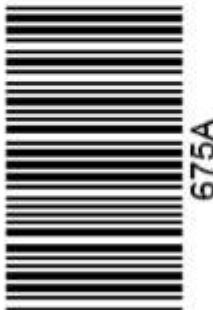


پیاچ دی تست: نخستین وبسایت تخصصی آزمون دکتری

کد کنترل



675

A

صبح جمعه

۹۷/۱۲/۳

دفترچه شماره (۱)



«اگر دانشگاه اصلاح شود مملکت اصلاح می‌شود.»

امام خمینی (ره)

جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

سازمان سنجش آموزش گشوار

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌تمددی) - سال ۱۳۹۸

رشته فیزیک - کد (۲۲۳۸)

مدت پاسخ‌گویی: ۱۵۰ دقیقه

تعداد سوال: ۴۵

عنوان مواد امتحانی، تعداد و شماره سوالات

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

استفاده از ماشین حساب مجاز نیست.

این آزمون نمره منفي دارد.

حق جا به تکثیر و انتشار سوالات به هر روش (الکترونیکی و...) بس از بگزاری آزمون، برای تعامل اشخاص حقیقی و حقوقی تنها با مجوز این سازمان مجاز می‌باشد و با متخلفین برای برقرار رفتار می‌شود.

۱۳۹۸

آخرین اخبار و اطلاعات آزمون دکتری در وبسایت پیاچ دی تست

پیاچدی تست: نخستین وبسایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۲

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌تمام) - کد (۲۲۳۸)

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

..... با شماره داوطلبی در جلسه این آزمون شرکت می‌نمایم.
اینجانب

امضا:

-۱ هامیلتونی یک دستگاه کوانتومی $H = \frac{ch}{\lambda}(\mathbf{a}_0 \mathbf{I} + \vec{\mathbf{a}} \cdot \vec{\sigma})$ است که \mathbf{I} و $(\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z)$ به ترتیب ماتریس واحد و ماتریس‌های پاولی در فضای هیلبرت با بعد ۲ هستند. λ و $\mathbf{a}_0 = (a_x, a_y, a_z)$ ثابت‌اند. اگر این دستگاه گسیل الکترومغناطیسی انجام دهد، طول موج آن چقدر است؟ (h ثابت پلانک و c سرعت نور در خلا است).

$$\frac{\lambda}{2\sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}} \quad (1)$$

$$\frac{\lambda}{\sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}} \quad (2)$$

$$\frac{\lambda a_0}{2\sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}} \quad (3)$$

$$\frac{\lambda a_0}{\sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}} \quad (4)$$

-۲ ذره‌ای به جرم m در چاه پتانسیل یک بعدی $V(x) = \begin{cases} \infty & x < 0 \\ -\frac{\hbar^2}{ma} \delta(x-a) & x \geq 0 \end{cases}$ در نظر بگیرید ($a > 0$). اگر

انرژی حالت مقید را به صورت $E = \frac{-\hbar^2 k^2}{2m}$ نشان دهیم، مقدار k از کدام رابطه به دست می‌آید؟

$$\tan(ka) = \frac{2}{ka} - 1 \quad (1)$$

$$\tanh(ka) = \frac{2}{ka} - 1 \quad (2)$$

$$\tan(ka) = \left(\frac{2}{ka} - 1 \right)^{-1} \quad (3)$$

$$\tanh(ka) = \left(\frac{2}{ka} - 1 \right)^{-1} \quad (4)$$

پیاچدی تست: نخستین وبسایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۳

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌تمام) - کد (۲۲۳۸)

-۳ نمایش عملگر \hat{O} روی حالت $\langle \alpha |$ در فضای مکان به صورت $\langle x' | \alpha \rangle$ است.

مقدار $\langle x' | \hat{O} | x'' \rangle$ با کدام رابطه برابر است؟

$$\left(\frac{2}{(x'-x'')^r} - \frac{1}{(x'-x'')} \right) \delta(x'-x'')$$

$$\left(\frac{1}{(x'-x'')^r} - \frac{1}{(x'-x'')} \right) \delta(x'-x'')$$

$$\left(\frac{2}{(x'-x'')^r} + \frac{1}{(x'-x'')} \right) \delta(x'-x'')$$

$$\left(\frac{1}{(x'-x'')^r} + \frac{1}{(x'-x'')} \right) \delta(x'-x'')$$

-۴ هامیلتونی یک دستگاه کوانتومی در پایه‌های راست هنجار $\{|+\rangle, |-\rangle\}$ به صورت $H = \hbar\omega(|+\rangle\langle+| - i\sqrt{5}|+\rangle\langle-| + i\sqrt{5}|-\rangle\langle+| - 3|-\rangle\langle-|)$ است. در لحظه $t=0$ دستگاه در حالت $|+\rangle$ است احتمال این که این دستگاه در لحظه t در حالت مانای متناظر با ویژه مقدار بزرگ‌تر انرژی باشد، چقدر است؟

$$\frac{11}{36}$$

$$\frac{5}{6}$$

$$\frac{1}{6}$$

$$\frac{25}{36}$$

-۵ هامیلتونی سیستمی مت Shank از دو نوسانگ هماهنگ ساده یک بعدی جفت شده به صورت $H = \frac{P_x^r}{2m} + \frac{P_y^r}{2m} + \frac{1}{2}m\omega^r(x^r + y^r) + \frac{1}{2}m\omega^r xy$ است. انرژی اولین تراز برانگیخته این دستگاه کدام است؟

$$\sqrt{\frac{3}{\lambda}}(1 + \sqrt{2})\hbar\omega$$

$$\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{\lambda}}(1 + \sqrt{3})\hbar\omega$$

$$\sqrt{\frac{3}{\lambda}}(1 + \sqrt{3})\hbar\omega$$

$$\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{\lambda}}(1 + \sqrt{2})\hbar\omega$$

پیاچدی تست: نخستین وبسایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۴

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌تمام) - کد (۲۲۳۸)

-۶ ذره‌ای به جرم m و مقید در چاه پتانسیل یک بعدی $V(x) = -\frac{e^r}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{|x|}$ در محدوده $x < +\infty$ - در نظر بگیرید. در تقریب WKB انرژی حالت پایه کدام گزینه است؟

$$\left(\int_0^1 \frac{\sqrt{1-u}}{\sqrt{u}} du = \frac{\pi}{2} \right)$$

$$-\frac{\lambda m}{\pi \hbar^2} \left(\frac{e^r}{4\pi\epsilon_0} \right)^r \quad (1)$$

$$-\frac{16m}{\pi \hbar^2} \left(\frac{e^r}{4\pi\epsilon_0} \right)^r \quad (2)$$

$$-\frac{16m}{\hbar^2} \left(\frac{e^r}{4\pi\epsilon_0} \right)^r \quad (3)$$

$$-\frac{\lambda m}{\hbar^2} \left(\frac{e^r}{4\pi\epsilon_0} \right)^r \quad (4)$$

-۷ انتشارگر یک ذره بین دو نقطه \vec{x}' , \vec{x}'' به صورت $K(\vec{x}'', \vec{x}'; t - t_0) = \langle \vec{x}'' | e^{-\frac{i(t-t_0)H}{\hbar}} | \vec{x}' \rangle$ تعریف می‌شود.

