

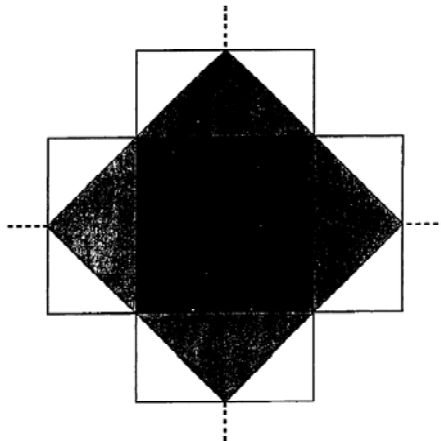
양자역학의 기초 숙제 11 답안

1. 교재 p. 386, Exercise # 19 (10점)

**10-19:** The figure on the next page shows the third Brillouin zone. The wavevectors in this zone will be those that do not fit into the first two zones but are not diffracted by the diagonal sets of atomic planes in Figure 10.40 that make angles of  $\pm \arctan(1/2) = \pm 26.6^\circ$  or  $\pm \arctan(2) = \pm 63.4^\circ$  with the  $x$ - or  $y$ -axes. These wavenumbers correspond to  $|k_x| + |k_y| > \frac{2\pi}{a}$  (the condition that  $\mathbf{k}$  not be in the first or second zones) and

$$\left\{ \frac{\pi}{a} < |k_x| < \frac{2\pi}{a}, \quad 0 < |k_y| > \frac{\pi}{a} \right\} \quad \text{OR} \quad \left\{ 0 < |k_x| < \frac{\pi}{a}, \quad \frac{\pi}{a} < |k_y| > \frac{2\pi}{a} \right\}$$

In the figure, the darker-shaded square is the first Brillouin zone and the lighter-shaded square is the second zone, as in Figure 10.41 (the axes and axis scales are not shown, but are the same as in the text figure). The unshaded area is the third Brillouin zone.



2. 교재 p. 386, Exercise # 21 (10점)

**10-21:** (a) The radius of a Bohr orbit for a given energy level  $n$  is proportional to the relative permittivity (the dielectric constant) and the mass, as given in Equation (4.13). The radius of the first Bohr orbit, in terms of  $a_0$ , would then be

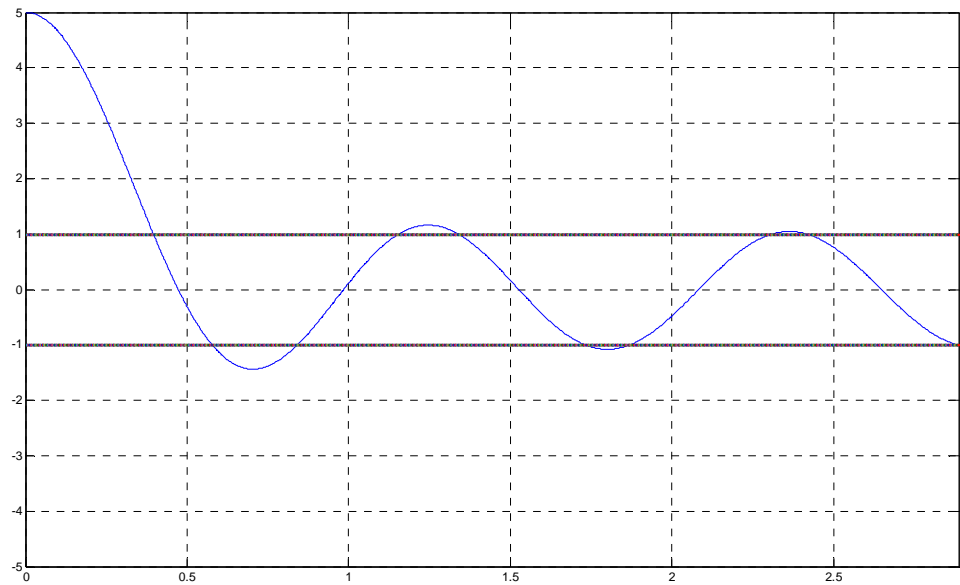
$$r_1 = a_0 \frac{(\epsilon/\epsilon_0)}{(m^*/m)} = (5.292 \times 10^{-11} \text{ m}) \frac{16}{0.17} = 5.0 \text{ nm}.$$

