

물리 2 및 실험 중간시험

학과

학번

이름

점수

학기: 2014년 2학기

일시: 2014. 10. 20 (월) 오후 7:00~8:00

[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

- 다음 각각의 문장이 맞으면 ○, 틀리면 X로 표시하라. (각2점, 총20점, 난이도 중)
 - (가) 같은 종류의 전하 사이에는 서로 당기는 힘이 작용한다. ----- (X)
 - (나) 고정되어 있는 양전하와 음전하 사이에는 제3의 전하가 힘을 받지 않는 위치가 존재한다. ----- (X)
 - (다) 전기장 내에서 양전하는 전기장의 방향으로 힘을 받는다. ----- (○)
 - (라) 가우스법칙을 표현하는 수식에 나타나는 전기장 \vec{E} 는 가우스면의 내부와 외부의 모든 전하에 의한 것이다. (○)
 - (마) 전하가 일정하게 분포되고, 높이와 반지름이 같은 원통 내부의 전기장은 가우스법칙을 이용하여 구할 수 있다. ----- (X)
 - (바) 속이 빈 도체에 알짜전하가 +3Q가 분포되어 있다. 이 도체의 내부 빈 공간에 점전하 +Q를 넣으면 도체 안쪽 표면에 유도되는 총전하량은 도체의 모양이나 전하의 위치에 관계없이 -Q 이다. ----- (○)
 - (사) 전기장은 등전위면에 평행하다. ----- (X)
 - (아) 원통의 표면에서의 전기장의 정보를 알면 원축적으로 내부의 알짜전하량을 알 수 있다. ----- (○)
 - (자) 두 개의 축전지를 직렬로 연결하면 등가전기용량은 두 축전지의 용량 중 작은 값보다는 크다. ----- (X)
 - (차) 축전지의 전기용량은 걸어진 전압에 무관하게 일정하다. ----- (○)

- 각 각 Q, -Q/2의 전하가 대전된 동일한 도체구 사이에는 인력(당기는 힘)이 작용한다. 이 둘을 접촉시킨 후 접촉전과 같은 거리에 두면, 두 도체구 사이의 쿨롱 힘은 접촉전에 비교하여 그 **크기와 힘의 종류**가 어떻게 변하겠는가? (두 도체구는 크기를 무시할 수 있을 정도로 작다고 가정한다.)(10점, 난이도 중)

접촉전의 힘 $F_i = k \frac{Q(-Q/2)}{r^2} = -k \frac{Q^2}{2r^2}$, 접촉 후에는 총전

하를 나누어 가지므로, $F_f = k \frac{(Q/4)^2}{r^2} = k \frac{Q^2}{16r^2} = -\frac{1}{8} F_i$.

종류는 척력으로 바뀌고, 크기는 1/8로 줄어듦.

- x축 위의 원점에 -9 C의 전하, $x = 1$ m 위치에 4 C의 전하가 각각 놓여 있다. x축 위에 제 3의 양전하 q를 놓을 때, 양전하 q가 느끼는 **알짜 힘이 0이 되는 위치**를 구하라. (10점, 난이도 하)

$$F = k \frac{qq_1}{r_1^2} + k \frac{qq_2}{r_2^2} = 0,$$

$$\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{-\frac{q_1}{q_2}} = \sqrt{-\frac{-9}{4}} = \frac{3}{2},$$

$$x = 3 \text{ m}$$

- 아래에서 윗방향으로 50 N/C의 균일한 전기장을 걸려 있는 영역에 지름이 6 m, 높이가 4 m인 원뿔을 세워놓았다. 원뿔의 밑면을 통해 들어가는 전기선속의 양 ϕ_{in} 과 나머지 옆면을 통해 나가는 전기선속의 양 ϕ_{out} 을 각각 구하라. (π값은 기호로 남겨두어도 좋다.)(10점, 난이도 하)

전기선속

아래면: $\vec{E} \cdot \vec{A} = 50\hat{z} \cdot (-3^2\pi\hat{z}) = -450\pi \text{ (N/C)}$

‘-’부호는 들어가는 양을 의미하므로

ϕ_{in} 은 절대값을 써도 ○

$$\int_{\text{원뿔}} \vec{E} \cdot d\vec{a} = \int_{\text{밑면}} \vec{E} \cdot d\vec{a} + \int_{\text{옆면}} \vec{E} \cdot d\vec{a} = 0;$$

$$\int_{\text{옆면}} \vec{E} \cdot d\vec{a} = - \int_{\text{밑면}} \vec{E} \cdot d\vec{a} = 450\pi \text{ (N/C)}$$

- 그림과 같이, **한 변의 길이가 $a = 2\text{m}$ 인 정사각형**의 세 꼭지점에 전하들이 위치하고 있다. 이들의 전하량은 $q_1 = +1nC$, $q_2 = +1nC$, $q_3 = -3nC$ 이다. (쿨롱상수

$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ 을 이용.)

