frac{160 \times 10^{-6}}{32 \times 10^{-6}} \times \frac{8}{16} \Rightarrow k_2 = \frac{5}{2}$$

۱۸ - گزینه ۳ ظرفیت خازن مستقل از اختلاف پتانسیل دو سر آن است. یعنی ظرفیت خازن با تغییر اختلاف پتانسیل دو سر خازن تغییر نمی کند. بنابراین گزینه های ۱، ۲ و ۳ نادرست هستند.

از طرفی ظرفیت خازن با فاصله صفحات آن رابطه عکس دارد. ($C \propto \frac{1}{d}$)

یعنی با افزایش فاصله صفحات خازن ظرفیت آن کاهش می یابد. توجه شود که این رابطه خطی نیست. بنابراین گزینه ۳ درست است.

۱۹ - گزینه ۲ طبق نمودار داریم:

$$C = \frac{q}{V} \Rightarrow \begin{cases} C_A = \frac{10}{3} \\ C_B = \frac{10}{6} \end{cases} \Rightarrow C_A = 2C_B$$

یعنی ظرفیت خازن A ، ۲ برابر خازن B است.

برای یکسان شدن ظرفیت ها باید ظرفیت خازن B افزایش یابد (۲ برابر شود) یا باید ظرفیت خازن A کاهش یابد (نصف شود) که طبق رابطه $C = \frac{\epsilon_0 \kappa A}{d}$ ، تنها گزینه ۲ درست است.

۲۰ - گزینه ۲

$$\frac{C'_B}{C_B} = \frac{k'_B}{k_B} \times \frac{A'_B}{A_B} \times \frac{d_B}{d'_B} \Rightarrow \frac{C'_B}{C_B} = \frac{1}{2} \times \frac{120}{100} \times \frac{100}{80} \Rightarrow \frac{C'_B}{C_B} = \frac{3}{4} \quad (*)$$

$$\text{از روی نمودار: } \frac{C_B}{C_A} = \frac{Q_B}{Q_A} \times \frac{V_A}{V_B} = 1 \times \frac{8}{12} = \frac{2}{3} \quad (**)$$

$$\xrightarrow{\text{ضرب (*) و (**)}} \frac{C'_B}{C_A} = \frac{3}{4} \times \frac{2}{3} = \frac{1}{2}$$

۲۱ - گزینه ۳ در صورتی که باری که از باتری می گذرد و در خازن ذخیره می شود q باشد، داریم:



$$\left. \begin{array}{l} \text{باتری: } U_1 = q_0 V \\ \text{خازن: } U_2 = \frac{1}{2} q_0 V \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{2}$$

۲۲ - گزینه ۴ ابتدا ظرفیت خازن را به دست می آوریم.

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \xrightarrow[\substack{\kappa=5, A=1m^2 \\ d=5 \times 10^{-2}m, \epsilon_0=9 \times 10^{-12} \frac{F}{m}}]{\substack{\kappa=5, A=1m^2}} C = 5 \times 9 \times 10^{-12} \times \frac{1}{5 \times 10^{-2}} \Rightarrow C = 9 \times 10^{-11} F$$

اکنون با استفاده از رابطه $U = \frac{1}{2} CV^2$ انرژی الکتریکی ذخیره شده در خازن را حساب می کنیم.

$$U = \frac{1}{2} CV^2 \xrightarrow[V=200V]{C=9 \times 10^{-11} F} U = \frac{1}{2} \times 9 \times 10^{-11} \times 4 \times 10^4$$

$$\Rightarrow U = 18 \times 10^{-7} J \Rightarrow U = 1,8 \times 10^{-6} J \xrightarrow{10^{-7} J = 1mJ} U = 1,8mJ$$

۲۳ - گزینه ۱

$$U_1 = 0,8U_2$$

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{k_2}{k_1} \times \frac{A_2}{A_1} \times \frac{d_1}{d_2} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{k_2}{k_1} \times \frac{20}{50} \times \frac{2}{3} = \frac{4}{15} \frac{k_2}{k_1}$$

$$U_1 = 0,8U_2 \Rightarrow \frac{1}{2} \frac{Q_1^2}{C_1} = 0,8 \left(\frac{1}{2} \frac{Q_2^2}{C_2} \right) \xrightarrow{Q_1=Q_2} C_2 = 0,8C_1 \quad (*)$$

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{4}{15} \frac{k_2}{k_1} \xrightarrow{(*)} 0,8 = \frac{4}{15} \frac{k_2}{k_1} \Rightarrow \frac{k_2}{k_1} = 3$$

۲۴ - گزینه ۱

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \xrightarrow[\kappa=1]{A_1=2A_2, d_1=3d_2} \frac{C_2}{C_1} = \frac{1}{2} \times 3 = \frac{3}{2}$$

$$U = \frac{1}{2} CV^2 \xrightarrow[\substack{V_2=2V_1 \\ C_2=\frac{3}{2}C_1}]{U_1 = \frac{C_1}{C_2} \times \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2} \Rightarrow \frac{U_1}{U_2} = \frac{2}{3} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{6}$$

۲۵ - گزینه ۴

$$\text{حالت اول: } \frac{U_1}{U_2} = \frac{C_1}{C_2} \times \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2 \Rightarrow \frac{30}{100} = \frac{C_1}{C_2} \times \left(\frac{100}{200}\right)^2 \Rightarrow \frac{C_1}{C_2} = \frac{6}{5}$$

$$\text{حالت دوم: } \frac{U'_1}{U'_2} = \frac{C_2}{C_1} \times \left(\frac{V'_1}{V'_2}\right)^2 \Rightarrow \frac{U'_1}{U'_2} = \frac{5}{6} \times \left(\frac{100}{200}\right)^2 = \frac{5}{24}$$

$$26 - \text{گزینه ۲ طبق رابطه انرژی خازن } U = \frac{q^2}{2C} \text{ برای مقایسه انرژی داریم: } \frac{U_2}{U_1} = \left(\frac{q_2}{q_1}\right)^2$$

