



338F

کد کنترل

338

F

**آزمون (نیمه‌متمرکز) ورود به دوره‌های دکتری - سال ۱۴۰۱****دفترچه شماره (۱)**

صبح جمعه ۱۴۰۰/۱۲/۱۶

جمهوری اسلامی ایران  
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری  
سازمان سنجش آموزش کشور«اگر دانشگاه اصلاح شود مملکت اصلاح می‌شود.»  
امام خمینی (ره)**رشته فناوری نانو - نانومواد  
(کد ۲۳۶۳)**

جدول مواد امتحانی، تعداد، شماره سؤال‌ها و زمان پاسخ‌گویی

زمان پاسخ‌گویی	تا شماره	از شماره	تعداد سؤال	مواد امتحانی
۱۵۰ دقیقه	۴۵	۱	۴۵	مجموعه دروس تخصصی: - ریاضی و فیزیک (ریاضی عمومی (۲و۱)، ریاضی فیزیک (۲و۱))، فیزیک پایه (۲و۱) - مبانی نانو تکنولوژی - نانومواد

استفاده از ماشین حساب مجاز نیست.

این آزمون نمره منفی دارد.

حن جاییه تکثیر و انتشار سؤال‌ها به هر روش (الکترونیکی و...) پس از برگزاری آزمون، برای تمامی اشخاص حقیقی و حقوقی تنها با مجوز این سازمان مجاز می‌باشد و یا منتظران برابر مقررات رفتار می‌شود.

\* متقاضی گرامی، وارد نکردن مشخصات و امضا در کادر زیر، به منزله غیبت و حضور نداشتن در جلسه آزمون است.

اینجانب ..... با شماره داوطلبی ..... یا 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- مقدار  $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1 + \sqrt{2} + \sqrt{3} + \dots + \sqrt{4n}}{n\sqrt{n}}$  کدام است؟

(۱) صفر

(۲)  $\frac{2}{3}$

(۳) ۱

(۴)  $\frac{16}{3}$

۲- مقدار  $\lim_{x \rightarrow +\infty} x^2 \left( e^x - e^{x+1} \right)$  کدام است؟

(۱) صفر

(۲) ۲

(۳) ۱

(۴)  $\frac{1}{2}$

۳- ضریب  $x^5$  در سری مک لورن تابع  $f(x) = \arcsin x$  کدام است؟

(۱) صفر

(۲)  $\frac{1}{6}$

(۳)  $\frac{3}{40}$

(۴)  $\frac{7}{20}$

۴- طول خم حاصل از تقاطع روبه‌های  $z = 1 - \sqrt{2}x$  و  $3x^2 + y^2 = 3$  چند برابر عدد  $\pi$  است؟

(۱)  $\sqrt{3}$

(۲)  $\sqrt{6}$

(۳)  $2\sqrt{2}$

(۴)  $2\sqrt{3}$

۵- مساحت ناحیه محصور به منحنی بسته  $\begin{cases} x = 2 \cos t + \cos 2t \\ y = 2 \sin t - \sin 2t \end{cases}$  برای  $0 \leq t \leq 2\pi$ ، کدام است؟

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

$$4\pi \quad (2)$$

$$5\pi \quad (3)$$

$$2\pi \quad (4)$$

۶- مقدار انتگرال  $\int_0^1 \int_0^{\sqrt{1-x^2}} \frac{dy dx}{(4+3^y)\sqrt{1-x^2-y^2}}$ ، کدام است؟

$$\frac{\pi \ln 15}{\lambda \ln 3} \quad (1)$$

$$\frac{\pi}{\lambda \ln 3} \quad (2)$$

$$\frac{1}{\lambda \ln 3} \quad (3)$$

$$\frac{1}{\ln 3} \quad (4)$$

۷- فرض کنیم  $z = z(x, y)$  به صورت ضمنی توسط معادله  $f\left(\frac{x}{z}, \frac{y}{z}\right) = 0$  بیان شود که  $f$  تابعی مشتق پذیر است. اگر