(15점 난이도 중)

- (가) 정사각형의 **중양**에서의 **전위**는 얼마인가? (5점)

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r},$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left\{ \frac{(+1+1-3) \times 10^{-9} \text{ C}}{\sqrt{2} m} \right\}$$

$$= (9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2) \frac{(-1 \times 10^{-9} \text{ C})}{\sqrt{2} m}$$

$$= -9 / \sqrt{2} \text{ V}$$

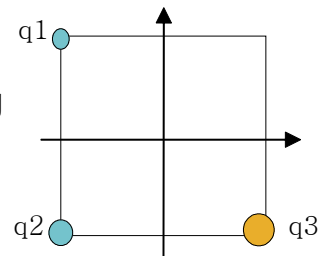
- (나) 세 전하가 위와 같이 모여 있는 상태의 **정전기위치에너지**는 얼마인가? (10점)

$$U_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left\{ \frac{q_1 q_2}{r_{12}} + \frac{q_2 q_3}{r_{23}} + \frac{q_1 q_3}{r_{13}} \right\}$$

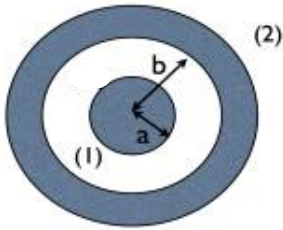
$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{(1)+(-3)}{2m} + \frac{(-3)}{2\sqrt{2}m} \right] \times 10^{-18} \text{ C}^2$$

$$= (9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2) \left[\frac{(-3)}{2\sqrt{2}m} + \frac{(-2)}{2m} \right] \times 10^{-18} \text{ C}^2$$

$$= \frac{-(18\sqrt{2}+27)}{2\sqrt{2}} \times 10^{-9} \text{ J}$$



6. 가운데 반지름이 a 인 무한히 긴의 도선이 있고 이를 두께가 있는 원통형 도체(내부 반지름이 b)가 이를 둘러싸고 있다. 둘 사이의 영역(1)은 빈 공간으로 그 단면이 다음의 그림과 같다. 가운데 도선에는 단위길이당 3λ 의 알짜전하가 분포되어 있다. 원통형 도체의 바깥 부분은 영역(2)라고 하자. (20점, 난이도 상)



(가) 외부 원통형도체에 단위길이당 분포된 알짜전하가 2λ 일 때, 원통형도체 껍질의 안쪽 표면과 바깥 표면에 각각 단위길이당 분포하는 전하량은? (5점)

껍질 안쪽 표면 -3λ

껍질 바깥쪽 표면 $2\lambda + 3\lambda = 5\lambda$

(나) 위의 (가)번과 같은 전하 분포의 경우에 영역(1)과 영역(2)에서 각각의 전기장을 Gauss법칙을 써서 구하라.

(5점)

detail 생략

$$\text{영역(1)} \quad E_1 = \frac{3\lambda}{2\epsilon_0 \pi r}$$

$$\text{영역(2)} \quad E_2 = \frac{5\lambda}{2\epsilon_0 \pi r}$$

(다) 위와 같은 형태의 두 개의 도체로 이루어진 이 구조는 원통형 축전지의 역할을 할 수 있다. 이 축전지의 길이가 L 로 유한할 때 전기용량을 구하라. L 은 가장자리효과를 무시할 수 있을 정도로 길다고 가정하자. 즉, $L \gg a, b$. (내부 도선과 원통형 도체 껍질에 각각 단위길이당 $+3\lambda$ 와 -3λ 의 알짜전하가 대전되어 있는 경우를 생각해서 계산해 보라.) (10점)

두 극판사이의 전위차는 $\Delta V = - \int E \cdot dr$ 이므로

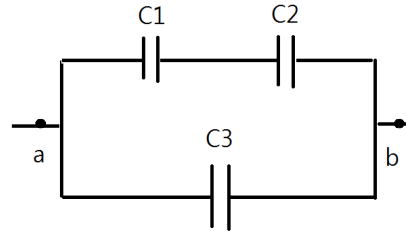
$$\Delta V = \frac{3\lambda}{2\pi\epsilon_0} \int_a^b \frac{1}{r} dr = \frac{3\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{b}{a} \quad \text{이다.}$$

$$\text{전기용량은} \quad C = \frac{3\lambda L}{|\Delta V|} = \frac{3\lambda L}{\frac{3\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{b}{a}} = \frac{2\pi\epsilon_0 L}{\ln \frac{b}{a}}$$

이다.

7. 다음의 3개의 축전기로 구성된 회로가 있다.

각각의 전기용량은 $C_1 = 15\mu\text{F}$, $C_2 = 30\mu\text{F}$, $C_3 = 10\mu\text{F}$ 이다. (15점, 난이도 중)



(가) a 와 b 점 사이의 등가 전기용량을 구하라. (5점)

C_1 과 C_2 는 직렬연결이므로 $\frac{15 \times 30}{15 + 30} = 10\mu\text{F}$ 이고,

C_3 와 병렬연결이므로 더하여 $20\mu\text{F}$ 가 된다

(나) a 와 b 점 사이의 전위차가 10V 라면 C_1 축전기에 저장된 전하량은 얼마인가? (5점)

a 와 b 점 사이의 전체 전하량은 $Q_{ab} = C_{eq} V = 20\mu\text{F} \times 10\text{V} = 200\mu\text{C}$

이 전하량은 위와 아래로 나뉘어지는데 C_1 과 C_2 합과 C_3 는 같으므로 위 아래 절반씩 각각 $100\mu\text{C}$ 씩 나누어진다. 그런데 C_1 과 C_2 는 직렬연결이므로 같은량의 전하가 충전된다.

따라서 $C_1 = 100\mu\text{C}$

(다) a 와 b 점 사이의 전위차가 10V 일 때, C_2 축전기에 저장된 전기에너지는 얼마인가? (5점)

$$U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C_2} = \frac{1}{6} \text{ mJ}$$