دفترچه سؤالات مرحله دوم

پانزدهمین المپیاد علوم و فناوری نانو

سال برگزاری	تعداد سؤالات	زمان پاسخ‌گویی
۱۴۰۳	۲۰+۶	۲۴۰ دقیقه

توضیحات مهم

استفاده از هر نوع ماشین‌حساب مجاز است.

۱. سؤالات این آزمون به دو شکل تشریحی و تستی در دو دفترچه جداگانه طراحی شده‌اند، این دو دفترچه همزمان در اختیار شرکت‌کنندگان قرار می‌گیرد.

۲- نام و نام‌خانوادگی خود را روی کلیه صفحات دفترچه سؤال و پاسخ‌نامه چهارگزینه‌ای بنویسید.

۳- بلافاصله پس از آغاز آزمون تعداد سؤالات داخل دفترچه را بررسی نماید و از وجود همه برگه‌های دفترچه سؤالات مطمئن شوید. در صورت وجود هر گونه نقصی در دفترچه، در اسرع وقت مسئول جلسه را مطلع کنید.

۴- یک برگه پاسخ‌نامه چهار گزینه‌ای 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.

۵- کلیه جواب‌ها باید در پاسخ‌نامه وارد شود. بدیهی است موارد مندرج در دفترچه سؤالات تصحیح نشده و به آن‌ها هیچ نمره‌ای تعلق نخواهد گرفت.

۶- برگه پاسخ‌نامه شما را دستگاه تصحیح می‌کند. پس آن را تا نکنید و تمیز نگه‌دارید و به علاوه پاسخ هر پرسش را با مداد مشکی نرم در محل مربوط علامت بزنید. لطفاً خانه موردنظر را کاملاً با مداد مشکی نرم، سیاه کنید.

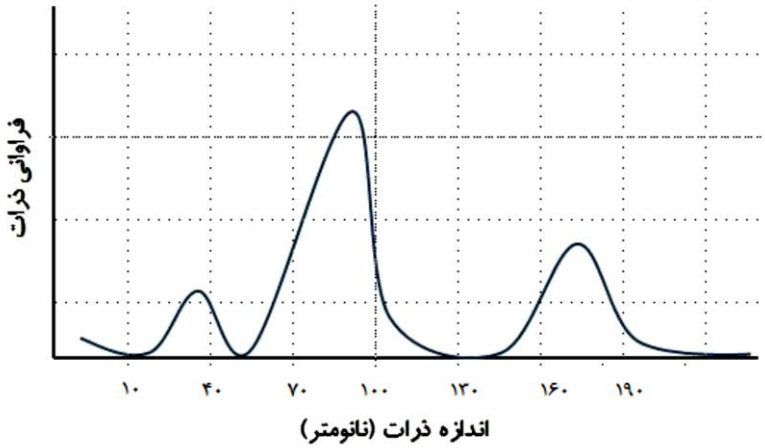
۷- همراه داشتن لوازم الکترونیکی نظیر تلفن همراه و لب‌تاب ممنوع است. همراه داشتن این قبیل وسایل حتی اگر از آن استفاده نکنید یا خاموش باشد، تقلب محسوب می‌شود.

۸- دفترچه‌ها باید همراه با پاسخ‌نامه‌ها به مسئولین جلسه تحویل شود.

۹- پاسخ درست به هر سؤال چهار گزینه‌ای ۳ نمره‌ی مثبت و پاسخ نادرست ۱ نمره‌ی منفی دارد.

۱۰- شرکت‌کنندگان در دوره تابستان از بین دانش‌آموزان پایه دهم و یازدهم و دوازدهم انتخاب می‌شوند.

۱- تابع توزیع اندازه ذرات یک ماده به صورت نمودار زیر است. به نظر شما این ماده یک نانوماده محسوب می‌شود و چرا؟



۱) بله- زیرا کلیه ذرات دارای اندازه‌ای کوچک‌تر از ۱۰۰ نانومتر هستند.

۲) بله- زیرا بیش از ۵۰ درصد ذرات دارای اندازه‌ای کوچک‌تر از ۱۰۰ نانومتر هستند.

