

KUANTUM, ATOM VE MOLEKÜL FİZİĞİ

PROBLEMLER-1

TEST-1

1) Bir elektronun kinetik enerjisi durgun enerjisinin 4 katı olduğuna göre, elektronun hızı kaç c 'dir? (c: ışığın boşluktaki hızı)

- a) $\frac{1}{2}$ b) $\frac{2\sqrt{6}}{5}$ c) $\frac{\sqrt{2}}{3}$ d) $\frac{\sqrt{3}}{3}$ e) $\frac{\sqrt{2}}{2}$

2) Laboratuarda bir Fe^{57} çekirdeğinden 12 KeV enerjili foton salınıyor. Foton salınımı esnasında çekirdeğin geri tepme momentumu kaç $g \cdot cm/s$ 'dir? (1 eV=1,6.10⁻¹² erg)

- a) 2,4.10⁻¹⁷ b) 5,6.10⁻¹⁸ c) 6,4.10⁻¹⁹ d) 7,2.10⁻²⁰ e) 9,6.10⁻¹²

3) Frekansı 3.10¹⁹ Hz olan bir foton, durgun bir elektronla çarpışarak 90°'lik açıyla saçılıyor. Fotonun saçıldıktan sonraki dalga boyu kaç Å 'dır? ($\lambda_c = h/mc = 0,024 \text{ Å}$, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, $1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$)

- a) 0,124 b) 12,4 c) 0,48 d) 2,4 e) 0,76

4) Potasyum atomundan bir elektron koparabilmek için gerekli minimum enerji 2,2 eV'dur. Potasyum atomu üzerine dalga boyu 3000 Å olan morötesi ışık düşürülürse çıkan foto-elektronun maksimum kinetik enerjisi kaç eV'dur? ($h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$, $1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$)

- a) 2,2 b) 0,8 c) 1,25 d) 0,66 e) 1,55

5) Bir elektronun kinetik enerjisi $K = 20 \text{ eV}$ dur. Bu elektrona eşlik eden **de Broglie** dalga boyu kaç Å dır? ($h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$, $m = 9 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$)

- a) 3,9 b) 4,25 c) 2,75 d) 6,45 e) 3,25

6) Bir elektron hangi potansiyel altında hızlandırılmalı ki de Broglie dalga boyu 0,2 Å olsun?

- a) 1,25 kV b) 3,75 kV c) 15 kV d) 17,5 kV e) 20 kV

7) I- $V_f = \frac{w}{k}$, II- $V_g = \frac{dw}{dk}$, III- $V_f > V_g$, IV- $V_f \cdot V_g < c^2$, V- $V_g = V$

Kütlesi m ve hızı V olan bir parçacığın grup hızı, faz hızı ve bunlar arasındaki bağıntılarla ilgili, yukarıdakilerden hangisi yanlıştır?

- a) I b) II c) III d) IV e) V

8) Toplam enerjisi E , hızı v olan bir rölativistik parçacığa eşlik eden de Broglie dalga grubunun hızı nedir?

- a) $v/2$ b) v c) $2v$ d) $\sqrt{3}/2 v$ e) $v \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

9) Faz hızı $V_f = A \cdot \lambda^{-2}$ olan dalgaların grup hızı kaç V_f dir?

- a) 1/2 b) 2 c) 1/3 d) 3 e) 2/5

10) Hızı 0,2.C olan bir elektrona eşlik eden de broglie dalgalarının faz hızı nedir?

- a) 0,1.C b) 0,2.C c) C d) 2C e) 5C

11) Bir ortamın dağıtıcılığı (dispersifliği) ortamdaki dalgaların faz ve grup hızlarını karşılaştırarak belirlenebilir. Bu karşılaştırmalarla ilgili aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?

a) $V_g = V_f$ ise ortam dispersif değildir. b) $V_g > V_f$ ise ortam normal dispersif verir. c) $V_g < V_f$ ise ortam anomal dispersif verir. d) $V_f > C$ ise ortam anomal dispersif verir. e) $V_g = C$ ise ortam normal dispersif verir.

12) Bir ortamın kırılma indisi dalga boyuna $n(\lambda) = 1 + \frac{\lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_0^2}$ bağıntısıyla bağlıdır. $\frac{\lambda}{\lambda_0} = B$

olduğuna göre, bu ortamdaki dalgaların grup hızı nedir?

a) $\left(\frac{2B^2 - 1}{B^2 - 1}\right)C$ b) $\left(\frac{B^2 - 1}{2B^2 - 1}\right)C$ c) $\left(\frac{B^2 + 1}{2B^2 + 1}\right)C$ d) $\left(\frac{2B^2 + 1}{B^2 + 1}\right)C$ e) $\left(\frac{1 - B^2}{1 + B^2}\right)C$

13) Hareketli bir parçacığa de Broglie dalgaları eşlik eder. De Broglie dalgalarını belirleyen değişken niceliğe de dalga fonksiyonu denir ve ψ sembolüyle gösterilir. ψ 'nin özellikleriyle ilgili aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?

a) ψ doğrudan hiçbir fiziksel öneme sahip değildir. b) $|\psi|^2$ parçacığın verilen bir zamanda bulunma olasılığını belirler. c) ψ kompleks bir fonksiyondur. d) ψ laboratuarda ölçülemez. e) $|\psi|^2$ tüm uzay için sonsuzdur.

