

298F

298

F

نام:

نام خانوادگی:

محل امضا:

صبح جمعه

۹۳/۱۲/۱۵

دفترچه شماره ۱ از ۲



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

اگر دانشگاه اصلاح شود مملکت اصلاح می‌شود.

امام خمینی (ره)

آزمون ورودی
دوره‌های دکتری (نیمه متمرکز) داخل - سال ۱۳۹۴

فناوری نانو - نانومواد
(کد ۲۳۶۳)

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 (ریاضی و فیزیک (ریاضی عمومی ۱ و ۲ - ریاضی فیزیک ۱ و ۲ - فیزیک پایه ۱ و ۲) - مبانی نانو تکنولوژی، نانومواد)	۴۵	۱	۴۵

این آزمون نمره منفی دارد.

استفاده از ماشین حساب مجاز نیست.

اسفند ماه - سال ۱۳۹۳

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 مقرران رفتار می‌شود.

۱- اگر $z = 3e^{i\pi/3}$ باشد، آنگاه کدام گزینه در مورد عدد مختلط $\frac{iz + 2\operatorname{Im} z}{\bar{z}}$ صحیح است؟

- (۱) بر دایره‌ای به شعاع ۳ قرار دارد.
- (۲) روی محور Xها قرار دارد.
- (۳) بر دایره واحد قرار دارد.
- (۴) روی نیمساز ربع اول و سوم قرار دارد.

۲- سری‌های $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(\sin n)^2 + n}{n}$ و $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1 + \sin n}{2n^2 + \cos n + 1}$ به ترتیب می‌باشند.

- (۱) همگرا و واگرا
- (۲) همگرا و همگرا
- (۳) واگرا و واگرا
- (۴) واگرا و همگرا

۳- معادله زیر معرف چه شکلی در دستگاه مختصات استوانه‌ای است؟

$$r = 2 \sin\left(\theta + \frac{\pi}{4}\right)$$

- (۱) مخروط
- (۲) خط
- (۳) صفحه
- (۴) استوانه

۴- فرض کنید $\vec{F}(x, y, z) = (3z - \sin x)\vec{i} + (x^2 + e^y)\vec{j} + (y^3 - \cos z)\vec{k}$ و C منحنی

$r(t) = (\cos t, \sin t, 1)$ ، $0 \leq t \leq 2\pi$ باشد، مقدار $\oint_C \vec{F} \cdot d\vec{r}$ ، کدام است؟

- (۱) $\frac{1}{2}$
- (۲) ۰
- (۳) $\frac{2}{3}$
- (۴) ۱

۵- اگر $f(x) = x \int_0^1 \sin(t^2 x^2) dt$ ، در این صورت مقدار $f'\left(\frac{\sqrt{\pi}}{2}\right)$ ، کدام است؟

- (۱) $\frac{\pi}{4}$
- (۲) ۱
- (۳) ۰
- (۴) $\frac{\pi}{2}$

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

(۱) $+\infty$

(۲) $\frac{e}{2}$

(۳) $-\frac{e}{2}$

(۴) 0

۷- اگر $f(x,y) = \begin{cases} \frac{\tan(x^3 y^2)}{x^5 + y^4} & (x,y) \neq (0,0) \\ 0 & (x,y) = (0,0) \end{cases}$ باشد، مشتق سوئی $f(x,y)$ در جهت بردار یکه

$\vec{u} = a\vec{i} + b\vec{j}$ در نقطه $(0,0)$ ، کدام است؟ ($b \neq 0$)

(۱) $\frac{a^2}{b^2}$

(۲) $\frac{a}{b}$

(۳) صفر

(۴) $\frac{a^2}{b^2}$

۸- اگر A ماتریسی پادمتقارن و S ماتریسی متقارن باشند، کدام رابطه نادرست است؟

(۱) $\text{tr}(SA) = 0$

(۲) $\text{tr}A = 0$

(۳) $\det(SA) = 0$

(۴) ماتریس SA ماتریسی پادمتقارن است اگر $[A, S] = 0$

۹- اگر $U = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix}$ باشد، $\ln U$ کدام است؟

