

فصل اول:

۱. الف) برای این منظور میله را به الکتروسکوپ باردار نزدیک میکنیم. اگر تغییری در انحراف ورقه های الکتروسکوپ ایجاد نشد، میله بدون بار است و در صورت تغییر انحراف ورقه ها معلوم میشود که میله باردار است.

ب. میله را به کلاهک الکتروسکوپ باردار تماس میدهیم. اگر انحراف ورقه ها تغییر نکرد، میله نارساناست و اگر کاهش پیدا نمود میله رساناست.

پ. میله را به کلاهک الکتروسکوپ باردار نزدیک میکنیم (البته به آرامی) اگر انحراف ورقه ها کاهش یا بد، نوع بار میله مخالف نوع بار الکتروسکوپ است و اگر انحراف ورقه ها بیشتر شد نوع بار میله موافق با نوع بار الکتروسکوپ است.

---

۲. الف) میله پلاستیکی  $q = -12.8 \times 10^{-9} C$

پارچه پشمی  $q = 12.8 \times 10^{-9} C$

$$q = ne \Rightarrow n = \frac{q}{e} = \frac{12.8 \times 10^{-9}}{1.6 \times 10^{-19}} = 8 \times 10^{10} \quad \text{ب)}$$

---

۳. الف) بار الکتریکی اتم  $q = 0 \Rightarrow$

$$q = +6e = +6 \times 1.6 \times 10^{-19} = 9.6 \times 10^{-19} C$$

$$q_{e^+} = +1e = +1 \times 1.6 \times 10^{-19} = 1.6 \times 10^{-19} C \quad \text{ب)}$$

---

۴. چون گوی ها به هم متصل شده اند.

$$q_1 + q_2 = q'_1 + q'_2 \quad \text{طبق اصل بقای بار} \quad \Longrightarrow \quad \begin{aligned} q_1 &= 4nc \\ q_2 &= -6nc \end{aligned}$$

$$4 + (-6) = q'_1 + q'_2 = 2q'_1 = 2q'_2$$

$$q'_1 = q'_2 = \frac{-2}{2} = -1nc$$

$$F = K \frac{q'_1 q'_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{(-1 \times 10^{-9})(-1 \times 10^{-9})}{(3 \times 10^{-2})^2} = \frac{10^{-9}}{10^{-4}} = 10^{-5} (N)$$

نیروی بین دو بار به دلیل همنام بودن آنها رانشی است.

۵.

$$q_1 = q_2 = -5 \mu C$$

$$q_3 = 0.2 \mu C$$

$$F_{12} = F_{22} = K \frac{q_1 q_2}{a^2} = 9 \times 10^9 \frac{(-5 \times 10^{-6})(0.2 \times 10^{-6})}{(3 \times 10^{-2})^2} = -10 N$$

$$\vec{F}_2 = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{22} = 1 \cdot \vec{i} + 1 \cdot \vec{j}$$

۶.

چون:  $q_1 = q_2, r_1 = r_2 = AB = BC$

$$F_{12} = F_{13} \Rightarrow F = 0$$

$$F_{1r} = K \frac{q_1 q_2}{(r_{AC})^2} = 9 \times 10^9 \frac{(-4 \times 10^{-9})(-4 \times 10^{-9})}{(16 \times 10^{-2})^2} = \frac{9}{16} \times 10^{-5} N$$

$$F_{2r} = K \frac{q_1 q_2}{(r_{BC})^2} = 9 \times 10^9 \frac{(5 \times 10^{-9})(-4 \times 10^{-9})}{(8 \times 10^{-2})^2} = -\frac{45}{16} \times 10^{-5} N$$

$$F = F_{2r} - F_{1r} = \frac{45}{16} \times 10^{-5} - \frac{9}{16} \times 10^{-5} = \frac{36}{16} \times 10^{-5} = 2.25 \times 10^{-5} N$$

$$m_1 = m_2 = 2.5 \text{ gr} = 2.5 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

$$r = 1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$$

.۷

الف) برای آنکه گوی بالا در تعادل باشد، باید وزنشان با نیروی رانشی الکتریکی گوی ها برابر شود. در این صورت

