

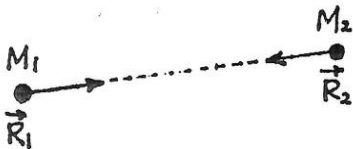
# 1985 학년도 서울대학교 대학원 (석사과정) 입학시험문제

전공: 물 리 학

1984, 12, 7

참고 : 문제 (1)~(3)은 모두 풀고,  
문제 (4)~(8)중에 한문제만 풀라  
를것

- (1) 질량이 각각  $M_1, M_2$ 로 주어지는 두 물체가 3차원 공간에서 둘 사이에 작용하는 만유인력때문에 움직인다고 하자. 다음 질문에 답하라. (중력 상수는  $G$ 로 놓고 아래 (7) (L) (E) (F) 질문에서는 이 물체들을 질점으로, (2) (B)에서는 문제에 주어진대로 생각할것)



- (7) 두 물체의 위치 Vector를 그림에서처럼  $\vec{R}_1, \vec{R}_2$ 로 표시할때

$$M_1 \frac{d^2 \vec{R}_1}{dt^2} = ? \quad \text{(Newton의 운동)}$$

$$M_2 \frac{d^2 \vec{R}_2}{dt^2} = ? \quad \text{(방정식을 쓸것)}$$

- (L) 이때 이계의 total energy를 나타내는 식을 쓰고 그것은 보존됨을 보여라.

- (E) 이 계의 질량 중심점을 나타내는 위치 vector  $\vec{R}_{cm}$ 은 어떻게 주어 지는지 보이고 위 Newton의 운동 방정식들을  $\vec{R}_{cm}$  및 상대위치 vector  $\vec{r} = \vec{R}_2 - \vec{R}_1$ 에 대한 식들로 바꿔 써 보아라.

- (F)  $\frac{d \vec{R}_{cm}}{dt} = 0$ 로 주어지는 관성계에서 볼때 주어진 계는 항상 2차원 (즉 평면상의) 운동에 귀착됨을 보여라.

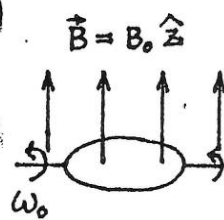
- (2) 만약 두 물체중의 하나  $M_1$ 을 질점대신  $\vec{R}_1$ 을 중심으로 반경  $a$ 인 구안에 질량이 고루 분포된 물체 (total 질량은 아직도  $M_1$ )로 대체하면 (7)에서 생각한 Newton 방정식에 어떤 변화가 오겠는가?

- (B)  $M_1$ 뿐만 아니라  $M_2$  역시  $\vec{R}_2$ 을 중심으로

반경  $b$ 인 구안에 질량이 고루 분포된 물체 (total 질량은  $M_2$ 로 놔둔채)로 대체한다면 (7)에서 생각한 Newton 방정식에 어떤 변화가 오겠는가?

- (※ (2), (B)에서 두 물체가 서로 떨어져 있을때 각 물체의 중심운동만 생각하고, 결론에 이르게 되는 과정을 기술하라.)

(2)



옆의 그림과 같이,  $\hat{z}$  방향의 균일한 자기장 속에서 금속으로 만든 원형고리를 자장의 방향과 직교하는 축을 중심으로

일정한 각속도  $\omega_0$ 로 회전시킨다 하자.

- (7) Maxwell 방정식 중에서, Faraday의 유도 법칙을 나타내는 식을 써라.

- (L) 위의 식에서 폐회로 (Closed circuit)에 생기는 기전력 (EMF)과 자기전속 (Magnetic flux)  $\Phi$ 의 변화와의 관계를 구하라.

- (F) 그림과 같은 상황에서, 원형 고리에 생기는 기전력을 시간의 함수로 구하라. 단 고리의 반지름은  $a$ 이다.

- (2) 원형 고리를 이루는 금속의 단위길이당 저항이  $\rho$ 라고 할때, 단위 시간당 발생하는 평균 Joule 열의 양을 구하라. 단 고리의 회전축은 절연체로 이루어져 있어, 전류는 원형고리에만 흐른다고 가정하자

- (B) 시간  $t=0$ 에서 이 고리가 자위로 회전하도록 내버려두면 이 Joule 열로 인하여 회전 각속도가 줄어든 것이다. 원형고리의 단위 길이당 질량이  $\lambda$ 라고 할때 회전 각속도가  $\frac{\omega_0}{e}$ 가 되는 시간  $T$ 를 구하라. 단 원형고리의 이 회전축에 대한 관성 모멘트는  $I = \pi \lambda a^3$ 이고,  $T \gg 2\pi/\omega_0$ 이다.

( $e$ : 자연대수)

# 1985 학년도 서울대학교 대학원 (석사과정) 입학시험문제

전공: 물리학

1984, 12, 7

(3) 쿨롱 포텐셜만을 고려한 수소 원자의 모형에 대하여 (7)~(12)까지의 물음에 답하고 그 결과를 이용하여 (12)의 물음에 답하라.

