<< 문제지에 풀이와 답을 작성하여 제출하십시오. >>

0000 년 00 학기 00 고사		과 목 명	물리학 16장 기출문제 답안지	학 과		학 년		감 독 교 수 확 인
출 제	공동 출제			학 번				
편 집	송 현 석			성 명				
			○		○			점 수
시험일시	0000. 00. 00							

[주의 사항] 1. 계산기는 사용할 수 없습니다.

2. 단위가 필요한 답에는 반드시 SI 체계로 단위를 표기하시오.

[2008년 2학기 중간고사 5번] - 예제 16.2 참고

1. 정사면체 내부 중앙에 점전하 $2q$가 놓여 있다. 한 면을 통과하는 전기선속을 구하여라.

$$\Phi_E = \frac{q_{in}}{\epsilon_0} \quad \Rightarrow \quad \Phi_E = \frac{1}{4}\frac{2q}{\epsilon_0} = \frac{q}{2\epsilon_0}$$

($\Phi_E = \dfrac{q}{2\epsilon_0}$)

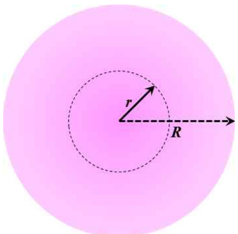
[2014년 2학기 중간고사 4번]

2. 전하들이 대칭적인 구조를 이룰 때 가우스 법칙을 활용하면 쉽게 전기장($\vec{E}$)을 구할 수 있다. 가우스 법칙에 따르면 폐곡면(닫힌곡면)을 지나는 전기 선속을 모두 합하면, 곡면 내부에 있는 총 전하량(q)에 상수를 곱한 것과 같다고 한다. 가우스 법칙을 벡터 기호($\rightarrow$)와 적분 기호($\int$ or $\oint$)를 사용하여 나타내시오. (단, 면 벡터소는 $d\vec{a}$로, 진공의 유전율은 ϵ_0로, 총 전하량은 q로 표시하시오.)

($\oint \vec{E}\cdot d\vec{a} = \dfrac{q}{\epsilon_0}$)

[2014년 2학기 중간고사 5번] - 예제 16.3, 연습문제 16.10 참고

3. 반지름이 R인 절연된 구에 총 전하량 Q가 균일하게 분포하고 있다. 구의 내부 위치 r에서의 전기장의 세기는 얼마인가? (구의 내부, 즉 $r < R$인 경우)



$$\begin{cases} \Phi_S = \int_S \vec{E}\cdot d\vec{a} = E\,4\pi r^2 \\ \Phi_S = \dfrac{q_{in}}{\epsilon_0} = \dfrac{Q}{\epsilon_0}\dfrac{r^3}{R^3} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \quad E\,4\pi r^2 = \frac{Q}{\epsilon_0}\frac{r^3}{R^3} \quad \Rightarrow \quad E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{R^3}r$$

($E = \dfrac{1}{4\pi\epsilon_0}\dfrac{Q}{R^3}r$)

[2012년 2학기 중간고사 3번] - 예제 16.3, 연습문제 16.10 참고

4. 반지름이 R인 절연된 구에 총 전하량 Q가 균일하게 분포하고 있다. 구의 중심으로부터 $2R$만큼 떨어진 지점에서 전기장의 세기가 E라고 할 때, 구의 내부에서 전기장의 세기가 E가 되는 지점은 구의 중심에서 얼마만큼 떨어져 있는가?

$$\begin{cases} \Phi_S = \int_S \vec{E}\cdot d\vec{a} = E\,4\pi r^2 \\ \Phi_S = \dfrac{q_{in}}{\epsilon_0} = \dfrac{Q}{\epsilon_0} \end{cases} \quad \Rightarrow \quad E\,4\pi r^2 = \frac{Q}{\epsilon_0} \quad \Rightarrow \quad E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{r^2}$$

$$\Rightarrow \quad E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{(2R)^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{4R^2}$$

$$\begin{cases} \Phi_S = \int_S \vec{E}\cdot d\vec{a} = E\,4\pi r^2 \\ \Phi_S = \dfrac{q_{in}}{\epsilon_0} = \dfrac{Q}{\epsilon_0}\dfrac{r^3}{R^3} \end{cases} \quad \Rightarrow \quad E\,4\pi r^2 = \frac{Q}{\epsilon_0}\frac{r^3}{R^3} \quad \Rightarrow \quad E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{R^3}r$$

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{R^3}r = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{4R^2} \quad \Rightarrow \quad \frac{r}{R^3} = \frac{1}{4R^2} \quad \Rightarrow \quad r = \frac{R^3}{4R^2} = \frac{1}{4}R$$

($r = \dfrac{1}{4}R$)

[2008년 2학기 중간고사 4,5번] - 예제 16.3, 연습문제 16.10 참고

* 5~6 반지름이 R인 절연된 구에 전하량 Q가 균일하게 분포하고 있다.

