

양자역학의 기초 기말고사

서울대학교 전기공학부 이병호 2008. 6. 10.

※ 총 5 문항 (100점 만점)

※ Closed book test

1. (16점) 수업시간에 배운 방법에 의하여 Maxwell-Boltzmann distribution을 유도하시오. * Stirling's approximation: $\ln(n!) \approx n \ln n - n$ for $n \gg 1$

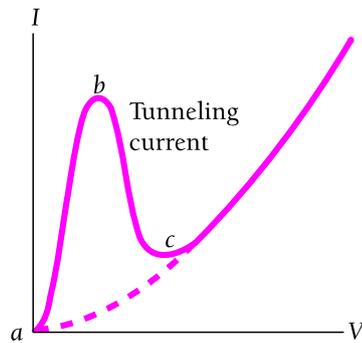
2. (25점) 다음 물음에 답하시오.

(가) (15점) 2차원 구조(크기: $L \times L$)의 금속 또는 반도체에서, 자유 전자(electrons)의 density of states 의 식을 에너지에 대한 함수로 유도하시오(L 은 충분히 크다고 가정).

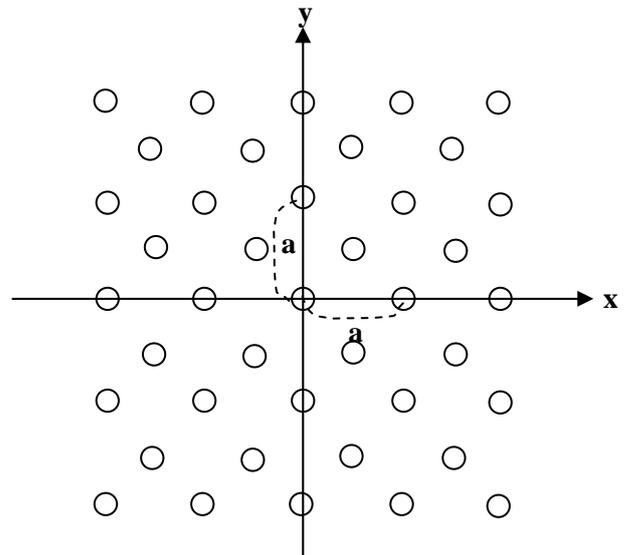
(나) (10점) z 축 방향으로 폭이 d 이고 에너지 장벽이 무한대인 이상적인(ideal) 양자 우물(quantum well)에서 z 축 방향으로의 전자의 운동에너지는 $n^2 \pi^2 \hbar^2 / (2md^2)$ 으로 표현됨을 배웠다(여기에서 n 은 자연수, m 은 전자의 질량).

실은 이러한 전자는 x - y 평면(크기: $L \times L$)상에서는 자유전자처럼 움직일 수 있다(L 은 충분히 크다고 가정). 따라서 전자의 운동에너지는 x - y 평면에서의 운동에너지와 z 축 방향과 관련된 운동에너지의 합으로 생각할 수 있다. 이러한 구조에서, 전자의 density of states를 전체 에너지의 함수로 그래프를 그리시오. 그래프가 꺾이는 곳의 가로축, 세로축 눈금을 표시하시오.

3. (15점) 옆 그림과 같은 특성을 내는 다이오드의 energy band diagram을 그려서 이와 같은 특성이 나타나는 원리를 설명하시오(ab 구간, bc 구간, c 이상의 구간으로 나누어서 설명).



4. (16점) 옆 그림과 같이 원자가 배열된 2차원의 고체에서 전자의 first Brillouin zone과 second Brillouin zone이 어떻게 되는지 그리고 그렇게 되는 이유를 설명하시오.



5. (28점) 다음 표의 빈칸들 (가)~(하)를 채우시오.

	Maxwell-Boltzmann	Bose-Einstein	Fermi-Dirac
Applies to systems of	Identical, distinguishable particles	Identical, (가) particles that do not obey (나)	Identical, (다) particles that obey (라)
Category of particles	Classical	(마)	Fermions
Properties of particles	Any spin, particles far enough apart so wave functions do not overlap	Spin 0,1,2, ...; wave functions are (바) to interchange of particles labels	Spin 1/2, 3/2, 5/2, ...; wave functions are (사) to interchange of particles labels
Examples	Molecules of a gas	(아) in a cavity; (자) in a solid; liquid helium at low temperatures	Free (차) in a metal; electrons in a star whose atoms have collapsed (white dwarf stars)
Distribution function formula	(카)	(타)	(파)
Properties of distribution	No limit to number of particles per state	No limit to number of particles per state; more particles per state than f_{MB} at high energies ; approaches f_{MB} at high energies	Never more than 1 particle per state ; fewer particles per state than f_{MB} at low energies ; approaches (하) at high energies