از طرفی می دانیم هنگام محاسبات درصدی می توانیم مقدار اولیه ۱۰۰ فرض کرده و تغییرات را به آن اضافه یا کم کنیم در این صورت محاسبات بسیار ساده تر خواهد شد، بنابراین فرض می کنیم $q_1 = 100$ و اگر ۶۰ درصد آن تخلیه شود داریم $q_2 = 40$ و همینطور اگر انرژی اولیه خازن را ۱۰۰ فرض کنیم، انرژی نهایی برابر خواهد شد با:

$$\frac{U_2}{U_1} = \left(\frac{q_2}{q_1}\right)^2 \rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \left(\frac{40}{100}\right)^2 \Rightarrow U_2 = 16$$

انرژی از $U_1 = 100$ به $U_2 = 16$ رسیده بنابراین $100 - 16 = 84$ درصد کاهش داشته است.

$$27 - \text{گزینه ۲ چون تغییر در ظرفیت خازن رخ نداده، از رابطه } U = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} \text{ کمک می گیریم.}$$

$$\frac{U'}{U} = \left(\frac{q'}{q}\right)^2 \Rightarrow \frac{121}{100} = \left(\frac{q+2}{q}\right)^2 \xrightarrow{\text{جذر}} \frac{11}{10} = \frac{q+2}{q} \Rightarrow q = 20 \mu C$$

۲۸ - گزینه ۱

$$U_1 = \frac{1}{2} CV_1^2 = \frac{1}{2} \times 1 \times 12^2 = 72 \mu J$$

$$U_2 = U_1 + 12,5 = 84,5 \mu F$$

$$U_2 = \frac{1}{2} CV_2^2 \Rightarrow 84,5 = \frac{1}{2} \times 1 \times V_2^2 \Rightarrow V_2^2 = 169 \Rightarrow V_2 = 13V$$

$$\Delta V_2 - V_1 = 13 - 12 = 1V$$

۲۹ - گزینه ۱ ابتدا انرژی و بار خازن را در حالت اول (قبل از جدا کردن از مولد) حساب می کنیم:

$$Q_1 = CV \xrightarrow[V=10V]{C=6\mu F} Q_1 = 6 \times 10 = 60 \mu C$$



$$U_1 = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times 6 \times 100 \Rightarrow U_1 = 300 \mu J$$

وقتی خازن از مولد جدا شود، بار الکتریکی آن ثابت می‌ماند. بنابراین در حالت دوم بار خازن $Q_2 = 60 \mu C$ است. در این حالت کافی است ظرفیت خازن را با وارد کردن دی‌الکتریک حساب کنیم و از رابطه $U = \frac{Q^2}{2C}$ انرژی خازن را به دست آوریم و تغییر آن را تعیین نماییم.

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \xrightarrow[A=\text{ثابت}]{d=\text{ثابت}} \frac{C_2}{C_1} = \frac{\kappa_2}{\kappa_1} \xrightarrow[\kappa_1=1]{\kappa_2=2, C_1=6\mu F} \frac{C_2}{6} = \frac{2}{1} \Rightarrow C_2 = 12 \mu F$$

$$U_2 = \frac{Q_2^2}{2C_2} = \frac{60 \times 60}{2 \times 12} \Rightarrow U_2 = 150 \mu J$$

می‌بینیم انرژی خازن از $U_1 = 300 \mu J$ به $U_2 = 150 \mu J$ تغییر کرده است. بنابراین انرژی خازن $150 \mu J$ کمتر شده است.

$$\Delta U = 150 - 300 \Rightarrow \Delta U = -150 \mu J$$

۳۰ - گزینه ۱ از آنجا که با افزایش ظرفیت خازن بار ذخیره شده در آن تغییر نکرده است، بنابراین اختلاف پتانسیل دو سر خازن کاهش یافته است.

$$\left. \begin{aligned} Q &= CV \\ Q' &= (C + 2)(V - 1) \end{aligned} \right\} \rightarrow Q' = Q - C + 2V - 2$$

$$\xrightarrow{Q=Q'=12\mu C} \frac{12}{V} = 2(V - 1) \rightarrow 6 = V^2 - V \rightarrow V^2 - V - 6 = 0$$

$$C = \frac{12}{V}$$

$$\rightarrow (V + 2)(V - 3) = 0 \rightarrow \begin{cases} V = -2V \text{ غ ق} \\ C = \frac{12}{V} \\ V = 3V \rightarrow C = 4 \mu F \end{cases}$$

اکنون با استفاده از رابطه انرژی ذخیره شده در خازن داریم:

$$\xrightarrow{C'=C+2=6\mu F, V'=V-1=2V} U' = \frac{1}{2} \times 6 \times 2^2 = 12 \mu J$$

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

۳۱ - گزینه ۳

$$U_1 = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 10^{-6} \times 100^2 = 5 \times 10^{-2} J$$

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{d_1}{d_2} \Rightarrow \frac{C_2}{10} = \frac{1}{1 + 0.2} \Rightarrow C_2 = \frac{25}{3} \mu F$$

$$\text{خازن جدا از مولد} : \frac{U_2}{U_1} = \frac{C_1}{C_2} \Rightarrow \frac{U_2}{5 \times 10^{-2}} = \frac{10}{\frac{25}{3}} = \frac{25}{3}$$

$$\Rightarrow U_2 = 6 \times 10^{-2} J \Rightarrow U_2 - U_1 = 1 \times 10^{-2} = 10^{-2} J$$

۳۲ - گزینه ۱ ظرفیت اولیه این خازن برابر است با:

$$U = \frac{1}{2} CV^2 \Rightarrow 1.8 = \frac{1}{2} C (4 \times 10^4) \Rightarrow C = \frac{1.8}{2 \times 10^4} = 9 \times 10^{-5} F = 90 \mu F$$

