

0000 년 00 학기 00 고사		과 목 명	물리학 26장 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					
시험일시	0000. 00. 00	○ ○						점 수	

[주의 사항] 1. 계산기는 사용할 수 없습니다.

2. 단위가 필요한 답에는 반드시 SI 체계로 단위를 표기하십시오.

**[2013년 2학기 기말고사 10번]**

1. 다음 중 빛의 성질에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고르시오. ( ③ , ⑤ )

- ① 광전효과는 빛의 파동성을 잘 설명한다. **입자성**
- ② 빛은 **에테르라는 매질을 통해** 에너지가 전달된다. **에테르의 존재 입증 실패**
- ③ **컴프턴 산란 실험은 빛의 입자적 성질을 잘 보여준다.**
- ④ **빛이** 파동의 성질을 보일 때, 그 빛을 드브로이파라고 한다. **입자가**
- ⑤ **마이켈슨의 간섭계 실험을 통해 빛의 속력이 관찰자의 운동 상태와 관계 없이 일정함을 알 수 있다.**

**[2011년 2학기 기말고사 10번] - 예제 26.1, 연습문제 26.1 참고**

2. 태양의 표면 온도는 6000 K이고 태양 복사 스펙트럼에서 복사도가 최대가 되는 파장은 500 nm로 알려져 있다. 그렇다면 광원의 온도가 3000 K인 램프의 복사 스펙트럼에서 복사도가 최대가 되는 파장은 얼마가 되겠는가?

$$\lambda_{\max} T = \lambda'_{\max} T'$$

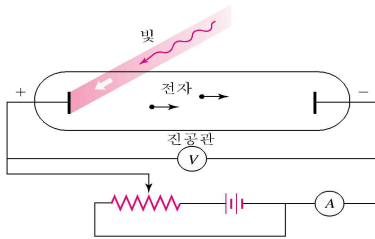
$$\Rightarrow \lambda'_{\max} = \frac{T}{T'} \lambda_{\max} = \frac{6000 K}{3000 K} \times 500 nm = 1000 nm$$

(  $\lambda'_{\max} = 1000 nm$  )

**[2014년 2학기 기말고사 10번] - 예제 26.2 연습문제 26.2, 26.3, 26.4 참고**

3. 일함수가  $\Phi$  인 금속에 파장이  $\lambda$  인

빛을 비추었을 때, 광전자가 튀어나오는 현상을 '광전효과'라고 한다. 우측 그림은 이와 같이 튀어나온 전자가 음극에 도달하지 못하게 전압을 걸어서 저지전압을 측정하는 장치이다. 이 저지전압의 크기



$V_0$ 를 주어진 변수  $\Phi$ ,  $\lambda$ ,  $e$ ,  $h$ ,  $c$ 를 이용하여 나타내시오.  
(여기서  $h$ 는 플랑크 상수,  $e$ 는 전자의 전하량,  $c$ 는 빛의 속력이다.)

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = K + \Phi = eV_0 + \Phi$$

$$\Rightarrow V_0 = \frac{E - \Phi}{e} = \frac{h\nu - \Phi}{e} = \frac{\frac{hc}{\lambda} - \Phi}{e} \quad ( V_0 = \frac{hc/\lambda - \Phi}{e} )$$

**[2012년 2학기 기말고사 8번] - 예제 26.2 연습문제 26.2, 26.3, 26.4 참고**

**[2012년 2학기 기말고사 10번]**

4. 어떤 금속에 파장이  $\lambda$  인 빛을 비추어 방출되는 광전자의 저지전압이  $V_0$  일때, 이 금속의 일함수를  $\lambda$ ,  $V_0$ 와 플랑크 상수  $h$ , 기본 전하량  $e$ , 광속  $c$ 를 이용하여 나타내어라.

