آزمون مرحله اول

معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری
ستاد توسعه فناوری نانو
باشگاه دانش آموزی نانو

هفتمین المپیاد دانش آموزی علوم و فناوری نانو

نام و نام‌خانوادگی:

شماره داوطلب:

تعداد سوال‌ها: ۶۰

مدت پاسخگویی: ۱۸۰ دقیقه

سلام

به هفتمین المپیاد دانش‌آموزی علوم و فناوری نانو خوش آمدید.

پیش از پاسخ دادن به سوالات، نکات زیر را با دقت بخوانید:

- ✓ متن سوالات را با دقت بخوانید و در پاسخ دادن عجله نکنید.
- ✓ برخی از سوالات تنها با تکیه بر منابعی که قبلا برایتان معرفی شده بودند، طراحی شده‌اند. اگر به منابع معرفی شده مسلط باشید، با صرف کمی دقت می‌توانید پاسخ درست را پیدا کنید.
- ✓ برخی دیگر از سوالات به مباحثی می‌پردازند که به طور کامل در منابع معرفی شده مطرح نشده‌اند. در ابتدای این سوالات توضیحات کوتاه یا مفصلی آمده است. در مورد این سوالات باید توضیحات را با دقت بخوانید و با تکیه بر اطلاعاتی که از قبل دارید، به سوالات پاسخ دهید.
- ✓ ممکن است در مورد برخی از سوالات دو یا چند گزینه درست به نظرتان برسد. در این مورد باید بهترین گزینه را انتخاب کنید.
- ✓ برای پاسخ‌های غلط، نمره منفی در نظر گرفته خواهد شد.

۱. ایجاد رنگ در نانوذرات و نانوساختارها و یا محلول‌های حاوی آن‌ها معمولا به یکی از دلایل زیر رخ می‌دهد:

- **تداخل:** بر اساس تداخل سازنده امواج نوری در حین برهمکنش با نانومواد
- **تفرق:** تفرق و پراکندگی امواج به دلیل وجود ذراتی با اندازه‌های مختلف در ماده
- **تشدید پلاسمون سطحی:** نوسان هماهنگ الکترون‌های سطحی رسانا تشدید شده در اثر فوتون ورودی

رنگ ایجاد شده در شیر و محلول حاوی نانوذرات طلا به ترتیب مربوط به کدام مکانیسم است؟

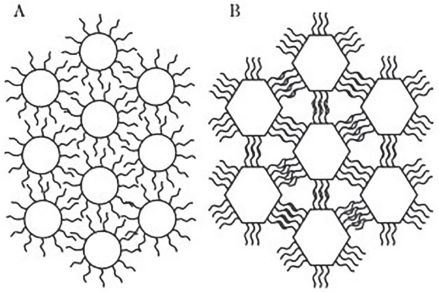
۱) تشدید پلاسمون سطحی - تداخل

۲) تشدید پلاسمون سطحی - تشدید پلاسمون سطحی

۳) تداخل - تفرق

۴) تفرق - تشدید پلاسمون سطحی

۲. ساختار A تشکیل شده از مولکول‌های دوگانه دوست X در مدت ۰/۱۱ ثانیه طی یک فعل و انفعال برگشت پذیر به ساختار B از همان مولکول‌ها تبدیل می‌شود. کدام یک از فرآیندهای زیر می‌توانند این پدیده را توجیه کند؟



۱) سل-ژل

۲) هیدروترمال

۳) خودآرایی

۴) هم رسوبی

۳. اگر یک ذره مکعبی شکل به حجم $8\ cm^3$ را به نانوذراتی مکعبی به ضلع ۱۰nm تبدیل کنیم، چه تغییری در کل سطح در دسترس به وجود می‌آید؟

۱) 2×10^{6} برابر کمتر می‌شود

۲) 2×10^{6} برابر بیشتر می‌شود

۳) 8×10^{18} برابر کمتر می‌شود

۴) 8×10^{18} برابر بیشتر می‌شود

۴. سطح ویژه یک ماده عبارت است از نسبت سطح در دسترس ماده به ازای جرم آن ماده. تخمین بزنید سطح ویژه‌ی یک نانولوله تک جداره و دو سر بسته با بردار کایرال (۲۰,۲۰) تقریبا چند m^2/g است؟
(فرض کنید مساحت سطح یک ۶ ضلعی کربنی در این ساختار برابر با $۵/۱۶ \times ۱۰^{-۲۰}\ m^2$ و تعداد ۵ ضلعی ها ناچیز است.)
عدد آووگادرو = $۶/۰۲۲ \times ۱۰^{۲۳}$
جرم مولی اتم کربن = ۱۲ g/mol

۱) ۲۵۹۰ ۲) ۱۲۹۵
۳) ۶۵۰ ۴) ۳۳۰

۵. با کاهش اندازه نانوذرات کدامیک از موارد زیر اتفاق می‌افتد؟
۱) نسبت سطح موثر به حجم ذرات کاهش یافته، اثرات سطحی کاهش یافته، و خاصیت کاتالیزوری کاهش می‌یابد
۲) نسبت سطح موثر به حجم ذرات کاهش یافته، اثرات سطحی افزایش یافته، و خاصیت کاتالیزوری کاهش می‌یابد
۳) نسبت سطح موثر به حجم ذرات افزایش یافته، اثرات سطحی کاهش یافته، و خاصیت کاتالیزوری کاهش می‌یابد
۴) نسبت سطح موثر به حجم ذرات افزایش یافته، اثرات سطحی افزایش یافته، و خاصیت کاتالیزوری افزایش می‌یابد

۶. برای یک نقطه کوانتومی (Quantum Dot) شکاف انرژی طبق رابطه $E = Eg + (h^2\pi^2/2\mu r^2)$ تعریف می‌شود که در آن h ثابت پلانک و r شعاع ذره است. در صورتی که اندازه نقاط کوانتومی سولفید کادمیم را از ۸ نانومتر به ۲ نانومتر تغییر دهیم کدام گزینه می‌تواند در مورد رنگ نشر شده از آن‌ها با تابش فرابنفش درست باشد؟
۱) رنگ آن‌ها از آبی به قرمز تغییر می کند.
۲) رنگ آن‌ها از قرمز به آبی تغییر می کند.
۳) رنگ آن‌ها تغییری نمی‌کند.
۴) ۱ و ۲ می‌تواند صحیح باشد.

۷. کدام گزینه دلیل تغییر خواص مغناطیسی آهن با افزایش دما را به درستی بیان می‌کند؟
۱) با افزایش دمای آهن به بالای $۷۷۰\ C^o$ و تغییر ساختار بلوری آن از BCC به FCC و در نتیجه تغییر چگالی، خواص مغناطیسی آهن تغییر می‌کند.
۲) با افزایش دمای آهن به بالای $۷۷۰\ C^o$ و تغییر ساختار بلوری آن از BCC به FCC و در نتیجه تغییر انرژی سطحی، خواص مغناطیسی آهن تغییر می‌کند.
۳) با افزایش دمای آهن به بالای $۷۷۰\ C^o$ و افزایش قابل توجه سطح ویژه‌ی آن، خواص مغناطیسی آهن تغییر می‌کند.
۴) با افزایش دمای آهن به بالای $۷۷۰\ C^o$ و افزایش ارتعاشات اتمی و تغییر مداوم گشتاور دو قطبی مغناطیسی حوزه‌ها، خواص مغناطیسی آهن تغییر می‌کند.