5. 구의 중심으로부터 $R/4$인 지점에서 전기장의 세기는 얼마인가?

$$\begin{cases} \Phi_S = \int_S \vec{E}\cdot d\vec{a} = E\,4\pi r^2 \\ \Phi_S = \dfrac{q_{in}}{\epsilon_0} = \dfrac{Q}{\epsilon_0}\dfrac{r^3}{R^3} \end{cases} \quad \Rightarrow \quad E\,4\pi r^2 = \frac{Q}{\epsilon_0}\frac{r^3}{R^3} \quad \Rightarrow \quad E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{R^3}r$$

$$\Rightarrow \quad E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{R^3}\frac{R}{4} = \frac{1}{16\pi\epsilon_0}\frac{Q}{R^2}$$

($E = \dfrac{1}{16\pi\epsilon_0}\dfrac{Q}{R^2}$)

6. 부도체로부터 매우 멀리 떨어진 위치에서의 전위를 0이라고 할 때, 구의 표면에서의 전위는 얼마인가?

$$V = -\int_\infty^R E\,dr = -\int_\infty^R \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{r^2}\,dr = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0}\left[\frac{1}{r}\right]_\infty^R = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{\infty}\right)$$

$$= \frac{Q}{4\pi\epsilon_0}\frac{1}{R}$$

($V = \dfrac{Q}{4\pi\epsilon_0}\dfrac{1}{R}$)

[2009년 2학기 중간고사 5번] - 연습문제 16.4 참고

7. 무한히 길면서 속이 빈, 반지름이 R인 원통 모양의 도체가 있다. 이 원통은 단위길이당 λ의 선전하밀도로 대전되어 있다. 원통 내부와 외부에서의 전기장을 각각 구하여라. (원통 중심으로부터의 거리 r의 함수로 나타내시오.)

$$\begin{cases} \Phi_S = \int_S \vec{E}\cdot d\vec{a} = E_{in}2\pi rL \\ \Phi_S = \dfrac{q_{in}}{\epsilon_0} = 0 \end{cases} \quad \Rightarrow \quad E_{in}2\pi rL = 0 \quad \Rightarrow \quad E_{in} = 0$$

$$\begin{cases} \Phi_S = \int_S \vec{E}\cdot d\vec{a} = E_{out}2\pi rL \\ \Phi_S = \dfrac{q_{in}}{\epsilon_0} = \dfrac{\lambda L}{\epsilon_0} \end{cases} \quad \Rightarrow \quad E_{out}2\pi rL = \frac{\lambda L}{\epsilon_0} \quad \Rightarrow \quad E_{out} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}$$

($E_{in} = 0$, $E_{out} = \dfrac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}$)

[2010년 2학기 중간고사 3번] - 예제 16.6, 연습문제 16.8 참고

8. 매우 큰 도체 덩어리 안에 반지름이 R인 구 모양의 빈 공간에 있으며 그 빈 공간의 중심에 점전하 q가 놓여 있다. 점전하에서 $R/4$만큼 떨어진 지점에서 전기장의 세기를 구하여라.

$$\begin{cases} \Phi_S = \int_S \vec{E}\cdot d\vec{a} = E\times 4\pi\left(\dfrac{R}{4}\right)^2 \\ \Phi_S = \dfrac{q_{in}}{\epsilon_0} = \dfrac{q}{\epsilon_0} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \quad E\times 4\pi\left(\frac{R}{4}\right)^2 = \frac{q}{\epsilon_0} \quad \Rightarrow \quad E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{(R/4)^2} = \frac{4q}{\pi\epsilon_0 R^2}$$

($E = \dfrac{4q}{\pi\epsilon_0 R^2}$)

<뒷 면에 단답형 문제 더 있음.>

[2009년 2학기 중간고사 2번]

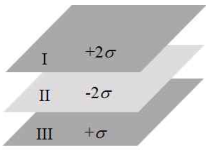
9. 반지름 R인 속이 찬 구형 도체가 $+q$로 대전되어 있다. 중심에서 $R/2$만큼 떨어진 구 내부의 지점에서 전기장의 세기는 얼마인가? (④)

① $\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{R^2}$ ② $\frac{1}{\pi\epsilon_0}\frac{q}{R^2}$ ③ $\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{R}$ ④ 0 ⑤ none of these

도체이므로 전하는 표면에만 존재한다. 따라서 도체 내부의 전기장은 0 이다.

