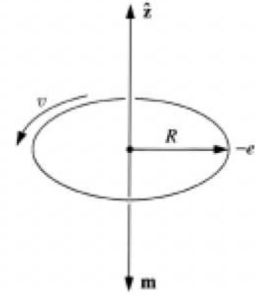


고전역학 졸업시험 예시 (약간의 변형이 있을 수 있음)

1. 탄성 계수가 k 인 용수철에 질량 m 이 물체가 연결되어 조화운동을 할 때, 변위, 속도, 가속도, 에너지 등을 기술하세요.
2. 감쇠조화 운동 시, 조건에 따라 나타나는 운동의 차이를 기술하고 설명하시오.
3. 지구에 고정된 좌표계는 비관성계이다. 지구 자전의 효과로 나타나는 현상들에 대하여 기술하고 설명하세요.
4. 지구의 탈출속도에 대해 기술하세요.
5. Kepler 법칙 3가지를 설명하고, 기술하세요

전자기학 1 예상문제, (약간의 변형이 있을 수 있음.)

1. 그림과 같이 전자가 핵 주위를 반지름 R 인 원형 궤도 운동을 한다. 이 궤도 운동은 정상전류로 가정한다. a) 이 때 이 궤도 운동의 자기 쌍극자를 구하여라. 이 궤도 운동이 $\hat{z}$ 축 방향으로 균일한 자기장 $\vec{B}$ 가 있을 때 b) 자기 쌍극자 모멘트의 변화량을 구하라. c) 이때 물리적 현상을 논하여라. (단, 전자의 전하량은 $-e$ 이고, 질량은 m_e 이다.)



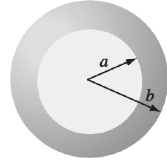
2. 반지름 R 인 접지된 공의 중심에서 거리 a 인 곳에 점전하 q 가 놓여있다. 여기서 공 밖의 전위는 아래와 같다.

$$V(r, \theta) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{q}{\sqrt{r^2 + a^2 - 2ra \cos \theta}} - \frac{q}{\sqrt{R^2 + (ra/R)^2 - 2ra \cos \theta}} \right]$$

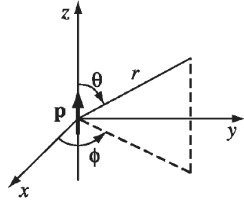
- a) 도체공 표면에 유도된 전하 $\sigma(\theta)$ 를 구하라.
b) 정전기적 에너지를 구하라.

3. 그림과 같이 반지름이 각각 a, b 인 구껍질 사이에 총 전하 Q 가 균일하게 분포되어 있다.

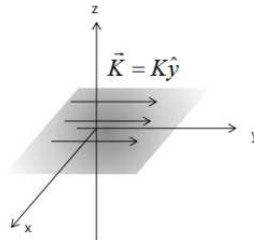
- a) $r < a$, b) $a \leq r \leq b$, c) $b < r$ 인 영역에서 전기장을 구하라.



4. 아래 그림과 같이 점 쌍극자 (electric dipole)가 만드는 전위는 $V(r, \theta) = \frac{p \cos \theta}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ 이다. 점 쌍극자가 만드는 전기장이 다음과 같음을 보여라.



5. 아래 그림과 같이 xy 평면상에서 무한히 크고 얇은 평면도체의 전류밀도가 $\vec{K} = K\hat{y}$ 이다. 평면의 위와 아래공간에서 자기장을 Ampere법칙을 이용하여 구하여라. (벡터 방향에 주의할 것)



양자물리1 졸업시험예상문제

1. 슈뢰딩거 방정식의 해로 주어지는 파동함수 $\psi(x, t)$ 에 대해서 다음의 문제를 푸시오.

(1) 파동함수에 작용하는 위치와 운동량 연산자 x_{op}, p_{op} 에 대해 $[x_{op}, p_{op}]\psi = i\hbar\psi$ 임을 보이시오.