(۱) $\begin{pmatrix} 1 & -\theta \\ \theta & 1 \end{pmatrix}$

(۲) $\begin{pmatrix} 0 & -\theta \\ \theta & 0 \end{pmatrix}$

(۳) $\begin{pmatrix} 1+\theta^2 & -\theta \\ \theta & 1+\theta^2 \end{pmatrix}$

(۴) $\begin{pmatrix} \ln(\cos \theta) & -\ln(\sin \theta) \\ \ln(\sin \theta) & \ln(\cos \theta) \end{pmatrix}$

۱۰- حاصل انتگرال $\int_{-\infty}^{\infty} (3x^2 + 7x + 1) \delta(x^2 + x - 6) dx$ کدام است؟

(۱) ۴

(۲) ۲۰

(۳) ۳۴

(۴) ۶/۸

۱۱- در معادله دیفرانسیل مرتبه دو (معروف به معادله لاگر) $xy''(x) + (1-x)y'(x) + ny(x) = 0$ کدام عبارت درست است؟ تکین منظم (Regular Singularity) و تکین نامنظم (Irregular Singularity)

(۱) نقطه $x = 0$ تکین منظم و $x = \infty$ تکین نامنظم است.(۲) نقاط $x = 0$ و $x = \infty$ تکین منظم هستند.(۳) نقاط $x = 0$ و $x = 1$ تکین نامنظم هستند.(۴) نقطه $x = 1$ تکین منظم و نقاط $x = 0$ و $x = \infty$ تکین نامنظم هستند.

۱۲- با توجه به تابع مولد توابع بسل: $e^{(x/2)(t-1/t)} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} J_n(x) t^n$ کدام رابطه نادرست است؟

(۱) $J_{n-1}(x) + J_{n+1}(x) = \frac{1}{x} J_n(x)$

(۲) $J_{n-1}(x) - J_{n+1}(x) = 2 J_n'(x)$

(۳) $J_n(x) = (-1)^n J_n(-x)$

(۴) $x^2 J_n''(x) + x J_n'(x) + (x^2 - n^2) J_n(x) = 0$

۱۳- تابع تحلیلی $f(x, y) = u(x, y) + iv(x, y)$ که در آن $v(x, y) = x + y - 3$ است، کدام است؟

 $z = x + iy$ و y عددهای حقیقی هستند.

(۱) $f(z) = (1-i)z - 3i$

(۲) $f(z) = (1+i)z^2 - 3$

(۳) $f(z) = (1-i)z^2 - 3i$

(۴) $f(z) = (1+i)z - 3i$

۱۴- حاصل انتگرال $\oint_C \frac{3z^2 + 2}{z(z+1)} dz$ کدام است؟ انتگرال در صفحه مختلط z روی دایره‌ای به شعاع ۳ و به

مرکز مبدا مختصات در جهت مثلثاتی گرفته می‌شود.

(۱) $14\pi i$

(۲) $8\pi i$

(۳) $-6\pi i$

(۴) $-4\pi i$

۱۵- تابع $x(t)$ در معادله دیفرانسیل $\frac{d^2x(t)}{dt^2} + 2\gamma \frac{dx(t)}{dt} + \omega_0^2 x(t) = F(t)$ صدق می‌کند که در آن γ و

ω_0 ضریب‌هایی ثابت و $F(t)$ تابع معین داده شده‌ای است. $\tilde{x}(\omega)$ (تبدیل فوری $x(t)$) بر حسب

$\tilde{F}(\omega)$ (تبدیل فوری $F(t)$) کدام است؟

(۱) $\tilde{x}(\omega) = \frac{\tilde{F}(\omega)}{\omega^2 - 2i\gamma\omega + \omega_0^2}$

(۲) $\tilde{x}(\omega) = \frac{\tilde{F}(\omega)}{-\omega^2 - 2i\gamma\omega + \omega_0^2}$

(۳) $\tilde{x}(\omega) = \frac{\tilde{F}(\omega)}{-\omega^2 - 2\gamma\omega + \omega_0^2}$

(۴) $\tilde{x}(\omega) = \frac{\tilde{F}(\omega)}{\omega^2 - 2\gamma\omega - \omega_0^2}$

۱۶- ذره‌ای به جرم m روی محور x تحت تاثیر نیرویی با پتانسیل $U(x) = k(2x^3 - 5x^2 + 4x)$ در حرکت