اگر $T(\vec{\ell}) = e^{-\frac{i\vec{\ell}\cdot\vec{P}}{\hbar}}$ عملگر انتقال و $\vec{\ell}$ برداری دلخواه است، کدام خاصیت برای انتشارگر درست است؟

$$K(\vec{x}'', \vec{x}', t - t_0) = K(-\vec{x}'', -\vec{x}'; t - t_0) \quad (1)$$

$$K(\vec{x}'', \vec{x}', t - t_0) = K(\vec{x}', \vec{x}''; t - t_0) \quad (2)$$

$$K(\vec{x}'', \vec{x}', t - t_0) = K(\vec{x}'' - \vec{x}'; t - t_0) \quad (3)$$

$$K(\vec{x}'', \vec{x}', t - t_0) = K^*(\vec{x}'', \vec{x}'; t - t_0) \quad (4)$$

-۸ کدام ماتریس می‌تواند نمایش ماتریسی یک عملگر دوران در فضای هیلبرت دو بعدی باشد؟ ($\vec{\sigma} = (\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z)$)
ماتریس‌های پاولی، $\vec{a} = \sin\beta \cos\alpha \hat{i} + \sin\beta \sin\alpha \hat{j}$ هر مقدار دلخواهی می‌توانند اختیار کنند.)

$$\frac{\cos\beta + i\vec{\sigma}\cdot\vec{a}}{\sin\beta - i\vec{\sigma}\cdot\vec{a}} \quad (1)$$

$$\cos\beta + i\vec{\sigma}\cdot\vec{a} \quad (2)$$

$$\sin\beta - i\vec{\sigma}\cdot\vec{a} \quad (3)$$

$$\frac{\cos\beta + i\vec{\sigma}\cdot\vec{a}}{\cos\beta - i\vec{\sigma}\cdot\vec{a}} \quad (4)$$

پیاچدی تست: نخستین وبسایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۵

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌تمام) - کد (۲۲۳۸) - ۶۷۵A

-۹ اگر $\hat{D}^{(j=\frac{1}{2})}(\hat{n}, \phi)$ عملگر دوران یک دستگاه کوانتومی حول محور \hat{j} به اندازه زاویه $\sigma_z = +60^\circ$ باشد. دوران یافته حالت $\langle + |$ تحت این عملگر کدام است؟ (\pm | ویژه بردارهای ماتریس پاولی x, y, z و $\hat{i}, \hat{j}, \hat{k}$ بردارهای یکه در جهت محورهای x و y هستند.)

$$\frac{1}{2\sqrt{3}}((\sqrt{2}-i)|+\rangle + 3|-\rangle) \quad (1)$$

$$\frac{1}{2\sqrt{3}}(3|+\rangle + (\sqrt{2}-i)|-\rangle) \quad (2)$$

$$\frac{1}{\sqrt{6}}(\sqrt{2}|+\rangle + (\sqrt{2}+i)|-\rangle) \quad (3)$$

$$\frac{1}{\sqrt{6}}((\sqrt{2}+i)|+\rangle + \sqrt{3}|-\rangle) \quad (4)$$

-۱۰ مجموعه‌ای متشکل از دو ذره هر یک با اسپین یک ($s_1 = 1, s_2 = 1$) در نظر بگیرید. ویژه مقدار \hat{S}_z مجموعه برابر $+h$ است که P_2 احتمال این که اسپین کل مجموعه $s = 2$ و P_1 احتمال

این که اسپین کل آن $s = 1$ باشد، مقدار $\frac{P_2}{P_1}$ کدام است؟

۱ (۱)

$\frac{1}{2} \quad (2)$

$\frac{3}{5} \quad (3)$

$\frac{1}{4} \quad (4)$

-۱۱ اگر ψ_{ℓ}^{j,m_j} ویژه تابع مشترک عملگرهای L_z, J_z, L^z, J^z به ترتیب با ویژه مقادیر $(1, 2, 3, 4)$ درست است.

باشد، کدام عبارت در مورد توابع ϕ_1 و ϕ_2 درست است؟

۱) ϕ_2 ویژه تابع مشترک عملگرهای پاریته و وارونی زمان است.

۲) ϕ_1 ویژه تابع مشترک عملگرهای پاریته و وارونی زمان است.

۳) ϕ_1 و ϕ_2 هر دو ویژه تابع عملگر وارونی زمان هستند اما ϕ_1 ویژه تابع عملگر پاریته نیست.

۴) ϕ_1 و ϕ_2 هر دو ویژه تابع عملگر پاریته هستند اما هیچ یک ویژه تابع عملگر وارونی زمان نیستند.