14) Bir fotonun dalga boyunu ve konumunu aynı anda ölçmek istediğimizde, $\lambda = 6000 \text{ \AA}$ ve aletin λ ölçümündeki duyarlılığı $\Delta\lambda/\lambda = 10^{-6}$ ise, fotonun konumunu belirlemede en küçük hatamız kaç cm olur?

a) 20 b) 40 c) 60 d) 0,01 e) 0,0001

15) Atomların çekirdek yarıçapları 10^{-14} m den daha azdır. Yani, böyle bir çekirdek içinde bulunan bir elektronun konumundaki belirsizlik 10^{-14} m 'yi aşamaz. Buna göre elektronun momentumundaki belirsizlik kaç kg.m/s dir? ($m = 9.10^{-31} \text{ kg}$, $\hbar = 10^{-34} \text{ J.s}$)

a) 10^{-20} b) 10^{-48} c) 9.10^{-17} d) $0,11.10^{-17}$ e) 10^{-34}

16) Toplam enerjisi E ve momentumu P olan ve +x yönünde hareket eden bir serbest parçacığın

dalga fonksiyonu $\Psi(x, t) = A \cdot e^{-\left(\frac{i}{\hbar}\right)(Et - Px)}$ \dot{i} dir. Bu parçacığın potansiyel enerjisi V olduğuna

göre, hareket denkleminde $i\hbar \frac{d\Psi(x, t)}{dt}$ aşağıdakilerden hangisine eşittir? (A: Genlik, t: zaman, h: Planck sabiti)

a) $-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2}{dt^2} \Psi + V\Psi$ b) $\frac{\hbar}{2m} \frac{d}{dt} \Psi + V\Psi$ c) $\frac{2m}{\hbar^2} \frac{d^2}{dx^2} \Psi + V\Psi$ d) $-\frac{2m}{\hbar} \frac{d}{dx} \Psi + V\Psi$ e) $-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2}{dx^2} \Psi + V\Psi$

17) 1 \AA genişliğinde bir kutuda bulunan serbest bir elektronun toplam enerjisi E_n dir. 10 cm genişliğindeki bir kutuda bulunan 10 g kütleli bir bilyenin toplam enerjisi ise E_n^* dir. Buna göre E_n^*/E_n oranı nedir? ($m = 9.10^{-31} \text{ kg}$, $\hbar = 10^{-34} \text{ J.s}$, $\pi = 3$)

a) 9.10^{-47} b) $4,5.10^{-64}$ c) 5.10^8 d) 6.10^{-27} e) 3.10^{-53}

18) V hızı ile x yönünde hareket eden bir parçacığa $\Psi(x, t) = C \cdot e^{ikx}$ de Broglie dalgası eşlik etmektedir. Bu parçacığın x yönündeki olasılık akı yoğunluğu $S(x, t)$ aşağıdakilerden hangisidir? (C: genlik, k: dalga sayısı)

- a)CV² b)CV c)VC² d)V²C² e)V/C

19) Bir parçacık L genişliğine sahip bir kutu içerisinde bir boyutta serbestçe hareket etmektedir. Parçacığın n=2 kuantum durumundaki enerjisi E₂ dir. Kutunun genişliği iki katına çıkarıldığında, aynı parçacığın n=1 kuantum durumundaki enerjisi E₁ oluyor. Buna göre E₁/E₂ oranı nedir?

- a)2 b)1/2 c)4 d)1/8 e)1/16

20) $0 \leq x \leq 3L$ boyutuna sahip bir kutu içinde, bir parçacık bir boyutta serbest hareket etmektedir.

Parçacığa eşlik eden dalga fonksiyonu $\Psi(x) = A \cdot \sin \sqrt{\frac{2mE}{\hbar^2}} x$ olduğuna göre, A genliği

aşağıdakilerden hangisine eşittir?

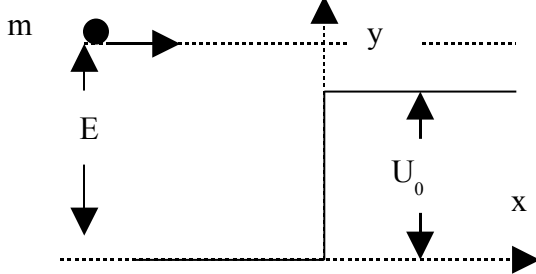
- a) $\sqrt{\frac{2}{L}}$ b) $\sqrt{\frac{2}{3L}}$ c) $\sqrt{\frac{3}{2L}}$ d) $\sqrt{\frac{6}{L}}$ e) $\sqrt{\frac{3}{L}}$

CEVAPLAR TEST-1

- | | | |
|-----|------|------|
| 1)B | 8)B | 15)A |
| 2)C | 9)D | 16)E |
| 3)A | 10)E | 17)A |
| 4)E | 11)A | 18)C |
| 5)C | 12)B | 19)E |
| 6)B | 13)E | 20)B |
| 7)D | 14)C | |

TEST-2

1)



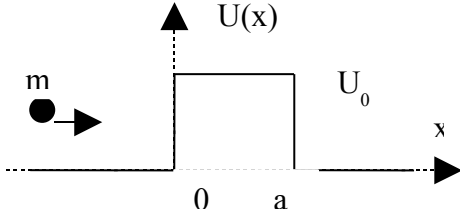
Toplam enerjisi 0,9125 eV olan bir elektron, genişliği sonsuz olan bir potansiyel basamağına şekildeki gibi geliyor. Elektron tam basamağın üzerinde iken 20 \AA luk dalga boyuna sahip olduğuna göre, potansiyel basamağının enerjisi U_0 kaç eV dur? ($\hbar = 6.10^{-34} \text{ J.s}$, $m = 9.10^{-31} \text{ kg}$, $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$, $1 \text{ eV} = 1,6.10^{-19} \text{ J}$)

