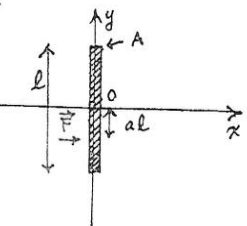


1983학년도 서울대학교 대학원 (석사과정) 입학시험 문제

전공: 물 리 학

참고: 문제 (1)~(3)은 모두 풀고,
문제 (4)~(8) 중에 한 문제만 골라
풀것.

- (1) 길이 l 질량 m 인 막대가 마찰이 없는
xy 평면에 그림과 같이 놓여 있다. 중심으로부터

 al ($a < \frac{1}{2}$) 되는 지점에서 막대에
수직하게 짧은 시간 Δt 동안
힘, $\vec{F} = F\hat{x}$ ($F = F_0/\Delta t$), 가
작용하였다.

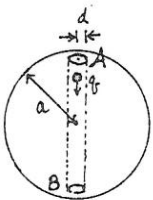
① 이 충격 (impulse)이 가해진
후의 막대의 운동을 정성적으로
기술하라.

- ② 질량 중심에 대한 이 막대의 관성 모멘트 (moment
of inertia)를 구하라.
③ 충격이 가해진 후의 선 운동량 (linear momentum)과
원점 O 에 대한 각 운동량 (angular momentum), L_0 , 을
구하라.
④ 좌표 원점 O 에 대한 각운동량 L_0 와 질량 중심에
대한 각운동량 L_0' 이 같음을 보이라.
⑤ 막대의 한 끝점 A 의 위치 좌표 (x, y) 를 시간의
함수로 구하라. (충격이 가해진 순간을 $t=0$ 로 할것)

- (2) 반경 a 인 공 (sphere) 안에 일정한 전하 밀도 ρ_0 로
전하들이 분포되어 있다. ($\rho_0 > 0$)

$$\rho = \begin{cases} \rho_0, & 0 \leq r \leq a \\ 0, & r > a \end{cases}$$

- ① 전기장 $\vec{E}$ 를 r 의 함수로 구하라.
② 정전기적 (electrostatic) 퍼텐셜 $\phi(r)$ 을 구하라.
($\phi(\infty) = 0$ 로 잡을것)
③ 위와 같은 전하분포의 중심을 통하는 원통형 구멍이 2원라
같이 있다고 하자. 원통의 반경 d 은 a 에 비해 매우
작다. ($d \ll a$). 이 구멍의



한쪽 끝인 A 점에 전하
 $-q$ ($|q| > 0$) 인 입자를 가만히
놓았다고 하면 이 입자는 어떠한
운동을 하게 되겠는가? 전
전자와 방출은 없다고 가정하고
공의 질량 M_a 는 전하 $-q$ 의

질량 m_q 에 비해 매우 크다고 ($M_a \gg m_q$) 하자.

- ④ 전자와 방출을 고려할 경우 ③에서의 전하의
운동을 간단히 설명하라.

- (3) 수소 원자 내의 전자의 Hamiltonian 의

$$H = \frac{p^2}{2m} - \frac{e^2}{r}, \text{ 고유치와 고유함수는 각각}$$

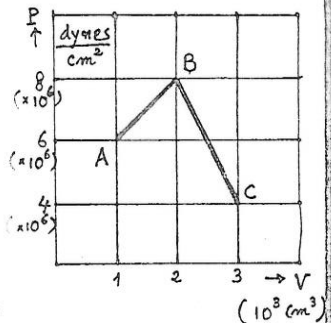
$$E_n = -\frac{mc^2}{2} \frac{\alpha^2}{n^2} \text{ 과 } \psi_{nlm}(\vec{r}) \text{ 이다. 여기서}$$

α ($\approx \frac{1}{137}$) 은 미세 구조 상수이다. 한 전자가
다음과 같은 상태로 기술된다고 할때 다음의 물음에
답하라.

$$\psi = \frac{1}{\sqrt{30}} (2\psi_{100} - 3\psi_{211} + 4\psi_{200} - \psi_{320})$$

- ① 이 전자의 에너지를 측정할때 가능한 측정값들은?
② 한번 측정한 에너지 값이 $E = -\frac{1}{8}mc^2\alpha^2$ 이 될 확률은?
③ 이 전자의 에너지 기대치 (expectation value) 는?
④ L_z (z축 각운동량)를 한번 측정할 경우 값이 0 이 될 확률은?
⑤ L_x 의 기대치는 얼마인가?

- (4) 단원자 이상기체의 1 몰당 내부 에너지는 $U = \frac{3}{2}RT$
로 절대 온도만의 함수이다. (상태 방정식은 $PV = RT$)
1 몰의 기체를 옆 그림의
A 에서 B 를 거쳐 C 까지
등온 준정 (quasi-static) 과정
으로 직선 경로를 따라
변화시켰다 하자. 다음 물음에
답하라.



