۶۹. الف) چون ذرهٔ باردار در میدان الکتریکی یکنواخت به طور معلق قرار گرفته است، برایند نیروهای وارد بر آن صفر است. با توجه به این که بر این ذره نیروی وزن $(m\vec{g})$ رو به پایین وارد می‌شود، باید نیروی الکتریکی هم‌اندازه با آن و رو به بالا به آن وارد شود. اندازهٔ این نیرو برابر است با:

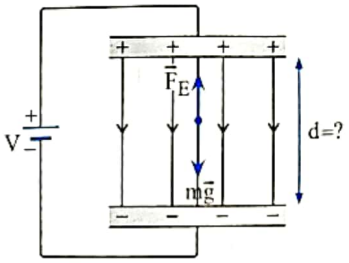
$$F = mg \xrightarrow{m=1\cdot g=1\cdot\times 1\cdot^{-3}kg} F = 1\cdot\times 1\cdot^{-3}\times 1\cdot \Rightarrow F = \cdot/1N$$

ب) با داشتن F و $|q|$، بزرگی میدان الکتریکی از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$E = \frac{F}{|q|} \xrightarrow[|q|=4\times 1\cdot^{-6}C]{F=\cdot/1N} E = \frac{\cdot/1}{4\times 1\cdot^{-6}}$$

$$\Rightarrow E = 2/5\times 1\cdot^{4}N/C$$

می‌دانیم جهت میدان الکتریکی، همواره از صفحهٔ با بار مثبت به طرف صفحهٔ با بار منفی است. بنابراین مطابق شکل زیر، جهت رو به پایین است.



پ) چون نیروی الکتریکی وارد بر بار ذره، در خلاف جهت میدان الکتریکی است، نوع بار منفی می‌باشد.

ت) با داشتن ΔV و E به صورت زیر d را حساب می‌کنیم:

$$E = \frac{\Delta V}{d} \xrightarrow[\Delta V=2\cdot\cdot V]{E=2/5\times 1\cdot^{4}N/C} 2/5\times 1\cdot^{4} = \frac{2\cdot\cdot}{d}$$

$$\Rightarrow d = 8\times 1\cdot^{-3}m \xrightarrow{1\cdot^{-3}m=1mm} d = 8mm$$

---

۷۰. الف) با داشتن q، U_A و U_B با استفاده از رابطهٔ $\Delta V = \frac{\Delta U}{q}$، اختلاف پتانسیل بین دو نقطهٔ A و B را حساب می‌کنیم:

$$V_B - V_A = \frac{U_B - U_A}{q} \xrightarrow[U_A=-6\times 1\cdot^{-4}J]{U_B=14\times 1\cdot^{-4}J,\ q=4\times 1\cdot^{-6}C}$$

$$V_B - V_A = \frac{14\times 1\cdot^{-4} - \left(-6\times 1\cdot^{-4}\right)}{4\times 1\cdot^{-6}}$$

$$\Rightarrow V_B - V_A = \frac{2\cdot\times 1\cdot^{-4}}{4\times 1\cdot^{-6}} \Rightarrow V_B - V_A = 5\cdot\cdot V$$

ب) چون اختلاف پتانسیل بین دو نقطهٔ A و B و فاصلهٔ بین آن‌ها معلوم است، با استفاده از رابطهٔ زیر اندازهٔ میدان الکتریکی را به دست می‌آوریم:

$$E = \frac{\Delta V}{d} \xrightarrow[d=AB=5\times 1\cdot^{-2}m]{\Delta V=V_B-V_A=5\cdot\cdot V} E = \frac{5\cdot\cdot}{5\times 1\cdot^{-2}}$$

$$\Rightarrow E = 1\cdot^{4}V/m \text{ یا } N/C$$

---

۷۱. الف) فقط روی سطح خارجی — ب) صفر
پ) درست — ت) عمود
ث) برابر صفر — ج) مساوی با
چ) نارسانا

---

۷۲. الف) گلوله بدون بار می‌شود. زیرا تمام بار الکتریکی بر روی سطح خارجی جعبهٔ رسانا توزیع می‌شود و گلولهٔ فلزی بخشی از جعبه به حساب می‌آید.