(7) 양성자의 질량이 전자보다 아주 무겁다하고 전자의 슈뢰딩거 방정식을 써 보아라.

(L) 파동 함수가

$$\psi_{nlm}(r, \theta, \phi) = R_{nl}(r) \Theta_{lm}(\theta) \Phi_m(\phi)$$

로 주어짐을 보이고,  $\Phi_m(\phi)$ 를 구하라.

(E) z-방향의 각운동량 연산자  $L_z$ 는  $L_z = \frac{\hbar}{i} \frac{\partial}{\partial \phi}$ 로 주어진다.  $\psi_{nlm}$  상태에서  $L_z$ 의 기대값  $\langle L_z \rangle$ 를 구하라.

(2) 바닥 상태의 파동 함수  $R_{n0}(r)$ 이 만족하는 미분 방정식을 써라. 이 식의 해를  $R = (2/a^{3/2}) e^{-r/a}$ 라 하고 전자의 스핀 상태를 포함한 바닥 상태의 파동 함수를 써라.

(12) 섭동론(perturbation)을 써서 spin-orbit 항

$$H_1 = \frac{e^2}{2m^2c^2} \frac{1}{r^3} \vec{S} \cdot \vec{L}$$

에 의해 생긴 2p 상태의 에너지 splitting을 구하라.

(※ 참고

$$\nabla^2 = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 \frac{\partial}{\partial r}) + \frac{1}{r^2} \frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (\sin \theta \frac{\partial}{\partial \theta}) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2}{\partial \phi^2}$$

$$R_{10} = \frac{2}{a^{3/2}} e^{-r/a}$$

$$R_{20} = \frac{1}{\sqrt{2a^3}} (1 - \frac{r}{2a}) e^{-r/2a}$$

$$R_{21} = \frac{1}{\sqrt{3}} (\frac{1}{2a})^{3/2} \frac{r}{a} e^{-r/2a}$$

$$\vec{S} \cdot \vec{L} = \frac{1}{2} (\vec{J}^2 - \vec{L}^2 - \vec{S}^2)$$

(4) 쿼크 모형에 의한 중간자들의 쿼크 구성은 다음과 같다.

| 중간자      | 질량(MeV) | 쿼크 구성                            |
|----------|---------|----------------------------------|
| $\psi$   | 3100    | $c\bar{c}$                       |
| $\phi$   | 1020    | $s\bar{s}$                       |
| $\omega$ | 782     | $(u\bar{u} + d\bar{d})/\sqrt{2}$ |
| $K^+$    | 494     | $u\bar{s}$                       |
| $K^0$    | 498     | $d\bar{s}$                       |
| $\pi^+$  | 140     | $u\bar{d}$                       |
| $\pi^0$  | 136     | $(u\bar{u} - d\bar{d})/\sqrt{2}$ |
| $D^+$    | 1868    | $c\bar{d}$                       |

(7) 다음 붕괴 과정을 쿼크 다이어그램을 그리고, 허용되는 과정인지 금지되는 과정인지를 밝혀라. (참고: Okubo-Izuka 법칙도 고려할것).

(a)  $\phi^0 \rightarrow K^+ + K^-$

(b)  $\phi^0 \rightarrow K^0 + \bar{K}^0$

(c)  $\phi^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^0 + \pi^-$

(d)  $\omega^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^0 + \pi^-$

(e)  $\psi \rightarrow D^+ + D^-$

(L)  $K^+ \rightarrow (\pi^+ \pi^0),$

$K^0 \rightarrow (\pi^+ \pi^- \text{ 또는 } \pi^0 \pi^0)$

붕괴가 약한 상호 작용에 의한 것이라는 이유를 2가지 들라.

- (5) 핵의 magic number 는 구대칭 조화 진동자의 shell model 로서 근사적으로 얻어지나 완전한 magic number 는 이 진동자 potential 이 radial correction 과 spin-orbit potential 항을 도입하므로써 얻어진다. 이렇게 얻어진 아래의 single particle 에너지 준위를 참고하여 물음에 답하라.

| (l, j)    | oscillator quantum number |
|-----------|---------------------------|
| $d_{3/2}$ | 2                         |
| $s_{1/2}$ |                           |
| $d_{5/2}$ |                           |
| $p_{1/2}$ | 1                         |
| $p_{3/2}$ |                           |
| $s_{1/2}$ | 0                         |

- (7) 그림과 같이 에너지 준위가 주어질 때 보이는 magic number 는?

- (L) 다음의 원자핵들의 바닥상태의 spin parity 및 isospin 을 기술하라. 단 residual interaction 은 무시하고 degeneracy 가 있는 경우는 모두 기술하라.

