

سری سوال: یک ۱

زمان آزمون (دقیقه): تستی: ۶۰ تشریحی: ۶۰

تعداد سوالات: تستی: ۲۰ تشریحی: ۴

عنوان درس: مکانیک کوانتومی ۲

رشته تحصیلی/کد درس: فیزیک (اتمی و مولکولی)، فیزیک (حالت جامد)، فیزیک (هسته ای) (۱۱۳۰۴۳)

استفاده از ماشین حساب مهندسی مجاز است

۱- کدام رابطه برای عملگرهای نردبانی صحیح است؟

$$[L_+, L_-] = 2\hbar L_z \quad .2 \quad [L_x, L_y] = -i\hbar L_z \quad .1$$

$$[L^2, L_x] = i\hbar L_x \quad .4 \quad [L^2, L_-] = L_+ \quad .3$$

۲- مقدار جابجایی  $[\hat{P}_x, \hat{L}_y]$  را حساب کنید.  $([A, BC] = B[A, C] + [A, B]C)$ 

$$i\hbar \hat{P}_z \quad .4 \quad i\hbar \hat{P}_y \quad .3 \quad i\hbar \hat{L}_z \quad .2 \quad \text{صفر} \quad .1$$

۳- حاصل  $L_+ Y_{2,2}(\theta, \phi)$  برابر کدام گزینه است؟

$$2\sqrt{2}\hbar Y_{2,2}(\theta, \phi) \quad .4 \quad 2\hbar Y_{2,2}(\theta, \phi) \quad .3 \quad \text{صفر} \quad .2 \quad \sqrt{2}\hbar Y_{2,2}(\theta, \phi) \quad .1$$

۴- اگر  $Y_{2,2} = \sqrt{\frac{15}{32\pi}} e^{2i\phi} \sin^2 \theta$  باشد. مقدار  $Y_{2,-2}$  کدام است؟

$$\sqrt{\frac{15}{32\pi}} e^{2i\phi} \sin^2 \theta \quad .4 \quad \sqrt{\frac{15}{32\pi}} e^{-2i\phi} \sin^2 \theta \quad .3 \quad -\sqrt{\frac{15}{32\pi}} e^{-2i\phi} \sin^2 \theta \quad .2 \quad -\sqrt{\frac{15}{32\pi}} e^{2i\phi} \sin^2 \theta \quad .1$$

۵- برای ویژه حالت دلخواه اتم هیدروژن، متوسط انرژی جنبشی برابر کدام گزینه است؟ ( $V$  انرژی پتانسیل است)

$$-2 \langle V \rangle \quad .1 \quad \langle V \rangle \quad .2 \quad -\frac{1}{2} \langle V \rangle \quad .3 \quad \text{صفر} \quad .4$$

۶- اگر هامیلتونی بصورت  $H = \frac{p^2}{2m} + V(r)$  باشد. مقدار  $\left\langle \frac{p^2}{2m} \right\rangle$  کدام است؟

$$\langle \nabla V(r) \rangle \quad .1 \quad \langle r \cdot \nabla V(r) \rangle \quad .2 \quad \langle r \rangle \quad .3 \quad \text{صفر} \quad .4$$

۷- اگر  $|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{12}} |\phi_1\rangle + \frac{3}{\sqrt{12}} |\phi_2\rangle$  باشد. ثابت بهنجارش را حساب کنید.

$$\frac{10}{12} \quad .1 \quad \sqrt{\frac{10}{12}} \quad .2 \quad \frac{12}{10} \quad .3 \quad \sqrt{\frac{12}{10}} \quad .4$$

سری سوال: ۱ یک

زمان آزمون (دقیقه): تستی: ۶۰ تشریحی: ۶۰

تعداد سوالات: تستی: ۲۰ تشریحی: ۴

عنوان درس: مکانیک کوانتومی ۲

رشته تحصیلی/کد درس: فیزیک (اتمی و مولکولی)، فیزیک (حالت جامد)، فیزیک (هسته ای) (۱۱۱۳۰۴۳)

۸- اگر  $U = \begin{pmatrix} 1 & -i & 1 \\ i & i & -i \\ 0 & \sqrt{2} & 5 \end{pmatrix}$  باشد.  $Tr(U)$  با کدام ماتریس یکسان است؟

۱.  $\begin{pmatrix} 2i & -i & 0 \\ -i & 6 & -i \\ i & i & i \end{pmatrix}$  .۲  $\begin{pmatrix} 5 & -i & 0 \\ \sqrt{2} & 0 & -i \\ 3 & i & i \end{pmatrix}$  .۳  $\begin{pmatrix} 6 & -i & 0 \\ \sqrt{2} & -i & -i \\ 0 & i & i \end{pmatrix}$  .۴  $\begin{pmatrix} 6 & -i & 0 \\ \sqrt{2} & -i & -i \\ 0 & i & 2i \end{pmatrix}$