خواهیم داشت:

$$F = mg \Rightarrow k \frac{q^2}{r^2} = mg \Rightarrow q^2 = \frac{mgr^2}{k} \Rightarrow$$

$$q = r \sqrt{\frac{mg}{k}} = 10^{-2} \sqrt{\frac{2.5 \times 10^{-3} \times 10}{9 \times 10^9}} = 10^{-2} \sqrt{\frac{25 \times 10^{-12}}{9}} = \frac{5}{3} \times 10^{-8} \text{ C}$$

$$= \frac{5}{3} \times 10^{-8} \times 10^6 = \frac{5}{3} \times 10^{-2} \mu\text{C}$$

(ب)

$$q = ne \Rightarrow n = \frac{q}{e} = \frac{\frac{5}{3} \times 10^{-8}}{1.6 \times 10^{-19}} = \frac{5}{48} \times 10^{12} \approx 10^{11}$$


---

۸. چون خطوط میدان الکتریکی موازی و فاصله بین آنها یکنواخت (یکسان) است، نشان میدهد که میدان الکتریکی یکنواخت است و شدت میدان در تمام چنین میدانی هم مقدار و هم جهت میباشد بدیهی است بار  $q$  در هر نقطه در

$$F_A = F_B \quad \text{یعنی: ندارد. فرقی ندارد. یعنی:}$$

۹. الف) بار هر پروتون،  $q_p = e = 1.6 \times 10^{-19}$  است. بنابراین بزرگی نیروی الکتریکی بین دو پروتون برابر است با:

$$F_E = K \frac{q_P q_P}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{(1.6 \times 10^{-19})^2}{(4 \times 10^{-15})^2} = 1.44 \times 10 = 14.4 N$$

بدلیل همنام بودن بارها، نیرویی که بین دوبار وارد میشود، از نوع دافعه می باشد.

ب) میدان الکتریکی برای یک پروتون:

$$E = K \frac{q}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{1.6 \times 10^{-19}}{(10 \times 10^{-10})^2} = 144 \times 10^7$$

میدان الکتریکی برای ۲۶ پروتون:

$$E = 144 \times 10^7 \times 26 = 3744 \times 10^7$$

۱۰. الف) وقتی دو بار ناهمنام باشند، خارج از دویار و نزدیک به بار کوچکتر برآیند میدان الکتریکی صفر است و فاصله ی نقطه ی O تا بار q از رابطه ی زیر بدست می آید:

$$\frac{x}{a+x} = \sqrt{\frac{q}{3q}} \Rightarrow \frac{x}{a+x} = \frac{1}{\sqrt{3}} \Rightarrow x = \frac{a}{\sqrt{3}-1}$$

$$E_q = K \frac{q}{\left(\frac{a}{2}\right)^2}$$

$$E_{3q} = K \frac{3q}{\left(\frac{a}{2}\right)^2}$$

$$E = K \frac{3q}{\left(\frac{a}{2}\right)^2} - K \frac{q}{\left(\frac{a}{2}\right)^2} = K \frac{2q}{a^2}$$

ب) راستای میدان الکتریکی در جهت  $-3q$  (سمت راست می باشد).

۱۱. باید نیروی وارده بر ذره به سمت بالا اعمال شود، تا بتواند با وزن ذره رو به پایین، غلبه نماید. پس در نتیجه بار ذره باید منفی باشد تا در خلاف جهت میدان به آن نیرو وارد شود.

$$m = 2gr = 2 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

$$E = 5 \times 10^5 \text{ N/C}$$

$$g = 10 \text{ N/Kg}$$

$$F = mg$$

$$F = Eq$$

$$\Rightarrow mg = Eq \Rightarrow q = \frac{mg}{E} \Rightarrow q = \frac{2 \times 10^{-3} \times 10}{5 \times 10^5} = 4 \times 10^{-8} \Rightarrow q = -4 \times 10^{-8} \text{ C}$$

