



کد کنترل

538

F

آزمون (نیمه متمرکز) ورود به دوره‌های دکتری - سال ۱۴۰۲

دفترچه شماره (۱)

صبح پنج‌شنبه
۱۴۰۱/۱۲/۱۱

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

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

فناوری نانو - نانومواد (کد ۲۳۶۳)

زمان پاسخ‌گویی: ۱۳۵ دقیقه

تعداد سؤال: ۴۵

عنوان مواد امتحانی، تعداد و شماره سؤالات

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

این آزمون نمره منفی دارد.

استفاده از ماشین حساب مجاز نیست.

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

* داوطلب گرامی، عدم درج مشخصات و امضا در مندرجات جدول زیر، به منزله عدم حضور شما در جلسه آزمون است.

اینجانب با شماره داوطلبی با آگاهی کامل، یکسان بودن شماره سندلی خود با شماره داوطلبی مندرج در بالای کارت ورود به جلسه، بالای پاسخنامه و دفترچه سؤالات، نوع و کد کنترل درج شده بر روی جلد دفترچه سؤالات و پایین پاسخنامه ام را تأیید می نمایم.

امضا:

مجموعه دروس تخصصی: ریاضی و فیزیک (ریاضی عمومی (۲و۱)، ریاضی فیزیک (۲و۱)، فیزیک پایه (۲و۱) - مبانی نانوتکنولوژی - نانومواد:

۱- حاصل $I = \oint_C \frac{z}{(z - i\pi)(z^2 - 20)^4} dz$ کدام است؟ (C دایره‌ای به مرکز مبدأ مختصات و به شعاع $r = 4$ است و

انتگرال در جهت مثبت مثلثاتی گرفته می‌شود و $i^2 = -1$)

$$(1) \frac{2\pi}{(\pi^2 + 20)^4}$$

$$(2) \frac{2\pi i}{(\pi^2 + 20)^4}$$

$$(3) -\frac{2\pi}{(\pi^2 + 20)^4}$$

$$(4) -\frac{2\pi i}{(\pi^2 + 20)^4}$$

۲- کدام مورد در خصوص سری‌های $I = \sum_{n=2}^{\infty} \frac{1}{n(\ln n)^2}$ و $J = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{2n+1}$ ، درست است؟

(۱) I و J واگرا

(۲) I و J همگرا

(۳) I همگرا و J واگرا

(۴) I واگرا و J همگرا

۳- به استثنای کدام مورد، همگی خواص تابع دلتای دیراک هستند؟

$$(1) \delta[a(x - x_1)] = \frac{1}{a} \delta(x - x_1)$$

$$(2) \int_{-\infty}^{\infty} \delta'(x) f(x) dx = -f'(0)$$

$$(3) \int_{-\infty}^{\infty} \delta(x - x_0) f(x) dx = f(x_0)$$

$$(4) \delta[(x - x_1)(x - x_2)] = [\delta(x - x_1) \delta(x - x_2)] / |x_1 - x_2|$$

۴- \mathbf{A} و \mathbf{B} بردارهای دلخواه هستند. حاصل عبارت $\nabla \times (\mathbf{A} \times \mathbf{B})$ کدام است؟

$$(1) (\nabla \cdot \mathbf{B})\mathbf{A} - (\nabla \cdot \mathbf{A})\mathbf{B}$$

$$(2) (\nabla \times \mathbf{B}) \times \mathbf{A} + (\nabla \times \mathbf{A}) \times \mathbf{B}$$

$$(3) (\nabla \times \mathbf{B}) \times \mathbf{A} - (\nabla \times \mathbf{A}) \times \mathbf{B}$$

$$(4) (\mathbf{B} \cdot \nabla)\mathbf{A} - (\mathbf{A} \cdot \nabla)\mathbf{B} - \mathbf{B}(\nabla \cdot \mathbf{A}) + \mathbf{A}(\nabla \cdot \mathbf{B})$$

۵- ماتریس‌های \mathbf{A} و \mathbf{B} حقیقی و دلخواه هستند و می‌توان آنها را توسط یک تبدیل تشابهی قطری کرد. کدام مورد

همواره درست است؟

$$(1) \{\mathbf{A}, \mathbf{B}\} = 0$$

$$(2) [\mathbf{A}, \mathbf{B}] = 0$$

(3) \mathbf{A} و \mathbf{B} ؛ ماتریس‌های متعامدند.