۹- اگر  $|\phi\rangle = \begin{pmatrix} 2 \\ -i \\ 2-3i \end{pmatrix}$  و  $|\psi\rangle = \begin{pmatrix} -3i \\ 2+i \\ 4 \end{pmatrix}$  باشد. ضرب نرده ای  $\langle\phi|\psi\rangle$  کدام است؟

۱.  $7+8i$  .۲  $7-8i$  .۳  $-7-8i$  .۴  $-7+8i$

۱۰- در مورد رد ماتریس ها کدام گزینه صحیح است؟

۱.  $Tr[A, B] = 0$  .۲  $TrABC = TrBAC$  .۳  $Tr\{A, B\} = 0$  .۴  $TrMN \neq TrNM$

۱۱- اگر  $|\psi\rangle = \begin{pmatrix} 1 \\ i/\sqrt{2} \\ 0 \end{pmatrix}$  باشد. ماتریس  $\langle\psi|\psi\rangle$  کدام است؟

۱.  $\begin{pmatrix} 1 \\ -i/\sqrt{2} \\ 0 \end{pmatrix}$  .۲  $\begin{pmatrix} 1 & -i/\sqrt{2} & 0 \end{pmatrix}$  .۳  $\begin{pmatrix} 1 & i/\sqrt{2} & 0 \end{pmatrix}$  .۴  $\begin{pmatrix} 0 & -i/\sqrt{2} & 1 \end{pmatrix}$

۱۲- کدامیک از روابط زیر صحیح نمی باشد؟

۱.  $\sigma_x \sigma_y = \sigma_y \sigma_x$  .۲  $\sigma_x^2 = 1$  .۳  $[\sigma_x, \sigma_y] = 2i \sigma_z$  .۴  $\sigma_z^2 = \sigma_y^2$

۱۳- اگر  $\psi(t) = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} e^{-i\omega_0 t} \\ e^{i\omega_0 t} \end{pmatrix}$  باشد. مقدار  $\langle S_y \rangle$  در لحظه  $t$  بدست آورید؟

۱.  $-\hbar/2 \sin 2\omega_0 t$  .۲  $-\hbar/2 \cos 2\omega_0 t$  .۳  $+\hbar/2 \cos 2\omega_0 t$  .۴  $\hbar/2 \sin 2\omega_0 t$

۱۴- هامیلتونی یک ذره آزاد را در نظر بگیرید. مقدار  $\frac{dV(x)}{dt}$  کدام است؟ ( $V$  پتانسیل است).

۱.  $\langle p \rangle / m$  .۲  $\langle p \rangle / 2m$  .۳  $\frac{i}{\hbar} \left[ H, \frac{p^2}{2m} \right]$  .۴ صفر

سری سوال: ۱ یک

زمان آزمون (دقیقه): تستی: ۶۰ تشریحی: ۶۰

تعداد سوالات: تستی: ۲۰ تشریحی: ۴

عنوان درس: مکانیک کوانتومی ۲

رشته تحصیلی/کد درس: فیزیک (اتمی و مولکولی)، فیزیک (حالت جامد)، فیزیک (هسته ای) (۱۱۳۰۴۳)

۱۵- چه شرایطی برقرار باشد تا  $\hat{U} = e^{i\mathcal{E}\hat{G}}$  یکانی باشد؟۱.  $\mathcal{E}$  حقیقی۲.  $\mathcal{E}$  حقیقی و  $\hat{G}$  پاد هرمیتی۳.  $\mathcal{E}$  حقیقی و  $\hat{G}$  هرمیتی۴.  $\hat{G}$  هرمیتی۱۶- هامیلتونی مختل نشده یک الکترون در اتم هیدروژن گونه بصورت  $H_0 = \frac{p^2}{2\mu} - \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r}$  می باشد. اگر پتانسیل اختلالبصورت  $\lambda H_1 = e\mathcal{E}z$  باشد، جابجایی انرژی حالت پایه  $E_{100}^{(1)}$  کدام است؟۱.  $e\mathcal{E}z$ ۲.  $\frac{8}{3}mc^2\alpha^2$ ۳.  $(e\mathcal{E}z)^2$ 

۴. صفر

۱۷- در اثر عادی زیمان که هامیلتونی مختل کننده به صورت  $H_B = \frac{e}{2M}L.B$  در راستای محور  $z$  می باشد، جابجاییانرژی  $\Delta E_{nlm}$  کدام است؟۱.  $\frac{eB}{2M}$ ۲.  $\frac{eB}{2M}m$ ۳.  $\frac{eB\hbar}{2M}$ ۴.  $\frac{eB\hbar}{2M}m$ 

۱۸- تابع موج فرمیون ها ..... می باشد و ذراتی که از آمار بوز-اینشتین پیروی می کنند دارای اسپین ..... می باشند.