$\vec{E}_E, \vec{E}_A$  نسبت به نقطه ی P در خلاف جهت هم هستند و به دلیل هم اندازه بودن، یکدیگر را خنثی میکنند. همچنین نقاط  $(\vec{E}_Q, \vec{E}_K), (\vec{E}_M, \vec{E}_J), (\vec{E}_L, \vec{E}_I), (\vec{E}_F, \vec{E}_B), (\vec{E}_G, \vec{E}_C)$  همدیگر را خنثی میکنند. پس تنها باید میدان خالص بارهای موجود در نقاط D,H را محاسبه نماییم.

$$\vec{E}_H = -K \frac{2q}{d^2} \vec{i}$$

$$\vec{E}_D = K \frac{q}{d^2} \vec{i}$$

برآیند میدان در نقطه ی P:

$$\vec{E}_T = \vec{E}_H + \vec{E}_D = -K \frac{q}{d^2} \vec{i}$$

بزرگی میدان  $K \frac{q}{d^2}$  است و جهت آن در خلاف جهت محور X (در جهت چپ) قرار دارد.

۱۳. بار  $q_1$  مثبت و بار  $q_2$  منفی می باشد. همیشه خطوط میدان از بار مثبت خارج و به بار منفی وارد میشود.

خطوط میدان الکتریکی دو بار نشان میدهد که  $q_1 > |q_2|$  است. زیرا نحوه ی رسم خطوط میدان در اطراف بار  $q_1$  و  $q_2$  بیان کننده این نتیجه میباشد.

۱۴. الف) و پ) نادرست. زیرا خطوط میدان الکتریکی از بار مثبت خارج میشود و به بار منفی وارد میشود.

ب) و ت) درست.

$$q_1 = q_r = 1 \times 10^{-9} \text{ C}$$

$$BO = CO = 3 \text{ cm} = 3 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$CA = 3 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$AB = 9 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$E_{VO} = E_{VO} = K \frac{q_1}{(r_{BO})^2} = 9 \times 10^9 \frac{1 \times 10^{-9}}{(3 \times 10^{-2})^2} = 10^6 \text{ N/C}$$

$$E_O = E_{VO} + E_{VO} = 10^6 + 10^6 = 2 \times 10^6 \text{ N/C}$$

$$E_{VA} = K \frac{q_1}{(r_{AB})^2} = 9 \times 10^9 \frac{1 \times 10^{-9}}{(9 \times 10^{-2})^2} = \frac{1}{9} \times 10^6 \text{ N/C}$$

$$E_{rA} = K \frac{q_r}{(r_{AC})^2} = 9 \times 10^9 \frac{1 \times 10^{-9}}{(3 \times 10^{-2})^2} = 10^6 \text{ N/C}$$

$$E_A = E_{rA} - E_{VA} = 10^6 - \frac{1}{9} \times 10^6 = \frac{8}{9} \times 10^6 \text{ N/C}$$

١٦. الف)

$$q = +\Delta \cdot nc$$

$$E = 8 \times 10^6 \text{ N/C}$$

$$AB = 0.3 \text{ m}$$

$$BC = 0.4 \text{ m}$$

$$E = \frac{F}{q} \Rightarrow F = qE = +\Delta \cdot nc \times 8 \times 10^6 = 4 \times 10^{-2}$$

(ب)

$$W_{F_{AB}} = FAB \cos \theta = FA \cos 90^\circ = 0$$

$$W_{F_{BC}} = FBC \cos \theta = FBC (-1) = -4 \times 10^{-2} \times 0.4 = -1.6 \times 10^{-2}$$

(پ)

$$\Delta u = -W_F = -(-1.6 \times 10^{-2}) = 1.6 \times 10^{-2} \text{ J}$$

۱۷. الف) چون بار مثبت را در خلاف جهت میدان الکتریکی جابجا کردیم، کار نیروی الکتریکی منفی است:

$$W_F < 0$$

ب) مثبت است. چون نیرویی که برای جابجایی بار وارد میکنیم، در جهت جابجایی بار است:

$$W_F > 0$$

$$\Delta U_E = -W_E \Rightarrow \Delta U_E > 0$$

پ)

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow V_B - V_A = \frac{\Delta U}{q}$$

ت) چون  $\Delta U > 0$  و  $V > 0$  می باشد، پس  $V_B - V_A > 0$  است. یعنی پتانسیل الکتریکی نقطه ی B بیشتر

از پتانسیل الکتریکی نقطه ی A است.