(4) $\mathbf{A} = \mathbf{B}^T$ ؛ که منظور از T ترانپوز است.

۶- اگر سطح بسته S حجم V را محصور کرده باشد (یعنی $\partial V = S$)، حاصل انتگرال‌های زیر کدام است؟

$$(b) \oint_S \mathbf{r} \cdot d\boldsymbol{\sigma}$$

$$(الف) \oint_S d\boldsymbol{\sigma}$$

(1) الف (ب) $3V$

(2) الف (S) $3V$

(3) الف (S) (ب) صفر

(4) الف (صفر) (ب) صفر

۷- سری فوریه متناظر با تابع $f(x) = \begin{cases} -\frac{1}{2}(\pi + x), & -\pi \leq x < 0 \\ \frac{1}{2}(\pi - x), & 0 < x \leq \pi \end{cases}$ کدام است؟

$$(1) f(x) = \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{\cos nx}{n} \right)$$

$$(2) f(x) = \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{\sin nx}{n} \right)$$

$$(3) f(x) = \frac{1}{n} + \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{\cos nx}{n} \right)$$

$$(4) f(x) = \frac{1}{n} + \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{\sin nx}{n} \right)$$

۸- توابع لژاندر با مولد $g(x, t) = \frac{1}{\sqrt{1-2xt+t^2}} = \sum_{n=0}^{\infty} P_n(x)t^n, |t| < 1$ در کدام معادله دیفرانسیل صدق می‌کنند؟

$$y'' - 2xy' + 2ny = 0 \quad (1)$$

$$xy'' + (1-x)y' + ny = 0 \quad (2)$$

$$(1-x^2)y'' - 2xy' + n(n+1)y = 0 \quad (3)$$

$$(1-x^2)y'' - 3xy' + n(n+2)y = 0 \quad (4)$$

۹- مکان هندسی نقاط ناحیه $\operatorname{Re}\left(\frac{1}{z}\right) > 1$ در صفحه مختلط کدام است؟

$$(1) \text{ داخل دایره به شعاع } \frac{1}{2} \text{ و به مرکز } \left(-\frac{1}{2}, 0\right)$$

$$(2) \text{ داخل دایره به شعاع } \frac{1}{2} \text{ و به مرکز } \left(\frac{1}{2}, 0\right)$$

$$(3) \text{ خارج دایره به شعاع } \frac{1}{2} \text{ و به مرکز } \left(\frac{1}{2}, 0\right)$$

$$(4) \text{ خارج دایره به شعاع } \frac{1}{2} \text{ و به مرکز } \left(-\frac{1}{2}, 0\right)$$

۱۰- اگر تابع f یک تابع غیر صفر، $f(0) = 0$ و $f'(x) = \int_0^x \frac{f(t)(\cos t)}{2\sqrt{4+\sin t}} dt$ باشد، تابع $f(x)$ کدام است؟

$$(1) 2\sqrt{4+\sin x} + 1$$

$$(2) 2\sqrt{4+\sin x}$$

$$(3) \frac{1}{2}\sqrt{4+\sin x}$$

$$(4) \frac{1}{2}\sqrt{4+\sin x} - 1$$

۱۱- طول قوس منحنی $y = \int_0^x \sqrt{\ln^2 t - 1} dt$ در بازه $(1, e)$ کدام است؟