[2013년 2학기 중간고사 3번] - 예제 16.5, 연습문제 16.2 참고

10. 우측 그림 같이 무한히 넓은 도체 평면 I, II, III이 평행하게 배치되어 있고, 각각의 평면은 균일한 면전하밀도 $+2\sigma$, -2σ, $+\sigma$로 대전되어 있다. 이때, 평면 I과 II 사이의 영역에서 전기장의 크기를 구하여라. (단, 평면 사이의 공간은 진공 상태이며 진공에서의 유전률은 ϵ_0이다.)



$$\vec{E}=\vec{E}_{\mathrm{I}}+\vec{E}_{\mathrm{II}}+\vec{E}_{\mathrm{III}}=-\frac{2\sigma}{2\epsilon_0}-\frac{2\sigma}{2\epsilon_0}+\frac{\sigma}{2\epsilon_0}=-\frac{3\sigma}{2\epsilon_0}$$

($E=\frac{3\sigma}{2\epsilon_0}$)

[2013년 2학기 중간고사 4번] - 연습문제 16.12 참고

11. 두 평행한 도체판 사이의 간격이 $0.6\,cm$이다. 한 도체판을 기준으로 할 때, 두 도체판 중간 위치의 전위가 $1.5\,V$라면 도체판 내부에서 전기장의 세기는 얼마인가?

$$E=-\frac{dV}{dr}\approx\frac{\Delta V}{\Delta r}=\frac{\Delta V}{d/2}=\frac{1.5\,V}{(0.006\,m)/2}=\frac{1.5\,V}{0.003\,m}=500\;V/m$$

($E=500\;V/m$)

[2009년 2학기 중간고사 3,4번] - 예제 16.11, 연습문제 16.15 참고

* 12~13 원점에서 x축의 음의 방향으로 d만큼 떨어진 지점에 전하 $+q$가 놓여 있고, 양의 방향으로 같은 거리 떨어진 지점에 전하 $-q$가 놓여 있다. 단, 여기서 전위는 전하들로부터 무한히 떨어진 위치에서의 전위를 0으로 한다.

12. 원점에서 두 전하에 의한 전위를 구하여라.

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

$$V=V_{+q}+V_{-q}=\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{(+q)}{d}+\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{(-q)}{d}=\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{1}{d}\{+q+(-q)\}=0$$

($V=0$)

13. 두 전하 간격을 반으로 줄이는 데 필요한 외부 일은 얼마인가?

$$U=\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1q_2}{r}$$

$$U=\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{(+q)(-q)}{2d}=-\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q^2}{2d}=-\frac{q^2}{8\pi\epsilon_0 d}$$

$$U'=\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{(+q)(-q)}{d}=-\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q^2}{d}=-\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 d}$$

$$W_{외}=-W=\Delta U=U'-U=-\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 d}-\left(-\frac{q^2}{8\pi\epsilon_0 d}\right)=-\frac{q^2}{8\pi\epsilon_0 d}$$

($W_{외}=-\frac{q^2}{8\pi\epsilon_0 d}$)

[2009년 2학기 중간고사 6번] - 연습문제 16.18 참고

14. 반지름이 각각 R, $R/2$인 두 도체구가 가는 도선으로 연결된 채로 매우 먼 거리 L만큼 떨어져 있다. 두 도체구의 전체 전하량이 Q라면 각 도체구의 전하량은 각각 얼마인가?

반지름이 r이고 전하량이 q인 도체구 표면의 전위는 $V=\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r}$ 이므로

두 도체구의 표면이 등전위면이려면 $V_R=\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_R}{R}=\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_{R/2}}{R/3}=V_{R/2}$

$\Rightarrow\ \frac{q_R}{R}=\frac{q_{R/2}}{R/2}\ \Rightarrow\ q_R=2q_{R/2}\ \Rightarrow\ q_R=\frac{2}{3}Q,\ q_{R/2}=\frac{1}{3}Q$

($q_R=\frac{2}{3}Q$, $q_{R/2}=\frac{1}{3}Q$)

[2012년 2학기 중간고사 4번] - 연습문제 16.18 참고

15. 반지름이 각각 R, $R/3$인 두 도체구가 가는 도선으로 연결된 채로 매우 먼 거리 L만큼 떨어져 있다. 두 도체구의 전체 전하량이 Q라고 할 때, 도선에 작용하는 장력을 구하여라.