۱۸. در شکل الف) چون خطوط میدان الکتریکی به یکدیگر فشرده ترند، پس میدان الکتریکی در این شکل قوی تر

می باشد. اما در شکل های ب) و پ) چنین نیست.

۱۹

$$d = 2\text{cm} = 0.02\text{m}$$

$$\Delta V = 10\text{v}$$

$$E = \frac{\Delta V}{d} = \frac{10}{0.02} = 5 \times 10^2 \text{v} / \text{m}$$



اگر از صفحه ای با بار مثبت به طرف صفحه ای با بار منفی نزدیک شویم، در جهت خطوط میدان حرکت کرده ایم. پس پتانسیل کاهش می یابد. این بدین منظور است که صفحه ی مثبت، پتانسیل الکتریکی بیشتری دارد.

۲۰. الف)

$$q = -4 \cdot nc = -4 \times 10^{-9}$$

$$V_1 = -4 \cdot v$$

$$V_2 = -1 \cdot v$$

$$\Delta U = \Delta V \times q = (V_2 - V_1) \times q = (-1 + 4) \times (-4 \times 10^{-9}) = -12 \times 10^{-8} = -1.2 \mu j$$

انرژی پتانسیل الکتریکی بار  $q$  به اندازه  $1.2 \mu j$  کاهش می یابد. این نشان میدهد که جهت به طور دلخواه می باشد. چون بار منفی است، جهت حرکت خود بخودی آن، در خلاف جهت خطوط میدان است.

ب) با توجه به قانون پایستگی انرژی، انرژی پتانسیل به انرژی جنبشی تبدیل می شود و باعث حرکت بار می شود.

۲۱. وقتی کره را به آونگی نزدیک می نماییم، قسمتی از کره که به آونگ نزدیکتر است بار منفی و آن قسمت از کره که از آونگ دورتر می باشد، بار مثبت میگیرد، البته این روش از روش القا تبعیت میکند و چون بارهای منفی کره به

آونگ نزدیکتر است، پس نیروی ربایش بیشتر از نیروی رانش است و کره و آونگ یکدیگر را می ربایند که باعث انحراف آونگ به سمت کره میشود. اگر فاصله ی بین آونگ و کره کمتر باشد و در تماس هم قرار بگیرند، باعث میشود مقداری از بارهای آونگ به کره منتقل شود که باعث رانش یکدیگر میشود.

۲۲. صفحه ی پلاستیکی با میدانی که در اطراف خود بوجود می آورد، باعث قطبیده شدن مقداری از بارهای براده های آهن میشود و چون در اثر القا همواره بارهای ناهمنام در مجاور هم ایجاد میگردند، پدیده جذب الکتریکی به وجود آمده و براده های آهن جذب صفحه ی پلاستیکی باردار میشوند.

۲۳. چون ماهواره مکعب شکل است، پس دارای ۶ وجه می باشد. سطح هر کدام از این وجه ها برابر  $40\text{cm} \times 40\text{cm}$  می باشد.

$$A = 6 \times 40 \times 40 \times 10^{-4} = 0.96\text{m}^2$$

$$W = \frac{q}{A} = \frac{2 \times 10^{-9}}{0.96} = 2.08 \times 10^{-9} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}$$

۲۴. چون ظرفیت خازن به بار الکتریکی ذخیره در آن و اختلاف پتانسیل الکتریکی بین صفحه های خازن بستگی ندارد. پس در مورد الف) و ب) ظرفیت خازن هیچ تغییری نمیکند.

۲۵. همان طور که میدانیم ظرفیت خازن همواره ثابت و برابر نسبت بار ذخیره شده در آن به اختلاف پتانسیل دو سر آن است.

$$V_1 = 28v$$

$$V_2 = 40v$$

$$q_1 = q$$

$$q_2 = q + 15$$

$$C = \frac{\Delta q}{\Delta V} = \frac{15 \mu c}{(40 - 28) \quad 12} = 1.25 \mu F$$

$$\Delta V = q_2 - q_1 = q + 15 - q = 15$$

.....