$$(1) 1$$

$$(2) 2$$

$$(3) e$$

$$(4) 2e$$

۱۲- فرض کنید $f(1) = 3$ و $f'(1) = 2$ ، حاصل $\lim_{x \rightarrow 1} \frac{\sqrt{f(x)+1} - 2}{\sqrt{x}-1}$ کدام است؟

$$(1) 1$$

$$(2) 2$$

$$(3) 3$$

$$(4) 4$$

۱۳- شعاع همگرایی سری $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n}{5^n} (x+1)^{2n}$ کدام است؟

$$\frac{5}{2} \quad (1)$$

$$\frac{\sqrt{5}}{2} \quad (2)$$

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

$$5 \quad (4)$$

۱۴- توصیف ناحیهٔ درون $x^2 + y^2 + (z-2)^2 = 4$ که خارج $x^2 + y^2 + z^2 = 1$ قرار دارد، در مختصات کروی کدام است؟

$$0 \leq \theta \leq 2\pi, 0 \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2}, 1 \leq \rho \leq 4 \cos \varphi \quad (1)$$

$$0 \leq \theta \leq 2\pi, 0 \leq \varphi \leq \text{Arc cos}\left(\frac{1}{4}\right), 1 \leq \rho \leq 4 \cos \varphi \quad (2)$$

$$0 \leq \theta \leq 2\pi, 0 \leq \varphi \leq \text{Arc cos}\left(\frac{1}{4}\right), 1 \leq \rho \leq 2 \cos \varphi \quad (3)$$

$$0 \leq \theta \leq 2\pi, 0 \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2}, 1 \leq \rho \leq 2 \cos \varphi \quad (4)$$

۱۵- فرض کنید S رویهٔ $xyz^2 = 0$ است. اگر بردارهای عمود بر این رویه در نقاط روی محور z ها رویه‌ای مانند S' را تولید کنند، معادلهٔ S' کدام است؟

$$x = 2zy \quad (1)$$

$$x = 2z^2y \quad (2)$$

$$y = 2z^2x \quad (3)$$

$$y = 2zx \quad (4)$$

۱۶- اگر $f(x, y) = \sin\left(\frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{x+y}\right)$ ، آنگاه حاصل $\frac{\partial f}{\partial x}$ کدام است؟

$$-\frac{x}{y} \quad (1)$$

$$\frac{x}{y} \quad (2)$$

$$-\frac{y}{x} \quad (3)$$

$$\frac{y}{x} \quad (4)$$

۱۷- مساحت سطح محصور بین دو خم زیر، کدام است؟

$$\begin{cases} x + y = 1 \\ \sqrt{x} + \sqrt{y} = 1 \end{cases}$$

۱ (۱)

۲ (۲)

$\frac{1}{3}$ (۳)

$\frac{1}{2}$ (۴)

۱۸- ذره‌ای در یک بعد روی خط راست با سرعت اولیه‌ی v_0 حرکت می‌کند و شتاب آن a با سرعت لحظه‌ای v دارای رابطه $a = 3v$ است. سرعت لحظه‌ای با زمان t چگونه تغییر می‌کند؟

$v = v_0 e^{3t}$ (۱)

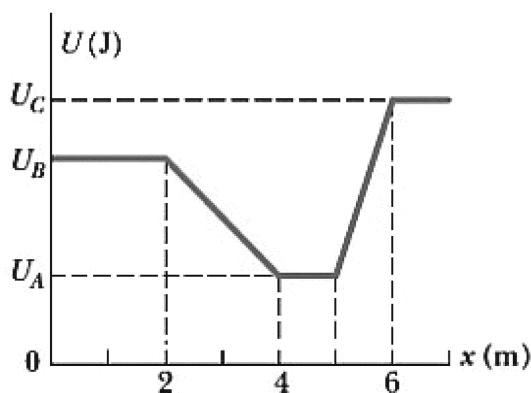
$v = v_0 e^{-3t}$ (۲)

$v = v_0 + at$ (۳)

$v = v_0(1 + 3t)$ (۴)