- a)0,5 b)0,6 c)0,8 d)0,9125 e)1,125

2) Toplam enerjisi 8.10^{-19} J olan bir elektron, 6.10^{-19} J enerjili sonsuz bir potansiyel basamağına geliyor. Potansiyel basamağının elektrona eşlik eden **Schrödinger** dalgasını yansıtma katsayısı R aşağıdakilerden hangisidir? ($\hbar = 10^{-34} \text{ J.s}$, $m = 9.10^{-31} \text{ kg}$, parçacık göresizdir)

- a)2/3 b)2 c)3/4 d)1/9 e)1/2

3)



Toplam enerjisi $6 \cdot 10^{-19} \text{J}$ olan bir elektron, enerjisi $8 \cdot 10^{-19} \text{J}$ olan sonlu potansiyel basamağına şekildeki gibi giriyor. Elektron her ortam değiştirdiğinde elektrona eşlik eden Schrödinger dalgasının %50'si (genlik olarak) geriye yansıdığına göre, basamağın genişliği a kaç \AA 'dır? ($\pi=3$, $n=1$)

- a)2 b)2,5 c)5 d)7,5 e)10

4)Toplam enerjisi 4 eV olan bir parçacığa λ_1 dalga boylu Schrödinger dalgası eşlik ediyor. Aynı parçacık 13 eV enerjili potansiyel basamağında iken λ_2 dalga boylu Schrödinger dalgası eşlik ediyor. Buna göre; λ_2/λ_1 oranı ne olur?

- a)2/3 b)3/2 c)3/ $\sqrt{13}$ d)13/4 e)9/13

5)Açısal Frekansı ω olan bir harmonik titreşicinin $n=1$ kuantum durumundaki enerjisi E_1 dir. Aynı titreşicinin $n=2$ durumundaki enerjisi E_2 olduğuna göre, E_2/E_1 oranı nedir?

- a)2 b)1/2 c)3/2 d)4 e)5/3

6)Bir harmonik salıngana $\Psi_n(y) = \left(\frac{1}{\pi}\right)^{1/4} (2^n n!)^{-1/2} H_n(y) e^{-y^2/2}$ dalga fonksiyonu eşlik diyor.

$H_n(y) = (-1)^n e^{y^2} \frac{d^n}{dy^n} (e^{-y^2})$ olduğuna göre, $\Psi_1(y) = \Psi_2(y)$ olması için y ne olmalıdır?

- a) $2\sqrt{2}$ b) $\frac{\sqrt{2+\sqrt{3}}}{3}$ c) $\frac{\sqrt{2+\sqrt{10}}}{4}$ d) $\frac{\sqrt{5}-1}{5}$ e) $\frac{2\sqrt{5}}{3}$

7)Atom modelleriyle ilgili aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?

- a)Thomson modelinde atom karpuzla benzetilmiştir. b)Rutherford modeli uydu modeli olarak da bilinir. c)Bohr modelinde elektronun açısal momentumu kuantum sayılarına $L=n\hbar$ şeklinde bağlıdır. d)Rutherford modeli elektronların çekirdek çevresinde ivmelenmesini açıklayamaz. e)Bohr modeli bütün atomlara başarıyla uygulanabilir.

8)Bohr atom modelinde, hidrojen atomunun $n=1$ seviyesi için yarıçapı $0,52 \text{\AA}$ dur. Atomdaki elektronun yörünge yarıçapı $2,08 \text{\AA}$ olduğunda, elektronun çizgisel hızı kaç m/s olur? (elektron göresiz, $\hbar = 10^{-34} \text{Js}$, $k=9 \cdot 10^9 \text{Nm}^2/\text{C}^2$, $e=1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$)

- a) $4 \cdot 10^5$ b) $7,2 \cdot 10^5$ c) $8 \cdot 10^5$ d) $11,5 \cdot 10^5$ e) $14,6 \cdot 10^5$

9)Bir hidrojen atomunda $n=2$ durumunda elektronun toplam enerjisi E_2 , $n=4$ durumundaki toplam enerjisi ise E_4 dür. Buna göre E_2/E_4 oranı nedir?

- a)4 b)1/4 c)2 d)1/2 e)1/8

10)Hidrojen atomunun küresel koordinatlarda zamandan bağımsız Schrödinger denkleminin çözümü (Coulomb potansiyeli için) $\psi(r,\theta,\phi)=R(r) \cdot Y(\theta,\phi)$ şeklinde radyal ve açısal kısımlardan oluşmaktadır. $R(r)$ radyal kısım hangi kuantum sayılarına bağlıdır?

- a)n b)n, l c)l, m d)n, l, m e)n, l, m, s

11) Hidrojen atomu için Schrödinger denkleminin yarıçapa bağlı kısmının çözümü $R_{n,l}(p) = N_{n,l} \cdot e^{-p/2} \cdot L_{q,l}(p)$ dir. Burada $p = 2Zr/na_0$ olmak üzere, N normalizasyon katsayısı

$$N_{n,l} = \left[\left(\frac{2Z}{na_0} \right)^3 \frac{(n-l-1)!}{2n[(n+l)!]^3} \right]^{\frac{1}{2}}$$
 dir. Laguerre polinomu $L_{q,l}(p) = \frac{d^l}{dp^l} L_q(p)$, L_q ise

$L_q(p) = e^p \frac{d^q}{dp^q} (p^q \cdot e^{-p})$ dir. $J = 2l + 1$ ve $q = n + 1$ kuantum sayıları olduğuna göre $R_{10}(r)$ nedir?