پیاچدی تست: نخستین وبسایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۶

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌تمام) - کد (۲۲۳۸) - ۶۷۵A

- ۱۲- ذره‌ای به جرم m در چاه پتانسیل نامتناهی یک بعدی $V(x) = \begin{cases} 0 & |x| \leq a \\ \infty & |x| > a \end{cases}$ در نظر بگیرید. با تابع موج آزمون و

$$\Psi(x) = \begin{cases} \frac{\sqrt{(2\lambda+1)(\lambda+1)}}{2\lambda a^{\lambda} \sqrt{a}} (a^{\lambda} - |x|^{\lambda}) & |x| < a \\ 0 & |x| > a \end{cases}$$

بهنجار λ کمینه است؟

$(\lambda > 1)$

$$\lambda = \frac{1}{2}(\sqrt{e} - 1) \quad (1)$$

$$\lambda = \frac{1}{4}(\sqrt{e} + 1) \quad (2)$$

$$\lambda = \frac{1}{2}(\sqrt{e} + 1) \quad (3)$$

$$\lambda = \frac{1}{4}(\sqrt{e} - 1) \quad (4)$$

- ۱۳- اتم هیدروژنی در حالت برانگیخته $|n\ell m\rangle$ توسط میدان الکتریکی یکنواخت \vec{E}_0 مختل می‌شود به طوری که انرژی

$$V(t) = \begin{cases} e\vec{E}_0 \cdot \vec{r} \sin(\omega t) & 0 \leq t \leq T \\ 0 & t < 0, t > T \end{cases}$$

پتانسیل برهمکنش به شکل

به زمان مرتبه اول، گذار به کدام حالت‌های نهایی $\langle n'\ell'm' |$ امکان پذیر است؟ ($\Delta m = m' - m, \Delta \ell = \ell' - \ell$)

$$\Delta m = 0, \pm 1, \quad \Delta \ell = 0 \quad (1)$$

$$\Delta m = 0, \pm 1, \quad \Delta \ell = \pm 1 \quad (2)$$

$$\Delta m = \pm 1, \pm 2, \quad \Delta \ell = 0, \pm 1 \quad (3)$$

$$\Delta m = \pm 1, \pm 2, \quad \Delta \ell = \pm 1, \pm 2 \quad (4)$$

- ۱۴- برتویی از پروتون که جریانی به شدت $A = 5 \times 10^{-9} A$ تولید می‌کند به هدفی از مس برخورد می‌کند. ضخامت هدف

$$\text{چنان است که چگالی سطحی آن } \frac{mg}{cm^2} = 5 \text{ cm}^2 \text{ است. آشکارسازی با مساحت } 5 \text{ cm}^2 \text{ عمود بر پرتوی پراکنده}$$

شده در راستایی معین و به فاصله 20 cm از هدف قرار دارد. اگر در هر ثانیه 10 پروتون توسط آشکارساز شمرده شود، سطح مقطع دیفرانسیلی پراکنده از مس در این راستا چند $\text{cm}^2/\text{atom/steradian}$ است؟

$$4 \times 10^{-6} \quad (1)$$

$$8 \times 10^{-7} \quad (2)$$

$$1/3 \times 10^{-25} \quad (3)$$

$$6.7 \times 10^{-25} \quad (4)$$

پیاچ دی تست: نخستین وبسایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۷

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌تمام) - کد (۲۲۳۸) - ۶۷۵A

۱۵- اگر دامنه پراکندگی ذره‌ای به جرم m از یک چاه پتانسیل کروی به عرض a و عمق V_0 - تا مرتبه اول تقریب بورن

$$f(k, \theta) = -\frac{2mV_0 a}{q^2 \hbar^2} \left[\cos(qa) - \frac{\sin(qa)}{qa} \right]$$

پایین (۱) کدام است؟ $q = 2k \sin \frac{\theta}{2}$ که در آن θ زاویه پراکندگی نسبت به راستای ذره تابشی و

$$E_i = \frac{\hbar^2 k^2}{2m}$$

$$\delta_1 \approx \frac{\hbar^2}{2mV_0 ka^2} \left(1 - \frac{\sin(2ka)}{2ka} \right) \quad (1)$$

$$\delta_2 \approx \frac{2mV_0 ka^2}{\hbar^2} \left(1 - \frac{\sin(2ka)}{2ka} \right) \quad (2)$$

$$\delta_3 \approx \frac{\hbar^2}{2mV_0 ka^2} \left(\cos(2ka) - \frac{\sin(2ka)}{2ka} \right) \quad (3)$$

$$\delta_4 \approx \frac{2mV_0 ka^2}{\hbar^2} \left(\cos(2ka) - \frac{\sin(2ka)}{2ka} \right) \quad (4)$$

۱۶- در ناحیه‌ای از فضا شامل مبدأ مختصات میدان الکتریکی به شکل $\vec{E} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} (1 - e^{-\frac{r}{R}}) \frac{\hat{r}}{r^2}$ وجود دارد که در آن

R و q ثابت و r فاصله از مبدأ مختصات است. بار الکتریکی موجود در پوسته کروی با شعاع داخلی $R_1 = R$ و شعاع خارجی $R_2 = 2R$ کدام است؟ (\hat{r} بردار یکه در امتداد بردار مکان یک نقطه و مرکز پوسته کروی منطبق بر مبدأ مختصات است).

$$q \left(\frac{1}{2} + \frac{\sinh(\circ/\Delta)}{\exp(1/\Delta)} \right) \quad (1)$$

$$q \left(1 + \frac{2\sinh(\circ/\Delta)}{\exp(1/\Delta)} \right) \quad (2)$$

$$\frac{2q \sinh(\circ/\Delta)}{\exp(1/\Delta)} \quad (3)$$

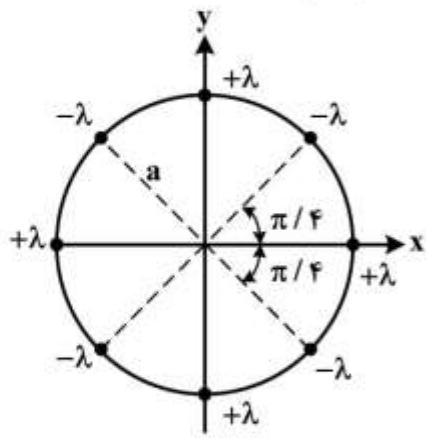
$$\frac{q \sinh(\circ/\Delta)}{\exp(1/\Delta)} \quad (4)$$

پیاچدی تست: نخستین وبسایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۸

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌تمام) - کد (۲۲۳۸) - ۶۷۵A

- ۱۷ خط بار نامتناهی با چگالی بار خطی $+λ$ و $-λ$ -مطابق شکل موزای محور z (محور استوانه‌ای به شعاع a) قرار دارد. کدام رابطه نشان دهنده چگالی حجمی بار این مجموعه در مختصات استوانه‌ای $(ρ, φ, z)$ است؟



