



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 (هسته ای)، فیزیک (اتمی و مولکولی)، فیزیک (حالت جامد) ۱۱۱۳۰۴۳

۱- اگر هامیلتونی ذره ای تحت دوران حول محوری ناوردا باشد کدام گزینه درست است؟

۱. متوسط تکانه زاویه ای ذره همیشه صفر است.
۲. متوسط مؤلفه تکانه خطی ذره ثابت حرکت است.
۳. متوسط مؤلفه تکانه زاویه ای ذره در راستای این محور دوران بطور خطی با زمان تغییر می کند.
۴. متوسط مؤلفه تکانه زاویه ای ذره در راستای این محور دوران ثابت حرکت است.

۲- تابع موج الکترون در اتم هیدروژن به صورت $\varphi = \psi_{210} + \psi_{320} - 3\psi_{431}$ است. احتمال این که اندازه گیری کمیت L_z

۱. $\frac{1}{11}$
۲. $\frac{2}{11}$
۳. $\frac{1}{5}$
۴. $\frac{2}{5}$

۳- تابع موج الکترون در یک اتم هیدروژن به شکل $\psi(r) = \frac{1}{\sqrt{2}}[\psi_{210}(\vec{r}) + \psi_{211}(\vec{r})]$ است. مقدار چشمداشتی L_x این اتم

کدام است؟

۱. $\sqrt{2}\hbar$
۲. $\frac{\sqrt{2}}{2}\hbar$
۳. $\frac{1}{2}\hbar$
۴. \hbar

۴- ماکزیمم چگالی احتمال برای حالت پایه اتم هیدروژن در چه شعاعی رخ می دهد؟

۱. $4a_0$
۲. $3a_0$
۳. a_0
۴. $\frac{1}{2}a_0$

۵- تابع حالت برای یک اتم هیدروژن به صورت $\psi = \frac{1}{\sqrt{18}}(2\psi_{310} - 3\psi_{320} + \sqrt{5}\psi_{300})$ است. این ویژه تابع ویژه حالت

کدام دسته از عملگرها است؟

۱. H, L^2, L_z
۲. L^2, L_z
۳. H, L^2
۴. H, L_z

۶- تابع موج اتم هیدروژن به صورت $\psi(r) = \frac{1}{\sqrt{3}}(\psi_{100} + \psi_{210} - \psi_{321})$ توصیف می گردد. مقدار ارزش انتظاری مجذور

عملگر اندازه حرکت زاویه ای این اتم کدام است؟

۱. $\frac{8}{3}\hbar^2$
۲. $\frac{4}{3}\hbar^2$
۳. $3\hbar^2$
۴. \hbar^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 (هسته ای)، فیزیک (اتمی و مولکولی)، فیزیک (حالت جامد) ۱۱۱۳۰۴۳

۷- در پدیده بهنجار زیمان چند گذار مجاز بین حالت های $l=0$ و $l=1$ وجود دارد؟

۱. ۴ ۲. ۳ ۳. ۲ ۴. ۱

۸- ذره ای به جرم m به یک سرمیله صلب بدون جرمی به طول ثابت R متصل شده است. سردیگر میله در مبداء ثابت است، و میله می تواند آزادانه حول این نقطه ثابت بچرخد. هامیلتونی دستگاه کدام است؟

۱. $\frac{L^2}{2I}$ ۲. $\frac{L^2}{I}$ ۳. $\frac{I}{L^2}$ ۴. $\frac{2I}{L^2}$

۹- هامیلتونی یک سیستم کوانتومی به صورت $H = \hbar\omega \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \end{bmatrix}$ است. اگر انرژی این سیستم اندازه گیری شود چه

مقادیری ممکن است به دست آید؟

۱. $\hbar\omega, 2\hbar\omega, 3\hbar\omega$ ۲. $\hbar\omega, 2\hbar\omega$ ۳. $\hbar\omega, 3\hbar\omega$ ۴. $\hbar\omega, 2\hbar\omega$ ، صفر

۱۰- تابع حالت ذره ای با اسپین $\frac{1}{2}$ برابر با $\begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} e^{i\frac{\varphi}{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} e^{-i\frac{\varphi}{2}} \end{bmatrix}$ است. متوسط عملگر S_z در این حالت چیست؟

۱. یک ۲. صفر ۳. $\frac{\hbar}{2} \sin \varphi$ ۴. $\frac{\hbar}{2} \cos \varphi$

۱۱- هامیلتونی ذره ای با اسپین $\frac{1}{2}$ که در میدان مغناطیسی ثابتی در راستای محور z قرار گرفته برابر $H = 2\omega S_z$ است.