- a) $2 \left(\frac{Z}{a} \right)^{3/2} e^{-Zr/a}$ b) $2 \left(\frac{Z}{2a} \right)^{3/2} \left(2 - \frac{Zr}{a} \right) e^{-Zr/2a}$ c) $\frac{1}{\sqrt{3}} \left(\frac{Z}{2a} \right)^{3/2} \left(\frac{Zr}{a} \right) e^{-Zr/a}$
d) $\left(\frac{Z}{a} \right)^{3/2} \left[1 - \frac{2Zr}{3a} \right] e^{-Zr/2a}$ e) $2 \left(\frac{Z}{a} \right)^{3/2} \left(1 - \frac{Zr}{a} \right) e^{-Zr/a}$

12) Hidrojen atomu için Schrödinger denkleminin açılara bağlı kısmının çözümü

$$Y_{lm}(\theta, \phi) = \frac{1}{\sqrt{2}} e^{\pm im\phi} (-1)^{(m+|m|)/2} \left[\frac{2l+1}{2} \frac{(l-|m|)!}{(l+|m|)!} \right]^{\frac{1}{2}} P_{lm}(B)$$
 dir. Burada

$$P_{lm}(B) = (1-B^2)^{m/2} \frac{d^m}{dB^m} P_l(B)$$
 Legendre polinomudur. $P_l(B) = \frac{1}{2^l l!} \frac{d^l}{dB^l} (B^2-1)^l$ ve $B = \cos\theta$

olduğuna göre $Y_{10}(\theta, \phi)$ nedir?

- a) $\frac{1}{\sqrt{4\pi}}$ b) $\sqrt{\frac{3}{8\pi}} \sin\theta \cdot e^{\pm i\phi}$ c) $\sqrt{\frac{3}{4\pi}} \cos\theta$ d) $\sqrt{\frac{5}{16\pi}} (3\cos^2\theta - 1)$ e)
 $\sqrt{\frac{5}{16\pi}} \sin\theta \cdot \cos\theta$

13) Hidrojen atomunda $\psi(r, \theta, \phi) = \frac{1}{81\sqrt{\pi}} \left(\frac{Z}{a_0} \right)^{\frac{3}{2}} \left(\frac{Zr}{a_0} \right)^2 e^{-Zr/3a_0} \sin\theta \cdot \cos\theta \cdot e^{\pm im\phi}$ bir seviyenin

dalga fonksiyonudur. Bu seviyenin dejenereliği kaç katlıdır?

- a)9 b)6 c)5 d)3 e)2

14) Hidrojen atomunda $n=3$ için toplam Bohr açısal momentumu ile, kuantum mekaniksel açısal momentum arasındaki ilişki nasıldır? (atomun spin etkileri ihmal edilecektir)

- a) $L_b = L_k$ b) $3L_b = L_k$ c) $L_b = \frac{\sqrt{2}}{3} L_k$ d) $L_b = \frac{\sqrt{6}}{2} L_k$ e) $L_b = \frac{\sqrt{3}}{6} L_k$

15) Elektronun yaklaşık olarak durgun varsayılan çekirdek çevresinde dairesel hareket yaptığı düşünülürse, Z atom numarası için bir üst limit aşağıdakilerden hangisi olur?

- a)110 b)137 c)146 d)151 e) ∞

CEVAPLAR TEST-2

- 1)B 6)C 11)A
2)D 7)E 12)C
3)D 8)D 13)A
4)A 9)A 14)D
5)E 10)B 15)B

TEST-3

1) Hidrojen atomunda yarıçapa bağlı dalga fonksiyonu $n=1$ ve $l=0$ seviyesi için $R_{10}(r) = \frac{2}{\sqrt{a_0^3}} e^{-\frac{r}{a_0}}$

dır. Buna göre $\langle r \rangle_{10}$ beklenen değeri nedir?

- a) $a_0/2$ b) a_0 c) $3/2 a_0$ d) $2a_0$ e) $5/2 a_0$

2) Hidrojen atomunda $n=1$ ve $l=0$ seviyesi için dalga fonksiyonunun yarıçapa bağlı kısmı

$R_{10}(r) = \frac{2}{\sqrt{a_0^3}} e^{-\frac{r}{a_0}}$ dır. Bu durumda atomun maksimum yarıçapı r_{\max} nedir?

- a) $a_0/2$ b) a_0 c) $3/2 a_0$ d) $2a_0$ e) $5/2 a_0$

3) Hidrojen atomunda herhangi bir “n,l,m” seviyesi için yarıçapın beklenen değeri,

$\langle r \rangle_{nlm} = \frac{a_0}{2Z} [3n^2 - l(l+1)]$ dir. Buna göre $\langle r \rangle_{210}$ beklenen değeri nedir?

- a) $5a_0$ b) $6a_0$ c) $7a_0$ d) $8a_0$ e) $9a_0$

4) Hidrojen atomunda yarıçapa bağlı dalga fonksiyonu $R_{nl}(r)$ ve yarıçapın çeşitli durumlarının

beklenen değeri $\langle r^k \rangle = \int_0^{\infty} r^{2+k} [R_{nl}(r)]^2 dr$ dir. $R_{321}(r) = \frac{2\sqrt{2}}{27\sqrt{5}} \left(\frac{Z}{3a_0}\right)^{\frac{3}{2}} \left(\frac{Zr}{a_0}\right)^2 e^{-\frac{Zr}{3a_0}}$ olduğuna

göre $\langle r^2 \rangle_{321} / \langle r \rangle_{321}$ oranı nedir?

