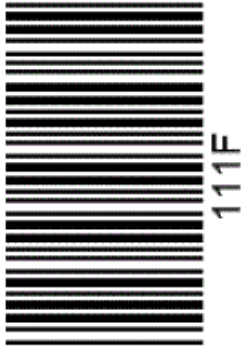


111

F



نام :

نام خانوادگی :

محل امضاء :

صبح جمعه

۹۲/۱۲/۱۶

دفترچه شماره (۱)



اگر دانشگاه اصلاح شود مملکت اصلاح می‌شود.

امام خمینی (ره)

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

**آزمون ورودی**  
**دوره‌های دکتری (نیمه متمرکز) داخل**  
**سال ۱۳۹۳**

**نانوفیزیک**  
**نانوفوتونیک - نانو ساختارها (کد ۲۲۳۷)**

مدت پاسخگویی: ۱۵۰ دقیقه

تعداد سؤال: ۴۵

عنوان مواد امتحانی، تعداد و شماره سؤالات

ردیف	مواد امتحانی	تعداد سؤال	از شماره	تا شماره
۱	مجموعه دروس تخصصی (فیزیک پایه ۱ و ۲ و ۳ (شامل کل کتاب فیزیک هالیدی آخرین ویرایش) - مکانیک کوانتومی پیشرفته - الکتروپنایمیک - مکانیک آماری پیشرفته ۱- مبانی نانوتکنولوژی)	۴۵	۱	۴۵

اسفندماه سال ۱۳۹۲

این آزمون نمره منفی دارد.

استفاده از ماشین حساب مجاز نمی‌باشد.

۱- از سه ثابت جهانی  $c$  سرعت نور،  $G$  ثابت جهانی گرانش و  $h$  ثابت پلانک کدام کمیت بعد جرم را دارد؟

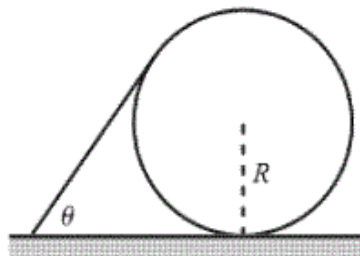
$$(1) \left(\frac{cG}{h}\right)^{\frac{1}{3}}$$

$$(2) \left(\frac{hc}{G}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$(3) \left(\frac{h}{cG}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$(4) \left(\frac{G}{hc}\right)^{\frac{1}{3}}$$

۲- در شکل زیر یک سر میله‌ای با چگالی جرمی در واحد طول  $\lambda$  روی سطح افقی زمین و سر دیگر آن روی حلقه‌ای به شعاع  $R$  قرار دارد. میله با افق زاویه  $\theta = 60^\circ$  می‌سازد و بر حلقه مماس است و حلقه در صفحه قائم قرار دارد. اصطکاک در تمام نقاط تماس وجود دارد و آن قدر بزرگ است که مجموعه را در حالت سکون نگه دارد. نیروی اصطکاک میان زمین و حلقه کدام است؟



$$(1) \frac{1}{4} \lambda g R$$

$$(2) \frac{1}{2} \lambda g R$$

$$(3) \frac{\sqrt{3}}{4} \lambda g R$$

$$(4) \frac{\sqrt{3}}{2} \lambda g R$$

۳- ذره‌ای به جرم  $m$  در لحظه  $t = 0$  از نقطه  $x_0$  روی محور  $x$  ها تحت تاثیر پتانسیل  $V(x) = -A|x|^{5/3}$  به سمت مبدا مختصات حرکت می‌کند. اگر ذره فقط آن قدر انرژی داشته باشد تا به مبدا مختصات برسد، در چه مدت زمانی به مبدا مختصات خواهد رسید؟  $A$  ضریب ثابت مثبتی است.

$$(1) \frac{3}{5} \sqrt{\frac{m}{A}} x_0^{5/3}$$

$$(2) \frac{4}{3} \sqrt{\frac{m}{2A}} x_0^{3/4}$$

$$(3) \frac{6}{5} \sqrt{\frac{m}{2A}} x_0^{5/6}$$

$$(4) \frac{6}{5} \sqrt{\frac{m}{A}} x_0^{5/6}$$

۴- جسم متحرکی به جرم  $m$  با جسم ساکن دیگری به جرم  $2m$  برخورد الاستیک می‌کند. اگر پس از برخورد بردار سرعت جسم  $m$  برابر  $\vec{v}_1$  و بردار سرعت جسم  $2m$  برابر  $\vec{v}_2$  باشد کدام رابطه همواره درست است؟

$$\vec{v}_2 \cdot (2\vec{v}_2 - \vec{v}_1) = 0 \quad (1)$$

$$\vec{v}_2 \cdot (\vec{v}_2 + 2\vec{v}_1) = 0 \quad (2)$$

$$\vec{v}_1 \times (\vec{v}_2 + 2\vec{v}_1) = 0 \quad (3)$$

$$\vec{v}_1 \times (2\vec{v}_2 - \vec{v}_1) = 0 \quad (4)$$

۵- ذره‌ای به جرم  $m$  تحت تاثیر پتانسیل  $V(x) = -Cx^n e^{-ax}$  در راستای محور  $x$  ها حرکت می‌کند. بسامد زاویه‌ای نوسانات بسیار کوچک ذره حول نقطه تعادل آن کدام است؟  $C$  و  $a$  ضرایب ثابت مثبتی هستند.