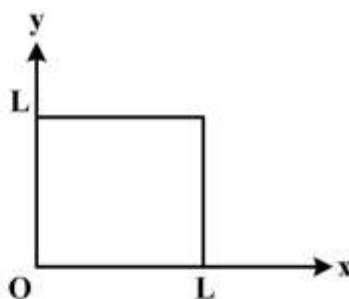
$$\frac{\lambda}{a} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \delta(\rho - a) \delta(\phi - \frac{n\pi}{4}) \quad (1)$$

$$\frac{\lambda}{\pi a} \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \delta(\rho - a) \delta(\phi - \frac{n\pi}{4}) \quad (2)$$

$$\frac{\lambda}{\pi a} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \rho \delta(\rho - a) \delta(\phi - \frac{n\pi}{4}) \quad (3)$$

$$\frac{\lambda}{a} \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \delta(\rho - a) \delta(\phi - n\frac{\pi}{4}) \quad (4)$$

- ۱۸ در شکل زیر مقطع یک چهار وجهی که در امتداد z دارای گسترش نامتناهی است نشان داده شده است. حجم داخل چهار وجهی با بار حجمی با چگالی یکنواخت ρ پر شده و وجود آن در پتانسیل الکتریکی صفر نگه داشته شده‌اند. پتانسیل الکتریکی در نقطه (y, x) داخل چهار وجهی کدام است؟



$$\phi(x, y) = \frac{4\rho L^2}{\pi^2 \epsilon_0} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\sin((2m+1)\pi x/L)}{(2m+1)^2} \left(1 - \frac{\cosh((2m+1)\pi(y-L)/L)}{\cosh((2m+1)\pi y/L)} \right) \quad (1)$$

$$\phi(x, y) = \frac{4\rho L^2}{\pi^2 \epsilon_0} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\sin((2m+1)\pi x/L)}{(2m+1)^2} \left(1 - \frac{\sinh((2m+1)\pi y/L)}{\sinh((2m+1)\pi y)} \right) \quad (2)$$

$$\phi(x, y) = \frac{4\rho L^2}{\pi^2 \epsilon_0} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\sin((2m+1)\pi x/L)}{(2m+1)^2} \frac{\sinh((2m+1)\pi y/L)}{\sinh((2m+1)\pi y)} \quad (3)$$

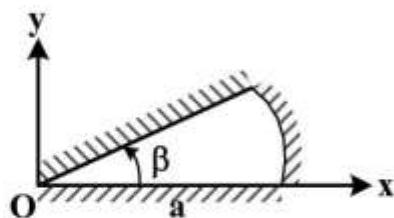
$$\phi(x, y) = \frac{4\rho L^2}{\pi^2 \epsilon_0} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\sin((2m+1)\pi x/L)}{(2m+1)^2} \left(1 - \frac{\cosh((2m+1)\pi(y-L)/L)}{\cosh((2m+1)\pi y/L)} \right) \quad (4)$$

پیاچدی تست: نخستین وبسایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۹

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌تمام) - کد (۲۲۳۸)

- ۱۹ تابع گرین معادله لاپلاس با شرایط مرزی دیریشله در مختصات استوانه‌ای (ρ, φ) در یک مسئله دو بعدی مطابق شکل با مرزهایی در $\rho = a$ و $\varphi = \beta$ کدام است؟ $\rho > a$ و $\varphi < \beta$ به ترتیب اندازه بزرگتر و کوچکتر میان ρ و ρ' هستند.



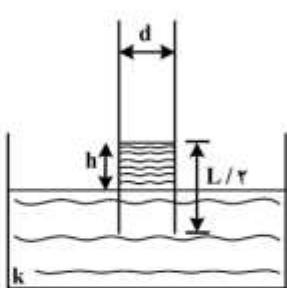
$$G(\rho, \varphi; \rho', \varphi') = \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m} \left(\left(\frac{\rho_<}{\rho_>} \right)^{\frac{\gamma \pi m}{\beta}} - \left(\frac{\rho_> \rho_<}{a^{\gamma}} \right)^{\frac{\gamma \pi m}{\beta}} \right) \sin\left(\frac{\pi m \varphi}{\beta}\right) \sin\left(\frac{m \pi \varphi'}{\beta}\right) \quad (1)$$

$$G(\rho, \varphi; \rho', \varphi') = \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m} \left(\left(\frac{a}{\rho_>} \right)^{\frac{\gamma \pi m}{\beta}} - \left(\frac{\rho_<}{a} \right)^{\frac{\gamma \pi m}{\beta}} \right) \sin\left(\frac{\gamma \pi m \varphi}{\beta}\right) \sin\left(\frac{\gamma m \pi \varphi'}{\beta}\right) \quad (2)$$

$$G(\rho, \varphi; \rho', \varphi') = \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m} \left(\left(\frac{\rho_<}{\rho_>} \right)^{\frac{\pi m}{\beta}} - \left(\frac{\rho_> \rho_<}{a^{\gamma}} \right)^{\frac{\pi m}{\beta}} \right) \sin\left(\frac{\pi m \varphi}{\beta}\right) \sin\left(\frac{m \pi \varphi'}{\beta}\right) \quad (3)$$

$$G(\rho, \varphi; \rho', \varphi') = \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m} \left(\left(\frac{\rho_<}{a} \right)^{\frac{\pi m}{\beta}} - \left(\frac{a}{\rho_>} \right)^{\frac{\pi m}{\beta}} \right) \sin\left(\frac{\gamma \pi m \varphi}{\beta}\right) \sin\left(\frac{\gamma m \pi \varphi'}{\beta}\right) \quad (4)$$

- ۲۰ صفحات یک خازن تخت به شکل مربعی به ضلع L هستند و فاصله دو صفحه از هم برابر d است این خازن تا پتانسیل V_0 شارژ شده و از باطری جدا می‌شود. سپس این خازن به طور عمودی در یک ظرف پر از مایع با ثابت دیکتریک k و چگالی جرمی ρ_m فرو برده می‌شود به‌طوری که این مایع نصف حجم خازن را اشغال می‌کند. ارتفاع مایع درون خازن تا سطح آزاد مایع در ظرف، کدام است؟



$$\frac{4\epsilon_0 V_0^2}{\rho_m g d^2} \left(\frac{k-1}{k+1} \right)^2 \quad (1)$$

$$\frac{4\epsilon_0 V_0^2}{\rho_m g d^2} \frac{(k-1)}{(k+1)^2} \quad (2)$$

$$\frac{4\epsilon_0 V_0^2}{\rho_m g d^2} \left(\frac{k-1}{k+1} \right)^2 \quad (3)$$