- a) $\frac{\sqrt{2}}{5}$ b) $\frac{21}{2}$ c) $\frac{\sqrt{5}}{2}$ d) 12 e) 15

5) Bir defa iyonize olmuş helyum için, çekirdekle elektron arasındaki Coulomb kuvveti $F = k \frac{Ze^2}{r^2}$

dir. Herhangi bir “n,l,m” kuantum seviyesi için yarıçapın beklenen değeri $\langle \frac{1}{r^2} \rangle_{nlm} = \frac{Z^2}{a_0^2 n^3 \left(l + \frac{1}{2}\right)}$

olduğuna göre $\langle F \rangle_{321}$ için beklenen değer kaç $k(e/a_0)^2$ dır?

- a) $1/2$ b) $4/49$ c) $16/135$ d) $18/265$ e) $34/321$

6) Bir atomda L açısal momentum operatörünün beklenen değeri

$\langle L \rangle_{m'm} = \sqrt{6} \hbar \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ dır. Atomun bu seviyesinin yörünge açısal kuantum sayısı

nedir?

- a) 6 b) 5 c) 4 d) 3 e) 2

7) Bir atomda L^2 operatörünün (işlemcisinin) beklenen değeri $\langle lm' | L^2 | lm \rangle = \hbar^2 l(l+1)$ şeklindedir. Atomun elektronunun yörünge kuantum sayısı $l=1$ ise L^2 operatör matrisi aşağıdakilerden hangisidir?

a) $\hbar^2 \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ b) $2\hbar^2 \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ c) $\hbar^2 \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 3 \end{pmatrix}$ d) $\hbar^2 \begin{pmatrix} 3 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ e)

$\hbar^2 \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 2 & 0 \\ 3 & 0 & 0 \end{pmatrix}$

8) Bir atomda açısal momentum yükseltme operatörü $\hat{L}_+ \Rightarrow \begin{pmatrix} 0 & \sqrt{2}\hbar & 0 \\ 0 & 0 & \sqrt{2}\hbar \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$ olduğuna göre, bu

atomu temsil eden “ n, l, m “ kuantum sayıları aşağıdakilerden hangisinde doğru verilmiştir?

- a) n=1, l=0, m=0 b) n=2, l=1, m=(-1,0,1) c) n=3, l=2, m=(-2,-1,0,1,2) d) n=4, l=3, m=(-3,-2,-1,0,1,2,3) e) n=5, l=4, m=(-4,-3,-2,-1,0,1,2,3,4)

9) Bir atomda $L_x = i\hbar \left(\sin \theta \frac{d}{d\theta} + \cot \theta \cdot \cos \theta \frac{d}{d\phi} \right)$ açısal momentumu operatörünün x bileşenidir.

Bu operatörün $Y_{lm}(\theta, \phi)$ dalga fonksiyonu için beklenen değeri;

$$i\hbar m' |L_x|lm\rangle = \frac{\hbar}{2} \left\{ [l(l+1) - m(m+1)]^{1/2} \delta_{m',m+1} + [l(l+1) - m(m-1)]^{1/2} \delta_{m',m-1} \right\} \text{ dir. } l=1$$

kuantum durumu için L_x 'in beklenen değer matrisi aşağıdakilerden hangisidir?

a) $\frac{\sqrt{2}}{2}\hbar \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$ b) $\frac{\sqrt{2}}{2}\hbar \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$ c) $\frac{\sqrt{2}}{2}\hbar \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ d) $\hbar \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$ e)

$\frac{1}{2}\hbar \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

10) Kuantum mekanik yaklaşım içinde, kinetik enerji ile potansiyel enerjinin (Coulomb potansiyeli) beklenen değerleri arasındaki bağıntı (virial teoremi) aşağıdakilerden hangisidir?

- a) $\langle K \rangle = \langle U \rangle$ b) $2\langle K \rangle = \langle dU/dr \rangle$ c) $2\langle K \rangle = \langle d^2U/dr^2 \rangle$ d) $2\langle K \rangle = \langle r \cdot dU/dr \rangle$
e) $2\langle K \rangle = \langle (1/r)(dU/dr) \rangle$

11) Hidrojen atomunda yarıçapın beklenen değeri $\langle r \rangle_{nlm} = \frac{n^2 a_0}{Z} \left(1 + \frac{1}{2} \left[1 - \frac{l(l+1)}{n^2} \right] \right)$ bağıntısıyla

verilir. Buna göre n=2 seviyesinde beklenen yarıçap kaç a_0 'dır?

- a)1 b)2 c)3 d)4 e)5

12) Tek elektronlu bir atomda elektron yönelimlerini temsil eden **Pauli spin matrisleri**

$\sigma_x = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$, $\sigma_y = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}$, $\sigma_z = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$ olarak verilir. Buna göre elektronun toplam spin açısal momentumu $\sqrt{|S^2|}$ aşağıdakilerden hangisidir?

- a) $\frac{1}{2}\hbar$ b) $\frac{\sqrt{2}}{2}\hbar$ c) $\frac{\sqrt{3}}{2}\hbar$ d) \hbar e) $2\hbar$

13) Bir kuantum sisteminin herhangi bir halindeki spin dalga fonksiyonu $\chi_{s,ms} = \alpha\alpha + \beta\beta = \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix}$

olduğuna göre aşağıdaki eşitliklerden hangisi doğrudur? ($\alpha = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$, $\beta = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$ dir).