ب) از این آزمایش نتیجه می‌گیریم که بار اضافی داده شده به یک جسم رسانای منزوی، بر روی سطح خارجی آن توزیع می‌شود.

---

۷۳. شکل (۲) – زیرا با تماس آونگ الکتریکی باردار A با سطح داخلی ظرف کروی و فلزی بدون بار B، تمام بار الکتریکی آونگ A به سطح خارجی کرهٔ فلزی B می‌رود و در آن‌جا توزیع می‌گردد و آونگ A بخشی از قسمت داخلی کرهٔ به حساب می‌آید که در آن هیچ بار خالصی توزیع نمی‌شود.

---

۷۴. چون تمام بار الکتریکی داده شده به یک جسم رسانا در سطح خارجی آن توزیع می‌شود، بنابراین با تماس کرهٔ فلزی K با کرهٔ فلزی تو خالی L، هر دو کره یک جسم رسانا به حساب می‌آیند و کرهٔ فلزی K قسمت داخلی این جسم است و هیچ باری بر روی آن قرار نمی‌گیرد و تمام بارها که برابر $q_T = q_K + q_L = 6 - 2 = 4\mu C$ است، بر روی سطح خارجی کره B به طور یکنواخت توزیع می‌شود.

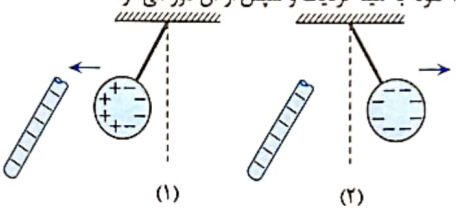
---

۷۵. الف) برق‌گیرها، ساختمان را از گزند آذرخش مصون نگه می‌دارند. تیزی نوک میله برق‌گیر سبب می‌شود که تخلیه الکتریکی بین ابر و نوک تیز میله به صورت تدریجی رخ دهد و بارها از طریق کابل به عمق زمین منتقل شود.

ب) زیرا بار الکتریکی داده شده به اتومبیل یا هواپیما روی سطح خارجی (بدنهٔ اتومبیل یا هواپیما) توزیع می‌شود و به درون آن‌ها انتقال پیدا نمی‌کند.

پ) یک جسم رسانای دوکی شکل را روی پایهٔ عایقی قرار می‌دهیم و آن را با تماس با کلاهک مولد وان دوگراف باردار می‌کنیم. گلوله‌ای فلزی را که به دسته‌ای عایق متصل است با بخش پهن دوک تماس داده و سپس گلوله را به سر الکتروسکوپ تماس می‌دهیم و انحراف صفحه‌های الکتروسکوپ را به خاطر می‌سپاریم. اگر همین آزمایش را پس از خنثی کردن الکتروسکوپ و گوی فلزی با تماس با دستمان، با نوک تیز دوک انجام دهیم، می‌بینیم انحراف صفحه‌های الکتروسکوپ با نوک تیز دوک بیش‌تر از انحراف صفحه‌ها با بخش پهن آن است.

ت) مطابق شکل، وقتی میله‌ای با بار منفی را به گلولهٔ رسانای بدون بار نزدیک می‌کنیم، در گلوله بارهای منفی در طرف دورتر و بارهای مثبت نزدیک به میله قرا رمی‌گیرند و باعث می‌شود گلوله جذب میله گردد، در اثر تماس، مقداری از بارهای منفی میله به گلوله انتقال می‌یابد. در این حالت چون بار میله و گلوله همنام می‌شود، از هم دور خواهند شد. بنابراین می‌توان گفت: ابتدا گلوله به میله نزدیک و سپس از آن دور می‌شود.



---

۷۶. الف-۱) بیش‌تر الف-۲) کره

ب-۱) خیر – زیرا اگر میدان الکتریکی وجود داشته باشد، بر الکترون‌های آزاد داخل رسانا نیروی الکتریکی (طبق رابطهٔ $\vec{F}=|q|\vec{E}$) وارد می‌کند و سبب ایجاد جریان الکتریکی در داخل رسانا می‌شود که این بدین معناست که بارها در تعادل الکتروستاتیکی قرار ندارند. در صورتی که می‌دانیم در شرایط تعادل الکتروستاتیکی بارهای الکتریکی در داخل رسانا ساکن‌اند و ایجاد جریان الکتریکی نمی‌کنند.