$$\sqrt{\frac{Ca^{n-2}}{me^{-n}n^{n-2}}} \quad (1)$$

$$\sqrt{\frac{Ce^{-n}n^{n-1}}{ma^{n-1}}} \quad (2)$$

$$\sqrt{\frac{e^{-n}n^{n-2}}{Cma^{n-2}}} \quad (3)$$

$$\sqrt{\frac{Ce^{-n}n^{n-1}}{ma^{n-2}}} \quad (4)$$

۶- یک توزیع بار پیوسته در ناحیه  $0 \leq x \leq 1$ ،  $0 \leq y \leq 1$ ،  $0 \leq z \leq 1$  به شکل

$$\rho = 4 \times 10^{-6} (x^2 + y^2 + z^2)^{5/2}$$

موجود است و در بقیه فضا بار الکتریکی وجود ندارد.  $E_x$  مولفه  $x$  میدان الکتریکی در مبدا مختصات چند ولت بر متر است؟ تمام واحدها در سیستم SI داده شده است.

$$2/1 \times 10^4 \quad (1)$$

$$4/2 \times 10^5 \quad (2)$$

$$2/3 \times 10^{-6} \quad (3)$$

$$5/5 \times 10^{-3} \quad (4)$$

۷- در ناحیه  $z < 0$  یک رسانای بسیار بزرگ هست که در مرز آن که واقع در صفحه  $z = 0$  است بار الکتریکی آزاد با چگالی سطحی ثابت  $\sigma_0$  تئزیز شده است. در ناحیه  $z > 0$  توزیع بار حجمی پیوسته‌ای با چگالی  $\rho = \rho_0 e^{-\alpha z}$  وجود دارد که در آن  $\rho_0$  و  $\alpha$  ضریب‌های ثابتی هستند. میدان الکتریکی در نقطه‌ای در ناحیه  $z > 0$  کدام است؟

$$\vec{E} = \left( \frac{\sigma_0}{\epsilon_0} + \frac{\rho_0}{\alpha \epsilon_0} e^{-\alpha z} \right) \hat{k} \quad (1)$$

$$\vec{E} = \left( \frac{\sigma_0}{\epsilon_0} - \frac{\rho_0}{\alpha \epsilon_0} e^{-\alpha z} \right) \hat{k} \quad (2)$$

$$\vec{E} = \left( \frac{\sigma_0}{\epsilon_0} - \frac{\rho_0}{\alpha \epsilon_0} (1 - e^{-\alpha z}) \right) \hat{k} \quad (3)$$

$$\vec{E} = \left( \frac{\sigma_0}{\epsilon_0} + \frac{\rho_0}{\alpha \epsilon_0} (1 - e^{-\alpha z}) \right) \hat{k} \quad (4)$$

۸- یک ذره بنیادی خنثی در ناحیه‌ای از فضا که میدان مغناطیسی یکنواخت با اندازه  $\Delta mT$  وجود دارد در حال سکون است. این ذره به یک الکترون  $e^-$  و یک پوزیترون  $e^+$  تلاشی می‌یابد. مسیرهای  $e^+$  و  $e^-$  در صفحه‌ای عمود بر میدان مغناطیسی قرار دارد. پس از چه مدت این الکترون و پوزیترون با هم برخورد می‌کنند؟  $m_e = 9 \times 10^{-31} \text{ kg}$  و  $|e| = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

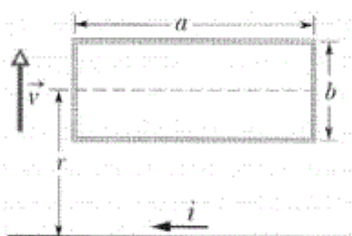
$$1/12 \text{ ps} \quad (1)$$

$$3/53 \text{ ps} \quad (2)$$

$$3/53 \text{ ns} \quad (3)$$

$$7/06 \text{ ns} \quad (4)$$

۹- حلقه مستطیل شکلی به طول  $a = 3 \text{ cm}$  و عرض  $b = 1/5 \text{ cm}$  و مقاومت الکتریکی  $R = 4 \text{ m}\Omega$  مطابق شکل زیر در کنار یک سیم مستقیم بی‌نهایت طویل حامل جریان  $i = 5 \text{ A}$  قرار دارد. سیم مستقیم و حلقه در یک صفحه قرار دارند. اگر حلقه با سرعت ثابت  $v = 7 \text{ m/s}$  شروع به دور شدن از سیم مستقیم کند، اندازه جریان القایی هنگامی که مرکز حلقه به فاصله  $r = 3b$  از سیم مستقیم قرار دارد چند میکروآمپر است؟



$$0/8 \quad (1)$$

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

$$360 \quad (3)$$

$$400 \quad (4)$$

۱۰- چگالی جریان داخل یک سیم استوانه‌ای بسیار طویل به شعاع  $R = 5 \text{ cm}$  در امتداد محور استوانه است و اندازه آن با فاصله شعاعی  $r$  از محور دوران به شکل  $J = J_0 \frac{r}{R}$  تغییر می‌کند که در آن  $J_0 = 100 \text{ A/m}^2$  است. اندازه میدان مغناطیسی در  $r = R/2$  تقریباً چند میکروتسلا است؟