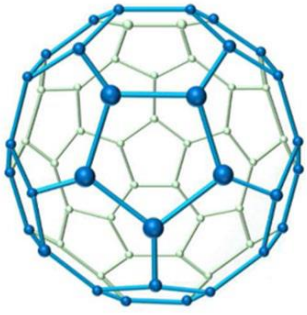
۳) خیر- زیرا کمتر از ۵۰ درصد ذرات دارای اندازه‌ای کوچک‌تر از ۵۰ نانومتر هستند.

۴) خیر- زیرا بیش از ۲۰ درصد ذرات دارای اندازه‌ای بزرگ‌تر از ۵۰ نانومتر هستند.

۲- فرض کنید ماده‌ای دارای ساختار بلوری مکعبی مرکز پر (BCC) است و کلیه اتم‌های تشکیل‌دهنده آن جنس یکسانی دارند. اگر اتم مرکزی سلول‌های واحد با عنصری جایگزین شود که قطر آن ۴۰ درصد از قطر اتم‌های فلز زمینه کوچک‌تر باشد، در صورت کاهش شدید دمای ماده تا حد ممکن، ثابت شبکه سلول واحد حداکثر چند درصد تغییر خواهد کرد؟

۱) ۲۰ درصد افزایش می‌یابد.
۲) ۵۰ درصد افزایش می‌یابد.
۳) ۲۰ درصد کاهش می‌یابد.
۴) ۵۰ درصد کاهش می‌یابد.

۳- همان‌طور که می‌دانید؛ اتم‌های کربن موجود در ساختار فولرین با پیوندهای یگانه و دوگانه به یکدیگر متصل شده و یک شبکه با حلقه‌های حاوی پنج تا هفت اتم تشکیل می‌شود. پژوهشگری با استفاده از حذف ۲ اتم کربن از ساختار C۶۰، فولرین C۵۸ را تولید کرده است. در این فولرین اختلاف تعداد حلقه‌های ۶ ضلعی و ۵ ضلعی چه تعداد است؟

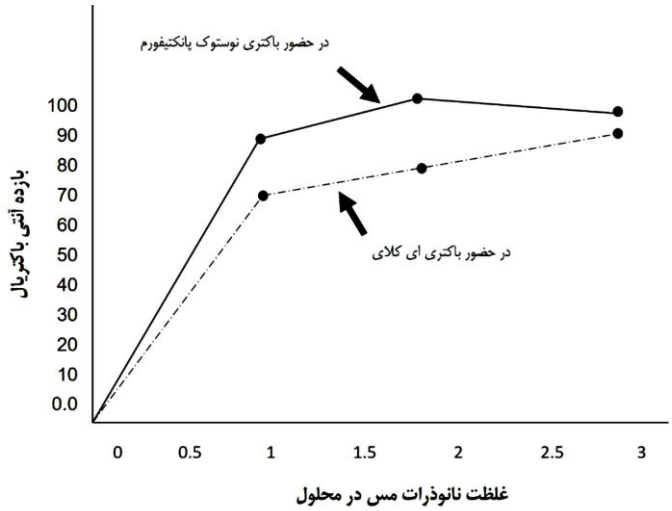


(راهنمایی: با توجه به فرایند تولید این فولرین‌ها، لزومی به ثابت بودن تعداد حلقه‌های ۵ ضلعی نیست.)

۱) ۲
۲) ۴
۳) ۶
۴) ۸

محاسبات و نکته‌های مهم

۴- شرکتی به دنبال ساخت نانوذرات آلیاژی پایه مس با استفاده از فناوری انفجار الکتریکی سیم است تا از آن در ساخت ابزارهای زیست‌پزشکی استفاده کند. مهندسان این شرکت برای این کار، از دو سیم آلیاژی در هم تنیده به شکل سیم‌پیچ استفاده می‌کنند. سیم اول، آلیاژی با ترکیب $۸۰\ wt\%Zn - ۲۰\ wt\%Cu$ سیم دوم، دارای ترکیب عنصری $۹۰\ wt\%Zn - ۱۰\ wt\%Cu$ است. شما چه راهکاری برای دستیابی به بالاترین خاصیت آنتی‌باکتریال در نانوذرات سنتز شده پیشنهاد می‌کنید؟ بازده حذف باکتری‌های ای کلای و نوستوک پانکتیفورم توسط محلول‌های حاوی نانوذرات مس در نمودار زیر ارائه شده است.