۸. تف‌جوشی (sintering) به معنای افزایش دمای پودر تا نزدیک دمای ذوب به منظور ایجاد پیوند بین آن‌هاست. در تف‌جوشی نانوذرات نقره دما به حدود ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد می رسد، در حالی که دمای ذوب نقره ۹۶۱ درجه سانتی‌گراد است، علت این اختلاف دمای زیاد در عملیات تف‌جوشی چیست؟
۱) کاهش دمای ذوب به دلیل کاهش اندازه ذرات به مقیاس نانومتری موجب کاهش دمای تف‌جوشی می‌شود.
۲) افزایش ضریب نفوذ سطح در مواد نانومتری موجب کاهش دمای تف‌جوشی می‌شود.
۳) کاهش دمای تف‌جوشی به دلیل افزایش انرژی سطحی ذرات در مقیاس نانومتری است.
۴) هرسه مورد

۹. آیا ساختار بلوری مواد با ورود به مقیاس نانومتری تغییر میکند؟ چرا؟

۱) خیر. فقط اندازه ذرات به محدوده نانومتری وارد می‌شود و ساختارهای بلوری آنها ثابت باقی می‌ماند.

۲) خیر. نحوه چینش اتم‌ها به مواردی مانند نوع اتم و اندازه آن وابسته است و به اندازه ذره ربطی ندارد.

۳) بله. تمامی موادی که دارای ساختار شبکه‌ای مکعبی ساده هستند به ساختار ارتوگونال تبدیل می‌شوند.

۴) بله. با کاهش اندازه ذرات در مقیاس نانومتری، با تغییر در انرژی سطحی و نیز نیروی چسبندگی، تغییرات اساسی در شبکه بلوری آنها ایجاد می‌شود.

۱۰. با توجه به اطلاعات زیر کدام یک از گزینه‌های زیر شکاف انرژی (گاف) نواری مواد مورد نظر را به درستی نشان می‌دهد؟

ماده	ZnS	ZnS	$Zn_{0,61}Cd_{0,39}S$	$Zn_{0,44}Cd_{0,56}S$
اندازه ذره (nm)	توده‌ای	۲/۷	۳/۹	۳/۹
شکاف انرژی (eV)	A	B	C	D

موقعیت عناصر در جدول تناوبی

	B	C	N	O
	Al	Si	P	S
Zn	Ga	Ge	As	Se
Cd	In	Sn	Sb	Te
Hg	Tl	Pb	Bi	Po

۱) A: ۴/۱ – B: ۳/۷ – C: ۴/۰ – D: ۳/۵

۲) A: ۴/۱ – B: ۳/۷ – C: ۳/۵ – D: ۴/۰

۳) A: ۳/۷ – B: ۴/۱ – C: ۴/۰ – D: ۳/۵

۴) A: ۳/۷ – B: ۴/۱ – C: ۳/۵ – D: ۴/۰

۱۱. بر اساس تئوری ناپایداری حرارتی، انرژی گرمایی در دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد، ذره‌ای از زیرکونیا با قطر ۱ نانومتر را حدودا تا چه ارتفاعی می‌تواند بالا ببرد؟

چگالی زیرکونیا = $۵/۶ \times ۱۰^{-۳}\ kgm^{-۳}$

ثابت بولتزمان = $۱/۳۸ \times ۱۰^{-۲۳}\ JK^{-۱}$

۱) ۱۸×۱۰^{۶} متر

۲) ۸×۱۰^{۶} متر

۳) ۱۸×۱۰^{۲} متر

۴) ۸×۱۰^{۲} متر

۱۲. ساختار بلوری اکسید روی به صورت شبکه هگزاگونال می‌باشد. در این شبکه اتم‌های روی در صفحه قاعده بالایی و اتم‌های اکسیژن در صفحه قاعده پایینی قرار دارند. یکی از دلایل تشکیل نانوذرات اکسید روی با اشکال مختلف اختلاف در میزان انرژی سطحی صفحات مختلف در این شبکه است. به طوری که انرژی صفحات قاعده بیشتر از دیگر صفحات است. همچنین لازم به ذکر است که تشکیل ذرات اکسید روی بر اساس اتصال واحدهای رشد ($Zn(OH)_4^{-2}$) به شبکه هگزاگونالی اولیه صورت می‌پذیرد. حال اگر بخواهیم از تشکیل نانومیله های اکسید روی جلوگیری کرده و نانوذرات کروی شکل را تولید کنیم، استفاده از کدام گزینه در حین فرآیند تولید شیمیایی مناسب‌تر است؟

۱) سورفکتنت با بار منفی

۲) سورفکتنت با بار مثبت

۳) سورفکتنت بدون بار

۴) سیستم بر اساس تمایل به رسیدن به انرژی کمتر خود به خود به سمت تشکیل نانو ذرات کروی می رود

۱۳. چند نمونه از محلول‌های حاوی نانوذرات کادمیوم سلنید، کادمیوم سولفید، کادمیوم تلورید و روی اکسید را در اختیار داریم. باریکه‌ای از نور با طول موج ۴۰۰ نانومتر را به این نمونه‌ها می‌تابانیم. کدام نمونه برانگیخته نمی‌شود؟
ثابت پلانک برابر با $h= ۴,۱۴\times ۱۰^{-۱۵}$ eV.s ، سرعت نور برابر با $C= ۳\times ۱۰^{۸}$ $\frac{m}{s}$، و ارتباط انرژی با ویژگی‌های موج به شکل $E=\frac{hc}{\lambda}$ می‌باشد. شکاف انرژی مربوط به مواد مورد نظر عبارتند از:

نمونه	CdSe	CdS	CdTe	ZnO
شکاف انرژی (eV)	۱/۷	۱/۵	۱/۴	۳/۳

۱) کادمیوم سلنید

۲) کادمیوم سولفید

۳) کادمیوم تلورید

۴) روی اکسید

۱۴. کدام یک از گزینه‌های زیر به درستی بیان کننده ساز و کار صحیح خاصیت ضد باکتری نانو ذرات نقره است؟

۱) در ساز و کار کاتالیستی، این ذرات رادیکال‌های فعال را در آب تولید می‌کنند و خود مستقیما میکروب‌ها را از بین می‌برند.

۲) در ساز و کار کاتالیستی، این ذرات رادیکال‌های فعال را در آب تولید می‌کنند و رادیکال‌های فعال میکروب‌ها را از بین می‌برند.

۳) در مکانیسم یونی، این نانو ذرات به طور مستقیم وارد غشاء شده و میکروب‌ها آن‌ها را از بین می‌برند.

۴) در مکانیسم یونی، ذرات، رادیکال‌های فعال تولید شده را به طور مستقیم وارد غشاء کرده و باعث نابودی میکروب ها می‌شوند.

۱۵. در لایه‌های نازک کدام ویژگی با کاهش ضخامت لایه افزایش می‌یابد؟

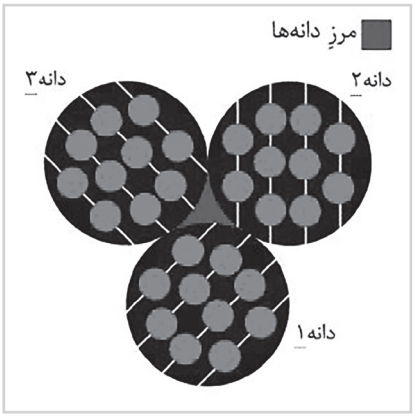
۱) بسامد نور جذب شده

۲) خاصیت مغناطیسی

۳) دمای ذوب

۴) رسانایی الکتریکی

۱۶. اتم‌هایی که در مرزدانه قرار دارند، متعلق به هیچ دانه‌ای نیستند. در نتیجه با اتم‌های کناری خود تعداد پیوند کمتری دارند. وقتی ماده‌ی خورنده در پوشش نفوذ می‌کند با اتم‌های مرزدانه پیوند تشکیل داده و مواد جدیدی تشکیل می‌شود.



