



استفاده از ماشین حساب ساده، ماشین حساب مهندسی مجاز است

۱- کدام یک از توابع موج زیر می تواند تابع موج کل توصیف الکترون در اتم هیدروژن باشد؟

۱. سه نایبی  $Y_{۳۳}X$       ۲. یک نایبی  $Y_{۳۳}X$       ۳. سه نایبی  $Y_{۳۲}X$       ۴. یک نایبی  $Y_{۳۳}X$

۲- برای یک ملکول سه اتمی که تنها می تواند دوران کند هامیلتونی بصورت  $H = \frac{L_z^2}{2I}$  است انرژی این

سیستم برابر است با: (m عدد صحیح)

۱.  $\frac{\hbar^2 m^2}{2I}$       ۲.  $\frac{\hbar^2 m^2}{I}$       ۳.  $\frac{\hbar^2 m^2}{3I}$       ۴.  $\frac{9\hbar^2 m^2}{2I}$

۳- تابع موج شعاعی اتم هیدروژن  $R_{21}$  فرض شود مقدار چشم داشتی  $\left\langle \frac{1}{r} \right\rangle$  کدام است؟

۱.  $\frac{1}{a_0}$       ۲.  $\frac{1}{4a_0}$       ۳.  $\frac{1}{2a_0}$       ۴. صفر

۴- کدام یک از مجموعه های زیر که بیان گر اعداد کوانتومی  $(n, l, m)$  برای اتم هیدروژن است غیر ممکن می باشد؟

۱.  $(2, 1, -1)$       ۲.  $(3, 1, -1)$       ۳.  $(3, 1, -2)$       ۴.  $(3, 2, -2)$

۵- در اثر بهنجار زمین تبهگنی تراز  $n = 2$  (اولین حالت برانگیخته) چند گانه است؟

۱. ۱      ۲. ۲      ۳. ۳      ۴. ۴

۶- اگر اتم هیدروژن در یک میدان مغناطیسی ثابت  $\vec{B} = B_0 \hat{j}$  قرار داشته باشد، کدام گروه از عملگرهای زیر می تواند جزء عملگرهای همزمان جابجا شوند باشند؟

۱.  $H, L^2, L_z$       ۲.  $H, L^2, L_x$       ۳.  $H, L_z, L_y$       ۴.  $H, L^2, L_y$

۷- اسپینی در  $t = 0$  با اسپینور  $\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$  توصیف می شود احتمال اینکه برای  $s_y$  مقدار  $+\frac{\hbar}{2}$  بدست آید چقدر

است؟

۱. صفر      ۲. ۱      ۳.  $\frac{1}{2}$       ۴.  $-\frac{1}{2}$



۸- اسپینی در  $t = 0$  در ویژه حالت  $S_x$  با ویژه مقدار  $\frac{-\hbar}{2}$  قرار دارد اسپین را در میدان مغناطیسی  $\vec{B} = B_0 \hat{k}$  قرار می دهیم مقدار چشم داشتی عملگر  $S_z$  در لحظه  $t$  چقدر است؟

۱.  $\frac{\hbar}{2} \sin 2\omega t$       ۲.  $\frac{\hbar}{2} \cos 2\omega t$       ۳.  $\frac{\hbar}{2} t$       ۴. صفر

۹- ذره ای تحت پتانسیل  $\frac{\vec{S} \cdot \vec{L}}{\hbar^2} V(r)$  قرار دارد کدام دسته از عملگرهای همزمان جابجا پذیر برای این پتانسیل باشند؟

۱.  $J^2, L^2, S^2, J_z$       ۲.  $L^2, S^2, J_z, S_z$       ۳.  $J^2, L^2, S^2, S_z$       ۴.  $L^2, S^2, L_z, S_z$

۱۰- مقدار تکانه زاویه ای کل برای جمع دو حالت  $L_1 = 1$  و  $L_2 = 2$  چند حالت می تواند داشته باشد؟

۱. ۵      ۲. ۴      ۳. ۲      ۴. ۳

۱۱- در اثر اشتراک تقریب مرتبه اول انرژی حالت پایه چقدر است؟

۱. صفر      ۲.  $+3Eea_0$       ۳.  $\pm 3Eea_0$       ۴.  $-3Eea_0$

۱۲- هامیلتونی سیستمی به صورت  $H = \begin{pmatrix} a & 1+a \\ 1+a & a \end{pmatrix}$  است. تصحیح مرتبه اول در ترازهای این سیستم کدام است؟

۱.  $2a, 2a$       ۲.  $2a, \frac{a}{2}$       ۳.  $2a, 0$       ۴.  $\frac{a}{2}, \frac{a}{2}$

