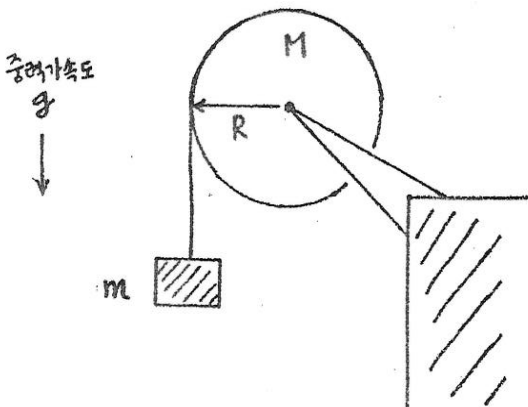


1989학년도 서울대학교대학원 입학시험문제
전공: 물리학 (석사 과정)

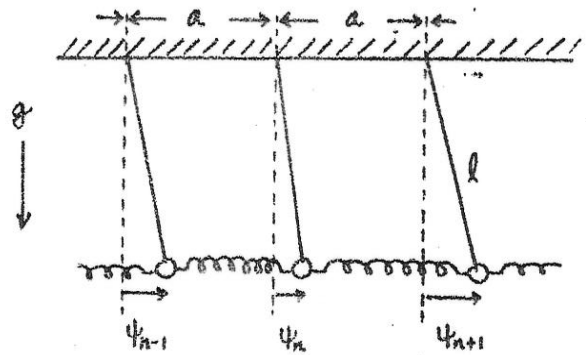
1988. 11.26

1. 그림과 같이 반지름 R , 질량 M 인 균일한 원판이 중심을 지나는 마찰이 없는 회전축을 통하여 돌게 되어 있다. 이 원판에 감긴 줄에 질량 m 인 물체가 매달려 낙하하고 있을 때 다음 물음에 답하라. (단, 줄의 질량은 무시한다.)



- (가) 이 원판의 관성모멘트를 I 를 구하라.
(나) 질량 m 인 물체가 받는 가속도 a 와 줄에 걸린 장력 T 를 각각 구하라.
(다) 정지해 있던 원판이 회전하기 시작한 처음 2 초 동안에 원판의 회전운동에너지는 얼마나 증가 하는가? 또 이 에너지는 원판에 가해진 torque 에 의한 일과 같온가 비교하라.
(라) 이 계에서 역학적 에너지 보존 법칙이 성립되고 있음을 보여라.

2. 길이 l 인 막대에 매달려 있는 질량 M 의 질점들이 서로 스프링 상수 (spring constant) k 인 스프링 들로 연결되어 있다. 평형상태에서 질점간의 거리를 a 라 하고 미소진동 (small oscillation) 에 의해 평형점으로 부터 $\psi_n(t)$ ($n=1, 2, \dots$) 의 변위를 갖는다고 하자.



막대의 질량을 무시하고 중력가속도를 g 라 할 때 다음 물음에 답하라.

- (가) 질점 n 에 대한 운동방정식을 적어라.
(나) n 에 따른 변위 $\psi_n(t)$ 의 변화가 작아서 $\psi_n(t)$ 를 x 와 t 의 함수 $\psi(x, t)$ 로 표시할 수 있다고 할 때 위에서의 운동방정식은

$$\frac{\partial^2 \psi(x, t)}{\partial t^2} = -\omega_0^2 \psi(x, t) + \frac{ka^2}{M} \frac{\partial^2 \psi(x, t)}{\partial x^2}$$

로 근사됨을 보여라. 여기서 $\omega_0^2 = \frac{g}{l}$ 이다.

1989학년도 서울대학교대학원 입학시험문제
전공: 물리학 (석사과정)

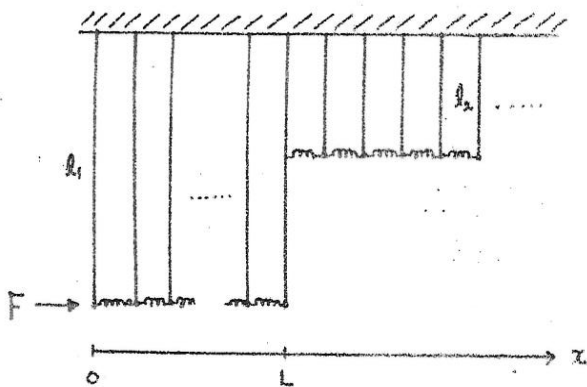
1988. 11. 26

(다) 외부에서 진동수 ω 의 힘으로 강제진동을 시키는 경우 정상상태의 해가

$$\psi(x, t) = A(x) \cos(\omega t + \phi) \text{ 로}$$

주어진다고 하자. $A(x)$ 가 만족하는 방정식을 적고 또, $\omega^2 > \omega_0^2$ 인 경우와 $\omega^2 < \omega_0^2$ 인 경우를 구분하여 각각 $A(x)$ 를 구하라.

