

소속대학원		수험 번호		성 명		감독교수 화 인	(인)
-------	--	----------	--	-----	--	-------------	-----

2002학년도 대학원 전기모집 필답고사

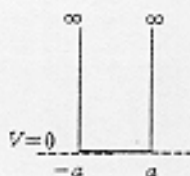
과목명 : (양자물리)

2001. 11. 24 시행

1. 다음과 같이 일차원 무한 퍼텐셜 우물(infinite potential well) 에 질량 m 을 갖는 입자가 있다.

$$V(x) = 0, \quad -a \leq x \leq a$$

$$= \infty, \quad |x| \geq a$$



(가) 바닥 상태의 에너지를 구하라.

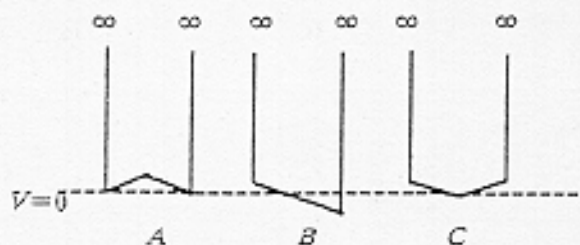
(나) 다음과 같이 $\Psi(x=\pm a)=0$ 을 만족하는 간단한 상태 함수를 가정하였을 때,

$$\Psi(x) = N(a^2 - x^2), \quad -a \leq x \leq a$$

$$= 0, \quad |x| \geq a$$

N 값을 결정하고, $\langle \Psi | H | \Psi \rangle$ 를 구하여라. 그리고, (가)에서 얻은 정확한 에너지와 비교하라.

(다) 원래의 퍼텐셜이 아래와 같이 약간 변하였다고 하자. A, B, C 각각의 바닥 상태 에너지 크기를 상대적으로 비교하라. (예, $E_A > E_B > E_C$). (계산을 하지 말고 그 이유를 정성적으로 설명하라.)



(라) 위의 (다) 문제 B 의 경우에 바닥상태 에너지의 변화를 2차 진드림(second-order perturbation)까지 생각해 보자. 이때, 원래의 퍼텐셜우물(바닥이 평평한 경우)에 비해서 에너지가 증가할지, 감소할지, 혹은 그대로일지 예측하고, 그 근거를 간단히 설명하라. (숫자를 계산할 필요가 없다)

2. 수소 원자의 전자 상태가 다음과 같이 주어졌다.

$$\Psi(\vec{r}) = N [4\Psi_{1,0,0}(\vec{r}) + 3\Psi_{2,1,1}(\vec{r}) - \Psi_{2,1,0}(\vec{r}) + \sqrt{10}\Psi_{2,1,-1}(\vec{r})]$$

단 $\Psi_{n,l,m}(\vec{r})$ 은 주양자수, 부양자수, 자기양자수를 n, l, m 로 갖는 상태함수이다.

(가) 바닥 상태에서 발견될 확률을 구하라.

(나) $\Psi(\vec{r})$ 로 주어진 상태의 에너지 기대치, L^2 의 기대치, 그리고 L_z 의 기대치를 구하라. 단 $1Ry=13.6eV$ 이다.

(다) 이 원자에 일정한 약한 전기장 $\vec{E}_0 = E_0 \hat{z}$ 를 걸어주었다. 이 전기장으로 인한 에너지 기대치의 변화를 1차 진드림까지 구하라.

[Hint: $\langle \Psi_{100} | z | \Psi_{210} \rangle = A$ 라 놓고 계산하며, $[L_z, z] = 0$ 이라는 사실에 주목하라.]

(라) 측정에 의하여 위의 전자가 $|\Psi_{211}\rangle$ 상태에서 발견되었다고 가정하자. 이 전자가 가질 수 있는 총각운동량(total angular momentum) 양자수 J 및 각각의 J 에 대하여 가질수 있는 z -성분 J_z 값들을 구하라.

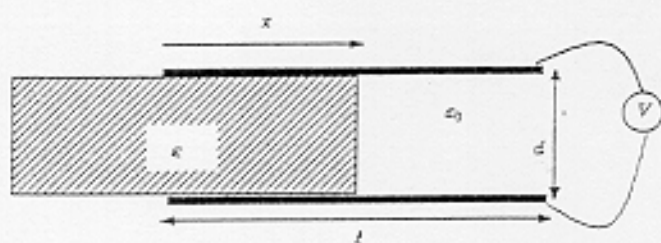
소속대학원	수험 번호	성명	감독교수 학인	(인)
-------	----------	----	------------	-----

2002학년도 대학원 전기모집 필답고사

과목명 : (전기와 자기)

