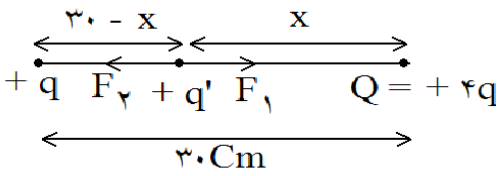
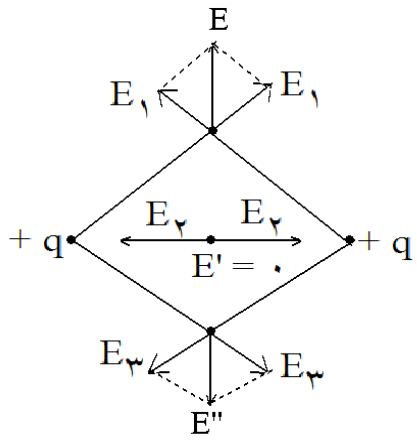
۱- گزینه‌ی ۳ پاسخ صحیح است. برای اینکه بار $q'+$ به حالت تعادل درآید، باید در فاصله‌ای از دو بار دیگر قرار بگیرد که نیروی الکتریکی وارد بر آن از طرف دیگر یکسان باشد. یعنی:



$$F_۱ = F_۲ \Rightarrow \frac{kqq'}{(۳۰ - x)^۲} = \frac{kq'(۴q)}{x^۲} \Rightarrow x^۲ = ۴(۳۰ - x)^۲ \Rightarrow \begin{cases} x = ۲۰\,Cm \\ x = ۶۰\,Cm \text{ غیر قابل قبول} \end{cases}$$

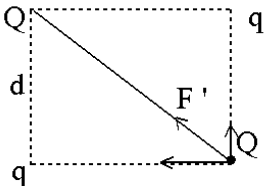
۲- گزینه‌ی ۲ پاسخ صحیح است.



هر نقطه واقع بر عمود منصف یک پاره‌خط از دو سر پاره خط به یک فاصله است. پس شدت میدان الکتریکی حاصل از بارهای $q+$ در هر نقطه از AB برابرند. با توجه به شکل داریم $(E > E' = ۰ = \frac{V}{m})$ و $(E'' > E' = ۰\frac{V}{m})$ و

با توجه به رابطه‌ی $F = Eq$ می‌توان نتیجه گرفت که برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر بار q در حرکت از A به طرف B ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد.

۳- بارهای q و Q باید مختلف‌العلامه باشند تا برآیند نیروهای وارد بر بار Q صفر شود (با توجه به شکل). برآیند دو نیروی F برابر است با :



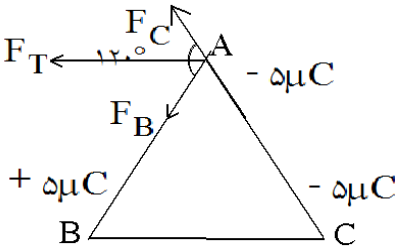
$$(F')^۲ = F^۲ + F^۲ + ۲FF\cos\theta = ۲F^۲ + ۰ \Rightarrow$$

$$F' = \sqrt{۲}F = \sqrt{۲}\frac{kqQ}{d^۲} \quad , \quad F'' = \frac{kQQ}{(\sqrt{۲}d)^۲} = \frac{kQQ}{۲d^۲}$$

$$F' = F'' \Rightarrow \frac{\sqrt{۲}kqQ}{d^۲} = \frac{kQQ}{۲d^۲} \Rightarrow \frac{Q}{q} = ۲\sqrt{۲}$$

چون q و Q مختلف‌العلامه هستند پس $\frac{Q}{q} = -۲\sqrt{۲}$ بنابراین گزینه ۴ جواب صحیح است.

