

물리 2 및 실험 중간시험

학과 _____ 학번 _____ 이름 _____

점수

학기: 2008년 2학기 일시: 2008. 10. 21 (화) 오후 6:00

[학습성과 1 : 70%, 학습성과 4 : 30%]

*주의사항: 1. 특별한 지시가 없는 한, 모든 주관식 문제의 풀이과정을 논리정연하게 보여야함
2. 계산기는 쓰지 말 것 3. 뒷면에도 문제가 있음 4. 난이도는 주관적일 수 있음

1. 점전하로 다룰 수 있을 정도로 아주 작은 두 개의 금속구가 30 cm 떨어져 있다. 두 구는 같은 양의 음의 전하를 가지고 있으며 0.1 N의 힘으로 서로 밀고 있다. (쿨롱상수는 $k=9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ 로 계산하라.) [15점, 난이도 하]

(가) 두 금속구 사이의 거리가 15 cm로 가까워지면 두 구 사이의 척력의 세기는 얼마가 되는가? [5점]

$F \propto \frac{1}{r^2}$ 이므로 4배가 된다.

답: 0.4 N

(나) 각 구의 전하는 얼마인가(부호포함)? [10점]

$$F = k \frac{q^2}{r^2} = 0.1 \text{ N}$$

$$q = \left(\frac{r^2 \times 0.1 \text{ N}}{k} \right)^{1/2} = \left(\frac{(0.3 \text{ m})^2 \times 0.1 \text{ N}}{9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2} \right)^{1/2}$$

$$= 10^{-6}$$

답: -1 μC

2. x축 위에서 원점에 -4q의 전하가 있고 6m 지점에 +q의 전하가 놓여 있다. [15점, 난이도 중]

(가) 이 두 전하에 의한 전기장의 세기가 0이 되는 지점은 어디인가? [10점]

x축 위의 임의의 점에서의 전기장은

$$E = k \frac{(-4q)}{|x|^2} + k \frac{q}{|x-6|^2} = 0$$

$$\frac{-4}{|x|^2} + \frac{1}{|x-6|^2} = 0$$

$$\text{오른쪽에서 } \frac{1}{(x-6)^2} = \frac{4}{x^2} \quad x^2 - 16x + 46 = 0$$

$$(x-4)(x-12) = 0 \quad x > 6 \text{ 이므로 } \text{답: } x = 12 \text{ m}$$

(나) 두 전하로부터 무한대만큼 먼 곳의 전위가 0이라면 x축 위의 10 m 지점에서 두 전하에 의한 전위는 얼마인지 쿨롱상수 k와 q를 이용하여 나타내시오. [5점]

$$V = \sum_i \frac{kq_i}{r_i} = \frac{k(-4q)}{10} + \frac{kq}{4}$$

$$= \frac{-16kq + 10kq}{40} = \frac{-6kq}{40}$$

답: $-\frac{3}{20} kq$

3. 일정한 전기장이 양의 x축 방향으로 형성되어 있다. a와 b는 x축 위의 두 점으로 각각 1 m와 5 m 지점에 있다. [20점, 난이도 중]

(가) $V_b - V_a$ 는 양인가 음인가? [5점]

전기장은 전위가 높은 곳에서 낮은 곳으로 흐르므로

$V_a > V_b$ 이다.

답: $V_b - V_a < 0$

(나) 이 전기장 안에서 $x = 3 \text{ m}$ 지점에 전자 ($q = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$)를 가만히 놓으면 전자가 움직이는 방향은 a쪽인가 아니면 b쪽인가? [5점]

$\vec{F} = q\vec{E}$ $q < 0$ 이므로 전기장과 반대 방향으로 간다

답: a 방향

(다) 전기장이 $\vec{E} = 9 \times 10^{-3} \hat{i} \text{ N/C}$ 이라면 (나)의 전자가 전기장 안에서 2 m 움직이는데 걸리는 시간은 얼마인가? (전자의 질량은 $m = 9 \times 10^{-31} \text{ kg}$ 으로 계산하라.) [10점]

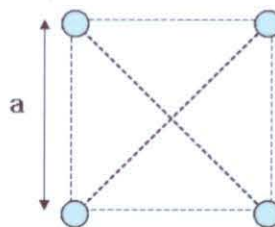
$$F = ma = qE \quad a = \frac{qE}{m} \text{ 이고}$$

$$x = \frac{1}{2} at^2 \text{ 이므로 } t = \sqrt{\frac{2x}{a}} = \sqrt{\frac{2x \cdot m}{qE}}$$

$$\Rightarrow t = \sqrt{\frac{2 \times 2 \text{ m} \times 9.0 \times 10^{-31} \text{ kg}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 9 \times 10^{-3} \text{ N/C}}}$$

답: $0.5 \times 10^{-4} \text{ 초}$

4. 다음 그림과 같이 한 변의 길이가 a인 정사각형이 있다. [20점, 난이도 중]



