تعداد سوالات : تستی : ۲۰ **تشریحی :** ۴ | **زمان آزمون (دقیقه) : تستی :** ۶۰ **تشریحی :** ۶۰ | **سری سوال :** یک ۱

عنـــوان درس: مکانیک کوانتومی ۲

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

۱- ذره ای تحت پتانسیل $V = V(|r|)$ است.توابع ویژه هامیلتونی ذره می تواندهمزمان توابع ویژه عملگرهای L^2, L_z باشد به شرطی که:

۱. $[L_i, H] = 0$
۲. $[L^2, L_i] = 0$
۳. $[L_i, P_j] = 0$
۴. $[L_i, L_j] = i\hbar\epsilon_{ijk}L_k$

۲- هامیلتونی یک سیستم تحت دوران ناورداست. کدام گزینه درست است؟

۱. فقط یکی از مؤلفه های L رامی توان انتخاب کرد که با H مجموعه جابجاشونده ای از مشاهده پذیرها راتشکیل دهد.
۲. ناوردایی هامیلتونی تحت دوران موجب می شود که تکانه زاویه ای ، ثابت حرکت سیستم شود.
۳. فقط به ازای $L = 0$ می توان توابع ویژه همزمانی از سه مولفه L داشته باشیم.
۴. همه موارد.

۳- بااعمال عملگر $L_x^2 + L_y^2 + \hbar L_z$ بر روی تابع موج $Y_{l,m}(\theta,\phi) = Y_{2,2}(\theta,\phi)$ ویژه مقدار برابر است با:

۱. $8\hbar^2$
۲. $12\hbar^2$
۳. $20\hbar^2$
۴. صفر

۴- تابع موج چرخنده ای به صورت $\psi(\theta) = 1 + 3\cos\theta + 4\cos^2\theta$است. در اندازه گیری مؤلفه z اندازه حرکت زاویه ای (L_Z) کدام مقدار امکان پذیر است؟

۱. $\hbar/2$
۲. $\hbar$
۳. $2\hbar$
۴. صفر

۵- حاصل عبارت $\langle Y_{2,1}|L_-|Y_{2,2}\rangle$ برابر است با:

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

۶- اگرتابع موج بهنجار یک الکترون در پتانسیل کولنی یک پروتون $\psi(r) = c(r^3 + r)\ e^{-ar^2}$ باشد احتمال اینکه اندازه گیری :

۱. L^2 به $\hbar^2$ منجرشود برابر یک است.
۲. L^2 به صفرمنجرشود برابر صفراست.
۳. همزمان L^2 و L_z^2 هردو به صفرمنجرشود برابر یک است.
۴. همزمان L^2 و L_z^2 هردو به صفرمنجرشود برابر صفراست.

تعداد سوالات : تستی : ۲۰ **تشریحی :** ۴ | **زمان آزمون (دقیقه) : تستی :** ۶۰ **تشریحی :** ۶۰ | **سری سوال :** ۱ یک

عنـــوان درس: مکانیک کوانتومی ۲

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

۷- الکترونی در میدان کولنی یک پروتون در حالتی است که با تابع موج $\psi_{nlm} = \frac{۱}{\sqrt{۶}}(\psi_{۱,۰,۰} + ۲\psi_{۲,۱,۰} + \psi_{۲,۰,۰})$ توصیف می شود. اگر $E_۱$ انرژی حالت پایه باشد د ر اینصورت مقدار چشمداشتی انرژی برابر است با:

۱. $E_۱$ ۲. $\frac{۱}{۲}E_۱$ ۳. $\frac{۹}{۲۴}E_۱$ ۴. $\frac{۱}{۴}E_۱$

۸- تابع موج یک اتم هیدروژن گونه برابراست با : $Nr^۲e^{\frac{-zr}{۳a_۰}}\sin^۲\theta\cos^۲\theta\, e^{۲i\varphi}$

ویژه مقدار L_z و انرژی به ترتیب برابر است با:

۱. $۲\hbar$, $\frac{E_۱}{۴}$ ۲. $۲\hbar$, $\frac{E_۱}{۹}$ ۳. $۳\hbar$, $\frac{E_۱}{۴}$ ۴. $۳\hbar$, $\frac{E_۱}{۳}$