به ازای نقطه  $A(x_0 = 1, y_0 = 1, z_0 = 2)$  که در معادله تابع صدق می‌کند  $\frac{\partial z}{\partial x}(A) = 2$ ، آنگاه  $\frac{\partial z}{\partial y}(A)$ ، کدام

است؟

$$-2 \quad (1)$$

$$-1 \quad (2)$$

$$\text{صفر} \quad (3)$$

$$2 \quad (4)$$

۸- اگر  $\theta$  زاویه بین خطوط عمود بر دو رویه  $z = e^{3x+y+2}$  و  $z = xy - y^2 + 6y - 3$  در نقطه  $(-1, 1, 1)$  باشد، آنگاه  $\cos \theta$  کدام است؟

$$\frac{7}{11} \quad (1)$$

$$\frac{1}{9} \quad (2)$$

$$\frac{2}{11} \quad (3)$$

$$\frac{2}{9} \quad (4)$$

۹- حجم ناحیه محصور به رویه  $x^2 + y^2 + z^2 = \sqrt{xyz}$ ، در یک هشتم اول فضا کدام است؟

(۱)  $\frac{1}{24}$

(۲)  $\frac{1}{12}$

(۳)  $\frac{1}{8}$

(۴)  $\frac{1}{6}$

۱۰- اگر  $A$  و  $B$  ماتریس‌های متعامد  $N \times N$  دلخواه باشند، کدام رابطه نادرست است؟

(۱)  $\text{tr } A = \pm \text{tr } B$

(۲)  $\det(AB) = \pm 1$

(۳)  $\det A = \pm \det B$

(۴)  $\text{tr}(AB) = \text{tr}(BA)$

۱۱- اگر  $\vec{A}(\vec{r})$  و  $\vec{B}(\vec{r})$  بردارهایی دلخواه و  $f(\vec{r})$  و  $g(\vec{r})$  تابع‌هایی دلخواه و مشتق‌پذیر باشند، کدام اتحاد نادرست است؟

(۱)  $\nabla \times (f \vec{A}) = (\nabla f) \times \vec{A} + f \nabla \times \vec{A}$

(۲)  $\vec{A} \times (\nabla \times \vec{A}) = \frac{1}{2} \nabla (\vec{A} \cdot \vec{A}) - (\vec{A} \cdot \nabla) \vec{A}$

(۳)  $\nabla \cdot (g \nabla f - f \nabla g) = g \nabla^2 f - f \nabla^2 g$

(۴)  $\nabla \cdot (\vec{A} \times \vec{B}) = \vec{A} \cdot (\nabla \times \vec{B}) - \vec{B} \cdot (\nabla \times \vec{A})$

۱۲- سه عملگر دیفرانسیلی  $A = \frac{d}{dx}$ ،  $B = x \frac{d}{dx}$  و  $C = x \frac{d^2}{dx^2}$  را در نظر بگیرید. حاصل جابجاگر  $[A, B] = AB - BA$ ،

این دو عملگر کدام است؟

(۱)  $A$

(۲)  $C$

(۳)  $B - C$

(۴)  $A - C$

۱۳- حاصل انتگرال  $\int_{-\infty}^{\infty} \delta(9 - 10x^2 + x^4) \cos(\pi x) dx$ ، کدام است؟

(۱)  $-\frac{1}{12}$

(۲)  $-\frac{1}{6}$

(۳)  $\frac{1}{4}$

(۴) صفر

۱۴- شکل کلی حل معادله دیفرانسیل پاره‌ای  $\frac{\partial^2 u(x,y)}{\partial x^2} - y \frac{\partial^2 u(x,y)}{\partial y^2} - \frac{1}{2} \frac{\partial u(x,y)}{\partial y} = 0$  که در آن  $y > 0$  است،

کدام است؟ ( $f_1$  و  $f_2$  دو تابع دلخواه پیوسته دو بار مشتق‌پذیرند.)

