

تعداد سوالات: تستی: ۲۰ تشریحی: ۴  
زمان آزمون (دقیقه): تستی: ۶۰ تشریحی: ۹۰

پیام نور  
دانشجویان  
خبرگزاری  
PNUNA.COM  
PNU News Agency



نام درس: مکانیک کوانتومی ۱  
رشته تحصیلی / کد درس: فیزیک (کلیه گرایشها) ۱۳۰۴۱

مجاز است.

استفاده از:

کد سری سؤال: یک (۱)

امام خمینی (ره): این محرم و صفر است که اسلام را زنده نگه داشته است.

۱. نور فرابنفش با طول موج  $3500$  آنگستروم به سطح پتاسیم می‌تابد. بیشینه انرژی فوتوالکترون‌ها  $1.6eV$  است. تابع کار

پتاسیم چند الکترون ولت می‌باشد؟  $hc = 1240 nm.eV$

الف.  $1.25$  ب.  $1.5$  ج.  $1.95$  د.  $2.1$

۲. فوتونی با انرژی  $200$  کیلو الکترون ولت با الکترونی ساکن برخورد می‌کند و با زاویه  $90^\circ$  درجه نسبت به راستای اولیه

پراکنده می‌شود. انرژی فوتون پس از برخورد تقریباً چند کیلو الکترون ولت است؟  $m_e c^2 = 0.51 MeV$

الف.  $33$  ب.  $143$  ج.  $83$  د.  $100$

۳. هامیلتونی نوسانگر هماهنگ یک بعدی به صورت  $H = \frac{p^2}{2m} + \frac{1}{2} m \omega^2 x^2$  می‌باشد با استفاده از اصل عدم قطعیت انرژی

حالت پایه نوسانگر برابر است با:

الف. صفر ب.  $\frac{3}{2} \hbar \omega$  ج.  $\frac{1}{2} \hbar \omega$  د.  $\hbar \omega$

۴. طول موج وابسته به ذره‌ای به جرم  $33$  گرم و سرعت  $\frac{m}{s}$  تقریباً چند متر است؟ ( $h = 6.6 \times 10^{-34} J.s$ )

الف.  $4 \times 10^{-23}$  ب.  $4 \times 10^{-33}$  ج.  $4 \times 10^{-36}$  د.  $4 \times 10^{-29}$

۵. ذره‌ای در پتانسیل یک بعدی  $V(x) = \begin{cases} 0 & x < 0 \\ V_0 & x > 0 \end{cases}$  قرار دارد کدامیک از گزینه‌های زیر جواب معادله شرودینگر برای

$x > 0$  می‌باشد اگر انرژی ذره کمتر از ارتفاع سد پتانسیل باشد ( $0 < E < V_0$ ):

الف.  $k^2 = \frac{2mE}{\hbar^2}, U(x) = Ae^{-ikx}$  ب.  $k^2 = \frac{2mE}{\hbar^2}, U(x) = Ae^{-kx}$

ج.  $k^2 = \frac{2m(E - V_0)}{\hbar^2}, U(x) = Ae^{+ikx}$  د.  $k^2 = \frac{2m(V_0 - E)}{\hbar^2}, U(x) = Ae^{-kx}$

تعداد سوالات: تستی: ۲۰ تشریحی: ۴  
زمان آزمون (دقیقه): تستی: ۶۰ تشریحی: ۹۰

پیام نور  
دانشجویان  
خبرگزاری  
PNUNA.COM  
PNU News Agency



نام درس: مکانیک کوانتومی ۱  
رشته تحصیلی / کد درس: فیزیک (کلیه گرایشها) ۱۳۰۴۱

مجاز است.