۲۶. بادکنک باردار، بار تعدادی از مولکولهای آب در حال ریزش را قطبیده نموده و بر اثر القای الکتریکی بارهای مخالف در مجاور هم از بادکنک و آب بوجود آمده و عمل ربایش الکتریکی بین بادکنک و آب به وجود آمده و آب به سمت بادکنک منحرف میشود.

.....

۲۷. توسط میله شیشه ای باردار مقداری از بارهای خرده های کاغذ قطبیده میشود و بارهای مخالف از میله و خرده های کاغذ در مجاور هم القا میشود و عمل ربایش الکتریکی صورت میگیرد.

.....

۲۸

$$C = 1F$$

$$K = 1$$

$$d = 1mm = 10^{-3} m$$

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{f}{m}$$

$$C = K \epsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow 1 = 1 \times 8.85 \times 10^{-12} \times \frac{A}{10^{-3}} \Rightarrow A = 1.13 \times 10^8 m^2$$

۲۹. الف) میدان الکتریکی: از آنجایی که قدرت (استقامت) دی الکتریک بیشینه میدان الکتریکی است که دی الکتریک میتواند بدون فرو ریزش تحمل کند که این پارامتر، معیاری برای فرو ریزش الکتریکی است.

$$E' = \frac{V'}{d'} = \frac{2V}{2d} = \frac{V}{d} = E$$

یعنی میدان بین صفحات خازن جدید برابر میدان میان صفحات خازن قبلی است. بنابراین جرقه حاصل تغییری نمیکند.

ب) ولتاژ دو سر خازن جدید دو برابر ولتاژ دو سر خازن قبلی است.

پ)

$$C = \epsilon_0 \frac{ed}{d} = \epsilon_0 c$$

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

$$C' = \epsilon_0 \frac{ed}{2d}$$

$$C' = \frac{q'}{V'} = \frac{1}{2} e = \frac{1}{2} \frac{q}{V}$$

ت)

$$q = const \rightarrow C' = \frac{q}{2V} = \frac{q'}{V'}$$

۳۰

$$A = 1m^2$$

$$d = 0.5 \times 10^{-3}$$

$$k = 4.9$$

$$C = ?$$

$$C = K \epsilon_0 \frac{A}{d} = 4.9 \times 8.85 \times 10^{-12} \times \frac{1}{0.5 \times 10^{-3}} = 86.73 \times 10^{-9} (C)$$

۳۱

$$u = \frac{q^2 d}{2 \epsilon A} \Rightarrow \text{از رابطه ی ۱ و ۲ داریم:}$$

$$۱) u = \frac{q^2}{2c}$$

$$۲) C = \frac{\epsilon A}{d}$$

مقدار بار  $q$  و مساحت سطح و  $\epsilon$  در دو حالت یکسان است.

چون انرژی ذخیره شده در خازن با فاصله نسبت مستقیم دارد، طبیعی است انرژی خازن در حالت دوم ۲ برابر حالت اول بوده، بنابراین جرعه ی حاصل از تخلیه الکتریکی در حالت دوم بزرگتر از حالت اول است.

۳۲. حالت اول: وقتی ۳ سانتی متر بار از صفحه منفی جدا کرده و به صفحه مثبت می بریم. یعنی به صفحه ی منفی،

۳- سانتی متر و به صفحه مثبت، ۳ سانتی متر بار داده ایم. پس به بار اولیه خازن، ۳ سانتی متر اضافه میشود.

حالت دوم: وقتی ما ۸ ژول انرژی مصرف میکنیم، انرژی درون خازن ذخیره میشود و به انرژی الکتریکی اولیه اضافه میشود.

$$U_r = U_1 + \lambda$$

$$U = \frac{1q_r}{\gamma c} \Rightarrow \frac{q_r}{\gamma c} = \frac{q_1}{\gamma c} + \lambda \Rightarrow c = \mu F$$

$$\frac{q_r}{24} - \frac{q_1}{24} = \lambda \Rightarrow (q_1 + 3)^r - q_1^r = 24 \times \lambda \Rightarrow q_1^r + 6q_1 + 9 - q_1^r = 192 \Rightarrow q_1 = 3 \cdot \Delta mc$$