ب-۲) چگالی سطحی بار الکتریکی در نقطهٔ A بیش‌تر از چگالی سطحی بار در نقطهٔ B است. زیرا در یک جسم رسانای باردار، چگالی سطحی بار در نقطه‌های تیز و برجستهٔ آن جسم بیش‌تر است.

ب-۳) پتانسیل نقطه‌های A و B با هم برابر است. زیرا در شرایط تعادل الکتروستاتیکی، پتانسیل همه نقاط داخل و خارج یک جسم رسانا یکسان است.

$$\begin{cases} F_E=0 \Rightarrow \Delta U_E=-W_E=0 \\ \Delta V=\dfrac{\Delta U_E}{q}=0 \Rightarrow V_A-V_B=0 \Rightarrow V_A=V_B \end{cases}$$

---

۷۷. برای محاسبهٔ تعداد الکترون‌های منتقل شده به زمین باید از رابطهٔ $q=ne$ استفاده کنیم. در این رابطه q بار الکتریکی روی سطح خارجی کره رسانا است که با استفاده از رابطهٔ چگالی سطحی بار الکتریکی $\sigma=\dfrac{Q}{A}$ آن را به دست می‌آوریم. در رابطهٔ چگالی سطحی بار، A مساحت کرهٔ رسانا است که از رابطهٔ $A=4\pi r^2$ به دست می‌آید:

$$\sigma=\frac{Q}{A} \xrightarrow{A=4\pi r^2} \sigma=\frac{Q}{4\pi r^2} \xrightarrow[r=10cm=10^{-1}m\ ,\ \pi=3]{\sigma=160\mu C/m^2}$$

$$160=\frac{Q}{4\times 3\times 10^{-2}} \Rightarrow Q=12\times 1/6\mu C$$

$$\Rightarrow Q=12\times 1/6\times 10^{-6}C$$

تعداد الکترون‌های منتقل شده به زمین برابر است با:

$$q=ne \xrightarrow[e=1/6\times 10^{-19}C]{q=Q=12\times 1/6\times 10^{-6}C}$$

$$12\times 1/6\times 10^{-6}=n\times 1/6\times 10^{-19} \Rightarrow n=1/2\times 10^{14}$$

---

۷۸. با استفاده از رابطهٔ $\sigma=\dfrac{Q}{A}$ به صورت زیر Q_1 را به دست می‌آوریم.

$$Q_2=Q_1+6 \Rightarrow \sigma_2=3\sigma_1$$

$$\sigma=\frac{Q}{A} \xrightarrow{A=\text{ثابت}} \frac{\sigma_2}{\sigma_1}=\frac{Q_2}{Q_1} \Rightarrow \frac{3\sigma_1}{\sigma_1}=\frac{Q_1+6}{Q_1}$$

$$3=\frac{Q_1+6}{Q_1} \Rightarrow 2Q_1=Q_1+6 \Rightarrow 2Q_1=6 \Rightarrow Q_1=3\mu C$$

---

۷۹. ابتدا معلومات سوال را می‌نویسیم:

$$r_A=4cm \quad \text{و} \quad r_B=2cm$$

$$\sigma_A=\sigma_B+0/25\sigma_B=1/25\sigma_B \Rightarrow \sigma_A=\frac{5}{4}\sigma_B$$

اکنون برای به دست آوردن $\dfrac{Q_A}{Q_B}$ با استفاده از رابطهٔ $\sigma=\dfrac{Q}{A}$ و با توجه به این که $A=4\pi r^2$ است می‌توان نوشت:

$$\sigma=\frac{Q}{A}=\frac{Q}{4\pi r^2} \Rightarrow \frac{\sigma_A}{\sigma_B}=\frac{Q_A}{Q_B}\times\left(\frac{r_B}{r_A}\right)^2$$

$$\Rightarrow \frac{\frac{5}{4}\sigma_B}{\sigma_B}=\frac{Q_A}{Q_B}\times\left(\frac{2}{4}\right)^2 \Rightarrow \frac{5}{4}=\frac{Q_A}{Q_B}\times\frac{1}{4} \Rightarrow \frac{Q_A}{Q_B}=5$$

---

۸۰. ابتدا بار اولیهٔ کرهٔ فلزی را به دست می‌آوریم:

$$\sigma_1=\frac{Q_1}{A} \xrightarrow{A=4\pi r^2} \sigma_1=\frac{Q_1}{4\pi r^2} \xrightarrow[r=2cm]{\sigma_1=3\mu C/cm^2}$$

$$3=\frac{Q_1}{4\times 3\times 4} \Rightarrow Q_1=144\mu C$$

دقت کنید، چون σ بر حسب $\dfrac{\mu C}{cm^2}$ است، شعاع را به m تبدیل نکرده‌ایم.