(۱) ۰/۵۲

(۲) ۰/۷۸

(۳) ۵۲

(۴) ۷۸

۱۱- معادله یک موج عرضی که بر روی یک ریسمان در حال انتشار است به شکل  $y = 0.15 \sin(6/28x - 14t)$  که در آن  $x$  و  $y$  بر حسب متر و  $t$  بر حسب ثانیه است. موج دومی به این موج چنان افزوده می‌شود که امواج ساکن بر روی ریسمان تشکیل می‌شود. معادله موج دوم کدام است و فاصله دو گره متوالی از هم چند متر است؟

(۱)  $y = 0.3 \sin(3/14x - 7t)$  ، ۰/۲۵

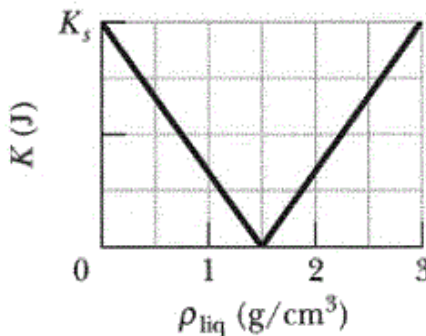
(۲)  $y = 0.15 \sin(6/28x + 14t)$  ، ۰/۵

(۳)  $y = 0.15 \sin(3/14x - 14t)$  ، ۰/۴

(۴)  $y = 0.15 \sin(6/28x + 7t)$  ، ۱

۱۲- در داخل یک مایع یک گلوله کوچک از حالت سکون رها می‌شود و انرژی جنبشی آن پس از آن که  $4 \text{ cm}$  در مایع حرکت کرد اندازه‌گیری می‌شود. در نمودار زیر نتایج این آزمایش برای مایع‌های مختلف آورده شده است. در این نمودار انرژی جنبشی  $K$  بر حسب چگالی مایع  $\rho_{\text{liq}}$  رسم شده و  $K_s = 4/8 \text{ J}$  است.

چگالی و حجم گلوله به ترتیب از راست به چپ بر حسب  $\text{gr/cm}^3$  و  $\text{cm}^3$  کدام است؟  $g = 10 \text{ m/s}^2$



(۱) ۲۰۰۰ ، ۱/۵

(۲) ۸۰۰۰ ، ۱/۵

(۳) ۴۰۰۰ ، ۳

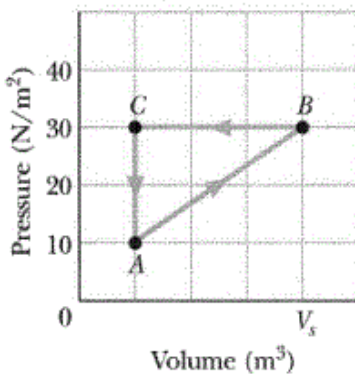
(۴) ۴۸۰۰ ، ۲/۵



۱۳- امواجی با فرکانس  $160 \text{ kHz}$  از یک ایستگاه ساکن روی زمین به سمت یک سواری که در حال نزدیک شدن به ایستگاه با تندی  $72 \text{ km/h}$  است فرستاده می‌شود. فرکانس امواجی که پس از بازتاب به ایستگاه می‌رسند چند کیلو هرتز است؟ سرعت صوت در هوا  $340 \text{ m/s}$  است.

- (۱) ۱۴۲
- (۲) ۱۶۰
- (۳) ۱۷۰
- (۴) ۱۸۰

۱۴- یک گاز درون یک ظرف بسته فرایند چرخه‌ای مطابق شکل زیر را انجام می‌دهد. مقدار  $V_g = 4 \text{ m}^3$  است. مقدار حرارتی که سیستم با محیط در هر چرخه مبادله می‌کند بر حسب ژول کدام است؟



- (۱) -۶۰
- (۲) -۳۰
- (۳) +۳۰
- (۴) +۶۰

۱۵- در محدوده دمایی  $310 \text{ K}$  تا  $330 \text{ K}$  فشار یک گاز غیر ایده‌آل  $p$  با حجم آن  $V$  از طریق رابطه  $p = (25 \text{ J/K}) \frac{T}{V} - (0.005 \text{ J/K}^2) \frac{T^2}{V}$  به یکدیگر مربوطند. مقدار کاری که این گاز در فشار ثابت هنگام افزایش دمای از  $315 \text{ K}$  به  $325 \text{ K}$  انجام می‌دهد چند ژول است؟