با این حساب، نانوپوشش‌ها به دلیل داشتن مرز دانه زیاد در دانه‌بندی خود باید بیشتر در معرض خوردگی باشند. پس چرا نانو پوشش‌ها در برابر ترک و شکست مقاوم‌ترند؟

۱) در نانوپوشش‌ها به دلیل کوچک شدن دانه‌ها نیروی بین دانه‌ها کمتر شده و در نتیجه در این پوشش‌ها ترک و شکست ایجاد نمی‌شود.

۲) در نانوپوشش‌ها به دلیل کوچک شدن دانه‌ها نیروی بین دانه‌ها بیشتر شده و در نتیجه در این پوشش‌ها ترک و شکست ایجاد نمی‌شود.

۳) در نانوپوشش‌ها به دلیل زیاد بودن دانه‌ها خوردگی در نانوپوشش‌ها رخ نمی‌دهد و در نتیجه ترک و شکست ایجاد نمی‌شود.

۴) در نانوپوشش‌ها به دلیل زیاد بودن مرزدانه‌ها خوردگی یکنواخت‌تر بوده و در نتیجه خوردگی موضعی که موجب ایجاد ترک و شکست است رخ نمی‌دهد.

۱۷. پژوهشگری رسانایی گرمایی یک میله گرافیتی را اندازه گرفته، سپس میله را از وسط دو نیم کرده و لایه‌ای از نانولوله کربنی را در محل شکستگی قرار می‌دهد. کدام یک از گزینه‌های زیر در مورد رسانایی گرمایی قطعه جدیدی که حاصل از اتصال مجدد گرافیت از محل شکستگی است، صحیح می‌باشد؟

۱) بیشتر می‌شود زیرا رسانایی گرمایی نانولوله کربنی بیشتر از گرافیت است.

۲) کمتر می‌شود زیرا رسانایی گرمایی نانولوله‌های کربنی کمتر از گرافیت است.

۳) بیشتر می‌شود زیرا نانولوله حفراتی که به شکل طبیعی در ساختار گرافیت وجود دارد را پر کرده و در نتیجه میزان اتصال دو قطعه به نسبت حالت قبل بیشتر می‌شود.

۴) کمتر می‌شود زیرا میزان اتصال بین دو قطعه به میزان قابل توجهی کمتر از میله یکپارچه است.

۱۸. پژوهشگران موفق به ساخت چسب‌های چندبار مصرف قدرتمندی شده‌اند که می‌تواند وزن انسانی که از دیوار یا سقف آویزان است را تحمل کند (مانند خاصیتی که در دست و پای برخی از موجودات زنده وجود دارد). کدام گزینه نمی‌تواند به درستی دلیل این قابلیت چسبندگی را بیان کند؟

۱) پیوند بین اتمی کووالانسی در دو سطح

۲) نیروهای واندروالس

۳) چسبندگی مویرگی

۴) قلاب‌ها و حلقه‌های نانومولکولی

۱۹. در صورتی که تعداد پیوندهای C—C در یک فولرین برابر ۱۰۵ پیوند باشد، این نانوساختار از چند اتم کربن تشکیل شده است؟

۱) ۶۰

۲) ۷۰

۳) ۸۰

۴) ۹۰

۲۰. عبارت زیر معرف کدام گروه از مواد هوشمند است؟

تنش‌ها و آشفتگی‌های ریزساختاری موجب تغییرات نوری (اپتیکی) در این مواد می‌شود؛ در صورتی که عامل محرک از حد بحرانی عبور نکند، تغییرات نوری بازگشت پذیر خواهد بود.

۱) مکانوکرومیک

۲) فتوکرومیک

۳) ترموکرومیک

۴) کموکرومیک

۲۱. کدام یک از عباراتی که زیر آن خط کشیده شده است در مورد خودآرایی منجر به ایجاد لیپوزوم‌ها صحیح نیست؟

خودآرایی یک فرایند برگشت پذیر است (الف) که مولکول‌ها بدون (ب) اعمال نیروی محرکه خارجی از طریق برهم‌کنش‌های کوالانسی (ج) با یکدیگر واکنش داده و در نهایت یک سیستم منظم (د) ایجاد می‌شود.

۱) الف

۲) ب

۳) ج

۴) د

۲۲. برای هر یک از موارد زیر به ترتیب (از راست به چپ) استفاده از کدام یک از روش‌های لایه‌نشانی نشست بخار شیمیایی (CVD) یا نشست بخار فیزیکی (PVD) را پیشنهاد می‌کنید؟

لایه‌نشانی روی قطعه‌ای با مقاومت حرارتی پایین – لایه نشانی روی دستگیره در – ایجاد لایه‌های ترکیبی بر روی سطوح

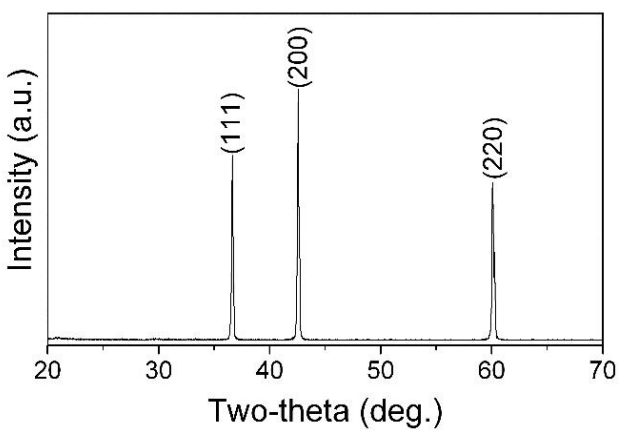
۱) CVD - CVD - PVD

۲) PVD - CVD - PVD

۳) CVD - PVD –PVD

۴) PVD - CVD – CVD

۲۳. الگوی پراش اشعه ایکس به دست آمده از یک ماده بلوری مشابه شکل زیر است. اگر اشعه ایکس تابیده شده در این دستگاه XRD طول موجی برابر ۱/۵ آنگستروم داشته باشد، فاصله بین صفحات (۲۲۰) این ماده بلوری کدام است؟ (مرتبه پراش را ۱ در نظر بگیرید)



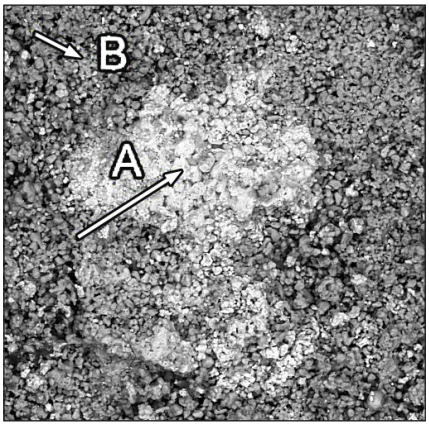
۱) ۳

۲) ۲/۶

۳) ۱/۵

۴) ۰/۷۵

۲۴. شکل زیر تصویر حاصل از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) از سطح شکست قطعه‌ای را نشان می‌دهد که اتم‌های موجود در آن تنگستن (W)، مولیبدن (Mo) و سیلیکون (Si) هستند. حالت تصویربرداری و ترکیب شیمیایی فازهای مشخص شده بر روی تصویر را مشخص کنید.