اگر دی‌الکتریک با ثابت $\kappa = 2$ را بین صفحات این خازن وارد کنیم، ظرفیت خازن ۲ برابر می‌شود و با توجه به این که ولتاژ دو سر خازن ثابت و برابر با $200 V$ است، بار جدید ذخیره شده در خازن برابر است با:

$$Q' = C'V \Rightarrow Q' = (2 \times 90) \times 200 = 36000 \mu C = 36 mC$$

۳۳ - گزینه ۳

$$U = \frac{1}{2} CV^2 \xrightarrow{V \text{ ثابت}} \frac{U'}{U} = \frac{C'}{C} = \frac{d}{d'} \Rightarrow \frac{U'}{50} = \frac{9}{10} \Rightarrow U' = 45 J$$

$$U' = \frac{q'^2}{2C'} \Rightarrow q'^2 = 45 \times 2 \times 9 \times 10^{-12} = 81 \times 10^{-12} \Rightarrow q' = 9 \times 10^{-6} C = 9 \mu C$$

$$C' = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d'} = 1 \times 9 \times 10^{-12} \times \frac{10 \times 10^{-4}}{10 \times 10^{-3}} = 9 \times 10^{-13} F$$

۳۴ - گزینه ۳ اگر $6mC$ بار از صفحه منفی جدا کنیم بار صفحه به مقدار $6mC$ کم می‌شود و اگر یعنی $6mC$ را به صفحه مثبت بدهیم بار این صفحه هم به اندازه $6mC$ خنثی شده و $6mC$ کم می‌شود در نهایت می‌توان گفت بار صفحات $6mC$ کاهش یافته یعنی $Q_2 = Q_1 - 6mC$ از طرفی هم به گفته سؤال انرژی خازن $9J$ کاهش یافته، پس $U_2 = U_1 - 9J$.

ز طرفی هم چون خازن از مولد جدا شده پتانسیل صفحات آن ثابت نیست بنابراین بهتر است از بین روابط $U = \frac{1}{2} CV^2$ و $U = \frac{1}{2} QV$ و $U = \frac{Q^2}{2C}$ از رابطه $U = \frac{Q^2}{2C}$ (که متغیر V در آن وجود ندارد) کمک بگیریم.



$$U_2 = U_1 - 9$$

$$\frac{Q_2}{2c} = \frac{Q_1}{2c} - 9 = \frac{Q_2 - Q_1}{2c} \xrightarrow{\text{تجزیه اتحاد مزدوج}} \frac{(Q_2 - Q_1)(Q_1 + Q_2)}{2c} = -9$$

$$\frac{Q_2 = Q_1 - 6mc}{2c} \rightarrow \frac{(-6 \times 10^{-3})(2x \times 10^{-3} - 6 \times 10^{-3})}{2 \times 6 \times 10^{-6}} = -9$$

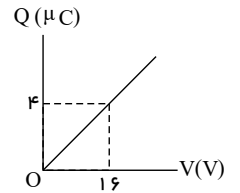
$$C = 6\mu F = 6 \times 10^{-6} F$$

$$Q_1 = xmc = x \times 10^{-3}$$

$$\rightarrow \frac{x - 3}{3} = 3 \Rightarrow x = 12 \Rightarrow Q_1 = 12mC$$

۳۵ - گزینه ۴ می‌دانیم طبق رابطه $Q = CV$ ، شیب نمودار Q بر حسب V برابر با ظرفیت خازن است. بنابراین ابتدا با محاسبه شیب خط، ظرفیت خازن را به دست می‌آوریم:

$$C = \text{شیب خط} = \frac{\Delta Q}{\Delta V} = \frac{4-0}{16-0} \Rightarrow C = \frac{1}{4}\mu F$$



اکنون با استفاده از رابطه $U = \frac{1}{2}CV^2$ انرژی ذخیره شده در خازن را حساب می‌کنیم:

$$U = \frac{1}{2}CV^2 \xrightarrow{C=\frac{1}{4}\mu F, V=40V} U = \frac{1}{2} \times \frac{1}{4} \times 1600 \Rightarrow U = 200\mu J$$

۳۶ - گزینه ۱ طبق رابطه $U = \frac{1}{2}CV^2$ با توجه به ثابت بودن ظرفیت می‌توان نوشت:

$$\frac{U_2}{U_1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 \Rightarrow \frac{100}{16} = \left(\frac{V_2}{4}\right)^2 \xrightarrow{\text{جذر}} \frac{10}{4} = \frac{V_2}{4} \Rightarrow V_2 = 10(V)$$

ظرفیت خازن به ویژگی‌های فیزیکی خازن وابسته است. بنابراین ثابت است. در نتیجه با استفاده از رابطه انرژی الکتریکی ذخیره شده در خازن داریم گزینه ۴ - ۳۷:

$$U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} \Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{Q_2^2}{Q_1^2} \Rightarrow \frac{18}{2} = \frac{Q_2^2}{(3)^2} \Rightarrow Q_2 = 9\mu C \Rightarrow Q_2 = 9 \times 10^{-6} C$$

۳۸ - گزینه ۲

$$C_1 \text{ خازن: } U = \frac{1}{2} \times \frac{30^2}{C_1}$$

$$C_2 \text{ خازن: } U + 6 = \frac{1}{2} \times \frac{30^2}{\left(\frac{1}{3}C_1\right)} \xrightarrow{\text{تقسیم دو رابطه}} \frac{U}{U+6} = \frac{1}{3} \Rightarrow U = 3\mu J$$

$$U = \frac{1}{2} \times \frac{30^2}{C_1} \Rightarrow 3 = \frac{1}{2} \times \frac{900}{C_1} \Rightarrow C_1 = 150\mu F$$

۳۹ - گزینه ۱ خازنی که پس از شارژ از مولد جدا می‌شود بار صفحات آن ثابت می‌ماند. از طرفی طبق رابطه $c = \frac{\epsilon_0 kA}{d}$ با افزایش فاصله صفحات خازن ($\uparrow d$)، ظرفیت آن کاهش می‌یابد ($\downarrow c$) و

طبق رابطه $U = \frac{q^2}{2c}$ ($U \propto \frac{1}{c}$) انرژی افزایش می‌یابد (به همان نسبت فاصله). به عبارت دیگری می‌توان نوشت:

$$U = \frac{q^2}{2c} = \frac{q^2}{2 \frac{\epsilon_0 kA}{d}} = \frac{dq^2}{2\epsilon_0 kA} \Rightarrow U \propto d$$