(라) 이제 위의 문제에서의 막대의 길이를 $0 \leq x < L$ 일 때 l_1 , $x > L$ 일 때 l_2 로 아래 그림과 같이 변화시켰다.

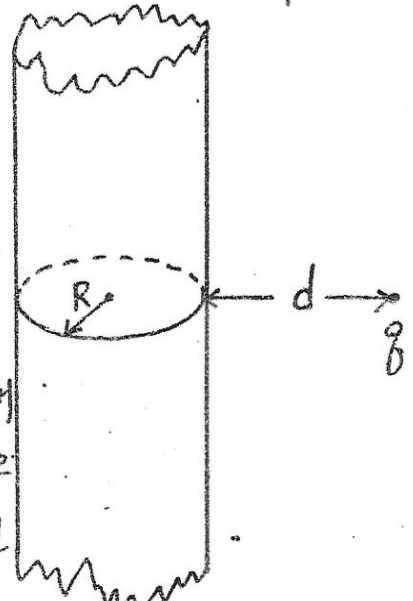


$$l_1 > l_2 \text{ 이라고 하고 } \frac{g}{l_1} < \omega^2 < \frac{g}{l_2} \text{ 인}$$

진동수 ω 의 구동력 (driving force) 을 $x=0$ 의 끝점에 가할 때 정상상태에서의 변위 $\psi(x, t)$ 를 x 의 전구간에 대하여 구하라.

3. 단면의 반지름이 R 인 무한히 긴 원통도체의

표면에 면전하밀도 σ 의 양전하가 균일하게 분포되어 있다. 이때 무한히 먼 곳으로부터 양전하 용를 이



도체 표면에서 d 만큼 떨어진 거리까지 가려왔을 때 다음 문제에 답하라.

(가) $d \gg R$ 인 경우, 전하 용이 작용하는 힘의 방향과 크기의 근사값을 구하라.

(나) d 의 값이 줄어들어 d/R 이 0에 접근할 때, 즉 용이 원통표면에 아주 가까이 있을 때, 용이 작용하는 힘의 방향과 크기를 구하여 leading term 만을 구하라. (Hint: Image charge method 를 쓸 것.)

1989학년도 서울대학교대학원 입학시험문제
전공: 물리학 (석사과정)

1988. 11.26

(다) $d \ll R$ 의 경우 전라 $\oint$ 에 미치는 힘이 사라지는 점의 d 값을 근사적으로 구하라. 단 σ 는 충분히 크다고 가정한다.

4 전도율 (conductivity) 이 σ 이고 단면의 반지름이 a 인 무한히 긴 원주형 도선에 일정한 전류 I 가 그림처럼 흐르고 있다.



(가) J 를 전류밀도라고 할 때, 이 도선에서 단위체적당 손실되는 일률 (Power loss) 이 J^2/σ 로 표시됨을 보여라. (Hint: 전도율 σ 는 전장을 E 로 나타낼 때 $J = \sigma E$ 로 정의된다.)

(나) 이 도선 표면에서의 자장 B 를 구하라.

(다) 아래에 주어진 맥스웰 방정식을 이용하여

$$\vec{\nabla} \cdot (\vec{E} \times \vec{H}) = -\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{1}{2} \vec{E} \cdot \vec{D} + \frac{1}{2} \vec{B} \cdot \vec{H} \right) - \vec{E} \cdot \vec{J}$$

를 유도하라. 또한 도선 바로 안쪽 표면에서의 면적분

$\oint (\vec{E} \times \vec{H}) \cdot d\vec{S}$ 의 값을 구하고 (가)의 결과와 비교하라.

맥스웰 방정식은 아래와 같다.

$$\vec{\nabla} \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{D} = \rho$$

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

여기서 $\vec{B} = \mu \vec{H}$, $\vec{D} = \epsilon \vec{E}$ 이며 μ 및 ϵ 은 투자율 (permeability) 및 유전율 (permittivity) 이다.

$$\text{(Hint: } \vec{\nabla} \cdot (\vec{A} \times \vec{B}) = \vec{B} \cdot (\vec{\nabla} \times \vec{A}) - \vec{A} \cdot (\vec{\nabla} \times \vec{B}) \text{)}$$

1989학년도 서울대학교 대학원 입학시험문제

전공 : 물리학 (석사과정)

1988. 11.26

5. 두개의 똑 같은 물체 A1, A2 가 온도 에 무관한 열용량 C를 갖고 있다. 이 두 물체의 처음 온도는 각기 T_1 과 T_2 ($T_1 > T_2$) 이다. A1 과 A2 사이에 열기관을 작동시켜 일을 얻으려고 한다. 열기관의 작동이 모두 끝나면 두 물체는 같은 온도 T_f 에 도달한다. 다음물음에 답하라.