반지름이 r이고 전하량이 q인 도체구 표면의 전위는 $V=\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r}$ 이므로

두 도체구의 표면이 등전위면이려면 $V_R=\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_R}{R}=\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_{R/3}}{R/3}=V_{R/3}$

$\Rightarrow\ \frac{q_R}{R}=\frac{q_{R/3}}{R/3}\ \Rightarrow\ q_R=3q_{R/3}\ \Rightarrow\ q_R=\frac{3}{4}Q,\ q_{R/3}=\frac{1}{4}Q$

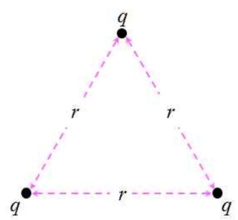
장력의 크기는 두 도체구 사이의 전기적 반발력의 크기와 같으므로

$$T=F_e=\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{\left(\frac{3}{4}Q\right)\times\left(\frac{1}{4}Q\right)}{L^2}=\frac{3}{16}\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q^2}{L^2}=\frac{3}{64\pi\epsilon_0}\frac{Q^2}{L^2}$$

($T=\frac{3}{64\pi\epsilon_0}\frac{Q^2}{L^2}$)

[2014년 2학기 중간고사 6번] - 예제 16.11, 연습문제 16.15 참고

16. 한 변의 길이가 r인 정삼각형의 세 꼭지점에 각각 놓인 점전하 q들이 있다. 이 계의 전기 위치에너지를 구하여라.



$$U=\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left[\frac{q_1q_2}{r_{12}}+\frac{q_2q_3}{r_{23}}+\frac{q_3q_1}{r_{31}}\right]$$

$$=\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left[\frac{q^2}{r}+\frac{q^2}{r}+\frac{q^2}{r}\right]=\frac{3}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{q^2}{r}\right)$$

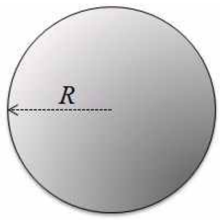
($U=\frac{3}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{q^2}{r}\right)$)

<뒷 면에 주관식 문제 있음.>

[주의 사항] 주관식 문제는 상세한 풀이과정이 없으면 영점처리 됩니다.

[2013년 2학기 중간고사 주관식 1번] - 예제 16.3 연습문제 16.14 참고

[주관식 1] [15점]



오른쪽 그림과 같이 반지름이 R인 도체구가 있다. 이 도체구가 총 전하량 Q로 대전되어 있다고 할 때, 다음 질문들에 답하시오. 단, 도체구 외부의 공간은 진공 상태이며 진공에서의 유전률은 ϵ_0이다.

(1) 도체구 중심에서부터의 거리를 r이라고 할 때, $r<R$인 영역과 $r>R$인 영역에서의 전기장을 각각 구하시오. [5점]

$r<R$ 인 영역

$$\begin{cases} \Phi_S = \int_S \vec{E}\cdot d\vec{a} = E\,4\pi r^2 \\ \Phi_S = \dfrac{q_{in}}{\epsilon_0} = 0 \end{cases} \quad\Rightarrow\quad E\,4\pi r^2 = 0 \quad\Rightarrow\quad E=0$$

$r>R$ 인 영역

$$\begin{cases} \Phi_S = \int_S \vec{E}\cdot d\vec{a} = E\,4\pi r^2 \\ \Phi_S = \dfrac{q_{in}}{\epsilon_0} = \dfrac{Q}{\epsilon_0} \end{cases} \quad\Rightarrow\quad E\,4\pi r^2 = \frac{Q}{\epsilon_0} \quad\Rightarrow\quad E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{r^2}$$

($E_{r<R} =$ 0 , $E_{r>R} =$ $\dfrac{1}{4\pi\epsilon_0}\dfrac{Q}{r^2}$)

(2) 도체구 중심에서부터의 거리를 r이라고 할 때, $r<R$인 영역과 $r>R$인 영역에서의 전위를 각각 구하시오. 이때, 무한히 먼 위치에서의 전위를 0으로 둔다. [5점]