(b) The energy of an electron in a given Bohr orbit is proportional to the effective mass and inversely proportional to the square of the relative permittivity (see Equation (4.15)). The ionization energy is then

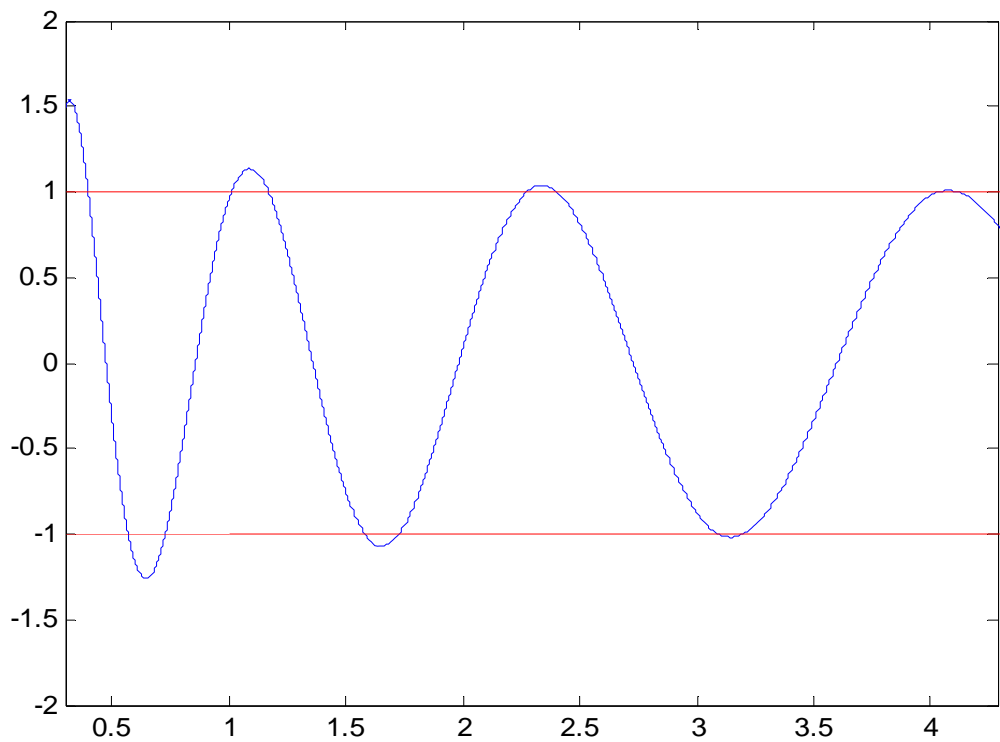
$$E = (-E_1) \frac{(m^*/m)}{(\epsilon/\epsilon_0)^2} = (13.6 \text{ eV}) \frac{(0.17)}{(16)^2} = 9.0 \times 10^{-3} \text{ eV}.$$

This is much smaller than the energy gap of 0.65 eV but comparable to the product  $kT \approx 0.025 \text{ eV}$ .

3. 보충자료 15의 Figure 8. 12를 컴퓨터를 사용하여 그리고 그 의미를 설명하십시오. (20점)



(Case 1)



(Case 2)

보충자료 15의 식 (8.53a)나 (8.55a)의 우변에 해당되는 값이 위의 그래프에서 -1과 1사이의 직선으로 나타나고 이 선과 위의 곡선이 만나는 점이 존재할 수 있는 에너지의 고

유값(eigenvalue) 임을 알 수 있다. 이 때 이에 해당하는 직선은 위에서 언급했다시피 -1과 1 사이의 값으로 존재할 수 있으므로 모든 에너지 고유값들은 -1과 1사이의 영역과 파란 곡선이 만나는 영역이라고 할 수 있고 이 지점에서만 Energy가 Band의 형태로 존재하고 그 외의 영역에서는 Band gap 이 존재하게 된다.