



باسمه تعالی
جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش و پرورش
مبارزه علمی برای جوانان، زنده کردن روح جست‌وجو و کشف واقعیت‌هاست.
«امام خمینی (ره)»



دفترچه سؤالات مرحله اول سال ۱۴۰۰

سیزدهمین دوره المپیاد علوم و فناوری نانو

بعد از ظهر - ساعت: ۱۴:۰۰

کد دفترچه: ۱

تعداد سؤالات	مدت آزمون (دقیقه)
۲۵	۶۰

نام:

نام خانوادگی:

شماره صندلی:

توضیحات مهم

استفاده از هر نوع ماشین حساب ممنوع است.

۱. کد دفترچه سؤالات شما ۱ است. این کد را در محل مربوط روی پاسخ‌نامه با مداد پر کنید. در غیر این صورت پاسخ‌نامه شما تصحیح نخواهد شد.
۲. بلافاصله پس از آغاز آزمون، تعداد سؤالات داخل دفترچه و وجود همه برگه‌های دفترچه سؤالات را بررسی نمایید. در صورت وجود هرگونه نقصی در دفترچه، در اسرع وقت مسئول جلسه را مطلع کنید.
۳. یک برگ پاسخ‌نامه در اختیار شما قرار گرفته که مشخصات شما بر روی آن نوشته شده است. در صورت نادرست بودن آن، در اسرع وقت مسئول جلسه را مطلع کنید. ضمناً مشخصات خواسته شده در پایین پاسخ‌نامه را با مداد مشکی بنویسید.
۴. برگه پاسخ‌نامه را دستگاه تصحیح می‌کند، پس آن را تا نکنید و تمیز نگه دارید و به علاوه، پاسخ هر پرسش را با مداد مشکی نرم در محل مربوط علامت بزنید. لطفاً خانه مورد نظر را کاملاً سیاه کنید.
۵. پاسخ درست به هر سوال ۳ نمره مثبت و پاسخ نادرست ۱ نمره منفی دارد.
۶. شرکت‌کنندگان در دوره تابستانی از بین دانش‌آموزان پایه دهم و یازدهم و دوازدهم انتخاب می‌شوند.
۷. دفترچه باید همراه پاسخ‌نامه تحویل داده شود.

(۱) مهمترین اقدام یک پژوهشگر برای تامین ایمنی در هنگام کارکردن با نانوپودرهای خشک در آزمایشگاه کدام است؟

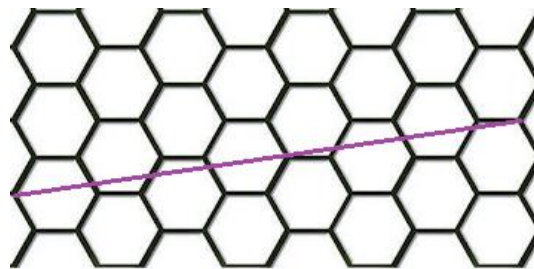
۱- محافظت از بدن با استفاده از روپوش ضد آب

۲- استفاده از دستکش لاتکس ضخیم

۳- محافظت از مسیرهای تنفسی بدن

۴- استفاده از کفش‌های ایمنی مستحکم

(۲) از دیدگاه تئوری، نانولوله‌های کربنی را می‌توان از طریق رول کردن ورق گرافن ایجاد کرد. رول کردن ورق گرافن در راستای یک خط فرضی و با اتصال ابتدا به انتهای آن صورت می‌گیرد، این خط، بردار مختصات نام دارد. بردار مختصات یک نانولوله کربنی در شکل زیر رسم شده است. مختصات کایرال و رسانایی آن را تعیین کنید.



۱- (۱ و ۴) رسانا

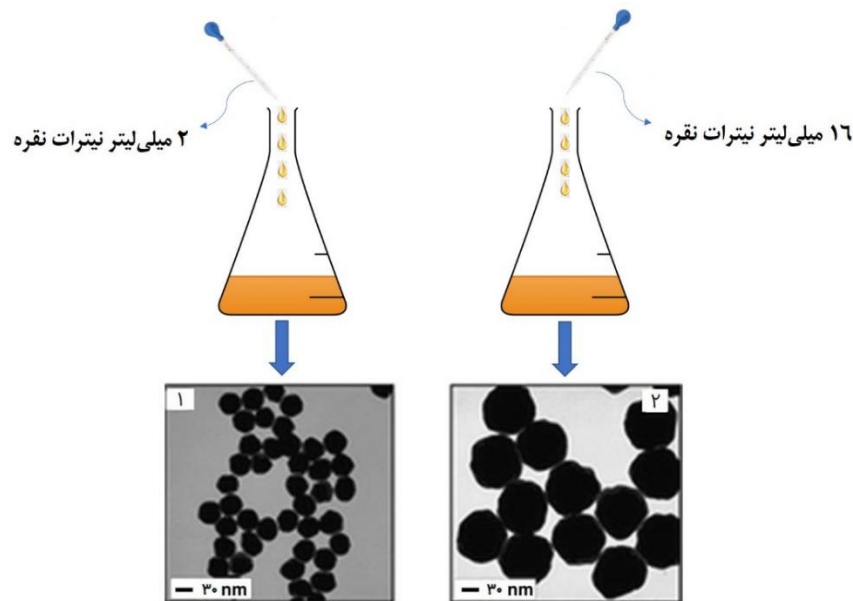
۲- (۲ و ۶) نیمه رسانا

۳- (۱ و ۸) نیمه رسانا

۴- (۳ و ۵) نیمه رسانا

(۳) دانش‌آموزی با استفاده از روش احیای شیمیایی، دو مدل نانوذره نقره با اندازه‌های متفاوت تهیه کرده است. او برای این کار، مواد مورد نیاز خود را در دو ظرف جداگانه حاوی حجم مشخصی از آب مقطر حل کرد و ظرف‌ها را داخل آب یخ قرار داد. مطابق شکل، او مقدار متفاوتی از نیترات نقره را به‌عنوان پیش‌ماده به هر یک از ظرف‌ها اضافه کرده است. این دانش‌آموز پس از آنالیز پودرها متوجه شد که اندازه نانوذرات نقره در ظرفی

که غلظت بالاتری از نیترات نقره را دارد، به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای بزرگ‌تر است. به نظر شما منشا تفاوت اندازه ذرات سنتز شده چیست؟



- ۱- برخلاف محلول رقیق‌تر، محلولی که غلظت بالاتری از نیترات نقره را دارد، به حالت فوق‌اشباع رسیده است.
- ۲- میزان کاهش دمای محلول غلیظ‌تر، بیشتر از محلولی است که غلظت پایین‌تری از نیترات نقره را دارد.
- ۳- سرعت هسته‌زایی در محلول غلیظ‌تر کمتر از محلول رقیق‌تر است.
- ۴- سرعت رشد جوانه‌های بحرانی در محلول غلیظ‌تر به‌مراتب بیشتر از سرعت هسته‌زایی است.

۴) نانوذرات آهن خالص، از دمای اتاق تا 910°C دارای ساختار بلوری مکعبی مرکزپر (BCC) هستند، اما با افزایش دما، به ساختار مکعبی وجوه مرکزپر (FCC) تبدیل می‌شوند. نانوذرات آهن را داخل کوره قرار داده و دمای آن را تا 1000°C افزایش می‌دهیم. تغییرات حجم سلول واحد نانوذرات آهن در اثر این تبدیل فازی تقریباً چقدر است؟ (فرض کنید $\sqrt{2} = 1/4$ و $\sqrt{3} = 1/7$)

- ۱- ۲۰ درصد کاهش می‌یابد.
- ۲- ۸۰ درصد افزایش می‌یابد.
- ۳- ۲۰ درصد افزایش می‌یابد.
- ۴- ۸۰ درصد کاهش می‌یابد.

۵) پژوهشگری لایه نازکی از اکسید تیتانیم را بر روی صفحه شیشه‌ای اندود شده با پلاتین، سنتز نموده و رسانایی الکتریکی آن را اندازه‌گیری کرده است. برخلاف انتظار او، نتایج به دست آمده، نشان از عایق بودن کامل لایه نازک دارد؛ در حالی که اکسید تیتانیم، یک ماده نیمه هادی است. به نظر شما، کدامیک از دلایل زیر نمی‌تواند توجیه درستی برای این نتایج باشد؟

- ۱- ضخامت لایه به قدری پایین است که شکاف انرژی نیمه‌هادی به محدوده ماده عایق رسیده است.
- ۲- ساختار لایه نازک بسیار متخلخل و مملو از نقایص بلوری بوده و حرکت حامل‌های بار در داخل آن بسیار دشوار شده است.
- ۳- ضخامت لایه نازک بسیار پایین و کمتر از طول پویش آزاد میانگین الکترون‌ها بوده است، به طوری که الکترون‌ها دائما به دیواره لایه نازک برخورد کرده و رسانایی ماده را به شدت کاهش داده‌اند.
- ۴- ضخامت لایه نازک به قدری پایین است که امکان به دام افتادن حامل‌های بار توسط ساختار وجود ندارد.

۶) یکی از روش‌های نوین انتقال اطلاعات و ذخیره‌سازی آنها استفاده از مواد زیستی بجای قطعات الکترونیکی است. DNA به عنوان واحد ذخیره سازی اطلاعات در سلول از توانایی خوبی برای این موضوع برخوردار است. در یک پژوهش دانشمندان با ایجاد یک رشته DNA یک پیام متنی را به صورت توالی‌های مشخص نگارش کرده‌اند و حالا قصد خواندن اطلاعات موجود در آن را دارند. در صورتی که طول DNA مورد نظر ۷۵۰ نانومتر باشد و خواندن آن با سرعت ۲ میکرومتر بر ثانیه انجام شود، چند نانوثانیه طول می‌کشد تا این DNA به طور کامل خوانده شود؟

$$۱- ۳۷/۵ \times ۱۰^{-۷}$$

$$۲- ۳۷/۵ \times ۱۰^{-۲}$$

$$۳- ۱/۵$$

$$۴- ۱/۵ \times ۱۰^{-۳}$$

۷) پژوهشگری یک نوع چارچوب آلی فلزی را به عنوان یک ماده هوشمند تولید کرده است که با قرار گرفتن در معرض ترکیبات حاوی آمین‌های کوچک نوع اول، از خود تغییر رنگ مستقیم نشان می‌دهد و هنگامی که در معرض متیل‌الکل قرار می‌گیرد، به کمک تابش نور فرابنفش تغییر رنگ پیدا می‌کند. کدامیک از اصطلاحات زیر را برای نامگذاری این ماده هوشمند پیشنهاد می‌کنید؟