$r<R$ 인 영역

$$V = -\int_\infty^R E\,dr - \int_R^r E\,dr = -\int_\infty^R \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{r^2}dr - \int_R^r 0\,dr$$

$$= \frac{Q}{4\pi\epsilon_0}\left[\frac{1}{r}\right]_\infty^R - 0 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0}\left[\frac{1}{r}\right]_\infty^R = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{R} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{\infty} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{R}$$

$r>R$ 인 영역

$$V = -\int_\infty^r E\,dr = -\int_\infty^r \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{r^2}dr = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0}\left[\frac{1}{r}\right]_\infty^r = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{r} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{\infty}$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{r}$$

($V_{r<R} =$ $\dfrac{1}{4\pi\epsilon_0}\dfrac{Q}{R}$, $V_{r>R} =$ $\dfrac{1}{4\pi\epsilon_0}\dfrac{Q}{r}$)

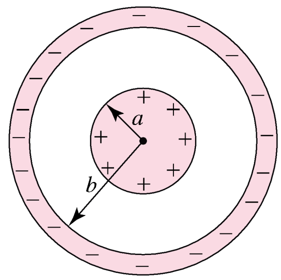
(3) 이 도체구의 전기용량을 구하여라. [5점] (18장 내용임~!!) - 예제 18.4 참고

$$Q = C\Delta V \quad\Rightarrow\quad C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{Q}{\left(\dfrac{1}{4\pi\epsilon_0}\dfrac{Q}{R}\right)} = 4\pi\epsilon_0 R$$

($C=$ $4\pi\epsilon_0 R$)

[2011년 & 2007년 2학기 중간고사 주관식 1번] - 연습문제 16.14, 16.19 참고

[주관식 2] [25점]



우측 그림과 같이 반지름이 a인 도체구를 반지름이 b인 공껍질 모양의 도체가 감싸고 있다. 두 도체의 중심은 같다. 안쪽의 도체구가 $+q$, 공껍질 모양의 바깥쪽 도체가 $-q$의 전하량으로 대전되어 있다. 다음 질문들에 답하시오.

(1) 안쪽 도체구 내부에서 전기장의 세기는 얼마인가? (이유를 간략히 설명할 것.) [5점]

$$\begin{cases} \Phi_S = \int_S \vec{E}\cdot d\vec{a} = E\,4\pi r^2 \\ \Phi_S = \dfrac{q_{in}}{\epsilon_0} = 0 \end{cases} \quad\Rightarrow\quad E\,4\pi r^2 = 0 \quad\Rightarrow\quad E=0$$

($E_{r<a} =$ 0)

(2) 안쪽 도체구에 대전된 전하는 어느 위치에 분포하게 되는가? [5점]

(가우스 법칙을 이용하여 이유를 간략히 설명할 것.)

도체 내부의 알짜 전하는 도체 내부를 자유롭게 돌아다닐 수 있지만, 같은 부호의 전하들이므로 전기적인 반발력에 의해 서로 최대한 멀리 떨어져 있으려고 한다. 그럴 수 있는 최선의 방법은 알짜 전하들이 도체의 표면에 분포하는 것이다.

임의의 가우스면을 도체구 내부에 잡으면 그 가우스면 내부의 알짜 전하가 0이 되어야 하므로 알짜 전하는 도체구의 표면에 분포해야 한다.

(3) 안쪽 도체구와 바깥쪽 도체 사이 공간에서 전기장의 세기를 중심에서의 거리 r의 함수로 나타내시오. (단, $a<r<b$이다.) [5점]

$a<r<b$ 인 영역

$$\begin{cases} \Phi_S = \int_S \vec{E}\cdot d\vec{a} = E\,4\pi r^2 \\ \Phi_S = \dfrac{q_{in}}{\epsilon_0} = \dfrac{q}{\epsilon_0} \end{cases} \quad\Rightarrow\quad E\,4\pi r^2 = \frac{q}{\epsilon_0} \quad\Rightarrow\quad E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r^2}$$

($E_{a<r<b} =$ $\dfrac{1}{4\pi\epsilon_0}\dfrac{q}{r^2}$)

(4) 두 도체구 사이의 전위차를 구하시오. [5점]

$$\Delta V = V(a) - V(b) = -\int_b^a E\,dr = -\int_b^a \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r^2}dr = -\frac{q}{4\pi\epsilon_0}\left[-\frac{1}{r}\right]_b^a$$

$$= -\frac{q}{4\pi\epsilon_0}\left\{-\frac{1}{a} - \left(-\frac{1}{b}\right)\right\} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b}\right)$$

