



276F

کد کنترل

276

F

آزمون (نیمه‌تم مرکز) ورود به دوره‌های دکتری – سال ۱۴۰۱

دفترچه شماره (۱)

صبح جمعه ۱۴۰۰/۱۲/۶



جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

سازمان سنجش آموزش کشور

«اگر دانشگاه اصلاح شود مملکت اصلاح می‌شود.
امام خمینی (ره)

رشته نانوفیزیک (کد ۲۲۳۷)

جدول مواد امتحانی، تعداد، شماره سوال‌ها و زمان پاسخ‌گویی

مواد امتحانی	تعداد سوال	از شماره	تا شماره	زمان پاسخ‌گویی
مجموعه دروس تخصصی: – فیزیک یا یه ۱، ۲ و ۳ (شامل کل کتاب فیزیک هالیدی آخرین ویرایش) – مکانیک کوانتومی و مکانیک کوانتومی بیشترفته – الکترومغناطیس و الکترودینامیک – ترمودینامیک و مکانیک آماری بیشترفته ۱ – مبانی نانوتکنولوژی	۴۵	۱	۴۵	۱۵+ دقیقه

استفاده از ماشین حساب مجاز نیست.

این آزمون نمره منفی دارد.

حق جاپ، تکثیر و انتشار سوال‌های هر روش (الکترونیکی و...) پس از برگزاری آزمون، برای تمامی اشخاص حرفی و حقوقی تنها با مجوز این سازمان مجاز می‌باشد و با مختلفان برای مفروضات رفتار می‌شود.

پی اچ دی تست؛ فحستین و ب سایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۲

آزمون (نیمه‌تممکن) ورود به دوره‌های دکتری – کد (۲۲۳۷) ۲۷۶F

* متقاضی گرامی، وارد نکردن مشخصات و امضا در کادر زیر، به منزله غیبت و حضور نداشتن 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 سؤال‌ها، نوع و کد کنترل درج شده بر روی دفترچه سؤال‌ها و پایین پاسخ‌نامه‌ام را تأیید می‌نمایم.

امضا:

-۱ کدام یک از کمیت‌های زیر بعد (دیمانسیون) طول دارد؟ (c سرعت نور، G ثابت جهانی گرانش و \hbar ثابت پلانک هستند.)

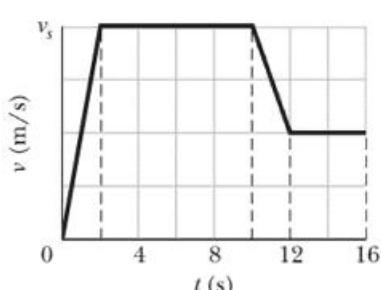
$$\sqrt{\frac{G\hbar}{c^3}} \quad (1)$$

$$\sqrt{\frac{G\hbar}{c^5}} \quad (2)$$

$$\sqrt{\frac{G\hbar^3}{c^5}} \quad (3)$$

$$\sqrt{\frac{G\hbar^5}{c^5}} \quad (4)$$

-۲ نمودار سرعت بر حسب زمان متحرکی که در یک مسیر مستقیم حرکت می‌کند در شکل زیر داده شده است که در آن $s = v_0 t$. مسافت طی شده، سرعت متوسط و شتاب متوسط در بازه زمانی $t = 16s$ تا $t = 16s$ کدام‌اند؟



$$125 \text{ m/s}^2, 55 \text{ m/s}, 880 \text{ m} \quad (1)$$

$$25 \text{ m/s}, 62.5 \text{ m/s}, 1000 \text{ m} \quad (2)$$

$$25 \text{ m/s}^2, 55 \text{ m/s}, 880 \text{ m} \quad (3)$$

$$125 \text{ m/s}^2, 62.5 \text{ m/s}, 1000 \text{ m} \quad (4)$$

-۳ کدام یک از بردارهای زیر در صفحه‌ای واقع است که دو بردار $\hat{j} + 2\hat{k}$ و $-\hat{j} - 2\hat{k}$ در آن قرار دارند و بردار $\hat{i} + \hat{j} + \hat{k}$ نیز عمود است؟

$$3\hat{i} + \hat{j} + 4\hat{k} \quad (1)$$

$$2\hat{i} + \hat{j} + 3\hat{k} \quad (2)$$

$$\hat{i} + 2\hat{j} + 3\hat{k} \quad (3)$$

$$\hat{i} + \hat{j} + 2\hat{k} \quad (4)$$

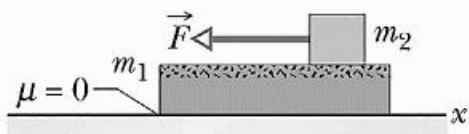
پی اچ دی تست؛ فحستین و ب سایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۲

آزمون (نیمه‌تمام) ورود به دوره‌های دکتری – کد (۲۲۳۷) ۲۷۶F

- ۴ جرم اجسام نشان داده شده در شکل زیر، $m_1 = 40\text{ kg}$ و $m_2 = 12\text{ kg}$ است. ضریب اصطکاک جنبشی و ایستایی بین دو جسم به ترتیب $4/5$ و $6/5$ است. جسم m_1 با سطح زیرین خود اصطکاک ندارد. در اثر اعمال نیروی

$$(g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) \quad F = 100\text{ N} \quad \text{به جسم بالایی، شتاب هر یک از دو جسم بر حسب } \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \text{ چقدر است؟}$$