۴۰ - گزینه ۲ توان متوسط برابر است با $\rho = \frac{u}{t}$ ، و چون $u = \frac{1}{2}CV^2$ داریم:

$$P = \frac{\frac{1}{2} \times 8 \times 10^{-6} \times 20^2}{0.2} = 8 \times 10^{-3} = 8\text{mW}$$

۴۱ - گزینه ۲

$$C = \frac{\Delta q}{\Delta V} = \frac{72}{14-2} = 6\mu F$$

$$P = \frac{U}{\Delta t} = \frac{\frac{1}{2}CV^2}{\Delta t} = \frac{\left(\frac{1}{2} \times 6 \times 20^2\right) \times 10^{-6}}{2 \times 10^{-3}} = 0.6W$$



$$U = \%50 U_{\text{خازن}} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} C \times (4 \times 10^3)^2 \quad (1)$$

$$U + 40 = \%50 U_{\text{خازن}} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} C' \times (4 \times 10^3)^2 \quad (2)$$

$$\xrightarrow{(1),(2)} 40 = 4C' \times 10^6 - 4C \times 10^6 \Rightarrow 40 = 4 \times 10^6 (C' - C)$$

$$\Rightarrow C' - C = 10^{-5} F \xrightarrow{\times 10^6} C' - C = 10 \mu F$$

$$C = K\epsilon_0 \frac{A}{d} = 4 \times 9 \times 10^{-12} \times \frac{1 \times 10^{-2}}{0.3 \times 10^{-2}} = 12 \times 10^{-12} F$$

$$E_{\text{max}} = \frac{V_{\text{max}}}{d} \rightarrow 10 \times \frac{10^3}{10^{-2}} = \frac{V_{\text{max}}}{0.3 \times 10^{-2}} \rightarrow V_{\text{max}} = 3000 V$$

$$U = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times 12 \times 10^{-12} \times (3000)^2 = 54 \times 10^{-6} J = 54 \mu J$$

۴۵ - گزینه ۱ در خازن جدا از مولد، q ثابت است.

$$C = \frac{q}{V} \xrightarrow[\text{افزایش } V]{\text{افزایش } d \text{ کاهش } C} \text{افزایش } V$$

$$U = \frac{1}{2} qV \xrightarrow[\text{افزایش } V]{\text{ثابت } q} \text{افزایش } U$$

۴۶ - گزینه ۴ چون خازن به باتری متصل است، اختلاف پتانسیل دو سر آن ثابت است. اما با خارج کردن دی‌الکتریک از بین صفحه‌های خازن، بنا به رابطه $C = \kappa\epsilon_0 \frac{A}{d}$ ، ظرفیت آن کاهش می‌یابد. با کاهش ظرفیت و ثابت بودن اختلاف پتانسیل، طبق رابطه $Q = CV$ ، بار الکتریکی روی صفحات خازن کاهش و طبق رابطه $U = \frac{1}{2} CV^2$ ، انرژی الکتریکی ذخیره شده در خازن نیز کاهش می‌یابد.

۴۷ - گزینه ۲ برای خازن جدا شده از مولد، بار الکتریکی ثابت است. با وارد کردن دی‌الکتریک، ظرفیت خازن افزایش می‌یابد.

$$C = \frac{q}{V} \xrightarrow[\text{کاهش } V]{\text{افزایش } C} \text{کاهش } V$$

$$E = \frac{V}{d} \xrightarrow[\text{کاهش } d]{\text{کاهش } V} \text{کاهش } E$$

۴۸ - گزینه ۲ اگر فاصله صفحات نصف شود، ظرفیت خازن دو برابر می‌شود. در خازن پر شده با توجه به رابطه $U = \frac{q^2}{2C}$ با توجه به ثابت بودن q و افزایش C ، کاهش می‌یابد. پس جرعه ضعیف‌تری زده می‌شود.

۴۹ - گزینه ۳ ظرفیت یک خازن فقط به ساختمان آن وابسته است و با تغییر ولتاژ یا بار روی صفحات، تغییر نمی‌کند.

۵۰ - گزینه ۴ اگر خازنی به مولد متصل باشد، اختلاف پتانسیل آن همواره ثابت می‌ماند. (V ثابت)

از طرفی طبق رابطه $C = \frac{\epsilon_0 kA}{d}$ با $\frac{1}{4}$ شدن فاصله صفحات، ظرفیت خازن ۴ برابر می‌شود. (یعنی $C_2 = 4C_1$)

حال برای مقایسه بار و انرژی خواهیم داشت:

$$q = CV \xrightarrow[\text{ثابت } V]{\text{ثابت } V} \frac{q_2}{q_1} = \frac{C_2}{C_1} = 4$$

$$U = \frac{1}{2} CV^2 \xrightarrow[\text{ثابت } V]{\text{ثابت } V} \frac{U_2}{U_1} = \frac{C_2}{C_1} = 4$$

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{\kappa_2}{\kappa_1} \times \frac{A_2}{A_1} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{1} = \frac{1}{2}$$

$$q = CV \Rightarrow \frac{q_2}{q_1} = \frac{C_2}{C_1} \times \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow 1 = \frac{1}{2} \times \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = 2$$

$$E = \frac{V}{d} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{V_2}{V_1} \times \frac{d_1}{d_2} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = 2 \times 1 = 2$$

$$U = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} \Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \left(\frac{q_2}{q_1}\right)^2 \times \frac{C_1}{C_2} = 1 \times \frac{2}{1} = 2$$

۵۱ - گزینه ۳ وقتی خازنی از مولد جدا شود، بار صفحات آن ثابت خواهد ماند. از طرفی طبق رابطه $C = \frac{\epsilon_0 \kappa A}{d}$ با C برابر کردن فاصله صفحات ($d_2 = 3d_1$) ظرفیت خازن $\frac{1}{3}$ برابر می‌شود.



$$(C_2 = \frac{1}{3}C_1)$$

حالا بریم سراغ گزینه‌ها:

گزینه ۱: ظرفیت $\frac{1}{3}$ برابر می‌شود، اما میدان تغییر نمی‌کند (چون: $E = \frac{V}{d}$) با $\frac{1}{3}$ شدن ظرفیت طبق رابطه $(C = \frac{q}{V})$ ، ولتاژ (V) برابر می‌شود، پس هم d و هم V برابر می‌شوند و E ثابت خواهد بود.