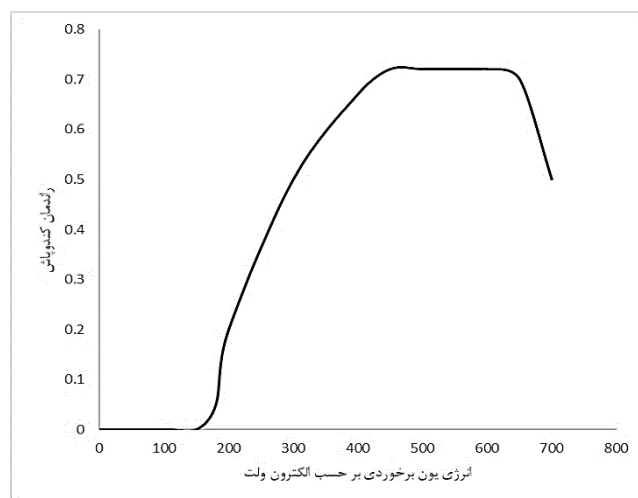
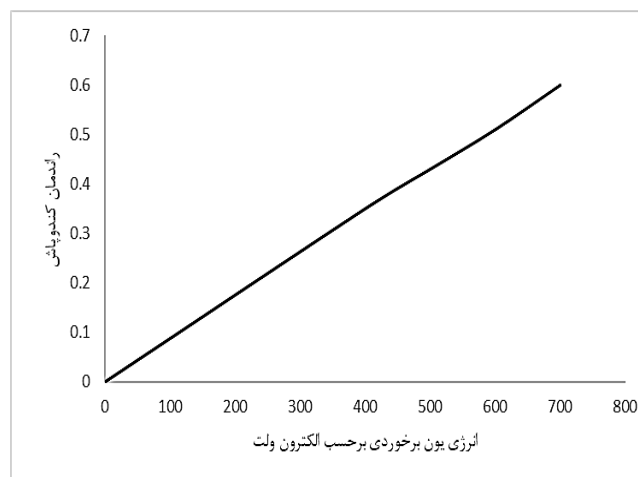
۱- فوتوکرومیک

۲- فوتولومینسانس

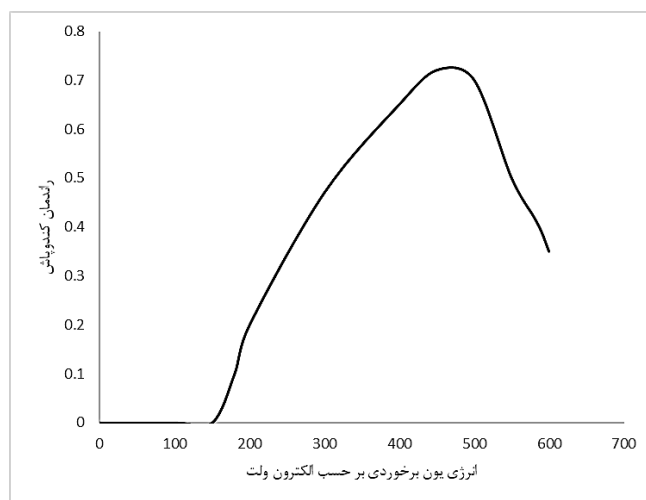
۳- کمو-فوتوکرومیک

۴- کمو-فوتولومینسانس

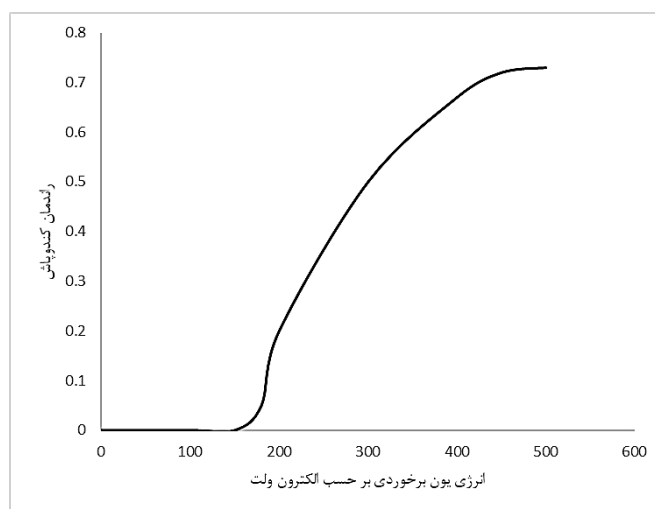
۸) کدام یک از شکل‌های زیر رابطه بازده کندوپاش با انرژی یون‌ها را به درستی نشان می‌دهد؟



۳-



۴-



۹) اسپینل لیتیم تیتانات به دلیل عدم انجام واکنش با الکترولیت، جایگزین مناسبی برای گرافیت مورد استفاده در آند باتری‌های لیتیم-یون به شمار می‌رود. با این حال، رسانایی الکتریکی ذرات لیتیم تیتانات نسبت به گرافیت پایین‌تر است. کدامیک از راهکارهای زیر برای بهبود عملکرد لیتیم تیتانات به عنوان آند باتری‌های لیتیم-یون مناسب نیست؟

۱- استفاده از نانوذرات لیتیم تیتانات به دلیل سطح ویژه بالا

۲- پوشش‌دهی سطح ذرات لیتیم تیتانات با لایه‌ای از نقره

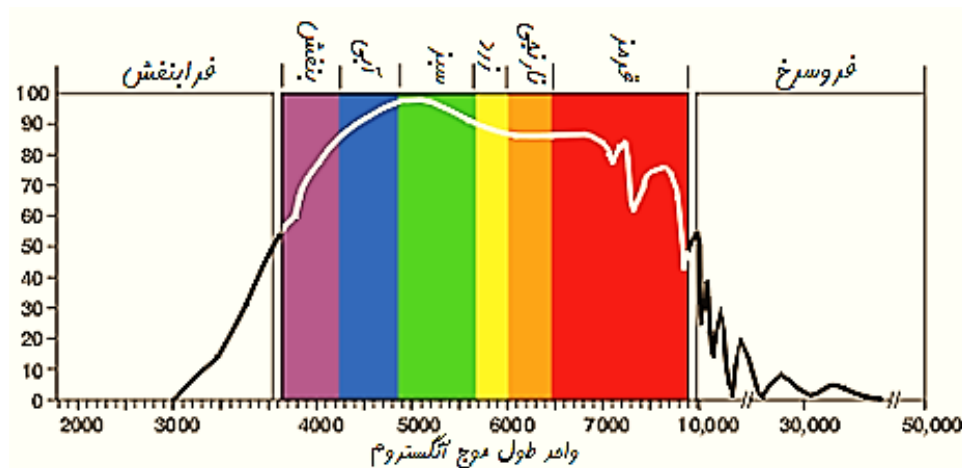
۳- اصلاح ساختار بلوری ذرات لیتیم تیتانات به منظور افزایش شکاف انرژی آن

۴- کامپوزیت کردن نانوساختارهای لیتیم تیتانات در یک زمینه رسانا

۱۰) ژئولیت‌ها دسته‌ای از نانو ساختارهای معدنی هستند که در خاک مناطق ایران به وفور یافت می‌شوند. یکی از کاربردهای ژئولیت، استفاده از آن به صورت مخلوط با خاک کشت محصولات کشاورزی و درختان است که به رشد محصولات کشاورزی کمک می‌کند. کدام یک از موارد زیر می‌تواند توجیه مناسبی برای استفاده از ژئولیت‌ها در کشاورزی باشد؟

- ۱- با حل شدن در آب، مواد معدنی ساختار خود را آزاد کرده و خاک را تقویت می‌کند.
- ۲- ناپایداری ساختاری در ژئولیت‌ها باعث نرم شدن خاک اطراف ریشه و رشد آسان آن در خاک می‌شود.
- ۳- با جذب انواعی از یون‌های موجود در کود مورد نیاز گیاه و آزادسازی آنها به صورت تدریجی، به رشد محصولات کشاورزی کمک می‌کند.
- ۴- ساختار متراکم ژئولیت با جذب آب به خود، محیط مرطوبی در اطراف ریشه‌های گیاه ایجاد می‌کند.

۱۱) یک شرکت تجاری، طیف وسیعی از کلوئیدهای طلا با اندازه ذرات کوچکتر از ۵۰ نانومتر را تولید کرده و برای کاربردهای مختلف به مشتریان خود عرضه می‌کند. رنگ ظاهری این محصولات به طور کامل با یکدیگر تفاوت دارند. به نظر شما دلیل این امر چیست و چه نوع کلوئیدی به رنگ آبی دیده می‌شود؟ (طیف طول موج نور مرئی در شکل زیر نشان داده شده است).



- ۱- پلاسمون سطحی - کلوئیدی با میانگین اندازه ذرات ۴۰ نانومتر
- ۲- تفاوت در پایداری و پخش ذرات معلق در کلوئید - کلوئیدی با میانگین اندازه ذرات ۴۰ نانومتر
- ۳- پلاسمون سطحی - کلوئیدی با میانگین اندازه ذرات ۱۰ نانومتر
- ۴- تفاوت در پایداری و پخش ذرات معلق در کلوئید - کلوئیدی با میانگین اندازه ذرات ۱۰ نانومتر

۱۲) چند نفر از دانش‌آموزان در یک آزمایشگاه با روش سونوشیمی و دستورالعملی که معلم در اختیار آنها قرار داده بود، ذرات اکسید تیتانیم را به صورت کلوئیدی سنتز کردند. اما زمانی که معلم نمونه‌ها را در کنار یکدیگر قرار داد تا با بررسی آن‌ها، نمرات را اعلام کند، به طور غیرمنتظره‌ای متوجه تفاوت رنگ آن‌ها با یکدیگر شد. برخی از نمونه‌ها رنگ سفیدی داشته و برخی دیگر بی‌رنگ بودند. به نظر شما، دلیل این تفاوت ظاهری در چیست؟

۱- کلوئیدهای سفید رنگ، ذرات ریزتری نسبت به کلوئیدهای بی‌رنگ دارند.

۲- کلوئیدهای سفید رنگ، یکنواخت‌تر و پایدارتر از کلوئیدهای بی‌رنگ هستند.

۳- کلوئیدهای سفید رنگ، ذرات میکرومتری یا زیرمیکرونی و کلوئیدهای بی‌رنگ، ذرات نانومتری دارند.

۴- بی‌رنگ بودن کلوئید قطعا نشان‌دهنده عدم تشکیل ذرات اکسید تیتانیم است.