$$\frac{4\epsilon_0 V_0^2}{\rho_m g d^2} \frac{(k-1)}{(k+1)^2} \quad (4)$$

پیاچدی تست: نخستین وبسایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۱۰

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌تمام) - کد (۲۲۳۸) - ۶۷۵A

- ۲۱ - در ناحیه‌ای از فضا میدان مغناطیسی ثابت $\vec{B} = B_0 \hat{k}$ موجود است. گره رسانای کامل بدون باری با سرعت غیرنسبیتی $\vec{v} = v \hat{i}$ در این ناحیه در حرکت است. چگالی بار القایی روی سطح این گره کدام است؟ (پتانسیل الکتریکی در خارج از یک پوسته کروی رسانای بدون بار به شعاع a در میدان الکتریکی یکنواخت $E_0 \hat{k}$ به صورت

$$\phi = -E_0 r \cos \theta \left(1 - \frac{a^3}{r^3} \right) + \phi_0$$

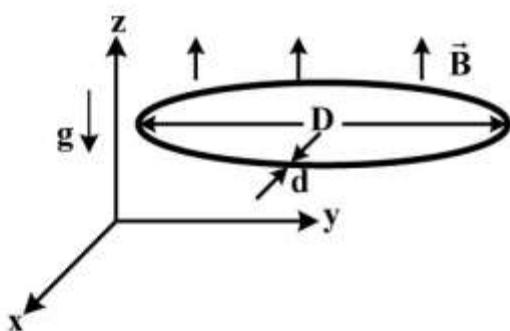
$$2\epsilon_0 B_0 V_0 \cos \theta \quad (1)$$

$$2\epsilon_0 B_0 V_0 \sin \theta \quad (2)$$

$$2\epsilon_0 B_0 V_0 \cos^2 \theta \quad (3)$$

$$2\epsilon_0 B_0 V_0 \sin \theta \cos \theta \quad (4)$$

- ۲۲ - یک حلقه رسانای دایره‌ای شکل از سیمی به قطر d ، مقاومت ویژه ρ و چگالی جرمی ρ_m ساخته شده است. قطر حلقه برابر D است. این حلقه مطابق شکل از ارتفاعی بالای سطح زمین از حالت سکون در میدان مغناطیسی $\vec{B} = B_0 (1 + \alpha z) \hat{k}$ رها می‌شود که α ضریبی ثابت است. صفحه حلقه همواره موازی سطح افق (صفحه xy) است. سرعت حدی این حلقه کدام است؟



$$\frac{\rho_m g d^2}{4 B_0^2 \alpha D^2 \rho} \quad (1)$$

$$\frac{4 B_0^2 \alpha^2 D^2 \rho}{\rho_m g d^2} \quad (2)$$

$$\frac{16 \rho_m \rho g}{B_0^2 \alpha^2 D^2} \quad (3)$$

$$\frac{D^2 B_0^2 \alpha^2}{16 \rho_m \rho g} \quad (4)$$

پیاچدی تست: نخستین وبسایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۱۱

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌تمام) - کد (۲۲۳۸) - ۶۷۵A

- ۲۳- دو پوسته کروی بسیار نازک رسانای هم‌مرکز یکی به شعاع R و دیگری به شعاع $2R$ در نظر بگیرید. روی پوسته داخلی بار Q و روی پوسته خارجی بار $-Q$ توزیع شده است در مرکز دو گره یک دو قطبی مغناطیسی نقطه‌ای باگشتاور دوقطبی مغناطیسی $\hat{m} = m_0 \hat{k}$ قرار دارد. تکانه زاویه‌ای کل میدان الکترومغناطیسی این مجموعه کدام است؟

(۱) صفر

$$\frac{\mu_0 m_0 Q}{24\pi^2 R} \quad (۲)$$

$$\frac{\mu_0 m_0 Q}{6\pi R} \quad (۳)$$

$$\frac{\mu_0 m_0 Q}{12\pi R} \quad (۴)$$

- ۲۴- سیم‌لوله‌ای طویل به شعاع R که در واحد طول آن n دور سیم حامل جریان $I_0 \cos \omega t$ پیچیده شده است در نظر بگیرید. متوسط زمانی انرژی الکترومغناطیسی در بازه $t \leq t \leq \frac{2\pi}{\omega}$ در واحد طول سیم‌لوله چقدر است؟

$$\frac{\mu_0}{2} \pi R^2 n^2 I_0^2 \left(1 + \frac{\omega^2 R^2}{4c^2} \right) \quad (۱)$$

$$\frac{\mu_0}{4} \pi R^2 n^2 I_0^2 \left(1 + \frac{\omega^2 R^2}{4c^2} \right) \quad (۲)$$

$$\frac{\mu_0}{2} \pi R^2 n^2 I_0^2 \left(1 + \frac{\omega^2 R^2}{4c^2} \right) \quad (۳)$$

$$\frac{\mu_0}{4} \pi R^2 n^2 I_0^2 \left(1 + \frac{\omega^2 R^2}{4c^2} \right) \quad (۴)$$

پیاچ دی تست: نخستین وبسایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۱۲

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌تمترکز) - کد (۲۲۳۸) - ۶۷۵A

۲۵- اگر در یک موج بر با ضریب شکست n بسامدهای زاویه‌ای قابل انتشار برای امواج الکترومغناطیسی با طول موج λ

به شکل $\omega_m = \frac{c}{n} \sqrt{\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{m\pi}{a}\right)^2}$ ($m = 1, 2, 3, \dots$) باشد، سرعت گروه هر کدام از این مدها کدام است؟
 c سرعت نور در خلا و a عدد ثابتی است.

$$\frac{c}{n} \left[1 + \left(\frac{m\lambda}{2a} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

$$\frac{c}{2n} \left[1 + \left(\frac{m\lambda}{2a} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

$$\frac{c}{n} \left[1 + \left(\frac{m\lambda}{2a} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

$$\frac{2c}{n} \left[1 + \left(\frac{m\lambda}{2a} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

۲۶- امواج الکترومغناطیسی تخت با شدت I به‌طور عمودی از هوا ($n = 1$) بر یک تیغه شیشه‌ای با ضریب شکست n می‌تابند. اگر از هر نوع اثر تداخلی چشمپوشی شود فشار تابشی وارد بر تیغه شیشه‌ای کدام است؟ ضرایب فرنل عبور و بازتاب برای یک موج الکترومغناطیسی که از محیط عایقی با ضریب شکست n_1 به محیط عایق دیگری با

ضریب شکست n_2 به‌طور عمودی می‌تابد به ترتیب $\frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1}, \frac{2n_1}{n_1 + n_2}$ است. (۲) سرعت نور در خلا است.

