

کد کنترل

474

A

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه متمم کز) – سال ۱۴۰۰

دفترچه شماره (۱)

صبح جمعه

۹۹/۱۲/۱۵



اگر دانشگاه اصلاح شود مملکت اصلاح می شود.
امام خمینی (ره)

جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
سازمان سنجش آموزش کشور

رشته فیزیک – (کد ۲۲۳۸)

مدت پاسخ‌گویی: ۱۵۰ دقیقه

تعداد سؤال: ۴۵

عنوان مواد امتحانی، تعداد و شماره سوالات

ردیف	مواد امتحانی	تعداد سؤال	از شماره	تا شماره
۱	مجموعه دروس تخصصی: – مکانیک کوانتومی و مکانیک کوانتومی پیشرفته – الکترومغناطیس و الکترودینامیک – ترمودینامیک و مکانیک آماری پیشرفته ۱	۴۵	۱	۴۵

استفاده از ماشین حساب مجاز نیست.

این آزمون نمره منفی دارد.

حق جاب، تکثیر و انتشار سوالات به هر روش (الکترونیکی و...) پس از برگزاری آزمون، برای تمامی اشخاص حقیقی و حقوقی تنها با مجوز این سازمان مجاز می‌باشد و با متخلفین برابر مقررات و قنار می‌شود.

پی اچ دی تست؛ نخستین وب سایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۲

474A

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌مت مرکز) – کد (۲۲۳۸)

* داوطلب گرامی، عدم درج مشخصات و امضا در مندرجات جدول ذیل، بهمنزله عدم حضور شما در جلسه آزمون است.

اینجانب با شماره داوطلبی با آگاهی کامل، یکسان بودن شماره صندلی خود را با شماره داوطلبی مندرج در بالای کارت ورود به جلسه، بالای پاسخ‌نامه و دفترچه سؤالات، نوع و کد کنترل درج شده بر روی دفترچه سؤالات و پائین پاسخ‌نامه‌ام را تأیید می‌نمایم.

امضا:

-۱ پرتویی از اتم‌های خنثی (از لحاظ الکتریکی) از دستگاه آزمایش اشtern - گرلاخ عبور می‌کند. روی صفحه آشکارساز پنج خط دیده می‌شود. J تکانه زاویه‌ای کل این اتم‌ها کدام است؟

(۱) ۲

(۲) ۳

(۳) $\frac{3}{2}$

(۴) $\frac{5}{2}$

-۲ هامیلتونی یک سیستم در سه بعد $\mathbf{H} = \frac{\hat{\mathbf{p}}_x^2 + \hat{\mathbf{p}}_y^2 + \hat{\mathbf{p}}_z^2}{2m} + \frac{1}{2} m\omega^2 (\hat{x}^2 + \hat{y}^2 + \hat{z}^2) - m\omega^2 \mathbf{x}_0 \cdot \hat{\mathbf{x}}$ است که m ، ω و \mathbf{x}_0 مقادیر ثابت حقیقی و ψ ‌ها ویژه‌حالات‌های هامیلتونی هستند. کدام رابطه در مورد این سیستم نادرست است؟

$$\langle \psi_n | \hat{x} | \psi_n \rangle = x_0 \quad (1)$$

$$\langle \psi_n | \hat{p}_x + \hat{p}_y + \hat{p}_z | \psi_n \rangle = 0 \quad (2)$$

$$\langle \psi_n | \hat{p}_x | \psi_n \rangle = 0 \quad (3)$$

$$\langle \psi_n | \hat{x} + \hat{y} + \hat{z} | \psi_n \rangle = 0 \quad (4)$$

-۳ نیروی $\vec{F}(\vec{r}) = -\vec{\nabla} V(\vec{r})$ به ذرهای به جرم m وارد می‌شود. اگر تابع موج این ذره در فضای تکانه در معادله صدق کند که a ضریب ثابت مثبتی است، نیروی $\vec{F}(\vec{r})$ کدام است؟

$$-\frac{a\hbar^2}{2} |\vec{r}| \vec{r} \quad (1)$$

$$\frac{2a}{\hbar^2} \vec{r} \quad (2)$$

$$\frac{a\hbar^2}{2} |\vec{r}| \vec{r} \quad (3)$$

$$-\frac{2a}{\hbar^2} \vec{r} \quad (4)$$

پی اچ دی تست؛ نخستین وب سایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۳

474A

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌مت مرکز) – کد (۲۲۳۸)

- ۴ تابع موج بهنگار یک نوسانگر هماهنگ ساده یک بعدی به صورت $\psi(x) = A\psi_0(x) + B\psi_1(x)$ است که توابع بهنگار $\psi_0(x)$ و $\psi_1(x)$ به ترتیب حالت پایه و اولین حالت برانگیخته‌ی این نوسانگرند. به ازای چه مقادیری از A و B مقدار میانگین عملگر مکان \hat{x} بیشینه است؟ (A و B ضرایب حقیقی‌اند.)

$$A = 0, \quad B = 1 \quad (1)$$

$$A = 1, \quad B = 0 \quad (2)$$

$$A = B = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (3)$$

$$A = \frac{1}{2}, \quad B = \frac{\sqrt{3}}{2} \quad (4)$$

- ۵ ذره‌ای به جرم m تحت تاثیر پتانسیل یک‌بعدی $V(x) = bV_0\delta(x) + \frac{m\omega^2}{2}x^2$ حرکت می‌کند، که V_0 و b مقادیر ثابت مثبتی هستند. برای گذار این ذره از حالت برانگیخته دوم به حالت برانگیخته سوم چه مقدار انرژی لازم است؟

$$\hbar\omega \quad (1)$$

$$2\hbar\omega \quad (2)$$

$$1/5\hbar\omega \quad (3)$$

$$0.5\hbar\omega \quad (4)$$

- ۶ بردار حالت $\langle \psi |$ ویژه‌حالات مشترک عملگر خطی A و عملگر پاریته π است. اگر A و π با یکدیگر پادجایه‌جا شوند (A $\pi + \pi A = 0$) حاصل کدام است؟