- (۱) ۲۱۸
- (۲) ۲۵۰
- (۳) ۷۳۷۹
- (۴) ۷۵۹۷

۱۶- باریکه‌ای از اتم‌هایی غیرقطبیده با اسپین  $\frac{1}{2}$  از مجموعه‌ای از دستگاه‌های اشترن گراخ عبور می‌کند. دستگاه اول فقط اتم‌های با  $S_y = -\frac{\hbar}{2}$  را عبور می‌دهد. دستگاه دوم فقط اتم‌های با  $S_n = +\frac{\hbar}{2}$  را عبور می‌دهد که  $S_n$  ویژه مقدار عملگر  $\vec{S} \cdot \hat{n}$  است و  $\hat{n} = \frac{1}{\sqrt{2}}(\hat{i} - \hat{k})$ . دستگاه سوم فقط اتم‌های  $S_z = -\frac{\hbar}{2}$  را عبور می‌دهد. شدت باریکه‌ای که از دستگاه سوم خارج می‌شود چند برابر شدت باریکه ورودی به دستگاه اول است؟

$$\frac{1}{8} \quad (۱)$$

$$\frac{2 + \sqrt{2}}{8} \quad (۲)$$

$$\frac{1}{2\sqrt{2}} \quad (۳)$$

$$\frac{2 + \sqrt{2}}{16} \quad (۴)$$

۱۷- الکترونی در لحظه  $t = 0$  در حالت  $\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ i \end{pmatrix}$  قرار دارد. هامیلتونی ذره  $H = \epsilon_0 \cos \omega t \sigma_y$  است. بردار حالت ذره در لحظه دلخواه  $t > 0$  کدام است؟

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} \cos\left(\frac{\epsilon_0}{\hbar\omega} \cos \omega t\right) \\ i \sin\left(\frac{\epsilon_0}{\hbar\omega} \cos \omega t\right) \end{pmatrix} \quad (۱)$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} e^{-i\frac{\epsilon_0}{\hbar\omega} \cos \omega t} \\ i e^{i\frac{\epsilon_0}{\hbar\omega} \cos \omega t} \end{pmatrix} \quad (۲)$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}} e^{-i\frac{\epsilon_0}{\hbar\omega} \sin \omega t} \begin{pmatrix} 1 \\ i \end{pmatrix} \quad (۳)$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}} e^{-i\frac{\epsilon_0}{\hbar\omega} \cos \omega t} \begin{pmatrix} 1 \\ i \end{pmatrix} \quad (۴)$$

۱۸- برای نوسانگر هماهنگ یک بعدی در راستای  $x$  به جرم  $m$  و ثابت فنر  $k$  در تصویر هایزنبرگ کدام رابطه

نادرست است؟  $p_0$  عملگر تکانه خطی در لحظه  $t = 0$  و  $U = \frac{1}{2}kx^2$  است.

$$\dot{x} = \frac{p}{m} \quad (1)$$

$$\dot{p} = -kx \quad (2)$$

$$\dot{U} = \frac{k}{m}(xp + px) \quad (3)$$

$$p(t) = p_0 \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}} t\right) \quad (4)$$

۱۹- هامیلتونی ذره‌ای با اسپین  $s$  به شکل  $H = AS_z^2 + B(S_x^2 + S_y^2)$  است که در آن مولفه‌های عملگر

اسپین  $A$  و  $B$  ضریب‌های ثابت حقیقی هستند به طوری که  $A > B > 0$ . انرژی پایه این سیستم کدام است؟

$$-B(s^2 - s)\hbar^2 \quad (1)$$

$$B(s^2 + s)\hbar^2 \quad (2)$$

$$(A - B)(s^2 + s)\hbar^2 \quad (3)$$

$$(As^2 - Bs)\hbar^2 \quad (4)$$

۲۰- بردار حالت یک الکترون به شکل  $\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} 2 \\ i \end{pmatrix}$  است. اگر این الکترون حول محور  $x$  به اندازه  $60^\circ$  درجه در

جهت مثبت مثلثاتی دوران داده شود، بردار حالت الکترون پس از دوران کدام است؟

$$\frac{1}{2\sqrt{5}} \begin{pmatrix} 2i\sqrt{3} - 1 \\ 1 + 2i\sqrt{3} \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$\frac{1}{2\sqrt{5}} \begin{pmatrix} 2 - i\sqrt{3} \\ 2i - \sqrt{3} \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$\frac{1}{2\sqrt{5}} \begin{pmatrix} 2 + \sqrt{3} \\ i(-2\sqrt{3} + 1) \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$\frac{1}{2\sqrt{5}} \begin{pmatrix} 2\sqrt{3} + 1 \\ i(-2 + \sqrt{3}) \end{pmatrix} \quad (4)$$