۱۳- اثر اسپین مدار حالت  $n = 3$  در اتم هیدروژن را به چند تراز تجزیه می کند؟

۱. ۳      ۲. ۲      ۳. ۴      ۴. ۵

۱۴- اندازه حرکت زاویه ای کل الکترون های اتم هلیوم ( ${}^4_2\text{He}$ ) همواره چه مضربی از  $\hbar$  است؟

۱. نیمه صحیح      ۲. صحیح      ۳. ناصحیح      ۴. نامشخص

۱۵- پیامد ناوردایی چرخشی در مکانیک کوانتومی کدام گزینه است؟

۱. پایستگی تکانه خطی      ۲. پایستگی انرژی سیستم  
۳. پایستگی تکانه زاویه ای      ۴. همه موارد



۱۶- جواب معادله شرودینگر شعاعی در سه بعد برای چاه پتانسیل سه بعدی نامتناهی کدام است؟

$$R(r) = A j_L(Kr) \quad \cdot 2 \quad R(r) = A j_L(Kr) + B n_L(Kr) \quad \cdot 1$$

$$R(r) = A j_L(iKr) \quad \cdot 4 \quad R(r) = B n_L(Kr) \quad \cdot 3$$

۱۷- کدام یک از روابط جابه جایی زیر صحیح نیست؟

$$[L_+, L_z] = \hbar L_+ \quad \cdot 4 \quad [L_-, L_z] = \hbar L_- \quad \cdot 3 \quad [L^2, L_z] = 0 \quad \cdot 2 \quad [L^2, L_+] = 0 \quad \cdot 1$$

۱۸- مقدار چشم داشتی عبارت  $\langle z \sin \theta | L_z | z \sin \theta \rangle$  کدام است؟

$$-i \hbar r^2 \quad \cdot 4 \quad -\frac{1}{2} \hbar^2 r^2 \quad \cdot 3 \quad \hbar^2 r^2 \quad \cdot 2 \quad \text{صفر} \quad \cdot 1$$

۱۹- حاصل عبارت زیر کدام است؟

$$(L_x^2 + L_y^2) Y_{22}(\theta, \varphi) = ?$$

$$2\hbar^2 Y_{22}(\theta, \varphi) \quad \cdot 4 \quad 4\hbar^2 Y_{22}(\theta, \varphi) \quad \cdot 3 \quad 6\hbar^2 Y_{22}(\theta, \varphi) \quad \cdot 2 \quad \text{صفر} \quad \cdot 1$$

۲۰- تابع موج الکترونی در اتم هیدروژن بصورت زیر است مقدار چشم داشتی انرژی آن چقدر است؟ ( $E_1$  انرژی حالت پایه)

$$\frac{1}{\sqrt{6}} [\psi_{100} + 2\psi_{110} + \psi_{200}]$$

$$E_1 \quad \cdot 4 \quad \frac{10}{24} E_1 \quad \cdot 3 \quad \frac{15}{24} E_1 \quad \cdot 2 \quad \frac{21}{24} E_1 \quad \cdot 1$$

### سوالات تشریحی

نمره ۱.۷۵

۱- با توجه به روابط ذیل نمایش‌های ماتریسی  $L_y, L_x, L_+, L_-$  را برای حالت  $l = 2$  بیابید.

$$\langle lm' | L_z | lm \rangle = m \hbar \delta_{m', m}$$

$$\langle lm' | L_{\pm} | lm \rangle = \hbar \sqrt{l(l+1) - m(m \pm 1)} \delta_{m', m \pm 1}$$

$$L_{\pm} = L_x \pm iL_y$$

نمره ۱.۷۵

۲- مقادیر چشم داشتی زیر را حساب کنید.

$$\langle Y_{22} | L_x^2 | Y_{22} \rangle$$

$$\langle Y_{20} | L_y^2 | Y_{21} \rangle$$



نمره ۱.۷۵

۳- الکترونی در میدان کولنی یک پروتون در حالتی است که با تابع موج زیر توصیف می شود:

$$A \left[ 3\psi_{100} + 4\psi_{21-1} + \psi_{211} - \sqrt{10}\psi_{210} \right]$$

الف) مقدار ثابت  $A$  را حساب کنید.

ب) احتمال هر یک از مقادیر  $L_z$  را برای  $l = 0.1$  حساب کنید.

نمره ۱.۷۵

۴- الف) اثر نابهنجار زیمن را توضیح دهید و هامیلتونی آن را بنویسید

ب) شکافتگی ترازها را برای  $n = 2$  رسم کنید (اثر نابهنجار زیمن)

WWW.PNUNA.COM