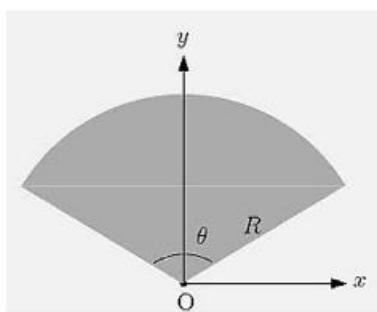
$$a_2 = 0/95, \quad a_1 = 0/95 \quad (1)$$

$$a_2 = 1/9, \quad a_1 = 1/9 \quad (2)$$

$$a_2 = 2/3, \quad a_1 = 1/8 \quad (3)$$

$$a_2 = 4/3, \quad a_1 = 1/2 \quad (4)$$

- ۵ در شکل زیر قطاع نازکی از یک قرص به شعاع R و زاویه θ با توزیع جرم یکنواخت نشان داده شده است. مختصه y مرکز جرم این قطعه کدام است؟



$$\frac{2R \sin \theta}{3} \quad (1)$$

$$\frac{2R \sin(\theta/2)}{3} \quad (2)$$

$$\frac{4R \sin \theta}{3} \quad (3)$$

$$\frac{4R \sin(\theta/2)}{3} \quad (4)$$

- ۶ توب کوچکی به جرم m_2 در نقطه‌ای روی محور x ساکن است. توب کوچک دیگری به جرم m_1 که با سرعت $\hat{v}_1 = v_1 \hat{i}$ روی محور x به سمت توب اول در حرکت است به صورت روی و کشسان به آن برخورد می‌کند. به ازای $m_2 = 2m_1$ سرعت توب‌ها بعد از برخورد، کدام‌اند؟

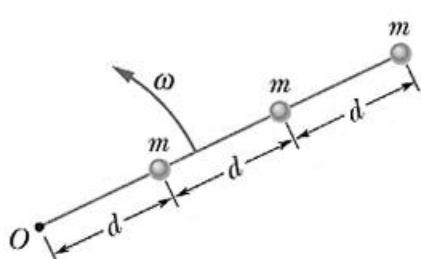
$$\hat{v}'_1 = -\frac{2v_1}{3} \hat{i}, \quad \hat{v}'_2 = \frac{v_1}{3} \hat{i} \quad (1)$$

$$\hat{v}'_1 = \frac{v_1}{3} \hat{i}, \quad \hat{v}'_2 = \frac{2v_1}{3} \hat{i} \quad (2)$$

$$\hat{v}'_1 = -\frac{v_1}{3} \hat{i}, \quad \hat{v}'_2 = \frac{2v_1}{3} \hat{i} \quad (3)$$

$$\hat{v}'_1 = \frac{2v_1}{3} \hat{i}, \quad \hat{v}'_2 = \frac{v_1}{3} \hat{i} \quad (4)$$

- ۷ سه گلوله هر یک به جرم m مطابق شکل زیر به وسیله نخ‌های بدون جرمی به طول d به یکدیگر متصل شده‌اند. در وضعیتی که مجموعه با سرعت زاویه‌ای ثابت ω حول محور گذرنده از نقطه O دوران می‌کند انرژی جنبشی و تکانه زاویه‌ای این مجموعه حول محور دوران کدام‌اند؟



$$6md^2\omega^2, \quad 3md^2\omega^2 \quad (1)$$

$$14md^2\omega^2, \quad 7md^2\omega^2 \quad (2)$$

$$14md^2\omega^2, \quad 7md^2\omega^2 \quad (3)$$

$$6md^2\omega^2, \quad 7md^2\omega^2 \quad (4)$$

پی اچ دی تست؛ فحستین و ب سایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۴

آزمون (نیمه‌مت مرکز) ورود به دوره‌های دکتری – کد (۲۲۳۷) ۲۷۶F

- ۸ دو بار نقطه‌ای $q_1 = +4q$ و $q_2 = +9q$ به ترتیب در نقاطی با مختصات x_1 و x_2 روی محور X در نظر بگیرید.
بار نقطه‌ای q_3 چقدر باشد و در چه نقطه‌ای روی محور X قرار داده شود تا نیروی وارد بر هر یک از بارها توسط دو
بار دیگر صفر شود؟

$$q_3 = -\frac{6}{5}q, \quad x_3 = \frac{2}{5}x_1 + \frac{3}{5}x_2 \quad (1)$$

$$q_3 = -\frac{36}{25}q, \quad x_3 = \frac{2}{5}x_1 + \frac{3}{5}x_2 \quad (2)$$

$$q_3 = -\frac{36}{25}q, \quad x_3 = \frac{3}{5}x_1 + \frac{2}{5}x_2 \quad (3)$$

$$q_3 = -\frac{6}{5}q, \quad x_3 = \frac{3}{5}x_1 + \frac{2}{5}x_2 \quad (4)$$

- ۹ در پراکندگی رادرفورد ذرات آلفا با انرژی جنبشی E_k از هسته‌های آلومینیوم ($Z = 13$) موجود در یک ورقه نازک
آلومینیومی، اگر کمترین فاصله ممکن یک ذره آلفا از مرکز یک هسته آلومینیوم ۵ fm باشد، E_k چند MeV است؟

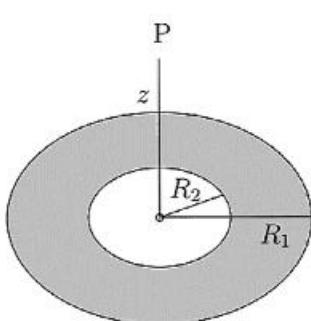
$$4/3 \quad (1)$$

$$7/5 \quad (2)$$

$$8/8 \quad (3)$$

$$12 \quad (4)$$

- ۱۰ بار الکتریکی به صورت یکنواخت با چگالی سطحی σ بر روی سطح یک قرص نازک به شعاع داخلی R_2 و شعاع
خارجی $R_1 = 2R_2$ توزیع شده است. میدان الکتریکی در نقطه P به فاصله $r = R_1$ از مرکز قرص کدام است؟