(a)  $^{16}\text{O}$  ( $Z=8$ )

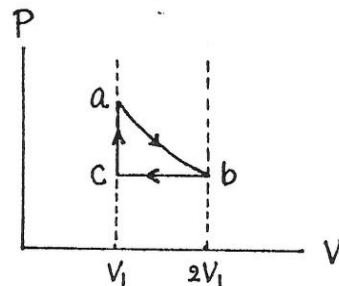
(b)  $^{14}\text{N}$  ( $Z=7$ )

(c)  $^{17}\text{O}$

(d)  $^{27}\text{Al}$  ( $Z=13$ )

- (E) 핵  $^{16}\text{O}$  에서 들뜬 에너지가 약  $1\text{MeV}$  이고 spin parity quantum number 가  $1^-\pi = 1^-$  인 들뜬 상태는 어떤 configuration 들로 기술되어야 하는가?

- (6) 1 물의 이상 기체가 2와 같이 가역 순환 과정을 거친다.



$a \rightarrow b$ : 일정 온도  $T_1$  을 유지하면서 체적이  $V_1$  에서  $2V_1$  로 팽창한다. (등온과정)

$b \rightarrow c$ : 일정한 압력에서 체적이  $2V_1$  에서  $V_1$  으로 수축한다. (등압과정)

$c \rightarrow a$ : 일정한 체적에서 가압한다. (등적과정)

다음 물음에 답하라. 단, 등적 및 등압 비열을  $C_V$  및  $C_P$  로 표시하라.

- (7)  $a \rightarrow b$  간에서 (a) 기체가 한 일  
(b) 흡수한 열량  
(c) 내부 에너지의 변화량  
(d) 엔트로피의 증감량을 구하라.

(L)  $b \rightarrow c$  간에서 "

(E)  $c \rightarrow a$  간에서 "

(L) 이 순환 과정에서 기체가 한 일과 내부 에너지의 변화량은 얼마인가?

(E) 이 순환 과정에서 주위에 증감시킨 엔트로피의 총량은?

(7) Drude - Sommerfeld 모델에 의하면, 금속은 밀도  $n$  인 자유전자들의 집합체로 볼수 있다. 이 전자들의 wave function 이 주기적인 경계조건 (periodic boundary condition) 을 만족시킨다고 가정하라.

6(7) Fermi wave vector  $k_F$  와 density of states  $D(E_F)$  를 구하라.

8 (L) Fermi velocity  $v_F$  와 Fermi energy  $E_F$  를 구하라. 또, 금속에서  $v_F$  와  $E_F$  의 값은 대략 얼마인가?

$$\text{단, } \hbar = 1.05 \times 10^{-27} \text{ erg} \cdot \text{sec}$$

$$= 0.66 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{sec}$$

$$m = 9 \times 10^{-28} \text{ gm (전자의 질량)}$$

6 (C) 전자의 mean free path 를  $l$  이라고 할때, 전기 전도도  $\sigma$  를 구하라.

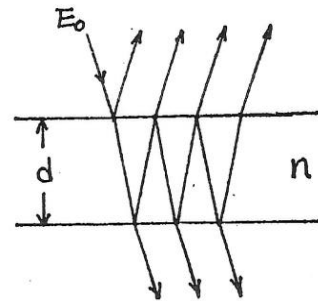
5 (C) non-magnetic impurity 가 있는 금속에서 온도의 변화에 따른 전기 저항의 변화를 정성적으로 기술하라.

(8) 2편파 같이 굴절률  $n$ , 두께  $d$  인 유전체 박막이 공기 (굴절률 = 1) 중에 놓여 있다. 여기에 파장  $\lambda$ , 진폭  $E_0$  인 빛살 (light ray) 이 거의 수직으로 입사하여 한면에서 반사계수  $r$ , 투과계수  $t$  로 반사 및 투과한다. 단, 반사(투과) 계수는 반사(투과) 된 빛의 진폭과 입사광선의 진폭의 비 (ratio) 로 정의되며, 굴절률  $n_1$  인 매질에서 굴절률  $n_2$  인 매질로 빛이 수직 입사할때는

$$r = \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2}$$

$$t = 1 + r = \frac{2n_1}{n_1 + n_2}$$

으로 주어진다.



(7) 유전체의 굴절률이 1 보다 약간 클때 ( $n-1 \ll 1$ ), 첫 반사 빛살이 2번째 반사 빛살과 상쇄되기 위한 두께  $d$  는 얼마인가?

(L) 두께  $d$  가 위문제 (7) 의 조건을 만족 하면, 유전체의 굴절률이 임의의 값을 가지더라도 반사광이 없게 됨을 보여라. (Hint: 2번째 이하 반사 빛살 진폭들의 합은, 첫 반사 빛살의 진폭과 크기는 같고 부호가 반대임을 보여라.)

(C) 박막을 굴절률이  $n'$  인 유리 ( $n' > n$ ) 위에 증착하였다면 무반사막이 되기 위한 최소 두께  $d$  는 얼마인가?

(C) 위 문제 (C) 의 경우에서, 무반사막이 되기 위한  $n$  과  $n'$  의 관계는?