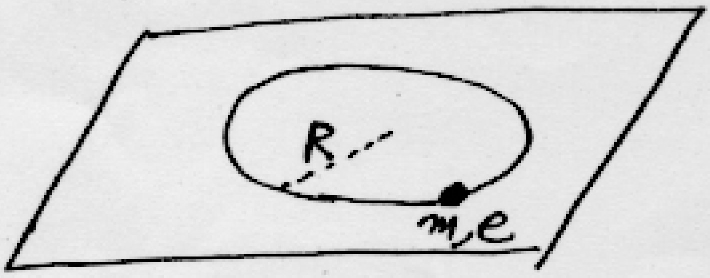
1. 그림과 같이 xy 평면에서 반지름 R 인 원의 둘레를 따라 자유롭게 움직이는 입자를 생각하자. 입자의 질량은 m, 전하량 e 이고 스핀은 없다.



(가) 입자의 상태함수가 만족해야 할 합당한 경계조건 (boundary conditions)을 설명하라.

(나) 입자의 고유함수와 에너지 고유값을 구하라.

(다) 원의 내부에 세기 B인 균일한 자기장이 z 방향으로 걸려 있을 때 입자의 고유함수와 에너지 고유값을 구하라.

(라) (다)의 계 ($B \neq 0$)는 벡터 퍼텐셜의 게이지 변환 ($\vec{A} \to \vec{A} + \vec{\nabla}\Lambda$)을 통해 (나)에서 다룬 계 ($B=0$)로

환원시킬수 있다. A를 B의 함수로 표시하고 이 경우에 경계 조건은 어떻게 바뀌는지 설명하라.

2\. 어떤 원자의 낮은 에너지 상태는 $J=1$의 multiplet 으로만 완전히 기술되며 그 외의 상태들은 무시해도 된다. crystal 속에서의 이 원자의 해밀토니안은 $H_0 = D J_z^2$ 으로 기술된다. 여기서 $D\ (>0)$은 에너지 차원을 가진 상수이고 J_z는 각 운동량 $\vec{J}$의 z-성분이며 z-방향은 crystal의 격자에 의해 결정된다. 이 multiplet 내에서 원자의 magnetic moment는 $\vec{m} = \gamma \vec{J}$로 나타내 진다. (γ는 상수)

(가) crystal 속에서의 이 원자의 에너지 준위를 구하고 각 준위에 대한 양자수를 기술하라.

(나) crystal이 약한 자기장 $\vec{B} = B_0 \hat{x}$ ($\hat{x}$는 x-방향 단위벡터) 속에 있을 때의 해밀토니안을 써라.

(다) (나)의 경우 원자의 에너지 준위들을 $\alpha = \frac{\gamma B_0}{D}$ 의 최저항까지 근사적으로 구하라.

(라) (다)의 기저상태에 있는 원자의 magnetic moment의 기대치를 구하라.

(참고: $J_{\pm}|j,m\rangle = \sqrt{(j\mp m)(j\pm m+1)}\,|j,m\pm 1\rangle$

$J_x = \frac{1}{2}(J_+ + J_-)$)

---

3. 퍼텐셜이 $V(x) = -a\,\delta(x)$ $(a>0)$ 로 주어진 일차원 쉬뢰딩거 방정식

$$\left(-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{d^2}{dx^2} + V(x)\right)\psi(x) = E\,\psi(x)$$

을 고려하여 다음 물음에 답하라. ($\delta(x)$는 Dirac delta function)

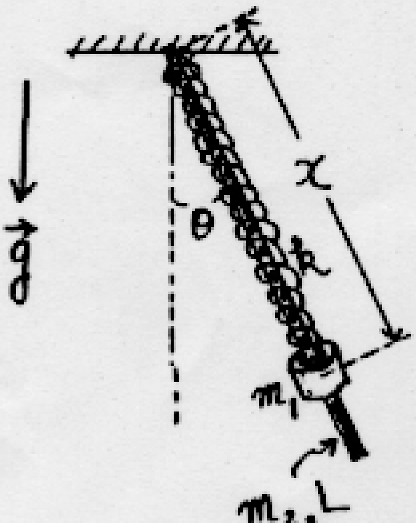
(가) $x=0$ 에서 파동함수 $\psi(x)$의 경계조건들을 논하라.

(나) 속박상태 (bound state)가 가능한가? 그렇다면 에너지 고유치와 그 파동함수를 구하라.

(다)
드
구

(다) $E > 0$ 인 경우 반사 및
투과 계수를 E 의 함수로
구하라.

1. 그림과 같이 질량을 무시할 수 있고 용수철 상수가 k인 용수철 끝에 질량이 m_1인 고리가 달려서 마찰이 없는 균질한 원통형의 기다란 막대 위에서만 운동을 하고 있다. 또 이 막대의 질량은 m_2, 길이는 L이며 한 평면위에서만 진동을 한다. 고리는



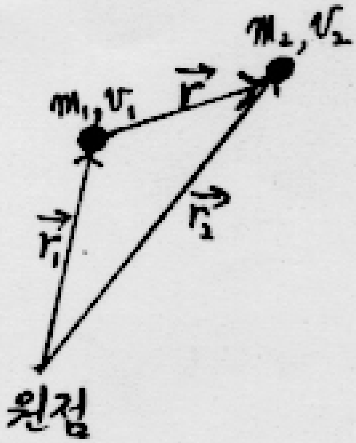
$\theta=0$ 에서 $\dot{\theta}=0$ 일때, 막대의 중앙 $(x=\frac{L}{2})$에서 중력과 평형을 이루고 있었다고 하라.