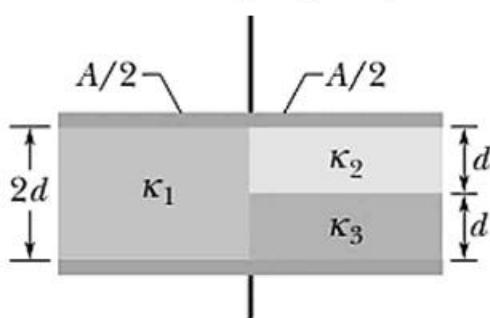
$$\frac{\sigma}{2\epsilon_0} \left(2 + \frac{1}{\sqrt{5}} - \frac{2}{\sqrt{8}} \right) \quad (1)$$

$$\frac{\sigma}{2\epsilon_0} \left(\frac{1}{\sqrt{5}} - \frac{2}{\sqrt{8}} \right) \quad (2)$$

$$\frac{\sigma}{2\epsilon_0} \left(2 + \frac{1}{\sqrt{5}} - \frac{1}{\sqrt{8}} \right) \quad (3)$$

$$\frac{\sigma}{\epsilon_0} \left(\frac{1}{\sqrt{5}} - \frac{1}{\sqrt{8}} \right) \quad (4)$$

- ۱۱ یک خازن تخت که مساحت هر یک از صفحات آن A و فاصله بین دو صفحه آن $2d$ است مطابق شکل با سه دی
الکتریک با ثابت‌های $K_1 = K$ ، $K_2 = 2K$ و $K_3 = 6K$ پر شده است. ظرفیت این خازن کدام است؟



$$\frac{11Ke_0A}{4d} \quad (1)$$

$$\frac{17Ke_0A}{20d} \quad (2)$$

$$\frac{Ke_0A}{d} \quad (3)$$

$$\frac{17Ke_0A}{4d} \quad (4)$$

پی اچ دی تست؛ فحستین و ب سایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۵

آزمون (نیمه‌تمام) ورود به دوره‌های دکتری – کد (۲۲۳۷) ۲۷۶F

-۱۲- سرعت سوق الکترون‌ها در یک سیم مسی به شعاع 1 mm که جریان 1 mA به صورت یکنواخت از سطح مقطع آن

$$\text{می‌گذرد چند } \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ است؟} (\text{چگالی و جرم مولی مس به ترتیب } \frac{\text{g}}{\text{mol}} \text{ و } \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \text{ هست.})$$

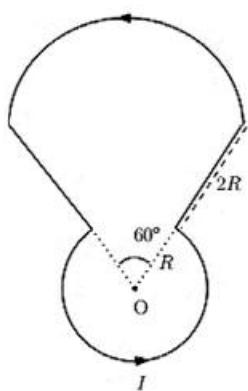
(۱) 2.4×10^{-2}

(۲) 2.4×10^{-6}

(۳) 2.4×10^{-4}

(۴) 2.4×10^{-8}

-۱۳- میدان مغناطیسی در نقطه O ، ناشی از جریان الکتریکی I گذرنده از حلقه سیم نشان داده شده در شکل زیر کدام است؟



(۱) $\frac{4\mu_0 I}{9R}$

(۲) $\frac{31\pi\mu_0 I}{36R}$

(۳) $\frac{29\pi\mu_0 I}{36R}$

(۴) $\frac{8\mu_0 I}{9R}$

-۱۴- عقره یک قطب‌نما، تیغه‌ای متوازی‌السطح به طول 1.0 cm ، عرض 1.0 mm و ضخامت 1.0 mm از جنس آهن

خالص با چگالی $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} 7.9$ است. اگر مغناطیش عقره ناشی از همسوشدگی ده درصد از گشتاورهای (ممان‌های)

دوقطبی مغناطیسی اتم‌های آهن موجود در عقره باشد، گشتاور دوقطبی مغناطیسی عقره بر حسب $\frac{J}{T}$ چقدر

است؟ (گشتاور دوقطبی مغناطیسی یک اتم آهن و جرم مولی آهن به ترتیب $2.1 \times 10^{-23}\text{ J}$ و 56 g/mol هستند.)

(۱) 1.8×10^{-2}

(۲) 1.8×10^{-1}

(۳) 1.8×10^{-3}

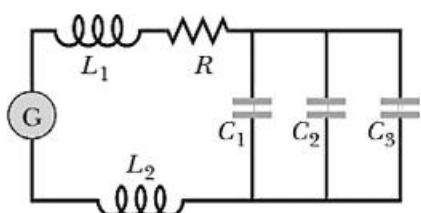
(۴) 1.8×10^{-4}

پی اچ دی تست؛ فحستین و ب سایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۶

آزمون (نیمه‌تمترکز) ورود به دوره‌های دکتری – کد (۲۲۳۷) ۲۷۶F

- ۱۵ بسامد تشدید مدار RLC نشان داده شده در شکل زیر که به یک منبع تغذیه متناوب سینوسی با بسامد قابل تنظیم متصل است به ازای $C_3 / ۳ = C_۲ / ۲ = C_۱ = C$ و $L_۲ = ۲L_۱ = ۲L$ کدام است؟



$$\sqrt{\frac{۲۳}{۱۲}} \frac{۱}{\sqrt{LC}} \quad (۱)$$

$$\sqrt{\frac{۱۱}{۱۸}} \frac{۱}{\sqrt{LC}} \quad (۲)$$

$$\sqrt{۲} \frac{۱}{\sqrt{۶}} \frac{۱}{\sqrt{LC}} \quad (۳)$$

$$\frac{۱}{۲} \frac{۱}{\sqrt{LC}} \quad (۴)$$

- ۱۶ هامیلتونی یک ذره اسپین $\frac{۱}{۲}$ در پایه متشكل از ویژه بردارهای عملگر S_z به شکل $H = a \begin{pmatrix} ۱ & ۱ \\ ۱ & ۰ \end{pmatrix}$ است که