۹- تعداد ماکزیمم های دامنه احتمال تابع موج شعاعی اتم هیدروژن برای $\psi_{۳,۱,۰}$ کدام است ؟

۱. ۱ ۲. ۲ ۳. ۳ ۴. ۴

۱۰- تابع حالت ذره ای با بار e که تحت تاثیر پتانسیل برداری $\vec{A}(X)$ برابر با $\psi(x)$ می باشد ، بعد از تبدیل پیمانه ای $\vec{A}(X) \to \vec{A}(X) + X\,\hat{i}$ این تابع حالت به چه صورتی تبدیل خواهد شد؟

۱. $\psi(X)$ ۲. $\frac{-iex}{e\hbar c}\psi(X)$ ۳. $\frac{-iex^۲}{e\hbar c}\psi(X)$ ۴. $\frac{-iex^۲}{e۲\hbar c}\psi(X)$

۱۱- دستگاهی از ذرات با بار e واسپین $\frac{۱}{۲}$ در میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B} = B_۰\hat{K}$ قرار می گیرد. مقدار چشمداشتی عملگر S_z کدام است؟

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

۱۲- دوذره بدون اسپین با اندازه حرکت زاویه ای $L_۱ = ۱$ و $L_۲ = ۳$ رادرنظربگیرید .مجموع تعداد حالات ممکن برای اندازه حرکت زاویه ای کل برابر است با :

۱. ۲۱ ۲. ۹ ۳. ۸ ۴. ۵

تعداد سوالات : تستی : ۲۰ **تشریحی :** ۴ | **زمان آزمون (دقیقه) : تستی :** ۶۰ **تشریحی :** ۶۰ | **سری سوال :** ۱ یک

عنـــوان درس: مکانیک کوانتومی ۲

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

۱۳- دوذره با اسپین $\frac{۱}{۲}$ که اسپین آنها با عملگرهای $S_۱$ و $S_۲$ نمایش داده می شوند رادر نظر بگیرید . عملگر $A = S_{۱Z} S_{۲Z}$ تعریف شده است .اگرسیستم دو ذره ای در حالت یکتایی باشند $(S = ۰)$ کدام یک از حالت های زیر بیانگر $AXSingLet$ است ؟

۱. صفر
۲. $\frac{\sqrt{۲}}{۴} h^۲ x \sin glet$
۳. $\frac{h^۲}{۴} x \sin glet$
۴. $\frac{h^۲}{۴} x \sin glet$

۱۴- اثرعملگر $(J+L)(J-L)$ بر روی حالت $\psi_{j=l+۱,m_j}$ کدام است؟(L عملگر اندازه حرکت مداری و J عملگر اندازه حرکت کل است)

۱. $۲(l-۱)\hbar^۲$
۲. $۲(۲l-۱)\hbar^۲$
۳. $۲(l+۱)\hbar^۲$
۴. $۲(۲l+۱)\hbar^۲$

۱۵- در اثر اشتارک مرتبه اول برای حالت $n = ۲$ اتم هیدروژن، کدام گزینه درست است؟

۱. این اختلال موجب شکافتگی ترازها نمی شود.
۲. این اختلال موجب شکافتگی همه ترازها می شود.
۳. این اختلال ترازهای $m = ۰$ راتغییر نمی دهد وموجب شکافتگی ترازهای با $m = \pm ۱$ میشود.
۴. این اختلال ترازهای $m = \pm ۱$ راتغییر نمی دهد وموجب شکافتگی ترازهای با $m = ۰$میشود.

۱۶- اثرات نسبیتی واسپین مدار در اتم هیدروژن واقعی ، تراز $n = ۲$ رابه چند تراز تجزیه می کند؟

۱. ۱
۲. ۲
۳. ۳
۴. ۴

۱۷- در اتم هیدروژن واقعی اختلال انرژی ناشی از کدامیک از گزینه ها ، مستقل از اسپین الکترون است؟.