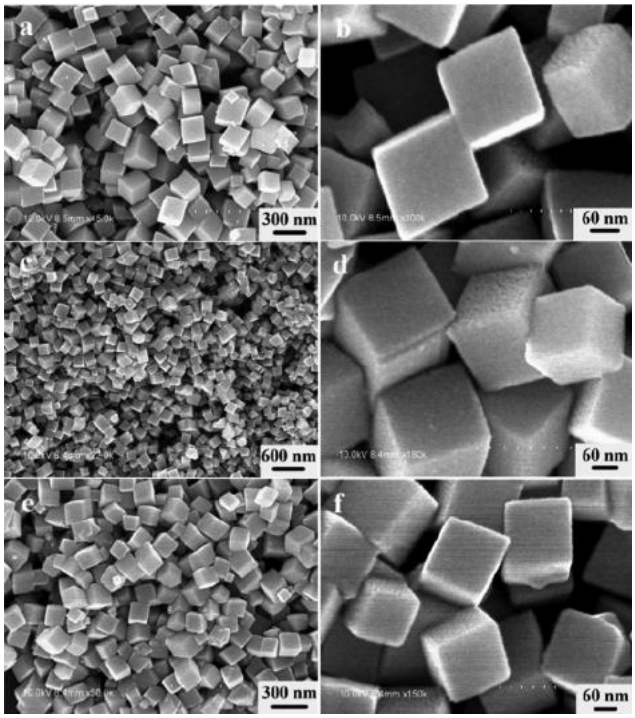
۱) افزایش قطر سیم اول و کاهش قطر سیم دوم

۲) به جای گاز آرگون از محیط خلا استفاده کند.

۳) کاهش شدت جریان عبوری از سیم اول نسبت به سیم دوم

۴) اتصال کامل دو سیم فلزی به یکدیگر به جای ساختار سیم‌پیچ

۵- فلز مس در ساختار FCC متبلور شده و شعاع اتمی آن ۱۴۰ پیکومتر است. در پژوهشی با کنترل فرآیند جوانه‌زنی و رشد، امکان جوانه‌زنی مس از محلول فوق اشباع آن، به صورت جوانه‌های مکعبی شکل فراهم شده است (شکل زیر تصویر SEM این نانوذرات را بعد از رشد نشان می‌دهد)، طول ضلع بحرانی برای تشکیل جوانه مکعبی چقدر خواهد بود؟ این مقدار چند برابر شعاع بحرانی برای تشکیل یک جوانه کروی است؟ (γ انرژی سطحی و ΔG_v انرژی حجمی جوانه‌زنی است.)



۱) $\frac{۴\gamma}{\Delta G_v}$، دو برابر می‌شود.

۲) $\frac{۲\gamma}{\Delta G_v}$، دو برابر می‌شود.

۳) $\frac{۴\gamma}{\Delta G_v}$، نصف می‌شود.

۴) $\frac{۲\gamma}{\Delta G_v}$، نصف می‌شود.

محاسبات و نکته‌های مهم

۶- یکی از روش‌های نوین برای سنتز نانوذرات فلزی، استفاده از واکنش‌های احیای فوتوشیمیایی است که در طی آن، عامل احیاکننده با تحریک فوتون‌های پرانرژی فعال شده و در زنجیره واکنش‌های شیمیایی احیا مشارکت می‌کند. فرض کنید می‌خواهید با این روش، نانوذراتی از جنس نقره با اندازه متوسط ۵۰ نانومتر سنتز کنید. شما برای این‌کار ابتدا ۱۰ گرم از ترکیب فرضی $C_4O_{10}H_4$ را به همراه مقدار کافی از نمک کلرید نقره تک ظرفیتی در اتانول بدون آب حل می‌کنید. اگر محصول تجزیه این ترکیب در حضور تابش نور پالسی، رادیکال آزاد OH^- و CO_2 باشد، چند گرم نانوذره نقره در این فرآیند سنتز می‌شود؟ (جرم مولی کربن، اکسیژن، نقره و هیدروژن به ترتیب برابر ۱۲، ۱۶، ۱۱۰ و ۱ گرم بر مول است)