ضریبی حقیقی است. نمایش این هامیلتونی در پایه متشكل از ویژه بردارهای S_y یعنی بردارهای $\frac{۱}{\sqrt{۲}} \begin{pmatrix} ۱ \\ i \end{pmatrix}$ و

$$\frac{۱}{\sqrt{۲}} \begin{pmatrix} i \\ ۱ \end{pmatrix}, \text{ کدام است؟} \quad (۱)$$

$$\frac{a}{2} \begin{pmatrix} ۳ & ۱ \\ ۱ & -۱ \end{pmatrix} \quad (۲)$$

$$\frac{a}{2} \begin{pmatrix} ۱ & ۲+i \\ ۲-i & ۱ \end{pmatrix} \quad (۳)$$

$$\frac{a}{2} \begin{pmatrix} -۲ & ۱ \\ ۱ & ۱ \end{pmatrix} \quad (۴)$$

$$\frac{a}{2} \begin{pmatrix} ۱ & ۲-i \\ ۲+i & ۱ \end{pmatrix} \quad (۵)$$

- ۱۷ نوسانگر هماهنگ یک بعدی به جرم m و بسامد زاویه‌ای ω در نظر بگیرید. اگر $\langle \beta | \beta \rangle$ ویژه بردار بهنجار عملگر پایین بر باشد: $a|\beta\rangle = \beta|\beta\rangle$ ، عدم‌قطعیت ممنتوم خطی نوسانگر در حالت $\langle \beta | \beta \rangle$ کدام است؟ $\text{Re}\beta$ و $\text{Im}\beta$ به ترتیب بخش

$$(\Delta A = \sqrt{\langle A^2 \rangle - \langle A \rangle^2} \text{ و } a = \sqrt{\frac{m\omega}{2\hbar}} (x + i\frac{p}{m\omega}))$$

حقیقی و موهومی β هستند.

$$\sqrt{\frac{hm\omega}{2}} \quad (۱)$$

$$\sqrt{2hm\omega} \left(۱ + |\beta|^2 \right)^{1/2} \quad (۲)$$

$$\sqrt{\frac{hm\omega}{2}} \left(۴(\text{Re}\beta)^2 + \lambda(\text{Im}\beta)^2 - ۱ \right)^{1/2} \quad (۳)$$

$$\sqrt{2hm\omega} \left(۶(\text{Re}\beta)^2 + ۲(\text{Im}\beta)^2 - ۱ \right)^{1/2} \quad (۴)$$

پی اچ دی تست؛ فحستین و ب سایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۷

آزمون (نیمه‌تمام) ورود به دوره‌های دکتری – کد (۲۲۳۷) ۲۷۶F

- ۱۸- آنسامبلی از سیستم‌هایی که فضای هیلبرت آن‌ها دو بعدی است در نظر بگیرید. کدام ماتریس چگالی معرف یک آنسامبل خالص از این سیستم است؟

$$\frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$\frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$\frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$\frac{1}{3} \begin{pmatrix} 2 & 1+i \\ 1-i & 2 \end{pmatrix} \quad (4)$$

- ۱۹- اگر $|\ell, m\rangle$ ویژه بردار مشترک عملگرهای \hat{L}_z و L_z و $|\hat{n}\rangle$ ویژه بردار مکان و \hat{n} برداری که در مختصات کروی به شکل $(\hat{n}, \theta, \phi) = (1, 0, 0)$ داده شده، \hat{z} برداری به طول واحد در امتداد محور z و Π عملگر پاریته باشند، کدام عبارت در همه موارد نمی‌تواند درست باشد؟

$$(L_+ = L_x + iL_y) \quad \langle \hat{n} | L_+ | \ell, m \rangle = 0 \quad (1)$$

$$\langle \ell, m | \hat{z} \rangle = \sqrt{\frac{2\ell+1}{4\pi}} \quad (2)$$

$$\Pi | \ell, m \rangle = (-1)^\ell | \ell, m \rangle \quad (3)$$

$$-ih \frac{\partial}{\partial \phi} \langle \hat{n} | \ell, m \rangle = m \langle \hat{n} | \ell, m \rangle \quad (4)$$

- ۲۰- اگر Θ عملگر وارونی زمان، \vec{S} عملگر اسپین، \vec{L} عملگر ممتد زاویه‌ای مداری، $|\psi\rangle$ بردار دلخواهی از فضای هیلبرت، $|\jmath, m\rangle$ ویژه بردار مشترک عملگرهای J_z و J_z و ضریب α عددی حقیقی باشند، کدام رابطه نادرست است؟

$$\langle \vec{x}' | \Theta | \psi \rangle = \langle \vec{x}' | \psi \rangle^* \quad (1)$$

$$\Theta(\vec{S} \cdot \vec{L}) \Theta^{-1} = \vec{S} \cdot \vec{L} \quad (2)$$

$$\Theta | j, m \rangle = i^{jm} | j, -m \rangle \quad (3)$$

$$\Theta e^{-i\alpha J_y} \Theta^{-1} = e^{i\alpha J_y} \quad (4)$$

پی اچ دی تست؛ فحستین و ب سایت تخصصی آزمون دکتری

- ۲۱ ذره‌ای به جرم m و انرژی $E = \frac{e^{-\mu r}}{r} \hbar^2 k^2 / m$ تحت تأثیر پتانسیل یوکاوا $V(r) = \beta e^{-\mu r}$ که μ و β ضرایب ثابت مثبتی هستند، پراکنده می‌شود. دامنه پراکنده‌گی $f(\theta)$ در تقریب اول بورن کدام است؟ (θ زاویه پراکنده‌گی است).