۱۳) پژوهشگری قصد دارد با افزودن گرافن، خواص مکانیکی قطعه‌ای از آلیاژ مس-تیتانیم را بهبود دهد. او پس از افزودن ۳ درصد حجمی گرافن به زمینه‌ای از آلیاژ مورد نظر با استفاده از روش نفوذ مذاب، متوجه شد که استحکام کامپوزیت به دست آمده پایین‌تر از آلیاژ اولیه است. کدامیک از موارد زیر می‌تواند دلیل این افت باشد؟ شما برای رفع این چالش چه پیشنهادی به او می‌کنید؟

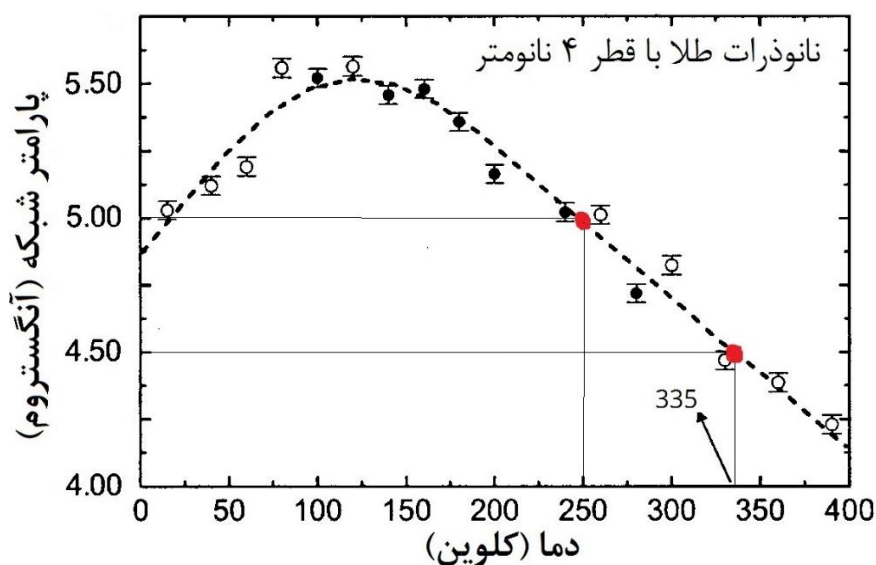
۱- تخریب ساختار گرافن و ایجاد عیوب در آن - افزایش دما و زمان فرآیند

۲- ناسازگاری شیمیایی سطح ذرات آلیاژی و صفحات گرافن - انجام واکنش‌های شیمیایی در فصل مشترک گرافن با زمینه

۳- ایجاد کلوخه‌ای از صفحات گرافن - اصلاح شیمیایی سطح گرافن با مولکول‌های فعال سطحی

۴- فصل مشترک ضعیف بین صفحات گرافن با زمینه - اعمال فشارهای بالا در دماهای بالاتر

۱۴) شکل زیر وابستگی دمایی پارامتر شبکه نانوذرات طلا با ساختار کریستالی FCC را نشان می‌دهد. در دماهای بالای ۲۰۰ کلوین، ضریب انبساط حرارتی حجمی (β) این نانوذرات بر حسب K^{-1} چقدر است؟ (طبق تعریف، ضریب انبساط حرارتی حجمی به افزایش حجم یک جسم به ازای یک درجه سانتیگراد افزایش دما در واحد حجم ماده گفته می‌شود.)



۱- $-\frac{3}{2} \times 10^{-3}$

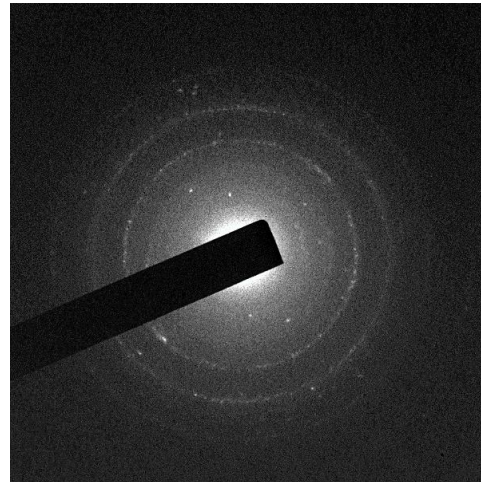
۲- $-\frac{1}{6} \times 10^{-3}$

۳- $+\frac{3}{2} \times 10^{-3}$

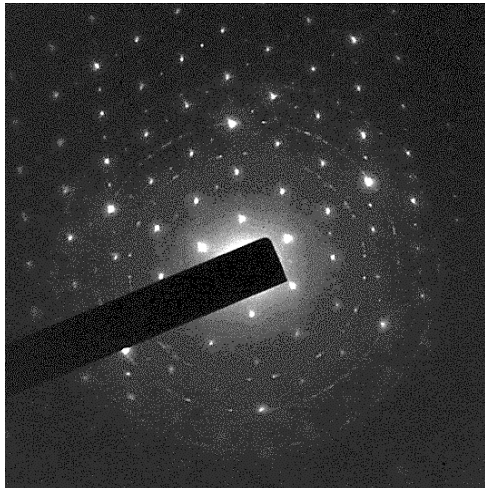
۴- $+\frac{1}{6} \times 10^{-3}$

۱۵) پژوهشگری پودری را با هدف تشکیل نانوذرات کاربید تنگستن با استفاده از روش انفجار الکتریکی سیم سنتز کرده است. او با کمک روش‌های دیگر مشخصه‌یابی متوجه شد که پودر سنتز شده، شامل نانوذرات کاربید تنگستن و ذرات تک کریستال آن است. به نظر شما، کدامیک از الگوهای پراش اشعه ایکس به دست آمده از میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) متعلق به این نمونه است؟

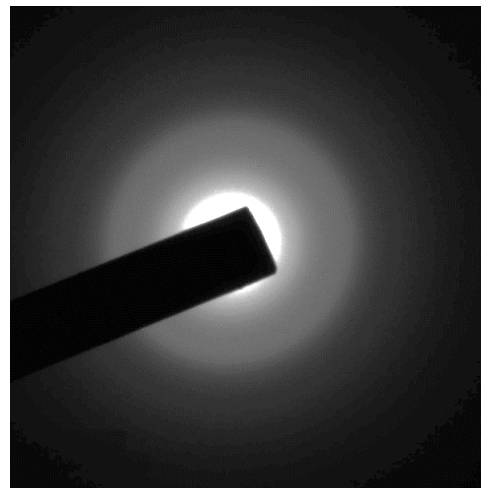
۱-



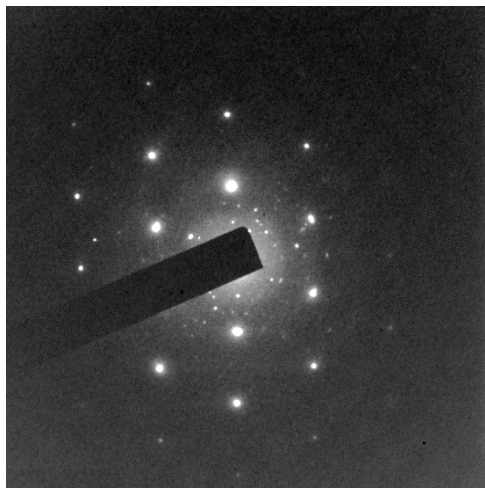
۲-



۳-



۴-



۱۶) مواد متخلخل دارای فضاهای سه بعدی خالی بوده که این فضاهای سه بعدی دارای آرایش منظم یا نامنظم هستند. این فضاهای خالی، بسته به جنس و حالت ماده، ارتباط این حفرات با یکدیگر و مواد پرکننده می‌توانند رفتارهای متفاوتی از خود نشان دهند. با این اوصاف، کدامیک از گزاره‌های زیر در مورد آبروژل‌ها و هیدروژل‌ها صحیح است؟

- ۱- هیدروژل‌ها به عنوان پلیمرهای انعطاف‌پذیر، جز مواد متخلخل محسوب می‌شوند، به طوری که تخلخل‌های ساختاری آنها با مایع پر شده است.
- ۲- آبروژل‌ها جز مواد متخلخل محسوب می‌شوند، زیرا در صورت قرارگیری در محیط‌های مایع دما بالا، تخلخل‌های متعددی در ساختار آن شکل می‌گیرد.
- ۳- هیدروژل‌ها جز مواد متخلخل محسوب نمی‌شوند، زیرا به محض جذب آب، ساختار فیزیکی خود را از دست داده و به ژل تبدیل می‌شوند.
- ۴- آبروژل‌ها جز مواد متخلخل محسوب نمی‌شوند، زیرا تخلخل‌های آنها هیچ نظم فیزیکی مشخصی نداشته و قادر به حفظ استحکام ساختار خود نیستند.

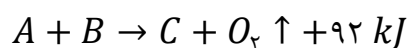
۱۷) یکی از روش‌های مرسوم برای حذف فلزات سنگین از خاک، استفاده از آهن صفر ظرفیتی است. برای این کار، کلوئیدی از نانوذرات آهن، تهیه شده و به خاک تزریق می‌شود. به نظر شما، حذف کدام یک از فلزات سنگین از طریق رسوب در خاک صورت می‌پذیرد؟ (روی (Zn)، کادمیم (Cd)، مس (Cu)، آرسنیک (As))

واکنش	$E^0(V)$
Zn/Zn^{2+}	-۰/۷۶
Cd/Cd^{3+}	-۰/۴
Fe/Fe^{3+}	-۰/۰۴
As/As^{3+}	+۰/۳
Cu/Cu^{2+}	+۰/۳۴

↓
 E^0
افزایش

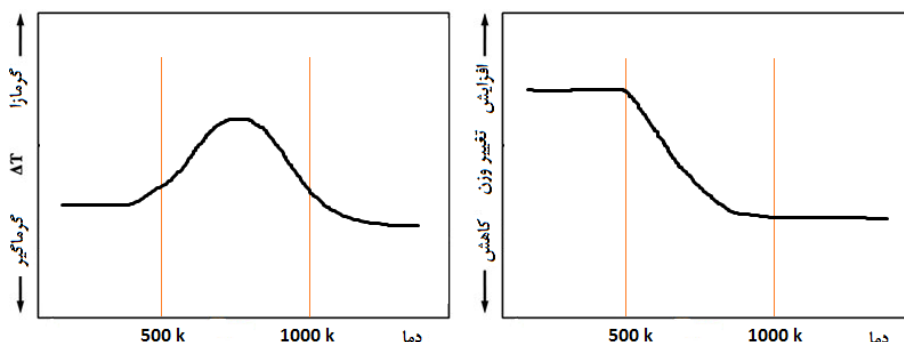
- ۱- روی و کادمیم
- ۲- مس و آرسنیک
- ۳- کادمیم و آرسنیک
- ۴- روی و مس

