국방정보공학과 1학년 2020032306 송인경

일반물리학2 과제 #1

Q11. a) 먼저, $q_1 = 26.0\mu C = 26\times10^{-6}C$

$q_2 = 47.0\mu C = 47\times10^{-6}C$ 이고, 처음의 q_1, q_2 사이의 정전기력은 $F_1 = 5.70N$이다.

이 때, 처음 q_1, q_2 사이의 거리를 r_1 이라 하면,

Coulomb의 법칙에 의해 $F_1 = \frac{k|q_1||q_2|}{r_1^2} = 5.70N$ 이다.

또한, 거리가 바뀐 후, q_1, q_2 사이의 정전기력은 $F_2 = 0.570N$이다.

바뀐 후의 거리를 r_2라 하면,

마찬가지로 Coulomb의 법칙에 의해 $F_2 = \frac{k|q_1||q_2|}{r_2^2} = 0.570N$ 이다.

여기서, $\frac{F_1}{F_2} = \frac{\frac{k|q_1||q_2|}{r_1^2}}{\frac{k|q_1||q_2|}{r_2^2}} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$ 이므로,

$\frac{r_2}{r_1} = \sqrt{\frac{F_1}{F_2}} = \sqrt{\frac{5.70N}{0.570N}} = \sqrt{10} = 3.16$, 즉, 새로운 거리와 처음 거리의 비율은 3.16이다.

$\boxed{3.16}$

b) Coulomb의 법칙에 의해 $F_2 = \frac{kq_1q_2}{r_2^2}$ 이므로, $r_2^2 = \frac{kq_1q_2}{F_2}$,

$r_2 = \sqrt{\frac{k|q_1||q_2|}{F_2}} = \sqrt{\frac{(8.99\times10^9 N\cdot m^2/C^2)\times|(26\times10^{-6}C)|\times|(47\times10^{-6}C)|}{0.570N}} = 4.39m$ ($\because k = 8.99\times10^9 N\cdot m^2/C^2$)이다.

따라서 새로운 거리는 $r_2 = 4.39m$ 이다. $\boxed{4.39m}$

Q16. 문제에 따르면, 공A, B, C의 전하는 각각 4Q, −12Q, 0 이고, 공A와 공B는 서로 d만큼 떨어진 거리에 고정되어 있다. 이 때, 동일한 두 도체를 접촉하면 전하량이 서로 같아지며, 전하량 보존 법칙에 의해 처음 전하량의 합은 나중 전하량의 합과 같다.

이에 따라, 실험 1에서 공C와 공A가 접촉한 후 전하량은 각각 $\frac{0+4Q}{2} = 2Q$로 같아진다.

그 후 공C가 공B와 접촉하면, 전하량은 각각 $\frac{2Q+(-12Q)}{2} = -5Q$로 같아진다.

마찬가지로 실험 2에서 공C와 공B가 접촉한 후의 전하량은 각각 $\frac{0+(-12Q)}{2} = -6Q$로 같아진다.

그 후 공C가 공A와 접촉하면, 전하량은 각각 $\frac{(-6Q)+4Q}{2} = -Q$로 같아진다.

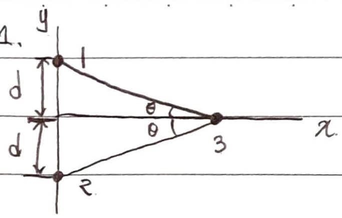
Coulomb의 법칙에 의해, 실험 1에서의 공A와 공B 사이의 정전기력은 $F_1 = \frac{k\times(2Q)\times(-5Q)}{d^2}$ 이고,

실험 2에서의 공A와 공B 사이의 정전기력은 $F_2 = \frac{k\times(-6Q)\times(-Q)}{d^2}$ 이다.

따라서, 이 둘의 비율은 $\frac{F_2}{F_1} = \frac{\frac{k\times(-6Q)\times(-Q)}{d^2}}{\frac{k\times(2Q)\times(-5Q)}{d^2}} = -0.6$

$\boxed{-0.6}$

Q31.



문제에 따르면 입자 1, 2, 3의 전하는 각각 $q_1 = +4e$, $q_2 = +4e$, $q_3 = +8e$ 이고, $d = 17.0\,cm$ 이며 입자 3은 $x=0$ 부터 $x = +5.0m$ 까지 천천히 이동한다.

a) 이 때, 입자 1과 3을 이은 선분과 x축 사이의 각을 θ라 하면,

$\vec{F_{31}} = \vec{F_{31x}} + \vec{F_{31y}} = \vec{F_{31}}\cos\theta + \vec{F_{31}}\sin\theta$ 이다.

마찬가지로 $\vec{F_{32}} = \vec{F_{32x}} + \vec{F_{32y}} = \vec{F_{32}}\cos\theta + \vec{F_{32}}\sin\theta$ 이다.

