

# 물리 2 및 실험 중간시험

학과 \_\_\_\_\_ 학번 \_\_\_\_\_ 이름 \_\_\_\_\_

학기: 2012년 2학기 일시: 2012. 10. 22 (월) 오후 7:00

[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

점수

**\*\*아래의 모든 문제에서 쿨롱상수 k는 문자로 그냥 쓰시오.**

1. 다음 각각의 문장이 맞으면 ○, 틀리면 X로 표시하라. (15점, 난이도 중, 각 3점)

(가) 각 Q, -Q/2의 전하가 대전된 동일한 도체구를 접촉시킨 후 접촉전과 같은 거리로 두면 두 도체구 사이의 쿨롱 힘은 1/8배가 된다. ( ○ )

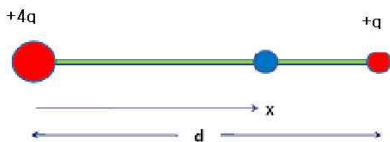
(나) 원통형 축전기에 걸린 전위가 20 V에서 80 V로 증가 되면 전기 용량은 1/4배가 된다. ( X )

(다) 정전기적 평형에서 도체 안의 전위는 0이다. ( X )

(라) 임의의 정육면체와 구의 중심에 각각 점전하q가 있다. 정육면체 표면을 통과하는 총 전기선속은 구의 표면을 통과하는 총 전기선속과 같다. ( ○ )

(마) 전위를 가장 큰 비율로 감소하게 하려면 전기장에 수직으로 움직여야 한다. ( X )

2. 전하량이 각각 4q와 q인 두 개의 대전된 작은 구가 절연된 길이가 d인 막대 끝에 고정되어 있다. 전하를 띤 세 번째 구가 자유로이 움직일 수 있도록 막대에 끼워져 있다. 세 번째 구가 움직이지 않고 평형상태에 있을 수 있는 x를 구하라. (10점, 난이도 중)



세 번째 구의 전하량 Q

$$k \frac{4qQ}{x^2} \hat{i} + k \frac{qQ}{(d-x)^2} (-\hat{i}) = 0$$

$$\frac{4}{x^2} = \frac{1}{(d-x)^2}, \quad 4(d-x)^2 = x^2$$

$$x = \frac{2}{3}d \text{ or } x = 2d$$

평형점은 q와 4q사이에 존재 함으로

$$\therefore x = \frac{2}{3}d$$

3. X축 방향의 균일한 전기장  $\vec{E} = 8 \times 10^4 \text{ V/m } \hat{i}$  안에 질량  $m = 1 \times 10^{-27} \text{ kg}$ 이고 전하량  $q = 2 \times 10^{-19} \text{ C}$ 인 양전하가 정지 상태로 놓여졌다. 이 전하가 전기장에 의해 가속되어  $d = 0.5 \text{ m}$  만큼 이동한 순간 **속력**과 **이동방향**을 구하시오. (15점, 난이도 중)

$$q\Delta V = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 = \frac{1}{2}mv_f^2$$

$$\Delta V = -Ed$$

$$v_f = \sqrt{\frac{2qEd}{m}} = \sqrt{\frac{2(2 \times 10^{-19})(8 \times 10^4)(0.5)}{(1 \times 10^{-27})}} = 4 \times 10^6 \text{ m/s}$$

x축의 양의 방향

또는

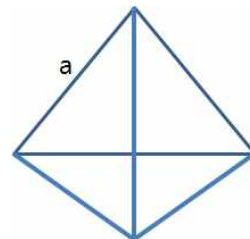
$$v_f^2 - v_i^2 = 2ad, \quad \vec{F} = m\vec{a} = q\vec{E}$$

$$v_f^2 - 0 = 2 \times (16 \times 10^{12}) \times 0.5 = 16 \times 10^{12} \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\therefore v_f = 4 \times 10^6 \text{ (m/s)}$$

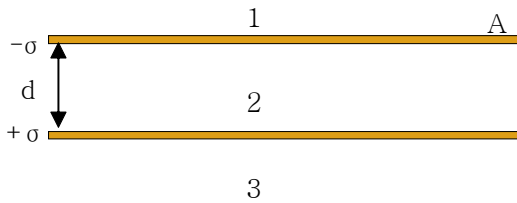
이동 방향은 전기장과 동일한 방향인 +x축 방향.

4. 각각 q의 같은 전하량을 가진 네 개의 점전하들이 처음에 서로 무한히 멀리 떨어져서 정지해 있다. 점전하들을 한 변의 길이가 a인 정사면체의 네 귀퉁이로 가져오는 데 필요한 총 일을 계산하라. (10점, 난이도 하)



$$U_e = \frac{1}{2} \times 4 \times q \times (3 \frac{kq}{a}) = \frac{6kq^2}{a}$$

5. 그림은 진공 중에 놓여있는 평행한 두 도체 판으로 이루어진 평행판 축전기를 보여주고 있다. 축전기 도체 판들의 각 면적은 A, 사이 간격은 d이며 위 도체 판은  $-\sigma$ 의 면전하밀도로 아래 도체 판은  $+\sigma$ 의 면전하 밀도로 균일하게 대전되어 있다. 두 도체 판은  $d \ll \sqrt{A}$  이므로 축전기의 가장자리를 제외하고는 무한 평면 판의 경우로 근사 시킬 수 있다고 가정하자. (15점, 난이도 중)