$$-\frac{m\beta}{\hbar^2 (\mu^2 + 4k^2 \sin^2 \theta)} \quad (1)$$

$$-\frac{2m\beta}{\hbar^2 (\mu^2 + 4k^2 \sin^2 \theta)} \quad (2)$$

$$-\frac{2m\beta}{\hbar^2 (\mu^2 + 4k^2 \sin^2 (\theta/2))} \quad (3)$$

$$\frac{m\beta}{\hbar^2 (\mu^2 - 4k^2 \sin^2 (\theta/2))} \quad (4)$$

- ۲۲ سیستم دو ترازی با هامیلتونی H_0 که ویژه حالت‌های آن ψ_1 و ψ_2 با ویژه مقدارهای E_1 و E_2 هستند را در نظر بگیرید. اگر در زمان $t = -\infty$ سیستم در حالت ψ_1 باشد و در این لحظه تحت تأثیر هامیلتونی اختلالی

$$H'(t) = \begin{pmatrix} 0 & \alpha e^{-t^2/\tau^2} \\ \alpha e^{-t^2/\tau^2} & 0 \end{pmatrix}$$

احتمال آن که در لحظه $t = +\infty$ سیستم در حالت ψ_2 یافت شود، کدام است؟ $(\omega_0 = (E_2 - E_1)/\hbar)$

$$\frac{\pi \alpha^2 \tau^2}{\hbar^2} \quad (1)$$

$$\frac{\pi \alpha^2 \tau^2}{\hbar^2} e^{-\tau^2 \omega_0^2} \quad (2)$$

$$\frac{\pi \alpha^2 \tau^2}{2\hbar^2} e^{-\tau^2 \omega_0^2} \quad (3)$$

$$\frac{\pi \alpha^2 \tau^2}{\hbar^2} e^{-\tau^2 \omega_0^2/2} \quad (4)$$

پی اچ دی تست؛ فحستین و ب سایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۹

آزمون (نیمه‌تمام) ورود به دوره‌های دکتری – کد (۲۲۳۷)

-۲۳ - ذره‌ای به جرم m و انرژی $E = \frac{\hbar^2 k^2}{2m}$ از سمت چپ به پتانسیل یک بعدی:

$$V(x) = \begin{cases} 0 & x < -a \\ -V_0 & -a \leq x \leq 0 \\ \infty & x > 0 \end{cases}$$

برخورد می‌کند، که V_0 و a مقادیر ثابت مثبتی هستند. اگر موج ورودی $A e^{ikx}$ باشد، موج بازتابی کدام است؟

$$(k' = \sqrt{2m(E + V_0)}/\hbar)$$

$$A e^{-\gamma i ka} \left[\frac{k + ik' \cot(k'a)}{k - ik' \cot(k'a)} \right] e^{-ikx} \quad (1)$$

$$A e^{-\gamma i ka} \left[\frac{k - ik' \tan(k'a)}{k + ik' \tan(k'a)} \right] e^{-ikx} \quad (2)$$

$$A e^{-\gamma i ka} \left[\frac{k - ik' \cot(k'a)}{k + ik' \cot(k'a)} \right] e^{-ikx} \quad (3)$$

$$A e^{-\gamma i ka} \left[\frac{k + ik' \tan(k'a)}{k - ik' \tan(k'a)} \right] e^{-ikx} \quad (4)$$

-۲۴ - یک کره رسانا به شعاع R در میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E} = E_0 \hat{k}$ قرار دارد. پتانسیل الکتریکی در خارج از این رسانا در مختصات کروی به صورت:

$$V(r, \theta) = -E_0 \left(r - \frac{R^3}{r^3} \right) \cos \theta + C \left(1 - \frac{R}{r} \right)$$

داده می‌شود که در آن C ضریبی ثابت و مبدأً مختصات بر مرکز کره منطبق است. اگر بار کل رسانا برابر Q باشد، ثابت C کدام است؟

$$-\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} \quad (1)$$

$$\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} \quad (2)$$

$$-\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} + \frac{3}{2} E_0 R \quad (3)$$

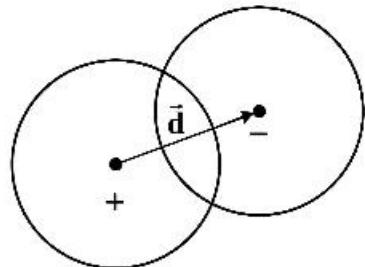
$$\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} - \frac{3}{2} E_0 R \quad (4)$$

پی اچ دی تست؛ فحستین و ب سایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۱۰

آزمون (نیمه‌تمام) ورود به دوره‌های دکتری – کد (۲۲۳۷) ۲۷۶F

- ۲۵- دو کره هر یک به شعاع R با چگالی بار حجمی یکنواخت ρ_0 و ρ_0 - طوری قرار گرفته‌اند که مطابق شکل زیر با یکدیگر هم‌پوشانی دارند. بردار \vec{d} مرکز این دو کره را بهم وصل می‌کند و جهت آن از سمت کره مثبت به کره منفی است. میدان الکتریکی در ناحیه‌ای که دو کره با یکدیگر هم‌پوشانی دارند کدام است؟ (\vec{E} بردار مکان نقطه‌ای داخل ناحیه هم‌پوشانی نسبت به مرکز کره مثبت است).



$$\frac{\rho_0}{3\epsilon_0} \hat{d} \quad (1)$$

$$\frac{\rho_0 r}{3\epsilon_0 d} \hat{d} \quad (2)$$

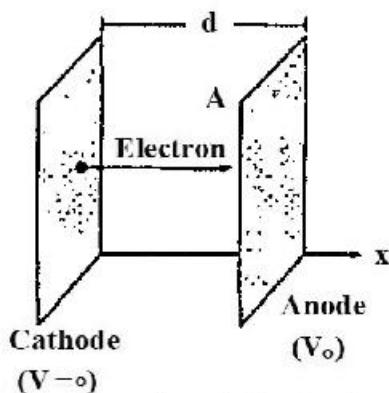
$$\frac{\rho_0 d}{3\epsilon_0 r} \hat{r} \quad (3)$$

$$\frac{\rho_0}{3\epsilon_0} (\hat{d} - \hat{r}) \quad (4)$$

- ۲۶- پتانسیل برداری در داخل و خارج از کره‌ای به شعاع R در مختصات کروی به شکل زیر داده شده است:

$$\vec{A}(\vec{r}) = \begin{cases} \alpha R r \sin \theta \hat{\phi} & r \leq R \\ \alpha R^4 \frac{1}{r^4} \sin \theta \hat{\phi} & r \geq R \end{cases}$$