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = K + \Phi = eV_0 + \Phi$$

$$\Rightarrow \Phi = \frac{hc}{\lambda} - eV_0 \quad ( \Phi = \frac{hc}{\lambda} - eV_0 )$$

**[2010년 2학기 기말고사 9번] - 예제 26.2 연습문제 26.2, 26.3, 26.4 참고**

5. 광전 문턱 진동수가  $f_0$  인 어떤 물질에 진동수가  $f$  인 빛을 입사시켰더니 광전자가 방출되었다. 이 때, 방출된 광전자의 속력을 구하십시오. 단, 전자의 질량은  $m$ , 플랑크 상수는  $h$  이고 상대론적 효과는 무시한다.

$$hf = hf_0 + \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2h}{m}(f - f_0)}$$

(  $v = \sqrt{\frac{2h}{m}(f - f_0)}$  )

**[2013년 2학기 기말고사 11번] - 연습문제 26.5, 26.7 참고**

6. 파장이  $\lambda$  인 광자가 정지해 있는 전자와 충돌한 후 산란되었다. 산란 후 광자의 파장이  $\frac{4\lambda}{3}$  로 증가하였다면, 충돌 후 전자의 운동에너지를  $\lambda$  와 플랑크 상수  $h$ , 빛의 속력  $c$  를 이용하여 나타내시오.

$$h\frac{c}{\lambda} + m_0c^2 = h\frac{c}{\lambda'} + m_0c^2 + K$$

$$\Rightarrow K = h\frac{c}{\lambda} - h\frac{c}{\lambda'} = hc\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda'}\right) = hc\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{3}{4\lambda}\right) = hc\left(\frac{1}{4\lambda}\right) = \frac{hc}{4\lambda}$$

(  $K = \frac{hc}{4\lambda}$  )

**[2012년 2학기 기말고사 10번] - 연습문제 26.5, 26.7 참고**

7. 파장이  $\lambda$  인 광자가 정지해 있는 전자와 정면 충돌한 후 정 반대 방향으로 튕겨져 나왔다. 충돌 후 광자의 파장이  $\frac{5\lambda}{4}$  로 증가하였다면, 충돌 후 전자의 운동량을  $\lambda$  와 플랑크 상수  $h$  를 이용하여 나타내시오.

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{5}{4}\lambda - \lambda = \frac{1}{4}\lambda = \frac{h}{m_e c}(1 - \cos 180^\circ) = \frac{2h}{m_e c}$$

$$\Rightarrow m_0c = \frac{8h}{\lambda}$$

$$h\frac{c}{\lambda} + m_0c^2 = h\frac{c}{\lambda'} + m_0c^2 + K$$

$$\Rightarrow K = h\frac{c}{\lambda} - h\frac{c}{\lambda'} = hc\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda'}\right) = hc\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{4}{5\lambda}\right) = hc\left(\frac{1}{5\lambda}\right) = \frac{hc}{5\lambda}$$

$$\begin{cases} E = \sqrt{p^2c^2 + m_0^2c^4} \Rightarrow E^2 = p^2c^2 + m_0^2c^4 \\ E = K + m_0c^2 \Rightarrow E^2 = (K + m_0c^2)^2 = K^2 + 2Km_0c^2 + m_0^2c^4 \end{cases}$$

$$\Rightarrow p^2c^2 + m_0^2c^4 = K^2 + 2Km_0c^2 + m_0^2c^4$$

$$\Rightarrow p^2c^2 = K^2 + 2Km_0c^2$$

$$\Rightarrow p = \sqrt{\frac{K^2 + 2Km_0c^2}{c^2}}$$

$$\Rightarrow p = \sqrt{\frac{\left(\frac{hc}{5\lambda}\right)^2 + 2\left(\frac{hc}{5\lambda}\right)\left(\frac{8h}{\lambda}\right)c}{c^2}} = \sqrt{\frac{h^2}{25\lambda^2} + \frac{16h^2}{5\lambda^2}} = \frac{9h}{5\lambda}$$

(  $p = \frac{9h}{5\lambda}$  )

[2013년 2학기 기말고사 11번]

8. 보어의 수소원자 모형에서, 수소 원자가 첫 번째 들뜬 상태에 있을 때 전자의 물질파의 파장은 궤도 반지름의 몇 배인가?

$$n\lambda = 2\pi r \Rightarrow \lambda = \frac{2\pi r}{n} = \frac{2\pi r}{2} = \pi r \quad (\text{첫 번째 들뜬 상태 } n=2)$$