است. k ضریب ثابت مثبتی است. این ذره در چه نقطه‌ای تعادل پایدار دارد؟

(۱) $x = 0$

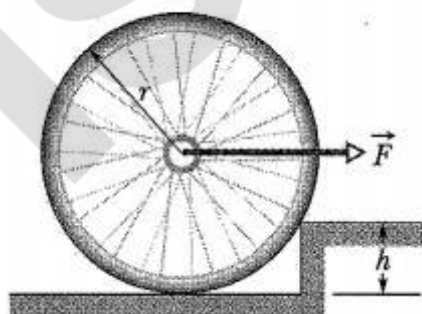
(۲) $x = 1$

(۳) $x = \frac{2}{3}$

(۴) $x = \frac{4}{3}$

۱۷- در شکل زیر نیروی ثابت افقی \vec{F} به محور چرخ به شعاع r و جرم 6 kg وارد می‌شود. حداقل مقدار

نیروی \vec{F} چند نیوتن باشد تا بتواند چرخ را از مانع به ارتفاع $h = \frac{r}{5}$ عبور دهد؟ $g = 9.8 \text{ m/s}^2$



(۱) $35/28$

(۲) $78/4$

(۳) $11/76$

(۴) $44/1$

۱۸- سیم یکنواختی را به شکل کمانی به شعاع R در نظر بگیرید. زاویه مرکزی این کمان $\frac{\pi}{3}$ است. فاصله

مرکز جرم این سیم تا مرکز کمان (مرکز دایره) کدام است؟

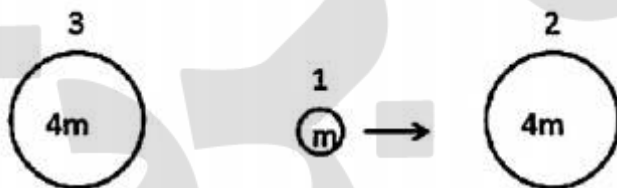
(۱) $\frac{3R}{\pi}$

(۲) $\frac{3R}{2\pi}$

(۳) $\frac{2R}{3\pi}$

(۴) $\frac{R}{3\pi}$

۱۹- دو کره یکسان به جرم $4m$ در حال سکون هستند. کره دیگری به جرم m مطابق شکل زیر به سمت کره سمت راست در امتداد خط واصل دو کره ساکن در حرکت است. اگر برخوردها کاملاً کشسان باشد، چند برخورد رخ می‌دهد؟



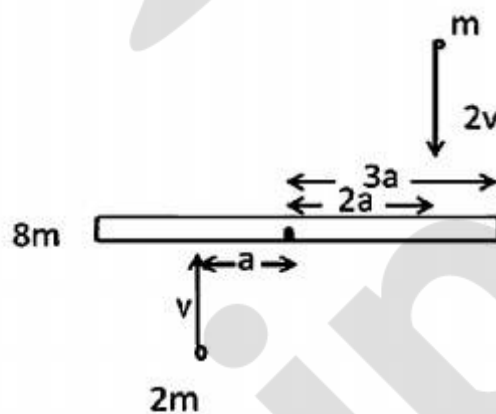
(۱) ۴

(۲) ۲

(۳) ۶

(۴) ۸

۲۰- میله یکنواختی به طول $6a$ و جرم $8m$ روی سطح افقی بدون اصطکاکی در حال سکون است. دو جرم نقطه‌ای m و $2m$ در همان صفحه افقی به ترتیب با تندی‌های $2v$ و v مطابق شکل زیر در حرکتند و پس از برخورد با میله به آن می‌چسبند. سرعت زاویه‌ای نهایی میله کدام است؟