$$0 \quad (1)$$

$$|\psi\rangle \quad (2)$$

$$-\langle \psi | \quad (3)$$

$$\frac{1}{2}|\psi\rangle \quad (4)$$

- ۷ عملگر دوران حول محور y به اندازه زاویه θ یعنی عملگر $d(\theta) = e^{-i\theta J_y} = J_y^{\theta}$ در فضای هیلبرتی که شرط J_y^{θ} برقرار است، به چه شکلی در می‌آید؟

$$\cos\theta J_y + i\sin\theta J_y^\theta \quad (1)$$

$$1 + (\cos\theta - 1)J_y + i\sin\theta J_y^\theta \quad (2)$$

$$\cos\theta J_y - i\sin\theta J_y^\theta \quad (3)$$

$$1 + (\cos\theta - 1)J_y - i\sin\theta J_y^\theta \quad (4)$$

پی اچ دی تست؛ نخستین وب سایت تخصصی آزمون دکتری

- ۸ برای ذرهی آزاد، در تصویر هایزنبرگ حاصل ضرب عدم قطعیت مکان ذره در لحظه $t = 0$ در عدم قطعیت مکان ذره در لحظه دلخواه $t > 0$ یعنی کمیت $\sigma = \langle (\Delta x_i)_t^2 \rangle - \langle (\Delta x_i)_0^2 \rangle$ در کدام رابطه صدق می‌کند؟

$$\sigma \geq \frac{\hbar t}{2m} \quad (1)$$

$$\sigma \leq \frac{\hbar^2 t^2}{\lambda m^2} \quad (2)$$

$$\sigma \geq \frac{\hbar^2 t^2}{4m^2} \quad (3)$$

$$\sigma \leq \frac{\hbar t}{m} \quad (4)$$

- ۹ اگر U عملگر تحول زمانی شروдинگری، بالاتویس H نشان‌گر دیدگاه هایزنبرگی و بالاتویس S نشان‌گر دیدگاه شروдинگری باشد، کدام دسته از چهار گزاره‌های زیر درست هستند؟

الف) در دیدگاه هایزنبرگی پایه‌های فضای هیلبرت در طول زمان با عملگر U^{-1} متحول می‌شوند.

ب) در دیدگاه شروдинگری پایه‌های مکان یا تکانه در فضای هیلبرت در طول زمان ثابت هستند.

- ج) اگر $A^{(H)}$ مشاهده‌پذیری در دیدگاه هایزنبرگی و $\{|\alpha_i, 0\rangle\}$ ویژه‌حالتهای آن در لحظه $t = 0$ با ویژه‌مقادیر α_i باشند، حالتهای $\{U^\dagger |\alpha_i, 0\rangle\}$ نیز ویژه‌حالتهای همان عملگر در لحظه دلخواه $t > 0$ با همان ویژه‌مقادیر هستند.

د) در دیدگاه شروдинگری، یک مشاهده‌پذیر تابع زمان همواره دارای ویژه‌مقادیری مستقل از زمان است.

(۱) الف، ب و ج

(۲) ب، ج و د

(۳) فقط الف و ب

(۴) فقط ب و د

- ۱۰ انرژی‌های یک سامانه چهار ترازه به ترتیب $E_4 = -5/5 \text{ eV}$ ، $E_3 = -4 \text{ eV}$ ، $E_2 = -9 \text{ eV}$ ، $E_1 = -14 \text{ eV}$ و $A_{32} = 1/3 \times 10^8 \text{ s}^{-1}$ و $A_{21} = 7 \times 10^7 \text{ s}^{-1}$ است. اگر آهنگ گذار از تراز سوم به ترازهای اول و دوم به ترتیب $A_{43} = 3 \times 10^8 \text{ s}^{-1}$ باشد، طول عمر تابشی تراز سوم چند ثانیه است؟

$$2/0 \times 10^{-9} \quad (1)$$

$$4/5 \times 10^{-8} \quad (2)$$

$$1/0 \times 10^{-8} \quad (3)$$

$$5/0 \times 10^{-9} \quad (4)$$

پی اچ دی تست؛ نخستین وب سایت تخصصی آزمون دکتری

- ۱۱- یک مولکول دو اتمی مت Shankل از دو اتم با جرم یکسان M و فاصله‌ی D از یکدیگر حول محور تقارن عمود بر \vec{D} دوران می‌کند. اختلاف انرژی دو خط متواالی در طیف تابشی دورانی این مولکول کدام است؟

$$\frac{\hbar^2 J}{2MD^2} \quad (1)$$

$$\frac{2\hbar^2 J}{MD^2} \quad (2)$$

$$\frac{J(J+1)\hbar^2}{2MD^2} \quad (3)$$

$$\frac{2(J+1)\hbar^2}{MD^2} \quad (4)$$

- ۱۲- انرژی پتانسیل الکترونی که در فاصله X از سطح آزاد یک مایع هیدروژن قرار دارد به شکل

$$V(x) = \begin{cases} -\frac{\lambda}{x} & x > 0 \\ \infty & x \leq 0 \end{cases}$$

- الکتریکی ثابت $\hat{E} = E_0$ روش شود و الکترون فقط بتواند در راستای X حرکت کند، انرژی حالت پایه الکترون تا مرتبه‌ی اول از E_0 کدام است؟

$$(a_0 = \frac{\hbar^2}{me^2}, R_{1,0}(r) = \frac{\chi(r)}{r} = \frac{2}{a_0^{3/2}} e^{-r/a_0}) \text{ است که}$$

$$-\frac{m_e \lambda^2}{2\hbar^2} - \frac{2\hbar^2 e E_0}{4m_e \lambda} \quad (1)$$

$$-\frac{m_e \lambda^2}{2\hbar^2} + \frac{2\hbar^2 e E_0}{2m_e \lambda} \quad (2)$$

$$-\frac{m_e \lambda^2}{\hbar^2} + \frac{\hbar^2 e E_0}{2m_e \lambda} \quad (3)$$

$$-\frac{m_e \lambda^2}{\hbar^2} - \frac{2\hbar^2 e E_0}{3m_e \lambda} \quad (4)$$