(  $\pi$  배 )

[2010년 2학기 기말고사 10번] - 예제 26.5, 연습문제 26.15 참고

9. 수소 원자의 발머 계열에서 방출되는 광자의 에너지 중 가장 높은 에너지는 몇  $eV$ 인가? 단, 수소 원자에서  $n=1$ 인 바닥상태의 에너지는  $-13.6eV$ 이다.

$$h\nu = E_n - E_m = (-13.6eV)\left(\frac{1}{\infty} - \frac{1}{2^2}\right) = \frac{13.6eV}{4} = 3.4eV$$

(  $3.4eV$  )

[2009년 2학기 기말고사 9번] - 예제 26.5, 연습문제 26.15 참고

10. 수소 원자의 바닥상태의 에너지는  $-13.6eV$ 이다. 첫 번째 들뜬 상태에 있는 전자의 이온화 에너지는 얼마인가?

$$E_n = -\frac{13.6}{n^2}eV \Rightarrow E_1 = -\frac{13.6}{1^2}eV = -\frac{13.6}{1}eV = -13.6eV$$

$$\Rightarrow E_2 = -\frac{13.6}{2^2}eV = -\frac{13.6}{4}eV = -3.4eV$$

(  $3.4eV$  )

[2012년 2학기 기말고사 11번] - 예제 26.5, 연습문제 26.15 참고

11. 수소 원자의 라이만 계열에서 방출되는 광자의 에너지 중에서 가장 작은 에너지를  $E_1$ 이라 하고, 발머 계열에서 방출되는 광자의 에너지 중에서 가장 작은 에너지를  $E_2$ 라고 할 때,  $E_2/E_1$ 을 구하시오.

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{-13.6eV \times \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{2^2}\right)}{-13.6eV \times \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{1^2}\right)} = \frac{\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{2^2}\right)}{\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{1^2}\right)} = \frac{-\frac{5}{36}}{-\frac{3}{4}} = \frac{20}{108} = \frac{5}{27}$$

(  $\frac{E_2}{E_1} = \frac{5}{27}$  )

[2012년 2학기 기말고사 9번]

12. 어떤 전등에서 파장이  $600nm$ 이고 출력이  $6.6W$ 인 빛이 방출되고 있다. 이 전등에서 나오는 광자는 초당 몇 개인가?

(단, 플랑크 상수는  $6.6 \times 10^{-34} J \cdot s$ , 빛의 속력은  $3.0 \times 10^8 m/s$ 이다.)

$$P = \frac{E}{t} \Rightarrow E = Pt = (6.6W)(1s) = 6.6J$$

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(6.6 \times 10^{-34} J \cdot s)(3.0 \times 10^8 m/s)}{(600 \times 10^9 m)} = 3.3 \times 10^{-19} J$$

$$\text{광자의 갯수} = \frac{1\text{초 동안 방출되는 에너지}}{\text{광자 한 개의 에너지}} = \frac{6.6J}{3.3 \times 10^{-19} J}$$

$$= 2 \times 10^{19} \text{개}$$

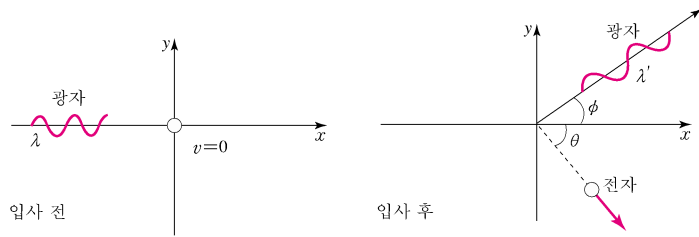
(  $2 \times 10^{19}$ 개 개 )

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

[2014년 2학기 기말고사 주관식 3번] - 연습문제 26.5, 26.7 참고

[주관식 1] [10점]

아래의 그림은 파장이  $\lambda$  인 엑스선이 정지상태의 자유전자와 충돌하여 파장이  $\lambda'$  으로 변화되어 튀어나오는 콤프턴 산란 실험이다. 다음 질문에 답하시오.