M_{Mo}= ۹۵/۹۵ g/mol M_W= ۱۸۳/۸۴ g/mol M_{Si}=۲۸/۰۸ g/mol

۱) تصویر الکترون ثانویه - منطقه A حاوی فاز $MoSi_2$ و منطقه B حای فاز WSi_2
۲) تصویر الکترون ثانویه - منطقه A حاوی فاز WSi_2 و منطقه B حای فاز $MoSi_2$
۳) تصویر الکترون برگشتی - منطقه A حاوی فاز $MoSi_2$ و منطقه B حای فاز WSi_2
۴) تصویر الکترون برگشتی - منطقه A حاوی فاز WSi_2 و منطقه B حای فاز $MoSi_2$

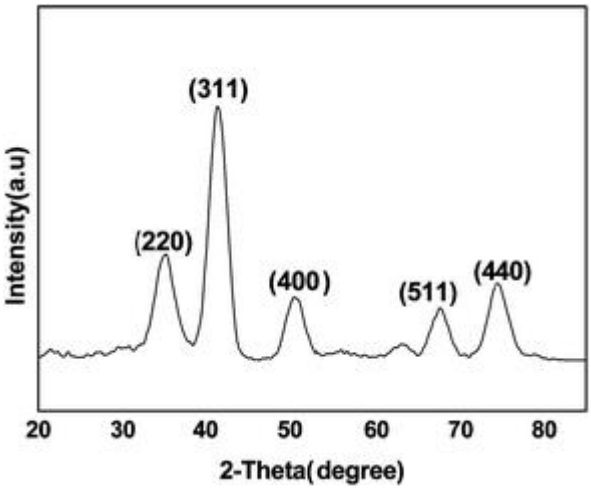
۲۵. یک محقق می‌خواهد رسانایی سطح یک نمونه فلزی را با استفاده از یک میکروسکوپ تونلی روبشی بررسی کند. کدام حالت کاری را برای این منظور پیشنهاد می‌کنید؟

۱) مد ارتفاع ثابت
۲) مد جریان ثابت
۳) حالت دستکاری
۴) حالت طیف سنجی

۲۶. عصای سفید یک فرد نابینا و حرکت او در پیاده‌رو سنگ‌فرش شده عملکرد کدام وسیله آنالیز نانومواد را در ذهن شما تداعی می کند؟

۱) AFM
۲) XRD
۳) STM
۴) TEM

۲۷. شکل زیر تصویر طیف پراش اشعه ایکس (XRD) اکسیدآهن را توسط یک دستگاه XRD با منبع مس برای تولید اشعه ایکس با انرژی ۸ کیلوالکترون‌ولت نشان می‌دهد. در صورتی که از منبع مولیبدن برای تولید اشعه ایکس با انرژی ۱۴ کیلوالکترون‌ولت استفاده کنیم، در شکل طیف چه تغییری ایجاد می‌شود؟



۱) پیک‌ها اندکی به سمت چپ انتقال پیدا می‌کنند.
۲) پیک‌ها اندکی به سمت راست انتقال پیدا می‌کنند.
۳) پیک‌ها اندکی پهن‌تر می‌شوند.
۴) پیک‌ها اندکی باریک‌تر می‌شوند.

۲۸. دو ماده بلوری A و B داری ساختار BCC هستند و شعاع اتمی A و B به ترتیب ۲/۰۵ و ۲/۱۵ آنگستروم می‌باشد؛ در صورتی که به مذاب ماده A مقدار ۵ درصد وزنی از B افزوده شده و پس از اختلاط کامل، به آرامی سرد شود؛ چه تغییری در الگوی پراش اشعه ایکس (XRD) ماده A به وجود خواهد آمد؟

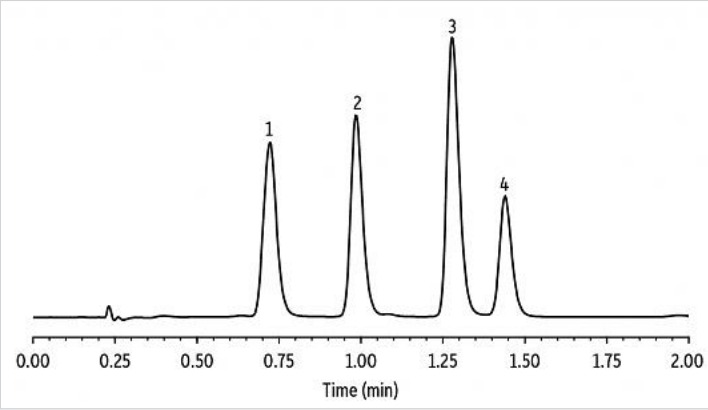
۱) افزایش پهنای پیک‌های عنصر A به دلیل کاهش اندازه دانه‌های عنصر A

۲) جابجایی پیک‌های عنصر A به سمت زوایای کوچکتر به دلیل تشکیل محلول جامد بین عنصر A و B

۳) جابجایی پیک‌های عنصر A به سمت زوایای بزرگتر به دلیل تشکیل محلول جامد بین عنصر A و B

۴) کاهش پهنای پیک‌های عنصر A به دلیل افزایش اندازه دانه های عنصر A

۲۹. روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) روشی حساس و با دقت بالا برای جداسازی و اندازه‌گیری اجزای تشکیل دهنده مواد مختلف است. در این روش اجزای مختلف با عبور به همراه فاز متحرک از روی فاز ساکن (مانند ستون پرشده) و تفاوت در میزان برهمکنش بین خود و فاز ساکن از هم جدا می‌شوند.
پژوهشگری برای اندازه‌گیری رهایش چند داروی بارگذاری شده در نانوحامل ساخته شده از HPLC استفاده کرده است. این ۴ دارو میزان قطبیت‌های متفاوتی دارند. او برای این منظور یک ستون آب‌گریز به طول ۵ سانتی‌متر را بعنوان فاز ساکن و ترکیب ۵۰٪ آب و ۵۰٪ متانول را بعنوان فاز متحرک انتخاب کرده است. در پایان داروها در زمان‌های مختلف مانند شکل کروماتوگرام زیر از ستون خارج شده‌اند. کدام گزینه در مورد این جداسازی درست است؟ (ضریب قطبیت برای آب ۱ و برای متانول ۰/۷۶ است)



۱) داروی ۲ نسبت به داروی ۳ قطبیت بیشتری دارد.

۲) اگر ستون ۱۰ سانتی‌متری انتخاب شود پیک‌ها به هم نزدیکتر می‌شوند.

۳) با ترکیب فاز متحرک ۷۰٪ آب، ۳۰٪ متانول ضخامت پیک‌ها افزایش می‌یابد.

۴) با افزایش فشار پمپ (سرعت حرکت فاز سیال) پیک‌ها از هم فاصله بیشتری می‌گیرند.