۱. متقارن-درست

۲. پادمقارن-نیم درست

۳. پادمقارن-درست

۴. متقارن-نیم درست

۱۹- در اتم هلیوم اگر فاصله موثر بین الکترون ها برابر  $f \frac{a_0}{Z}$  باشد در اینصورت انرژی دافعه این دو الکترون  $\Delta E$  متناسب با

کدام گزینه خواهد بود؟

۱.  $\Delta E \approx f^2$ ۲.  $\Delta E \approx f$ ۳.  $\Delta E \approx \frac{1}{f^2}$ ۴.  $\Delta E \approx \frac{1}{f}$ ۲۰- ویژه مقادیرهای انرژی برای ترازهای لاندو  $E = \hbar\omega\left(n + \frac{1}{2}\right)$  می باشد. فاصله انرژی برای ترازهای لاندو کدام است؟

$$\left(l_B^2 = \frac{\hbar}{eB}\right)$$

۱.  $\frac{\hbar^2}{m_e l_B^2}$ ۲.  $\frac{\hbar}{m_e l_B^2}$ ۳.  $\frac{e\hbar}{m_e l_B^2}$ ۴.  $\frac{eB\hbar}{m_e l_B^2}$

سری سوال: ۱ یک

زمان آزمون (دقیقه): تستی: ۶۰ تشریحی: ۶۰

تعداد سوالات: تستی: ۲۰ تشریحی: ۴

عنوان درس: مکانیک کوانتومی ۲

رشته تحصیلی/کد درس: فیزیک (اتمی و مولکولی)، فیزیک (حالت جامد)، فیزیک (هسته ای) (۱۱۱۳۰۴۳)

## سوالات تشریحی

۱- الف) مقدار چشمداشتی  $\langle r \rangle_{21}$  را برای اتم هیدروژن بدست آورید و آن را با مقدار  $r$  که در آن چگالی احتمال شعاعی به ازای  $l=1$  و  $n=2$  به بیشینه می رسد محاسبه کنید.  
ب) پهنای توزیع چگالی احتمال را برای  $r$  محاسبه کنید. (مقدار  $\Delta r_{21}$  را حساب کنید)

$$R_{21}(r) = \frac{1}{\sqrt{3}} \left( \frac{Z}{2a_0} \right)^{3/2} \frac{Zr}{a_0} e^{-Zr/a_0}$$

$$\int_0^{\infty} x^n e^{-x} dx = n! \quad \text{و} \quad R_{21}(r) = \frac{re^{-r/2a_0}}{\sqrt{24a_0^3}}$$

۲- سیستمی را در نظر بگیرید که در حالت  $\psi(\theta, \varphi) = \frac{1}{\sqrt{5}} Y_{1,-1}(\theta, \varphi) + \sqrt{\frac{3}{5}} Y_{1,0}(\theta, \varphi) + \frac{1}{\sqrt{5}} Y_{1,1}(\theta, \varphi)$  قرار دارد. الف)  $\langle \psi | \hat{L}_+ | \psi \rangle$  را بیابید. ب) احتمال اینکه مقدار  $l_z$  برابر  $\hbar$  و صفر و  $-\hbar$  شود را بدست آورید. راهنمایی:  $\langle l, m' | \hat{L}_+ | l, m \rangle = \hbar \sqrt{l(l+1) - m(m+1)} \delta_{m', m+1}$

۳- ماتریس زیر را در نظر بگیرید:  $M = \begin{pmatrix} 0 & -i & 0 \\ i & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$

الف) ویژه مقادیر و ویژه بردارهای بهنجار ماتریس را پیدا کنید. ب) ماتریس یکانی  $U$  قطری کننده  $M$  را پیدا کنید.

۴- اندازه گیری  $S_x$  دستگاه اسپین  $1/2$  ویژه مقدار  $+\hbar/2$  را نتیجه می دهد، آنگاه عملگر  $S_x \cos \phi + S_y \sin \phi$  را اندازه می گیرند. احتمال اینکه نتیجه  $+\hbar/2$  بدست آید چقدر است؟