(2) 확률밀도 $P(x, t) = \psi^*\psi$ 와 확률 흐름 $j(x, t) = \frac{\hbar}{2im}(\psi^* \frac{\partial \psi}{\partial x} - \frac{\partial \psi^*}{\partial x} \psi)$ 에 대하여 다음의 확률 보존 관계식

$$\frac{\partial P(x, t)}{\partial t} + \frac{\partial j(x, t)}{\partial x} = 0$$

이 성립함을 보이시오.

(3) (2)의 식을 활용하여 $\psi(x \rightarrow \pm\infty, t) = 0$ 일 때 ($j(x \rightarrow \pm\infty, t) = 0$), 입자가 어디에서나 발견될 확률, 즉

$$\int_{-\infty}^{\infty} dx P(x, t)$$

이 보존됨을 보이시오.

2. 일차원 퍼텐셜이 $V(x) = \infty$ for $x < 0, x > L, V(x) = 0$ for $0 \leq x \leq L$ 인 해밀토니안에 의해 기술되는 양자 역학적 입자를 상자 속 입자라 한다.

(1) 상자 속 입자에 대해 시간에 독립적인 슈뢰딩거 방정식 $H_{op}u_n(x) = E_n u_n(x)$ 을 풀어서 자연수 n 에 대하여 에너지 고유값 E_n 과, 규격화된 에너지 고유함수 $u_n(x)$ 를 구하시오.

(2) 규격화된 에너지 고유함수 $u_n(x)$ 에 대하여 다음의 직교성이 성립함을 보이시오.

$$\int_{-\infty}^{\infty} dx u_n^*(x) u_m(x) = \delta_{nm}$$

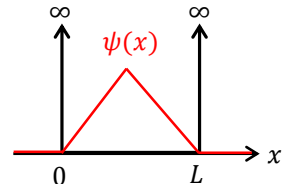
(3) 바닥상태 에너지 고유값의 형태를 불확정성 원리를 이용하여 정성적으로 설명하시오.

3. 일차원 상자 속 입자의 파동함수가 주어진 시간에 다음과 같다 (그림 참조).

$$\psi(x) = A \left(\frac{x}{L} \right) \text{ for } 0 \leq x < \frac{L}{2}, \quad \psi(x) = A \left(1 - \frac{x}{L} \right) \text{ for } \frac{L}{2} \leq x \leq L, \quad \psi(x) = 0 \text{ for } x < 0, x > L$$

식 (5.1)의 파동함수는 상자 속 입자의 에너지 고유함수로 다음과 같이 전개할 수 있다.

$$\psi(x) = \sum_{n=0,1,\dots} \frac{2\sqrt{24}}{\pi^2(2n+1)^2} \sqrt{\frac{2}{L}} \sin \frac{(2n+1)\pi x}{L}$$



(1) 파동함수가 확률해석을 만족하기 위한 양의 실수 A 의 값을 구하시오.

(2) 입자의 위치를 측정했을 때, 위치가 $[L/3, L]$ 에서 발견될 확률을 구하시오.

(2) 주어진 파동함수에 대해 에너지 측정값이 $E = \frac{4\hbar^2\pi^2}{2mL^2}, E = \frac{7\hbar^2\pi^2}{2mL^2}, E = \frac{9\hbar^2\pi^2}{2mL^2}$ 일 확률을 각각 구하시오.