۱۸) معمولاً از آنالیزهای حرارتی مانند DTA-TGA برای مطالعه واکنش‌های شیمیایی یا فیزیکی و شناسایی محدوده دمایی مربوطه استفاده می‌شود. دانش‌آموزی نمونه پودری شکل را سنتز کرده و با استفاده از روش‌های آنالیز حرارتی مورد بررسی قرار داد. مطالعات او نشان می‌دهد که واکنش زیر ممکن است از نظر ترمودینامیکی در محدوده دمایی ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ کلوین به وقوع بپیوندد:

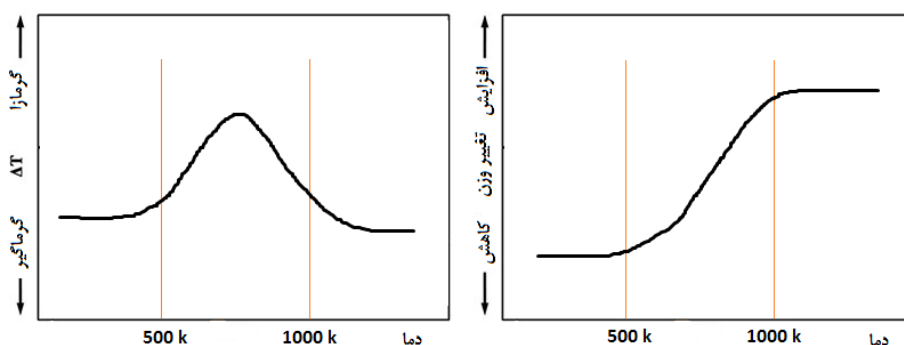


به نظر شما، کدامیک از گزینه‌های زیر می‌تواند مربوط به نمودارهای DTA-TGA این نمونه باشد؟

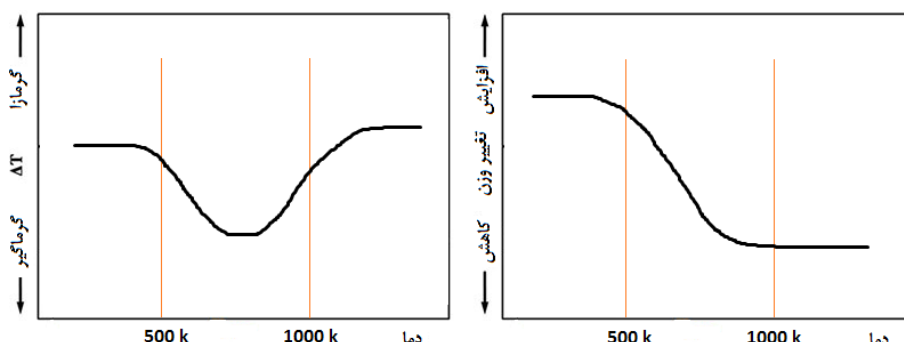
۱-



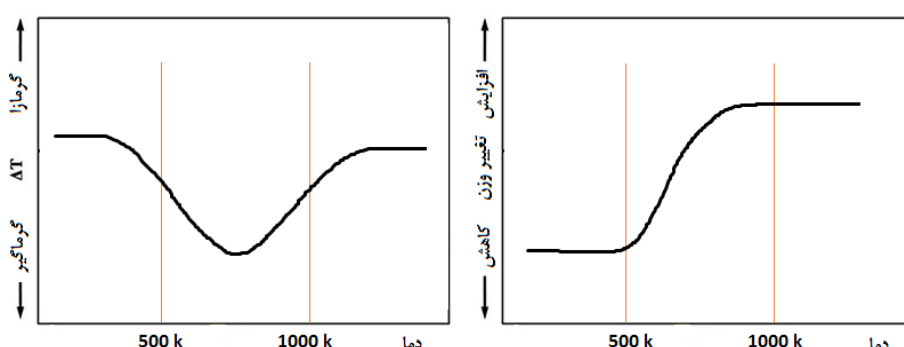
۲-



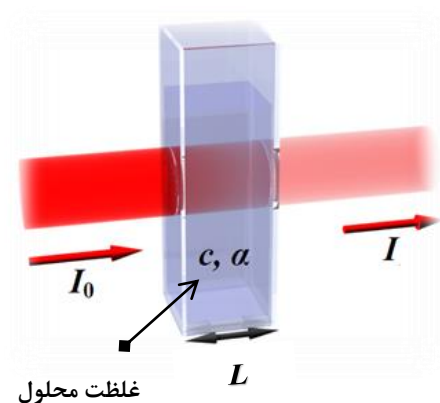
-۳



-۴



۱۹) یکی از روش‌های اندازه‌گیری غلظت یک محلول نامعلوم، استفاده از آزمون طیف‌سنجی نور مرئی - فرابنفش (UV-Vis) است. در این آزمون، محفظه شیشه‌ای با عرض L و حاوی محلولی با غلظت C_0 در معرض نوری با شدت I_0 قرار می‌گیرد و ارتباط بین غلظت محلول و میزان جذب نور تابیده شده توسط ماده، تخمین زده می‌شود (شکل زیر را ببینید). پژوهشگری با مطالعه بر روی محلول سنتزی خود، متوجه وابستگی خطی ضریب جذب نور به غلظت ماده شده است $(\alpha = aC + b)$. وی دو محلول با دو غلظت متفاوت ۱۰ ppm و ۳۰ ppm را تهیه کرد و با آزمون طیف‌سنجی، میزان جذب نور در محلول غلیظ را ۴ برابر محلول رقیق تخمین زد. به نظر شما، در چنین شرایطی، میزان جذب در محلولی با غلظت ۵۰ ppm چند برابر محلولی با غلظت ۱۰ ppm خواهد بود؟



۱- ۴/۱۵

۲- ۸/۳۰

۳- ۲۰/۷۵

۴- ۴۱/۵۰

۲۰) معمولا سازوکار پیچیده سلول‌های سرطانی، موانع زیستی مختلفی را برای رسانش دارو به بافت سرطانی ایجاد می‌کند. برای مثال، زمانی که یک داروی ضدسرطان از طریق نانوحامل‌ها وارد جریان خون می‌شود، پروتئین‌های خون به نام اپسونین، روی سطح دارو را می‌پوشانند و آن را به عنوان یک عامل خارجی جهت فرآیند فاگوسیتوز (ذره‌خواری) به اجزای سلول‌های ایمنی معرفی کرده و از رهائش دارو در بافت تومور جلوگیری می‌کنند. کدامیک از راهکارهای زیر را برای رفع این چالش پیشنهاد می‌کنید؟

۱- استفاده از نانوحامل‌هایی با پوشش‌های محافظتی مانند PEG

۲- استفاده از سیستم‌های دارورسانی هدفمند حساس به pH

۳- مصرف حجم بالایی از داروی سرطان در رژیم درمانی

۴- استفاده از سیستم‌های دارورسانی هدفمند حساس به دما

۲۱) رسانایی الکتریکی سطح الکترودها در ادوات نانوالکترونیکی یکی از پارامترهای تعیین کننده در بازده آنها به شمار می‌رود. شرکتی به دنبال استفاده از یک میله پلیمری به عنوان الکتروده است و می‌خواهد سطح آن را با لایه نازکی از ماده رسانا پوشش کاری کند. پوشش مورد نظر این شرکت، یک ساختار لایه‌ای دارد و در آن، طلا به عنوان لایه اول و مس به عنوان لایه دوم به صورت ساندویچی تکرار شده‌اند (شکل زیر را ببینید). در این کاربرد، ضخامت لایه طلا بسیار تعیین کننده و در حد چند آنگستروم است اما لایه مسی ضخامت میکرومتری دارد. برای ایجاد پوشش طلا و مس به ترتیب کدامیک از روش‌های زیر را پیشنهاد می‌کنید؟



- ۱- «سل - ژل» - «رسوب‌دهی لایه اتمی (ALD)»
- ۲- «انفجار الکتریکی سیم» - «رسوب‌دهی لایه اتمی (ALD)»
- ۳- «رسوب‌دهی در فاز بخار (CVD)» - «انفجار الکتریکی سیم»
- ۴- روش رسوب‌دهی لایه اتمی (ALD) - «سل - ژل»

۲۲) یک شرکت تولیدی، پوشش پلیمری خاصی را روی یکی از قطعات فلزی خود اعمال کرده است تا از خوردگی آنها در محیط‌های مرطوب محافظت کند. پژوهشگری قصد دارد برای تصویربرداری از ساختار این پوشش، آن را با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مورد مطالعه قرار دهد. وی متوجه شد که تصویر واضحی از این پوشش در میکروسکوپ (SEM) حاصل نمی‌شود. به نظر شما، برای تصویربرداری واضح از سطح قطعه چه اقدامی باید انجام شود؟

- ۱- لایه نشانی سطح پوشش با مس جهت پر شدن خلل و فرج آن
- ۲- استفاده از بزرگنمایی‌های بالاتر برای تصویربرداری
- ۳- سنباده‌زنی و پولیش کاری پوشش جهت کاهش ضخامت آن
- ۴- اعمال پوشش‌های کربنی جهت رسانا کردن سطح پوشش

۲۳) شرکتی برای ساخت فیلم‌های نازک از جنس پلیمرهای دیرذوب، از غلتک‌های فولادی در دماهای بالای ۱۵۰ درجه سانتی گراد استفاده می‌کند (شکل زیر را ببینید). فاصله این غلتک‌ها از یکدیگر بسیار کم و در حدود چند میلی متر است. این شرکت می‌خواهد با تعبیه آرایه‌ای از نانوذراتورها، از حرکت غلتک‌ها تولید الکتریسیته کرده و برق بخشی از تجهیزات خود را تامین نماید. شما چه نوع نانوذراتوری را به این شرکت پیشنهاد می‌کنید؟ دمای کوری نانوذراتورهای مبتنی بر DNA، پلیمر PVDF، کوارتز، و اکسید روی به ترتیب برابر با ۷۰، ۱۴۰، ۱۰۰۰، و ۱۲۰۰ درجه سانتی‌گراد است. همچنین از بین مواد یاد شده، DNA از نظر نرمی در رده اول و کوارتز در رده آخر قرار دارد.