(가) 1, 2, 3, 각 구간에서 전기장의 크기를 구하여라. (5점)

그림처럼  $+\sigma$  와  $-\sigma$ 의 면전하밀도로 균일하게 대전된 무한평면들이  $z=0$ 과  $z=d$ 인 평면에 놓여 있을 경우

1)  $+\sigma$ 로 대전된 무한평면에 의한 전기장은 다음과 같고

$$\vec{E}_+ = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \hat{k} (z > 0), \vec{E}_+ = -\frac{\sigma}{2\epsilon_0} \hat{k} (z < 0)$$

2)  $-\sigma$ 로 대전된 무한평면에 의한 전기장은 다음과 같다.

$$\vec{E}_- = -\frac{\sigma}{2\epsilon_0} \hat{k} (z > d), \vec{E}_- = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \hat{k} (z < d)$$

각 구간의 전기장은 선형 중첩의 원리에 의해  $\vec{E} = \vec{E}_+ + \vec{E}_-$ 로 구한다.

따라서 구간 1, 2, 3의 전기장을 각각  $\vec{E}_1, \vec{E}_2, \vec{E}_3$ 라 하면

$$\vec{E}_1 = \vec{E}_3 = -\frac{\sigma}{2\epsilon_0} \hat{k} + \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \hat{k} = 0, \vec{E}_2 = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \hat{k} + \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \hat{k} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \hat{k}$$

$$\therefore |\vec{E}_1| = |\vec{E}_3| = 0, |\vec{E}_2| = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

(나) 도체판 사이의 전위차를 구하여라. (5점)

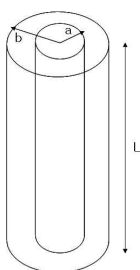
$$\Delta V = - \int_d^{0} \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_0^d \frac{\sigma}{\epsilon_0} dz = \frac{\sigma}{\epsilon_0} d \text{ 또는}$$

$$|\Delta V| = | - \int_0^d \vec{E} \cdot d\vec{l} | = \frac{\sigma}{\epsilon_0} d$$

(다) 이 축전기의 전기 용량 상수 C를 구하여라. (5점)

$$V = \frac{\sigma A}{\epsilon_0 A} d = \frac{Q}{\epsilon_0 A} d, \therefore C = \frac{A\epsilon_0}{d}$$

6. 다음 그림과 같이 각각의 반경이 a와 b ( $a < b$ )이고 길이가 L인 원통형 축전기가 있다. 반경 a인 도체 원통은 전하 Q로 대전되어 있고 반경 b인 동축 원통 껍질은  $-Q$ 로 대전되어 있다. 이 축전기는  $L \gg b > a$ 이므로 원통의 양끝을 제외하고는 무한 원통의 경우로 근사할 수 있다고 가정하자. 대칭축으로부터의 거리를 r이라할 때 아래에 답하시오. (20점, 난이도 상)



(가) 반경 a인 원통의 면전하 밀도를 구하시오. (5점)

$$2\pi a L \sigma = Q, \quad \sigma = \frac{Q}{2\pi a L}$$

(나)  $r < a$  영역에서 가우스 법칙을 이용하여 전기장을 구하시오. (5점)

$$\vec{E} = 0$$

(다)  $a < r < b$  인 영역에서 가우스 법칙을 이용하여 전기장을 구하시오. (5점)

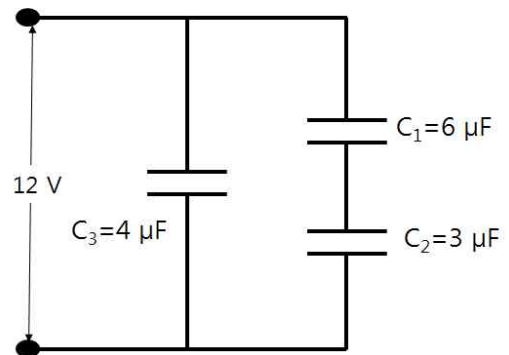
$$EA = E 2\pi r l = \frac{Q/L}{\epsilon_0} l \quad \therefore \vec{E} = \frac{Q}{2\pi \epsilon_0 L} \frac{1}{r} \hat{\rho}$$

(라) 두 원통껍질 사이의 전위차를 구하여라. (5점)

$$\Delta V = - \int_b^a \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \frac{Q}{2\pi L \epsilon_0} \ln \frac{b}{a}$$

$$\text{또는 } \Delta V = \left| - \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l} \right| = \left| \frac{Q}{2\pi L \epsilon_0} \ln \frac{a}{b} \right|$$

7. 세 개의 축전기가 아래 그림과 같은 회로로 연결되어 있다. (15점, 난이도 상)



(가) 이 회로의 등가 전기 용량을 구하시오. (5점)

$$C = \frac{1}{\frac{1}{6} + \frac{1}{3}} + 4 = 6 \mu F$$

(나)  $C_2$  축전기에 축적되는 전하량을 구하시오. (5점)

$$12V = V_1 + V_2 = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} = Q \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2}$$

$$Q = 12V \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = 12 \times \frac{3 \times 6}{3 + 6} \mu C = 24 \mu C$$

(다)  $C_3$  축전기에 저장된 에너지를 구하시오. (5점)

$$U_3 = \frac{1}{2} C_3 V^2 = \frac{1}{2} 4 \mu F (12V)^2 = 288 \mu J$$