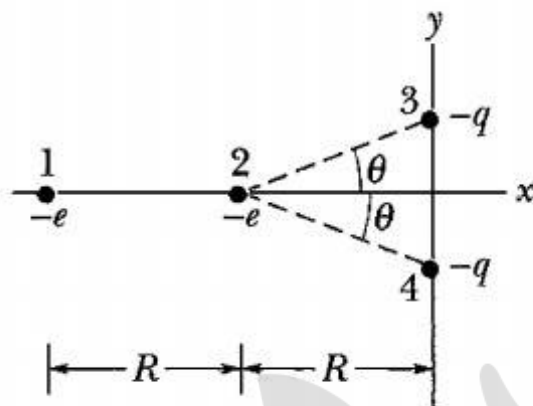
(۱) $\frac{1}{4} \frac{v}{a}$

(۲) $\frac{2}{3} \frac{v}{a}$

(۳) $\frac{1}{5} \frac{v}{a}$

(۴) $\frac{1}{15} \frac{v}{a}$

۲۱- در شکل زیر الکترون‌های شماره ۱ و ۲ روی محور x و دو بار یکسان $-q$ روی محور y قرار دارند. الکترون شماره ۱ ثابت و فاصله آن از مبدا مختصات $2R$ و دو بار منفی $-q$ نیز ثابت هستند و فاصله هر یک از آنها تا مبدا مختصات d است. الکترون شماره ۲ می‌تواند آزادانه حرکت کند. زوایایی که در آن الکترون شماره ۲ بدون حرکت در جای خود قرار دارد، از چه رابطه‌ای به دست می‌آید؟ بار الکترون $-e$ است.



$$\cos 2\theta - \frac{2R}{d} \sin 2\theta + \left(\frac{e}{q} + 1\right) = 0 \quad (1)$$

$$\cos 2\theta - \frac{R}{d} \sin 2\theta + \left(\frac{2e}{q} + 1\right) = 0 \quad (2)$$

$$\cos^2 \theta - \frac{d}{2R} \sin \theta + \frac{e}{q} = 0 \quad (3)$$

$$\cos^2 \theta + \frac{2R}{d} \sin \theta - \frac{e}{q} = 0 \quad (4)$$

۲۲- درون کره توپری به شعاع R بار الکتریکی با چگالی حجمی غیریکنواخت $\rho(\vec{r}) = \left(15 \frac{\rho C}{m^3}\right) \frac{r^2}{R^2}$ توزیع شده است که r فاصله یک نقطه از مرکز کره است. میدان الکتریکی در نقطه‌ای به فاصله $\frac{R}{2}$ از مرکز

کره چند برابر میدان الکتریکی در نقطه‌ای واقع بر سطح کره است؟

$$2 \quad (1)$$

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

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

$$\frac{1}{8} \quad (4)$$

۲۳- درون یک خازن تخت مسطح که مساحت هر یک از دو صفحه آن A و فاصله دو صفحه از هم d است با دی‌الکتریکی غیر یکنواخت با ثابت دی‌الکتریک $K(x) = ax + b$ پر شده است، که در آن x فاصله یک نقطه داخل خازن از یکی از دو صفحه خازن و a و b ضرایب ثابتی هستند. ظرفیت این خازن کدام است؟

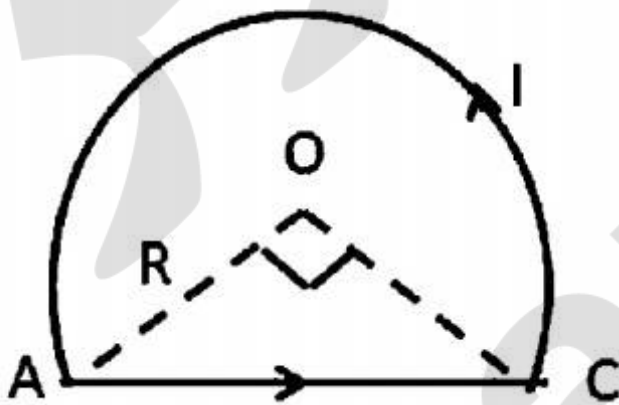
$$(1) \frac{\epsilon_0 a A}{\left(1 + \frac{ad}{b}\right)}$$

$$(2) \frac{\epsilon_0 a A}{\left(1 + \frac{ad}{b}\right)^2}$$

$$(3) \frac{\epsilon_0 a A}{\ln\left(1 + \frac{ad}{b}\right)}$$

$$(4) \frac{\epsilon_0 a A}{2 \ln\left(1 + \frac{ad}{b}\right)}$$

۲۴- حلقه سیم نازکی مطابق شکل زیر از کمان \widehat{AC} از دایره‌ای به شعاع R و یک قسمت مستقیم AD تشکیل یافته است. جریانی به شدت I در سیم وجود دارد. اندازه میدان مغناطیسی در نقطه O مرکز دایره کدام است؟ $\widehat{AOC} = 90^\circ$