$$\frac{1}{c} \left(\frac{n-1}{n+1} \right) \quad (1)$$

$$2 \frac{1}{c} \left(\frac{n-1}{n+1} \right) \quad (2)$$

$$2 \frac{I}{c} \left(\frac{n-1}{n+1} \right)^2 \quad (3)$$

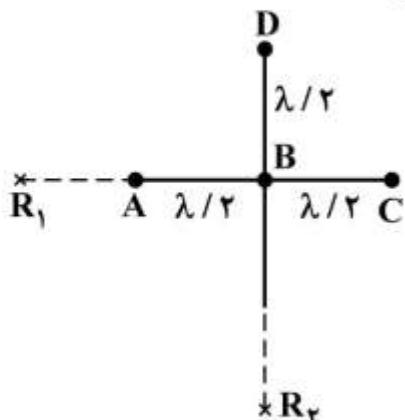
$$\frac{I}{c} \left(\frac{n-1}{n+1} \right)^2 \quad (4)$$

پیاچ دی تست: نخستین وبسایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۱۳

آزمون ورودی دوره دکتری(نیمه‌تمترکز) - کد (۲۲۳۸) - ۶۷۵A

- ۲۷- چهار چشمۀ امواج الکترومغناطیسی نقطه‌ای یکسان همدووس A، B، C و D مطابق شکل زیر نسبت به هم قرار دارند و امواجی با طول موج یکسان λ منتشر می‌کنند. دو گیرنده R_1 و R_2 در فواصل دور و یکسان از چشمۀ B قرار دارند. کدام عبارت در مورد شدت امواج دریافتی توسط دو گیرنده درست است؟



- (۱) شدت دریافتی گیرنده (۲) بیشتر از گیرنده (۱) است.
(۲) شدت دریافتی گیرنده (۱) بیشتر از گیرنده (۲) است.
(۳) شدت دریافتی هر دو گیرنده با هم برابر است.
(۴) اگر چشمۀ D خاموش شود شدت دریافتی هر دو گیرنده با هم برابر می‌شود.
- ۲۸- محیط شفاف فعال را در نظر بگیرید که ضریب شکست آن برای نور با قطبش دایروی راستگرد برابر $n_+ = n + \beta$ و برای نور با قطبش دایروی چپگرد برابر $n_- = n - \beta$ است (β, n اعداد حقیقی مثبتند). نوری با قطبش خطی و بسامد زاویه‌ای ω وارد این محیط می‌شود پس از طی کردن فاصله d درون این محیط مقدار زاویه‌ای که قطبش نور می‌چرخد کدام است؟

$$\frac{\omega}{c} \beta d \quad (1)$$

$$\frac{\omega}{c} n \beta d \quad (2)$$

$$\frac{\omega}{c} \beta d \quad (3)$$

$$\frac{\omega}{c} n \beta d \quad (4)$$

پیاچدی تست: نخستین وبسایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۱۴

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌تمام) - کد (۲۲۳۸) - ۶۷۵A

- ۲۹- ذره‌ای به جرم m و بار q تحت تأثیر نیروی کولنی ذره ثابتی با بار q در حرکت است. اگر در لحظه $t = 0$ ذره در مداری تقریباً دایروی به شعاع R حول ذره ثابت در حرکت باشد. در چه زمانی فاصله ذره متوجه از ذره ثابت به $\frac{R}{2}$ کاهش می‌یابد. توان تابشی کل لحظه‌ای از یک بار نقطه‌ای q که با شتاب \ddot{a} حرکت می‌کند برابر با

$$\frac{q^2 |\ddot{a}|^2}{6\pi\epsilon_0 c^3} \text{ است. (۱) سرعت نور در خلا است.}$$

$$\frac{\sqrt{\pi^2 \epsilon_0^2 c^2 R^2 m^2}}{3q^2} \quad (۲)$$

$$\frac{\sqrt{\pi^2 \epsilon_0^2 c^2 R^2 m^2}}{4q^2} \quad (۳)$$

$$\frac{\sqrt{\pi^2 \epsilon_0^2 c^2 R^2 m^2}}{6q^2} \quad (۴)$$

$$\frac{\sqrt{\pi^2 \epsilon_0^2 c^2 R^2 m^2}}{2q^2} \quad (۵)$$

- ۳۰- دو چارچوب لخت S و S' در نظر بگیرید که S' با سرعت v به موازات محور x چارچوب لخت S در حرکت است. مبدأهای دو چارچوب در لحظه صفر از نظر ناظرهای هر دو چارچوب برهمنطبق است. بار نقطه‌ای q در نقطه O و همواره نسبت به چارچوب S ساکن است. کدام عبارت در لحظه $t = t' = 0$ درست است؟

$$E_y = E'_y \quad (۱)$$

(۲) در هر دو چارچوب میدان الکتریکی شعاعی است.

(۳) میدان الکتریکی در چارچوب S' شعاعی است ولی در چارچوب S شعاعی نیست.

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \text{ که } E_x = \gamma E'_x \quad (۶)$$

- ۳۱- دمای ۵ مول گاز ایدئال تک اتمی در یک فرایند بی‌دررو از $300K$ به $400K$ افزایش می‌یابد. گرمای ویژه مولی در فشار ثابت برای این گاز به صورت $C_p = 2,5R + 0,02T$ با دما تغییر می‌کند. $R = 8/3 \frac{J}{mol.K}$

گازها، T دما بر حسب کلوین و C_p بر حسب $\frac{J}{mol.K}$ است. کار انجام شده در این فرایند چند ژول است؟

۵۵۷۵ (۱)

۶۸۷۵ (۲)

۹۷۲۵ (۳)

۱۳۸۷۵ (۴)

پیاچ دی تست: نخستین وب سایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۱۵