$$u(x, y) = f_1(x + 2y) + f_2(x - 2y) \quad (1)$$

$$u(x, y) = f_1(x + \sqrt{y}) + f_2(x - \sqrt{y}) \quad (2)$$

$$u(x, y) = f_1(x + 2\sqrt{y}) + f_2(x - 2\sqrt{y}) \quad (3)$$

$$u(x, y) = f_1(x + y) + f_2(x - y) \quad (4)$$

۱۵- چند جمله‌ای‌های لژاندر  $P_m(x) = \frac{1}{2^m m!} \frac{d^m}{dx^m} (x^2 - 1)^m$ ، جواب‌های کدام معادله دیفرانسیل هستند؟

$$(1-x^2) \frac{d^2 u(x)}{dx^2} - x \frac{du(x)}{dx} + m(m-1)u(x) = 0 \quad (1)$$

$$(1-x^2) \frac{d^2 u(x)}{dx^2} + 2x \frac{du(x)}{dx} + m(m+1)u(x) = 0 \quad (2)$$

$$(1-x^2) \frac{d^2 u(x)}{dx^2} - 2x \frac{du(x)}{dx} + m(m+1)u(x) = 0 \quad (3)$$

$$(1-x^2) \frac{d^2 u(x)}{dx^2} + x \frac{du(x)}{dx} + m(m-1)u(x) = 0 \quad (4)$$

۱۶- حاصل انتگرال  $\int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sin x}{x(x-i)} dx$ ، کدام است؟

$$-i\pi \left(1 + \frac{1}{e}\right) \quad (1)$$

$$i\pi \left(1 - \frac{1}{e}\right) \quad (2)$$

$$i\pi \quad (3)$$

$$-\frac{i\pi}{e} \quad (4)$$

۱۷- اگر تابع  $u(x,t)$  در معادله دیفرانسیل  $\frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x^2} = \frac{\partial u(x,t)}{\partial t}$  صدق کند،  $\tilde{u}(k,t)$  تبدیل فوریه  $u(x,t)$  در کدام

رابطه صدق می‌کند؟  $(\tilde{u}(k,t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} u(x,t) e^{ikx} dx)$

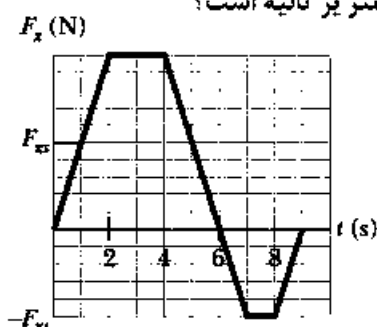
$$\frac{\partial \tilde{u}(k,t)}{\partial t} = \frac{\partial \tilde{u}(k,t)}{\partial k} \quad (1)$$

$$\frac{\partial \tilde{u}(k,t)}{\partial t} = k^2 \tilde{u}(k,t) \quad (2)$$

$$\frac{\partial \tilde{u}(k,t)}{\partial t} = -\frac{\partial \tilde{u}(k,t)}{\partial k} \quad (3)$$

$$\frac{\partial \tilde{u}(k,t)}{\partial t} = -k^2 \tilde{u}(k,t) \quad (4)$$

- ۱۸- جسمی به جرم  $8\text{ kg}$  می‌تواند در امتداد محور  $x$  حرکت می‌کند. این جسم از لحظه  $t = 0$  که در حالت سکون قرار داشته تحت تاثیر نیروی  $F_x$  که مطابق شکل زیر وابسته به زمان است به حرکت درمی‌آید. مقیاس روی محور  $F_x$  چنان انتخاب شده که  $F_{x0} = 10\text{ N}$  است. سرعت جسم در لحظه  $t = 9\text{ s}$  چند متر بر ثانیه است؟