- ① A $\rightarrow$ B $\rightarrow$ C 과정에서
기체가 한 일은?
② 이 과정에서 기체가 받아들인 열량은?
③ 이 과정에서 엔트로피가 변화량은?
④ 엔트로피의 변화의 통계 역학적 의미는 무엇인가?

- (5) 양성자와 중성자는 질량과 기하성질이 2 전하를
제외하고는 동일하다. 따라서 이들이 같은 입자의
하전 스핀 (isospin) 자기 양자수만 $\frac{1}{2}$ 및 $-\frac{1}{2}$ 로
서로 다른 동일 입자로 생각할 수 있다. 즉

$$I_3 |p\rangle = \frac{1}{2} |p\rangle, \quad I_3 |n\rangle = -\frac{1}{2} |n\rangle \text{ 이다.}$$

여기서 I_3 는 보통 스핀의 S_3 와 같은 연산자이다.

- ① 반 (anti) 양성자와 반 중성자의 상태를 각각
 $|\bar{p}\rangle$ 와 $|\bar{n}\rangle$ 라고 할때 $I_3 |\bar{p}\rangle = ?$, $I_3 |\bar{n}\rangle = ?$
② $|\bar{p}\rangle, |\bar{n}\rangle$ 및 $|p\rangle, |n\rangle$ 으로 하전 스핀이 1 이 되는
고유상태 (eigenstate)를 만들어 이들이 π^+, π^-
및 π^0 에 해당할 수 있음을 보이라.

(6) 하나의 양성자에 자기장 $\vec{B}$ 를 걸어 주었다.
($\vec{B}$ 의 방향을 z축으로 잡을것). 양성자의 자기모멘트(magnetic moment)는 $\vec{\mu}_p = 2\mu\vec{S}$ 이다.
여기서 μ 는 상수, $\vec{S}$ 는 양성자의 스핀 벡터이다.

㉑ 스핀이 $\vec{B}$ 와 같은 방향인 상태의 에너지와 $\vec{B}$ 와 반대 방향인 상태에서의 에너지를 구하라.

㉒ 에너지가 높은 상태, $|i\rangle$,에 있던 양성자가 낮은 상태, $|f\rangle$,로 천이 하면서 방출하는 감마선의 중복도(multiplicity) 및 parity를 구하라.

㉓ 천이율은 $I = |\langle f | \vec{S} | i \rangle|^2$ 에 비례한다.
여기서 $\vec{S}$ 는 Pauli spin matrix로
 $S_x = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$, $S_y = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}$, $S_z = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$
이다. I 를 구하라.

(7) N 개의 일가(monovalent) 원자들로 이루어진 길이가 L 인 일차원 결정(lattice constant $= a$)이 있다고 하자.

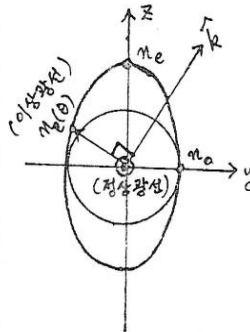
㉑ 이 결정의 first Brillouin zone을 구하라.

㉒ 이 결정내의 전자들이 격자점에 있는 ion들의 영향에 의해 forbidden band가 zone boundary에서 존재함을 nearly free electron model을써서 설명하라.

㉓ 위의 결과로 부터 전자의 에너지 band를 wave vector k 에 대해 그려라.

㉔ 이 일가 원자들로 이루어진 결정이 도체, 반도체, 또는 부도체 중 어떤것이겠는가?
그 이유를 써라.

(8) 광학적으로 비 등방성인 단축 결정의 광축을 z 방향으로 하는 양 단축 결정(positive uniaxial crystal)내에서, 파수벡터(wave vector)의 방향 $\hat{k}$ 가 yz 평면 내에서, z 축과 θ 의 각도를 이루는 단색광이 진행할때, 이상광선과 정상광선의 편광 방향 및 굴절 크기가, 그림과 같이, 굴절률에 대한 normal surface 상에 주어진다. 여기서 n_e, n_o 는 각각 이상광선과 정상광선의 굴절률이다.



(정상광선의 편광 방향은 $\hat{x}$ 이고 굴절률은 n_o 이다)

㉑ 입사광이 어떠한 편광상태(polarization state)를 가졌더라도, 이 상태가 변하지 않고 결정을 진행할 수 있는 θ 의 값은?

㉒ 각이 θ 일때 이상광선의 굴절률의 크기 $n_e(\theta)$ 를 n_e, n_o 및 θ 로 표시하라.

㉓ $\hat{k}$ 가 y 축과 평행하고($\theta=90^\circ$), z 축에 대해서 45° 로 선형 편광된, 파장이 λ_0 인 입사광이 이 결정을 통과한 후 원 편광(circular polarization)이 될 수 있는 결정의 y 방향의 두께 d 를 n_e, n_o 및 λ_0 로 표시하라. ($\lambda/4$ plate)