- a)a=b b)a-bi=1 c)a+bi=(1/2)^{1/2} d)a²+b²=1 e)a²-b²=1

CEVAPLAR TEST-3

- 1)C 6)E 11)E
 2)B 7)B 12)C
 3)A 8)B 13)D
 4)D 9)A
 5)C 10)D

TEST-4

1)Hamiltoniyeni $H = -\frac{\hbar^2}{2\mu}\nabla^2 + U(r) + \zeta(r) \cdot \vec{S} \cdot \vec{L} + a \vec{\mu}_j \vec{\mu}_i - \vec{\mu}_j \vec{B}_0 - \vec{\mu}_i \vec{B}_0 - \vec{D} \cdot \vec{\epsilon}_0 \dots$ şeklinde olan bir atomla ilgili aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?
 a)3.terim ince-yapı terimidir b)4.terim aşırı-ince yapı terimidir c)2.terim potansiyel terimidir
 d)5.terim Zeeman terimidir e)6.terim Stark terimidir

2)Atomda çekirdek çevresinde dolanan bir elektron bir manyetik moment oluşturur. Bir hidrojen atomunda bu momente Bohr manyetonu denir. SI birim sisteminde aşağıdakilerden hangisi Bohr manyetonudur*
 a) $\frac{e\hbar}{2m_e}$ b) $\frac{e\hbar}{4m_e}$ c) $\frac{e\hbar}{m_e}$ d) $\frac{e\hbar}{2m_p}$ e) $\frac{e\hbar}{m_p}$

3)Bir elektron; çekirdek çevresindeki yörünge hareketinden μ_L yörünge dipol momentini, kendi etrafındaki spin hareketinden μ_S spin dipol momentini oluşturur. Böyle bir elektronun l=1 ve s=1/2 kuantum durumu için, spin dipol momentini yörünge dipol momentinin kaç katıdır?
 a)1/2 b) $\sqrt{2}$ c) $\sqrt{\frac{3}{2}}$ d) $\sqrt{\frac{2}{3}}$ e) $\frac{\sqrt{2}}{2}$

4)Bir kuantum sisteminde dipol momentin açısal momentuma oranı **jeromanyetik oran** olarak bilinir. Hidrojen atomunda elektronun yörünge jeromanyetik oranı γ_l , spin jeromanyetik oranı ise γ_s ile gösterilir. g_l ve g_s Lande çarpanları için Dirac değerleri dikkate alındığında, $\frac{\gamma_l}{\gamma_s}$ oranı ne olur?
 a)4 b)1/4 c)2 d)1/2 e) $\sqrt{3}/2$

5)l=1 ve s=1/2 kuantum seviyesindeki bir elektronun toplam dipol momentini maksimum (μ_j) kaç μ_B 'dir?
 a) $\frac{1}{3}\sqrt{\frac{7}{5}}$ b) $\frac{2}{3}\sqrt{15}$ c) $\frac{5}{3}\sqrt{6}$ d) $3\sqrt{\frac{14}{5}}$ e) $\frac{4}{3}\sqrt{5}$

6)Atomun çekirdeğini oluşturan nükleonların manyetik momentleriyle ilgili μ_N nükleer manyetonu tanımlanır. Lande çarpanı $g_i = -17/4$ olan ${}^3_2\text{He}$ çekirdeğinin dipol momentini kaç μ_N dir?
 a) $-\frac{17}{2}\sqrt{7}$ b) $-\frac{17}{7}\sqrt{5}$ c) $-\frac{17}{8}\sqrt{3}$ d) $-\frac{\sqrt{17}}{2}$ e) $-\frac{17}{8}\sqrt{17}$

7) ${}^3\text{Li}$ atomunun LS çiftleniminde, taban durumundaki elektronun Lande çarpanı g_j aşağıdakilerden hangisidir? ($g_l=1, g_s=2$)
 a)3 b)3/4 c)1 d)1/2 e)2

8) ${}^{67}_{30}\text{Zn}$ atomunda $l=1$, $s=1/2$ kuantum seviyesi için, atomun toplam kuantum sayısı f aşağıdakilerden hangisini alamaz?

- a)1 b)2 c)3 d)4 e)5

9)Spin kuantum sayısı $s=1/2$ olan ve $T=1500\text{ K}$ 'de ısıtılan bir atom $L=10\text{ cm}$ boyunda ve $dB/dz=2\text{ Tesla/cm}$ olan bir **Stern-Garlach** mıknatısından çıkarken z eksenini yönünde kaç cm sapar? ($g_s=2$, $\mu_B=9,2 \cdot 10^{-24}\text{J/T}$, $k=1,3 \cdot 10^{-23}\text{J/K}$)

- a)45 b)0,27 c)0,015 d)0,027 e)0,15

10)Bir Stern-Gerlach deneyinde $dB/dz=0,5\text{ T/cm}$, mıknatıs boyu 50 cm olup, atomların hızı 10^6 m/s ölçülmüştür. Bu deneyde atoma etki eden kuvvet kaç N dur? ($g_s=2$, $\mu_B=9 \cdot 10^{-24}$, $m_s=1/2$)

- a) $45 \cdot 10^{-25}$ b) $30 \cdot 10^{-24}$ c) $12 \cdot 10^{-24}$ d) $45 \cdot 10^{-23}$ e) $30 \cdot 10^{-23}$

11) $l=2$ kuantum durumundaki bir atom $B_0=1\text{ Tesla}$ şiddetinde bir manyetik alana konulduğunda, atomun manyetik momentinin alan çizgileriyle yaptığı açı 45° oluyor. Buna göre atomun dönme momentinin değeri (Torque) kaç N.m dir? ($\mu_B=9 \cdot 10^{-24}\text{J/T}$, $g_l=1$)

