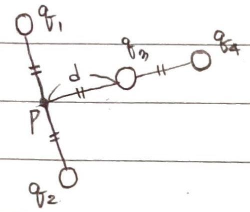
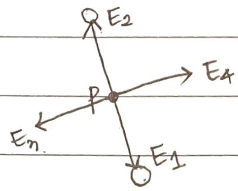
국방정보공학과 1학년 2020072306 송민경

일반물리학 2 과제 #3

Q32.




네 전하 $q_1$, $q_2$, $q_3$, $q_4$가 점 P에 만드는 전기장 벡터를 그림으로 나타내면, 위와 같다.

이 때, $q_1$과 $q_2$는 $q_1 = q_2 = +5e$로 크기는 같고 방향만 반대이므로 서로 상쇄된다.

전기장의 정의인 $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} = k\frac{q}{r^2}\hat{r}$을 이용해 알짜 전기장의 크기를 구해주면,

$E = E_3 + E_4 = \frac{3e}{d^2}k - \frac{12e}{(2d)^2}k = k\left(\frac{3e}{d^2} - \frac{\cancel{12}\,3e}{\cancel{4}d^2}\right) = 0$ ($\because q_3 = +3e$, $q_4 = -12e$)이다.

$\boxed{0}$

Q37. 문제에 따르면, Millikan의 실험에서 반지름 $1.64\mu m = 1.64\mu m \times \frac{10^{-6}m}{\mu m} = 1.64\times10^{-6}m$,

밀도 $0.851\,g/cm^3 = 0.851\,g/cm^3 \times \frac{10^3 kg/m^3}{g/cm^3} = 851\,kg/m^3$의 기름 방울이 아래 방향인 크기

$3.20\times10^5 N/C$의 전기장에 의해 떠있다.

이 때, 기름 방울은 정지 상태이므로 기름 방울에 작용하는 중력과 전기력의 크기는 같다.

$F_g$(중력) $= mg$, $F_e$(전기력) $= qE$ 에서, $mg = qE$ 이고, 구의 부피 공식에 의해

$V = \frac{4}{3}\pi R^3$ 이므로

$$q = \frac{mg}{E} = \frac{V\times\rho\times g}{E} = \frac{\frac{4}{3}\pi\times(1.64\times10^{-6}m)^3\times(851\,kg/m^3)\times(9.8N)}{3.20\times10^5 N/C} \times \frac{e}{1.602\times10^{-19}C}$$

$= 3.00e$ 이다. 여기서 아래 방향인 전기장 안에서 위로 떠있기 위해서는 − 전하이므로

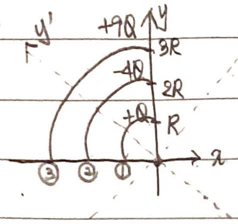
기름 방울의 전하 (a)는 $-3e$ 이다.

위 상황에서 기름 방울에 전자가 하나 더 있다면, 전기력의 크기가 중력의 크기보다

더 커지므로 ($mg < qE$) 위로 올라간다.

(a) $-3e$ (b) 위로 올라간다.

Q59.




xy 좌표계를 45° 회전 시킨 축을 각각 x'축, y'축이라 하면, 세 개의 원호는 y'축에 대해 대칭이므로 x'축 성분은 상쇄되기 때문에 y'축 성분만 고려하면 된다.

원호에 전하가 균일하게 분포하므로 x'축으로 부터 각도 θ에 위치한 미소길이 ds를 고려하면, 선전하 밀도를 λ라 할 때 미소전하 $dq = \lambda ds$ 이다. 이 때, 미소전하는 거리 r인 점 (원점)에 미소 전기장 dE를 만들고, 그 크기는 $dE = \frac{kdq}{r^2} = k\frac{\lambda ds}{r^2}$ 이다.

여기서 y'성분은 $dE_{y'} = dE\sin\theta = \frac{k\lambda ds}{r^2}\sin\theta$ 이고, $s = r\theta$, 즉, $ds = rd\theta$를 이용하면, $dE_{y'} = \frac{k\lambda r d\theta}{r^2}\sin\theta = \frac{k\lambda d\theta}{r}\sin\theta$ 로 나타낼 수 있다.

따라서 $\vec{E}_{y'} = \int_{\frac{3\pi}{4}}^{\frac{\pi}{4}} \frac{k\lambda\sin\theta}{r}d\theta = \left[\frac{k\lambda}{r}(-\cos\theta)\right]_{\frac{3\pi}{4}}^{\frac{\pi}{4}} = \frac{k\lambda}{r}\left(-\frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{2}\right) = -\frac{\sqrt{2}k\lambda}{r}$ 이다.

이 때, $\lambda = \frac{q}{l} = \frac{q}{2\pi r \times \frac{1}{4}} = \frac{2q}{\pi r}$ 이므로 각 원호의 전기장을 구하면,

$$\vec{E}_① = -\frac{\sqrt{2}k}{r} \times \frac{2q}{\pi r} = -\frac{\sqrt{2}k}{R} \times \frac{2Q}{\pi R} = -\frac{2\sqrt{2}kQ}{\pi R^2} \quad (\because q = +Q,\ r = R)$$

$$\vec{E}_② = -\frac{\sqrt{2}k}{r} \times \frac{2q}{\pi r} = -\frac{\sqrt{2}k}{2R} \times \frac{-8Q}{\pi(2R)} = \frac{2\sqrt{2}kQ}{\pi R^2} \quad (\because q = -4Q,\ r = 2R)$$

$$\vec{E}_③ = -\frac{\sqrt{2}k}{r} \times \frac{2q}{\pi r} = -\frac{\sqrt{2}k}{3R} \times \frac{18Q}{\pi(3R)} = -\frac{2\sqrt{2}kQ}{\pi R^2} \quad (\because q = +9Q,\ r = 3R)$$ 이다.

따라서 전체 전기장의 크기는

$$|\vec{E}_{net}| = |\vec{E}_① + \vec{E}_② + \vec{E}_③| = \left|-\frac{2\sqrt{2}kQ}{\pi R^2}\right|$$

$$= \frac{2\sqrt{2}(8.99\times10^9\ N\cdot m^2/C^2)(4.00\mu C \times \frac{10^{-6}C}{\mu C})}{\pi \times (5.00cm \times \frac{1m}{100cm})^2}$$

$= 1.30\times10^7\ N/C$ 이다. ($\because k = 8.99\times10^9\ N\cdot m^2/C^2$, $Q = 4.00\mu C$, $R = 5.00cm$).

이 때, 전기장의 방향은 y'축 기준 ⊖ 즉, y'축 음의 방향이므로,

x축 기준 −45° 방향이다.

$$\boxed{\text{(a) } 1.30\times10^7\ N/C \quad \text{(b) } -45°}$$