اکنون $72\mu C$ به بار کره اضافه می‌کنیم و چگالی سطحی آن را در حالت جدید به دست می‌آوریم.

$$Q_2=144+72 \Rightarrow Q_2=216\mu C$$

$$\sigma=\frac{Q}{A} \xrightarrow{A=\text{ثابت}} \frac{\sigma_2}{\sigma_1}=\frac{Q_2}{Q_1} \Rightarrow \frac{\sigma_2}{3}=\frac{216}{144} \Rightarrow$$

$$\sigma_2=4/5\mu C/cm^2$$

بنابراین درصد تغییر چگالی سطحی بار الکتریکی کره که آن را با x نشان می‌دهیم برابر است با:

$$x=\frac{\sigma_2-\sigma_1}{\sigma_1}\times 100=\frac{4/5-3}{3}\times 100 \Rightarrow x=\%50$$

---

۸۱. الف) درست ب) نادرست پ) کاهش

ت) افزایش ث) کولن بر ولت

ج) مساحت صفحات – فاصلهٔ بین دو صفحه

چ) عکس ح) فاراد بر متر خ) غیرقطبی

د) فاصلهٔ صفحه‌های خازن (تغییر ظرفیت خازن)

ذ) افزایش ر) تغییر نمی‌کند. ز) ندارد

---

۸۲. الف) اگر اختلاف پتانسیل دو صفحهٔ یک خازن را به اندازهٔ کافی زیاد کنیم، تعدادی از الکترون‌های اتم‌های مادهٔ دی الکتریک، توسط میدان الکتریکی ایجاد شده بین دو صفحه، کنده شده و مسیرهایی رسانا درون الکتریک ایجاد می‌شود که سبب تخلیهٔ خازن می‌گردد. به این پدیده فرو ریزش الکتریکی مادهٔ دی‌الکتریک می‌گویند.

ب-۱) تغییر ولتاژ دو سر خازن، تأثیری در ظرفیت آن ندارد.

ب-۲) بنا به رابطهٔ $C=\kappa\varepsilon_0\dfrac{A}{d}$، برداشتن دی‌الکتریک بین دو صفحهٔ خازن، ظرفیت آن را کاهش می‌دهد.

ب-۳) طبق رابطهٔ $C=\varepsilon_0\dfrac{A}{d}$، ظرفیت خازن با فاصلهٔ بین دو صفحهٔ آن نسبت عکس دارد. بنابراین، با نصف کردن فاصلهٔ بین دو صفحهٔ خازن، ظرفیت آن دو برابر می‌شود.

$$C=\varepsilon_0\frac{A}{d} \xrightarrow{A=\text{ثابت}} \frac{C_2}{C_1}=\frac{d_1}{d_2} \xrightarrow{d_2=\frac{1}{2}d_1}$$

$$\frac{C_2}{C_1}=\frac{d_1}{\frac{1}{2}d_1} \Rightarrow C_2=2C_1$$

ب-۴) طبق رابطهٔ $C=\varepsilon_0\dfrac{A}{d}$، ظرفیت خازن با مساحت صفحات آن نسبت مستقیم دارد. بنابراین، اگر مساحت صفحات آن سه برابر شود، ظرفیت آن نیز سه برابر خواهد شد.

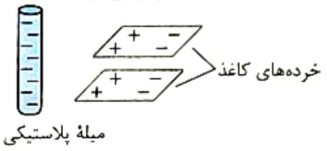
---

۸۳. چون خازن از مولد جدا است، بار الکتریکی آن ثابت است. بنابراین، با وارد کردن دی‌الکتریک بین صفحه‌های خازن، طبق رابطهٔ $C = k\varepsilon_0 \frac{A}{d}$، ظرفیت خازن افزایش می‌یابد و طبق رابطهٔ $C = \frac{q}{V}$، چون q ثابت و C افزایش یافته است، اختلاف پتانسیل دو سر خازن کاهش می‌یابد و ولت‌سنج عدد کوچک‌تری را نشان می‌دهد.