- a) $\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 10^{-24}$ b) $9\sqrt{3} \cdot 10^{-24}$ c) $3\sqrt{3} \cdot 10^{-24}$ d) $\frac{3}{2}\sqrt{2} \cdot 10^{-24}$ e) $2\sqrt{2} \cdot 10^{-24}$

12)Bir atom $B_0=2\text{ Tesla}$ şiddetinde dış manyetik alana konulduğunda, P elektronunun **Larmor frekansı** kaç Hz olur? ($g_l=1$, $g_s=2$, $\mu_b=9 \cdot 10^{-24}\text{J/T}$, $\hbar = 10^{-34}\text{J.s}$, $\pi=3$)

- a)0 b) $4 \cdot 10^{10}$ c) $12 \cdot 10^{10}$ d) $24 \cdot 10^{10}$ e) $36 \cdot 10^{10}$

13)Bir spin rezonans deneyinde elektron spini 180° yön değiştirmektedir. Böyle bir **filip-flop hareketine** (ters çevirme) sebep olan frekans kaç Hz 'dir? ($g_s=2$, $\pi=3$ $\mu_b=9 \cdot 10^{-24}\text{J/T}$, $\hbar = 10^{-34}\text{J.s}$)

- a) $9 \cdot 10^{10}$ b) $6 \cdot 10^{10}$ c) $5 \cdot 10^{10}$ d) $4 \cdot 10^{10}$ e) $3 \cdot 10^{10}$

14)Ca atomunun dış manyetik alan yok iken $P \rightarrow S$ geçişine ait dalga boyu $\lambda_0=4226,70\text{ A}^0$ olarak hesaplanmıştır. Ca **Normal Zeeman yarılmaması** vermektedir. Bu atom $B_0=5\text{ Tesla}$ şiddetinde bir dış manyetik alana konulursa σ^+ geçiş frekansı kaç Hz olur?

($e=1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$, $m_e=9,1 \cdot 10^{-31}\text{kg}$, $\pi=3,14$)

- a) $4230,20 \cdot 10^{10}$ b) $5730 \cdot 10^{10}$ c) $7097,35 \cdot 10^{11}$ d) $6534,35 \cdot 10^{11}$ e) $4226,70 \cdot 10^{12}$

15)Bir atom $l=4$, $s=2$ ve $j=6$ ile belirli bir kuantum seviyesinde iken $B_0=10\text{ Tesla}$ şiddetinde bir dış manyetik alan içine konmaktadır. Atomda normal Zeeman yarılmaması görüldüğüne göre, ardışık iki Zeeman seviyesi arasındaki enerji farkı kaç Joule 'dur? ($\mu_B=9 \cdot 10^{-24}\text{J/T}$)

- a) $9 \cdot 10^{-23}$ b) $4\sqrt{3} \cdot 10^{-23}$ c) $12\sqrt{42} \cdot 10^{-23}$ d) $15\sqrt{51} \cdot 10^{-23}$ e) $17\sqrt{17} \cdot 10^{-23}$

16)Aşağıdaki seviyelerin hangisinde Zeeman yarılmaması görülmez?

- a)S b)P c)D d)F e)G

17)Bir atom $B_0=9\text{ Tesla}$ şiddetinde bir manyetik alana konulduğunda, **normal zeeman** yarılmalarının meydana geldiği gözleniyor. Spektrumda ardışık iki çizgi arasındaki frekans farkı kaç Hz 'dir? ($e=1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$, $m=9 \cdot 10^{-31}\text{kg}$, $\pi=3$)

- a) $48 \cdot 10^{12}$ b) $16 \cdot 10^{11}$ c) $(2/3) \cdot 10^{11}$ d) $(4/3) \cdot 10^{11}$ e) $(3/8) \cdot 10^{12}$

18) $J=3/2$, $m_l=1$, $m_s=1/2$ kuantum durumundaki bir atom B_0 manyetik alanı içine konulduğunda **anomal Zeeman olayı** gözleniyor. Bu durumda ΔE_j enerji aralığı ne olur?

- a) $\frac{4}{3}\mu_B B_0$ b) $2\mu_B B_0$ c) $\frac{3}{4}\mu_B B_0$ d) $\frac{1}{2}\mu_B B_0$ e) $3\mu_B B_0$

19) Hidrojen atomunda S-dışı tüm yörüngelerde spin-yörünge etkileşmesi sonucu yarılmalara görülür. Bu yarılmalara karşılık gelen enerji $\Delta E_{SL} = \zeta(r) \cdot \vec{S} \cdot \vec{L}$ şeklindedir. Bu enerjinin beklenen

değeri ise $\langle \Delta E_{SL} \rangle_{nl} = \frac{Ze^2}{8\pi\epsilon_0 m^2 c^2} \langle \frac{1}{r^3} \rangle_{nl} \frac{1}{2} (J_2^2 - J_1^2)$ dir. $\langle \frac{1}{r^3} \rangle_{nl} = \frac{Z^3}{a_0^3 n^3 l(l+1) \left(l + \frac{1}{2} \right)}$,

$\frac{e^2 \hbar^2}{16\pi\epsilon_0 m^2 c^2 a_0^3} = K$ olduğuna göre hidrojen atomunun 2P seviyesinin enerji yarılması $\langle \Delta E_{SL} \rangle$

aşağıdakilerden hangisidir?