استفاده از:

کد سری سؤال: یک (۱)

۶. اگر  $B, A$  دو عملگر مستقل از هم باشند، شرط اینکه  $B, A$  ویژه تابع همزمان داشته باشند کدام است؟

الف.  $A \cdot B = 0$     ب.  $[A, B] \neq 0$     ج.  $[A, B] = 0$     د.  $\{A, B\} = 0$

۷. انرژی کدام یک از سیستم‌های یک بعدی زیر دارای واگنی است؟

الف. ذره آزاد    ب. ذره محبوس در جعبه

ج. نوسانگر هماهنگ یک بعدی    د. ذره در یک چاه دیراک دوگانه

۸. تابع موج ذره آزاد در فضای یک بعدی مکان به صورت بسته موجی است که بارابطه  
$$\Psi(x) = \left(\frac{2am}{\pi\hbar}\right)^{\frac{1}{4}} e^{-\frac{amx^2}{\hbar}}$$

توصیف می‌شود. مقدار انتظاری اندازه حرکت خطی  $\langle p \rangle$  ذره کدام است؟

الف. صفر    ب.  $\frac{\hbar a}{2} \sqrt{\frac{a}{\pi}}$     ج.  $\sqrt{\frac{\pi}{a}}$     د.  $\frac{\hbar}{\sqrt{a}}$

۹. نیوتن نشان داده است که سرعت فاز  $V_{ph}$  امواج دریا با طول موج  $\lambda$  در رابطه  $V_{ph} = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}}$  صدق می‌کند. ( $g$  شتاب

گرانشی) سرعت گروه این موج‌ها چقدر است؟

الف.  $V_{ph}$     ب.  $2V_{ph}$     ج.  $\frac{1}{2}V_{ph}$     د.  $\frac{3}{2}V_{ph}$

۱۰. تابع موج یک سیستم کوانتومی به صورت زیر داده شده است:

$$\Psi(x) = C\{2U_1(x) + \sqrt{5}U_2(x) + 4U_3(x)\}$$

که در آن  $U_n(x)$  ویژه توابع عملگر هامیلتونی و  $C$  یک مقدار ثابت است. احتمال اینکه اندازه‌گیری انرژی منجر به مقدار

$E_2$  شود چقدر است؟

الف. صفر    ب.  $\frac{16}{25}$     ج.  $\frac{4}{25}$     د.  $\frac{1}{5}$

تعداد سوالات: تستی: ۲۰ تشریحی: ۴  
زمان آزمون (دقیقه): تستی: ۶۰ تشریحی: ۹۰

پیام نور  
دانشجویان  
خبرگزاری  
PNUNA.COM  
PNU News Agency



نام درس: مکانیک کوانتومی ۱  
رشته تحصیلی / کد درس: فیزیک (کلیه گرایشها) ۱۳۰۴۱

مجاز است.

استفاده از:

کد سری سؤال: یک (۱)

۱۱. ذره ای را در نظر بگیرید که تابع موج آن بصورت زیر است. مقدار ثابت  $A$  چقدر باشد تا  $\psi(x)$ ، تابع موجی بهنجار شده

$$\psi(x) = \begin{cases} Axe^{-\alpha x} & x > 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases} \text{ باشد؟}$$

الف.  $2\sqrt{\alpha}$       ب.  $2\alpha\sqrt{\alpha}$       ج.  $\frac{2}{\sqrt{\alpha}}$       د.  $4\alpha^3$

۱۲. مقدار چشم داشتی  $\langle p^2 \rangle$  برای حالت پایه ذره محبوس در جعبه بطول  $a$  برابر است با:

الف.  $\frac{\hbar^2 \pi^2}{a^2}$       ب.  $\frac{\hbar^2 \pi^2}{2a^2}$       ج.  $\frac{\hbar^2 \pi^2}{ma^2}$       د.  $\frac{\hbar^2 \pi^2}{2ma^2}$

۱۳. پتانسیل  $V(x)$  یک تابع زوج است. کدام گزینه در مورد ویژه توابع انرژی ذره در این پتانسیل درست است؟

الف. حتماً حقیقی اند      ب. حتماً همه زوج اند      ج. حتماً همه فردند.      د. توابع زوج و فرد امکان پذیرند