(가). 이 계의 Lagrangian을 θ와 x의 함수로 구하라.

(나). x와 θ에 대한 Lagrange 운동방정식들을 구하라.

(다). x 및 θ에 대한 운동모두가 미소진동을 하는 한계내에서 normal mode들과 각 normal mode들의 진동수 ω를 구하라.

2. 질량이 m_1 및 m_2인 두 원자로 된 이원자 분자에서 두 원자들은 위치에너지 $V(r) = \frac{a^2}{4r^4} - \frac{b^2}{3r^3}$ 에 따라 상호작용을 한다. r은 두 원자간의 거리이고, a 및 b는 상수들이다.

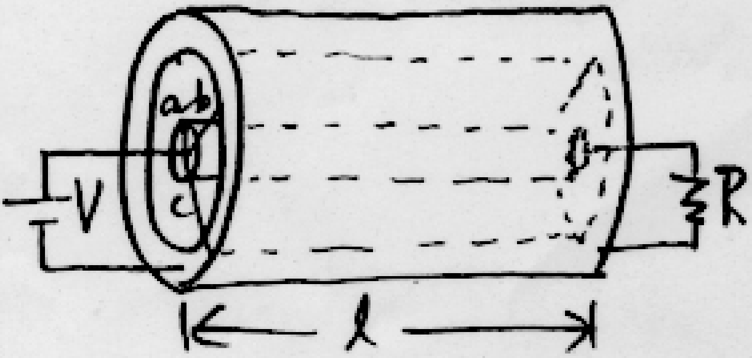


(가). 회전이 없다 할때, 평형상태에서의 두 원자간의 거리와, 평형점 주위의 소폭진동의 주기를 구하고, 또 이 분자의 결합에너지를 구하라.

(나). 원자들의 상대운동이 원운동(Circular motion)을 할때, 분자가 분해되지 않고 가질 수 있는 회전운동의 최대 각운동량(L_{max})은 얼마인가? 즉, 안정한 원운동을 할 수 있는 최대 각운동량 L_{max}를 구하라. 또 $L = L_{max}$ 일때 두 원자간의 간격을 구하라.

(다). 분자가 분해될려고 하는 순간의 실험실계에서의 각원자들의 속력 v_1 및 v_2를 구하라. 분자들의 질량중심은 정지해 있다고 가정하라.

1. 그림과 같이 반경 a인 도선과 내경 b, 외경 c인 도선으로 이루어진



coaxial cable(길이 l)에 부하저항 R과 potential V를 걸었다.

가). 이상적인 coaxial cable 이라면 ($\sigma=\infty$), 정상상태에서 coaxial cable 내부 ($a\le r \le b$)의 전기장과 자기장의 세기를 구하라.

나) 이 경우 Poynting vector의 크기와 방향을 구하라.

다). Poynting vector의 형태로 유입되는 에너지의 크기와 부하 R에서 Joule 열로 소모되는 에너지의 크기를 비교하라

라). 만약 coaxial cable의 내부및 외부도선에 유한한 저항 R'이 각각 있을때, Poynting vector는 나)의 경우와 어떻게 다른가를 설명하라.

2. 단위 체적당 n개의 대전된 입자가 있는 매질내로 주파수 ω인 평면파가 전파한다. 입자의 전하는 q, 질량은 m이며 문제를 간단히 하기위하여 $\mu=\epsilon=1$로 택하자

가). 이 매질내의 ac conductivity를 구하라

나) Maxwell 방정식을 이용하여 파의 전파에 관련된 k vector를 ω와 n의 함수로 나타내라

다). 파의 전파에 관련된 group velocity와 phase velocity를 구하라

라). group velocity가 0이 되는 임계 주파수 ω_0를 구하고, $\omega>\omega_0$ 및 $\omega<\omega_0$인 경우 파의 전파가 어떻게 되는가를 기술하라.

3. 진공에서 Maxwell 방정식은

$$\nabla\cdot\vec{E} = 4\pi\rho$$

$$\nabla\times\vec{E} + \frac{1}{c}\frac{\partial\vec{B}}{\partial t} = 0$$

$$\nabla\cdot\vec{B} = 0$$

$$\nabla\times\vec{B} = \frac{4\pi}{c}\vec{J} + \frac{1}{c}\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}$$

처럼 주어진다.

3 가. scalar 및 vector potential은 어떻게 정의 되는가? 또 Lorentz gauge 에서 이들은 다음과 같은 식을 만족함을 보여라

$$\vec{\nabla}^2 \Phi - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 \Phi}{\partial t^2} = -4\pi\rho$$

$$\vec{\nabla}^2 \vec{A} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 \vec{A}}{\partial t^2} = -\frac{4\pi}{c}\vec{J}$$

나. 일정한 속도 $\vec{v}$로 움직이는 점전하 q가 있을때, 전하 밀도 $\rho(\vec{r},t)$ 및 전류 밀도 $\vec{J}(\vec{r},t)$는 어떻게 표현 되는가? 그리고 그 표현이 current 보존원리와 부합되는지 조사하라

다. 그 점전하의 속도가 0일때 (즉 $\vec{v}=0$) 대응하는 포텐셜 Φ 및 $\vec{A}$는?

라. 그 점전하가 임의의 일정속도 $\vec{v}$로 움직이고 있을 때 대응하는 포텐셜 Φ 및 $\vec{A}$를 구하라.