۴- نیروی الکتریکی وارد بر دو بار نقطه‌ای از رابطهٔ $F = \frac{kqq'}{r^2}$ محاسبه می‌شود. طبق شکل مقابل چون مثلث متساوی‌الاضلاع است بنابراین اندازه‌های هریک از نیروهای وارده باهم مساوی و زاویه بین آنها ۱۲۰° است لذا برآیند این دو نیرو برابر یکی از آنها می‌شود و کافی است که یک نیرو را محاسبه کنیم:



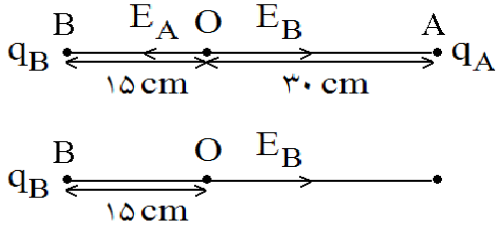
$$F_T = F_B = F_C = \frac{۹\times۱۰^{۹}\times -۵\times۱۰^{-۶}\times ۵\times۱۰^{-۶}}{۱۵^{۲}\times۱۰^{-۴}} = ۱۰\,N$$

بنابراین گزینهٔ ۲ پاسخ صحیح است.

۵-
$$\left.\begin{aligned} F_{AB} &= \frac{kq_Aq_B}{AB^{۲}} \\ F_{BC} &= \frac{kq_Bq_C}{BC^{۲}} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{F_{AB}}{F_{BC}} = \frac{\frac{kq_Aq_B}{AB^{۲}}}{\frac{kq_Bq_C}{BC^{۲}}} = \frac{q_A}{q_C}\times\left(\frac{BC}{AB}\right)^{۲} \Rightarrow$$

$$\frac{q_A}{q_C} = \frac{F_{AB}}{F_{BC}}\times\left(\frac{AB}{BC}\right)^{۲} \Rightarrow \frac{q_A}{q_C} = \frac{۵}{۳}\times\left(\frac{۵}{۱۰}\right)^{۲} = \frac{۵}{۳}\times\frac{۱}{۴} = \frac{۵}{۱۲}$$

بنابراین گزینهٔ ۳ پاسخ صحیح است.

۶-


$$\left.\begin{aligned} E_A &= \frac{kq_A}{(۳۰)^{۲}} \\ E_B &= \frac{kq_B}{(۱۵)^{۲}} \end{aligned}\right\} \Rightarrow E_۱ = E_A - E_B = \frac{k\left(q_B - \frac{q_A}{۴}\right)}{۲۲۵}$$

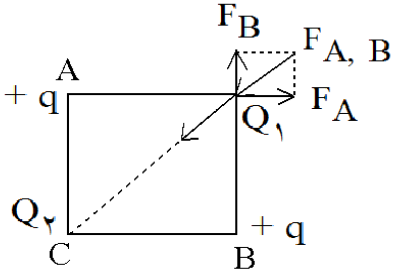
در حالت دوم فقط میدان ناشی از بار q_B وجود دارد:

$$E_B = \frac{kq_B}{(۱۵)^{۲}} \Rightarrow E_۲ = \frac{k}{۲۲۵}q_B$$

$$|E_۱| = |E_۲| \Rightarrow \frac{k}{۲۲۵}\left|q_B - \frac{q_A}{۴}\right| = \frac{k}{۲۲۵}|q_B| \Rightarrow q_B - \frac{q_A}{۴} = -q_B \Rightarrow q_A = ۸q_B \Rightarrow \frac{q_A}{q_B} = ۸$$

بنابراین گزینهٔ ۱ پاسخ صحیح است.

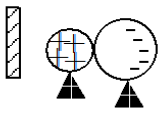
۷- گزینه‌ی ۴ پاسخ صحیح است.



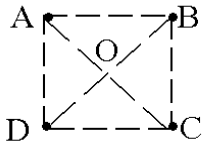
در صورتی که بار $Q_۱$ را مثبت فرض کنیم مطابق شکل نیروهای وارد از طرف بارهای نقطه‌ای A و B رو به بیرون خواهد بود و برآیندی در راستای قطر ایجاد خواهد کرد که الزاماً باید $Q_۲$ منفی باشد تا نیرویی به سمت C به بار $Q_۱$ وارد کند تا برآیند نیروهای وارد بر $Q_۱$ صفر شود. در صورتیکه $Q_۱$ منفی باشد، برعکس حالت قبل، نیروهای اعمال شده از طرف A و B به ترتیب سمت A و B خواهد بود و در نتیجه برآیندشان روی قطر مربع قرار گرفته و در نتیجه باید بار $Q_۲$ به گونه‌ای باشد که $Q_۱$ را دفع کند یعنی $Q_۲$ منفی باشد. بنابراین در هر دو مرحله باید $Q_۲$ منفی باشد.

