

소속대학원		수험번호		성명		감독교수 확인	(인)
-------	--	------	--	----	--	------------	-----

## 2015학년도 석사과정/석사박사통합과정 전기모집 면접·구술고사 전공시험

과목명 : 역학 및 전자기 (50분, 총40점)

2014. 10. 24 시행

1. Consider a horizontal square-plate capacitor in vacuum which is electrically isolated, and contains a dielectric material with a dielectric constant  $\kappa$ . The capacitor is charged with surface charge density  $\pm\sigma_0$ . Assume that the dielectric can slide frictionlessly by distance  $x$  inside the capacitor (Fig. 1).



Fig. 1

(a) Calculate the capacitance and electric potential of the capacitor as functions of  $x$  ( $\epsilon_0$ : permittivity of vacuum). (8 pts)

(b) Calculate the free charge density ( $+\sigma_2$ ) and bound charge density ( $-\sigma_b$ ) in the region containing the dielectric material as functions of  $x$  (right, Fig. 1). Show also that  $\sigma_2 - \sigma_b = \sigma_1$ , where  $\sigma_1$  is the free charge density in the vacuum region of the capacitor (left, Fig. 1). (8 pts)

(c) Calculate the force on the dielectric exerted by the capacitor as a function of  $x$ . (8 pts)

(d) The dielectric is attached via a massless string and a massless pulley to a block of 0.5 kg, and the block pulls the dielectric from the capacitor as it falls (Fig. 2). The dielectric was initially at rest, and the capacitance and potential across the capacitor measured at the instant when the dielectric leaves the capacitor are measured  $8 \mu\text{F}$  and  $1000 \text{ V}$ , respectively. Calculate the speed of the block at that moment, assuming that the mass of the dielectric is negligible,  $L = 1.0 \text{ m}$ ,  $\kappa = 4$ , and  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . (8 pts)

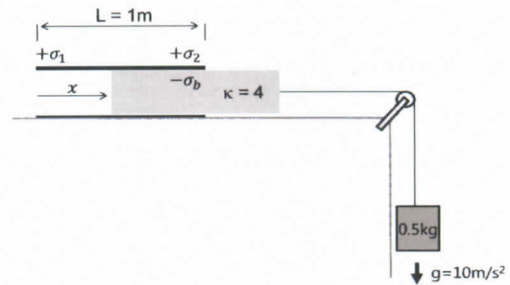


Fig. 2

(e) In case of (d), calculate the maximum speed of the block during the removal of the dielectric from the capacitor. (8 pts)

소속대학원		수험번호		성명		감독교수 학 인	(인)
-------	--	------	--	----	--	-------------	-----

## 2015학년도 석사과정/석사박사통합과정 전기모집 면접·구술고사 전공시험

과목명 : 양자 및 통계 (50분, 총40점)

2014. 10. 24 시행

1. Consider a non-relativistic particle with mass  $m$  and spin 0 in a 1D infinite square potential well given by

$$V(x) = \begin{cases} \infty & \text{if } x < -L/2 \\ 0 & \text{if } -L/2 < x < L/2 \\ \infty & \text{if } x > L/2 \end{cases}.$$

Show that the  $n$ 'th energy level of the particle is given by

$$E_n = \frac{\hbar^2}{2m} \left( \frac{\pi n}{L} \right)^2$$

and find the ground state wave function. (10 pts)

2. Now assume that the same particle in a 1D finite square potential well such as

$$V(x) = \begin{cases} V_0 & \text{if } x < -L/2 \\ 0 & \text{if } -L/2 < x < L/2 \\ V_0 & \text{if } x > L/2 \end{cases}.$$

where  $V_0 > 0$ . Explain qualitatively how the energy level of the ground state  $E_0$  changes. (8 pts)

3. For the 1D finite square potential well, the wave function for the ground state can be written as

$$\Psi(x) = \begin{cases} A e^{\alpha x} & \text{if } x < -L/2 \\ B \cos(kx) & \text{if } -L/2 < x < L/2 \\ A e^{-\alpha x} & \text{if } x > L/2 \end{cases}.$$