- (۱)  $7/5$   
 (۲)  $12/5$   
 (۳)  $\sqrt{15}$   
 (۴)  $\sqrt{30}$

- ۱۹- یک هواپیما به جرم  $800\text{ kg}$  در فضا در امتداد مثبت محور  $x$  با تندی  $400\text{ m/s}$  در حرکت است. به سبب یک انفجار داخلی این هواپیما به سه پاره تقسیم می‌شود. پس از انفجار، قطعه اول به جرم  $400\text{ kg}$  در امتداد مثبت محور  $y$  با تندی  $300\text{ m/s}$  و قطعه دوم به جرم  $200\text{ kg}$  در امتداد منفی محور  $x$  با تندی  $900\text{ m/s}$  به حرکت در می‌آیند. مقدار انرژی که در این انفجار آزاد شده چند مگاژول است؟ (از اثرات گرانش چشم‌پوشی شود).

- (۱) ۳۵  
 (۲) ۴۲  
 (۳) ۱۲۰  
 (۴) ۶۹۶

- ۲۰- یک ژيروسکوپ معین از یک قرص یکنواخت با شعاع  $50\text{ cm}$  که روی یک میله سبک به طول  $20\text{ cm}$  و در وسط آن سوار شده، ساخته شده است. میله افقی و یک سر آن روی یک تکیه‌گاه قرار دارد. اگر سرعت زاویه‌ای قرص حول محور میله  $245\text{ rad/s}$  باشد، آهنگ حرکت تقدیمی ژيروسکوپ چند  $\text{rad/s}$  است؟ ( $g = 9/8\text{ m/s}^2$ )

- (۱)  $0/016$   
 (۲)  $0/032$   
 (۳)  $0/064$   
 (۴)  $0/128$

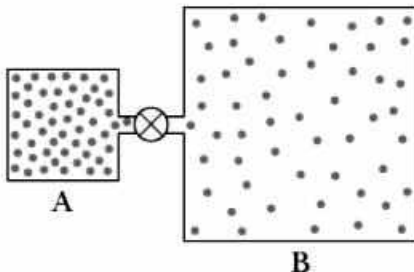
- ۲۱- آب طبقه زیرزمین یک ساختمان را فرا گرفته است. این آب توسط شیلنگی به شعاع  $2\text{ cm}$  به آرامی و یکنواخت و با تندی  $6\text{ m/s}$  از طریق پنجره‌ای که  $4\text{ m}$  از سطح آب بالاتر است به بیرون پمپاژ می‌شود. توان پمپ چند وات است؟ ( $\rho_w = 1000\text{ kg/m}^3$  و  $g = 9/8\text{ m/s}^2$ )

- (۱)  $135/7$   
 (۲)  $159/8$   
 (۳)  $295/6$   
 (۴)  $431/3$

۲۲- یک جرقه الکتریکی در امتداد یک خط مستقیم به طول  $5\text{ m}$  زده می‌شود. این جرقه یک پالس صوتی تولید می‌کند که به صورت شعاعی به سمت خارج از آن گسیل می‌شود (در واقع این جرقه یک چشمه خطی صوت است) توان صوتی گسیل‌یافته از جرقه  $W = 6.28 \times 10^5$  است. شدت صوت هنگامی که به فاصله  $20\text{ m}$  از جرقه می‌رسد، چند  $\text{W/m}^2$  است؟

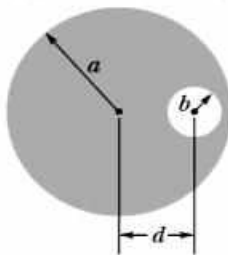
- (۱) ۲۵۰۰
- (۲) ۲۰۰۰
- (۳) ۱۰۰۰
- (۴) ۵۰۰