۳۰. یک دانش‌آموز توانسته است نانوذرات بلورین اکسید فلزی تولید کند. او برای مشخصه‌یابی از نمونه خود آنالیزهای پراش اشعه ایکس (XRD)، میکروسکوپ الکترون عبوری (TEM) و پراکندگی دینامیکی نور (DLS) انجام داده است. کدام اعداد (نانومتر) به ترتیب می‌توانند اعداد گزارش شده برای اندازه دانه از XRD، اندازه ذره مشاهده شده در TEM و اندازه گزارش شده از DLS باشد؟

۱) ۵۰-۵۰-۵۰
۲) ۷۰-۵۰-۷۰
۳) ۷۰-۵۰-۱۰
۴) ۵۰-۵۰-۱۰

۳۱. متن زیر به کدام یک از روش‌های آنالیز نانو مواد اشاره می‌کند؟
در این روش برای سنجش اندازه ذرات از همان پدیده فیزیکی استفاده می‌شود که مشاهده پرتو نور در مکان‌های تاریک را میسر می‌کند. در این روش نمونه تخریب نمی‌شود و مهمترین روش برای تعیین اندازه نانوذرات کلوئیدی بین ۲۰ تا ۱۰۰ نانومتر است.

۱) پراکندگی پویای نور (DLS)
۲) میکروسکوپی الکترون روبشی گسیل میدانی (FESEM)
۳) میکروسکوپی الکترون عبوری (TEM)
۴) میکروسکوپی نیروی اتمی (AFM)

۳۲. پژوهشگری نیاز دارد برای ساخت یک حسگر زیستی، آنتی بادی‌ها و آنزیم‌های خاصی را با دقت بسیار بالا به صورت خطوط موازی بر روی یک زیرلایه پلیمری بنشاند. با توجه به حساسیت بالای کار، نیاز است برای جلوگیری از آلودگی نمونه‌های ساخته شده، فرایند تثبیت آنتی بادی‌ها و آنزیم‌ها در خلاء صورت گیرد. کدام یک از روش‌های زیر برای این کار مناسب است؟

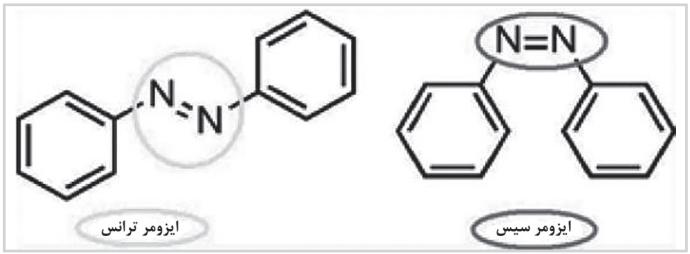
۱) نانولیتوگرافی قلم آغشته گرمایی (TDPN)

۲) میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM)

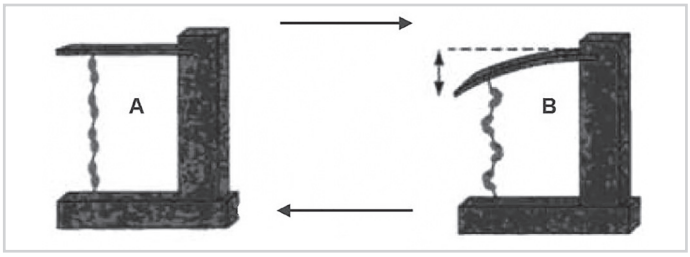
۳) میکروسکوپ تونل زنی روبشی (STM)

۴) نانولیتوگرافی قلم آغشته (DPN)

۳۳. مولکول آزوبنزن حاصل ترکیب دو مولکول بنزن و دو اتم نیتروژن است. این مولکول دو ایزومر هندسی متفاوت دارد، ایزومرهای سیس و ترانس. تابیده شدن طول موج های خاص نوری به این ساختارها منجر به تبدیل آن‌ها به دیگری می‌شود.



در یک سامانه الکترومکانیکی، زنجیره آزوبنزن (که تنها از یک نوع از ایزومرها تشکیل شده است) به تیرک یک میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) متصل شده است. با قرار دادن این ساختار در برابر تابش پالس‌های نوری با طول موج ۴۲۰ و ۳۶۵ نانومتر زنجیره به ترتیب از حالت سیس به ترانس و از حالت ترانس به سیس تبدیل می‌شود.



با توجه به این توضیحات، کدام گزاره در مورد این سیستم نادرست است؟

۱) نتیجه تابش نور به این سیستم مشابه نتیجه اعمال جریان الکتریکی به مواد پیزوالکتریک است.

۲) این سامانه به عنوان حسگرهای طول موج به کار می‌روند اما «یک بار مصرف بودن» یک محدودیت بزرگ برای آن‌هاست.

۳) برای تبدیل حالت A به حالت B باید از پالس نوری با طول موج ۳۶۵ نانومتر استفاده شود.

۴) تعداد آزوبنزن‌های مورد استفاده در یک زنجیره، میزان واکنش این سامانه به تابش نور را مشخص می‌کند.

۳۴. در صورتی که در یک نانو زیست حسگر از مواد پیزوالکتریک و در نانوبیوسنسور دیگری از کالری‌متر استفاده کنیم، به ترتیب کدام‌یک از تغییرات محیطی زیر در آن‌ها قابل تشخیص است؟

۱) تغییرات شیمیایی- تغییرات گرمایی

۲) تغییرات الکتریکی- تغییرات شیمیایی

۳) تغییرات جرمی- تغییرات الکتریکی

۴) تغییرات جرمی- تغییرات گرمایی

۳۵. کدام گزینه گویای مزیت نقاط کوانتومی در سلول‌های خورشیدی نیست؟

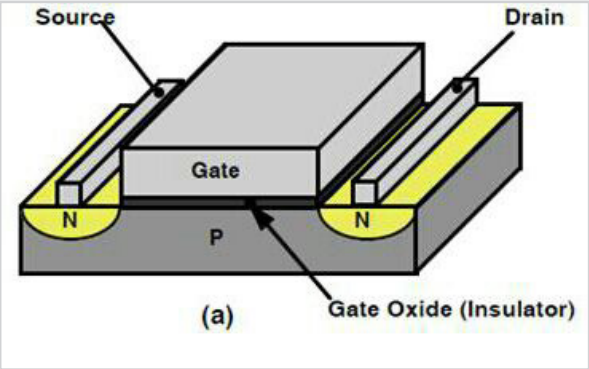
۱) تولید الکتریسیته بیشتر نسبت به سلول‌های خورشیدی رایج

۲) قابلیت تنظیم نوار جذبی با تابش ورودی

۳) کاهش انرژی اتلافی به صورت گرما

۴) انگیزش الکترون‌های نوار ظرفیت بر اساس پدیده فوتوالکتریک

۳۶.شکل روبرو طرح ساده‌ای از یک ترانزیستور را نشان می‌دهد:



در فناوری‌های کنونی یک لایه سیلیکونی اتصال بین سورس و درین را برقرار می‌کند. این لایه به نوعی نقش کلید را دارد و باعث قطع و وصل جریان می‌شود. در ابعاد بسیار کوچک نقص بلوری اتم‌های سیلیکون یک چالش جدی است. از طرفی برای ساخت یک مدار مجتمع، به تعداد بسیار زیادی ترانزیستور احتیاج است. این ترانزیستورها باید با سیم‌های فلزی رسانا به هم متصل شوند. به این سیم‌های فلزی، اتصالات میانی گفته می‌شود. در حال حاضر آلومینیوم و مس گزینه‌های مورد استفاده اتصالات میانی هستند. افزایش مقاومت الکتریکی سیم‌ها در ابعاد نانومتری یکی از چالش‌های این بخش است. نانولوله‌های کربنی به عنوان پاسخی برای چالش‌های نانوالکترونیک پیشنهاد شده‌اند. با توجه به توضیحات متن، کدام نانولوله‌ها به ترتیب برای «اتصال بین سورس و درین» و برای «اتصالات میانی» قابل استفاده هستند؟

۱) (۱۲، ۱۸) و (۱۵، ۲۰)

۲) (۲۰، ۱۵) و (۱۸، ۱۲)

۳) (۱۸، ۱۲) و (۱۲، ۱۸)

۴) (۲۰، ۱۵) و (۲۰، ۱۵)

۳۷. نقطه آغازین یک شبیه‌سازی رایانه‌ای از یک سیستم واقعی، ایجاد مدل مورد نظر از سیستم مورد بررسی است. مدل باید بیانگر واقعیت‌های موجود در سیستم باشد. اما با توجه به موانع موجود در مسیر شبیه‌سازی، طراح مدل به ساده‌سازی‌هایی در مدل می‌پردازد؛ این فرآیند را دانه درشت سازی گویند. دانه درشت سازی باید به گونه‌ای باشد که در عین حفظ واقعیت‌های مورد نیاز هدف شبیه‌سازی، موانع شبیه‌سازی نیز تا حد ممکن رفع شوند.