گزینه ۲: طبق رابطه $U = \frac{q^2}{2C}$ با $\frac{1}{3}$ برابر شدن ظرفیت، انرژی (U) ، ۳ برابر می‌شود.

گزینه ۳: با توجه به توضیحات قبل، کاملاً درسته!

گزینه ۴: بار (q) و میدان (E) هر دو ثابت می‌مانند.

۵۳ - گزینه ۲ نکته: مادامی که صفحات خازن به مولد وصل است، اختلاف پتانسیل (V) صفحات آن ثابت می‌ماند. پس باید به بررسی عبارت‌ها بپردازیم.

الف) میدان خازن از رابطه $E = \frac{V}{d}$ به دست می‌آید که با ۲ برابر کردن فاصله (d) ، میدان نصف می‌شود. ✓

ب) چون صفحات خازن به مولد وصل است پس اختلاف پتانسیل ثابت می‌ماند. X

پ) طبق رابطه $C = \frac{\epsilon_0 kA}{d}$ با ۲ برابر کردن فاصله صفحات (d) ظرفیت خازن نصف می‌شود. X

ت) با توجه به قسمت (پ) ظرفیت نصف می‌شود طبق رابطه $CV = q$ با ثابت بودن V و نصف شدن C بار (q) هم نصف می‌شود. ✓

۵۴ - گزینه ۳ زمانی که خازن شارژ شده‌ای را از مولد جدا می‌کنیم، بار الکتریکی ذخیره شده در آن ثابت می‌ماند. بنابراین طبق رابطه $U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$ ، زمانی انرژی ذخیره شده در خازن ۴ برابر می‌شود که ظرفیت خازن $\frac{1}{4}$ برابر شود. حال به بررسی گزینه‌ها می‌پردازیم:

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{\kappa_2}{\kappa_1} \times \frac{A_2}{A_1} \times \frac{d_1}{d_2}$$

$$\text{گزینه ۱: } \frac{C_2}{C_1} = 1 \times 1 \times \frac{d_1}{\frac{1}{4}d_1} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = 4$$

$$\text{گزینه ۲: } \frac{C_2}{C_1} = 2 \times 1 \times \frac{d_1}{\frac{1}{2}d_1} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = 4$$

$$\text{گزینه ۳: } \frac{C_2}{C_1} = 1 \times 1 \times \frac{d_1}{4d_1} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{1}{4}$$

$$\text{گزینه ۴: } \frac{C_2}{C_1} = 1 \times \frac{2A_1}{A_1} \times \frac{d_1}{2d_1} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = 1$$

۵۵ - گزینه ۳ وقتی فاصله میان صفحه‌های هر خازنی دو برابر شود، ظرفیت خازن نصف می‌شود. (درستی گزینه ۱)

$$q_A = C_A V_A \xrightarrow{\text{ثابت } q} \frac{V'_A}{V_A} = \frac{C_A}{C'_A} = \frac{d'_A}{d_A} \Rightarrow \frac{V'_A}{V_A} = 2 \Rightarrow V'_A = 2V_A \text{ (گزینه ۳ نادرستی)}$$

چون خازن B به باتری وصل است، اختلاف پتانسیل دو سر آن تغییری نمی‌کند. (درستی گزینه ۴)

$$\frac{q'_A}{q'_B} = \frac{C(2V)}{C'(V)} \xrightarrow{C' = \frac{1}{2}C} \frac{q'_A}{q'_B} = \frac{2}{\frac{1}{2}} = 4 \text{ (درستی گزینه ۲)}$$

۵۶ - گزینه ۲ یادآور این نکته باشیم که: اگر خازن شارژ شده‌ای را از مولد جدا کنیم بار صفحات (Q) ثابت می‌ماند.

روش اول: حال طبق رابطه $C = \frac{\epsilon_0 kA}{d}$ با نصف کردن فاصله صفحات (d) ظرفیت ۲ برابر شده، تبدیل فضای بین صفحات از هوا $(k = 1)$ به دی‌الکتریک $(k = 5)$ ظرفیت ۵ برابر می‌شود. در نهایت با هر دو این تغییرات ظرفیت خازن ۱۰ برابر می‌شود.

سؤال درصد تغییرات میدان صفحات خازن را خواسته که طبق رابطه $E = \frac{V}{d}$ قابل محاسبه است.

$$E = \frac{Q}{Cd} \text{ ما از آنجا که تغییرات } V \text{ را نداریم با جایگذاری } V = \frac{Q}{C} \text{ داریم:}$$

که در این رابطه با ۱۰ برابر شدن ظرفیت، $\frac{1}{10}$ برابر شدن فاصله (d) و ثابت ماندن بار (Q) میدان $\frac{1}{5}$ برابر می‌شود. برای تبدیل به درصد هم اگر E اولیه را ۱۰۰ فرض کنیم E نهایی برابر

$$20 = \frac{1}{5} \times 100 \text{ می‌شود. یعنی } 80 \text{ درصد کاهش می‌یابد.}$$

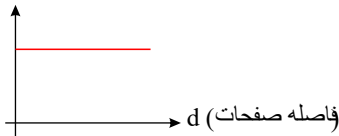
روش دوم: می‌توان از رابطه $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0 k}$ کمک گرفت. با ثابت بودن بار (Q) مقدار چگالی بار صفحات (σ) ثابت می‌ماند و با ۵ برابر شدن مقدار k ، میدان $\frac{1}{5}$ برابر می‌شود. برای تبدیل به درصد هم



اگر E اولیه را ۱۰۰ فرض کنیم E نهایی برابر $۲۰ = \frac{۱}{۵} \times ۱۰۰$ می شود. یعنی ۸۰ درصد کاهش می یابد.