- ۱- نانوذراتورهای پیزوالکتریک مبتنی بر الیاف پلیمری PVDF
- ۲- نانوذراتورهای پیزوالکتریک مبتنی بر میله‌های اکسید روی
- ۳- نانوذراتورهای پیزوالکتریک مبتنی بر DNA
- ۴- نانوذراتورهای پیزوالکتریک مبتنی بر لایه نازک کوارتز

۲۴) دانش آموزی از روش آسیاکاری مکانیکی برای خرد کردن ذرات پودری تا رسیدن به ابعاد نانومتری استفاده می‌کند. او با استفاده از این روش، ذرات کروی شکل طلا به شعاع ۵۰۰ نانومتر را به نانوذرات مکعبی به ضلع ۲۴ نانومتر تبدیل کرده است. اگر شعاع اتمی طلا برابر ۰/۱۵ نانومتر و فاکتور شکل نانوذرات مکعبی برابر $\frac{5}{3}$ باشد، نقطه ذوب ذرات پس از آسیاکاری چگونه تغییر می‌کند؟ ($\sqrt[3]{4} = 1/6$ و $\pi = 3$)

(معادله زیر برای محاسبه دمای ذوب نانوذرات فلزی (T_{mn}) به قطر D پیشنهاد شده است:

$$T_{mn} = T_{mb} \left(1 - \epsilon \alpha \frac{r}{D} \right)$$

که در آن، T_{mb} دمای ذوب ماده در حالت بالک یا حجیم، r شعاع اتم و α فاکتور شکل ذره است.

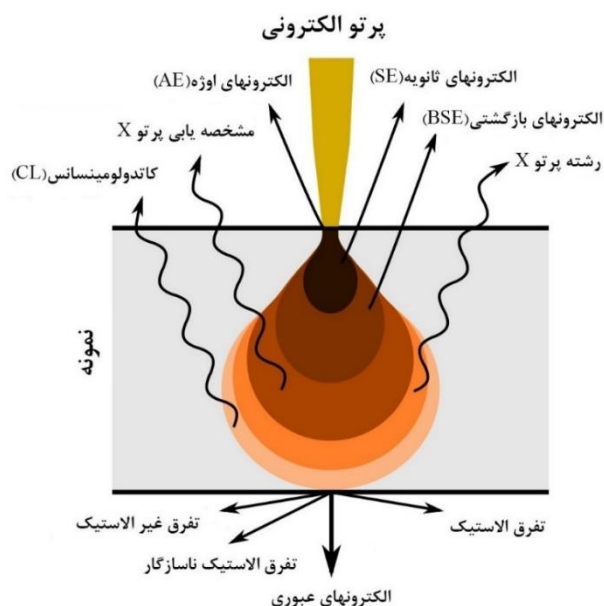
۱- ۵ درصد کاهش می‌یابد.

۲- ۱۰ درصد کاهش می‌یابد.

۳- ۵ درصد افزایش می‌یابد.

۴- ۱۰ درصد افزایش می‌یابد.

۲۵) انواع طیف‌های مشخصه ناشی از برهمکنش پرتوی الکترونی با نمونه در میکروسکوپ‌های الکترونی روبشی در شکل زیر نشان داده شده است. با کدامیک از روش‌های طیف‌سنجی زیر می‌توان فازهای موجود در یک نمونه فولادی را زیر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) شناسایی کرد؟



۱- طیف‌سنجی تفکیک انرژی

۲- طیف‌سنجی فلوئوروسانس پرتو ایکس

۳- طیف‌سنجی الکترون اوزه

۴- هیچکدام

لطفا در این کادر چیزی ننویسید.

سیزدهمین المپیاد علوم و فناوری نانو

سال ۱۴۰۰

(کد دفترچه: ۱)

مطابق توضیحات دفترچه تکمیل شود.

کد دفترچه ۲

لطفا گزینه را به صورت کامل و فقط با مداد مشکی نرم پر کنید.

صباح

۱	☐	☐	☐	☐
۲	☐	☐	☐	☐
۳	☐	☐	☐	☐
۴	☐	☐	☐	☐
۵	☐	☐	☐	☐
۶	☐	☐	☐	☐
۷	☐	☐	☐	☐
۸	☐	☐	☐	☐
۹	☐	☐	☐	☐
۱۰	☐	☐	☐	☐

۲۱	☐	☐	☐	☐
۲۲	☐	☐	☐	☐
۲۳	☐	☐	☐	☐
۲۴	☐	☐	☐	☐
۲۵	☐	☐	☐	☐
۲۶	☐	☐	☐	☐
۲۷	☐	☐	☐	☐
۲۸	☐	☐	☐	☐
۲۹	☐	☐	☐	☐
۳۰	☐	☐	☐	☐

۳۱	☐	☐	☐	☐
۳۲	☐	☐	☐	☐
۳۳	☐	☐	☐	☐
۳۴	☐	☐	☐	☐
۳۵	☐	☐	☐	☐
۳۶	☐	☐	☐	☐
۳۷	☐	☐	☐	☐
۳۸	☐	☐	☐	☐
۳۹	☐	☐	☐	☐
۴۰	☐	☐	☐	☐

۴۱	☐	☐	☐	☐
۴۲	☐	☐	☐	☐
۴۳	☐	☐	☐	☐
۴۴	☐	☐	☐	☐
۴۵	☐	☐	☐	☐
۴۶	☐	☐	☐	☐
۴۷	☐	☐	☐	☐
۴۸	☐	☐	☐	☐
۴۹	☐	☐	☐	☐
۵۰	☐	☐	☐	☐

۱۱	☐	☐	☐	☐
۱۲	☐	☐	☐	☐
۱۳	☐	☐	☐	☐
۱۴	☐	☐	☐	☐
۱۵	☐	☐	☐	☐
۱۶	☐	☐	☐	☐
۱۷	☐	☐	☐	☐
۱۸	☐	☐	☐	☐
۱۹	☐	☐	☐	☐
۲۰	☐	☐	☐	☐

۳۱	☐	☐	☐	☐
۳۲	☐	☐	☐	☐
۳۳	☐	☐	☐	☐
۳۴	☐	☐	☐	☐
۳۵	☐	☐	☐	☐
۳۶	☐	☐	☐	☐
۳۷	☐	☐	☐	☐
۳۸	☐	☐	☐	☐
۳۹	☐	☐	☐	☐
۴۰	☐	☐	☐	☐

۵۱	☐	☐	☐	☐
۵۲	☐	☐	☐	☐
۵۳	☐	☐	☐	☐
۵۴	☐	☐	☐	☐
۵۵	☐	☐	☐	☐
۵۶	☐	☐	☐	☐
۵۷	☐	☐	☐	☐
۵۸	☐	☐	☐	☐
۵۹	☐	☐	☐	☐
۶۰	☐	☐	☐	☐

۷۱	☐	☐	☐	☐
۷۲	☐	☐	☐	☐
۷۳	☐	☐	☐	☐
۷۴	☐	☐	☐	☐
۷۵	☐	☐	☐	☐
۷۶	☐	☐	☐	☐
۷۷	☐	☐	☐	☐
۷۸	☐	☐	☐	☐
۷۹	☐	☐	☐	☐
۸۰	☐	☐	☐	☐

محل امضاء

اینجانب فرزند با کد ملی

مطابقت اطلاعات مندرج در پاسخ برگ را با مشخصات خود تایید می نمایم.

سوال (۱)

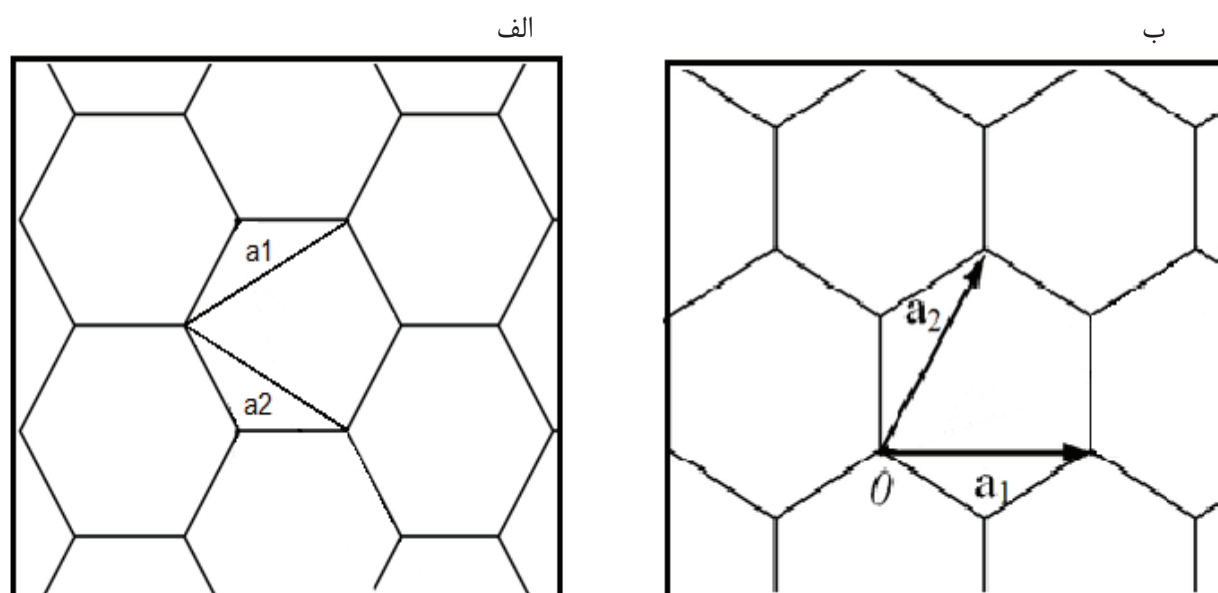
پاسخ: گزینه ۳

مهمترین اقدام یک پژوهشگر برای تامین ایمنی در هنگام کارکردن با نانوپودرهای خشک در آزمایشگاه عبارت از محافظت از مسیرهای تنفسی بدن است.

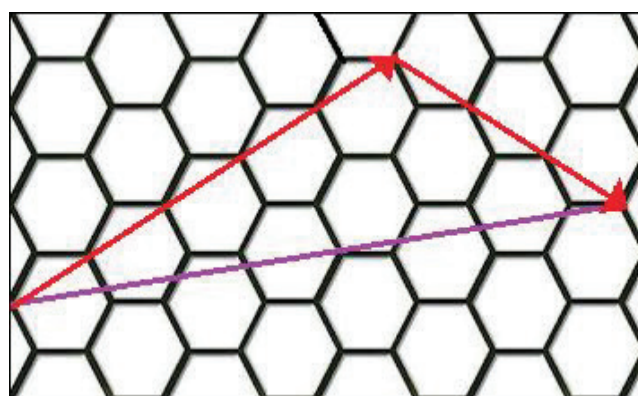
سوال (۲)

پاسخ: گزینه ۴

در تعیین مختصات نانولوله‌های کربنی دو نوع حالت قرارگیری ورق گرافن وجود دارد. در شکل الف و ب این دو حالت رسم شده‌اند.



حالت مطرح شده در سوال به فرم شکل الف می‌باشد. (a_1 و a_2 نشان دهنده جهت حرکت برای تعیین بردارهای m و n هستند.) بنابراین برای تعیین مختصات باید مشابه شکل الف حرکت کنیم. در شکل پایین شیوه تعیین مختصات رسم شده است.