پی اچ دی تست؛ نخستین وب سایت تخصصی آزمون دکتری

- ۱۳- بنابر داده‌های تجربی سه نوع نوترینو v_e , v_μ و v_τ در طبیعت وجود دارد که جرم ناچیزی دارند و در طول زمان این نوترینوها به یکدیگر تبدیل می‌شوند. در فضای هیلبرتی که پایه آن به ترتیب از سه حالت نوترینوی

$$H = \begin{pmatrix} m_0 c^2 & \hbar\omega & \hbar\omega \\ \hbar\omega & m_0 c^2 & \hbar\omega \\ \hbar\omega & \hbar\omega & m_0 c^2 \end{pmatrix}$$

نامبرده در بالا تشکیل شده است، هامیلتونی حاکم بر این رویداد به شکل

است. m_0 و ω مقادیر ثابت مثبتی هستند. E_i ها، ویژه مقدارهای این هامیلتونی، کدامند؟

$$E_1 = m_0 c^2 + \hbar\omega, E_2 = m_0 c^2 - \hbar\omega, E_3 = m_0 c^2 + 3\hbar\omega \quad (1)$$

$$E_1 = E_2 = m_0 c^2 + \hbar\omega, E_3 = m_0 c^2 - 2\hbar\omega \quad (2)$$

$$E_1 = E_2 = m_0 c^2 - \hbar\omega, E_3 = m_0 c^2 + 2\hbar\omega \quad (3)$$

$$E_1 = m_0 c^2 - 2\hbar\omega, E_2 = m_0 c^2 - \hbar\omega, E_3 = m_0 c^2 - 3\hbar\omega \quad (4)$$

- ۱۴- در سوال ۱۳ اگر در لحظه $t=0$ یک نوترینو v_e به وجود آمده باشد، احتمال آن که این نوترینو در زمان دلخواه

$t > 0$ به نوترینو v_μ تبدیل شود، چقدر است؟

$$\frac{1}{9}(1 - \cos 2\omega t) \quad (1)$$

$$\frac{2}{9}(1 - \cos 3\omega t) \quad (2)$$

$$\frac{2}{3}(1 - \cos 4\omega t) \quad (3)$$

$$\frac{1}{3}(1 - \cos \omega t) \quad (4)$$

- ۱۵- ذره‌ای به جرم m و انرژی V_0 از پتانسیل کروی $V(r) = V_0 e^{-\lambda r^2}$ به طور کشسان پراکنده می‌شود.

V_0 و λ مقادیر ثابت مثبتی هستند. سطح مقطع دیفرانسیلی پراکندگی در تقریب اول بورن کدام است؟ (زاویه پراکندگی است).

$$\frac{\pi m^2 V_0^2}{4\hbar^4 \lambda^3} \exp\left(-\frac{2k^2 \sin^2(\theta/2)}{\lambda}\right) \quad (1)$$

$$\frac{m^2 V_0^2}{2\hbar^4 \lambda^3} \exp\left(-\frac{k^2 \sin^2(\theta/2)}{2\lambda}\right) \quad (2)$$

$$\frac{\pi m^2 V_0^2}{4\hbar^4 \lambda^3} \exp\left(-\frac{2k^2 \sin^2 \theta}{\lambda}\right) \quad (3)$$

$$\frac{m^2 V_0^2}{2\hbar^4 \lambda^3} \exp\left(-\frac{k^2 \sin^2 \theta}{2\lambda}\right) \quad (4)$$

پی اچ دی تست؛ نخستین وب سایت تخصصی آزمون دکتری

- ۱۶- بار الکتریکی به صورت سطحی با چگالی $\sigma(r, \theta)$ روی نیم‌صفحه نامتناهی $\varphi = \varphi_0$ توزیع شده است که مختصات کروی یک نقطه در فضا است. معادله پواسون برای پتانسیل الکتریکی $\Phi(r, \theta, \varphi)$ کدام است؟

$$\nabla^2 \Phi(r, \theta, \varphi) = -\frac{\sigma(r, \theta)}{2\pi\epsilon_0} \frac{\delta(\varphi - \varphi_0)}{r^2 \sin\theta} \quad (1)$$

$$\nabla^2 \Phi(r, \theta, \varphi) = -\frac{\sigma(r, \theta)}{\epsilon_0} \frac{\delta(\varphi - \varphi_0)}{r \sin\theta} \quad (2)$$

$$\nabla^2 \Phi(r, \theta, \varphi) = -\frac{\sigma(r, \theta)}{2\pi\epsilon_0} \frac{\delta(\varphi - \varphi_0)}{r^2 \sin\theta} \quad (3)$$

$$\nabla^2 \Phi(r, \theta, \varphi) = -\frac{\sigma(r, \theta)}{\epsilon_0} \delta(\varphi - \varphi_0) \quad (4)$$

- ۱۷- یک پوسته کروی فرضی به مرکز O و شعاع R در فضایی که در آن بار الکتریکی ساکن وجود دارد در نظر بگیرید. اگر Φ_s پتانسیل الکتریکی متوسط روی سطح این پوسته و Φ_0 پتانسیل الکتریکی در مرکز این پوسته باشد، کدام عبارت همواره درست است؟ (Q_{in} بار الکتریکی خالص داخل پوسته و Q_{out} بار الکتریکی خالص خارج پوسته است).

(۱) اگر بار الکتریکی داخل پوسته وجود نداشته باشد $\Phi_0 = \bar{\Phi}_s$.

(۲) اگر بار الکتریکی داخل پوسته وجود نداشته باشد $\Phi_0 = \bar{\Phi}_s / 4\pi$.

(۳) اگر $\bar{\Phi}_s = Q_{in} / 4\pi\epsilon_0 R$ و $Q_{out} = Q_{in}$ در این صورت $\Phi_0 \neq 0$.

(۴) اگر $\bar{\Phi}_s = Q_{out} / 4\pi\epsilon_0 R$ و $Q_{out} \neq Q_{in}$ در این صورت $\Phi_0 \neq 0$.