(가) 서로 무한한 거리만큼 떨어져 있던 양전하 네 개를 위 그림과 같이 네 모서리로 가져오는데 필요한 일을 구하시오. (양전하의 크기는 q로 모두 같으며, 쿨롱상수 k는 숫자로 바꾸지 말라.) [10점]

$$U = \frac{1}{2} \sum_i q_i V_i \text{ 에서 } q \text{ 값이 모두 같고 대칭을 이용하면}$$

$$U = 4 \times \frac{1}{2} \times q \times \left(\frac{kq}{a} + \frac{kq}{a} + \frac{kq}{\sqrt{2}a} \right)$$

$$= 2q \times \frac{kq}{a} \left(2 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

$$= \frac{kq^2}{a} (4 + \sqrt{2})$$

답: $\frac{kq^2}{a} (4 + \sqrt{2})$

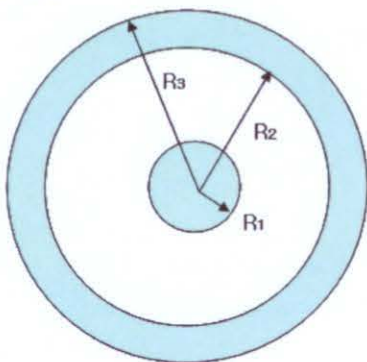
(나) 그림과 같이 전하가 분포될 때 정사각형 중심에 서의 전기장의 크기와 전위를 구하시오. [10점]

모두 모두 같으므로 중심에서 전기장은 모두 상쇄되고 $V = \sum \frac{kq_i}{r_i}$ 이므로

$$V = 4 \times \frac{kq}{\left(\frac{\sqrt{2}}{2}a\right)} = \frac{8kq}{\sqrt{2}a}$$

$$\text{답: } E = 0, V = \frac{8kq}{\sqrt{2}a} \text{ 또는 } \frac{4\sqrt{2}}{a}kq$$

5. 전체 전하가 $-6\mu\text{C}$ 을 지닌 도체구(반경 $R_1 = 10\text{cm}$)가 $+9\mu\text{C}$ 을 지닌 도체 구껍질(내경 $R_2 = 25\text{cm}$, 외경 $R_3 = 35\text{cm}$)의 중심에 놓여있다. (쿨롱상수는 $k = 9 \times 10^9 \text{Nm}^2/\text{C}^2$ 로 계산하라.) [15점, 난이도 상]



(가) 구껍질 안쪽 면($r = R_2$)에 분포된 전하는 얼마인가? [5점]

구껍질이 도체이므로 내부전기장을 0으로 만들기 위해 안쪽면에 $+6\mu\text{C}$ 이 분포된다

$$\text{답: } +6\mu\text{C}$$

(나) 가우스법칙을 이용하여 중심으로부터 30cm 와 40cm 만큼 떨어진 점에서의 전기장을 각각 구하시오. ($\epsilon_0 = 1/4\pi k$ 이며, 구와 껍질은 도체임을 이용하라.) [10점]

$r = 30\text{cm}$, 도체구껍질 내부이므로

$$\text{답: } E = 0$$

$r = 40\text{cm}$

$$\phi = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{\text{inside}}}{\epsilon_0}, \epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} \text{ 이므로 } Q_{\text{inside}} = 3\mu\text{C} \text{ 이다.}$$

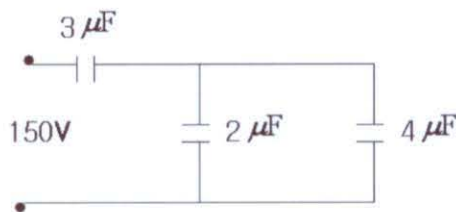
$$E \cdot 4\pi r^2 = \frac{Q_{\text{inside}}}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{Q_{\text{inside}}}{4\pi r^2 \epsilon_0} = \frac{3\mu\text{C}}{4\pi \times (0.4\text{m})^2} \times 4\pi \times 9 \times 10^9 \text{Nm}^2/\text{C}^2$$

$$= \frac{27 \times 10^3}{16 \times 10^{-2}} \text{N/C} = \frac{27}{16} \times 10^5 \text{N/C}$$

$$\text{답: } \frac{27}{16} \times 10^5 \text{N/C at } r = 40\text{cm}$$

6. 다음 회로를 보고 아래 문제들에 답하라. [15점, 난이도 상]



(가) 단자 사이의 등가전기용량을 구하시오. [5점]

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{3\mu\text{F}} + \frac{1}{(2\mu\text{F} + 4\mu\text{F})}$$

$$= \frac{1}{3} + \frac{1}{6} = \frac{3}{6} = \frac{1}{2}$$

$$\text{답: } C_{eq} = 2\mu\text{F}$$

(나) $4\mu\text{F}$ 축전기에 축적된 전하량은 얼마인가? [5점]

$$Q_{\text{전지}} = C_{eq} \times V = 2\mu\text{F} \times 150\text{V} = 300\mu\text{C}$$

$Q = CV$ 에서 Q 는 C 에 비례하고 $2\mu\text{F}$ 과 $4\mu\text{F}$ 이 걸리는 전압은 같으므로

$$Q_{4\mu\text{F}} = 300\mu\text{C} \times \frac{4}{6} = 200\mu\text{C}$$

$$\text{답: } 200\mu\text{C}$$

(다) 각각의 축전기에 유전상수 $\kappa = 2$ 인 물질을 넣으면 등가전기용량은 얼마가 되는가? [5점]

$$C_{eq}' = \kappa C_{eq} = 4\mu\text{F}$$

$$\text{답: } 4\mu\text{F}$$