با توجه به این توضیحات، اصلی‌ترین مانع در مسیر شبیه‌سازی که ما را به سمت دانه درشت سازی سوق می‌دهد، چیست؟

۱) نبود تئوری علمی مناسب برای توجیه مدل‌ها

۲) دشواری توصیف ریاضی مدل‌ها و پیاده‌سازی فرمول‌های محاسباتی پیچیده

۳) حجم بالای محاسبات مورد نیاز و محدودیت‌های سیستم پردازشی

۴) تحلیل پیچیده و دشوار نتایج حاصل شده از شبیه‌سازی

۳۸. در مسیر شبیه‌سازی رایانه‌ای نانوذرات، دشواری‌های فراوانی از جمله پیچیدگی نیروها و اندرکنش میان ذرات، عدم برقراری قوانین شناخته شده برای مواد توده‌ای، حجم بسیار بالای محاسبات و تفاوت نتایج حاصل از شبیه‌سازی با داده‌های حقیقی وجود دارد. با در نظر گرفتن تمامی این مشکلات، مهم‌ترین گام در شبیه‌سازی مجموعه‌ای از نانوذرات که در اثر واکنش شیمیایی دچار تغییر ساختار می‌شوند کدام است؟

۱) ارائه مدل صحیح توصیف کننده سیستم

۲) پیاده سازی مدل به صورت نرم افزار رایانه‌ای

۳) اجرای شبیه سازی

۴) تحلیل نتایج شبیه سازی

۳۹. در شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای، لازم است تا رسیدن سامانه مورد بررسی به شرایط تعادل مورد بررسی قرار بگیرد. در این شرایط کدام یک از پارامترهای سامانه باید کنترل شوند؟

۱) انرژی
۲) دما
۳) فشار
۴) همه موارد

۴۰. کره‌ای به شعاع ۱۲۷cm موجود و توسط مکعبی احاطه شده است. می‌خواهیم کره و مکعب را همین گونه که هستند، در ابعاد نانومتری شبیه‌سازی کنیم به گونه‌ای که قطر کره ۴nm شود. حجم فضای موجود بین کره و مکعب چند سانتی‌متر مکعب می‌شود؟ ($\pi=3$)

۱) $51/2 \times 10^{-20}$
۲) $3/2 \times 10^{-20}$
۳) $51/2 \times 10^{-11}$
۴) $3/2 \times 10^{-11}$

۴۱. یکی از روش‌های نانودارورسانی، استفاده از پلیمرهای رشته‌ای به عنوان حامل دارو برای رسانش و آزادسازی کنترل شده داروی مورد نظر است. کیتوسان یکی از پلیمرهای طبیعی است که کاربرد زیادی در این زمینه دارد.
دانش‌آموزی با هدف رسانش و رهاسازی کنترل شده نوعی داروی ضد سرطان از کیتوسان استفاده کرده است، اما مشکلی که وجود دارد آن است که رشته‌های کیتوسان در حالت عادی، پایداری و دوام لازم برای حمل دارو را ندارند و دارو به سرعت از میان رشته‌ها خارج می‌شود. راهکار غلبه بر این مشکل چیست؟

۱) استفاده از رشته‌های کیتوسان با طول کم‌تر
۲) ایجاد پیوندهای عرضی بین رشته‌های کیتوسان با نوعی مولکول دیگر
۳) استفاده از رشته‌های کیتوسان با طول بیش‌تر
۴) قرار دادن طولی رشته‌هایی از نوعی مولکول دیگر در میان رشته‌های کیتوسان

۴۲. در رسانش هدفمند داروهای ضدسرطان لازم است نانودارو با تزریق به گردش خون بدن وارد شود. نانوداروها سپس با حرکت در رگ‌های بدن با عبور از حفرات موجود در دیواره رگ‌ها در نواحی توموری (دارورسانی غیرفعال) و یا اتصال به گیرنده‌های ویژه سطح سلول‌های سرطانی (دارورسانی فعال)، به سلول‌های سرطانی می‌رسند. از آنجایی که پلاسمای خون انسان حاوی ترکیبات متعددی همچون انواع پروتئین‌ها و یون‌هاست، این ترکیبات ممکن است بر کدام یک از دو روش دارورسانی فعال و غیر فعال، از طریق برهم‌کنش با دارو اثر گذاشته و دارورسانی را با چالش روبرو سازد؟

۱) دارورسانی فعال
۲) دارورسانی غیرفعال
۳) دارورسانی فعال و غیرفعال
۴) هیچکدام از دو روش دارورسانی تحت تاثیر ترکیبات داخل خون قرار نمی‌گیرند.

۴۳. کدام یک از ویژگی‌های فولرین باعث می‌شود تا استفاده از آن در صنعت دارویی محدود شود؟

۱) آب‌گریزی
۲) خواص الکترونی
۳) رسوب‌دهی فولرین در سیالات
۴) عدم امکان عامل‌دار کردن سطح

۴۴. کدام‌یک از موارد زیر در مورد دلایل استفاده از نانوساختارها در تشخیص بیماری با روش‌های تصویربرداری نادرست است؟

۱) استفاده از کپسول نانوذرات با پوسته طلا به منظور ایجاد کنتراست در تصویربرداری اشعه X

۲) اتصال آنتی‌بادی‌های اختصاصی به سطح نانوذرات به منظور تجمع در محل تومور

۳) استفاده از اتم‌های سنگین به دلیل تقویت کیفیت تصویر با این اتم‌ها

۴) تأثیر بیشتر نانوذرات نسبت به ذرات بزرگتر به دلیل دمای ذوب پایین‌تر

۴۵. گیرنده‌های زیستی مهم‌ترین بخش زیست‌حسگرها هستند. از برهم‌کنش نمونه با گیرنده زیستی، ترکیبی ایجاد می‌شود که تشکیل آن همراه با تغییرات ساختاری است. این تغییرات به صورت علائم قابل اندازه‌گیری ظاهر می‌شوند که در نهایت به شناسایی نمونه موردنظر منجر می‌شود. علائم نوری، الکتروشیمیایی، الکتریکی و تعادل جرمی از جمله مهم‌ترین علائم مورد استفاده برای شناسایی می‌باشند. در صورت استفاده از بازوهای پیزوالکتریک به عنوان الکترودهای شناسایی، کدام یک از موارد زیر می‌تواند موجب ایجاد پیغام حسگری شود؟