۱۹- ذره‌ای به جرم 20 kg فقط در راستای x حرکت می‌کند و تنها نیروی پایستار به این جسم وارد می‌شود. پتانسیل حاصل از این نیرو در شکل نشان داده شده است. مقادیر نشان داده شده در شکل عبارتند از $U_A = 15 \text{ J}$ ، $U_B = 35 \text{ J}$ و $U_C = 45 \text{ J}$. اگر ذره از $x = 4.5 \text{ m}$ با انرژی کل 40 J در جهت مثبت

محور x شروع به حرکت کند، کدام مورد درست است؟



(۱) نقطه $x = 1.5 \text{ m}$ بازگشت است.

(۲) نقطه $x = 5.8 \text{ m}$ بازگشت است.

(۳) در نقطه $x = 1.5 \text{ m}$ تندی ذره 5 m/s است.

(۴) در نقطه $x = 5.8 \text{ m}$ تندی ذره 6.2 m/s است.

۲۰- آسانسوری با بار خود 1500 kg جرم دارد. این آسانسور با تندی 10 m بر ثانیه به سمت پایین حرکت می‌کند و تحت تأثیر شتاب ثابت سرعت آن کاهش می‌یابد به طوری که پس از طی 50 m متوقف می‌شود. اگر شخصی با جرم

70 kg در این آسانسور روی ترازویی ایستاده باشد، ترازو چند نیوتن را نشان می‌دهد؟ ($g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$)

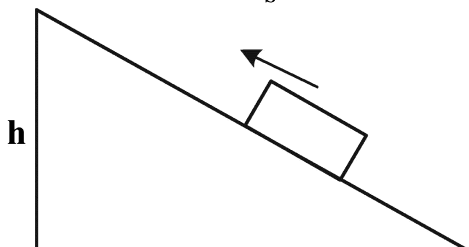
۶۳۰ (۱)

۶۸۶ (۲)

۷۰۰ (۳)

۷۷۰ (۴)

- ۲۱- بستهای با تندی $6/0$ متر بر ثانیه از پایین یک سطح شیبدار با زاویه شیب 60 درجه به سمت بالا حرکت می‌کند. اگر ضریب اصطکاک جنبشی $0/5$ باشد، بسته تا چه ارتفاعی (h) بر حسب متر بالا می‌رود؟ ($g = 10 \frac{m}{s^2}$)



- (۱) $1/0$
 (۲) $1/4$
 (۳) $1/8$
 (۴) $2/1$

- ۲۲- الکترونی با انرژی جنبشی K به طور مستقیم از فاصله‌ای دور به سمت مرکز یک ورق بزرگ فلزی که دارای چگالی سطحی σ است، پرتاب می‌شود. به علت دافعه الکترواستاتیکی، الکترون در لحظه رسیدن به ورق متوقف می‌شود. الکترون در چه فاصله‌ای از ورق پرتاب شده است؟ (e بار الکترون و ϵ_0 ثابت گذردهی الکتریکی خلأ است.)

- (۱) $\frac{\epsilon_0 K}{e\sigma}$
 (۲) $\frac{\epsilon_0 K}{2e\sigma}$
 (۳) $\frac{2\epsilon_0 K}{e\sigma}$
 (۴) $\frac{3\epsilon_0 K}{e\sigma}$

- ۲۳- بزرگی میدان الکتریکی E با رابطه $E = \frac{A}{r^3}$ داده شده است که در آن r فاصله شعاعی، A ثابتی با یکای مناسب و E بر حسب ولت بر متر است. بزرگی اختلاف پتانسیل بین نقطه‌هایی با فاصله $r = 1/00m$ و $r = 2/00m$ کدام است؟

- (۱) $\frac{A}{8}$
 (۲) $\frac{3A}{16}$
 (۳) $\frac{3A}{8}$
 (۴) $\frac{45A}{16}$