The continuity condition at  $x=L/2$  gives the equation  $\alpha = k \tan(kL/2)$ . Show that  $\alpha^2 + k^2 = \text{const}$ , and using this fact, show also that there exists at least one bound state independent the value of  $V_0$ . (7 pts)

4. Now consider a 3D box whose 3 sides are of equal length  $L$ . Using the result of problem 1, show that the number of possible quantum states with energy smaller than  $E$  is given by

$$N(E) = \frac{V}{6\pi^2} \left( \frac{2m}{\hbar^2} \right)^{3/2} E^{3/2}$$

when  $E$  is sufficiently large. Discuss how large  $E$  should be for this result to be valid? Also, compute the density of state  $g(E) \equiv \frac{dN(E)}{dE}$  of this system. (8 pts)

5. Consider a grand canonical ensemble of the non-interacting identical bosonic particles, in the 3D box of problem 4. At temperature  $T$  and chemical potential  $\mu$ , the average occupation number  $n(E)$  of a state with energy  $E$  is given by

$$n(E) = \frac{1}{z^{-1} e^{E/kT} - 1},$$

where  $z \equiv e^{\mu/kT}$ . Show that the expectation value  $N$  of the particle number is given by

$$N = \frac{V}{4\pi^2} \left( \frac{2mkT}{\hbar^2} \right)^{3/2} \int_0^\infty dx \frac{x^{1/2}}{z^{-1} e^x - 1}.$$

At given  $T$ , show also that the right hand side has a finite maximum, as a function of  $z \leq 1$ . Explain what this fact implies at low enough temperature. In particular, show that there exists a phase transition, find the critical temperature  $T_c$ , and explain what happens at  $T < T_c$ . [If you encounter integrals independent of the parameters of this system, you may just leave them unevaluated.] (7 pts)

소속대학원		수험번호		성명		감독교수 확인	(인)
-------	--	------	--	----	--	------------	-----

## 2015학년도 석사과정/석사박사통합과정 전기모집 면접·구술고사 전공시험

**과목명 : 실험 (Experiment) (20분, 총20점)    2014. 10. 24 시행**

가시광선은 380~780 nm 파장의 연속적인 전자기파로 이루어져 있다. 파장이 다른 빛들이 회절격자(grating)가 있는 거울에 입사될 경우, 회절 현상에 의해서 파장에 따라 주어진 특정 각도로 반사하게 된다. 이러한 회절격자를 이용하여, 파장이 다른 빛들을 분리하는 기기를 분광기(monochromator)라 한다.

(가) 광학적으로 평평한 표면을 가진 어떤 시료에 대해 가시광선 영역대에서의 절대 반사율을 파장의 함수로 측정하고자 한다. 분광기와 점광원(수은램프 같은 백색광원)을 이용하여 파장별로 절대 반사율을 측정하기 위한 실험 장치를 간단히 그리고 그 측정 원리를 상세히 기술하시오. (단, 분광기와 점광원, 볼록렌즈, 오목 알루미늄 거울, 파장별 절대 반사율 값이 알려져 있는 평면 알루미늄 거울, 광검출용 포토다이오드(photo diode) 등의 광소자들을 일부 또는 모두 사용할 수 있다. 주어진 광학 소자 및 기기 등의 배치를 포함하여 구체적으로 기술하시오). (10점)

(나) 실제 시료의 반사율을 측정할 때에는, 분광기내 회절격자(grating)의 각도를 조금씩 변화시키며 실험을 진행하는데 대략 30분정도의 시간이 걸린다. 그런데 실험을 수행하는 동안 광원(백색광)의 빛의 세기가 천천히 시간에 따라 최대 20 % 정도까지 (약 10분간 주기로) 계속 변하게 된다. 이러한 실험적 환경에서 보다 정확한 반사율을 비교적 단시간에 측정하기 위한 실험 대책을 논의해보시오 (단, 필요하면 위의 기기 및 소자 외에 다른 실험 기기 및 소자를 추가할 수 있다). (10점)