- ۱۸- پتانسیل الکتریکی در داخل یک ناحیه استوانه‌ای به شعاع R مت Shank از دو نیم پوسته نازک رسانای نامتناهی استوانه‌ای به شعاع R (که محور آن در راستای z است) با شرایط مرزی $\Phi(\rho, \varphi) = \frac{2V_0}{\pi} \tan^{-1} \left(\frac{2\rho R \sin\varphi}{R^2 - \rho^2} \right)$ است. چگالی بار سطحی روی سطح داخلی دو نیم استوانه کدام است؟

$$-\frac{2\epsilon_0 V_0 \sin\varphi}{\pi R} \quad (1)$$

$$-\frac{2\epsilon_0 V_0}{\pi R \sin\varphi} \quad (2)$$

$$\frac{2\epsilon_0 V_0 \sin\varphi}{\pi R} \quad (3)$$

$$\frac{2\epsilon_0 V_0}{\pi R \sin\varphi} \quad (4)$$

پی اچ دی تست؛ نخستین وب سایت تخصصی آزمون دکتری

۱۹- تابع گرین ($G(\vec{x}, \vec{x}')$) مربوط به ناحیه داخلی

$$G(\vec{x}, \vec{x}') = \sum_{\ell=0}^{\infty} \sum_{m=-\ell}^{\ell} \frac{4\pi}{2\ell+1} \left(\frac{r'_<^\ell}{r'_>^{2\ell+1}} - \frac{r'_<^\ell r'_>^\ell}{R^{2\ell+1}} \right) Y_{\ell m}(\theta, \varphi) Y_{\ell m}^*(\theta', \varphi')$$

یک مرز کروی به شعاع R با شرط مرزی دیریشله است. پتانسیل الکتریکی در ناحیه بین یک پوسته کروی عایق به شعاع a با توزیع بار سطحی $\sigma(a, \theta, \varphi)$ و یک پوسته رسانای کروی به شعاع b که در پتانسیل الکتریکی صفر نگه داشته شده کدام است؟ (دو پوسته به صورت هم مرکز قرار گرفته اند و

$$A_{\ell m} = \int_0^{\pi} \int_0^{2\pi} \sigma(a, \theta', \varphi') Y_{\ell m}^*(\theta', \varphi') a^{\ell} d\Omega' \quad \text{و } b > a$$

$$\Phi(\vec{x}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{\ell=0}^{\infty} \sum_{m=-\ell}^{\ell} A_{\ell m} \frac{4\pi}{2\ell+1} \left(\frac{r}{b} \right)^{\ell} \left(\frac{1}{b} - \frac{1}{r} \left(\frac{b}{r} \right)^{\ell} \right) Y_{\ell m}(\theta, \varphi) \quad (1)$$

$$\Phi(\vec{x}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{\ell=0}^{\infty} \sum_{m=-\ell}^{\ell} A_{\ell m} \frac{4\pi}{2\ell+1} \left(\frac{r}{a} \right)^{\ell} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{b} \left(\frac{r}{b} \right)^{\ell} \right) Y_{\ell m}(\theta, \varphi) \quad (2)$$

$$\Phi(\vec{x}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{\ell=0}^{\infty} \sum_{m=-\ell}^{\ell} A_{\ell m} \frac{4\pi}{2\ell+1} \left(\frac{a}{r} \right)^{\ell} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{b} \left(\frac{r}{b} \right)^{\ell} \right) Y_{\ell m}(\theta, \varphi) \quad (3)$$

$$\Phi(\vec{x}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{\ell=0}^{\infty} \sum_{m=-\ell}^{\ell} A_{\ell m} \frac{4\pi}{2\ell+1} \left(\frac{a}{b} \right)^{\ell} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r} \left(\frac{b}{r} \right)^{\ell} \right) Y_{\ell m}(\theta, \varphi) \quad (4)$$

۲۰- توزیع باری در کل فضا با چگالی $\rho(\vec{x}) = \frac{1}{16} \sqrt{\frac{2}{15\pi}} \frac{e}{a_0^3} \left(\frac{r}{a_0} \right)^3 \exp(-r/a_0) Y_{22}(\theta, \varphi)$ وجود دارد. اگر در

هر نقطه پتانسیل الکتریکی را به صورت $\Phi(\vec{x})$ بنویسیم،

$$\Phi(\vec{x}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{\ell=0}^{\infty} \sum_{m=-\ell}^{\ell} \frac{4\pi}{2\ell+1} q_{\ell m} \frac{Y_{\ell m}(\theta, \varphi)}{r^{\ell+1}}$$

ضریب‌های $q_{\ell m}$ کدام‌اند؟ (a_0 مقدار ثابتی است).

$$q_{\ell m} = 45 \sqrt{\frac{2}{15\pi}} e a_0^{\ell} \delta_{\ell 2} \delta_{m 2} \quad (1)$$

$$q_{\ell m} = 315 \sqrt{\frac{2}{15\pi}} e a_0^{\ell} \delta_{\ell 2} \delta_{m 2} \quad (2)$$

$$q_{\ell m} = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{2}{15\pi}} e a_0^{\ell} \delta_{\ell 3} \delta_{m 2} \quad (3)$$

$$q_{\ell m} = \frac{15}{2} \sqrt{\frac{2}{15\pi}} e a_0^{\ell} \delta_{\ell 3} \delta_{m 2} \quad (4)$$

پی اچ دی تست؛ نخستین وب سایت تخصصی آزمون دکتری

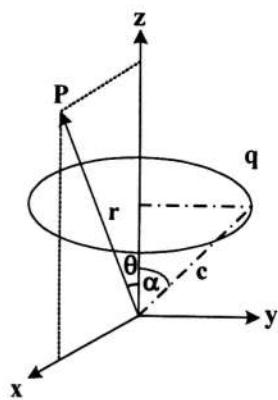
صفحه ۹

474A

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌مت مرکز) - کد (۲۲۳۸)

- ۲۱ - کدام گزینه نادرست است؟

- (۱) برای هر توزیع بار دلخواه، تعداد عناصر دکارتی مستقل تانسور 2^{ℓ} قطبی الکتریکی برابر $2^{\ell} + 1$ است.
 - (۲) رد تانسور Q_{ij} ، تانسور چهارقطبی الکتریکی دکارتی، برای هر توزیع بار دلخواه صفر است.
 - (۳) برای یک توزیع بار دلخواه، ممان‌های چند قطبی الکتریکی دکارتی مرتبه ℓ مستقل از مبدأ مختصات‌اند.
 - (۴) برای هر توزیع بار دلخواه، تانسور دکارتی 2^{ℓ} قطبی الکتریکی نسبت به تعویض هر دو اندیس دلخواه متقارن است.
- ۲۲ - مرکز یک حلقه دایره‌ای مطابق شکل زیر روی محور z و صفحه حلقه موازی صفحه $x-y$ است. شعاع حلقه $c \sin \alpha$ است و بار الکتریکی q به طور یکنواخت روی آن توزیع شده است. در نقطه P واقع در صفحه $x-z$ با مختصات کروی (r, θ) پتانسیل الکتریکی کدام است؟ (۱) $r_<$ (۲) $r_>$ (۳) طول بزرگتر (کوچک‌تر) بین r و c است.