$$(1) \frac{\mu_0 I}{\pi R} \left(1 + \frac{3\pi}{4}\right)$$

$$(2) \frac{\mu_0 I}{2\pi R} \left(1 + \frac{3\pi}{4}\right)$$

$$(3) \frac{\mu_0 I}{2\pi R} \left(2\sqrt{2} + \frac{3\pi}{4}\right)$$

$$(4) \frac{\mu_0 I}{\pi R} \left(\sqrt{2} + \frac{3\pi}{8}\right)$$

۲۵- در یک مدار، ولتاژ دو سر یک خازن با زمان به شکل $V(t) = V_0 e^{-\frac{t}{RC}}$ تغییر می‌کند. اگر $R = 50 \text{ k}\Omega \pm 5\%$ و $C = 0.2 \mu\text{F} \pm 10\%$ باشد، در لحظه $t = 80 \mu\text{s}$ خطای نسبی در اندازه‌گیری

ولتاژ دو سر خازن چند درصد است؟

(1) ۰/۴

(2) ۰/۱۲

(3) ۱/۲

(4) ۴

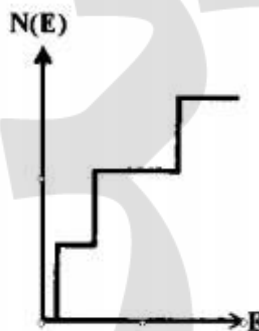
۲۶- در روش شیمیایی تولید نانو ذرات فلزی، برای پایداری و جلوگیری از پیوستن نانو ذرات تولید شده به یکدیگر و تشکیل ذرات بزرگتر از چه موادی استفاده می‌شود؟

- (۱) سورفکتانت‌ها
- (۲) حلال‌های معدنی
- (۳) پلیمرهای ستاره‌ای
- (۴) کاتالیست‌های غیرفلزی

۲۷- پراکندگی بریلوئن نوعی پراکندگی ناکشسان امواج الکترومغناطیسی از نانو ذرات است که در آن تفاوت بسامد فرودی و نور پراکنده شده در حدود بسامد ارتعاش‌های فونون‌های ... در محدوده ... قرار دارد. هر چه اندازه نانوذره کوچکتر شود قله طیف به سمت مدهای با بسامد ... انتقال می‌یابد.

- (۱) اکوستیکی، 10^8 Hz، کمتر
- (۲) اکوستیکی، 10^8 Hz، بیشتر
- (۳) اپتیکی، 10^{12} Hz، کمتر
- (۴) اپتیکی، 10^{12} Hz، بیشتر

۲۸- در نمودار زیر تعداد الکترون‌ها $N(E)$ بر حسب انرژی E برای یک سیستم فیزیکی رسم شده است. این سیستم کدام است؟



- (۱) جسم حجیم سه بعدی
- (۲) چاه کوانتومی
- (۳) سیم کوانتومی
- (۴) نقطه کوانتومی

۲۹- کدام عبارت در مورد تک لایه‌های خود آرا (Self-Assembled Monolayer) نادرست است؟

- (۱) برای ساخت این لایه‌ها به خلا بسیار بالا (UHV) نیاز است.
- (۲) برای عامل دار کردن نانوذرات مغناطیسی مانند FePt از این نوع لایه‌ها استفاده می‌شود.
- (۳) این لایه‌ها از مواد آلی مانند تیول و نوعا دارای ضخامتی حدود ۱ تا ۳ نانومتر هستند.
- (۴) یکی از لایه‌های خودآرا که بسیار مورد بررسی قرار گرفته از مواد آلی سولفوردار (organosulfur) ساخته شده که روی زیر لایه‌های فلزات نجیب تشکیل شده است.