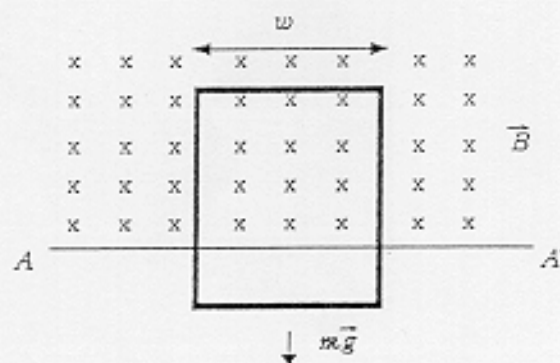
2001. 11. 24 시행

1. 그림과 같이 길이가 l , 폭이 w , 간격이 d 인 두 평행도체판 사이에 유전율상수(permittivity)가 ϵ 인 유전체가 길이 x 만큼 채워져 있고, 나머지는 유전율상수 ϵ_0 인 공기이다. 두 평행판 사이에 전위차 V 가 걸려 있다고 하고 모서리 효과는 무시할 수 있을 때 다음 물음에 답하라.



- (가) 이 계의 전기용량(capacitance) C 을 x 의 함수로 구하라.
- (나) 이 계의 전기에너지 U 를 x 의 함수로 구하라.
- (다) 유전체가 받는 힘의 크기와 방향을 구하라.
- (라) 만일 두 평행판 사이에 전위차 V 를 걸어주는 대신 전하 $+Q$ 와 $-Q$ 를 각각 윗판과 아래판에 대전시켰을 때 이 유전체가 받는 힘의 크기와 방향을 구하라.

2. 그림과 같이 폭이 w , 질량이 m , 저항이 R 이며 길이 가 긴 사각형 모양의 도체고리(conducting loop)가 균일한 자기장 $\vec{B}$ 에 놓여있다. 이 때 자기장은 종이 속으로 들어가는 방향으로 걸려있고 직선 AA' 윗부분에만 존재한다. 이 도체고리가 중력에 의해 자유낙하하고 있다. 다음 그림과 같은 상황에서 낙하속도를 v 라고 할 때 다음 물음에 답하라.



- (가) 도체고리에 유도되는 전류 i 의 방향과 크기를 구하라.
- (나) 이 때 자기장에 의해 도체고리가 받는 힘의 크기와 방향을 구하라.
- (다) 이 고리가 종단속도(terminal speed) v_t 에 도달했을 때에도 그림과 같이 고리의 일부가 자기장에 걸쳐있다고 하자. 이 때 v_t 를 구하고 단위시간당 발생하는 열(즉, 소모되는 일률)을 구하라.

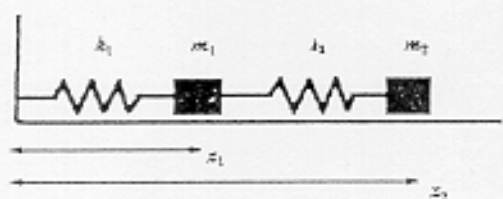
소속대학원		수험 번호		성 명		감독교수 화 인	(인)
-------	--	----------	--	-----	--	-------------	-----

2002학년도 대학원 전기모집 필답고사

과목명 : (역학)

2001. 11. 24 시행

3. 그림과 같이, 질량 m_1 , m_2 인 두 질점이 탄성계수 k_1 , k_2 인 두 용수철에 직렬 연결되어 있다. 왼쪽 벽에서 각 질점까지의 거리를 x_1 , x_2 라고 하자. 각 용수철의 평형상태 길이는 L 이다. 바닥과 두 질점 사이의 마찰은 무시한다.



(가) 각 질점 m_1 및 m_2 가 만족하는 운동방정식을 구하여라.

이제 초기 $t=0$ 에 각 질점이 $x_1 = \frac{1}{2}L$, $x_2 = 2L$.

초기속도 $\dot{x}_1 = \dot{x}_2 = 0$ 상태에 있었다고 하자.

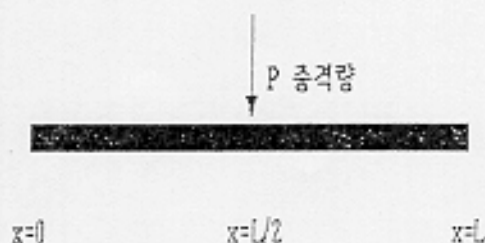
다음 각 경우에, 두 질점은 $t>0$ 에서 어떤 운동을 보이는지 예측하고, 예측한 근거를 (가)의 운동방정식의 근사풀이로부터 제시하여라.

(나) $k_1 = k_2$, $m_1 \ll m_2$ 인 경우 ($m_2 = \infty$ 로 취급하여도 무방함).