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌تمترکز) - کد (۲۲۳۸) - ۶۷۵A

- ۳۲- سیالی درون ظرفی به صورت تک‌دما فشرده می‌شود. این فرایند به آرامی انجام می‌شود و معادله سیال در این فرایند به شکل $\ln \frac{V}{V_0} = -A(P - P_0)$ است که V فشار و V_0 حجم سیال و A و P_0 مقادیر ثابت مشتبی هستند. اگر حجم سیال از $V_2 = \beta V_1$ به $V_1 = \alpha V_0$ تغییر کند، کار انجام شده در این فرایند کدام است؟

$$P_0 V_0 (\beta - \alpha) + \frac{V_0}{A} \ln\left(\frac{\beta}{\alpha}\right) \quad (1)$$

$$P_0 V_0 (\beta - \alpha) + \frac{V_0}{A} (\alpha \ln \alpha - \beta \ln \beta) \quad (2)$$

$$\left(P_0 + \frac{1}{A}\right)(\beta - \alpha)V_0 + \frac{V_0}{A} \ln\left(\frac{\beta}{\alpha}\right) \quad (3)$$

$$\left(P_0 + \frac{1}{A}\right)(\beta - \alpha)V_0 + \frac{V_0}{A} (\alpha \ln \alpha - \beta \ln \beta) \quad (4)$$

- ۳۳- یک ماده مغناطیسی به حجم 20 cm^3 در دمای ثابت 300 K درون یک میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد که مقدارش $\bar{M} = \frac{1/8 H}{T}$ از صفر تا $\frac{A}{m}$ 10^6 تغییر می‌کند. اگر بردار مغناطیسی بر حسب شدت میدان مغناطیسی و دما به شکل

تغییر کند که M و H بر حسب $\frac{A}{m}$ و T بر حسب کلوین است، چند زول کار برای انجام این فرایند نیاز است؟

$0/06$ (۱)

$0/075$ (۲)

6×10^4 (۳)

7.5×10^4 (۴)

- ۳۴- یک گاز ایدئال تک اتمی از یک حالت تعادل اولیه طی دو فرایند مستقل، از دمای T_1 به دمای T_2 تحول می‌یابد. اگر

$\frac{\Delta S_V}{\Delta S_P}$ تغییر تک فشار باشد تغییر آنتروپی ΔS_P و اگر تحول تک حجم باشد تغییر آنتروپی ΔS_V است، نسبت

کدام است؟

$0/4$ (۱)

$0/6$ (۲)

$0/8$ (۳)

1 (۴)

پیاچ دی تست: نخستین وبسایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۱۶

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌تمتر کز) - کد (۲۲۳۸) - ۶۷۵A

- ۳۵- انرژی یک دستگاه بسته شامل N نوسانگر هماهنگ سه بعدی همسانگرد با بسامد زاویه‌ای یکسان ω ، برابر U است. در حد ترمودینامیکی، T دمای منتنسب به این دستگاه در کدام رابطه صدق می‌کند؟

$$\frac{\hbar\omega}{k_B T} = \ln\left(\frac{U + 3N\hbar\omega}{U - 3N\hbar\omega}\right) \text{ (۱)}$$

$$\frac{\hbar\omega}{k_B T} = \ln\left(\frac{2U + 3N\hbar\omega}{U - 3N\hbar\omega}\right) \text{ (۲)}$$

$$\frac{\hbar\omega}{k_B T} = \ln\left(\frac{U + 2N\hbar\omega}{2U - 3N\hbar\omega}\right) \text{ (۳)}$$

$$\frac{\hbar\omega}{k_B T} = \ln\left(\frac{2U + 3N\hbar\omega}{2U - 3N\hbar\omega}\right) \text{ (۴)}$$

- ۳۶- هامیلتونی یک دستگاه ترمودینامیکی یک بعدی $H = \frac{P^2}{2m} + V_0 |x|^3$ است که $-\infty < x < +\infty$. متوسط انرژی گرمایی دستگاه در مجاورت با منبعی به دمای T کدام است؟

$$\left(\int_0^\infty dx x^m e^{-\alpha x^n} \right) = \frac{1}{n} \frac{\Gamma\left(\frac{m+1}{n}\right)}{\alpha^{\frac{m+1}{n}}} \quad \text{داریم:} \quad m \geq 0 \quad n \geq 0$$

$$k_B T \text{ (۱)}$$

$$\frac{4}{3} k_B T \text{ (۲)}$$

$$\frac{5}{6} k_B T \text{ (۳)}$$

$$\frac{7}{6} k_B T \text{ (۴)}$$

- ۳۷- اگر $A(N, V, T)$ انرژی آزاد هلمهولتز یک دستگاه ترمودینامیکی باشد، کدام رابطه صحیح است؟

$$A = N \left(\frac{\partial A}{\partial N} \right)_{V, T} + V \left(\frac{\partial A}{\partial V} \right)_{N, T} \text{ (۱)}$$

$$A = T \left(\frac{\partial A}{\partial T} \right)_{N, V} + V \left(\frac{\partial A}{\partial V} \right)_{N, T} \text{ (۲)}$$

$$A = N \left(\frac{\partial A}{\partial N} \right)_{V, T} + T \left(\frac{\partial A}{\partial T} \right)_{N, V} \text{ (۳)}$$

$$A = N \left(\frac{\partial A}{\partial N} \right)_{V, T} + V \left(\frac{\partial A}{\partial V} \right)_{N, T} + T \left(\frac{\partial A}{\partial T} \right)_{N, V} \text{ (۴)}$$

پیاچ دی تست: نخستین وبسایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۱۷

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌تمام) - کد (۲۲۳۸) - ۶۷۵A

- ۳۸- یک دستگاه ترمودینامیکی شامل N نوسانگر هماهنگ و همسانگرد سه بعدی هر یک به جرم m , بار q و بسامد $\beta = \frac{1}{k_B T}$ زاویه‌ای φ تحت تأثیر میدان الکتریکی $\vec{E} = E_0 \hat{z}$ در نظر بگیرید.تابع پارش این دستگاه کدام است؟

$$\frac{e^{\beta N q^2 E_0^2 / 2 m \omega^2}}{\left(\gamma \sinh(\frac{\beta \hbar \omega}{\gamma}) \right)^N} \quad (1)$$

$$\frac{e^{-\beta N q^2 E_0^2 / 2 m \omega^2}}{\left[\gamma \sinh(\beta \hbar \omega) \right]^N} \quad (2)$$

$$\frac{e^{\gamma N \beta q^2 E_0^2 / 2 m \omega^2}}{\left(\gamma \sinh(\frac{\beta \hbar \omega}{\gamma}) \right)^N} \quad (3)$$

$$\frac{e^{-\beta N q^2 E_0^2 / 2 m \omega^2}}{\left[\gamma \sinh(\beta \hbar \omega) \right]^N} \quad (4)$$

