

# 2020학년도 연세대학교 수시모집 논술시험 자연계열1 (물리, 오전)

모집단위		수험번호		성명	
------	--	------	--	----	--

※다음 제시문을 읽고 아래 질문에 답하십시오.

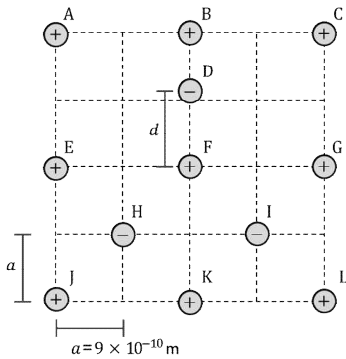
[가] 한 평면에 있는 정사각형 타일에 [그림1]과 같이 동그라미로 표시한 전하 12개가 있다. 각 전하의 위치는 고정되어 있고, 중앙에 위치한 전하 F만이 평면에서 자유롭게 움직일 수 있다. 전하 F로부터 전하 B 방향으로  $d$  만큼 떨어진 지점에 위치한 전하 D는 전하량이  $-\sqrt{2}e$  ( $e = 1.6 \times 10^{-19}$  C)이다. 그 외 다른 전하들은 전하량의 절대값이  $e$ 이고 부호는 동그라미 안에 표시된 바와 같다. 전하들의 크기는  $a$ 에 비해 충분히 작아 점으로 가정한다.

[나] 두 개의 도체 극판을 [그림2]와 같이 평행하게 놓고, 두 극판 사이에 유전체를 빈틈없이 채워 평행판 축전기를 만들었다. 두 극판의 면적  $S$ 와 두 극판 사이의 간격  $d$ 를 자유자재로 변화시킬 수 있지만, 두 극판 사이의 부피는 반드시  $1.25 \times 10^{-7} \text{ m}^3$ 으로 일정해야 한다고 하자. 유전체의 유전 상수는 9이고 유전체가 채워진 두 극판 사이에 생기는 균일한 전기장의 세기는  $10^6 \text{ V/m}$ 를 넘을 수 없다.

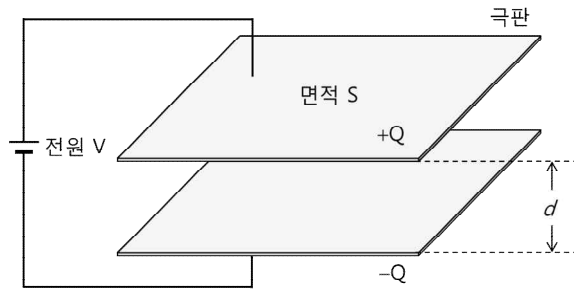
[다] 광전 효과 실험을 위해 [그림2]와 같이 일함수가 3 eV인 금속 극판을 준비하였다. 극판의 면적은 충분히 넓고, 두 극판 사이의 거리  $d$ 는 0.01 m로 고정하였다. 직류 전원을 사용하여 위쪽 극판을 양전하로 대전하였고 아래쪽 극판을 음전하로 대전하였다. 빛을 위쪽 극판의 아래쪽 면에 입사시키자 광전효과로 인해 광전자가 방출되었다. 최대 운동에너지를 갖는 광전자는 처음 속도와 전위차  $V$ 에 따라 아래쪽 극판에 도달하거나, 도달하지 못하고 포물선 운동을 하여 위쪽 극판으로 돌아온다.

[주의] 아래 질문에 답할 때 물리 상수는 [표1]의 값을 사용하고, 만유인력과 방출된 광전자들 간에 작용하는 힘은 무시한다.