دلیل نادرستی گزینه ۱: از آنجایی که در هر دو ظرف، نانوذرات نقره از فاز محلول رسوب کرده و سنتز نانوذرات در غلظت‌های متفاوت نیترات نقره به صورت موفقیت‌آمیز انجام شده است، نتیجه می‌گیریم که نیترات نقره در هر دو محلول به حالت فوق‌اشباع رسیده است.

دلیل نادرستی گزینه ۲: با توجه به اینکه ظرف واکنش در هر دو حالت داخل بشر حاوی آب یخ قرار داده شده است، لذا میزان کاهش دما برای هر دو محلول یکسان بوده است.

دلیل نادرستی گزینه ۳: رشد جوانه‌های تشکیل‌شده زمانی اتفاق می‌افتد که در اثر برخورد اتفاقی تعدادی جوانه ریز یا تعداد زیادی اتم/مولکول با هم جوانه‌ای با شعاع بحرانی یا بیشتر از آن تشکیل شود. در غیر این صورت، تشکیل جوانه‌ای با شعاع کمتر از شعاع بحرانی و رشد تدریجی آن امکان‌پذیر نیست. برخورد اتفاقی ذرات نیز در اثر حرکت براونی آن‌ها رخ می‌دهد و هر چه غلظت محلول بیشتر باشد، احتمال برخوردهای تصادفی نیز بیشتر خواهد شد. بنابراین، در محلول غلیظ‌تر (۱۶ میلی‌لیتر نیترات نقره) تعداد برخوردهای اتفاقی میان ذرات بیشتر بوده و در نتیجه، احتمال تشکیل جوانه‌های بزرگ‌تر از اندازه بحرانی در مقایسه با محلول رقیق‌تر، بالاتر است. به این ترتیب، با وجود آنکه میزان کاهش دمای محلول در هر دو حالت یکسان است، سرعت هسته‌زایی در محلول حاوی ۱۶ میلی‌لیتر نیترات نقره بیشتر از محلول حاوی ۲ میلی‌لیتر نیترات نقره خواهد بود. در حقیقت، آنچه اندازه ذرات را کنترل می‌کند، «نسبت سرعت هسته‌زایی به سرعت رشد» است نه لزوماً مقدار صرف هر کدام.

دلیل درستی گزینه ۴: در روش احیای شیمیایی برای تولید نانوذرات، سه مرحله فوق‌اشباع، هسته‌زایی و رشد اتفاق می‌افتد. سرعت هر یک از مراحل یادشده کنترل‌کننده اندازه، توزیع اندازه و شکل نهایی نانوذرات است. با شکل‌گیری جوانه‌ها، جوانه‌ها شروع به رشد می‌کنند. در این مرحله، اگر جوانه‌های تشکیل‌شده پایدار بمانند و مجدداً حل نشوند، سایر اتم‌ها یا مولکول‌های موجود در محلول به آن‌ها ملحق می‌شوند و با بزرگ‌تر شدن جوانه‌ها، نانوذرات شکل می‌گیرند. در محلول غلیظ‌تر، تعداد اتم‌ها یا مولکول‌های موجود پیرامون جوانه‌ها نسبت به محلول رقیق‌تر بیشتر است و لذا مقدار و سرعت رشد جوانه‌ها در این حالت بالاتر خواهد بود. به عبارت دقیق‌تر، در محلول حاوی ۱۶ میلی‌لیتر نیترات نقره بر خلاف محلول حاوی ۲ میلی‌لیتر نیترات نقره، سرعت رشد جوانه‌های بحرانی به میزان قابل‌ملاحظه‌ای از سرعت هسته‌زایی پیشی گرفته است.

در گام اول باید حجم سلول واحد FCC و BCC را محاسبه کنیم. برای ساختار BCC داریم:

$$a = \frac{4r}{\sqrt{3}}$$

که در آن، a پارامتر شبکه و r شعاع اتم‌هاست. لذا

$$V_{BCC} = a^3 = \left(\frac{4r}{\sqrt{3}}\right)^3$$

به طور مشابه، برای ساختار FCC داریم:

$$a = \frac{4r}{\sqrt{2}} = 2\sqrt{2}r$$

$V_{FCC} = a^3 = (2\sqrt{2}r)^3$ بنابراین تغییرات حجمی ایجاد شده در اثر تبدیل ساختار BCC به FCC برابر خواهد بود با:

$$\text{تغییرات حجم} = \frac{V_{FCC} - V_{BCC}}{V_{BCC}} \times 100 = \left(\frac{V_{FCC}}{V_{BCC}} - 1\right) \times$$

$$100 = \left(\left(\frac{2\sqrt{2}}{\frac{1}{\sqrt{3}}}\right)^3 - 1\right) \times 100 \sim 80\%$$

سوال (۵)

پاسخ: گزینه ۴

براساس نظریه‌های ارائه شده، مقاومت الکتریکی لایه‌های نازک بیشتر از مواد بالک است. این امر به کاهش تعداد حامل‌های بار، محدود شدن حرکت الکترون‌ها در ساختار با کاهش ضخامت لایه، و کاهش طول پویش آزاد میانگین حامل‌های بار نسبت داده شده است. تفاوت مقاومت الکتریکی لایه نازک با نمونه بالک زمانی به بیشترین میزان خود می‌رسد که ضخامت لایه کمتر از طول پویش آزاد میانگین الکترون‌ها باشد. در چنین شرایطی، الکترون‌ها دائماً به دیواره لایه نازک برخورد کرده و رسانایی ماده به شدت کاهش می‌یابد.

هرچه ضخامت لایه نازک کمتر شود، شکاف انرژی نیمه‌هادی در شرایط بالک به محدوده ماده عایق میل می‌کند.

در صورتی که ساختار لایه نازک بسیار متخلخل و مملو از نقایص بلوری باشد، حرکت حامل‌های بار در داخل آن بسیار دشوار شده و رسانایی کاهش می‌یابد. از سوی دیگر، نقایص بلوری و تخلخل‌ها می‌توانند حامل‌های بار را به دام انداخته و موجب کاهش موبیلیته آنها شوند. همین امر موجب کاهش رسانایی الکتریکی لایه‌های نازک می‌شود.

سوال (۶)

پاسخ: گزینه ۱

از تناسب استفاده می کنیم .

ابتدا همه گزینه ها را به صورت توانی از ۱۰ می نویسیم :

$$\frac{2 \times 10^{-6}}{1 s} = \frac{750 \times 10^{-9}}{?}$$

با محاسبه مقدار مجهول به دست می آید :

$$37.5 \times 10^{-2} s$$

که بر حسب نانو ثانیه میشود :

$$37.5 \times 10^7 ns$$

سوال (۷)

پاسخ: گزینه ۳

ساختار شیمیایی مواد فوتوکرومیک در اثر تابش نور (معمولا نور ماوراء بنفش) تغییر کرده و به ماده‌ای با رنگ تیره‌تر و ساختاری با جذب بیشتر تبدیل می‌شوند. در صورتی که تابش نور به این مواد متوقف شود، مجدداً به حالت اولیه خود باز می‌گردند. همچنین، در اثر انجام واکنش شیمیایی در مواد کموکرومیک، ساختارهایی با رنگ‌های متفاوت ایجاد می‌شود. کاغذ تورنسل نمونه‌ای از این مواد است که با توجه به اسیدی یا بازی بودن محیط، رنگ‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهد. بنابراین، چارچوب آلی فلز تولیدی، هم دارای خاصیت فوتوکرومیک و هم دارای خاصیت کموکرومیک می‌باشد که در کل می‌توان آن را یک ماده هوشمند کموفتوکرومیک نامید.

سوال (۸)

پاسخ: گزینه ۲

یک انرژی آستانه وجود دارد که تا قبل از آن بازدهی کندوپاش (اسپاترینگ) صفر است.

پس از انرژی آستانه، راندمان با افزایش انرژی به صورت نمایی تغییر می‌کند، سپس خطی می‌شود و پس از آن کاهش می‌یابد.

علت این امر آن است که در ابتدا و با افزایش انرژی یون‌ها، تعداد بیشتری از اتم‌های هدف کنده می‌شوند ولی در صورتی که انرژی یون‌های برخوردی از حد بهینه زیاده‌تر شود خود این برخوردها مانع از رسیدن اتم‌های هدف به زیرلایه شده و راندمان را کاهش می‌دهند.

اسپینل لیتیم تیتانات می تواند جایگزین کارآمدی برای گرافیت باشد؛ زیرا تغییر ساختاری ندارد و به طور ذاتی یک آند ایمن است. اما به دلیل ساختار بلوری یکتا و گاف انرژی نسبتاً بزرگ آن (۲-۳ الکترون ولت)، دو محدودیت ایجاد می کند؛ پایین بودن ظرفیت آن نسبت به گرافیت و رسانایی یونی و الکتریکی کمتر نسبت به گرافیت. به منظور بهبود عملکرد لیتیم تیتانات می توان از نانوذرات لیتیم تیتانات استفاده کرد، و یا نانوساختارهای لیتیم تیتانات را در یک زمینه رسانا کامپوزیت نمود. استفاده از نانوساختارهای لیتیم تیتانات در آند به طور قابل توجهی مسیر نفوذ لیتیم درون ذرات را کاهش می دهد و هم چنین سطح الکتروود را افزایش می دهد که هر دو عامل منجر به افزایش جریان دستگاه می شوند. پوشش دهی سطح لیتیم تیتانات انتقال بار بین آند و الکتروود را تسهیل می کند و توان باتری را افزایش می دهد. بسیاری از پوشش هایی که برای گرافیت استفاده می شود را می توان برای لیتیم تیتانات نیز استفاده کرد؛ مانند نقره، مس، کربن، قلع (IV) اکسید و ترکیبات رسانای آلی. کامپوزیت کردن لیتیم تیتانات در زمینه رسانا منجر به افزایش رسانایی آند می شود. زمینه رسانا، نانوساختارهای لیتیم تیتانات را در خود جای می دهد که مسیرهای کارآمد انتقال الکترون را ایجاد می کند.

برخی از یون های موجود در کود و خاک (مانند K^+ و آمونیوم) به علت محلول بودن، توسط آب های سطحی شسته شده و از ناحیه ریشه گیاهان و بخش های قابل دسترس گیاه خارج می شوند. زئولیت به علت داشتن قابلیت تبادل یونی و جذب کاتیونی بالا، این یون ها را در ساختار خود جذب کرده و به تدریج آزاد می کند.

دلیل نادرستی گزینه ۱: یکی از ویژگی های زئولیت پایداری بالا و عدم انحلال در آب معمولی می باشد.