۱) تغییر دما ۲) تغییر جرم

۳) تغییر بار الکتریکی ۴) همه موارد

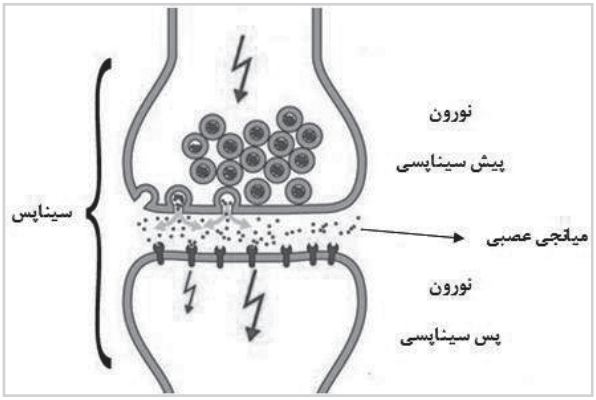
۴۶. نورون‌ها سلول‌های عصبی هستند که از طریق ارتباط با یکدیگر یا با سایر سلول‌ها سبب انتقال پیام‌های عصبی و ارسال دستور انواع فعالیت‌ها در بدن می‌شوند. این سلول‌ها در محل‌هایی به نام سیناپس با هم ارتباط دارند. انتقال پیام عصبی از یک نورون (نورون پیش سیناپسی) به نورون بعدی (نورون پس سیناپسی) به صورت زیر است:

۱. آزاد شدن مولکول هایی به نام میانجی عصبی از نورون پیش سیناپسی

۲. اتصال میانجی های عصبی به گیرنده های غشای نورون پس سیناپسی

۳. ورود یون ها از محیط به داخل نورون پس سیناپسی از طریق کانال‌های یونی

۴. تغییر پتانسیل الکتریکی غشای نورون پس سیناپسی و ایجاد پیام عصبی



می‌دانیم که برای فعال شدن نورون پس سیناپسی، حداقل به ۱۰۰۰۰۰ کانال یونی که هریک توانایی عبور 10^7 یون سدیم در ثانیه را دارند نیاز داریم. گاه ارتباط بین سلول‌های عصبی قطع می‌شود. در صورتی که بخواهیم با استفاده از یک نانوساختار با عملکردی مشابه کانال‌های یونی سبب فعال شدن نورون پس سیناپسی شویم، استفاده از کدام نانوساختار زیر مناسب‌تر است؟

۱) نانوالیاف کربنی با قطر مقطع ۱۰ آنگستروم ۲) فولرین به فرمول C_{86}

۳) نانولوله‌های کربنی ۴) نقاط کوانتومی به قطر ۱۰ نانومتر

۴۷. پژوهشگران با الگوبرداری از پوست کوسه ماهی در حال گسترش نانوپوشش‌هایی هستند که با داشتن ناهمواری سطحی بسیار ریز، موجب ایجاد الگوی خاصی از جریان سیال در اطراف سطح شده و مصرف انرژی ناشی از اصطکاک سیال را کاهش می‌دهد. استفاده از این پوشش‌ها برای افزایش کارایی کدامیک از گزینه‌های زیر کاربرد دارد؟

۱) زیردریایی ۲) لباس شنا

۳) هواپیما ۴) تمامی موارد

۴۸. چالش‌های زیست محیطی پیش روی سوخت‌های فسیلی برای خودروها منجر به آن شده است که هیدروژن به عنوان سوختی پاک مورد توجه قرار گیرد. با این وجود، استفاده از هیدروژن به عنوان حامل انرژی به دلیل مشکلات ذخیره‌سازی آن، چالش بزرگی برای گسترش فناوری‌هایی مانند پیل سوختی به شمار می‌رود. کدامیک از گزینه های زیر می‌تواند بخشی از راه حل این مشکل باشد؟

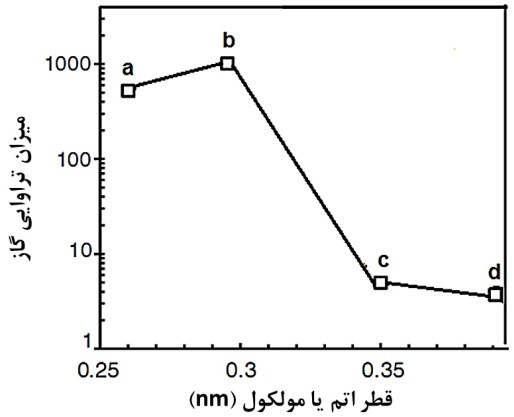
۱) اکسید آلومینیوم آندایز شده

۲) آیروژل سیلیکونی

۳) نانولوله‌های کربنی

۴) فولرین‌ها

۴۹. یکی از کاربردهای زئولیت‌ها استفاده به عنوان غربال مولکولی جهت جداسازی گازهای مختلف از هم است. نمودار زیر نشان دهنده میزان عبور گاز از یک غشای زئولیتی بر حسب اندازه مولکول گازی می‌باشد. گازهای a، b، c و d به ترتیب از چپ به راست چه گازهایی هستند؟



۱) H_2, He, O_2, CO_2

۲) He, H_2, O_2, CO_2

۳) H_2, CCl_4, O_2, CO_2

۴) CO_2, O_2, H_2, He

۵۰. به منظور درمان نوعی از سرطان، قصد داریم از یک روش نوین استفاده کنیم. این روش بر مبنای استفاده از نانوساختارهایی است که به محل تومور رفته و با جذب طول موجی معین و ایجاد گرما سبب مرگ سلول‌های سرطانی می‌شود. ساختار این سیستم کدام یک از موارد زیر است؟

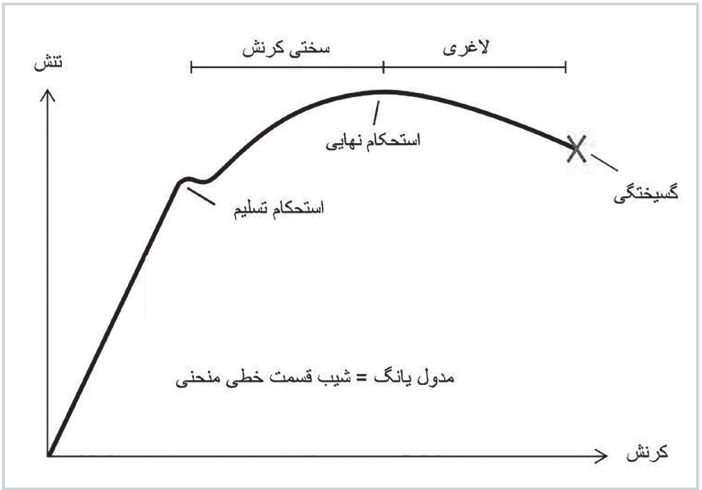
۱) هسته طلا + پوسته مغناطیسی + آنتی‌ژن‌های سطحی

۲) هسته مغناطیسی + پوسته طلا + آنتی‌بادی‌های سطحی

۳) هسته طلا + پوسته مغناطیسی + آنتی‌بادی‌های سطحی

۴) هسته مغناطیسی + پوسته طلا + آنتی‌ژن‌های سطحی

۵۱. **مدول یانگ به نسبت تنش (نیرو) به کرنش (تغییر طول) مواد جامد در ناحیه‌ی خطی (پایین‌تر از استحکام تسلیم) گفته می‌شود. می‌دانیم نانوالیاف به دلیل برخورداری از خواص شبه کوانتومی، رفتار مکانیکی خاصی را از خود نشان می‌دهند. این خواص شبه کوانتومی شامل استحکام بسیار بالا، انرژی سطحی خیلی زیاد، هدایت حرارتی و الکتریکی خیلی زیاد و غیره می‌شود. تغییر مدول یانگ بر حسب قطر نانوالیاف را چگونه پیش بینی می‌کنید؟**