- که α ضریبی ثابت است. اگر \vec{B}_1 میدان مغناطیسی در داخل کره و \vec{B}_2 میدان مغناطیسی در خارج کره باشد، کدام رابطه درست است؟



$$\vec{B}_1 \cdot \hat{r} - \vec{B}_2 \cdot \hat{r} = 2\alpha R \sin \theta \quad \text{for } r = R \quad (1)$$

$$\vec{B}_1 \cdot \hat{\theta} = \vec{B}_2 \cdot \hat{\theta} = 2\alpha R \cos \theta \quad \text{for } r = R \quad (2)$$

$$\vec{B}_1 \cdot \hat{\theta} - \vec{B}_2 \cdot \hat{\theta} = \alpha R \sin \theta \quad \text{for } r = R \quad (3)$$

$$\vec{B}_1 \cdot \hat{r} = \vec{B}_2 \cdot \hat{r} = 2\alpha R \cos \theta \quad \text{for } r = R \quad (4)$$

- ۲۷- موج الکترومغناطیسی یکنواختی در جهت $+z$ حرکت می‌کند و میدان الکتریکی آن برابر است با:

$$\vec{E} = 10 \sin(\omega t - \beta z) \hat{i} + 20 \cos(\omega t - \beta z) \hat{j}$$

- که ω و β ضریب‌هایی ثابت هستند. این موج در مسیر حرکت خود با صفحه رسانای کامل تختی واقع در $z=0$ برخورد می‌کند. بردار چگالی جریان سطحی روی صفحه رسانای کامل کدام است؟

$$\vec{K} = \frac{20\beta}{\mu_0 \omega} (-\sin \omega t \hat{i} - 2\cos \omega t \hat{j}) \quad (1)$$

$$\vec{K} = \frac{10\beta}{\mu_0 \omega} (\sin \omega t \hat{i} - 2\cos \omega t \hat{j}) \quad (2)$$

$$\vec{K} = \frac{20\beta}{\mu_0 \omega} (\sin \omega t \hat{i} + 2\cos \omega t \hat{j}) \quad (3)$$

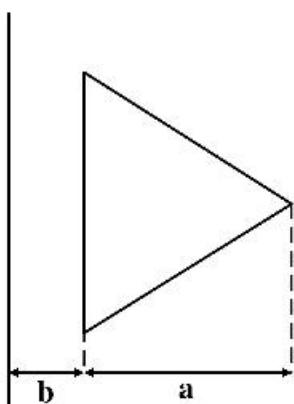
$$\vec{K} = \frac{10\beta}{\mu_0 \omega} (-\sin \omega t \hat{i} + 2\cos \omega t \hat{j}) \quad (4)$$

پی اچ دی تست؛ فحستین و ب سایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۱۱

آزمون (نیمه‌تمام) ورود به دوره‌های دکتری – کد (۲۲۳۷) ۲۷۶F

- ۲۸- القای متقابل میان یک سیم رسانای مستقیم بسیار بلند و یک حلقه سیم به شکل مثلث متساوی‌الاضلاع که مطابق شکل زیر در یک صفحه قرار دارند، کدام است؟ (a ارتفاع مثلث و b فاصله ضلع موازی با سیم مستقیم تا آن سیم، است.)



$$\frac{\mu_0 \sqrt{3}}{\pi} \left((a+b) \ln \frac{a+b}{a} - b \right) \quad (1)$$

$$\frac{\mu_0 \sqrt{3}}{\pi} \left((a+b) \ln \frac{a+b}{b} - a \right) \quad (2)$$

$$\frac{\mu_0}{\pi \sqrt{3}} \left((a+b) \ln \frac{a+b}{a} - b \right) \quad (3)$$

$$\frac{\mu_0}{\pi \sqrt{3}} \left((a+b) \ln \frac{a+b}{b} - a \right) \quad (4)$$

- ۲۹- در ناحیه‌ای از فضا که خالی از چشمی بار و جریان الکتریکی است، میدان مغناطیسی برابر است با:

$$\vec{H}(x,y,t) = \sin(\alpha x) \sin(\beta y) \cos(\omega t) \hat{i}$$

- که α ، β و ω ضریب‌های ثابتی هستند. برای آن که این میدان مغناطیسی در معادله‌های ماکسول صدق کند، چه رابطه‌ای میان این ضریب‌های ثابت باید وجود داشته باشد؟ (ε و μ_0 به ترتیب ضریب‌های گذردگی الکتریکی و نفوذپذیری مغناطیسی ثابت در ناحیه مورد نظر هستند.)

$$\alpha^2 + \beta^2 - \epsilon \mu_0 \omega^2 = 0 \quad (1)$$

$$\alpha^2 + \beta^2 + \epsilon \mu_0 \omega^2 = 0 \quad (2)$$

$$(\alpha + \beta)^2 - \epsilon \mu_0 \omega^2 = 0 \quad (3)$$

$$(\alpha + \beta)^2 + \epsilon \mu_0 \omega^2 = 0 \quad (4)$$

- ۳۰- توان تشعشعی در واحد زاویه فضایی برای ذره‌ای با بار الکتریکی q که روی یک خط مستقیم با سرعت \vec{v} و شتاب \vec{a} در حرکت است توسط رابطه زیر داده می‌شود:

$$\frac{dP}{d\Omega} = \frac{q^2 c^2}{16\pi^2 \epsilon_0} \frac{|\hat{n} \times (\hat{n} \times \vec{a})|^2}{(\vec{c} - \hat{n} \cdot \vec{v})^5}$$

- توان کل تابشی از این ذره باردار کدام است؟ \hat{n} برداریکه در امتداد محل مشاهده، c تنید نور در خلا و $\gamma = \left(1 - (v/c)^2\right)^{-1/2}$ است.