(가) 열기관이 끌어 낸 일의 총량을 C, T_1 , T_2 및 T_f 로 나타내어라.

(나) 열역학의 제 2법칙을 써서 T_f 와 T_1 , T_2 사이에 성립하는 부등식 관계를 끌어 내어라.

(다) 일정한 처음 온도 T_1 과 T_2 에 대해 이 열기관이 끌어 낼 수 있는 최대 일량은 얼마 인가?

6. 부피가 V 이고 온도가 T 인 공 안에서 전자파가 열평형을 이루고 있다.

(가) 에너지가 $h\omega$ 인 모우드에 있는 광자의 평균수는

$$\langle n \rangle = \frac{1}{e^{h\omega/k_B T} - 1}$$

임을 보이라. 위에서 k_B 는 볼츠만 상수이다.

(나) 이 계의 총 에너지는 스테판 볼츠만 법칙에 의하여

$$U = a V T^4$$

가 된다. 여기서 a 는

$$a = \frac{\pi^2 k_B^4}{15 h^3 c^3}$$

이다. 총 엔트로피 S 를 a, V, T 로 나타내어라.

(다) 이 기체가 공 한벽에 미치는 압력을 에너지 밀도로 나타내어라.

(라) 현재 우주에는 온도 2.7 K 의 복사파가 열평형을 이루고 있다. 이 복사파를 우주가 3000 K 일 때의 물질과 열평형을 이루고 있던 것이 우주의 팽창과정에서 물질과 분리, 식어 남은 찌꺼기라고 보면 물질과 분리되던 때의 광자의 갯수, 광자계의 총 에너지, 그리고 우주의 반지름을 오늘의 것들과 비교하여 답하라.

1989학년도 서울대학교대학원 입학시험문제

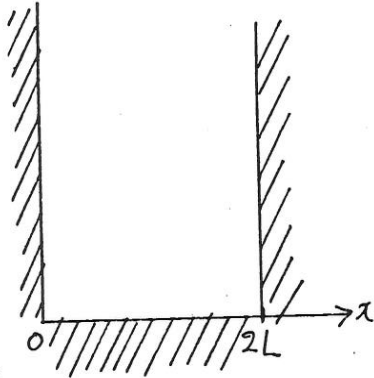
전공 : 물리학 (석사과정)

1988. 11.26

(양자역학)

1. 옆의 그림

과 같은 너비 $2L$ 인 일차원 무한대 포텐셜 우물 (potential well) 이 있다.



이 우물 안에서 상호작용이 없는 질량 m 인 입자 2개가 운동하고 있다. 다음 각 경우에 대해서 이 계의 바닥상태 및 첫 들뜬상태의 에너지고유치, 고유함수 및 축퇴수 (number of degeneracy) 들을 구하라.

(가) 두 입자가 스핀 0 인 서로 다른 입자임.

(나) 두 입자가 스핀 0 인 동등 입자임.

(다) 두 입자가 스핀 $\frac{1}{2}$ 인 동등 입자임.

2. 질량 m 인 입자 하나가 구대칭 포텐셜 $V(r)$ 의 영향아래 있을 때, 가능한 에너지 고유상태에 대해서 공부하고자 한다.

(가) s-wave 상태에 있다면 대응하는 에너지 고유함수는

$$\psi(x, y, z) = \frac{1}{r} u(r), (r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2})$$

처럼 놓을 수 있다. 이때 $u(r)$ 은 어떤 방정식을 만족하는가? 또 $u(r)$ 의 경계조건은 무엇인가?

(나) 만약 p-wave 에너지 고유상태에 관심이 있다면 에너지 고유함수와 에너지 고유치를 어떤 방법으로 구할지 쓰라. 이때 경계조건은 무엇인가?

(다) 구대칭 포텐셜이

$$V(r) = \begin{cases} -V_0 & (V_0 > 0), r < a \\ 0 & , r > a \end{cases}$$

로 주어졌을 때, 속박상태가 적어도 하나는 존재하려면 V_0 의 값이 얼마보다는 커야하는지 짐하라. (단 a 의 값은 고정된 것으로 생각하고 s-wave 속박상태만 고려할 것).