۸- گزینه‌ی ۲ پاسخ صحیح است. با توجه به قانون کولن $(F = k\frac{q_۱ q_۲}{r^۲})$ واحد ثابت k در دستگاه SI، $\frac{\text{نیوتن .متر مربع}}{(\text{کولن})^۲}$ است و با توجه به رابطه‌ی $k = \frac{۱}{۴\pi\varepsilon_۰}$، واحد $\varepsilon_۰$ در دستگاه SI، $\frac{(\text{کولن})^۲}{\text{نیوتن .متر مربع}}$ می‌باشد.

۹- گزینه ۳ پاسخ صحیح است. تیغه پلاستیکی در اثر مالش با پارچه‌ی پشمی، دارای بار منفی می‌شود پس: چون کاستی الکترون برابر فزونی پروتون است به تعداد بارهای غیر همنام در دو کره به ابعاد آنها بستگی نداشته و یکسان است.



۱۰- گزینه‌ی ۱ پاسخ صحیح است.



$$OA = OB = OC = OD = ۱۰\sqrt{۲}\,cm$$

$$\left.\begin{array}{l}\vec{E}_B = -\vec{E}_D \\ \vec{E}_A = \vec{E}_C\end{array}\right\} \Rightarrow E_t = ۲|E_A| = ۲\frac{Kq_A}{OA^۲}$$

$$\Rightarrow E_t = \frac{۲\times ۹\times ۱۰^{۹}\times ۲۰\times ۱۰^{-۶}}{\left(۱۰\sqrt{۲}\times ۱۰^{-۲}\right)^۲} = ۱۸\times ۱۰^{۶}\,N/C$$

$$F = Eq = ۱۸\times ۱۰^{۶}\times ۱۰\times ۱۰^{-۶} = ۱۸۰N$$

۱۱- گزینه‌ی ۱ پاسخ صحیح است. میله‌ی پلاستیکی بار منفی پیدا می‌کند. علت نزدیک شدن تیغه‌ها این است که بار اولیه‌ی تیغه‌ها مثبت بوده است. علت جدا شدن مجدد آن است که بار منفی میله بسیار زیاد بوده و علاوه بر جذب بار تیغه‌ها به آن‌ها بار منفی القا کرده است.

۱۲- گزینه‌ی ۴ پاسخ صحیح است.

$$F_{1\circ} = \frac{k\,|q_1|\,|q_\circ|}{(2a)^2} = \frac{k\,4|q|\,|q_\circ|}{4a^2} = \frac{k\,|q|\,|q_\circ|}{a^2}$$

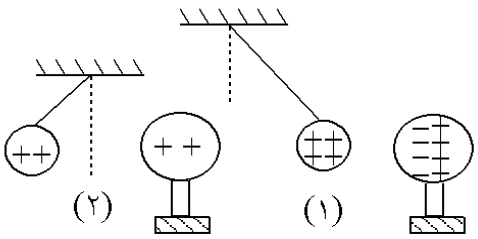
$$F_{2\circ} = \frac{k\,|q_2|\,|q_\circ|}{a^2} = \frac{k\,|q|\,|q_\circ|}{a^2}$$

$$F_{3\circ} = \frac{k\,|q_3|\,|q_\circ|}{b^2} = \frac{k\,2|q|\,|q_\circ|}{b^2} = \frac{2k\,|q|\,|q_\circ|}{b^2}$$

$$F_{4\circ} = \frac{k\,|q_4|\,|q_\circ||}{4b^2} = \frac{k\,8|q|\,|q_\circ|}{4b^2} = \frac{2k|q||q_\circ|}{b^2}$$

$\overrightarrow{F_{1\circ}}$ و $\overrightarrow{F_{2\circ}}$ هم اندازه و در خلاف جهت هم هستند، با هم خنثی می‌شوند. $\overrightarrow{F_{3\circ}}$ و $\overrightarrow{F_{4\circ}}$ هم اندازه و خلاف جهت هم هستند، با هم خنثی می‌شوند. پس برآیند نیروهای کولنی وارد به $q_\circ$، صفر است.