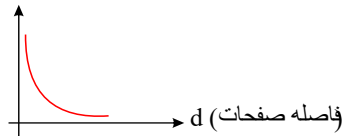
نکته: اگر خازنی شارژ شده از مولد جدا شود، تغییر فاصله صفحات تأثیری در میدان آن ندارد.

E میدان خازن



اگر خازن از مولد جدا شد

E میدان خازن



اگر خازن به مولد وصل باشد

۵۷ - گزینه ۴ دقت کنیم که ظرفیت خازن به کمیت های ساختاری آن وابسته است (طبق رابطه $C = \frac{\epsilon k A}{d}$) و به بار (q) و اختلاف پتانسیل (v) وابسته نیست در نتیجه با کاهش ۴۰ درصدی بار، ظرفیت تغییر نخواهد کرد.

در مورد انرژی طبق رابطه $U = \frac{q^2}{2C}$ با ثابت بودن (C) داریم:

$$U \propto q^2 \Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \left(\frac{q_2}{q_1}\right)^2 \xrightarrow{q_1=100, q_2=60} \frac{U_2}{100} = \left(\frac{60}{100}\right)^2 \Rightarrow U_2 = 36$$

انرژی ($-64 = 100 - 36$) ۶۴ درصد کاهش داشته است.

نکته: همیشه گفتیم برای محاسبات درصدی کافی است مقدار اولیه را ۱۰۰ فرض کنیم و تغییراتش را به ۱۰۰ اضافه یا کم کنیم.

۵۸ - گزینه ۳ با توجه به این که دو سر خازن به باتری متصل است، بنابراین اختلاف پتانسیل بین دو صفحه خازن همواره ثابت است. از طرفی با استفاده از رابطه بین ظرفیت یک خازن تخت با ویژگی های هندسی آن، داریم:

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{d_1}{d_2} \xrightarrow{d_2 = d_1 - 0.2d_1 = 0.8d_1} \frac{C_2}{C_1} = \frac{d_1}{0.8d_1} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = 1.25$$

برای انرژی ذخیره شده در خازن، داریم:

$$U = \frac{1}{2} CV^2 \Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{C_2}{C_1} = 1.25 \Rightarrow \frac{\Delta U}{U_1} \times 100 = 25\%$$

برای بار ذخیره شده در خازن نیز داریم:

$$Q = CV \Rightarrow \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{C_2}{C_1} = 1.25 \Rightarrow \frac{\Delta Q}{Q_1} \times 100 = 25\%$$

۵۹ - گزینه ۲

$$(U = \frac{1}{2} CV^2) \text{ خازن وصل به مولد: } \frac{U'}{U} = \frac{C'}{C} = \frac{d}{d'} \Rightarrow \frac{U'}{U} = \frac{d}{3d} = \frac{1}{3} \quad (1)$$

$$(U = \frac{1}{2} q^2/C) \text{ خازن جدا از مولد: } \frac{U''}{U'} = \frac{C'}{C''} = \frac{k'}{k''} \Rightarrow \frac{U''}{U'} = \frac{1}{2} \xrightarrow{(1)} \frac{U''}{\frac{1}{3}U} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{U''}{U} = \frac{1}{6}$$

۶۰ - گزینه ۳ وقتی خازن از مولد جدا می شود، بار روی صفحه های آن ثابت باقی می ماند و می توان به کمک رابطه زیر، تغییرات میدان الکتریکی را بررسی کرد:

$$E = \frac{q}{\kappa \epsilon_0 A} \xrightarrow{\substack{q \text{ ثابت} \\ \kappa = \kappa_0}} E' = \frac{1}{\kappa_0} E$$

$$۶۱ - \text{گزینه ۴ طبق رابطه } C = \frac{\epsilon_0 \kappa A}{d}, \text{ اضافه کردن دی الکتریک باعث } \kappa \text{ برابر شدن ظرفیت خازن می شود بنابراین } C_2 = \kappa C_1$$

حال اگر خازنی به مولد وصل باشد اختلاف پتانسیل آن ثابت و هر تغییری در ظرفیت در خازن ایجاد شود طبق رابطه $U = \frac{1}{2} CV^2$ باعث تغییر با نسبت مستقیم در انرژی خازن می شود، یعنی

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

اما اگر خازنی را شارژ کرده و از مولد جدا کنیم، بار صفحات پیوسته ثابت می ماند و ایجاد هر تغییری در ظرفیت، طبق رابطه $U = \frac{q^2}{2C}$ باعث تغییر با نسبت معکوس در انرژی خازن می شود، یعنی

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

رای این تست داریم:

$$\left. \begin{array}{l} \text{اول} \rightarrow \frac{U'}{U} = \frac{C_2}{C_1} = \frac{\kappa C_1}{C_1} = \kappa \Rightarrow U' = \kappa U \\ \text{دوم} \rightarrow \frac{U''}{U} = \frac{C_1}{C_2} = \frac{C_1}{\kappa C_1} = \frac{1}{\kappa} \Rightarrow U'' = \frac{1}{\kappa} U \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{U''}{U'} = \frac{\frac{1}{\kappa} U}{\kappa U} = \frac{1}{\kappa^2}$$

۶۲ - گزینه ۱ در حالتی که کلید وصل است، ولتاژ خازن ثابت است و چون دی الکتریک قرار می گیرد، ظرفیت آن κ برابر می شود:



$$U = \frac{1}{2} CV^2 \Rightarrow 3600 = \frac{1}{2} (\kappa C) \times 10^2 \Rightarrow \kappa C = 72 \quad (1)$$

وقتی کلید قطع می‌شود، بار صفحات خازن ثابت می‌ماند ولی باز هم ظرفیت آن κ برابر می‌شود:

$$U = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C_1} \xrightarrow{q=CV=10C} 9000 = \frac{1}{2} \times \frac{(10C)^2}{\kappa C} \xrightarrow{(1)} 18000 = \frac{(10C)^2}{72}$$

$$\Rightarrow C^2 = 18 \times 72 = 9 \times 144 \Rightarrow C = 3 \times 12 = 36 \mu F$$

$$\xrightarrow{(1)} \kappa \times 36 = 72 \Rightarrow \kappa = 2$$

$$\text{در حالت اول: } q = CV = 36 \times 10 = 360 \mu C$$

۶۳ - گزینه ۳ طبق رابطه $C = \frac{\epsilon_0 \kappa A}{d}$ اگر فاصله صفحات را $2d$ اضافه کنیم فاصله از d به $3d$ می‌رسد (۳ برابر می‌شود) پس ظرفیت خازن $\frac{1}{3}$ برابر می‌شود. و چون هنوز خازن به مولد وصل

است ولتاژی ثابت و طبق رابطه $U = \frac{1}{2} CV^2$ (ثابت V) انرژی نیز $\frac{1}{3}$ برابر می‌شود.