۱) با کاهش قطر لیف، مدول یانگ هم کاهش می‌یابد

۲) با افزایش قطر لیف، مدول یانگ هم افزایش می‌یابد

۳) با کاهش قطر لیف، مدول یانگ افزایش می‌یابد

۴) با افزایش قطر لیف، مدول یانگ ابتدا افزایش سپس کاهش می‌یابد

۵۲. یکی از مشکلات مهم در استخراج نفت، خاصیت آلی دوستی سنگ مخزن نفتی است که موجب پسماند مقدار قابل توجه نفت در مخزن می‌شود. یکی از روش‌های پیشرفته برای ازدیاد برداشت از این مخازن، تغییر خاصیت سنگ مخزن از نفت دوست (آلی دوست) به آب دوست می‌باشد. تزریق کدامیک از مواد شیمیایی زیر می‌تواند موجب افزایش برداشت از مخزن نفت شود؟

۱) نانومایسل‌ها

۲) مولکول‌های دوگانه دوست (سورفکتانت‌ها)

۳) نانوسوسپانسیون‌ها

۴) نانومولسیون‌ها

۵۳. از کاربردهای فناوری نانو در صنعت خودرو می توان به خواص خود تمیزشوندگی سطح شیشه و ضد خش کردن رنگ بدنه اشاره کرد. با استفاده از کدام یک از نانوساختارهای زیر به ترتیب می توان این خواص را ایجاد کرد.

۱) نانو ساختارهای کاربید سیلیسیم (SiC) و نانو ساختارهای اکسید تیتانیوم (TiO_2)

۲) نانو ساختارهای اکسید تیتانیوم (TiO_2) و نانو ساختارهای اکسید آلومینیوم (Al_2O_3)

۳) نانو ساختارهای اکسید تیتانیوم (TiO_2) و نانو ساختارهای کاربید سیلیسیم (SiC)

۴) نانو ساختارهای اکسید آلومینیوم (Al_2O_3) و نانو ساختارهای کاربید سیلیسیم (SiC)

۵۴. به منظور افزایش مقاومت بدنه یک موشک در برابر فشارهای وارد شده و همچنین سوختگی از نانوکامپوزیت استفاده می‌شود. برای این منظور به ترتیب کدام یک از نانومواد زیر برای افزایش مقاومت بدنه در برابر فشار های محیطی و افزایش مقاومت در برابر سوختگی مناسب‌تر هستند؟

۱) نانو لوله کربنی - نانو ذرات فروفلوئید

۲) نانو لوله کربنی - نانو ذرات رس

۳) نانو ذرات فروفلوئید - نانو ذرات رس

۴) نانو ذرات فروفلوئید - نانو لوله کربنی

۵۵. نانوذراتی از جمله $TiO_2 - SiO_2$ چگونه می‌توانند باعث بهبود جوانه‌زنی بذر گیاهان شوند؟

۱) فعال سازی جوانه زنی با از بین بردن خواب بذر

۲) ایجاد تغییرات در pH محیط

۳) ایجاد دسترسی بهتر مواد غذایی و افزایش فعالیت آنزیم های نیترات ردوکتاز

۴) ایجاد سستی در پوسته بذر

۵۶. کدامیک از موارد زیر در مورد دی‌اکسید تیتانیم (TiO_2) صحیح نیست؟

۱) این ماده در ابعاد نانومتری در محدوده طول موج نور مرئی هم یک فوتوکاتالیست مناسب است.

۲) با اسپری روی سطوح بدلیل خاصیت فتوکاتالیستی خاصیت گندزدایی دارد.

۳) خاصیت فوق آبدوستی این ماده با خاصیت فوتوکاتالیستی رابطه تنگاتنگی دارد که باعث پدیده خودتمیزشوندگی می‌شود.

۴) این ماده در ابعاد نانومتری دارای خواص ضدباکتریایی است.

۵۷. در صورت استفاده از نانوالیاف کربنی (CNF) به عنوان تقویت کننده در بستری از زمینه پلیمری، در کدام یک از آرایش‌های نانوالیاف به عنوان تقویت کننده، ماده مرکبی (کامپوزیت) با بیشترین استحکام کششی و کم‌ترین مصرف تقویت کننده به دست می‌آید؟

۱) الیاف با آرایش موازی در راستای محور کشش

۲) الیاف با آرایش موازی در راستای عمود بر محور کشش

۳) الیاف با آرایش عمود بر هم (در دو راستای محور کشش و عمود بر محور کشش)

۴) الیاف نامنظم (در تمام جهات)

۵۸. شرکت الف برنامه ای دوساله را برای تولید نسل جدیدی از باک های بنزین خودروها با استفاده از پلیمرهای حاوی نانوذرات تدوین کرده است. این شرکت ۲ میلیارد تومان در ابتدای سال ۹۵ برای انجام تحقیقات، ساخت نمونه های اولیه، تست آنها در شرایط واقعی، اخذ مجوزها و خرید زمین نیاز دارد. همچنین، به ۳ میلیارد تومان دیگر در ابتدای سال ۹۶ برای راه اندازی خط تولید، خرید مواد اولیه و حقوق کارگران احتیاج دارد. این میزان سرمایه گذاری برای تولید ۵۰۰۰۰ باکِ پلیمری کافی است. همچنین طبق برنامه شرکت الف، خط تولید از نیمه دوم سال ۹۶ شروع به کار می کند و تمامی باک ها در ابتدای سال ۹۷ به طور کامل به یک شرکت خودروساز فروخته خواهد شد. فرض کنیم تمامی این محاسبات و پیش بینی ها قابل اعتماد باشند. برای آنکه یک سرمایه گذار حاضر شود سرمایه خود را از بانک خارج کند و طبق برنامه در اختیار شرکت الف قرار دهد، هر باک حداقل باید به چه قیمتی به شرکت خودروساز فروخته شود؟ فرض کنید که سود بانکی سالانه ۲۰ درصد است.

۱) ۱۰۰ هزار تومان
۲) ۱۲۰ هز ار تومان
۳) ۱۲۸ هزار تومان
۴) ۱۳۰ هزار تومان

۵۹. با توجه به اطلاعات مطرح شده در پرسش قبلی، کدام یک از جملات زیر صحیح است؟

۱) اگر شرکت خودروساز سفارش خود را به ۷۵۰۰۰ باک افزایش دهد، سرمایه گذاری لازم به ۷,۵ میلیارد تومان خواهد رسید.

۲) اگر شرکت خودروساز سفارش خود را به ۲۵۰۰۰ باک کاهش دهد، سرمایه گذاری لازم به ۳,۵ میلیارد تومان خواهد رسید.

۳) اگر شرکت الف بتواند باک ها را زودتر از موعد تولید کند و به شرکت خودروساز بفروشد، می تواند بدون ضرر کردنِ سرمایه گذار، قیمت فروش خود را کاهش دهد.

۴) اگر سود بانکی کاهش یابد، سرمایه گذاری لازم برای تولید ۵۰۰۰۰ باک کاهش خواهد یافت.

۶۰. با توجه به چرخه عمر فناوری، فعالیت‌های بازاریابی در کدام مرحله دارای بیشترین اهمیت است؟

۱) تولد
۲) رشد
۳) بلوغ
۴) زوال