دلیل نادرستی گزینه ۲: ساختار زئولیت ها پایداری بالایی دارد.

دلیل نادرستی گزینه ۴: ساختار زئولیت ها متخلخل و غیر متراکم است و همین امر سبب جذب آب و آزاد سازی تدریجی آن می شود.

با افزایش اندازه نانوذرات طلا، رنگ نانوکلوئید طلا از قرمز به سمت آبی میل می کند (اندازه همه این نانوذرات در محدوده زیر ۵۰ نانومتر است). دلیل این امر، جذب و بازتاب نورهای مرئی است؛ هرچه اندازه نانوذرات طلا افزایش یابد، فرکانس نور جذب شده توسط آنها کاهش می یابد (فرکانس رابطه عکس با طول موج دارد). در نتیجه این امر، فرکانس نورهای بازتاب شده توسط

آن دارای امواجی با فرکانس‌های بیشتر خواهند بود و رنگ مشاهده شده، از فرکانس‌های کمتر (قرمز) به سمت فرکانس‌های بیشتر (آبی) حرکت خواهد کرد.

نور جذب شده در این نانوذرات مربوط به پرتو الکترومغناطیسی با فرکانس مشخص است که باعث ایجاد پدیده تشدید پلاسمونیک سطحی می‌شود. در واقع، در این نانوذرات فلزی با افزایش اندازه، فرکانس تشدید پلاسمونیک سطحی کاهش می‌یابد و در نتیجه، امواجی با فرکانس کمتر جذب می‌شود. در اثر جذب امواج با فرکانس کمتر نیز رنگ مشاهده شده دارای امواجی با فرکانس بالاتر خواهد بود. این امر، تغییر رنگ این نانوذرات از قرمز به آبی با بزرگتر شدن آنها را توضیح می‌دهد.

سازوکار مشاهده رنگ در نانوذرات فلزی کاملاً متفاوت با نقاط کوانتومی نیمه‌هادی است و باید به این اختلاف توجه نمود. در حقیقت، رنگ مشاهده شده از نقاط کوانتومی، بر اساس نشر نور توسط آنها با توجه به گاف انرژی آنها است نه بر اساس بازتاب نور.

سوال (۱۲)

پاسخ: گزینه ۳

یکی از ویژگی‌های پرکاربرد برخی از نانومواد شفافیت آنها است. تفرق نور مرئی دلیل ظاهر شدن رنگ سفید در کرم‌های ضدآفتاب و کلوئیدهای مبتنی بر ذرات است. این محصولات حاوی خوشه‌های اکسید روی و دی‌اکسیدتیتانیوم با اندازه حدوداً ۲۰۰ نانومتر هستند. نور مرئی با این خوشه‌ها برهمکنش داده و همه امواج متفرق می‌شوند. ترکیب طیف مرئی، سفید است. بنابراین محصولات حاوی ذرات درشت سفید به نظر می‌رسند. اگر ابعاد خوشه کاهش یابد (برای مثال از ۲۰۰ نانومتر به ۱۰۰ نانومتر تغییر یابد)، بیشینه تفرق در طول موج ۲۰۰ نانومتر اتفاق می‌افتد و منحنی به امواج کوتاه‌تر که در محدوده نور مرئی نیستند، انتقال می‌یابد. این امر باعث می‌شود که این ماده با اندازه کوچکتر (۱۰۰ نانومتر) سفید نباشند بلکه شفاف به نظر برسند. بنابراین دلیل تفاوت رنگ در نمونه‌های سنتز شده توسط دانش آموزان به **نانومتری بودن یا نبودن ذرات** برمی‌گردد.

سوال (۱۳)

پاسخ: گزینه ۳

هر چهار چالش مطرح شده در قسمت اول گزینه‌ها جزو چالش‌های پیش روی تولید نانوکامپوزیت‌های زمینه فلزی تقویت شده با صفحات گرافن هستند. اما قسمت دوم گزینه‌ها که ارائه یک پیشنهاد برای رفع چالش است تنها در گزینه سوم به درستی آورده شده است.

دلیل نادرستی گزینه ۱: افزایش دما و زمان فرآیند نفوذ مذاب، برای جلوگیری از تخریب ساختار گرافن موثر نیست بلکه آن را تسهیل می‌کند.

دلیل نادرستی گزینه ۲: انجام واکنش‌های شیمیایی در فصل مشترک گرافن با زمینه فلزی علی‌رغم بهبود سازگاری میان گرافن و زمینه آلیاژی، منجر به تشکیل ناخواسته ترکیبات مختلف از جمله ترکیبات کاربیدی می‌شود. این امر علاوه بر ایجاد محل‌های

تمرکز تنش باعث کاهش شدید تغییر شکل پلاستیک و ضربه پذیری نانوکامپوزیت تولیدی شده و در حالت کلی، خواص مکانیکی را دچار افت می‌کند.

دلیل نادرستی گزینه ۴: اعمال فشارهای بالا در دماهای بالاتر نیز می‌تواند موجب آسیب به ساختار گرافن، ترغیب تشکیل ترکیبات فصل‌مشرکی ناخواسته و رشد دانه‌ها شده و در نتیجه، تاثیر منفی روی خواص مکانیکی نانوکامپوزیت حاصله خواهد داشت.

سوال (۱۴)

پاسخ: گزینه ۱

براساس نمودار فوق، پارامتر شبکه در دماهای ۲۵۰ و ۳۳۵ کلوین برابر با ۵ و ۴/۵ آنگستروم است. بنابراین داریم:

$$\beta = \frac{1}{V_0} \frac{\Delta V}{\Delta T} = \frac{1}{V_{250}} \frac{V_{335} - V_{250}}{335 - 250}$$

رابطه فوق همان تعریف ضریب انبساط حرارتی حجمی است که در صورت سوال تعریف شده است. بنابراین خواهیم داشت:

$$\beta = \frac{1}{85} \left[\left(\frac{a_{335}}{a_{250}} \right)^3 - 1 \right] = \frac{1}{85} \left[\left(\frac{4.5}{5} \right)^3 - 1 \right] = -3.2 \times 10^{-3} K^{-1}$$

سوال (۱۵)

پاسخ: گزینه ۲

الگوهای پراش حلقه‌ای زمانی ایجاد می‌شوند که تعداد زیادی بلور نانومتری با جهت‌گیری متفاوت نسبت به باریکه الکترونی تابیده شده قرار داشته باشند و پراش الکترونی نیز به طور همزمان رخ دهد. ذرات میکرومتری به دلیل عدم عبوردهی باریکه الکترونی، با میکروسکوپ HRTEM قابل ارزیابی نیستند.

اگر صفحات یک تک بلور تقریباً موازی با پرتو الکترونی قرار گیرند الکترون‌ها پراش خواهند یافت. بنابراین اگر یک بلور به صورتی جهت‌گیری کند که چندین مجموعه از سطوح آن، موازی با پرتو الکترونی قرار گیرند، الگوی پراشی متشکل از آرایش منظم نقاط نورانی ایجاد خواهد کرد. به بیان دیگر، الگوی پراش یک تک بلور به صورت نقطه‌ای ظاهر می‌شود.

برای ساختارهای آمورف، حلقه‌ها حالت نفوذی به خود می‌گیرند و به خوبی قابل تشخیص نیستند.

الگوی پراش مطرح شده در گزینه ب، ترکیبی از دو الگوی پراش نقطه‌ای و حلقه‌ای است. بنابراین می‌توان گفت پودر سنتز شده دارای ذرات نانومتری بسیار ریز و تک بلور نانومتری است.

تخلخل‌ها در ساختارهای متخلخل می‌توانند با پرکننده‌های متفاوتی پر شوند و حالات مختلفی از مواد متخلخل را ایجاد نمایند. این امر در کنار جنس ماده زمینه بسیار حائز اهمیت است. برای مثال موادی وجود دارند که تخلخل‌های آن‌ها با فاز مایع پر شده و دارای ماده زمینه‌ای با انعطاف‌پذیری و تخلخل‌های شبکه‌ای باز هستند که می‌توانند با یکدیگر تبادل مواد داشته باشند. این مواد متخلخل اصطلاحاً دارای تخلخل‌های نفوذپذیر هستند، در صورتی که فاز مایع آب باشد و ماده زمینه، جاذب آب ژلاتینی و یا ایجاد کننده ساختار ژلی باشد، ماده به دست آمده هیدروژل شناخته می‌شود. مثال دیگری که می‌توان مطرح نمود با نامی مشابه مربوط به آبروژل‌ها هستند. آبروژل‌ها دارای فاز زمینه با الاستیسیته پایین و نرمی کم می‌باشند و عموماً ساختاری پلیمری هستند که آب خود را از دست داده‌اند و به شکل یک ماده ترد و شکننده در آمده‌اند، به علاوه حفرات آنها نیز از هوا پر شده و به صورت کلی دارای نفوذپذیری نیستند.

باید در نظر داشت که استحکام فیزیکی ساختار، ارتباطی به تعریف ماده متخلخل ندارد. همچنین آبروژل‌ها خودشان دارای ساختار متخلخل هستند و نیازی به انجام عملیات خاصی برای ایجاد تخلخل در آنها وجود ندارد.

نانوذرات آهن صفر ظرفیتی، اندازه بسیار کوچکی دارند که به آنها کمک می‌کند به مناطق آلوده نفوذ کنند. همچنین به دلیل مساحت سطح بالای نانوذرات، سطح تماس آنها با آلاینده‌ها افزایش یافته و بازده گندزدایی نسبت به ماده در حالت توده بهبود می‌یابد. نانوذرات آهن در کلونیدها پایداری خوبی دارند و می‌توان آنها را مستقیماً به خاک، رسوبات و سفره‌های آب زیرزمینی تزریق نمود. همچنین این نانوذرات خواص جذب و احیای مناسبی دارند که باعث می‌شود با فلزات سنگینی از قبیل جیوه، نیکل و کادمیوم واکنش دهند. این نانوذرات در برابر خوردگی مقاوم بوده و در شرایط مختلف قادر به تغییر ظرفیت خود هستند. خواص ذکر شده، نانوذرات آهن صفر ظرفیتی را به یکی از بهترین گندزداهای خاک تبدیل کرده است. نانوذرات صفر ظرفیتی آهن به وفور برای حذف جیوه، نیکل، کادمیوم، سرب، و کروم استفاده می‌شوند. مکانیزم اصلی تصفیه فلزات سنگین، جذب و احیای آنها به یون‌هایی با ظرفیت و سمیت کمتر و پایداری آنها است. واکنش انجام شده بین نانوذرات آهن و فلز سنگین، به پتانسیل استاندارد الکترو (E°) فلز وابسته است. فلزاتی مانند آرسنیک و مس با پتانسیل استاندارد الکترو مثبت‌تر از آهن، احیا می‌شوند و در خاک رسوب می‌کنند.