- ۲۴- یک آهنربای استوانه‌ای به قطر $4/0$ سانتی‌متر از یک سیم‌پیچ که حول یک هسته آهنربای دائمی پیچیده شده، تشکیل شده است. میدان مغناطیسی حاصل از این آهنربا با تغییر جریان سیم به‌طور سینوسی با بسامد 10 هرتز بین دو مقدار $18/0T$ و $20/0T$ نوسان می‌کند. در فاصله شعاعی $1/0$ سانتی‌متر، دامنه شدت میدان الکتریکی القایی کدام است؟

- (۱) 40π
 (۲) 10π
 (۳) $0/4\pi$
 (۴) $0/1\pi$

۲۵- یک مولد جریان متناوب با نیروی محرک الکتریکی $\varepsilon = \varepsilon_m \sin(\omega_d t)$ که $\varepsilon_m = 257^\circ V$ و $\omega_d = 400 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ است،

به خازنی با ظرفیت $4700 \mu F$ وصل شده است. وقتی جریان بیشینه است، نیروی محرک الکتریکی چند ولت است؟

(۱) 257°

(۲) $17/5$

(۳) $12/5$

(۴) صفر

۲۶- از روابط زیر برای محاسبه سطح و حجم یک ذره کروی استفاده می‌شود. اگر یک ذره به قطر

10 میکرومتر را به نانوذراتی با قطرهای 10 نانومتر تبدیل کنیم، سطح تماس چند برابر می‌شود؟

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3$$

$$S = 4\pi r^2$$

(۱) 10

(۲) 100

(۳) 1000

(۴) 10000

۲۷- در کدام مورد، همه روش‌های ذکر شده جزو روش‌های ساخت پایین به بالا محسوب می‌شوند؟

(۱) خودسازمان‌دهی - لیتوگرافی - سل ژل - انباشت الکتروشیمیایی

(۲) سل ژل - لیتوگرافی - تغییر شکل پلاستیک شدید - خودسازمان‌دهی

(۳) خودسازمان‌دهی - اکسیداسیون آندی - انباشت الکتروشیمیایی - سل ژل

(۴) تغییر شکل پلاستیک شدید - اکسیداسیون آندی - سل ژل - خودسازمان‌دهی

۲۸- در کدام روش مشخصه‌یابی، سطح نمونه باید هدایت الکتریکی داشته باشد؟

(۱) XRD

(۲) XRF

(۳) STM

(۴) TEM

۲۹- در چند سیستم کلونیدی، پتانسیل زتا اندازه‌گیری شده است. کدام سیستم از همه پایدارتر است؟

(۱) $+5$ میلی‌ولت

(۲) -5 میلی‌ولت

(۳) $+40$ میلی‌ولت

(۴) $+5$ و -5 میلی‌ولت

۳۰- رابطه جریان تونلی با فاصله، از چه تابعی تبعیت می‌کند؟

(۱) خطی

(۲) نمایی

(۳) توانی

(۴) هارمونیک

۳۱- با افزایش سایز در نانوذرات Au و CdSe، خاصیت رنگی آنها، به ترتیب چه تغییری می‌کنند؟

(۱) Red Shift - Blue Shift

(۲) Blue Shift - Red Shift

(۳) بدون تغییر - Blue Shift

(۴) بدون تغییر - Red Shift

۳۲- کدام یک از رویکردهای زیر جزو روش‌های سنتز بالا به پایین نانو مواد طبقه‌بندی می‌شود؟