[그림1]



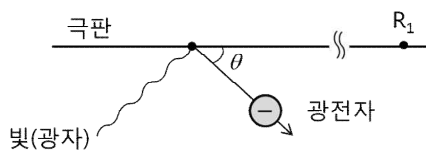
[그림2]



[표1] 물리 상수와 단위 변환

기본 전하량 $e$	$1.6 \times 10^{-19}$ C
쿨롱 상수 $k$	$9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$
전자의 질량 $m_e$	$\frac{80}{9} \times 10^{-31}$ kg
진공 유전율 $\epsilon_0$	$8.8 \times 10^{-12}$ F/m
광속 $c$	$3.0 \times 10^8$ m/s
플랑크 상수 $h$	$6.4 \times 10^{-34}$ J · s
에너지 단위 변환	$1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19}$ J

[그림3]



[문제 1] 제시문 [가]에서 전하 F가 가운데 지점에서 움직이지 않는  $d$  값을 정하십시오. 이렇게 정해진  $d$ 와 함께 전하 F가 중앙에서 움직이지 않고 있던 상황에서 전하 J와 L이 동시에 사라진다면, 그 순간 전하 F가 받게 될 알짜힘의 크기와 방향을 논하십시오. [10점]

[문제 2] 1 V 전원에 연결하여 사용할 수 있는 축전기를 제시문 [나]와 같이 만든다. 이 축전기의 전기용량을 최대로 하는  $S$ 와  $d$ 를 정하고, 도달 가능한 전하량의 최대값  $Q$ 를 구하십시오. 이렇게 정해진 전기용량의 축전기를 1 V 전원에 연결하여 완전히 충전한 후 전원과의 연결을 끊고 유전체를 제거하여 두 극판 사이가 진공이 되었을 때, 예상되는 축전기의 전기용량 변화와 두 극판 사이의 전위차에 대해 논하십시오. [10점]

[문제 3] 제시문 [다]에서 입사된 광자의 에너지는 12 eV이고, 일함수가 3 eV인 두 극판의 전위차는 0 V라 하자. 전자를 드브로이 물질파로 볼 때, 최대 운동에너지를 갖는 광전자의 파장과 입사된 광자의 파장을 비교하여 논하십시오. 입사된 광자의 운동량의 크기와 광전자의 운동량의 크기를 비교하고, 최대 운동에너지를 갖는 광전자의 운동량과 같은 크기의 운동량을 갖는 광자의 에너지에 대해 논하십시오. [10점]

[문제 4] 제시문 [다]에서 일함수가 3 eV인 두 극판의 전위차는 10 V이고 광자 에너지는 13 eV라 하자. [그림3]과 같이 극판에서 방출되는 순간 광전자의 속도가 극판과 이루는 각도를  $\theta$ 라 하고,  $\theta$ 는 광전자의 운동에너지와 관계없이 일정하다고 가정하자. 광전자의 방출 지점으로부터  $1 \times 10^{-2}$  m 떨어진 지점을  $R_1$ 이라 하고,  $R_1$ 에 도달하는 광전자의 운동에너지를  $E_1$ 이라 하자. 최대 운동에너지를 갖는 광전자가 아래쪽 극판에 도달하지 못하고 포물선 운동을 하여  $R_1$  지점에 도달하도록 하는  $\theta$ 에 대해 논하십시오. [10점]

## 2020학년도 연세대학교 수시모집 논술시험 자연계열2 (물리, 오후)

모집단위	수험번호	성명
------	------	----

※다음 제시문을 읽고 아래 질문에 답하십시오.

[가] [그림 1]은 지표 근처에서 비스듬히 위로 던진 물체가 포물선 운동하는 두 경우를 보여준다. 경우 A는 수평 거리가  $x_0$ 인 지점에서 수평면과 탄성 충돌한 후 수평거리가  $L$ 이고 높이가  $y_0$ 인 지점에 도착하는 상황이고, 경우 B는 던지는 각도  $\theta$ 는 같지만 던지는 속력은 더 커서 동일한 도착점에 지면과 충돌 없이 바로 도착하는 상황이다. 중력 가속도  $g$ 는  $10 \text{ m/s}^2$ 이고, 공기의 저항은 무시할 수 있을 정도로 매우 작다.