۲۱- اگر  $\Theta$  عملگر وارونی زمان،  $x_i$  مولفه های عملگر مکان،  $p_i$  مولفه های عملگر تکانه خطی،  $J_i$  مولفه های عملگر تکانه زاویه ای کل و  $T = \frac{p^2}{2m}$  عملگر انرژی جنبشی باشند، کدام رابطه نادرست است؟

$$\Theta J_i \Theta^{-1} = -J_i \quad (1)$$

$$\Theta T \Theta^{-1} = T \quad (2)$$

$$\Theta x_i \Theta^{-1} = -x_i \quad (3)$$

$$\Theta p_i \Theta^{-1} = -p_i \quad (4)$$

۲۲- در برهمکنش تابشی با تک بسامد زاویه ای  $\omega$  با اتم هیدروژن در صورتی که طول موج تابش ... باشد تقریب دوقطبی الکتریکی صادق است و گذار از تراز  $|n, j, m\rangle$  به تراز  $|n', j', m'\rangle$  در حالتی که ... باشد ممنوع است.

$$(1) \text{ از ابعاد اتم بسیار بزرگتر، } m \neq m', m' \pm 1$$

$$(2) \text{ از ابعاد اتم بسیار کوچکتر، } m = m' \pm 1$$

$$(3) \text{ از ابعاد اتم بسیار بزرگتر، } j = j' + 1$$

$$(4) \text{ از ابعاد اتم بسیار کوچکتر، } j = j'$$

۲۳- در پراکندگی کشسان با انرژی بالا ( $kR \gg 1$ ) از کره سختی به شعاع  $R$  سطح مقطع پراکندگی کل چند برابر  $\pi R^2$  است؟

$$(1) 1$$

$$(2) 2$$

$$(3) 3$$

$$(4) 4$$

۲۴- در یک کابل هم محور بسیار طویل رسانای داخلی استوانه ای توپر به شعاع  $R_1$  در پتانسیل  $V_0$  و رسانای خارجی پوسته ای نازک به شعاع  $R_2$  در پتانسیل  $V_0/2$  است. اندازه میدان الکتریکی در نقطه ای میان دو رسانا و به فاصله  $r$  از محور استوانه ها ( $R_1 < r < R_2$ ) کدام است؟

$$(1) \frac{R_1 V_0}{2R_2 r}$$

$$(2) \frac{R_2 V_0}{2R_1 r}$$

$$(3) \frac{1}{2} \ln \left( \frac{R_2}{R_1} \right) \frac{V_0}{r}$$

$$(4) \frac{1}{2 \ln \left( \frac{R_2}{R_1} \right)} \frac{V_0}{r}$$

۲۵- یک حلقه نازک رسانا به شعاع  $a$  و بار الکتریکی کل  $Q$  جلوی یک تیغه رسانای بی نهایت زمین شده قرار دارد به طوری که صفحه حلقه موازی تیغه و فاصله مرکز حلقه تا تیغه برابر  $d$  است. پتانسیل الکتریکی در مرکز حلقه کدام است؟

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

$$(2) \quad \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 a} - \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 \sqrt{a^2 + 2d^2}}$$

$$(3) \quad \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 a} - \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 \sqrt{a^2 + 4d^2}}$$

$$(4) \quad \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 d} - \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 \sqrt{a^2 + 2d^2}}$$

۲۶- فرض کنید  $N$  رسانا با وضعیت هندسی ثابت در فضا موجود است. به جز رسانای  $J$  ام که بار آن  $Q_J$  است سایر رساناها بدون بارند. حال اگر بار رسانای  $J$  ام  $\lambda$  برابر شود ...

(۱) پتانسیل در تمام نقاط فضا و روی سایر رساناها  $\lambda$  برابر می شود.

(۲) پتانسیل در تمام نقاط فضا و روی سایر رساناها  $\alpha\lambda$  برابر می شود که  $\alpha < 1$  است.

(۳) پتانسیل در تمام نقاط فضا خارج از رساناها  $\lambda$  برابر و روی سایر رساناها تغییری نمی کند.

(۴) پتانسیل در تمام نقاط فضا خارج از رساناها  $\alpha\lambda$  و روی سایر رساناها  $\beta\lambda$  برابر می شود که  $\beta < \alpha < 1$  است.