- a) (1/2)K b) (1/4)K c) K d) 2K e) (1/8)K

20) Bir hidrojen atomunda, 2P seviyesinin **ince yapı yarılmasına** karşılık gelen enerji $5 \cdot 10^{-4}$ eV dur. Bu etkileşimde ortaya çıkan ikili durumun (doublet) dalga boyu farkı kaç Å^0 dir? ($h=6,4 \cdot 10^{-34}$ J.s, $\pi=3$)

- a) $20 \cdot 10^6$ b) $24 \cdot 10^6$ c) $30 \cdot 10^6$ d) $36 \cdot 10^6$ e) $40 \cdot 10^6$

21) Atom fiziğinde spin yörünge etkileşme parametresi $\zeta(r) = \frac{1}{2m^2 c^2} \frac{1}{r} \frac{dU}{dr}$ olarak verilir.

Coulomb potansiyeli kullanılarak, $_{11}\text{Na}$ atomunun 5P seviyesinin ince yapı yarılma enerjisi

$\Delta E_{SL}(5P) = C \cdot \frac{ke^2 \hbar^2}{m^2 c^2 a_0^3}$ şeklinde belirleniyor. Buna göre, C sabitinin sayısal değeri ne olur?

(k: Coulomb sabiti, a_0 : Bohr yarıçapı, c: ışık hızı)

- a) $(7/6)(5/2)^2$ b) $(11/4)(9/5)^3$ c) $7(13/2)^3$ d) $(11/4)(11/5)^3$ e) $7(15/6)^3$

22) Hidrojen atomunun 2p seviyesinde spin yörünge etkileşmesi $\Delta E_{SL} = 4 \cdot 10^{-5}$ eV dur. 2P elektronunu yörünge hareketinden kaynaklanan manyetik alan kaç gauss dur? ($1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-12}$ erg, $\mu_B = 10^{-20}$ erg/gauss, $\hbar = 10^{-27}$ erg.s, $g_s = 2$, $\sqrt{3} \cong 1,6$)

- a) $2 \cdot 10^{-2}$ b) $3 \cdot 10^4$ c) $4 \cdot 10^3$ d) $(6/5) \cdot 10^{-20}$ e) $2 \cdot 10^{-22}$

23) Hidrojen atomunda elektron ile çekirdek (proton) arasında manyetik dipol-dipol etkileşmesi **aşırı-ince yapı** yarılmalarına sebep olur. Bu etkileşmenin enerjisi $\Delta E_{IJ} = \Delta E_{IL} + \Delta E_{IS}$ dir.

$\Delta E_{IJ} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2}{\hbar^2} g_i \mu_N \mu_B \frac{1}{r^3} \left[\vec{L} \vec{I} - \vec{S} \vec{I} + 3 \frac{(\vec{S} \cdot \vec{r})(\vec{I} \cdot \vec{r})}{r^2} \right]$ şeklinde yada, C etkileşim sabiti olmak üzere,

$\Delta E_{IJ} = \frac{C}{2} [f(f+1) - i(i+1) - j(j+1)]$ şeklinde yazılabilmektedir. Burada “f, i, j” kuantum

sayılarıdır. Bu durumda hidrojen atomunun 2P seviyesinin maksimum enerjisi ΔE_{IJ} ne olur?

- a) 1/2 C b) 5/4 C c) 9/4 C d) 3/2 C e) 2 C

24) Bir sezyum ($_{55}\text{Cs}$) atom çekirdeğinin spin kuantum sayısı $I=7/2$, Atomun taban durumu spektral gösterimi $^2S_{1/2}$ dir. Dış manyetik alan (B_0) sıfır iken aşırı ince yapı yarılma enerjisi ΔW^0 , dipol-dipol etkileşme sabiti ise a’dir. Bu durumda ΔW^0 kaç a.h dir? (h: Planck sabiti)

- a) 4 b) 6 c) 8 d) 7/2 e) 1/3

25) Bir alkali atomu B_0 manyetik alanı içindedir. Atomun aşırı ince yapı enerjisi;

$W(F, m) = -\frac{\Delta W^0}{2(2I+1)} - \frac{\mu_I}{I} m B_0 \pm \frac{\Delta W^0}{2} \left(1 + \frac{4m}{2I+1} x + x^2 \right)^{1/2}$ şeklindedir. Burada $\Delta W^0 =$

$\frac{a \cdot h}{2}(2I+1)$ ve $x = \left(-\frac{\mu_J}{J} + \frac{\mu_I}{I} \right) \frac{B_0}{\Delta W^0}$ dir. Atom $I=1/2$ ve $m=1$ kuantum seviyesinde iken $2\gamma_j = \gamma_i$

olduğuna göre, bu seviyede enerji aralığı ΔW aşağıdakilerden hangisidir?

- a) $\frac{3}{2}ha - \gamma_j B_0$ b) $ha + 2\gamma_j B_0$ c) $\frac{1}{2}ha - 2\gamma_j B_0$ d) $ha + \gamma_j B_0$ e) $\frac{\sqrt{3}}{2}ha + \frac{\sqrt{5}}{2}\gamma_j B_0$

26) Açısal momentum kuantum sayısı $j_1=1$ ve $j_2=1/2$ olan iki parçacığın etkileşmesinde çiftlenimli kaç durum vardır?

- a)4 b)6 c)7 d)8 e)9

CEVAPLAR TEST-4

- | | | |
|------|------|------|
| 1)E | 11)B | 21)D |
| 2)A | 12)B | 22)C |
| 3)C | 13)E | 23)C |
| 4)D | 14)C | 24)A |
| 5)B | 15)C | 25)D |
| 6)C | 16)A | 26)B |
| 7)E | 17)D | |
| 8)E | 18)B | |
| 9)C | 19)E | |
| 10)D | 20)B | |

Mehmet TAŞKAN