(다) $m_1 = m_2$, $k_2 \gg k_1$ 인 경우 ($k_1 = 0$ 으로 취급하여도 무방함).

(라) 앞 문제 (다)에서, $k_1 \neq 0$ 에 의한 보정효과를 근사적으로 고려하면 두 질점의 운동이 어떻게 변할지 간단히 설명하라.

4. 그림과 같이 길이 L , 질량 M 인 야구방망이가 있다. 이 방망이를 두께가 없는 선으로 취급하면, 선질량 밀도는 $\lambda = \lambda_0 \frac{x}{L}$ 로 주어진다. 여기서 $x=0$ 은 손잡이 끝부분, $x=L$ 은 방망이 끝부분을 나타낸다.



(가) 야구방망이의 질량중심을 구하여라.

(나) 질량중심을 관통하는 수직축으로 방망이를 회전시킬 때, 회전관성 (rotational inertia, 혹은 관성모멘트)을 구하라.

(다) 정지한 야구방망이의 $x=L/2$ 지점에 $P=F\Delta t$ 인 충격량이 수직으로 가하여졌다. 이후, 질량중심의 속도를 구하여라.

(라) (다)의 경우, 이 야구방망이가 한바퀴 회전할 동안, 질량중심이 얼마나 이동하는지 구하여라.

소속대학원	수험 번호	성 명	감독교수 학 인	(인)
-------	----------	-----	-------------	-----

2002학년도 대학원 전기모집 필답고사

과목명 : (열과 통계물리)

2001. 11. 24 시행

5. 에너지 준위가 $\epsilon_1=0$ 과 $\epsilon_2=\epsilon$ 가 있는 계에 에너지 준위 ϵ_1 에는 두 개의 상태(state)가 축퇴(degenerate) 되어 있고, ϵ_2 에는 한 개의 상태만 존재한다. 이 계에는 한 개의 입자가 있고, 이 계는 온도가 T 인 열원(heat reservoir)과 열적접촉을 통하여 일정한 온도를 유지한다. 볼츠만 상수를 k_B 라 할 때, 다음 물음에 답하라.

(가) 이 계의 분배함수를 구하라.

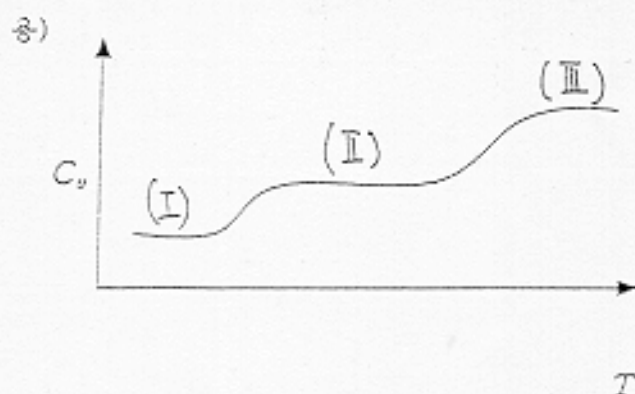
(나) 이 계의 평균에너지를 구하라.

(다) 등적열용량(heat capacity at constant volume)을 구하라.

6. 수소기체와 같이 이원자분자의 경우 한 분자당 등적열용량 C_v 이 다음 그림과 같은 온도의존성을 보였다. 다음 물음에 답하라.

(참고: Planck 상수 $h=6 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

Boltzmann 상수 $k_B=1 \times 10^{-23} \text{ J/K}$, $\pi=3$ 을 사용)



(가) (I) 영역에서의 C_v 는 수소이원자분자의 3차원공간에서의 병진(translational)운동에 의해서 생긴다. 등분배법칙의 결과를 이용하여 C_v 를 구하라.

(나) (II) 영역에서는 (가)의 병진운동외에도, 수소이원자분자의 두 원자를 연결하는 연결선의 중심을 지나고 연결선에 수직하는 축을 회전축으로 하는 회전운동이 일어난다. 이 회전축에 대한 수소원자들의 회전관성(rotational inertia, 혹은 관성모멘트)은 $I \approx 10^{-47} \text{ kgm}^2$ 으로 주어지고, 회전운동의 바닥상태 에너지는

$$E_{rot} = \frac{h^2}{8\pi^2 I} \text{ 로 } f \approx 10^{14} / \text{s} \text{ 주어진다. 수소이원자분자의 회전운동이 활성화되는 근사적인 온도를 구하라.}$$

또, (II) 영역에서의 C_v 를 구하라.

(다) (III) 영역에서는 수소 이원자분자의 병진운동, 회전운동외에도 두 원자사이에 진동이 존재한다. 그 고유진동수가 γ 로 주어질 때, 진동이 활성화되는 근사적인 온도를 구하라. 또, (III) 영역에서의 C_v 를 구하라.