$$\Phi(r, \theta) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \sum_{\ell=0}^{\infty} \left(\frac{r_>^\ell}{r_<^{\ell+1}} \right) P_\ell(\cos \alpha) P_\ell(\cos \theta) \quad (1)$$

$$\Phi(r, \theta) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \sum_{\ell=0}^{\infty} \left(\frac{r_<^\ell}{r_>^{\ell+1}} \right) P_\ell(\cos \alpha) P_\ell(\cos \theta) \quad (2)$$

$$\Phi(r, \theta) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \sum_{\ell=0}^{\infty} \left(\frac{r_>^\ell}{r_<^{\ell+1}} - \frac{r_<^\ell}{a^{\ell+1}} \right) P_{\ell+1}(\cos \alpha) P_\ell(\cos \theta) \quad (3)$$

$$\Phi(r, \theta) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \sum_{\ell=0}^{\infty} \left(\frac{r_>^\ell}{a^{\ell+1}} - \frac{r_<^\ell r_>^\ell}{a^{2\ell+1}} \right) P_{\ell+1}(\cos \alpha) P_\ell(\cos \theta) \quad (4)$$

پی اچ دی تست؛ نخستین وب سایت تخصصی آزمون دکتری

- ۲۳- یک کره دیالکتریک خطی و همسانگرد به شعاع R و ثابت دیالکتریک K در هوا (با ثابت دیالکتریک تقریبی $K_{air} = 1$) در حضور میدان الکتریکی ثابت خارجی $\vec{E}_o \hat{z}$ در نظر بگیرید. میدان الکتریکی در نقاط خارج از کره معادل مجموع میدان الکتریکی \vec{E}_o و میدان الکتریکی یک دوقطبی با ممان دوقطبی \vec{p} است. اندازه بردار \vec{p} کدام است؟

$$4\pi\epsilon_0 \left(\frac{K-1}{K+3} \right) E_o R^3 \quad (1)$$

$$4\pi\epsilon_0 \left(\frac{K-1}{2K+1} \right) E_o R^3 \quad (2)$$

$$4\pi\epsilon_0 \left(\frac{K-1}{3K+1} \right) E_o R^3 \quad (3)$$

$$4\pi\epsilon_0 \left(\frac{K-1}{K+2} \right) E_o R^3 \quad (4)$$

- ۲۴- پتانسیل نرده‌ای مغناطیسی در نقطه \vec{x} داخل و خارج کره‌ای به شعاع R با مغناطش یکنواخت در مختصات کروی کدام است؟

$$\Phi_M(\vec{x}) = \frac{1}{3} M_o R^2 \frac{r_\leq}{r_\geq} P_2(\cos\theta) \quad (1)$$

$$\Phi_M(\vec{x}) = \frac{1}{3} M_o R^2 \frac{r_\geq}{r_\leq} P_1(\cos\theta) \quad (2)$$

$$\Phi_M(\vec{x}) = \frac{1}{3} M_o R^2 \frac{r_\leq}{r_\geq} P_1(\cos\theta) \quad (3)$$

$$\Phi_M(\vec{x}) = \frac{1}{3} M_o R^2 \frac{r_\geq}{r_\leq} P_2(\cos\theta) \quad (4)$$

- ۲۵- یک سیم‌لوله استوانه‌ای نامتناهی به شعاع R که در واحد طول آن n دور سیم حامل جریان I وجود دارد در نظر بگیرید. در مختصات استوانه‌ای که محور z آن منطبق بر محور سیم‌لوله است پتانسیل برداری در داخل و خارج سیم‌لوله کدام است؟ (ρ فاصله یک نقطه از محور z و ϕ بردار یکه در مختصات استوانه‌ای است. $\rho < \rho_o$ طول بزرگتر (کوچک‌تر) بین ρ و R است).

$$\mu_o n I R \left(\frac{\rho_o}{\rho} \right) \hat{\phi} \quad (1)$$

$$\frac{1}{2} \mu_o n I R \left(\frac{\rho_o}{\rho} \right) \hat{\phi} \quad (2)$$

$$\mu_o n I R \left(\frac{\rho_o}{\rho} \right) \hat{\phi} \quad (3)$$

$$\frac{1}{2} \mu_o n I R \left(\frac{\rho_o}{\rho} \right) \hat{\phi} \quad (4)$$

پی اچ دی تست؛ نخستین وب سایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۱۱

474A

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌تممرکز) – کد (۲۲۳۸)

۲۶- اگر $F^{\mu\nu}$ تانسور میدان الکترومغناطیسی باشد، حاصل عبارت $\sum_{\mu=0}^3 \sum_{\nu=0}^3 F^{\mu\nu} F_{\mu\nu}$ متناسب با کدام کمیت

است؟ (۱)

$$E^2 - B^2 \quad (1)$$

$$E^2 + B^2 \quad (2)$$

$$\vec{E} \times \vec{B} \quad (3)$$

$$(\vec{E} \times \vec{B}) \cdot (\vec{E} \times \vec{B}) \quad (4)$$

۲۷- یک موج الکترومغناطیسی تخت که در جهت \hat{z} منتشر می‌شود از ناحیه $z < 0$ که عایق و دارای ضریب شکست n_1 است به صورت عمود وارد ناحیه $z > 0$ که عایق و دارای ضریب شکست n_2 است، می‌شود. ضریب عبور کدام است؟