پس از قطع کلید بار خازن ثابت می‌ماند و با قرار دادن دی‌الکتریک با $k = 2$ ظرفیت ۲ برابر می‌شود و طبق رابطه $U = \frac{Q^2}{2C}$ (چون Q ثابت و C ۲ برابر) $\frac{1}{2}$ برابر می‌شود.

در نهایت U یکبار $\frac{1}{3}$ برابر و سپس $\frac{1}{2}$ برابر شد و در نهایت $\frac{1}{6} \times \frac{1}{3} = \frac{1}{18}$ برابر می‌شود.

۶۴ - گزینه ۱

$$F = E|q| \Rightarrow 20 = E \times 2 \times 10^{-9} \Rightarrow E = 10^{10} \frac{V}{m}$$

$$E = \frac{V}{d} = \frac{q}{\kappa \epsilon_0 A} \Rightarrow 10^{10} = \frac{q}{1 \times 9 \times 10^{-12} \times 2 \times 10^{-4}} \Rightarrow q = 18 \times 10^{-6} C = 18 \mu C$$

۶۵ - گزینه ۱

$$F_E = ma \Rightarrow E|q| = ma \Rightarrow E \times 1 \times 10^{-6} = 0.2 \times 10^{-2} \times 25 \Rightarrow E = 5000 \frac{V}{m}$$

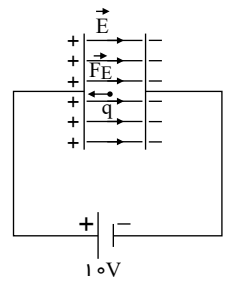
$$E = \frac{\Delta V}{d} \Rightarrow 5000 = \frac{\Delta V}{1 \times 10^{-2}} \Rightarrow \Delta V = 50 V$$

$$U = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times 20 \times 50^2 = 25000 \mu J = 25 mJ$$

۶۶ - گزینه ۴ با توجه به قطب‌های باتری جهت میدان بین صفحات از چپ به راست است و چون جهت نیروی وارد بر بار در خلاف جهت میدان است (یعنی از راست به چپ است) پس نوع بار منفی است (ردّ گزینه‌های ۱ و ۳)

از طرفی می‌دانیم $F = Eq$ و همینطور برای صفحات خازن داریم $E = \frac{V}{d}$ ، پس:

$$F = Eq \rightarrow F = \frac{V}{d} \times q$$



از طرفی هم می‌دانیم برای ولتاژ خازن می‌توان نوشت:

$$C = \frac{q}{V} \rightarrow 2 = \frac{20}{V} \Rightarrow V = 10 V$$

$$F = \frac{V}{d} q \Rightarrow 0.1 = \frac{10}{0.1} \times q \Rightarrow q = 10^{-5} C = 10 \mu C \xrightarrow{\text{بار منفی است}} q = -10 \mu C$$

تذکر: در رابطه $F = Eq$ منظور از q باری است که بین صفحات قرار گرفته و از طرف میدان صفحات به آن نیرو وارد می‌شود.

اما در رابطه $C = \frac{q}{V}$ منظور از q بار موجود در صفحات خازن است.

۶۷ - گزینه ۲ ابتدا ظرفیت خازن را به دست می‌آوریم:

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \xrightarrow{\substack{\kappa=1, A=4cm^2=4 \times 10^{-4} m^2 \\ \epsilon_0=9 \times 10^{-12} F/m, d=0.3mm=3 \times 10^{-4} m}} C = 9 \times 10^{-12} \times \frac{4 \times 10^{-4}}{3 \times 10^{-4}}$$

$$\rightarrow C = 1.2 \times 10^{-11} F$$

$$Q = CV \xrightarrow{\substack{Q=40pC=4 \times 10^{-11} C \\ C=1.2 \times 10^{-11} F}} V = \frac{4 \times 10^{-11}}{1.2 \times 10^{-11}} \rightarrow V = \frac{10}{3} V \xrightarrow{\substack{V=Ed \\ d=0.3mm=3 \times 10^{-4} m}} E = \frac{\frac{10}{3}}{3 \times 10^{-4}} = \frac{10^5}{9} N/C$$

با توجه به این که صفحه منفی به زمین متصل است، پتانسیل آن برابر با صفر است و داریم:



$$V_A - V_B = Ed'$$

$$E = \frac{10^{-5}}{9} \text{ N/C}$$

$$\rightarrow V_A - 0 = \frac{10^{-5}}{9} \times 21 \times 10^{-5} \rightarrow V_A = \frac{7}{3} V$$

$$d' = 0,3 - 0,9 = -0,6 \text{ mm} = 21 \times 10^{-5} \text{ m}$$

نکته: میدان الکتریکی بین صفحات خازن تخت با دی الکتریک هوا از رابطه $E = \frac{q}{\epsilon_0 A}$ به دست می آید.