اگر در لحظه $t=0$ ذره در ویژه حالت عملگر S_z با ویژه مقدار $+\frac{\hbar}{2}$ باشد احتمال آنکه در لحظه $t > 0$ در همان ویژه حالت باشد چقدر است؟

۱. ۱ ۲. $\frac{1}{2}$ ۳. $\cos^2 \omega t$ ۴. $\sin^2 \omega t$

۱۲- دستگاهی متشکل از دو ذره یکسان با اسپین $\frac{1}{2}$ داریم، برای $S=0$ تابع موج فضایی و تحت تعویض نشان اسپینی می باشد.

۱. پادمتقارن-متقارن ۲. متقارن-پادمتقارن
۳. متقارن-متقارن ۴. پادمتقارن-پادمتقارن



سری سوال: ۱ یک

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

تعداد سوالات: تستی: ۲۰ تشریحی: ۴

عنوان درس: مکانیک کوانتومی ۲

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

۱۳- تابع موج فضایی سیستم دو ذره ای اسپین دار متشکل از دو فرمیون یکسان بصورت $\psi_{n,l,m} = R_{nl}(r)y_{l,m}(\theta, \varphi)$ است که l عددی فرد است. کدام عبارت صحیح است؟

۱. تابع موج کلی سیستم متقارن است.
 ۲. تابع موج فضایی متقارن است.
 ۳. تابع موج اسپینی متقارن است.
 ۴. پاریته $\psi_{n,l,m}$ مثبت است.

۱۴- هامیلتونی یک دستگاه اسپین با $H = A \frac{S_1 \cdot S_2}{\hbar^2}$ داده می شود. ویژه مقادیر دستگاه دو ذره ای که یکی از ذرات اسپین

$\frac{1}{2}$ و دیگری اسپین ۱ دارد برابر است با:

۱. $-2A, 2A$ ۲. $-A, 2A$ ۳. $-A, \frac{A}{2}$ ۴. $-2A, \frac{A}{2}$

۱۵- ویژه مقادیر انرژی ذره ای به جرم m در چاه پتانسیل بی نهایت یک بعدی به طول a برابر $E = \frac{n^2 \pi^2 \hbar^2}{2ma^2}$ می باشد.

در صورتیکه این چاه حاوی سه ذره بوزون یکسان به جرم m باشد انرژی حالت پایه این سیستم چقدر است؟ (ذرات با یکدیگر بر هم کنشی ندارند).

۱. $\frac{9\pi^2 \hbar^2}{2ma^2}$ ۲. $\frac{5\pi^2 \hbar^2}{2ma^2}$ ۳. $\frac{3\pi^2 \hbar^2}{2ma^2}$ ۴. $\frac{\pi^2 \hbar^2}{2ma^2}$

۱۶- ذره ای با اسپین ۱ در یک پتانسیل مرکزی به شکل $V_1(r) + \frac{\vec{S} \cdot \vec{L}}{\hbar^2} V_2(r) + (\frac{\vec{S} \cdot \vec{L}}{\hbar^2})^2 V_3(r)$ حرکت می کند. مقدار

$V(r)$ در حالت $j = l + 1$ چقدر است؟

۱. $V_1(r) + lV_2(r) + l^2V_3(r)$ ۲. $V_1(r) + 2lV_2(r) + 4l^2V_3(r)$
 ۳. $V_1(r) - (l-1)V_2(r) + (l-1)^2V_3(r)$ ۴. $V_1(r) + (l+1)V_2(r) + (l+1)^2V_3(r)$

۱۷- فرض کنید که در یک سیستم کوانتومی تمامی حالات بصورت حالات پیوندی باشد. اینک اختلال کوچکی به این سیستم وارد می کنیم اگر سیستم در پایین ترین تراز انرژی خود باشد این اختلال باعث می شود تا در مرتبه دوم اختلال تصحیح انرژی چگونه باشد؟

۱. بسته به نوع اختلال مثبت یا منفی است.
 ۲. همواره صفر است.
 ۳. همواره مقداری ثابت است.
 ۴. همواره مقداری منفی است.