۲۳- در شکل زیر ظرف  $A$  حاوی گاز کاملی در فشار  $6 \times 10^5 \text{ Pa}$  و دمای  $300 \text{ K}$  است. این ظرف توسط لوله نازکی (به همراه یک شیر بسته) به ظرف  $B$  که حجم آن ۲ برابر حجم ظرف  $A$  است متصل است. ابتدا درون ظرف  $B$  گاز کامل یکسانی با ظرف  $A$  ولی در فشار  $2 \times 10^5 \text{ Pa}$  و دمای  $400 \text{ K}$  است. اکنون شیر باز می‌شود تا دو ظرف هم‌فشار شوند، اما دمای هر یک از دو ظرف ثابت می‌ماند. فشار نهایی چند پاسکال است؟



- (۱)  $3.6 \times 10^5$
- (۲)  $3.8 \times 10^5$
- (۳)  $3.3 \times 10^5$
- (۴)  $3.0 \times 10^5$

۲۴- در شکل زیر سطح مقطع یک سیم رسانای بلند استوانه‌ای به شعاع  $a = 7 \text{ cm}$  نشان داده شده است. این سیم دارای یک حفره بلند استوانه‌ای به شعاع  $b = 3 \text{ cm}$  است. محورهای حفره و سیم موازی و به فاصله  $d = 4 \text{ cm}$  از هم قرار دارند. جریان الکتریکی  $80 \text{ A}$  با توزیع یکنواخت در سیم جریان دارد. اندازه میدان مغناطیسی در مرکز حفره چند گاوس است؟



- (۱) ۴/۱
- (۲)  $4.1 \times 10^{-2}$
- (۳) ۱/۶
- (۴)  $1.6 \times 10^{-1}$

۲۵- در یک مدار  $RLC$  دامنه نیروی محرکه الکتریکی  $E_m = 30 \text{ V}$ ، مقاومت الکتریکی  $R = 10 \Omega$ ، اندوکتانس سلف  $L = 2 \text{ H}$  و ظرفیت خازن  $C = 50 \mu\text{F}$  است. در حالت تشدید، دامنه ولتاژ در دو سر سلف چند ولت است؟

- (۱) ۰/۶
- (۲) ۶
- (۳) ۶۰
- (۴) ۶۰۰

۲۶- اگر احتمال جانمایی یک اتم با یک ناخالصی را با  $p$  نشان دهیم، کدام رابطه می‌تواند احتمال حضور دقیقاً  $k$  اتم ناخالصی در یک نمونه حاوی  $n$  اتم را نشان دهد؟

- (۱)  $b = \binom{n}{k} p^n (1-p)^{n-k}$
- (۲)  $b = \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}$
- (۳)  $b = \binom{n}{k} p^k (1-p)^k$
- (۴)  $b = \binom{n}{k} p^n (1-p)^k$