[나] 부피가  $800 \text{ cm}^3$ 로 일정한 용기가 단열 칸막이로 나뉘어 있다. 칸막이는 고정되어 있고, 칸막이로 나뉜 두 영역은 부피가 각각  $300 \text{ cm}^3$ 와  $500 \text{ cm}^3$ 이다. 부피가  $300 \text{ cm}^3$ 인 영역에는 온도가  $300 \text{ K}$ 이고 압력이  $3 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ 인 헬륨 기체가 들어 있고, 부피가  $500 \text{ cm}^3$ 인 영역에는 온도가  $500 \text{ K}$ 이고 압력이  $2 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ 인 네온 기체가 들어 있다.

[다] [그림 2]는 균일한 자기장  $B$ 에 수직인 평면에서 전하를 띤 입자의 운동을 보여준다. 이 입자의 전하량은  $q$ 이고 질량은  $m$ 이다. 이 입자는 자기장 영역에 수직인 방향으로 입사되어 입사된 지점에서 오른쪽으로  $x_1$  만큼, 위쪽으로  $y_1$  만큼 떨어진 지점에 도착한다. 자기장은 종이면에 수직으로 들어가는 방향이고, 중력은 무시할 수 있을 정도로 매우 작다.

[라] 진동수  $1000 \text{ Hz}$ 의 소리를 발생시키는 스피커가 0초부터 소리를 내기 시작하는데 처음 2초간 소리를 내고, 다음 2초간 소리를 내지 않고, 그 다음 2초간 소리를 내고, 그 다음 2초간 소리를 내지 않는 것을 반복한다. 이 스피커가 동쪽 방향으로  $50 \text{ m/s}$ 의 일정한 속력으로 진행하고, 소리를 측정하는 마이크가 서쪽 방향으로  $150 \text{ m/s}$ 의 일정한 속력으로 진행한다. 0초일 때 마이크의 위치는 스피커로부터 동쪽 방향으로  $2000 \text{ m}$  만큼 떨어진 지점이다.

[그림 1]

[그림 2]

1. 제시문 [가]에서 수평 거리  $x_0$ 이  $\frac{2L}{3}$ 이고 도착점의 높이  $y_0$ 이  $\frac{L}{4}$ 일 때, 경우 A에서 물체를 던지는 각도  $\theta$ 에 대해 논하고, 경우 B에서 물체를 던지는 속력에 대해 논하십시오. [10점]
2. 제시문 [나]의 상황에서 칸막이가 0초부터 열을 전도하기 시작하여  $18 \text{ J}$ 의 에너지가 천천히 전도된 후 칸막이가 다시 단열되었다. 이 때 헬륨 분자의 속력의 제곱의 평균값과 네온 분자의 속력의 제곱의 평균값의 비에 대해 논하십시오. 칸막이가 다시 열을 전도하기 시작하여 용기 안쪽이 모두 열평형에 도달하였다. 이 때 헬륨 기체와 네온 기체의 온도와 압력에 대해 논하십시오. (단, 헬륨 기체와 네온 기체는 단원자 분자로 구성된 이상 기체로 가정한다. 용기는 단열이고 용기와 칸막이의 열용량은 무시할 수 있을 정도로 매우 작으며, 에너지 손실은 무시한다. 볼츠만 상수  $k_B$ 는  $1.4 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ 이고, 원자의 질량 단위  $m_u$ 는  $1.6 \times 10^{-27} \text{ kg}$ 이고, 헬륨 원자의 질량은  $4m_u$ 이고, 네온 원자의 질량은  $20m_u$ 이다.) [10점]
3. 제시문 [다]의 상황에서  $x_1 = L$ 이고  $y_1 = \sqrt{3}L$ 인 경우에 입자의 속도와 입자가 띤 전하의 부호에 대해 논하십시오. (단, 전하를 띤 입자의 전자기파 발생은 무시한다.) [10점]
4. 제시문 [라]에서 0초부터 20초 사이에 마이크에서 스피커의 소리가 측정되는 시간과 측정된 소리의 진동수에 대해 논하십시오. (단, 대기 중 소리의 속력은  $350 \text{ m/s}$ 로 일정하고, 스피커와 마이크는 직선상에서 운동하며 서로 부딪히지 않고 지나칠 수 있다.) [10점]