(1) 플랑크 상수  $h$  를 이용하여 입사하는 엑스선의 에너지를 구하시오. [3점]

$$E = h\nu = h\frac{c}{\lambda}$$

$$(E = h\frac{c}{\lambda})$$

(2) 충돌 전후의 에너지 보존 식을 완성하시오. (전자의 정지질량  $m_0$ , 광속  $c$ , 플랑크 상수  $h$ , 엑스선의 파장  $\lambda$  와  $\lambda'$ , 전자의 속력  $v$  를 이용하여 나타내시오.) [4점]

$$mc^2 = \gamma m_0 c^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

$$h\frac{c}{\lambda} + m_0 c^2 = h\frac{c}{\lambda'} + \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

(3) 충돌 전후의 운동량 보존 식을 각 축( $x$ 축,  $y$ 축)에 따라 완성하시오. (전자의 정지질량  $m_0$ , 광속  $c$ , 플랑크 상수  $h$ , 엑스선의 파장  $\lambda$  와  $\lambda'$ , 전자의 속력  $v$  를 이용하여 나타내시오.) [3점]

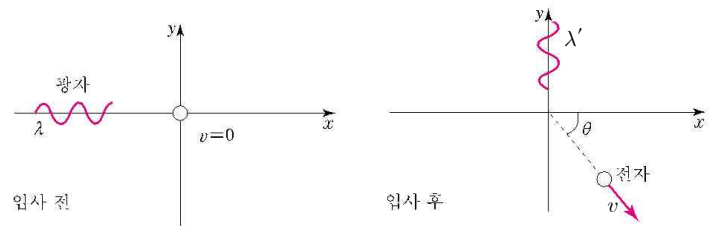
$$x-axis \quad \frac{h}{\lambda} = \frac{h}{\lambda'} \cos \phi + \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \cos \theta$$

$$y-axis \quad 0 = \frac{h}{\lambda'} \sin \phi - \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \sin \theta$$

[2009년 2학기 기말고사 주관식 2번] - 연습문제 26.5, 26.7 참고

[주관식 2] [20점]

아래의 그림과 같이 파장이  $\lambda$  인 엑스선이 정지 상태에 있는 자유전자에 의해서 산란되어 길어진 파장  $\lambda'$  을 가진 엑스선으로 산란각이  $90^\circ$  가 되었다. 다음 질문에 답하시오. (단, 플랑크 상수는  $h$ , 전자의 정지질량은  $m_0$ , 전자의 충돌 후 속력은  $v$ , 전자의 산란각은  $\theta$  로 나타내시오.)



(1) 충돌 전후의 에너지 보존 식을 쓰시오. [5점]

$$mc^2 = \gamma m_0 c^2 \quad h\frac{c}{\lambda} + m_0 c^2 = h\frac{c}{\lambda'} + \gamma m_0 c^2$$

(2) 충돌 전후의 운동량 보존 식을 쓰시오. [5점]

$$x-axis \quad \frac{h}{\lambda} = \frac{h}{\lambda'} \cos 90^\circ + \gamma m_0 v \cos \theta$$

$$\frac{h}{\lambda} = \gamma m_0 v \cos \theta \quad \dots\dots (1)$$

$$y-axis \quad 0 = \frac{h}{\lambda'} \sin 90^\circ - \gamma m_0 v \sin \theta$$

$$0 = \frac{h}{\lambda'} - \gamma m_0 v \sin \theta \quad \dots\dots (2)$$

(3) 충돌 후 전자의 운동량의 크기를  $h$ ,  $\lambda$ ,  $\lambda'$  을 이용하여 나타내시오. [5점]

$$\frac{h}{\lambda} = \gamma m_0 v \cos \theta \Rightarrow \frac{h^2}{\lambda^2} = \gamma^2 m_0^2 v^2 \cos^2 \theta \quad \dots\dots (1)^2$$

$$0 = \frac{h}{\lambda'} - \gamma m_0 v \sin \theta \Rightarrow \frac{h^2}{\lambda'^2} = \gamma^2 m_0^2 v^2 \sin^2 \theta \quad \dots\dots (2)^2$$