۱۴. تابع موج ذره‌ای به جرم  $m$  در یک بعد به صورت:  $\psi(x, t) = \{Ae^{ikx} + Be^{-ikx}\} e^{\frac{ip^2 t}{2m\hbar}}$  است. چگالی جریان احتمال

متناظر با این موج کدام است؟ ( $B, A$  اعداد ثابت مختلطی هستند)

الف.  $\frac{\hbar k}{m} (|A|^2 - |B|^2) \cos(\frac{p^2 t}{2m\hbar})$       ب.  $\frac{\hbar k}{m} (|A|^2 + |B|^2)$   
ج.  $\frac{\hbar k}{m} (|A|^2 - |B|^2)$       د.  $\frac{\hbar k}{m} (|A|^2 - |B|^2) \sin(\frac{p^2 t}{2m\hbar})$

۱۵. کدام گزینه در مورد عملگر هرمیتی  $A$  درست نمی‌باشد؟

الف.  $A = A^\dagger$       ب.  $\langle \psi | A | \psi \rangle = \langle \psi | A | \psi \rangle^*$

ج. ویژه حالت‌های  $A$  توابعی حقیقی هستند.      د. ویژه مقادیر  $A$  حقیقی می‌باشد.

تعداد سوالات: تستی: ۲۰ تشریحی: ۴  
 زمان آزمون (دقیقه): تستی: ۶۰ تشریحی: ۹۰

پیام نور  
 خبرگزاری دانشجویان  
**PNUNA.COM**  
 PNU News Agency



نام درس: مکانیک کوانتومی ۱  
 رشته تحصیلی / کد درس: فیزیک (کلیه گرایشها) ۱۳۰۴۱

مجاز است.

استفاده از:

کُد سری سؤال: یک (۱)

۱۶. فرض کنید تابع موج  $\psi(x, t)$  در معادله موج شرودینگر  $i\hbar \frac{\partial \psi(x, t)}{\partial t} = H\psi(x, t)$  صدق می‌کند. در چه حالت

$\psi(x, t)$  حالت پایا نامیده می‌شود؟

الف. پتانسیل وابسته به زمان نباشد. ب.  $V(x) \neq 0$ .

ج.  $V(x) = 0$ . د. پتانسیل وابسته به زمان باشد.

۱۷. نره ای در یک بعد تحت پتانسیل  $V(x) = \lambda \delta(x)$  قرار دارد که در آن  $\lambda$  مقداری ثابت است کدام گزینه درست است؟ ( $\delta(x)$  تابع دلتای دیراک)

الف. تابع موج و مشتق آن در تمام نقاط ناپیوسته است.

ب. تابع موج و مشتق آن در  $x = 0$  ناپیوسته است.

ج. تابع موج و مشتق آن در  $x = 0$  پیوسته است.

د. تابع موج در  $x = 0$  پیوسته ولی مشتق آن ناپیوسته است.

۱۸. سه بوزون باجرم‌های یکسان داریم. اگر انرژی حالت پایه یکی از آنها  $E_0$  باشد، در اینصورت انرژی اولین حالت برانگیخته این مجموعه ۳ بوزون کدام است؟

الف.  $E_0$  ب.  $3E_0$  ج.  $6E_0$  د.  $3 \frac{E_0}{2}$

۱۹. برای یک نوسانگر هارمونیک در تراز  $n = 3$ ، مقدار  $\Delta p \Delta x$  عبارتست از:

الف.  $\frac{\hbar}{2}$  ب.  $3 \frac{\hbar}{2}$  ج.  $\frac{\hbar}{2}$  د.  $\frac{\sqrt{3}\hbar}{2}$

تعداد سوالات: تستی: ۲۰ تشریحی: ۴  
زمان آزمون (دقیقه): تستی: ۶۰ تشریحی: ۹۰

پیام نور  
دانشجویان  
خبرگزاری  
PNUNA.COM  
PNU News Agency



نام درس: مکانیک کوانتومی ۱  
رشته تحصیلی / کد درس: فیزیک (کلیه گرایشها) ۱۳۰۴۱

مجاز است.