۱. اسپین مدار
۲. نابهنجار زیمن
۳. نسبیتی
۴. ساختار فوق ریز

۱۸- در اتم هیدروژن اگر اسپین هسته I واسپین کل الکترون وهسته F باشد ویژه مقدار $\frac{S.I}{\hbar^۲}$ برای حالت $F = I + \frac{۱}{۲}$ برابر است با :

۱. $\frac{I}{۲}$
۲. I
۳. $۲I$
۴. $\frac{(I+۱)}{۲}$

تعداد سوالات : تستی : ۲۰ **تشریحی :** ۴ | **زمان آزمون (دقیقه) : تستی :** ۶۰ **تشریحی :** ۶۰ | **سری سوال :** ۱ یک

عنـــوان درس: مکانیک کوانتومی ۲

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

۱۹- قسمت اسپینی تابع موج اتم هلیوم در حالت پایه ، کدامیک از توابع زیر است؟

۱. $\chi_{+}^{1}\chi_{+}^{2}$

۲. $\chi_{-}^{1}\chi_{-}^{2}$

۳. $\frac{1}{\sqrt{2}}(\chi_{+}^{1}\chi_{-}^{2}-\chi_{-}^{1}\chi_{+}^{2})$

۴. $\frac{1}{\sqrt{2}}(\chi_{+}^{1}\chi_{-}^{2}+\chi_{-}^{1}\chi_{+}^{2})$

۲۰- به دلیل حایل سازی (استتار) در اتم هلیوم حضور یکی از الکترونها باعث می شود که اندازه بار خالصی که الکترون دیگر می بیند کاهش یابد. اگر از اصل وردشی ریتز استفاده کنیم بار مؤثر (Z^{*}) کدام است؟

۱. $z-\frac{1}{8}$

۲. $z-1$

۳. $z-\frac{1}{2}$

۴. $z-\frac{5}{16}$

سوالات تشریحی

۱- تابع موج شعاعی اتم هیدروژن به شکل $R_{n,l} \propto r^{l} e^{\frac{-zr}{na_o}}$ است . وقتی به ازای n مفروضی l بیشترین مقدارش را دارد ، ثابت کنید محتمل ترین فاصله الکترون از مرکز اتم برابر است با : $r=\frac{n^{2}a_o}{z}$ (۱.۷۵ نمره)

۲- ذره ای بااسپین یک در نظربگیرید. الف) ویژه بردار عملگر S_x متناظر با ویژه مقدار $+\hbar$ را بدست آورید. (۱.۷۵ نمره)

ب) اگر تابع حالت ذره با $\psi=\frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix}1\\1\\0\end{bmatrix}e^{i\omega t}$ (که در آن t زمان و ω عدد ثابتی است) توصیف شود ،

احتمال آنکه در لحظه t ، مقدار اسپین ذره در راستای x برابر $+\hbar$ باشد چقدر است ؟

راهنمایی : $S_x=\frac{\hbar}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix}0&1&0\\1&0&1\\0&1&0\end{bmatrix}$

تعداد سوالات : تستی : ۲۰ **تشریحی :** ۴ | **زمان آزمون (دقیقه) : تستی :** ۶۰ **تشریحی :** ۶۰ | **سری سوال :** ۱ یک

عنـــوان درس: مکانیک کوانتومی ۲

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

۳- جابجایی انرژی مرتبه اول و مرتبه دوم نوسانگر هماهنگ یک بعدی را محاسبه کنید ، در صورتیکه اختلال $V = \lambda x$ به هامیلتونی $H = \frac{۱}{۲m}P^۲ + \frac{۱}{۲}m\omega^۲x^۲$ افزوده شود. ۱.۷۵ نمره

(راهنمایی :

$$x = \sqrt{\frac{\hbar}{۲m\omega}}(A + A^\dagger) \quad , \quad A|n> = \sqrt{n}\ |n-۱> \ , \ A^\dagger\ |n> = \sqrt{n+۱}\ |n+۱>$$

$$E_n = (n + \frac{۱}{۲})\hbar\omega$$

۴- $v(r) = \frac{۱}{۲}m\omega^۲r^۲$ اگر جفت شدگی اسپین مدار برای ذره ای به جرم m واسپین S که در پتانسیل $V(r)$ حرکت می کند به صورت $H_{so} = \frac{۱}{۲m^۲c^۲}\vec{S}.\vec{L}\ \frac{۱}{r}\frac{dv(r)}{dr}$ باشد، اثراین جفت شدگی را بر طیف نوسانگر هماهنگ سه بعدی بدست اورید. ۱.۷۵ نمره

راهنمایی : $v(r) = \frac{۱}{۲}m\omega^۲r^۲$