

FİZİK BÖLÜMÜ

DERSİN ADI: KUANTUM FİZİĞİ I
ÖDEV SET NO: IV

SORULAR

S.1- Harmonik osilatör potansiyeli altındaki bir parçacığın klasik olarak bulunamayacağı bölgede bulunma olasılığını hesaplayınız.

S.2- Belirsizlik ilkesini kullanarak ($\Delta p \Delta x \geq \frac{\hbar}{2}$) Harmonik osilatörün taban durum enerjisini

bulunuz. (Yol gösterme: Hamiltonyeni minimize ediniz. $E = \langle H \rangle = \frac{\langle p^2 \rangle}{2m} + \frac{1}{2} m \omega^2 \langle x^2 \rangle$)

S.3- Harmonik osilatörün taban durum dalga fonksiyonu ile birinci uyarılmış durumdaki dalga fonksiyonunun birbirine dik olduğunu gösteriniz.

$$(\Psi_n(\xi) = \left[\frac{1}{\sqrt{2^n n! \sqrt{\pi}}} \right] H_n(\xi) e^{-\xi^2/2}, \quad H_n(u) = (-1)^n e^{u^2} \frac{d^n}{du^n} (e^{-u^2}), \quad \int_0^\infty x^n e^{-\alpha^2 x^2} dx = \frac{\Gamma[(n+1)/2]}{2\alpha^{n+1}})$$

S.4- Harmonik osilatör için $\hat{a}^+$ ve $\hat{a}^-$ operatörlerini kullanarak harmonik osilatörün 1. uyarılmış durumu için kinetik ve potansiyel enerjinin beklenen değerini hesaplayınız.

S.5- ω frekansına sahip harmonik osilatör için Hamiltonyen,

$$\hat{H} = \frac{\hat{p}^2}{2m} + \frac{1}{2} m \omega^2 \hat{q}^2$$

şeklindedir ve bu sistem için,

$$\hat{a} = \frac{1}{\sqrt{2m\hbar\omega}} (\hat{p} - im\omega\hat{q}) \quad \hat{a}^+ = \frac{1}{\sqrt{2m\hbar\omega}} (\hat{p} + im\omega\hat{q})$$

operatörleri tanımlanabilir.

a) $|0\rangle$ ile temsil edilen vakum durumu için $N=a^+a$ sayı operatörünün özdeğerine sahip

özfonksiyonlarının, $|n\rangle = \frac{1}{\sqrt{n!}} (\hat{a}^+)^n |0\rangle$ olduğunu gösteriniz.

b) $|n\rangle$ operatörünün aynı zamanda Hamiltonyenin bir özfonksiyonu olduğunu gösteriniz ve enerjisini hesaplayınız.

S.6- üç boyutta izotropik (özdeş frekanslı) harmonik osilatör için enerji özdeğerleri ve dalga fonksiyonunun formunu tartışınız.

S.7- $t=0$ anında bir parçacık $\Psi(x,0) = \frac{1}{\sqrt{2}} [\psi_0 + \psi_1]$ durumundadır. ψ_0, ψ_1 bir boyutlu

harmonik osilatörün öz fonksiyonlarıdır. $t>0$ için x 'in beklenen değerini hesaplayınız.

S.8- a) n . durumda bulunan harmonik osilatör için x^4 ün beklenen değerini hesaplayınız.

b) Harmonik osilatörün 1. uyarılmış durumu için $(\Psi_1(x) = \left(\frac{m\omega}{\pi\hbar}\right)^{1/4} \left(\frac{2m\omega}{\hbar}\right)^{1/2} x e^{-m\omega x^2/2\hbar})$ x^4 ün beklenen değerini hesaplayınız.

S.9- İlk durumda ($n=1$) verilen bir harmonik salıncı için:

- a) $\langle x \rangle$, $\langle p \rangle$, $\langle x^2 \rangle$ ve $\langle p^2 \rangle$ beklenen değerleri hesaplayınız.
b) $\Delta x \Delta p$ belirsizlik çarpanını bulunuz.
c) $\langle V(x) \rangle$ ve $\langle K \rangle$ beklenen değerleri hesaplayınız.

S.10- A_0 sabit olmak üzere, $F = -kx + 2A_0$ kuvveti altında hareket eden m kütleli bir taneciğin enerji düzeylerini ve dalga fonksiyonlarını bulunuz.

S.11- Harmonik osilatör için yükseltme ve alçaltma operatörleri

$$a^+ = \frac{1}{\sqrt{2\hbar m\omega}} (m\omega x - ip)$$
$$a^- = \frac{1}{\sqrt{2\hbar m\omega}} (m\omega x + ip)$$

olarak tanımlanır. Operatör yöntemini kullanarak $\langle x \rangle$, $\langle p \rangle$, $\langle x^2 \rangle$, $\langle p^2 \rangle$ ve $\langle T \rangle$ hesaplayınız. Belirsizlik ilkesini doğrulayınız.

S.12- Harmonik osilatör için Schrödinger denklemini yazınız. Denklemi boyutsuz hale getirerek, znz.