در طول واکنش گفته شده، گاز اکسیژن تولید می شود و می تواند وزن نمونه را کاهش دهد. به همین دلیل، انتظار کاهش وزن نمونه را از دمای ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ کلوین داریم. از سوی دیگر، واکنش مربوطه گرماده بوده و حرارت تولید می کند. به همین دلیل انتظار تشکیل یک پیک گرماده در نمودار سمت چپ (DTA) را داریم. لذا گزینه ۱ صحیح است.

سوال (۱۹)

پاسخ: گزینه ۲

بر اساس قانون بیر- لامبرت داریم:

$$A = \alpha CL$$

که در آن، L طول نمونه (یا مسافت طی شده توسط نور تابیده داخل ماده)، C غلظت محلول، α ضریب جذب محلول، و A میزان جذب است. بر اساس فرض سوال، α یا ضریب جذب تابع خطی از غلظت است. به بیان دیگر:

$$\alpha = aC(x) + b$$

با ترکیب دو رابطه فوق خواهیم داشت:

$$A = (aC(x) + b)CL$$

حال این رابطه را برای دو محلول با غلظت های ۱۰ و ۲۰ پی پی ام می نویسیم:

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{C_2}{C_1} \cdot \frac{L_2}{L_1} \cdot \frac{\alpha_2}{\alpha_1}$$

از آنجایی که ابعاد محفظه نمونه تغییری نمی کند داریم:

$$\frac{4}{1} = \frac{30}{10} \times \frac{1}{1} \times \frac{\alpha_2}{\alpha_1}$$

لذا:

$$\alpha_2 = \frac{4}{3} \times \alpha_1$$

حال داریم:

$$(30a + b) = \frac{4}{3} \times (10a + b)$$

$$b = 50a$$

لذا ضریب جذب به صورت زیر بازنویسی می شود:

$$\alpha = ac(x) + 50a$$

حال برای دو محلول با غلظت های ۱۰ ppm و ۵۰ ppm داریم:

$$A_3 = \alpha_3 \times 50 \times L = 50L \times (50a + 50a) = 5000aL$$

$$A_1 = \alpha_1 \times 10 \times L = 10L \times (10a + 50a) = 600aL$$

لذا خواهیم داشت:

$$\frac{A_3}{A_1} = \frac{5000aL}{600aL} = 8.33$$

سوال (۲۰)

پاسخ: گزینه ۱

معمولا زیست شناسی پیچیده سلول های سرطانی، موانع زیستی مختلفی را برای رسانش دارو به بافت سرطانی ایجاد می کند. برای مثال، زمانی که یک داروی ضدسرطان وارد جریان خون می شود، پروتئین های خون به نام اپسونین، روی سطح دارو را می پوشانند و آن را به عنوان یک عامل خارجی جهت فرآیند فاگوسیتوز (ذره خواری) به اجزای سلول های ایمنی معرفی کرده و از رهایش دارو در بافت تومور جلوگیری می کنند. یکی از مزایای استفاده از نانوحامل ها در دارورسانی، امکان پوشش سطحی با پلی اتیلن گلیکول (PEG) است. اصلاح سطحی با PEG، زیست سازگاری و مدت زمان گردش نانوساختارهای حامل دارو در خون را افزایش می دهد و با ممانعت از جذب پروتئین های پلاسمایی، به عنوان نانوحامل های مخفی در برابر سیستم ایمنی محافظت می کند. مصرف حجم بالایی از داروی سرطان در رژیم درمانی با فلسفه دارورسانی در تضاد است. همچنین استفاده از سیستم های دارورسانی هدفمند حساس به pH و دما، راهکارهای مرتبطی با چالش یاد شده نیستند.

سوال (۲۱)

پاسخ: گزینه ۴

از آنجایی که زیرلایه از جنس پلیمر است، نمی توان آن را در دماهای بالا پوشش کاری نمود. به همین جهت، روش CVD برای این کار مناسب نیست. از سوی دیگر، روش انفجار الکتریکی سیم نیز برای سنتز نانوذرات فلزی، اکسیدی، و کاربیدی مورد استفاده قرار می گیرد. همچنین می توان با پخش ژل به دست آمده از روش سل - ژل، سطوح را پوششکاری نمود اما کنترل ضخامت پوشش با دقت بسیار پایینی (در حد میکرومتری) همراه است. به همین دلیل، از روش سل - ژل فقط برای ایجاد لایه مسی که دقت چندانی لازم ندارد می توان استفاده کرد. تنها روشی که می توان از بین روش های یاد شده برای ایجاد لایه ای با ضخامت آنگسترومی مورد استفاده قرار داد، روش ALD است.

سوال (۲۲)

پاسخ: گزینه ۴

میکروسکوپ تونلی روبشی، تنها می‌تواند جهت مطالعه سطوحی که از لحاظ الکتریکی رسانایی قابل قبولی دارند، مورد استفاده واقع شود. این میکروسکوپ‌ها در بازه وسیعی از بزرگنمایی‌ها از 10^{-3} تا 10^9 در جهات X ، Y و Z ، جهت تصویربرداری و ایجاد تصویر از مقیاس میکرو تا ابعاد اتمی با رزولوشن (قدرت تفکیک) بالا و یا به‌عنوان ابزار طیف‌نگاری (طیف‌نگاری روبشی جریان تونلی) استفاده شده‌اند. همچنین این ابزارها می‌توانند در هر محیطی، از قبیل محیط‌های با فشار اتمسفر، در حضور گازهای گوناگون، در مایعات، در خلاء بالا، در دماهای پایین (پایین‌تر از ۱۰۰ کلوین) و نیز در دماهای بالا مورد استفاده واقع شوند.

در میکروسکوپ SEM، به دو علت نمونه یا حداقل سطح نمونه باید رسانای الکتریسیته باشد: (۱) عملیات روبش الکترونی انجام گیرد و امکان حرکت الکترون‌های پرتوی الکترونی روی سطح فراهم شود و (۲) پرتوهای الکترونی بازگشتی از نمونه در یک ناحیه تجمع نکنند. بدین ترتیب، باید سطح نمونه‌های SEM با نمونه‌گیر، پایه و ... یک مدار الکتریکی تشکیل دهند. پس اولاً سطح نمونه‌ها باید رسانا باشد و دوماً اتصال الکتریکی آن با نمونه‌گیر برقرار باشد. اگر رسانایی سطح نمونه به طور کامل برقرار نشود، الکترون‌ها تجمع نموده و این باعث شکسته شدن پرتو الکترونی و تغییر مسیر الکترون‌ها می‌شود. پیامد نامطلوب این پدیده، سفید شدن قسمت‌هایی از تصویر است که در این صورت امکان تشخیص جزئیات تصویر در منطقه‌ی سفید شده وجود نخواهد داشت. این پدیده شارژ سطحی الکترون (Electron Surface Charging) نام دارد. برای رسانا کردن سطح نمونه‌های نارسانا معمولاً از بخار فلزاتی چون طلا، نقره، پالادیم، پلاتین و یا پوشش‌های کربنی استفاده می‌شود که به روش رسوب فیزیکی بخار یا کندوپاش بر سطح اعمال می‌شود.

سوال (۲۳)

پاسخ: گزینه ۲

در این کاربرد، دما بالای ۱۰۰ درجه سانتی گراد است و استفاده از نانوذرات‌های مبتنی بر اجزای زیستی مانند DNA یا مبتنی بر پلیمر PVDF اصلاً توصیه نمی‌شود زیرا دمای بالا موجب تخریب یا از بین رفتن اجزای نانوذرات‌ها یا کاهش عملکرد آن می‌شود. از سوی دیگر، نیاز به انعطاف‌پذیری بالایی به دلیل شکل غلتک‌ها وجود دارد. به همین دلیل، نانوذرات‌های مبتنی بر لایه نازک کوارتز برای این کاربرد توصیه نمی‌شود زیرا بسیار ترد بوده و قابلیت خمشی لازم را ندارد. بنابراین نانوذرات‌های پیژوالکتریک مبتنی بر میله‌های اکسید روی از بقیه مناسب‌تر هستند زیرا هم انعطاف‌پذیری خوبی دارند و هم به دلیل ماهیت اکسیدی خود، پایداری حرارتی بسیار بالایی دارند.

عملکرد پیژوالکتریک‌ها با افزایش دما کاهش می‌یابد و تقریباً در دمایی به نام دمای کوری به صفر می‌رسد. در نتیجه باید در کاربردهایی که مدنظر است اثر دما نیز لحاظ شود و دمای کوری نانوذرات‌ها مورد استفاده با دمای محیط موردنظر مقایسه شود.

سوال (۲۴)

پاسخ: گزینه ۱

ابتدا قطر نانوذره کروی هم‌حجم با نانوذره مکعبی به ضلع ۲۴ نانومتر را محاسبه می‌کنیم:

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

$$\frac{4}{3}\pi r^3 = 24^3$$

$$r \cong 15 \text{ nm}$$

$$D = 2r = 30 \text{ nm}$$

رابطه دمای ذوب نانوذرات با اندازه و شکل ذرات به صورت معادله زیر است:

$$T_{mn} = T_{mb} \left(1 - 6\alpha \frac{r}{D} \right)$$

که در آن T_{mn} دمای ذوب وابسته به اندازه و شکل ذره، T_{mb} دمای ذوب در حالت حجیم، r شعاع اتم، D قطر ذرات و α فاکتور شکل ذره است. فاکتور شکل نانوذرات کروی شکل برابر یک در نظر گرفته می شود. بنابراین داریم:

$$\frac{T_{mn}(30)}{T_{mn}(1000)} = \frac{1 - 6\left(\frac{5}{3}\right)\frac{0.15}{30}}{1 - 6(1)\frac{0.15}{1000}} = \frac{1 - 0.05}{\approx 1} = 0.95$$

مخرج کسر فوق بسیار نزدیک به یک است و به عبارت دیگر، می توانستیم از ابتدا ذرات به قطر یک میکرومتر را به صورت ماده بالک در نظر بگیریم. به این ترتیب، دمای ذوب ذرات پس از خردایش به میزان ۵ درصد کاهش پیدا می کند.

سوال (۲۵)

پاسخ: گزینه ۴

روش های طیف سنجی تفکیک انرژی، طیف سنجی فلوئوروسانس پرتو ایکس و طیف سنجی الکترون اوزه همگی برای شناسایی عناصر تشکیل دهنده نمونه مورد استفاده قرار می گیرند نه تعیین دقیق فاز مربوطه.