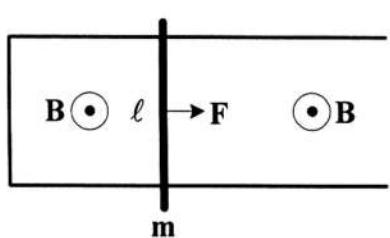
$$\left(\frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} \right)^2 \quad (1)$$

$$\frac{4n_1 n_2}{(n_1 + n_2)^2} \quad (2)$$

$$\frac{2n_2}{n_1 + n_2} \quad (3)$$

$$\frac{2n_1}{n_1 + n_2} \quad (4)$$

۲۸- سیمی به جرم m و طول ℓ می‌تواند بدون اصطکاک روی ریل افقی U شکل رسانای بدون اصطکاکی بلغزد. از لحظه $t = 0$ سیم تحت تاثیر نیروی ثابت F که همواره به صورت افقی به آن وارد می‌شود از حالت سکون شروع به حرکت می‌کند. اگر مطابق شکل زیر میدان مغناطیسی یکنواخت \bar{B} عمود بر صفحه ریل اعمال شود، جریان القایی گذرنده از سیم کدام است؟ (مقاومت الکتریکی سیم را R فرض کنید و از مقاومت الکتریکی ریل و خود القایی سیم صرف نظر کنید).



$$\frac{FB\ell}{mR} t \exp\left(-\frac{B^2\ell^2}{mR}t\right) \quad (1)$$

$$\frac{F}{B\ell} \left[1 - \cos\left(\frac{B^2\ell^2}{mR}t\right) \right] \quad (2)$$

$$\frac{F}{B\ell} \left[1 - \exp\left(-\frac{B^2\ell^2}{mR}t\right) \right] \quad (3)$$

$$\frac{FB\ell}{mR} t \quad (4)$$

پی اچ دی تست؛ نخستین وب سایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۱۲

474A

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌مت مرکز) – کد (۲۲۳۸)

- ۲۹- در ناحیه بین دو پوسته استوانه‌ای هم محور نامتناهی به شعاع‌های a و b ($b > a$) میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی $\hat{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi\rho} \hat{\phi}$ و $\hat{E} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0\rho} \hat{z}$ ایجاد شده است. محور z منطبق بر محور مشترک استوانه‌ها و بردارهای یکه در مختصات استوانه‌ای هستند. مقدار تکانه خطی الکترومغناطیسی ذخیره شده در واحد طول استوانه برای فضای میان دو پوسته کدام است؟

$$\frac{\mu_0 \lambda I}{8\pi} \ln\left(\frac{b}{a}\right) \quad (1)$$

$$\frac{\mu_0 \lambda I}{2\pi} \ln\left(\frac{b}{a}\right) \quad (2)$$

$$\frac{\mu_0 \lambda I}{8\pi} \left[\frac{b}{a} - \ln\left(\frac{b}{a}\right) \right] \quad (3)$$

$$\frac{\mu_0 \lambda I}{2\pi\epsilon_0} \left[\frac{b}{a} - \ln\left(\frac{b}{a}\right) \right] \quad (4)$$

- ۳۰- \vec{E} و \vec{B} به ترتیب بردارهای میدان الکتریکی و مغناطیسی در چارچوب مرجع S اند. از دید ناظری در چارچوب مرجع S' که با سرعت $\vec{v}' = \vec{v}/c$ نسبت به S در حرکت است، میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی \vec{E}' و \vec{B}' چه رابطه‌ای با \vec{E} و \vec{B} دارند؟

$$\vec{B}' = \gamma(\vec{B} + \vec{\beta} \times \vec{E}) - \frac{\gamma^2}{\gamma+1}(\vec{\beta} \cdot \vec{B})\vec{\beta} \quad \text{و} \quad \vec{E}' = \gamma(\vec{E} - \vec{\beta} \times \vec{B}) - \frac{\gamma^2}{\gamma+1}(\vec{\beta} \cdot \vec{E})\vec{\beta} \quad (1)$$

$$\vec{B}' = \gamma(\vec{B} + \vec{\beta} \times \vec{E}) - \frac{\gamma^2}{\gamma+1}(\vec{\beta} \cdot \vec{B})\vec{\beta} \quad \text{و} \quad \vec{E}' = \gamma(\vec{E} + \vec{\beta} \times \vec{B}) - \frac{\gamma^2}{\gamma+1}(\vec{\beta} \cdot \vec{E})\vec{\beta} \quad (2)$$

$$\vec{B}' = \gamma(\vec{B} - \vec{\beta} \times \vec{E}) - \frac{\gamma^2}{\gamma+1}(\vec{\beta} \cdot \vec{B})\vec{\beta} \quad \text{و} \quad \vec{E}' = \gamma(\vec{E} - \vec{\beta} \times \vec{B}) - \frac{\gamma^2}{\gamma+1}(\vec{\beta} \cdot \vec{E})\vec{\beta} \quad (3)$$

$$\vec{B}' = \gamma(\vec{B} - \vec{\beta} \times \vec{E}) - \frac{\gamma^2}{\gamma+1}(\vec{\beta} \cdot \vec{B})\vec{\beta} \quad \text{و} \quad \vec{E}' = \gamma(\vec{E} - \vec{\beta} \times \vec{B}) - \frac{\gamma^2}{\gamma+1}(\vec{\beta} \cdot \vec{E})\vec{\beta} \quad (4)$$

- ۳۱- شرایط پایداری حالت تعادل ترمودینامیکی یک سیستم کدام است؟ (C_V گرمای ویژه در حجم ثابت، C_P گرمای ویژه در فشار ثابت، κ_T ضریب فشردگی در دمای ثابت و κ_S ضریب فشردگی در آنتروپی ثابت هستند).

$$\kappa_T \geq \kappa_S \geq 0, \quad C_P \geq C_V \geq 0 \quad (1)$$

$$\kappa_S \geq \kappa_T \geq 0, \quad C_P \geq C_V \geq 0 \quad (2)$$

$$0 \geq \kappa_T \geq \kappa_S, \quad 0 \leq C_P \leq C_V \quad (3)$$

$$0 \geq \kappa_S \geq \kappa_T, \quad 0 \leq C_V \leq C_P \quad (4)$$

پی اچ دی تست؛ نخستین وب سایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۱۳

474A

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌مت مرکز) – کد (۲۲۳۸)