---

۸۴. الف) در شکل «الف»، در نبود میدان الکتریکی، مرکز بارهای مثبت و منفی بر هم منطبق‌اند. در شکل «ب»، در حضور میدان الکتریکی، مرکز بارهای مثبت و منفی از هم جدا می‌شوند و ابر الکترونی در خلاف جهت میدان جابه‌جا می‌شود.

ب) با توجه به شکل زیر، وقتی میلهٔ با بار منفی را به خرده‌های کاغذ بدون بار نزدیک کنیم، مرکز بارهای مثبت و منفی اتم‌ها و مولکول‌های خرده‌های کاغذ از هم جدا شده و اتم یا مولکول قطبیده می‌شود و باعث می‌شود بخش مثبت اتم قطبیده شده به طرف میلهٔ باردار کشیده شود و بخش منفی از میله دور گردد. در این حالت، چون فاصلهٔ میلهٔ باردار تا بخش مثبت اتم، کم‌تر از فاصلهٔ میله تا بخش منفی آن است، نیروی جاذبهٔ الکتریکی بر نیروی دافعهٔ آن غلبه نموده و خرده‌های کاغذ جذب میلهٔ باردار می‌شود.



---

۸۵. الف) بار الکتریکی ثابت می‌ماند. وقتی خازن را پر نموده و از مولد جدا کنیم و سپس عوامل مؤثر در ظرفیت خازن را تغییر دهیم، ظرفیت خازن تغییر می‌کند اما بار الکتریکی آن ثابت می‌ماند.

ب) افزایش می‌یابد. طبق رابطهٔ $C = k\varepsilon_0 \frac{A}{d}$، با افزایش ثابت دی‌الکتریک (k) ظرفیت خازن نیز افزایش خواهد یافت.

پ) کاهش می‌یابد. زیرا: $k \uparrow \xrightarrow{C=k\varepsilon_0\frac{A}{d}} C \uparrow \xrightarrow[q=\text{ثابت}]{V=\frac{q}{C}} V \downarrow$

ت) طبق رابطهٔ $E = \frac{\Delta V}{d}$، چون d ثابت و ΔV کم می‌شود، میدان الکتریکی بین دو صفحهٔ خازن کاهش می‌یابد.

۸۶.

خازن	اختلاف پتانسیل	ظرفیت	بار الکتریکی
الف	ثابت	افزایش	افزایش
ب	افزایش	کاهش	ثابت

وقتی خازن به باتری متصل باشد اختلاف پتانسیل آن ثابت می‌ماند.

الف) $k \uparrow \xrightarrow{C=k\varepsilon_0\frac{A}{d}} C \uparrow \xrightarrow[V=\text{ثابت}]{Q=CV} Q \uparrow$

ب) $d \uparrow \xrightarrow{C=k\varepsilon_0\frac{A}{d}} C \downarrow \xrightarrow[V=\text{ثابت}]{Q=CV} Q \downarrow$

---

۸۷. با استفاده از رابطهٔ $Q = cV$ می‌توان ظرفیت خازن را به صورت زیر به دست آورد. دقت کنید، ظرفیت خازن ثابت است.

$$\begin{cases} V_1 = 10V \\ Q_1 \end{cases} \quad \begin{cases} V_2 = 30V \\ Q_2 = Q_1 + 50 \end{cases}$$

$$Q_2 = Q_1 + 50 \xrightarrow{Q=CV} CV_2 = CV_1 + 50$$

$$\Rightarrow C \times 30 = C \times 10 + 50 \Rightarrow 20C = 50 \Rightarrow C = 2/5\mu F$$

---

۸۸. با استفاده از رابطهٔ $C = k\varepsilon_0 \frac{A}{d}$، ظرفیت خازن را حساب می‌کنیم:

