

FİZİK BÖLÜMÜ

DERSİN ADI: KUANTUM FİZİĞİ II

ÖDEV SET NO: II

SORULAR

S.1- Basit harmonik osilatör Hamiltonyenine $\hat{H}_0 = \frac{\hat{p}_x^2}{2m} + \frac{1}{2}m\omega^2 x^2$, $\hat{H}_1 = bx^4$ pertürbasyonu eklenirse, (anharmonik osilatör lineer olmayan geri çağırıcı kuvvet problemine örnektir)

a) Enerjideki birinci merteye kaymanın $E_n^{(1)} = \frac{3\hbar^2 b}{4m^2 \omega^2} (1 + 2n + 2n^2)$ ile verileceğini gösteriniz.

b) Taban durum için düzeltmeyi operatör yöntemini kullanarak elde ediniz.

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

S.2- Karakteristik frekansı ω olan basit harmonik osilatöre λx^2 lik bir pertürbasyon eklenirse, $(H = \frac{p^2}{2m} + \frac{1}{2}m\omega^2 x^2 + \lambda x^2)$, n. seviyenin enerjisindeki değişimi λ nın birinci merteye katkısını ve ikinci merteye katkısını hesaplayınız.

S.2-(Diğer versiyonu) Basit harmonik osilatöre $\hat{H}_0 = \frac{\hat{p}_x^2}{2m} + \frac{1}{2}m\omega^2 x^2$, pertürbe Hamiltonyen

$\hat{H}_1 = \frac{1}{2}m\omega_1^2 x^2$ eklenirse, $(\omega_1 \ll \omega)$ enerjideki ikinci merteye kaymayı hesaplayınız.

S.3- m kütleli bir parçacık a harmonik osilatör potansiyelinde iken $V=ax^3$ anharmonik osilatör potansiyeli ekleniyor. Harmonik osilatör taban durum enerjisine bu pertürbasyonun katkısını bulunuz. (İkinci merteye katkısıda hesaplayınız)

S.4- Bir boyutlu sonsuz potansiyel kuyusundaki $V(x) = \begin{cases} 0, & 0 < x < L \\ \infty, & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$

m kütleli parçacık için aşağıdaki pertürbasyonlar için taban durum ve birinci uyarılmış durum enerjisine katkıları hesaplayınız.

a) Sabit pertürbasyon $\hat{H}_1 = V_1$

b) Linner artan pertürbasyon $\hat{H}_1 = \varepsilon E_1^{(0)} \frac{x}{L}$ burada $E_1^{(0)}$ pertürbe olmamış taban durum enerjisidir ($\varepsilon \ll 1$)

S.5- İki boyutlu harmonik osilatör potansiyeline $V(x, y) = \frac{1}{2}m\omega^2(x^2 + y^2)$ zayıf çiftlenim

terimi $V'(x, y) = 2\lambda xy$ eklenirse, birinci merteye pertürbasyon teorisini kullanarak taban durum ve birinci uyarılmış durum enerjisine gelen düzeltmeleri hesaplayınız. İkinci merteye pertürbasyonla elde edilen taban duruma katkıyla kıyaslayınız.

S.6- m kütleli bir parçacık L genişlikli iki boyutlu sonsuz kare kuyu potansiyelindedir. Kuyuya ;

$$V(x, y) = V_0 L^2 \delta(x - x_0) \delta(y - y_0)$$

Şeklinde zayıf bir potansiyel uygulanırsa

a) Taban durum enerjisine birinci mertebeden düzeltmeyi hesaplayınız

b) Enerjiye ikinci mertebeden düzeltme için bir ifade yazınız ve taban durum dalga fonksiyonuna gelen birinci mertebe düzeltmeyi hesaplayınız. $(x_0, y_0) = (L/2, L/2)$ olduğu durumu hesaplayınız. (Schaum Quantum Mechanics)

S.7- Relativistik olmayan m kütleli bir parçacık üç boyutlu $V = \frac{1}{2}k(x^2 + y^2 + z^2 + \lambda xy)$

potansiyeli etkisindedir,

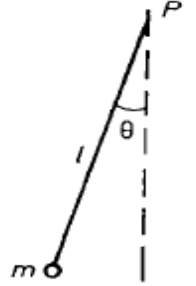
- λ küçük bir parametre olmak üzere ikinci mertebe pertürbasyon teorisini kullanarak taban duruma gelen düzeltmeyi bulunuz.
- λ küçük bir parametre olmak üzere birinci uyarılmış enerji seviyesine gelen katkıyı pertürbasyon teorisini kullanarak bulunuz.

$$E_n^{(0)} = (n + \frac{1}{2})\hbar\omega \quad \hat{x} = \sqrt{\frac{\hbar}{2m\omega}}(a + a^+)$$

S.8- m kütlesi l uzunluğundaki ağırlıksız çubuğa asılmıştır ve yerçekimi etkisi altında düşey düzlemde salınmaktadır.

- Küçük açı yaklaşımı altında sistemin enerji seviyelerini elde ediniz.
- Küçük açı yaklaşımından dolayı meydana gelen hatayı pertürbasyon olarak alarak taban durum enerjisine ait birinci dereceden düzeltmeyi elde ediniz.

$$\left(\psi_0(x) = \sqrt{\frac{\alpha}{\pi}} e^{-\frac{1}{2}\alpha^2 x^2}, \quad \alpha = \sqrt{\frac{m\omega}{\hbar}} \right)$$



S.9- Hidrojenimsi bir atomdaki elektronun taban enerji düzeyini, atomun çekirdeğinin R yarıçaplı bir küre olduğunu ve çekirdeğin Ze yükünün $V(= \frac{4}{3}\pi R^3)$ hacmine düzgün olarak dağıldığını varsayarak, birinci mertebeden yaklaşıklıkla bulunuz.

$$V(r) = \begin{cases} -\frac{Ze^2}{R} \left(\frac{3}{2} - \frac{r^2}{R^2} \right), & 0 < r < R \\ -\frac{Ze^2}{r}, & R \leq r \end{cases}$$

S.10- Düzgün bir E elektrik alanında bulunan hidrojen atomunun ilk iki enerji düzeyini elektron spinini göz önüne almadan birinci mertebe yaklaşıklıkla bulunuz. (Stark olayı)