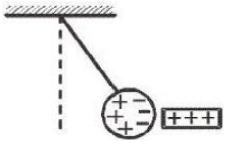
۱۳- گزینه‌ی ۱ پاسخ صحیح است. چون کره‌ی فلزی خنثی است، وقتی آن‌را به آونگ الکتریکی باردار نزدیک می‌کنیم، مطابق شکل، بارهای الکتریکی مثبت و منفی در آن القا شده و بارهای الکتریکی منفی در نزدیکی آونگ الکتریکی فلزی و بارهای مثبت به دورترین نقطه از کره‌ی فلزی، یعنی به انتهای سمت راست آن می‌روند. از آن‌جا که بارهای غیرهم‌نام یکدیگر را می‌ربایند، آونگ الکتریکی جذب کره‌ی فلزی می‌شود. پس از تماس آونگ با کره، بار الکتریکی گلوله‌ی آونگ و کره هر دو مثبت می‌شود و گلوله از کره دور می‌شود.



۱۴- گزینه‌ی ۳ پاسخ صحیح است. چون در نقطه‌ی A سرعت بار الکتریکی q_1 صفر می‌شود، بنابراین انرژی جنبشی بار در این نقطه صفر است و با توجه به این که نیروهای تلف‌کننده‌ی انرژی مکانیکی وجود ندارند، انرژی مکانیکی پایسته می‌ماند و انرژی پتانسیل الکتریکی q_1 در نقطه‌ی A بیشینه است و انرژی مکانیکی بار الکتریکی q_1 در این نقطه برابر با انرژی پتانسیل الکتریکی آن و مخالف صفر می‌باشد. در برگشت از نقطه‌ی A و به هنگام دور شدن دو بار از هم، با افزایش سرعت بار q_1، انرژی جنبشی آن افزایش و انرژی پتانسیل آن کاهش می‌یابد.

۱۵- گزینه‌ی ۱ پاسخ صحیح است. از طریق القاء در کره‌ی A بار منفی جمع می‌شود و در کره‌ی C بار مثبت، حال اگر کره‌ی B را از بین دو کره خارج کنیم، ارتباط آن دو کره (A,C) قطع می‌شود. لذا در کره‌ی C بار مثبت می‌ماند و در کره‌ی A بار مفی (همان الکترون‌هایی که از کره‌ی C جدا شده و به‌کره‌ی A منتقل شده است.)

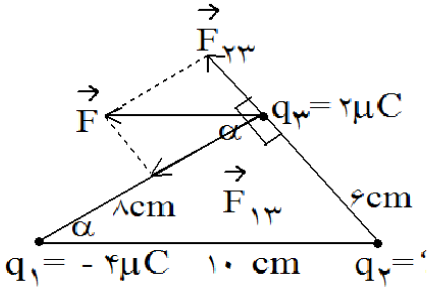
۱۶- گزینه‌ی ۱ پاسخ صحیح است. هرگاه میله‌ی شیشه‌ای را با پارچه‌ی ابریشمی مالش دهیم، میله دارای بار الکتریکی مثبت می‌شود و با نزدیک کردن میله به گلوله‌ی رسانا، در طرفی که نزدیک به میله است، در گلوله بار الکتریکی مخالف میله یعنی بار منفی و در طرف دیگر گلوله بار مثبت القا می‌شود. چون فاصله‌ی بارهای منفی گلوله تا میله کم‌تر از فاصله‌ی بارهای مثبت گلوله تا میله است، نیروی ربایشی میله بر گلوله، بیش‌تر از نیروی رانشی وارد بر آن خواهد بود و در نتیجه گلوله جذب میله می‌شود.