۲۷- کره مغناطیسی به شعاع  $R$  و قطبش مغناطیسی دائمی یکنواخت  $\vec{M}_0$  را در نظر بگیرید. ضریب تراوایی مغناطیسی کره  $\mu_1$  و ضریب تراوایی مغناطیسی محیط اطراف کره  $\mu_2$  است. میدان  $H$  در یک نقطه داخل کره به فاصله  $r$  از مرکز کره کدام است؟

$$(1) \quad \vec{H} = \frac{\mu_0 \vec{M}_0}{2\mu_1 + \mu_2}$$

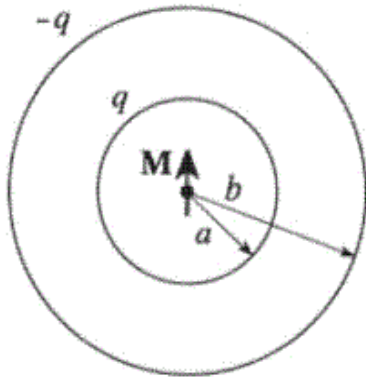
$$(2) \quad \vec{H} = \frac{-\mu_0 \vec{M}_0}{2\mu_2 + \mu_1}$$

$$(3) \quad \vec{H} = \frac{-\mu_0 M_0}{2\mu_2 + \mu_1} \hat{r}$$

$$(4) \quad \vec{H} = \frac{\mu_0 M_0}{2\mu_1 + \mu_2} \hat{r}$$

۲۸- بر روی دو پوسته کروی هم مرکز به شعاع‌های  $a$  و  $b$  ( $b > a$ ) به ترتیب بار  $+q$  و  $-q$  قرار دارد. یک دو قطبی مغناطیسی با گشتاور دو قطبی  $\vec{M}$  در مرکز دو کره وجود دارد.  $\vec{L}_{em}$  ممنتوم زاویه‌ای مربوط به میدان الکترومغناطیسی این سیستم کدام است؟ میدان مغناطیسی یک دو قطبی مغناطیسی در نقطه  $\vec{r}$  از آن

به شکل  $\vec{B}(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \left( \frac{3\vec{r}(\vec{r} \cdot \vec{m})}{r^5} - \frac{\vec{m}}{r^3} \right)$  است.



$$\frac{\mu_0 q}{2\pi} \left( \frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right) \vec{M} \quad (1)$$

$$\frac{\mu_0 q}{6\pi} \left( \frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right) \vec{M} \quad (2)$$

$$\frac{\mu_0^2 q}{2\pi} \left( \frac{1}{a^2} - \frac{1}{b^2} \right) \vec{M} \quad (3)$$

$$\frac{\mu_0^2 q}{\pi} \left( \frac{1}{a^2} - \frac{1}{b^2} \right) \vec{M} \quad (4)$$

۲۹- کدام عبارت در مورد پاشندگی امواج الکترومغناطیسی نادرست است؟

(۱) در پاشندگی عادی با افزایش فرکانس امواج، قسمت حقیقی ثابت دی الکتریک افزایش می‌یابد.

(۲) در نواحی از فرکانس که جذب تشدید رخ می‌دهد، قسمت موهومی ثابت دی الکتریک یک افت شدید دارد.

(۳) در نواحی از فرکانس که پاشندگی غیر عادی رخ می‌دهد، قسمت موهومی ثابت دی الکتریک افزایش قابل ملاحظه‌ای دارد.

(۴) در فرکانس‌های بسیار بالا ثابت دی الکتریک عددی حقیقی و کوچکتر از یک است و با افزایش فرکانس مقدار آن کمی افزایش می‌یابد.

۳۰- ذره بارداری به جرم سکون  $m_0$  و بار الکتریکی  $q$  تحت تاثیر میدان مغناطیسی  $\vec{B} = B\hat{k}$  با سرعت

زاویه‌ای  $\omega = \frac{|q|B}{\gamma m_0}$  در صفحه  $x-y$  دوران می‌کند که در آن  $\gamma = \left( 1 - \left( \frac{v}{c} \right)^2 \right)^{-\frac{1}{2}}$ . اگر شدت میدان

مغناطیسی با آهنگ بسیار کند  $B(t) = B_0 \frac{t}{T_0}$  افزایش یابد به طوری که  $T_0 \gg \frac{2\pi}{\omega}$  در این صورت کدام

عبارت نادرست است؟

(۱) تکانه خطی ذره به صورت  $\sqrt{B(t)}$  افزایش می‌یابد.

(۲) شعاع دوران به صورت  $\frac{1}{\sqrt{B(t)}}$  کاهش می‌یابد.

(۳) ممان دو قطبی مغناطیسی تولید شده به صورت  $\frac{1}{\gamma}$  کاهش می‌یابد.

(۴) تندی خطی ذره به صورت  $\frac{1}{\sqrt{B(t)}}$  کاهش می‌یابد.