여기서 $\vec{F_{31}}\sin\theta$ 와 $\vec{F_{32}}\sin\theta$ (각각의 힘의 y성분)은 서로 크기는 같고 방향만 반대이므로 두 입자가 입자 3에 작용하는 전체 힘은,

$\vec{F_{tot}} = \vec{F_{31}} + \vec{F_{32}} = \vec{F_{31}}\cos\theta + \cancel{\vec{F_{31}}\sin\theta} + \vec{F_{32}}\cos\theta + \cancel{\vec{F_{32}}\sin\theta} = \vec{F_{31}}\cos\theta + \vec{F_{32}}\cos\theta$.

따라서, $\cos 90° = 0$ 으로 x성분도 사라지고, y성분도 서로 상쇄되는 지점인 $x=0$ 에 위치할 때 정전기력의 크기가 최소이다. $\boxed{x=0}$

b) a)에서 $\vec{F_{tot}} = \vec{F_{31}}\cos\theta + \vec{F_{32}}\cos\theta$ 이고 Coulomb의 법칙에 의해,

$\vec{F_{tot}} = 2 \times \frac{k \times q_1 \times q_3}{r^2} \times \cos\theta = 2\frac{kq_1q_3}{(d^2+x^2)} \times \frac{x}{\sqrt{d^2+x^2}} = 2kq_1q_3 \times \frac{x}{(d^2+x^2)^{\frac{3}{2}}}$ 이다.

$(\because q_1 = q_2 = +4e,\ r^2 = d^2+x^2,\ \cos\theta = \frac{x}{\sqrt{d^2+x^2}})$

여기서 $\vec{F_{tot}}$ 이 최대가 되기 위한 x 값은 $f(x) = \frac{x}{(d^2+x^2)^{\frac{3}{2}}}$ ($\because k, q_1, q_3$는 상수) 라 하면,

$f'(x) = (d^2+x^2)^{-\frac{3}{2}} - \frac{3}{2}x(d^2+x^2)^{-\frac{5}{2}} \times 2x = \frac{(d^2+x^2) - 3x^2}{(d^2+x^2)^{\frac{5}{2}}} = \frac{d^2-2x^2}{(d^2+x^2)^{\frac{5}{2}}}$ 이다.

$(d^2+x^2)^{\frac{5}{2}} > 0$ 이고 d^2-2x^2는, $2x^2 = (0.17)^2$, $x = \pm 0.12$ 즉 $x = 0.12m$ 일 때 최대이다. $(\because \overset{-0.12}{-}\overset{+0.12}{+}-)$

$\boxed{x = 1.2 \times 10^{-1}\,m}$

c) a)에서 y성분이 서로 상쇄되고, $\cos 90° = 0$ 이므로 정전기력의 최소 크기는 0이다. $\boxed{0}$

d) b)에서 $|\vec{F_{tot}}| = \left|2kq_1q_3 \times \frac{x}{(d^2+x^2)^{\frac{3}{2}}}\right|$ 이고 $x = 12.0\,cm$ 이므로

정전기력의 최대 크기는 $|\vec{F_{tot}}| = \left|2 \times (8.99 \times 10^9\,N \cdot m^2/C^2) \times 4 \times 8 \times (1.602 \times 10^{-19}C)^2 \times \left(\frac{0.12m}{((0.17m)^2+(0.12m)^2)^{\frac{3}{2}}}\right)\right|$

$= 19665 \times 10^{-29}N = 2.0 \times 10^{-25}\,N$ 이다. $(\because k = 8.99 \times 10^9\,N \cdot m^2/C^2,\ e = 1.602 \times 10^{-19}C)$

$\boxed{2.0 \times 10^{-25}\,N}$

Q 35. 입자 1이 입자 3에 작용하는 정전기력은 Coulomb의 법칙에 의해,

$$\vec{F_{31}} = \frac{k q_1 q_3}{(L_{12}+L_{23})^2} = \frac{k q_1 q_3}{(3L_{23})^2} \quad (\because L_{12} = 2.0 L_{23})$$ 이다.

마찬가지로 입자 2가 입자 3에 작용하는 정전기력은 Coulomb의 법칙에 의해,

$$\vec{F_{32}} = \frac{k q_2 q_3}{(L_{23})^2}$$ 이다.

이 때, 입자 1과 입자 2가 입자 3에 작용하는 정전기력은 0 이므로

$$\vec{F_{tot}} = \vec{F_{31}} + \vec{F_{32}} = \frac{k q_1 q_3}{(3L_{23})^2} + \frac{k q_2 q_3}{(L_{23})^2} = 0$$ 이다.

$$\frac{k q_3}{(L_{23})^2}\left(\frac{q_1}{9} + q_2\right) = 0$$ 에서 $q_1 = -9 q_2$ 이므로

q_1 / q_2 의 비율은 $\frac{q_1}{q_2} = -9.0$ 이다.

$\boxed{-9.0}$