استفاده از:

کُد سری سؤال: یک (۱)

۲۰. الکترونی در داخل یک چاه پتانسیل (سه بعدی) مکعبی غیر قابل نفوذ به ضلع  $L$  حرکت می‌کند و انرژی کل آن برابر با،

$$E_1 = \frac{\pi^2 \hbar^2}{2mL^2}$$

است که در آن  $E_1$  مرتبه واگنی این تراز انرژی کدام است؟

- الف. ۳      ب. ۶      ج. ۱      د. ۲

سوالات تشریحی

۱. فرض کنید که  $\psi(x) = Ae^{-\frac{x^2}{2d}}$  تابع موج ذره‌ای می‌باشد: (نمره ۲/۲۵)

الف. ضریب  $A$  را محاسبه کنید.

ب. رابطه عدم قطعیت  $\Delta x \Delta p \geq \hbar$  را برای این تابع موج بررسی کنید:

۲. ذره‌ای به جرم  $m$  در چاه پتانسیل یک بعدی نامتناهی که دیواره‌های آن در  $x = 0$  ,  $x = a$  است، قرار دارد. تابع حالت

به‌نحار شده این ذره به صورت زیر است: (نمره ۱/۷۵)

$$\psi(x) = \frac{2}{\sqrt{va}} \sin \frac{\pi x}{a} + \sqrt{\frac{6}{va}} \sin \frac{2\pi x}{a} + \frac{2}{\sqrt{va}} \sin \frac{3\pi x}{a}$$

الف. اگر انرژی اندازه‌گیری شود چه مقادیری و با چه احتمالی ممکن است به دست آید؟

ب. مقدار انتظاری انرژی ذره برای این تابع موج چقدر است؟

ج. تابع موج را در زمان  $t$  ( $\psi(x, t)$ ) بنویسید.

۳. نوسانگر هماهنگ یک بعدی با هامیلتونی  $H = \frac{p^2}{2m} + \frac{1}{2} m \omega^2 x^2$  را در نظر بگیرید. با استفاده از تصویر هایزنبرگ ثابت

کنید که: (نمره ۱/۵)

$$p(t) = p_0 \cos \omega t - m \omega x(0) \sin \omega t$$

$$x(t) = x(0) \cos \omega t + \frac{p(0)}{m \omega} \sin \omega t$$

تعداد سوالات: تستی: ۲۰ تشریحی: ۴  
زمان آزمون (دقیقه): تستی: ۶۰ تشریحی: ۹۰

پیام نور  
دانشجویان  
خبرگزاری  
PNUNA.COM  
PNU News Agency



نام درس: مکانیک کوانتومی ۱  
رشته تحصیلی / کد درس: فیزیک (کلیه گرایشها) ۱۳۰۴۱

مجاز است.

استفاده از:

کد سری سؤال: یک (۱)

۴. دو الکترون را در چاه پتانسیل بی نهایت در نظر بگیرید که حالت اسپینی یکسانی دارند ( $\sigma_1 = \sigma_2$ ): (۱/۵ نمره)

الف. ویژه تابع و مقدار انرژی حالت پایه این دو الکترون را بدست آورید.

ب. ویژه تابع دومین حالت برانگیخته آن را تعیین کنید.

توضیح: دیوارهای چاه پتانسیل بین  $x = a, x = 0$  قرار دارد.

\*\* فرمولهای مورد نیاز:

$$\left( \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\alpha x^2} dx = \sqrt{\frac{\pi}{\alpha}} \right)$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} x^{2i} e^{-\alpha x^2} dx = \frac{1 \times 3 \times \dots \times (2i-1)}{2^i \alpha^i} \sqrt{\frac{\pi}{\alpha}}$$