$$P = \frac{\mu_0 q^2 a^2 \gamma^2}{4\pi c} \quad (1)$$

$$P = \frac{\mu_0 q^2 a^2 \gamma^2}{3\pi c} \quad (2)$$

$$P = \frac{\mu_0 q^2 a^2 \gamma^2}{6\pi c} \quad (3)$$

$$P = \frac{\mu_0 q^2 a^2 \gamma^2}{2\pi c} \quad (4)$$

پی اچ دی تست؛ فحستین و ب سایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۱۲

آزمون (نیمه‌تمام) ورود به دوره‌های دکتری – کد (۲۲۳۷)

- ۳۱ - ۶ ذره تمیزبندیر می‌توانند سه تراز انرژی را اشغال کنند. هر یک از ترازها می‌تواند با ۲ ذره اشغال شود. اگر تبهگنی هر یک از سه تراز ۲ باشد، چند امکان برای اشغال شدن این ترازها به وسیله این ذرات وجود دارد؟

۷۲۰ (۱)

۵۷۶۰ (۲)

۴۶۰۸۰ (۳)

۱۱۵۲۰ (۴)

- ۳۲ - آنتروپی یک گاز ایدئال تکاتمی مت Shankl از ذراتی به جرم m در حجم V و دمای T به صورت

$$n_Q(T) = \left(\frac{mkT}{2\pi\hbar^2} \right)^{\frac{3}{2}} \quad S = Nk \left[\ln \left(\frac{V n_Q(T)}{N} \right) + \frac{5}{2} \right] \\ - kT \ln \left(\frac{V n_Q(T)}{N} \right) \quad (۱)$$

$$-\frac{kT}{2} \ln \left(\frac{V n_Q(T)}{N} \right) \quad (۲)$$

$$-kT \left[\ln \left(\frac{V n_Q(T)}{N} \right) + \frac{3}{2} \right] \quad (۳)$$

$$-\frac{kT}{2} \left[\ln \left(\frac{V n_Q(T)}{N} \right) + \frac{3}{2} \right] \quad (۴)$$

- ۳۳ - تغییر آنتروپی یک مول گاز ایدئال تکاتمی در تحولی از حالت تعادل اولیه (T_1, V_1) به حالت تعادل نهایی $\left(2T_1, \frac{V_1}{2}\right)$ بر حسب ثابت گازها، R ، چقدر است؟

$\frac{3R}{2} \ln 2$ (۱)

$\frac{R}{2} \ln 2$ (۲)

$R \ln 2$ (۳)

$2R \ln 2$ (۴)

پی اچ دی تست؛ فحستین و ب سایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۱۳

آزمون (نیمه‌تمام) ورود به دوره‌های دکتری – کد (۲۲۳۷)

۳۴ - هامیلتونی دستگاهی متتشکل از N نوسانگر هماهنگ ساده سه‌بعدی است. $H = \sum_{i=1}^N \left(\frac{\vec{p}_i \cdot \vec{p}_i}{2m} + \frac{1}{2} m\omega^2 \vec{r}_i \cdot \vec{r}_i \right)$

در مجموعه آماری کانوئیک که دستگاه در تعادل گرمایی با منبعی به دمای T است، انرژی داخلی این دستگاه کدام است؟ (onusانگرهای را کلاسیکی در نظر بگیرید.)

$\frac{1}{2} NkT$ (۱)

NkT (۲)

$\frac{3}{2} NkT$ (۳)

$3NkT$ (۴)

۳۵ -تابع پارش یک دستگاه ترمودینامیکی در مجموعه آماری کانوئیک $\langle E^r \rangle = \sum_i g_i \exp(-\beta E_i) Q =$ است. مقدار $\left(\beta = \frac{1}{kT} \right)$ کدام است؟

$\frac{k^r T^r}{Q} \frac{\partial^r Q}{\partial T^r}$ (۱)

$\frac{1}{Q} \frac{\partial^r \ln Q}{\partial \beta^r}$ (۲)

$\frac{1}{Q} \frac{\partial^r Q}{\partial \beta^r}$ (۳)

$\frac{k^r T^r}{Q} \frac{\partial^r \ln Q}{\partial T^r}$ (۴)

۳۶ - انرژی داخلی یک دستگاه شامل N ذره هر یک دارای ممان دوقطبی مغناطیسی μ_B در میدان مغناطیسی خارجی یکنواخت \bar{B} ، در دمای T به صورت $U = -N \mu_B B \tanh\left(\frac{\mu_B B}{kT}\right)$ است. ظرفیت گرمایی این دستگاه در دمای θ بالا بر حسب کدام است؟

$\frac{Nk}{4} \left(\frac{\theta}{T} \right)$ (۱)

$\frac{Nk}{2} \left(\frac{\theta}{T} \right)^r$ (۲)

$\frac{Nk}{4} \left(\frac{\theta}{T} \right)^r$ (۳)

$\frac{Nk}{2} \left(\frac{\theta}{T} \right)$ (۴)

پی اچ دی تست؛ فحستین و ب سایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۱۴

آزمون (نیمه‌تمام) ورود به دوره‌های دکتری – کد (۲۲۳۷) ۲۷۶F

۳۷- جرم مولی لیتیوم $\frac{g}{mol}$ ۶/۹ و چگالی آن $\frac{g}{cm^3}$ ۰/۵۳ است. دمای فرمی لیتیوم بر حسب کلوین به کدام دما نزدیک‌تر است؟

$$k = ۱/۳۸ \times ۱۰^{-۲۲} \frac{J}{K} \quad N_A = ۶/۰۴ \times ۱۰^{۲۳} mol^{-1}, m_e = ۹/۱ \times ۱۰^{-۳۱} kg, h = ۶/۶۳ \times ۱۰^{-۳۴} J.s$$

(۱) ۵۰

(۲) ۵۰۰

(۳) ۵۰۰۰

(۴) ۵۰۰۰۰

۳۸- کدام عبارت در مورد ویژگی‌های میکروسکوپ روبشی تونلی (STM) نادرست است؟

(۱) این میکروسکوپ فقط در شرایط دماهای پایین و خلاء‌های بسیار بالا کار می‌کند.