- ۳۲- یک میله مغناطیسی با حجم $2m^3$ در دمای ثابت $6K$ قرار دارد. میدان مغناطیسی خارجی H به آرامی از مقدار صفر تا $10^8 \frac{A}{m}$ افزایش می‌یابد. اگر رفتار مغناطیسی میله براساس معادله کوری و ضرب کوری برابر $K = 5 \times 10^{-9} A$

باشد، مقدار کار انجام شده روی میله در این فرایند تقریباً چند ژول است؟

(۱) ۲/۶۲

(۲) ۰/۵۲

(۳) ۱/۰۴

(۴) ۵/۲۴

- ۳۳- سیستمی متشكل از N اتم در نظر بگیرید که هر اتم دارای ممان مغناطیسی ذاتی μ است. در حضور میدان مغناطیسی خارجی H ممان مغناطیسی القایی در این سیستم به شکل $M = N\mu(\coth \theta - \theta^{-1})$ است که

$$\mu = \frac{H}{(k_B T)} . \quad (۱)$$

$$\frac{N\mu^2 H}{2k_B T^2} \quad (۲)$$

$$\frac{N\mu^2 H}{2k_B T^2} \quad (۳)$$

$$\frac{N\mu^2}{2k_B T} \quad (۴)$$

- ۳۴- معادله حالت ماده‌ای به شکل $P(v-b) \exp(a/(RTv)) = RT$ است، که P ، T و v به ترتیب فشار، دما و حجم مولی ماده و R ، a و b ضریب‌های ثابت مثبتی هستند. فشار و دمای بحرانی این ماده کدام است؟

$$P_c = \frac{a}{2e^2 b^2} , \quad T_c = \frac{a}{2Rb} \quad (۱)$$

$$P_c = \frac{a}{4b^2} , \quad T_c = \frac{a}{4Rb} \quad (۲)$$

$$P_c = \frac{a}{2b^2} , \quad T_c = \frac{a}{2Rb} \quad (۳)$$

$$P_c = \frac{a}{4e^2 b^2} , \quad T_c = \frac{a}{4Rb} \quad (۴)$$

پی اچ دی تست؛ نخستین وب سایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۱۴

474A

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌مت مرکز) - کد (۲۲۳۸)

- ۳۵- انرژی داخلی یک گاز معین با معادله تجربی $U = aT + bP$ داده می‌شود، که P و T به ترتیب فشار و دمای گاز و a و b ضریب‌های ثابت مثبتی هستند. ضریب انبساط حجمی در فشار ثابت گاز برابر $\frac{1}{T}$ و ضریب فشردگی در

دمای ثابت آن برابر $\frac{1}{P}$ است. ظرفیت گرمایی گاز در حجم ثابت کدام است؟

$$C_V = b - \frac{aP}{T} \quad (1)$$

$$C_V = a + \frac{bP}{T} \quad (2)$$

$$C_V = a - \frac{bP}{T} \quad (3)$$

$$C_V = b + \frac{aP}{T} \quad (4)$$

- ۳۶- اگر P فشار، V حجم، T دما، β ضریب انبساط حجمی در فشار ثابت و κ ضریب فشردگی در دمای ثابت یک ماده باشند، کدام رابطه همواره درست است؟

$$\left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_V = -\frac{\beta}{\kappa} \quad (1)$$

$$\left(\frac{\partial \beta}{\partial P} \right)_T = \left(\frac{\partial \kappa}{\partial T} \right)_P \quad (2)$$

$$\left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_V = \frac{\kappa}{\beta} \quad (3)$$

$$\left(\frac{\partial \beta}{\partial P} \right)_T = -\left(\frac{\partial \kappa}{\partial T} \right)_P \quad (4)$$

- ۳۷- در محدوده‌ای از دما، فشار بخار آب تابعی از دما به شکل $P = \kappa \exp\left(\frac{A+BT}{C+DT}\right)$ است که A و B ، C و D مقادیر ثابتی هستند. اگر حجم ویژه مایع ناچیز و بخار را بتوان گازی کامل در نظر گرفت، گرمای نهان تبخیر چگونه تابعی از دما است؟ (R ثابت عمومی گازها است).

$$R(BC - AD)(T / (C + DT))^\gamma \quad (1)$$

$$RT(BC - AD)(A + BT)^\gamma / (C + DT)^\gamma \quad (2)$$

$$R(BC + AD)(T / (C + DT))^\gamma \quad (3)$$

$$RT(BC + AD)(A + BT)^\gamma / (C + DT)^\gamma \quad (4)$$

پی اچ دی تست؛ نخستین وب سایت تخصصی آزمون دکتری

- ۳۸- در اتم هلیم تفاوت انرژی میان حالت پایه (حالت S_1^1) و اولین حالت برانگیخته (حالت S_1^3) برابر $1/6 \times 10^5 \text{ cm}^{-1}$ است. در دمای $K = 6000$ نسبت تعداد اتم‌های هلیم در حالت S_1^3 به حالت S_1^1 به کدام عدد

$$(k_B = 1/4 \times 10^{-23} \text{ J/K})$$

$$e^{-5} \quad (1)$$

$$e^{-6} \quad (2)$$

$$e^{-4} \quad (3)$$

$$e^{-3} \quad (4)$$

- ۳۹- گاز الکترونی آزاد غیرنسبیتی با تعداد N الکترون در حجم V و انرژی شیمیایی μ با تابع توزیع

$$\langle n_\varepsilon \rangle = \left(\frac{1 + e^{\beta(\varepsilon - \mu)}}{k_B T} \right)^{-1}$$

مقدار μ در دمای صفر مطلق کدام است؟

$$\frac{h^3}{m_e} \left(\frac{3}{4\pi} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{V}{N} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

$$\frac{h^3}{2m_e} \left(\frac{3}{8\pi} \right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{V}{N} \right)^{\frac{5}{3}} \quad (2)$$

$$\frac{h^3}{2m_e} \left(\frac{3}{8\pi} \right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{V}{N} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (3)$$

$$\frac{h^3}{m_e} \left(\frac{3}{4\pi} \right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{V}{N} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (4)$$

- ۴۰- کدام عبارت در مورد a_2 ضریب ویریال دوم برای یک گاز فرمیونی ایده‌آل و یک گاز بوزونی ایده‌آل درست است؟

$$\frac{P}{k_B T} = \sum_{\ell=1}^{\infty} a_\ell n^\ell \quad (\text{بسط ویریال به شکل})$$

(۱) برای گاز فرمیونی $a_2 < 0$ و برای گاز بوزونی $a_2 > 0$ است.