- ۲۷- کدام روش اصلی‌ترین راه‌حل برای کاهش سمیت نانوذرات است؟  
 (۱) پوشش‌دهی سطح (۲) افزایش اندازه (۳) کاهش اندازه (۴) تغییر شکل هندسی
- ۲۸- کدام مورد جزء توانایی‌های AFM نیست؟  
 (۱) تهیه تصویر در محدوده نانومتری تا میکرونی (۲) روبش سطوح خشک  
 (۳) آنالیز فازی سطح (۴) تهیه توپوگرافی سطح
- ۲۹- در مورد استفاده از طیف‌سنجی رامان در شناسایی نانومواد کدام گزینه درست است؟  
 (۱) برای شناسایی مایعات قابل استفاده نیست.  
 (۲) تفرق الاستیک پرتو لیزر منجر به ایجاد طیف رامان می‌شود.  
 (۳) فقط برای مولکول‌هایی که قابلیت پلاریزه شدن ندارند، کاربرد دارد.  
 (۴) طول موج لیزر مورد استفاده، در محدوده ماوراء بنفش تا نزدیک مادون قرمز قرار دارد.
- ۳۰- اگر شعاع هیدروپنایمی یک ماکزومولکول یا یک ذره، شعاع همان ذره در محیط کلئیدی باشد، کدام گزینه درست است؟  
 (۱) این شعاع تابعی از دما است.  
 (۲) با افزایش شعاع، ضریب نفوذ در کلئید افزایش می‌یابد.  
 (۳) این شعاع در سرعت حرکت ذره در کلئید تأثیری ندارد.  
 (۴) با افزایش شعاع، سرعت حرکت براونی ذره افزایش می‌یابد.
- ۳۱- کدام یک از ویژگی‌های زیر در گرافن تک‌لایه مشاهده نمی‌شود؟  
 (۱) وجود نقایص ساختاری روی خواص الکتریکی نانو صفحات مؤثر است.  
 (۲) ضخامت هر لایه به صورت نازک تک اتمی معادل  $0.34$  نانومتر است.  
 (۳) گرافن تک‌لایه از لحاظ نوری شفاف است و  $97.7\%$  درصد نور را از خود عبور می‌دهد.  
 (۴) اتم‌های کربن در ساختار بلوری هگزاگونال گرافن با پیوندهای  $sp^3$  به یکدیگر متصل هستند.
- ۳۲- در یک میکروسکوپ الکترونی، ولتاژ را  $100$  برابر می‌کنیم. طول موج پرتو چه تغییری می‌کند؟  
 (۱) اصولاً طول موج پرتو تابع ولتاژ نیست.  
 (۲)  $1000$  برابر کاهش می‌یابد.  
 (۳)  $100$  برابر کاهش می‌یابد.  
 (۴)  $10$  برابر کاهش می‌یابد.
- ۳۳- در دمای اتاق، احتمال انتقال الکترون از تراز ظرفیت به تراز رسانایی برای سه ماده گرافیت ( $P_G$ )، الماس ( $P_D$ ) و سیلیسیم ( $P_{Si}$ ) چگونه است؟  
 (۱)  $P_D > P_{Si} > P_G$   
 (۲)  $P_G > P_{Si} > P_D$   
 (۳)  $P_{Si} > P_D > P_G$   
 (۴)  $P_{Si} > P_G > P_D$
- ۳۴- در یک آزمایشگاه مشخصه‌یابی، از میکروسکوپ نوری مجهز به لامپی با طول موج  $300$  نانومتر استفاده می‌شود. بهترین رزولوشن این میکروسکوپ چقدر است؟  
 (۱)  $150$  نانومتر (۲)  $75$  نانومتر  
 (۳)  $15$  نانومتر (۴)  $75$  آنگستروم
- ۳۵- اگر در سطح یک زیرلایه از کاتالیست فلزی برای بهبود فرایند پوشش‌دهی استفاده کنیم، کدام گزینه در مورد میزان فعالیت نواحی مختلف کاتالیست درست است؟  
 (۱) لبه < گوشه < سطح  
 (۲) لبه - گوشه - سطح  
 (۳) گوشه < لبه < سطح  
 (۴) سطح < لبه < گوشه