(۲) قدرت تفکیک این میکروسکوپ در حدود $۱ nm$ است و برای تولید نانوساختارها نیز به کار می‌رود.

(۳) معمولاً در حالت جریان ثابت استفاده می‌شود اما سرعت روبش در این مد نسبت به حالت ارتفاع ثابت کمتر است.

(۴) با اندازه‌گیری جریان تونلی به صورت قابلی از ولتاژ اعمالی می‌توان مستقیماً تابع چگالی حالات الکترونی موضعی سطح را محاسبه کرد.

۳۹- کدام روش یا ابزار برای تعیین ترکیب شیمیایی مواد در یک نانوساختار مناسب نیست؟

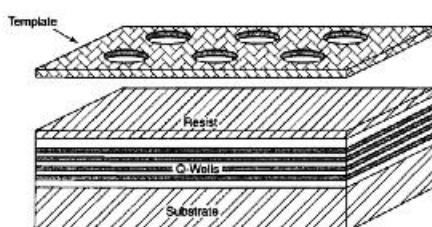
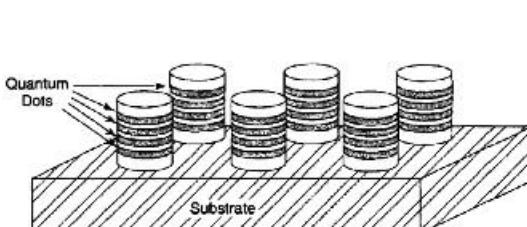
(۱) طیف‌نگاری الکترونی اوزه (auger electron spectroscopy)

(۲) طیف‌نگاری همبستگی الکترون (photon correlation spectroscopy)

(۳) طیف‌نگاری جرمی یون‌های ثانویه (secondary ion mass spectroscopy)

(۴) میکروسکوپی الکترونی عبوری روبشی (scanning transmission electron microscopy)

۴۰- از یک چاه کوانتمومی چندگانه (شکل سمت راست) با روش لیتوگرافی یک آرایه ۶ ستونه از نقاط کوانتمومی هر کدام شامل ۴ نقطه کوانتمومی (شکل سمت چپ) ساخته می‌شود. طیف فوتولومینسانس آرایه ساخته شده نسبت به چاه کوانتمومی اولیه چه تغییری می‌کند؟



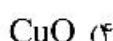
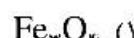
(۱) تغییری نمی‌کند.

(۲) بسیار قوی‌تر است.

(۳) بسیار ضعیفتر است.

(۴) بسته به روش لیتوگرافی ممکن است کمی ضعیفتر یا قوی‌تر باشد.

۴۱- نانوذرات کدام ماده برای تشخیص سلول‌های سرطانی موجود در خون یک تومور در مراحل اولیه استفاده می‌شود؟



پی اچ دی تست؛ نخستین وب سایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۱۵

آزمون (نیمه‌تمترکز) ورود به دوره‌های دکتری – کد (۲۲۳۷) ۲۷۶F

۴۲- نانوذرات طلا در آزمایشگاه به چه رنگی دیده می‌شوند؟

- (۱) نارنجی
- (۲) زرد
- (۳) قرمز

(۴) بسته به ابعاد نانوذرات به رنگ‌های مختلف دیده می‌شوند.

۴۳- کدام عبارت در مورد ماده خالص C_6 در حالت جامد درست است؟

- (۱) ساختاری آمورف دارد که عایق الکتریکی است.
- (۲) کربستالی با ساختار bcc تشکیل می‌دهد که خاصیت فلزی دارد.
- (۳) کربستالی با ساختار fcc تشکیل می‌دهد که عایق الکتریکی است.
- (۴) ساختاری آمورف دارد که در دمای کمتر از ده کلوین خاصیت ابررسانایی دارد.

۴۴- برای تولید انبوه نانولوله‌های کربنی بهویژه تک دیواره خالص در مقیاس صنعتی کدام روش عملآمناسب‌تر و ارزان‌تر است و امکان کنترل بیشتری روی مورفولوژی و ساختار نانولوله‌های تولیدی وجود دارد؟

- (۱) رسوپ‌گذاری (انباشت) بخار شیمیایی با استفاده از گاز منواکسیدکربن (CO CVD)
- (۲) تخلیه قوس الکتریکی (arc discharge) همراه با استفاده از کاتالیزور فلزی
- (۳) کندوسوز (سایش) لیزری (laser ablation)

(۴) روش خود - تجمعی (self-assembly) در محیط گاز هیدروکربنی فوق بحرانی

۴۵- کدام عبارت در مورد خاصیت مقاومت مغناطیسی (magnetoresistance) نانولوله‌های کربنی درست است؟

- (۱) در تمام دماها، ضریب مقاومت الکتریکی نانولوله با تغییر میدان مغناطیسی تغییری نمی‌کند.
- (۲) در دمای اتاق، ضریب مقاومت الکتریکی نانولوله با افزایش شدت میدان مغناطیسی، افزایش می‌یابد.
- (۳) ضریب هدایت الکتریکی نانولوله در هر دمایی با افزایش میدان مغناطیسی کاهش می‌یابد.
- (۴) در دماهای پایین ($T \leq 1K$)، ضریب هدایت الکتریکی نانولوله با افزایش شدت میدان مغناطیسی، افزایش می‌یابد.

پی اچ دی تست؛ نخستین وب سایت تخصصی آزمون دکتری

صفحه ۱۶

آزمون (نیمه‌تمم‌کز) ورود به دوره‌های دکتری – کد (۲۲۳۷)