۱۷- گزینه‌ی ۴ پاسخ صحیح است. *) اگر بار دو کره هم‌نام ولی با هم برابر نباشند، بعد از اتصال با هم برابر می‌شوند و نیرو افزایش می‌یابد. *) اگر بارها ناهم‌نام و نامساوی باشد، بعد از اتصال، بارها هم‌نام می‌شود و نیروی جاذبه تبدیل به دافعه می‌شود، یعنی جهت نیرو عوض می‌شود و بسته به شرایط اندازه‌ی نیرو نیز در این حالت ممکن است کاهش یابد.

۱۸- گزینه‌ی ۳ پاسخ صحیح است. از طریق القاء مقدار بیش‌تری از بار الکتروسکوپ به سمت کلاهک منتقل می‌شوند و لذا از بار ورقه‌ها کاسته می‌شود و ورقه‌ها به هم نزدیک می‌شوند.

۱۹- گزینه‌ی ۴ پاسخ صحیح است.

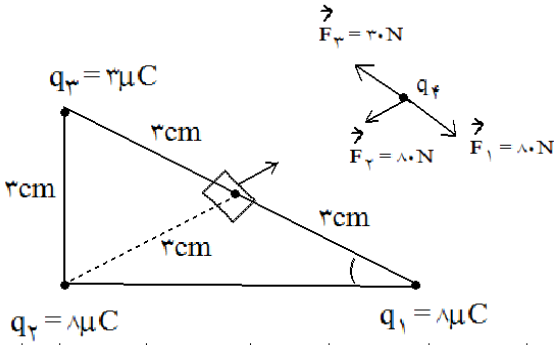


$$\tan\alpha = \frac{۶}{۸} \Rightarrow F_{۲۳} = \frac{۳}{۴}F_{۱۳}$$

$$K\frac{q_۲ q_۳}{r_{۲۳}^{۲}} = \frac{۳}{۴}K\frac{q_۱ q_۳}{r_{۱۳}^{۲}} \Rightarrow$$

$$\frac{q_۲}{۶^{۲}} = \frac{۳}{۴}\times\frac{۴}{۸^{۲}} \Rightarrow q_۲ = \frac{۳\times۳۶}{۶۴} = \frac{۲۷}{۱۶}\mu C$$

۲۰- گزینه‌ی ۲ پاسخ صحیح است. فاصله‌ی همه‌ی بارها از بار $q_۴$ برابر ۳cm است. برای محاسبه‌ی نیرویی که بار $q_۱$ بر بار $q_۴$ وارد می‌کند، می‌توان نوشت:



$$F_۱ = \frac{۹\times۱۰^{۹}\times۸\times۱۰^{-۶}\times۱\times۱۰^{-۶}}{(۰/۰۳)^{۲}} = ۸۰N$$

بنابراین نیروهایی که بارهای $q_۲$ و $q_۳$ بر بار $q_۴$ وارد می‌کنند (با یک تناسب ساده) برابر با $F_۲ = ۸۰N$ و $F_۳ = ۳۰N$ و در جهت‌های نشان داده شده است. برای محاسبه‌ی برایند بردارها، ابتدا برایند $\vec{F}_۱$ و $\vec{F}_۳$ که در یک راستا هستند را به دست می‌آوریم که برابر $F_{۱,۳} = ۸۰-۳۰ = ۵۰N$ می‌شود. برای به دست آوردن برایند $\vec{F}_{۱,۳}$ و $\vec{F}_۲$ با توجه به این که زاویه‌ی بین دو بردار ۱۲۰° است، می‌توان نوشت:

$$F_T^{۲} = F_۲^{۲} + F_{۱,۳}^{۲} + ۲F_۲F_{۱,۳}\cos۱۲۰^\circ \Rightarrow F_T^{۲} = ۸۰^{۲} + ۵۰^{۲} - ۲\times۸۰\times۵۰\times\frac{۱}{۲} = ۴۹۰۰ \Rightarrow F_T = ۷۰N$$