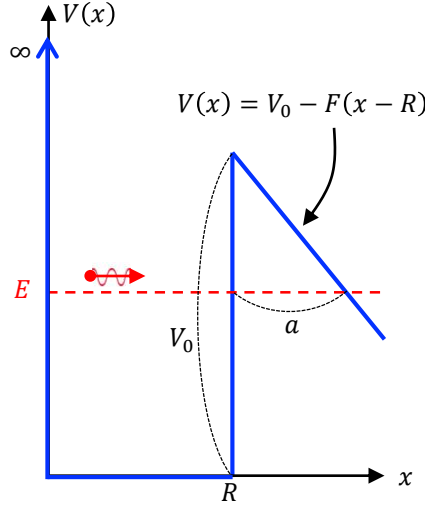
(3) 주어진 파동함수에 대해 에너지 기댓값 $\langle E \rangle$ 을 구하시오. (필요하다면 공식 $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} = \frac{\pi^2}{6}$ 을 활용할 것)

양자물리1 졸업시험예상문제

4. 다음 그림과 같은 퍼텐셜에 대하여, 에너지 E ($E < V_0$) 를 갖는 입자가 퍼텐셜 우물 안에 갇혀 있다가 양자 터널링을 통해 밖으로 탈출하는데 걸리는 평균 시간 (생존시간: life-time) τ 는 $\tau_0/|T|^2$ 으로 주어진다. 여기서 τ_0 는 고전적인 입자를 가정할 때 퍼텐셜 양 벽 사이를 반사하면서 한번 왕복하는데 걸리는 시간으로, 고전적 운동에너지 식인 $E = \frac{1}{2}mv^2$ 를 통해 구해진다. $|T|^2$ 는 오른쪽으로 입사된 E 의 에너지를 가진 입자가 터널링을 통하여 밖으로 탈출할 확률로 WKB 근사를 통해 다음과 같이 주어진다.

$$|T|^2 = C \exp\left(-\frac{2}{\hbar} \int_R^{R+a} dx \sqrt{2m(V(x) - E)}\right)$$

여기서 C 는 $O(1)$ 인 어떤 상수이다.



이를 활용하여 입자가 탈출하는데 걸리는 평균 시간 τ 를 $E, V_0, F, R, \hbar, C, m$ 으로 표현하시오.

5. 두 관측 가능한 물리량 A, B 에 대응하는 에르미트 연산자 (Hermitian operator) $A = A^\dagger, B = B^\dagger$ 가 있고 각각의 연산자의 가능한 모든 고윳값이 다음과 같다.

$$\begin{aligned} A|a_i\rangle &= a_i|a_i\rangle, & \{a_i\} &= \{a_1, a_2\}, & \langle a_i|a_j\rangle &= \delta_{ij} \\ B|b_i\rangle &= b_i|b_i\rangle, & \{b_i\} &= \{b_1, b_2\}, & \langle b_i|b_j\rangle &= \delta_{ij} \end{aligned}$$

주어진 시간에서 입자의 양자상태 $|\psi\rangle$ 가 아래와 같을 때 다음의 질문에 답하시오.

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{3}}|a_1\rangle + i\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}|a_2\rangle = |b_1\rangle$$

(1) $|\psi\rangle$ 에 대하여 물리량 A 의 기댓값을 a_1, a_2 를 활용하여 표현하시오.

(2) $|\psi\rangle$ 에 물리량 B 를 측정하여 b_2 가 나올 확률을 구하시오.

(3) $|\psi\rangle$ 에 물리량 A 를 측정하여 a_1 이 나왔다. 연이어 물리량 B 를 측정하여 b_2 가 나올 확률을 구하시오.

1. 열역학 제0, 1, 2, 3법칙들을 간단히 기술하라.
2. 에너지 등분배법칙을 설명하고, 이 법칙의 적용 범위를 기술하라. 또한 이 법칙을 사용하여 질소 분자로 구성되어 있는 기체의 비열을 온도의 함수로 대충 그려보라.
3. 크기 변수, 세기 변수, 상태 함수의 뜻을 간단히 설명하고 각각 예를 두 가지씩 나열하라.
4. 열기관의 입장에서 냉장고와 열펌프의 공통점과 차이점을 밝혀라.
5. 동일계에서 정압 열용량(C_p)이 정적 열용량(C_V)보다 큰 이유를 물리적으로 설명하라.