$k_{\text{هوا}} = 1$ و $\varepsilon_0 = 9\times10^{-12}\frac{F}{m}$

و $A = 4cm^2 = 4\times10^{-4}m^2$ و $d = 2mm = 2\times10^{-3}m$

$$C = k\varepsilon_0\frac{A}{d} \Rightarrow C = 1\times9\times10^{-12}\times\frac{4\times10^{-4}}{2\times10^{-3}} \Rightarrow C = 18\times10^{-13}F$$

چون میدان الکتریکی بین دو صفحهٔ خازن معلوم است، با استفاده از رابطهٔ $E = \frac{\Delta V}{d}$، اختلاف پتانسیل بین دو صفحهٔ خازن را به دست می‌آوریم:

$$E = \frac{\Delta V}{d} \xrightarrow[d=2\times10^{-3}m]{E=500\frac{N}{C}\ \text{یا}\ \frac{V}{m}} 500 = \frac{\Delta V}{2\times10^{-3}} \Rightarrow \Delta V = 1V$$

---

۸۹. با استفاده از رابطهٔ $C = k\varepsilon_0 \frac{A}{d}$، ظرفیت خازن را پیش از فشار دادن کلید و پس از فشرده شدن آن حساب می‌کنیم و سپس تغییر ظرفیت را به دست می‌آوریم:

$A = 9/7\times10^{-5}m^2$

و $d_1 = 5\times10^{-3}m$ و $k = 3/5$ و $\varepsilon_0 \simeq 9\times10^{-12}F/m$

$$C_1 = k\varepsilon_0\frac{A}{d_1} = 3/5\times9\times10^{-12}\times\frac{9/7\times10^{-5}}{5\times10^{-3}}$$

$$\Rightarrow C_1 = 0/61\times10^{-12}F \xrightarrow{10^{-12}F=1PF} C_1 = 0/61PF$$

$$C_2 = k\varepsilon_0\frac{A}{d_2} \xrightarrow{d_2=0/15\times10^{-2}m} C_2 = 3/5\times9\times10^{-12}\times\frac{9/7\times10^{-5}}{0/15\times10^{-2}}$$

$$\Rightarrow C_2 = 20/37\times10^{-12}F \xrightarrow{10^{-12}F=1PF} C_2 = 20/37PF$$

بنابراین، تغییر ظرفیت خازن برابر است با:

$$\Delta C = C_2 - C_1 = 20/37 - 0/61 \Rightarrow \Delta C = 19/76PF$$

---

۹۰. الف) با استفاده از رابطهٔ $C = k\varepsilon_0 \frac{A}{d}$، به صورت زیر ظرفیت خازن را در حالتی که ثابت دی‌الکتریک آن ۴/۵ است، به دست می‌آوریم:

$$C = k\varepsilon_0\frac{A}{d} \xrightarrow{d,A\ \text{ثابت‌اند}} \frac{C_2}{C_1} = \frac{K_2}{K_1} \xrightarrow[C_1=2nF]{k_1=1,k_2=4/5}$$

$$\frac{C_2}{2} = \frac{4/5}{1} \Rightarrow C_2 = 9nF$$

ب) با داشتن C_1، k_1، d (و یا C_2، k_2، d_2) به صورت زیر مساحت هر یک از صفحات خازن را به دست می‌آوریم:

$$C_1 = k_1\varepsilon_0\frac{A}{d} \xrightarrow[d_1=5mm=5\times10^{-3}m,\varepsilon_0=8\times10^{-12}\frac{F}{m}]{C_1=2nF=2\times10^{-9}F,k_1=1}$$

$$2\times10^{-9} = 1\times8\times10^{-12}\times\frac{A}{5\times10^{-3}} \Rightarrow A = 1/25m^2$$

پ) با استفاده از رابطهٔ $Q = CV$، بار خازن را به دست می‌آوریم:

$$Q = C_1V \xrightarrow[V=8V]{C_1=2nF=2\times10^{-9}F}$$

$$Q = 2\times10^{-9}\times8 \Rightarrow Q = 16\times10^{-9}C$$

برای به دست آوردن تعداد الکترون‌ها از رابطهٔ $q = ne$ استفاده می‌کنیم.

$$q = ne \Rightarrow n = \frac{q}{e} \xrightarrow[e=1/6\times10^{-19}C]{q=Q=16\times10^{-9}C}$$

$$n = \frac{16\times10^{-9}}{1/6\times10^{-19}} \Rightarrow n = 10^{11}$$