- ۳۶- در یک نانو کزیستال در چه شرایطی نفوذ مرزدانه‌ای غالب است؟  
 (۱) دما پایین، اندازه دانه کوچک، ضخامت مرزدانه کم  
 (۲) دما بالا، اندازه دانه بزرگ، ضخامت مرزدانه زیاد  
 (۳) دما بالا، اندازه دانه کوچک، ضخامت مرزدانه زیاد  
 (۴) دما پایین، اندازه دانه کوچک، ضخامت مرزدانه زیاد
- ۳۷- کدام مورد، مراحل فرایند سول ژل را به ترتیب (از راست به چپ) نشان می‌دهد؟  
 (۱) تشکیل سول - خشک شدن - تشکیل ژل متخلخل - پیر شدن - تشکیل ژل  
 (۲) تشکیل سول - خشک شدن - پیر شدن - تشکیل ژل - تشکیل ژل متخلخل  
 (۳) تشکیل سول - تشکیل ژل - پیر شدن - خشک شدن - تشکیل ژل متخلخل  
 (۴) تشکیل سول - تشکیل ژل - خشک شدن - پیر شدن - تشکیل ژل متخلخل
- ۳۸- کدام مورد، از ویژگی‌های نقاط کوانتومی نیست؟  
 (۱) طیف جذبی ناپیوسته و پهن  
 (۲) طیف نشری باریک  
 (۳) اندازه نانومتری  
 (۴) پایداری نوری
- ۳۹- دو نانولوله کربنی با بردار کایرالیته (۴ و ۴) و (۴ و ۰) را در نظر بگیرید. سلول واحد هر کدام از این نانولوله‌ها از چند شش‌ضلعی کربنی تشکیل شده است؟  
 (۱) ۲ و ۴  
 (۲) ۲ و ۴  
 (۳) ۴ و ۴  
 (۴) ۸ و ۸
- ۴۰- در مورد نانولوله‌های کربنی کدام گزینه درست است؟  
 (۱) زاویه کایرالیته بین ۳۰ و ۶۰ درجه فقط در نانولوله‌های زیگزاگ اتفاق می‌افتد.  
 (۲) قطر نانولوله‌ها به طول پیوند کربن - کربن و بردار کایرالیته بستگی دارد.  
 (۳) عملاً فقط زاویه کایرالیته کمتر از ۳۰ درجه در طبیعت دیده می‌شود.  
 (۴) زاویه کایرالیته بستگی به قطر نانولوله دارد.
- ۴۱- تصور کنید در یک فرایند شیمیایی برای سنتز نانوذرات نیکل، بار اول نانوذراتی به قطر ۱۰ و بار دوم نانوذراتی به قطر ۱۰۰ نانومتر به دست آمده است. اگر نقطه ذوب محصول اول ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد باشد، نقطه ذوب محصول دوم تقریباً چند درجه سانتی‌گراد است؟  
 (۱) ۸۰۰  
 (۲) ۹۰۰  
 (۳) ۱۰۰۰  
 (۴) ۱۱۰۰
- ۴۲- در یک پژوهش، نانولوله‌های کربنی نیمه‌رسانا سنتز شده است. محصول به دست آمده پهنای باند مناسبی ندارد و لازم است پهنای باند به ۲۵٪ مقدار فعلی برسد. با فرض ثابت بودن سایر پارامترها، قطر نانولوله‌ها چقدر باید تغییر کند؟  
 (۱)  $\frac{1}{2}$   
 (۲)  $\frac{1}{4}$   
 (۳) دو برابر  
 (۴) چهار برابر
- ۴۳- در کدام فرایند پل‌های M - O - M تشکیل می‌شود؟  
 (۱) خودآرایی فیزیکی  
 (۲) تراکم (در فرایند سول - ژل)  
 (۳) هیدرولیز (در فرایند سول - ژل)  
 (۴) رسوب‌گذاری فیزیکی از فاز بخار (PVD)
- ۴۴- در یک آزمایشگاه، نانوذراتی با قطر متوسط ۲۰ نانومتر سنتز شده‌اند. اگر با انجام اصلاحاتی در فرایند، قطر متوسط نانوذرات به ۱۰ نانومتر برسد، تغییرات تعداد متوسط اتم‌ها در هر نانوذره چقدر است؟  
 (۱)  $\frac{1}{16}$   
 (۲)  $\frac{1}{8}$   
 (۳)  $\frac{1}{4}$   
 (۴)  $\frac{1}{2}$

۴۵- از دیدگاه تئوری، کدام مورد درست است؟

- ۱) گرافن نیمه‌فلز و نانولوله کربنی نیمه‌رسانا است.
- ۲) رسانایی الکتریکی گرافیت، گرافن و نانولوله کربنی تک جداره تقریباً با هم برابر است.
- ۳) رسانایی الکتریکی گرافن بیش از ۱۰ برابر رسانایی نانولوله کربنی تک‌جداره است.
- ۴) مکانیزم رسانایی الکتریکی در گرافن به‌صورت بالیستیک و در نانولوله‌های کربنی، به‌صورت نفوذی است.