($\Delta V =$ $\dfrac{q}{4\pi\epsilon_0}\left(\dfrac{1}{a}-\dfrac{1}{b}\right)$)

(5) 두 도체구를 축전기로 사용할 때 전기용량을 구하시오. [5점]

(18장 내용임~!!) - 예제 18.3 참고

$$q = C\Delta V \quad\Rightarrow\quad C = \frac{q}{\Delta V} = \frac{q}{\dfrac{q}{4\pi\epsilon_0}\left(\dfrac{1}{a}-\dfrac{1}{b}\right)} = 4\pi\epsilon_0\frac{ab}{b-a}$$

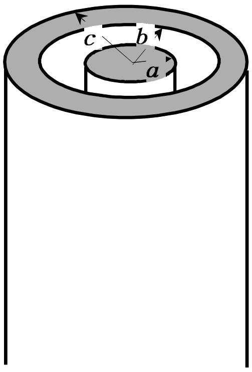
($C=$ $4\pi\epsilon_0\dfrac{ab}{b-a}$)

<뒷 면에 주관식 문제 더 있음.>

[2008년 2학기 중간고사 주관식 1번]

- 연습문제 16.4, 16.5, 16.6, 16.8, 16.20 참고

[주관식 3] [20점]



그림과 같이 반지름이 a인 원통형 금속막대가 있고 그 바깥에 (같은 축을 가지며) 안쪽 반지름이 b이고 바깥쪽 반지름이 c인 원형 금속관이 있다. 안쪽의 금속막대가 단위길이당 λ_1의 전하로 대전되어 있고 바깥쪽 금속관이 단위길이당 λ_2의 전하로 대전되어 있다. (두 도체의 길이는 무한히 길다고 가정한다.)

(1) 정전상태에서 도체 내부 전기장의 세기는 얼마인가? [5점]

(이유를 간략히 설명할 것) ($E = 0$)

도체 내부의 알짜 전하는 도체 내부를 자유롭게 돌아다닐 수 있지만, 같은 부호의 전하들이므로 전기적인 반발력에 의해 서로 최대한 멀리 떨어져 있으려고 한다. 그럴 수 있는 최선의 방법은 알짜 전하들이 도체의 표면에 분포하는 것이다.

정전상태에서는 전하가 움직이지 않으므로 **도체 내부의 전기장은 0** 이어야 한다. 그렇지 않으면 전기장에 의해 전하가 이동하게 된다.

(2) 도체에 대전된 전하는 도체의 표면에만 분포하게 된다. 그림에서 도체의 세 표면 (즉, 원통형 금속막대의 외부 표면, 바깥쪽 금속관의 내부 표면과 외부 표면)에서의 면전하밀도를 각각 구하시오. [9점]

원통형 금속막대의 외부 표면

$$\sigma_a = \frac{q_a}{A_a} = \frac{\lambda_1 l}{2\pi a l} = \frac{\lambda_1}{2\pi a}$$

원형 금속관의 내부 표면

$$\sigma_b = \frac{q_b}{A_b} = \frac{-\lambda_1 l}{2\pi b l} = \frac{-\lambda_1}{2\pi b}$$

원형 금속관의 외부 표면

$$\sigma_c = \frac{q_c}{A_c} = \frac{(\lambda_1 + \lambda_2) l}{2\pi c l} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2\pi c}$$

($\sigma_a = \frac{\lambda_1}{2\pi a}$, $\sigma_b = \frac{-\lambda_1}{2\pi b}$, $\sigma_c = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2\pi c}$)

(3) $a < r < b$와 $r > c$인 영역에서 전기장의 세기를 중심으로부터의 거리 r의 함수로 각각 나타내시오. [6점]

가우스 법칙 $\Phi_S = \int_S \vec{E} \cdot d\vec{a} = \frac{q_{in}}{\epsilon_0}$

$a < r < b$ 인 영역

$$\Phi_S = E\, 2\pi r l = \frac{\lambda_1 l}{\epsilon_0} \quad \Rightarrow \quad E = \frac{\lambda_1}{2\pi\epsilon_0 r}$$

$r > c$ 인 영역

$$\Phi_S = E\, 2\pi r l = \frac{(\lambda_1 + \lambda_2) l}{\epsilon_0} \quad \Rightarrow \quad E = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2\pi\epsilon_0 r}$$

($E_{a<r<b} = \frac{\lambda_1}{2\pi\epsilon_0 r}$, $E_{r>c} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2\pi\epsilon_0 r}$)

<수고하셨습니다.>