۱) ۱۱ گرم ۲) ۲۲ گرم ۳) ۴۰ گرم ۴) ۵۲ گرم

۷- فرض کنید می‌توانید به کمک فرآیند هیدروترمال، نانوذراتی از جنس اکسید آهن مغناطیسی را با مورفولوژی‌های مختلف برفکی، شبه کروی، میله‌ای، و صفحه‌ای سنتز کنید. شما کدامیک از این نانوذرات را برای استفاده به عنوان نانوحامل (nanocarrier) جهت دارورسانی هدفمند به بافت‌های سرطانی پیشنهاد می‌دهید؟

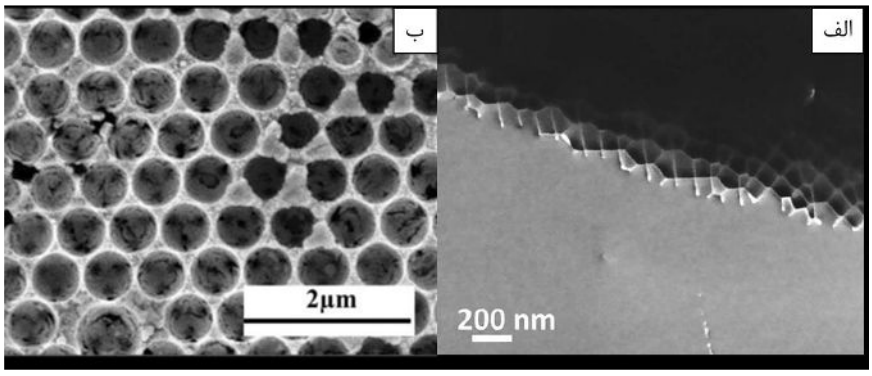
۱) نانوذرات صفحه‌ای با ضخامت ۱ نانومتر و مساحت سطحی ۱۰ نانومتر مربع

۲) نانوذرات میله‌ای شکل به قطر ۴ نانومتر و طول ۲۰ نانومتر

۳) نانوذرات برفکی شکل با زبری سطح بالا جهت قرارگیری بهتر دارو

۴) نانوذرات شبه کروی با قطر معادل ۳۰ نانومتر

۸- تصویر (الف) با میکروسکوپ الکترونی عبوری و تصویر (ب) به کمک میکروسکوپ الکترونی روبشی تصویربرداری شده است. هر کدام از این تصاویر به ترتیب چه چیزی را نمایش می‌دهند؟

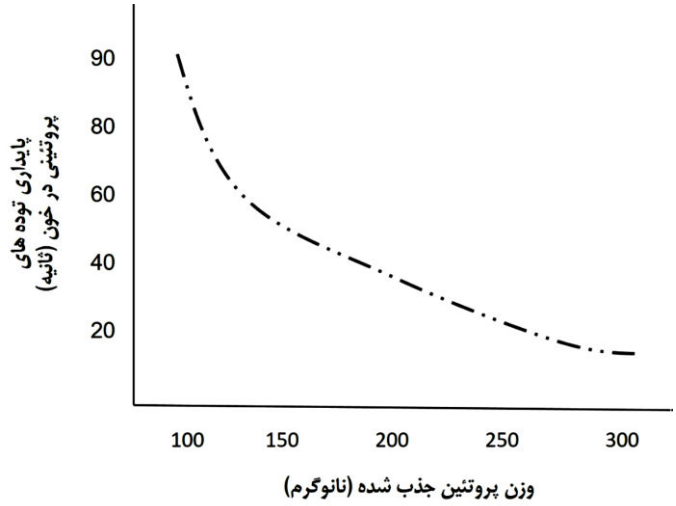


۱) نقص شاتکی- ماکروتخلخل‌ها ۲) نقص شاتکی- میکروتخلخل‌ها

۳) شبکه‌ای از نابجایی‌ها- ماکروتخلخل‌ها ۴) شبکه‌ای از نابجایی‌ها- میکروتخلخل‌ها

محاسبات و نکته‌های مهم

۹- فرض کنید نانوذرات کروی شکلی به قطر ۲۰ نانومتر پس از ورود به بدن انسان از طریق استنشاق، مولکول‌های پروتئینی را به سطح خود جذب کرده و توده‌های بزرگی را تشکیل می‌دهند. اگر مولکول‌های پروتئینی را به صورت یک مولکول آلی بلند زنجیره با ممانعت فضایی ۱۵ نانومتر مربع و وزن ۲ نانوگرم فرض کنید که با ساختار مایسلی روی سطح نانوذرات تجمع می‌کنند، چند ثانیه طول می‌کشد تا توده تشکیل شده بر روی یک نانوذره به طور کامل توسط زنجیره‌های پروتئینی احاطه شده و در بافت کبدی تجمع کند؟ شکل زیر، زمان ماند توده در خون به صورت سوسپانسیون را به صورت تابعی از مقدار پروتئین جذب شده نشان می‌دهد.