تعداد سوالات: تستی: ۲۰ تشریحی: ۴

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

سری سوال: ۱ یک

عنوان درس: مکانیک کوانتومی ۲

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

۱۸- ذره ای به جرم m در چاه پتانسیل نامتناهی یک بعدی $V(x) = \begin{cases} 0 & 0 \leq x \leq a \\ \infty & x > a, x < 0 \end{cases}$ قرار دارد. این ذره تحت تأثیر

اختلالی به شکل $w(x) = a\hbar\omega_0\delta(x - \frac{a}{2})$ قرار می گیرد که ω_0 یک ثابت حقیقی است. جابجایی های ترازهای n ام

انرژی ذره برای n های فرد تا مرتبه اول ω_0 کدام است؟

۱. $2\hbar\omega_0$ ۲. $\hbar\omega_0$ ۳. $\frac{1}{2}\hbar\omega_0$ ۴. صفر

۱۹- کدام گزینه در مورد طیف اتم هیدروژن درست است؟

۱. ساختار فوق ریز ناشی از تصحیحات نسبیتی مربوط به حرکت سریع الکترون داخل اتم هیدروژن است.
۲. ساختار فوق ریز ناشی از برهم کنش اسپین الکترون با میدان مغناطیسی ناشی از حرکت هسته به دور آن است.
۳. ساختار فوق ریز ناشی از برهم کنش اسپین الکترون با میدان مغناطیسی ناشی از گشتاور مغناطیسی ذاتی هسته است.
۴. ساختار ریز ناشی از برهم کنش الکترون با میدان الکتریکی هسته است.

۲۰- اولین حالت برانگیخته در اتم هلیوم چند گانه تبهگن است؟

۱. ۱۶ ۲. ۱۲ ۳. ۴ ۴. ۲

سوالات تشریحی

نمره ۱.۷۵

۱- بخش زاویه ای تابع موج الکترونی در اتم هیدروژن توسط تابع موج $y(\theta, \varphi) = -[\sqrt{\frac{12}{8\pi}}Ae^{i\varphi}\sin\theta - \frac{3A}{\sqrt{4\pi}}]$

مشخص می گردد. این احتمال را تعیین کنید که اندازه گیری L^2 بر روی سیستم الف) مقدار صفر و ب) مقدار $2\hbar^2$ را

بدهد. $(y_{00}(\theta, \varphi) = \frac{1}{\sqrt{4\pi}}, y_{11}(\theta, \varphi) = -\sqrt{\frac{3}{8\pi}}e^{i\varphi}\sin\theta)$

نمره ۱.۷۵

۲- تابع موج الکترون در حالت پایه اتم هیدروژن به شکل $\frac{2}{\sqrt{4\pi}}[\frac{1}{a_0}]^{\frac{3}{2}}e^{-\frac{r}{a_0}}$ است که در آن a_0 شعاع اتم بوهر است.

میانگین نیروی کولنی وارد از طرف هسته اتم به الکترون $\langle -\frac{e^2}{r^2} \rangle$ در این حالت پایه چقدر است؟



تعداد سوالات: تستی: ۲۰ تشریحی: ۴

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

سری سوال: ۱ یک

عنوان درس: مکانیک کوانتومی ۲

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

۱.۷۵ نمره

۳- اگر در $t = 0$ تابع موج اسپینی یک الکترون در ویژه حالت S_y با ویژه مقدار $-\frac{\hbar}{2}$ باشد و در این لحظه میدان مغناطیسی ثابت $\vec{B} = B\hat{k}$ را اعمال کنیم. مقادیر چشمداشتی عملگرهای S_x و S_y و S_z را پیدا کنید.

۱.۷۵ نمره

۴- در اثر نا بهنجار زیمان شکافتگی ترازها را برای حالت P بدست آورید. $(l = 1, s = \frac{1}{2})$