$$(1)^2 + (2)^2 \Rightarrow \frac{h^2}{\lambda^2} + \frac{h^2}{\lambda'^2} = \gamma^2 m_0^2 v^2 \cos^2 \theta + \gamma^2 m_0^2 v^2 \sin^2 \theta$$

$$\Rightarrow h^2 \left( \frac{1}{\lambda^2} + \frac{1}{\lambda'^2} \right) = \gamma^2 m_0^2 v^2$$

$$\Rightarrow p = \gamma m_0 v = h \sqrt{\frac{1}{\lambda^2} + \frac{1}{\lambda'^2}}$$

$$(p = h \sqrt{\frac{1}{\lambda^2} + \frac{1}{\lambda'^2}})$$

(4) 충돌 후 전자의 산란각을  $\lambda$  와  $\lambda'$  을 이용하여 나타내시오. [5점]

$$\frac{(2)}{(1)} = \frac{\frac{h}{\lambda'}}{\frac{h}{\lambda}} = \frac{\gamma m_0 v \sin \theta}{\gamma m_0 v \cos \theta} \Rightarrow \frac{\lambda}{\lambda'} = \tan \theta \Rightarrow \theta = \tan^{-1} \left( \frac{\lambda}{\lambda'} \right)$$

$$(\theta = \tan^{-1} \left( \frac{\lambda}{\lambda'} \right))$$

<뒷 면에 주관식 문제 더 있음.>

[2014년 2학기 기말고사 주관식 1번] - 예제 26.5 연습문제 26.14 참고

[2008년 2학기 기말고사 주관식 2번]

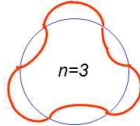
[주관식 3] [18점]

보어(N. Bohr)는 다음과 같은 가정으로 수소원자 모델을 제안하였다.

보어의 가정: 전자의 각운동량은 아래의 식과 같이 주어진 값만을 가질 수 있다.

$$\star \text{ 각운동량 } L = rp = \frac{h}{2\pi} n \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

$$\star \text{ 전자의 물질파 파장 } n\lambda = 2\pi r \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$



(1) 전자가 전자기력을 구심력으로 원운동 할 때, 뉴턴 제2법칙 즉, 힘의 방정식을 쓰시오. (여기서 전자의 전하량은  $e$ , 질량은  $m$ , 속력은  $v$  를 사용하시오.) [5점]

$$\begin{cases} F_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r^2} \\ F_c = m \frac{v^2}{r} \end{cases} \Rightarrow F_e = F_c \Rightarrow \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$$

$$\left( \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r^2} = m \frac{v^2}{r} \right)$$

(2) (1)의 결과를 이용하여 원운동 하는 전자의 총 에너지  $E$ 를 구하시오. [5점]

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r^2} = m \frac{v^2}{r} \Rightarrow v^2 = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 m r}$$

$$K = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m \left( \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 m r} \right) = \frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 r}, \quad U = - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r}$$

$$E = K + U = \frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 r} + \left( - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r} \right) = - \frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 r}$$

$$\left( E = - \frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 r} \right)$$

(3) 보어의 가정을 이용하여, 전자의 원운동의 반지름  $r$  이 양자화 됨을 보이시오. [5점]

$$L = rp = rmv = n \frac{h}{2\pi} \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r^2} = m \frac{v^2}{r} = m \frac{v^2}{r} \times \frac{mr^2}{mr^2} = \frac{(rmv)^2}{mr^3} = \frac{L^2}{mr^3}$$

$$\Rightarrow r = \frac{4\pi\epsilon_0}{me^2} L^2 = \frac{4\pi\epsilon_0}{me^2} \left( n \frac{h}{2\pi} \right)^2 = \frac{\epsilon_0 h^2}{\pi m e^2} n^2 \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

(4) (1), (2), (3)의 결과로 총 에너지  $E$ 가 양자화 됨을 보이시오. [3점]

$$E = K + U = \frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 r} + \left( - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r} \right) = - \frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 r}$$

$$= - \frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 \left( \frac{\epsilon_0 h^2}{\pi m e^2} n^2 \right)} = - \frac{m e^4}{8 \epsilon_0^2 h^2} \frac{1}{n^2} \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$