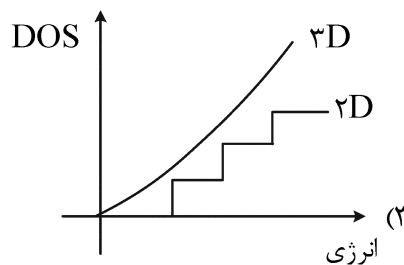
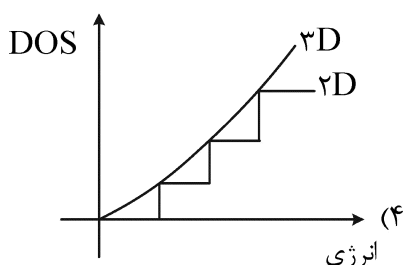
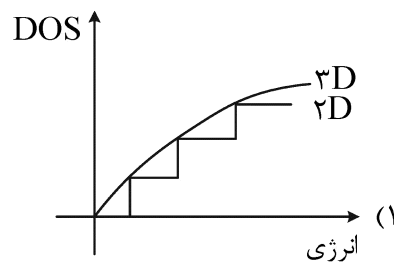
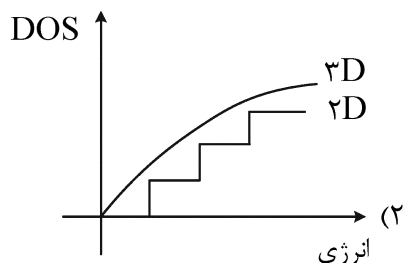
(۱) اسپاترینگ

(۲) لیتوگرافی

(۳) رسوبدهی فیزیکی از فاز بخار (PVD)

(۴) رسوبدهی شیمیایی از فاز بخار (CVD)

۳۳- کدام نمودار چگالی حالات انرژی را در ساختار توده (۳D) و چاه کوانتومی (۲D) درست نشان می‌دهد؟



۳۴- به استثنای کدام مورد همگی از کاربردهای نانوذرات مغناطیسی در پزشکی هستند؟

- (۱) بهبود کنتراست در سونوگرافی
(۲) بهبود کنتراست در MRI
(۳) رهایش هدفمند دارو
(۴) گرما درمانی

۳۵- کدام عبارت در مورد رابطه بین ابعاد نانوذرات و دمای ذوب آنها درست است؟

- (۱) دمای ذوب با کاهش ابعاد کاهش می‌یابد.
(۲) دمای ذوب با کاهش ابعاد و افزایش کشش سطحی، افزایش می‌یابد.
(۳) دمای ذوب با کاهش ابعاد و افزایش انرژی یونیزاسیون، افزایش می‌یابد.
(۴) دمای ذوب خاصیتی وابسته به جنس و مستقل از پارامترهای هندسی است.

۳۶- در کدام حالت، امکان افزایش انرژی پرتو وجود دارد؟

- (۱) تفرق پرتو الکترون در میکروسکپ الکترونی
(۲) تفرق پرتوهای ایکس در دستگاه پراش سنج
(۳) تفرق رایلی در ذرات موجود در هوا
(۴) تفرق رامان

۳۷- یکی از پدیده‌هایی که در سنتز O_2 $\text{Li}_{1+x}(\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3})_{1-x}$ رخ می‌دهد، اختلاط کاتیونی نام دارد که

در آن، تعدادی از یون‌های لیتیم جای یون‌های نیکل را اشغال می‌کند. در خصوص تأثیر این پدیده بر نمودار پراش ایکس، کدام مورد درست است؟

- (۱) بسته به میزان جانشینی، می‌تواند باعث تغییر موقعیت پیک‌ها شود.
(۲) بسته به میزان جانشینی، می‌تواند باعث تغییر ارتفاع نسبی پیک‌ها شود.
(۳) بسته به سرعت جوانه‌زنی ذرات می‌تواند باعث تغییر ارتفاع نسبی پیک‌ها شود.
(۴) با توجه به مقدار نسبی یون‌های نیکل، این پدیده تأثیری بر نمودار پراش ماده مذکور ندارد.