۳۰- کدام عبارت در مورد میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) نادرست است؟

- (۱) با این دستگاه از سطح نمونه تصویری سه بعدی به دست می‌آید.
- (۲) در حالت تماس کوتاه مدت و متناوب (tapping mode) کانتیلور با فرکانسی نزدیک به فرکانس تشدید خود به نوسان واداشته می‌شود و دامنه نوسان چند ده نانومتر است.
- (۳) کانتیلور اغلب از جنس سلیکون است و شعاع نوک سوزن آن در حدود چند نانومتر است.
- (۴) در حالت تماسی (contact mode) نیروی میان سوزن و سطح نمونه از نوع جاذبه است.

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

- ۱) گاف نواری نیمه رساناها را می‌توان با این میکروسکوپ تعیین کرد.
- ۲) با استفاده از STM می‌توان آرایه‌های منظمی از اتم‌ها و مولکول‌ها را روی یک زیر لایه ایجاد کرد.
- ۳) در این میکروسکوپ برای ایجاد تصویر از سطح نمونه، نوک سوزن در فاصله کمتر از ده آنگستروم از نمونه قرار گرفته و باید اختلاف ولتاژی بایاسی از مرتبه ده کیلوولت میان سوزن و نمونه برقرار شود.
- ۴) سوزن (tip) بسیار نوک نیز این میکروسکوپ از جنس فلز است که در محیط خلا بسیار بالا (UHV) اغلب از جنس تنگستن است.

۳۲- کدام روش برای ساخت نانوسیم‌ها از لحاظ قیمت ارزان‌تر و برای تولید انبوه مناسب‌تر است؟

- ۱) لیتوگرافی اشعه ایکس
- ۲) چاپ نانو (nanoimprinting)
- ۳) استفاده از بستر متخلخل (Porous Matrix)
- ۴) لایه نشانی بخار شیمیایی به وسیله سوزن میکروسکوپ روشی تونلی (STM-Assisted CVD)

۳۳- کدام عبارت در مورد ساخت نانولوله های کربنی به روش کندوسوز لیزری (laser ablation) نادرست است؟

- ۱) معمولا در این روش از لیزرهای پالسی استفاده می‌شود اما از لیزرهای پرتوان پیوسته هم می‌توان استفاده کرد.
- ۲) از برخورد پرتو لیزر با نمونه گرافیتی مخلوط شده با کاتالیست‌های فلزی مانند کبالت، اکثرا نانولوله‌های چند دیواره تولید می‌شوند.
- ۳) در این روش در شارش کم لیزر، ماده جامد با جذب انرژی لیزر، تبخیر یا تصعید می‌شود و توسط جریان گاز بی‌اثری مانند آرگون، نانولوله های تولید شده روی یک سطح سرد گردآوری می‌شوند.
- ۴) این روش از روش‌های لایه نشانی بخار شیمیایی (CVD) یا تخلیه قوس الکتریکی (Arc Discharge) گران‌تر است.

۳۴- کدام عبارت در مورد خواص و کاربرد مولکول فولرن C₆₀ نادرست است؟

- ۱) در آب به راحتی حل می‌شود و خاصیت آروماتیک دارد.
- ۲) نور مرئی با شدت کم را بسیار کم جذب می‌کند، اما اگر شدت نور زیاد باشد مقدار جذب قابل توجه است.
- ۳) پذیرنده الکترون خوبی است و تا تعداد ۶ الکترون می‌تواند قبول کند.
- ۴) خواص آنتی اکسیدان دارد و در انتقال دارو در بدن کاربرد دارد.

۳۵- کدام عبارت در مورد شیشه‌های مرکب از نانوخوشه‌های فلزی درست است؟

- ۱) یکی از روش‌های ساخت این نوع شیشه‌ها کاشت یونی (ion implantation) است.
- ۲) این شیشه‌ها خواص اپتیکی غیرخطی دارند یعنی ضریب شکست آنها به شدت نور تابشی بستگی دارد.
- ۳) هر چه اندازه نانو ذرات داخل شیشه کوچکتر باشد قله جذب آن در طول موج کوچکتری است.
- ۴) هر سه مورد

۳۶- وجود نانو ذرات هم محور (equi-axed) در ترموپلاستیک‌های نیمه بلوری چه مشخصه‌هایی را نسبت به

پلیمر خالص افزایش می‌دهد؟

- (۱) استحکام کششی
- (۲) مدول یانگ
- (۳) تنش تسلیم
- (۴) هر سه مورد

۳۷- زیروژل (xerogel) ... است که حجم آن ... برابر ژل اولیه ... یافته است.