(۲) برای هر دو نوع گاز $a_2 < 0$ است.

(۳) برای هر دو نوع گاز $a_2 > 0$ است.

(۴) برای گاز فرمیونی $a_2 > 0$ و برای گاز بوزونی $a_2 < 0$ است.

پی اچ دی تست؛ نخستین وب سایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۱۶

474A

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌مت مرکز) - کد (۲۲۳۸)

- ۴۱ - تابع پارش کانونی بزرگ یک گاز الکترونی با حجم V و دمای T در حضور میدان مغناطیسی ثابت B توسط Z

$$\ln Z = \frac{zVeB}{\hbar^3 c} \left(\frac{mk_B T}{32\pi} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\sinh \frac{e\hbar B}{mk_B T} \right)^{-1}$$

رابطه

$$x = \frac{e\hbar B}{mk_B T} \quad \lambda^2 = \left(\frac{2\pi\hbar^2}{mk_B T} \right)$$

(x فوگاسیته گاز، است.)

$$\frac{zV}{\lambda^3} \left(\frac{e\hbar}{mc} \right) \left(\cosh x - x \frac{\cosh x}{\sinh^2 x} \right) \quad (1)$$

$$\frac{zV}{\lambda^3} \left(\frac{e\hbar}{mc} \right) \left(\frac{1}{\cosh x} - x \frac{\cosh x}{\sinh^2 x} \right) \quad (2)$$

$$\frac{zV}{\lambda^3} \left(\frac{e\hbar}{mc} \right) \left(\frac{1}{\sinh x} - x \frac{\cosh x}{\sinh^2 x} \right) \quad (3)$$

$$\frac{zV}{\lambda^3} \left(\frac{e\hbar}{mc} \right) \left(\sinh x - \frac{\cosh x}{\sinh^2 x} \right) \quad (4)$$

- ۴۲ - کدام عبارت در مورد $C_V(N, T)$ گرمای ویژه در حجم ثابت یک گاز ایده‌آل فرمیونی و یک گاز ایده‌آل بوزونی برای تمام مقادیر N و T درست است؟ (N تعداد ذرات گاز و T دمای آن است).

(۱) در دو بعد و در حد غیرنسبیتی، گرمای ویژه این دو گاز با هم برابر است.

(۲) در یک بعد و در حد غیرنسبیتی، گرمای ویژه این دو گاز با هم برابر است.

(۳) در دو بعد و در حد فوق نسبیتی، گرمای ویژه گاز فرمیونی دو برابر گاز بوزونی است.

(۴) در یک بعد و در حد فوق نسبیتی، گرمای ویژه گاز بوزونی دو برابر گاز فرمیونی است.

- ۴۳ - در دماهای بسیار پایین (نزدیک صفر مطلق)، تابعیت دمایی گرمای ویژه در حجم ثابت ${}^3\text{He}$ و ${}^4\text{He}$ به ترتیب از راست به چپ چگونه است؟

T^3, T^2 (۱)

T, T^3 (۲)

T, T^2 (۳)

T, T (۴)

پی اچ دی تست؛ نخستین وب سایت تخصصی آزمون دکتری

- ۴۴- سیستمی متشکل از N ذره کلاسیکی غیریکسان در سه بعد در دمای T در نظر بگیرید. هامیلتونی این سیستم

$$H = \sum_{i=1}^N A_i |\vec{p}_i|^s + B_i |\vec{q}_i|^t$$

مشخصه ذره i ام و s و t عددهای صحیح مثبتی هستند. سیستم در دمای T قرار دارد. انرژی متوسط این سیستم کدام است؟

$$\frac{3N}{4} (s^{\frac{1}{s}} + t^{\frac{1}{t}}) k_B T \quad (1)$$

$$\frac{3N}{4} \left(\frac{1}{s^{\frac{1}{s}}} + \frac{1}{t^{\frac{1}{t}}} \right) k_B T \quad (2)$$

$$\frac{3N}{4} \left(\frac{1}{s} + \frac{1}{t} \right) k_B T \quad (3)$$

$$\frac{3N}{4} (s + t) k_B T \quad (4)$$

- ۴۵- گازی متشکل از N ذره آزاد با انرژی داخلی E ظرفی به حجم V را پر کرده است. آنتروپی سیستم توسط رابطه

$$\lambda = \left(\frac{3\pi\hbar^2}{m} \right)^{\frac{3}{2}}$$

$$S(E, V, N) = Nk_B \left\{ \frac{5}{2} - \ln \left[\lambda N^{\frac{5}{2}} V^{-\frac{3}{2}} E^{-\frac{3}{2}} \right] \right\}$$

هلمهولتز این گاز $F(T, V, N)$ کدام است؟

$$\frac{3}{2} Nk_B T \{ \ln [\lambda N / V] + 1 \} \quad (1)$$

$$Nk_B T \{ \ln [\lambda N / V] - 1 \} \quad (2)$$

$$\frac{3}{2} Nk_B T \left\{ -\ln \left[\lambda (N/V)^{\frac{1}{2}} \right] + 1 \right\} \quad (3)$$

$$Nk_B T \left\{ \ln \left[\lambda (N/V)^{\frac{1}{2}} \right] - 1 \right\} \quad (4)$$

پی اچ دی تست؛ نخستین وب سایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۱۸

474A

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌مت مرکز) – کد (۲۲۳۸)

آخرین اخبار و اطلاعات آزمون دکتری در وب سایت پی اچ دی تست

پی اچ دی تست؛ نخستین وب سایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۱۹

474A

آزمون ورودی دوره دکتری(نیمه‌مت مرکز) – کد (۲۲۳۸)

آخرین اخبار و اطلاعات آزمون دکتری در وب سایت پی اچ دی تست

پی اچ دی تست؛ نخستین وب سایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۲۰

474A

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌مت مرکز) – کد (۲۲۳۸)