۳۱- تغییر در انرژی گیبس یک دستگاه بسته در یک فرایند تک فشار کدام است؟

$$dG = T dS \quad (۱)$$

$$dG = -SdT \quad (۲)$$

$$dG = -SdT + PdV \quad (۳)$$

$$dG = TdS - PdV \quad (۴)$$

۳۲- آنتروپی یک گاز ایده‌ال متشکل از  $N$  ذره کلاسیکی تک اتمی، با انرژی کل ثابت  $E$ ، که در یک ظرف  $d$  بعدی به حجم  $V$  محبوس است در حد  $N \gg 1$  به شکل

$$S(E, V, N) = Nk_B \left\{ \ln \left[ \frac{V}{N} \left( \frac{4\pi m E}{d N h^2} \right)^{d/2} \right] + \frac{d+2}{2} \right\}$$

است. معادله حالت این گاز کدام است؟

$$PV = \frac{d}{2} Nk_B T \quad (۱)$$

$$PV = d Nk_B T \quad (۲)$$

$$PV = Nk_B T \quad (۳)$$

$$PV = \frac{2d}{2} Nk_B T \quad (۴)$$

۳۳- سیستم بسته ای متشکل از  $N$  ( $N \gg 1$ ) ذره یکسان کوانتومی است که بین سه تراز انرژی مختلف توزیع شده‌اند. بیشینه آنتروپی این سیستم کدام است؟ در حد  $N \gg 1$  از تقریب  $\ln(N!) \cong N \ln N - N$  استفاده شود.

$$Nk_B \ln 3 \quad (۱)$$

$$3 Nk_B \ln 2 \quad (۲)$$

$$Nk_B \ln(N/3) \quad (۳)$$

$$3 Nk_B \ln(N/2) \quad (۴)$$

۳۴- تابع پارش یک سیال کلاسیک متشکل از  $N$  ذره یکسان تمیزناپذیر در ظرفی به حجم  $V$  و دمای  $T$  کدام است؟  $q_i$  مختصه و  $p_i$  تکانه مزدوج ذره  $i$ ام و  $H(q, p)$  هامیلتونی سیستم است.  $\beta = 1/k_B T$

$$Z(T, V, N) = \frac{1}{N!} \int d^{3N}q d^{3N}p e^{-\beta H(q, p)} \quad (1)$$

$$Z(T, V, N) = \frac{1}{h^{3N}} \int d^{3N}q d^{3N}p e^{-\beta H(q, p)} \quad (2)$$

$$Z(T, V, N) = \frac{1}{h^{3N} N!} \int d^{3N}q d^{3N}p e^{-\beta H(q, p)} \quad (3)$$

$$Z(T, V, N) = \frac{1}{h^N N!} \int d^{3N}q d^{3N}p e^{-\beta H(q, p)} \quad (4)$$

۳۵- گاز ایده ال کلاسیکی متشکل از  $N$  مولکول دو اتمی تمیز ناپذیر است. هر مولکول دارای ممان دو قطبی الکتریکی  $\mu$  است و گاز در ظرفی به حجم  $V$  و دمای  $T$  محبوس است. یک میدان الکتریکی یکنواخت  $E = E_0 \hat{k}$  به این سیستم اعمال شده است. از برهمکنش میان مولکولها چشم پوشی می شود. بردار قطبش الکتریکی این سیستم کدام است؟  $\beta = 1/k_B T$

$$\frac{N}{V} \mu \cosh(\beta \mu E_0) \quad (1)$$

$$\frac{N}{V} \mu \sinh(\beta \mu E_0) \quad (2)$$

$$\frac{N}{V} \mu \left( \tanh(\beta \mu E_0) - \frac{1}{\beta \mu E_0} \right) \quad (3)$$

$$\frac{N}{V} \mu \left( \coth(\beta \mu E_0) - \frac{1}{\beta \mu E_0} \right) \quad (4)$$

۳۶- انرژی آزاد هلمهولتز یک ذره کوانتومی در چاه پتانسیل یک بعدی بی نهایت به عرض  $L$  در حد دماهای نزدیک صفر مطلق ( $T \rightarrow 0$ ) کدام است؟  $\theta = \frac{\hbar^2 \pi^2}{2 k_B m L^2}$  و  $m$  جرم ذره است.

$$-k_B \theta \quad (1)$$

$$k_B \theta \quad (2)$$

$$k_B T e^{-\frac{\theta}{T}} \quad (3)$$

$$-k_B \theta e^{-\frac{\theta}{T}} \quad (4)$$

۳۷- چگالی آلومینیوم  $^{27}\text{Al}$  برابر  $2.7 \text{ g/cm}^3$  و چگالی منگنز  $^{55}\text{Mn}$  برابر  $7.5 \text{ g/cm}^3$  است. با توجه به آن که در شبکه بلوری هر یک از این دو عنصر به ازای هر اتم یک الکترون رسانش وجود دارد در چارچوب مدل گاز فرمیونی آزاد، نسبت دمای فرمی آلومینیوم به دمای فرمی منگنز تقریباً کدام است؟

- (۱) ۰/۲۶
- (۲) ۰/۵۳
- (۳) ۱
- (۴) ۱/۹

۳۸- کدام عبارت در مورد روش نشست بخار شیمیایی نادرست است؟

- (۱) برای ساخت مواد فلزی، مواد نیمرسانا و سرامیک‌ها به کار می‌رود.
- (۲) در غالب سیستم‌ها این روش به دماهای بالا و فشارهای پایین نیاز دارد.
- (۳) فیلم‌های جامد تهیه شده به این روش فقط به صورت آمورف هستند.
- (۴) هسته‌زایی در فاز گاز همگن است در حالی که هسته‌زایی بر روی بستر به صورت ناهمگن است.