- (۱) ژل خشک شده‌ای، ۵ تا ۱۰، افزایش
- (۲) ژل فشرده شده‌ای، ۵ تا ۱۰، کاهش
- (۳) ژل رقیق شده‌ای، ۱۰ تا ۱۰۰، افزایش
- (۴) ژل خشک شده‌ای، ۱۰ تا ۱۰۰، کاهش

۳۸- نانوکامپوزیت‌ها را به چه روشی می‌توان تولید کرد؟

- (۱) آلیاژسازی مکانیکی
- (۲) سل-ژل
- (۳) اسپری حرارتی (thermal spray)
- (۴) هر سه مورد

۳۹- کدام عبارت در مورد روش پلی یول (polyol) برای تولید نانوذرات نادرست است؟

- (۱) پلی یول یک روش سنتز شیمیایی غیر آبی است.
- (۲) شیوه مفیدی برای سنتز آلیاژها و خوشه‌های دو فلزی است.
- (۳) در این روش، استفاده از مواد جوانه ساز برای تمام مواد ضروری است.
- (۴) مشکل اکسیداسیون برای نانو ذرات تولید شده در این روش، نسبت به دیگر روش‌ها به حداقل رسیده است.

۴۰- در روش سنتز شیمیایی نانوذرات، کدام عامل بیشترین اثر را بر شکل ذرات تولیدی دارد؟

- (۱) سرعت جوانه زنی
- (۲) درجه فوق اشباع (supersaturation)
- (۳) پایداری کلوییدی
- (۴) دمای محلول

۴۱- برای تولید مواد نانو ساختار حجمی از پودرهای نانومتری ذرات چه فرایندی انجام می‌شود؟

- (۱) آنیل کردن
- (۲) سینترینگ
- (۳) تکلیس (کلسینه کردن)
- (۴) آسیاب کاری سایشی

۴۲- یکی از حساس‌ترین آشکارسازهای گاز مونوکسید کربن (CO) در دمای اتاق که در سالهای اخیر ساخته شده کدام است؟

- (۱) نانوکریستال‌های FeTi
- (۲) مخلوط پودرهای نانومتری $\alpha, \beta, \gamma - Fe_3O_4$
- (۳) نانولوله‌ی چند دیواره که بر روی آن نانوذرات مس نشانده شده است.
- (۴) نانولوله‌ی تک دیواره نیمه‌رسانا که بر روی آن نانوذرات SnO_2 نشانده شده است.

۴۳- چگالی مواد نانو کریستال ... چگالی نمونه‌های تک کریستال آن مواد و مدول یانگ مواد نانو کریستال ...

از مدول یانگ نمونه‌های تک کریستال است.

- (۱) حدود ۷۰ تا ۹۰ درصد ، کمتر
- (۲) حدود ۳۰ تا ۶۰ درصد ، بیشتر
- (۳) حدود ۲ تا ۲/۵ برابر ، بیشتر
- (۴) حدود ۱/۲ تا ۱/۵ برابر ، کمتر

۴۴- با آنالیز "نانو فروروندگی" (nanoindentation) چه کمیت‌هایی از لایه‌های نازک نانومتری

اندازه‌گیری می‌شوند؟

- (۱) ساختار کریستالی و استحکام کششی
- (۲) مقاومت خزشی و ترکیب شیمیایی
- (۳) مدول یانگ و سختی
- (۴) ضخامت و اندازه نانو ذرات

۴۵- نانوسیال (nanofluid) سیالی است که در آن نانو ذراتی به صورت کلوییدی پایدار وجود دارند. نسبت

به سیال خالص، ظرفیت حرارتی آن ... و ضریب هدایت حرارتی آن ... است. فروسیال (ferrofluid) نانوسیالی است که در آن نانو ذرات ... وجود دارند.

- (۱) کمتر ، کمتر ، ابررسانا
- (۲) کمتر ، بیشتر ، پارامغناطیس
- (۳) بیشتر ، بیشتر ، سوپرپارامغناطیس
- (۴) بیشتر ، کمتر ، فرومغناطیس