۶۸ - گزینه ۱ ابتدا طبق رابطه $\Delta U = -W_{\text{میدان}}$ و $\Delta V = \frac{\Delta U}{q}$ داریم:

$$\Delta U = -W_{\text{میدان}} = -10 \mu\text{J}$$

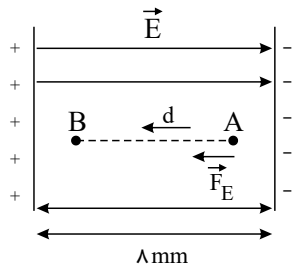
$$\rightarrow \Delta V = \frac{\Delta U}{q} = \frac{-10 \mu\text{J}}{2 \mu\text{C}} = -5 \text{V} \rightarrow V_- - V_+ = -5 \rightarrow 20 - V_- = 5 \Rightarrow V_- = 15$$

$$q = CV = 1 \times 5 = 5 \mu\text{C}$$

از طرفی هم برای بار صفحات خازن داریم $q = CV$ که V همان ΔV صفحات است، پس:

۶۹ - گزینه ۱

بارهای منفی به طور آزادانه در خلاف جهت خطوط میدان الکتریکی حرکت می کنند. پس جهت جابه جایی ذره در خلاف جهت خطهای میدان است. با استفاده از قضیه کار - انرژی جنبشی داریم:



$$W_t = K_B - K_A \Rightarrow W_t = \frac{1}{2} m (v_B^2 - v_A^2)$$

$$W_t = \frac{1}{2} (0,2 \times 10^{-6} \times (0,1^2 - 0)) \Rightarrow W_t = 10^{-9} \text{ J}$$

$$\Rightarrow W_E = 10^{-9} \text{ J}$$

تنها نیروی مؤثر، نیروی میدان الکتریکی است. بنابراین:

با استفاده از تعریف انرژی پتانسیل الکتریکی داریم:

$$\Delta U = -W_E \Rightarrow \Delta U = -10^{-9} \text{ J}$$

$$\Delta V_{AB} = \frac{\Delta U}{q} = \frac{-10^{-9}}{-2 \times 10^{-12}} = 500 \text{ V}$$

از آنجا که AB در راستای میدان است؛ پس می توان نوشت:

$$\begin{cases} \Delta V_{AB} = E \times d_{AB} \\ \Delta V = E \times d \end{cases} \Rightarrow \frac{\Delta V}{\Delta V_{AB}} = \frac{d}{d_{AB}} \Rightarrow \frac{\Delta V}{500} = \frac{l}{5} \xrightarrow{\Delta V = V_{\text{خازن}}} V = 800 \text{ V}$$

بنابراین:

$$C = \frac{Q}{V} \Rightarrow Q = CV = 2 \times 800 = 1600 \text{ nC} = 1,6 \mu\text{C}$$

۷۰ - گزینه ۳ طبق قضیه کار و انرژی می دانیم تغییر انرژی پتانسیل بار برابر منفی تغییر انرژی جنبشی آن است بنابراین داریم:

$$\Delta U = -\Delta K = -|K_2 - K_1| \begin{cases} K = \frac{1}{2} m v^2 \\ V_1 = 0, V_2 = 50 \text{ km/s} = 50000 \text{ m/s} \\ m = 20 \text{ mg} = 20 \times 10^{-3} \text{ g} = 20 \times 10^{-6} \text{ kg} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \Delta U = -\left(0 - \frac{1}{2} \times 20 \times 10^{-6} \times (50000)^2\right) = +25000 \text{ J}$$

حال طبق رابطه $\Delta V = \frac{\Delta U}{q}$ ، اختلاف پتانسیل بین صفحات را محاسبه می کنیم:

$$\Delta V = \frac{25000}{10 \times 10^{-6}} = 25 \times 10^4 \text{ V}$$

سپس به کمک رابطه $C = \frac{\epsilon_0 \kappa A}{d}$ ظرفیت را بدست آورده و با جایگذاری در رابطه $q = CV$ بار خازن محاسبه می شود.

$$C = \frac{\epsilon_0 \kappa A}{d} = \frac{8,8 \times 10^{-12} \times 1 \times 40 \times 10^{-2}}{4 \times 10^{-2}} = 8,8 \times 10^{-13} \text{ F}$$

$$\rightarrow Q = CV = 8,8 \times 10^{-13} \times 25 \times 10^4 = 22 \times 10^{-8} \text{ C} = 22 \times 10^{-2} \text{ mC} \Rightarrow q = 2,2 \text{ mC}$$

۷۱ - گزینه ۲ چون با وارد کردن دی الکتریک (افزایش ظرفیت) انرژی خازن افزایش یافته است، پس خازن به مولد وصل بوده است.



$$U = \frac{1}{2}CV^2 \Rightarrow \frac{U'}{U} = \frac{C'}{C} = \frac{k'}{k} \Rightarrow \frac{2 \times 10^{-7} + 6 \times 10^{-7}}{2 \times 10^{-7}} = \frac{k'}{1} \Rightarrow k' = 4$$

پاسخنامه کلیدی

۱ - ۴	۱۲ - ۲	۲۳ - ۱	۳۴ - ۳	۴۵ - ۱	۵۶ - ۲	۶۷ - ۲
۲ - ۳	۱۳ - ۴	۲۴ - ۱	۳۵ - ۴	۴۶ - ۴	۵۷ - ۴	۶۸ - ۱
۳ - ۴	۱۴ - ۱	۲۵ - ۴	۳۶ - ۱	۴۷ - ۲	۵۸ - ۳	۶۹ - ۱
۴ - ۱	۱۵ - ۳	۲۶ - ۲	۳۷ - ۴	۴۸ - ۲	۵۹ - ۲	۷۰ - ۳
۵ - ۲	۱۶ - ۴	۲۷ - ۲	۳۸ - ۲	۴۹ - ۳	۶۰ - ۳	۷۱ - ۲
۶ - ۱	۱۷ - ۲	۲۸ - ۱	۳۹ - ۱	۵۰ - ۴	۶۱ - ۴	
۷ - ۴	۱۸ - ۳	۲۹ - ۱	۴۰ - ۲	۵۱ - ۳	۶۲ - ۱	
۸ - ۲	۱۹ - ۲	۳۰ - ۱	۴۱ - ۲	۵۲ - ۳	۶۳ - ۳	
۹ - ۱	۲۰ - ۲	۳۱ - ۳	۴۲ - ۳	۵۳ - ۲	۶۴ - ۱	
۱۰ - ۲	۲۱ - ۳	۳۲ - ۱	۴۳ - ۴	۵۴ - ۳	۶۵ - ۱	
۱۱ - ۲	۲۲ - ۴	۳۳ - ۳	۴۴ - ۲	۵۵ - ۳	۶۶ - ۴	