۳۹- کدام عبارت در مورد روش آلیاژسازی مکانیکی برای تولید نانو ذرات نادرست است؟

- (۱) این روش جزء روش‌های تولید بالا به پایین نانوذرات است.
- (۲) در این روش محصول نهایی یک پودر نانوساختار است. برای تولید قطعه یا نمونه‌های آزمایشگاهی نیاز به فشردن و تف جوشی است
- (۳) در روش آلیاژسازی مکانیکی ایجاد ساختار نانوکریستال مبتنی بر تغییر شکل پلاستیکی شدید ذرات پودر در اثر برخورد گلوله‌ها می‌باشد
- (۴) اندازه نانو ذرات بلوری فلزی تهیه شده به این روش، شدیداً به انرژی آسیاکاری در واحد زمان وابستگی دارد.

۴۰- نانولوله‌های کربنی با قطر ۱ تا ۵ نانومتر در روش ... و نانولوله‌های کربنی دو سر باز در روش ... تولید می‌شوند.

- (۱) قوس الکتریکی ، قوس الکتریکی
- (۲) لایه‌نشانی شیمیایی با بخار، قوس الکتریکی
- (۳) قوس الکتریکی، لایه‌نشانی شیمیایی با بخار
- (۴) لایه‌نشانی شیمیایی با بخار، لایه‌نشانی شیمیایی با بخار



۴۱- در طیف رامان نانو بلورها هر چه اندازه‌ی ذره ... می‌یابد طیف ... و به عدد موج‌های ... منتقل می‌شود.

- ۱) افزایش، پهن‌تر، بالاتر
- ۲) کاهش، تیزتر، بالاتر
- ۳) افزایش، تیزتر، پایین‌تر
- ۴) کاهش، پهن‌تر، پایین‌تر

۴۲- کدام عبارت در مورد خوشه‌های کربنی با تعداد اتم  $3 \leq N < 30$  نادرست است؟

- ۱) خوشه‌های با  $N$  زوج ساختار تک حلقه‌ای دارند.
- ۲) خوشه‌های با  $N$  فرد ساختاری خطی دارند.
- ۳) خوشه‌های با تعداد اتم‌های ۳، ۱۱، ۱۵، ۱۹، ۲۳ پایدارترند.
- ۴) زوایای پیوندهای کربنی در ساختارهای بسته دقیقاً  $120^\circ$  درجه است.

۴۳- کدام عبارت در مورد فولرین  $C_{60}$  نادرست است؟

- ۱) در حالت جامد مولکول‌های  $C_{60}$  یک شبکه بلوری bcc تشکیل می‌دهند.
- ۲) مولکول  $C_{60}$  دارای ۱۲ وجه پنج ضلعی منتظم و ۲۰ شش ضلعی منتظم است.
- ۳) در آزمایشی که یک قرص گرافیتی با کمک یک باریکه لیزری با شدت بالا گرم شده و سپس گاز هلیوم ناگهانی به آن دمیده می‌شود، خوشه‌های  $C_{60}$  تولید می‌شوند.
- ۴) بلور خالص  $C_{60}$  عایق است اما وقتی با یک اتم قلبیایی آلییده شود رسانای الکتریکی می‌شود.

۴۴- کدام عبارت در مورد نقطه‌های کوانتومی نادرست است؟

- ۱) قله تیز در طیف فلورسانس این نانو ذرات ناشی از اکسیتون‌ها است.
- ۲) هر چه اندازه نقطه کوانتومی از شعاع اکسیتون بزرگتر باشد محدودیت نانو ذره قوی‌تر است.
- ۳) پله‌کانی که در نمودار مشخصه‌ی جریان - ولتاژ این ذرات مشاهده می‌شود ناشی از تونل زنی تک الکترونی است.
- ۴) آرایه‌هایی از نقطه‌های کوانتومی که به روش لیتوگرافی ساخته می‌شوند فوتولومینسانس بسیار قوی تولید می‌کنند.

۴۵- قله‌ای که در طیف جذبی نانوکریستال‌های فلزی کلوئیدی مشاهده می‌شود مربوط به ... است و مکان این قله با کاهش اندازه نانو ذره ...

- ۱) فرکانس‌های تشدیدی برای تولید فونون‌های اپتیکی سطحی، اساساً تغییری نمی‌کند. (یا تغییرات ناچیزی دارد).
- ۲) فرکانس‌های تشدیدی برای تولید پلاسمون‌های سطحی، مشابه نانوذرات نیمه رسانا تغییر می‌کند.
- ۳) فرکانس‌های تشدیدی برای تولید پلاسمون‌های سطحی، اساساً تغییری نمی‌کند. (یا تغییرات ناچیزی دارد).
- ۴) فرکانس‌های تشدیدی برای تولید فونون‌های اپتیکی سطحی، مشابه نانوذرات نیمه رسانا تغییر می‌کند.