۳۸- در کدام یک از روش‌های سنتز نانو لوله‌های کربنی، کمترین عیوب ۵ و ۷ ایجاد می‌شود؟

- (۱) رسوب شیمیایی بخار
(۲) تخلیه قوس الکتریکی
(۳) الکترولیز
(۴) شعله

- ۳۹- می‌دانیم که با تغییر اندازه ذرات در مقیاس نانومتری، نقطه ذوب آنها تغییر می‌کند. در یک ماده مشخص، در چه صورت برای ذرات با مورفولوژی‌های مختلف (به‌عنوان مثال کروم و مکعبی) این تغییر می‌تواند یکسان باشد؟
- (۱) در صورتی که چگالی ذرات یکسان باشد.
 - (۲) اصولاً کاهش نقطه ذوب ارتباطی با شکل ذرات ندارد.
 - (۳) در صورتی که دیگرام فازی مربوطه دارای نقطه یوتکتیک باشد.
 - (۴) در صورتی که نسبت تعداد اتم‌های سطح به حجم، برای دو ذره یکسان باشد.
- ۴۰- نسبت اندازه سطح دو نانولوله کربنی با بردارهای $(10, 10)$ و $(20, 5)$ چقدر است؟ (در صورت نیاز، ثابت شبکه گرافن را $1/42$ آنگستروم فرض کنید.)
- | | |
|-----------|-------|
| (۱) $3/5$ | (۲) ۳ |
| (۳) $2/5$ | (۴) ۲ |
- ۴۱- از میان دو عنصر مس و آهن، کدام یک وقتی برانگیخته شود پرتو ایکس قوی‌تری (پر انرژی‌تر) ساطع می‌کند؟
- (۱) مس، چون عدد اتمی بیشتری دارد.
 - (۲) بستگی به اندازه ذره دارد.
 - (۳) آهن، چون عدد اتمی کمتری دارد.
 - (۴) بستگی به مدت‌زمان برانگیخته‌شدن دارد.
- ۴۲- دو گروه دانشجویی از طریق فرایندی مشابه، نانولوله کربنی سنتز کرده‌اند. قطر نانولوله‌های سنتز شده توسط گروه دوم، نصف قطر نانولوله‌های سنتز شده توسط گروه اول است. در این صورت، پهنای باند محصول گروه دوم، نسبت به نانولوله قطورتر چقدر است؟
- (۱) برابر بزرگ‌تر است.
 - (۲) ۴ برابر بزرگ‌تر است.
 - (۳) 50% کوچک‌تر است.
 - (۴) 75% کوچک‌تر است.
- ۴۳- در الگوی پراش پرتو ایکس یک نانو ذره با شبکه مکعب با وجوه مرکزدار پیک (۳۳۳) روی چه پیک دیگری منطبق می‌شود، چرا؟
- (۱) (511) ، این دو گروه صفحات با هم موازی هستند.
 - (۲) (511) ، فواصل بین صفحه‌ای این دو گروه مساوی است.
 - (۳) (666) ، دو برابر شدن اندیس‌های میلر فواصل بین صفحه‌ای را تغییر نمی‌دهد.
 - (۴) (666) ، فواصل بین صفحه‌ای این گروه نصف فواصل بین صفحه‌ای گروه (333) است.
- ۴۴- در مورد کربن، کدام مورد درست است؟
- (۱) کربن در الماس هیبریداسیون sp^2 دارد.
 - (۲) کربن در گرافیت هیبریداسیون sp^3 دارد.
 - (۳) از نظر ترمودینامیکی، پایدارترین آلوتروپ کربن گرافن است.
 - (۴) کربن علاوه بر ۴ ظرفیتی، به صورت ۲ ظرفیتی هم دیده می‌شود.
- ۴۵- به چه دلیل خواص فیزیکی و شیمیایی گرافن (G) با خواص اکسید گرافن احیا شده (RGO)، متفاوت است؟
- (۱) تفاوت هیبریداسیون پیوندها
 - (۲) باقی ماندن برخی گروه‌های عاملی و عیوب در ساختار گرافن
 - (۳) افزایش نظم ساختاری اکسید گرافن احیا شده در طول فرایند احیا
 - (۴) باقی ماندن برخی گروه‌های عاملی و عیوب در ساختار اکسید گرافن احیا شده