- ۳۹- تابع پارش کاتونی بزرگ یک گاز به حجم V , فشار P و دمای T به شکل $Z = \exp\left(e^{\beta \mu} \frac{\lambda \pi V}{(\beta c h)^r}\right)$ است.

$$\beta = \frac{1}{k_B T} \quad \mu(T, P)$$

$$\frac{1}{\beta} \ln\left(\frac{h^r c^r \beta^r}{\lambda \pi V}\right) \quad (1)$$

$$\frac{1}{\beta} \ln\left(\frac{h^r c^r \beta^r P}{\lambda \pi}\right) \quad (2)$$

$$\frac{1}{\beta} \ln\left(\frac{h^r c^r \beta^r}{\lambda \pi P^r V^r}\right) \quad (3)$$

$$\frac{1}{\beta} \ln\left(\frac{h^r c^r \beta P}{\lambda \pi V}\right) \quad (4)$$

پیاچدی تست: نخستین وبسایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۱۸

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌تمامی) - کد (۲۲۳۸) - ۶۷۵A

- ۴۰- کواکی به حجم V در دمای T در نظر بگیرید. اگر حجم این کواک به آرامی (برگشت‌پذیر) و بی‌دررو افزایش یافته و به $2V$ برسد، دمای نهایی کواک چند برابر T است؟ (کواک را جسم سیاه در نظر بگیرید.)

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \quad (1)$$

$$\frac{1}{2\sqrt{2}} \quad (2)$$

$$\frac{1}{\sqrt[3]{2}} \quad (3)$$

$$\frac{1}{2\sqrt[5]{2}} \quad (4)$$

- ۴۱- ماتریس چگالی یک دستگاه ترمودینامیکی در پایه ویژه بردارهای عملگر S_z به شکل S_x کدام است؟
- $$\rho = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 + \cos\beta & e^{-i\alpha} \sin\beta \\ e^{i\alpha} \sin\beta & 1 - \cos\beta \end{pmatrix}$$

$$\frac{\hbar}{2} \cos\beta \quad (1)$$

$$\frac{\hbar}{2} \sin\beta \cos\alpha \quad (2)$$

$$\frac{\hbar}{2} \sin\alpha \quad (3)$$

$$\frac{\hbar}{2} \cos\beta \sin\alpha \quad (4)$$

- ۴۲- برای مدل آیزینگ یک بعدی با شرط مرزی دوره‌ای، $S_{N+1} = S_1$ ، تابع پارش (به ازای $S_i = \pm 1$)
- $$Z = N^N \left(\cosh^N(\beta\varepsilon) + \sinh^N(\beta\varepsilon) \right)$$

$$\beta = \frac{1}{k_B T}, \text{ کدام است؟} \rightarrow \infty \quad (1)$$

$$N k_B (\beta\varepsilon)^N \operatorname{sech}^N(\beta\varepsilon) \quad (2)$$

$$N k_B (\beta\varepsilon)^N \left(\operatorname{csch}^N(\beta\varepsilon) + \operatorname{sech}^N(\beta\varepsilon) \right) \quad (3)$$

$$N k_B (\beta\varepsilon)^N \operatorname{csch}^N(\beta\varepsilon) \quad (4)$$

$$N k_B (\beta\varepsilon)^N \left(\operatorname{csch}^N(\beta\varepsilon) - \operatorname{sech}^N(\beta\varepsilon) \right) \quad (5)$$

پیاچ دی تست: نخستین وبسایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۱۹

آزمون ورودی دوره دکتری (نیمه‌تمکن) - کد (۲۲۳۸) - ۶۷۵A

- ۴۳- معادله حالت n مول گاز واندر والس به شکل $(P + \frac{an^r}{V^r})(V - nb) = nRT$ است. اگر C_P و C_V به ترتیب ظرفیت گرمایی گاز در فشار و حجم ثابت باشند، حاصل $(C_P - C_V)$ کدام است؟

$$nR \left(1 - \frac{r ab^r n^r}{V^r RT} \right)^{-1} \quad (1)$$

$$nR \left(1 + \frac{r ab^r n^r}{V^r RT} \right) \quad (2)$$

$$nR \left(1 + \frac{r an(V - nb)^r}{V^r RT} \right) \quad (3)$$

$$nR \left(1 - \frac{r an(V - nb)^r}{V^r RT} \right)^{-1} \quad (4)$$

- ۴۴- میانگین عدد اشغال در دمای T برای تراز انرژی ϵ_i در یک سیستم فرمیونی به شکل

$$\beta = \frac{1}{k_B T} \frac{\sqrt{\langle n_i^2 \rangle - \langle n_i \rangle^2}}{\langle n_i \rangle} \quad \text{کدام است؟}$$

$$\sqrt{1 + e^{\beta(\epsilon_i - \mu)}} \quad (1)$$

$$e^{\frac{\beta(\epsilon_i - \mu)}{r}} \quad (2)$$

$$\sqrt{1 - e^{-\beta(\epsilon_i - \mu)}} \quad (3)$$

$$e^{-\frac{\beta(\epsilon_i - \mu)}{r}} \quad (4)$$

پیاچدی تست: نخستین وبسایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۲۰

آزمون ورودی دوره دکتری(نیمه‌تمترکز) - کد (۲۲۳۸) - ۶۷۵A

- برای یک گاز فرمیونی با چگالی حالت‌های (ε) , رابطه $\mu(T)$ انرژی پتانسیل شیمیایی در دمای T بر حسب انرژی فرمی (ε_F) کدام است؟ ($g'(\varepsilon_F)$ مشتق تابع $g(\varepsilon)$ در نقطه $\varepsilon = \varepsilon_F$ است).

$$\mu(T) = \varepsilon_F + \frac{\pi^r}{\varsigma} (k_B T)^r \frac{g'(\varepsilon_F)}{g(\varepsilon_F)} \quad (1)$$

$$\mu(T) = \varepsilon_F - \frac{\pi^r}{\varsigma} \varepsilon_F (k_B T)^r \frac{g'(\varepsilon_F)}{g(\varepsilon_F)} \quad (2)$$

$$\mu(T) = \varepsilon_F + \frac{\pi^r}{\varsigma} \varepsilon_F (k_B T)^r \frac{g'(\varepsilon_F)}{g(\varepsilon_F)} \quad (3)$$

$$\mu(T) = \varepsilon_F - \frac{\pi^r}{\varsigma} (k_B T)^r \frac{g'(\varepsilon_F)}{g(\varepsilon_F)} \quad (4)$$