۱) ۲۲ ثانیه

۲) ۴۷ ثانیه

۳) ۶۵ ثانیه

۴) ۸۵ ثانیه

۱۰- کدامیک از مواد ذکر شده، سمیت سلولی بیشتری ایجاد می‌کنند؟

۱) نانولوله‌های کربنی

۲) ساختارهای لیپوزومال

۳) نانوذرات فلوئور

۴) نانوذرات طلا

۱۱- DNA تک رشته بلند با توالی زیر را در اختیار داریم:

CCATCACGAGCGCGCTGG

با هدف ایجاد ساختار اوریگامی DNA به فرم هندسی تریگونال (سه تایی منتظم مطابق شکل زیر) چند توالی تک رشته کوتاه به محلول حاوی تک رشته بلند اضافه شده است. کدام گزینه درست است؟

۱) توالی‌های TATGCT، TGATCG، CCATGG منجر به ایجاد فرم هندسی تریگونال می‌شوند.

۲) توالی‌های CGCGCG، TATGCT، CCATGG منجر به ایجاد فرم هندسی تریگونال می‌شوند.

۳) توالی‌های CGCGCG، TGATCG، CCATGG منجر به ایجاد فرم هندسی تریگونال می‌شوند.

۴) توالی‌های CGCGCG، TGATCG، TATGCT منجر به ایجاد فرم هندسی تریگونال می‌شوند.

محاسبات و نکته‌های مهم

۱۲- چند عبارت درباره خواص نوری نانومواد نادرست است؟

الف) اصطلاح «اتم مصنوعی» به علت گسسته بودن ترازهای انرژی آن‌ها، به نانوذرات اطلاق می‌شود.

ب) هر چه اندازه نانوذرات کوچک‌تر شود، فاصلع بین ترازهای انرژی آن‌ها نیز کوچک‌تر می‌شود.

ج) نانوذرات طلا در ابعاد حدود ۲۵ نانومتر برخلاف نانوذرات طلا در ابعاد ۱۲۵ نانومتر، آبی رنگ هستند.

د) کادمیوم سلنید (CdSe) در ابعاد بین ۲ تا ۸ نانومتر به علت پدیده رزونانس پلاسمون سطحی موضعی، طیف رنگی مختلف از خود ارائه می‌دهد و به عنوان یک نقطه کوانتومی شناخته می‌شود.

۱) یک ۲) دو ۳) سه ۴) چهار

۱۳- دانش‌آموزی با استفاده از فناوری لایه‌نشانی تبخیری، موفق به سنتز نانومیله‌های فلز طلا روی یک زیرلایه شیشه‌ای شده است. اگر جوانه‌های اولیه ایجاد شده روی سطح، دارای شعاع ۱ نانومتر (۱ nm) بوده و با سرعت ۱۲۵ نانومترمکعب بر دقیقه ($۱۲۵ \frac{nm^3}{min}$) در حال رشد باشند، نسبت ابعادی طول به قطر ($\frac{طول}{قطر}$) نانومیله‌های تشکیل شده پس از ۵ دقیقه چقدر خواهد بود؟ (فاصله اولیه بین هر دو جوانه شکل گرفته ۱۰ نانومتر (۱۰ nm) است.)

۱) ۰٫۵۴ ۲) ۰٫۶۸ ۳) ۰٫۷۶ ۴) ۰٫۸۳

۱۴- از روش کندوپاش مگنترون اسپاترینگ با منبع تغذیه DC در کدامیک از کاربردهای زیر می‌توان استفاده کرد؟

۱) لایه نشانی کادمیم تلوراید (CdTe) روی شیشه

۲) پوشش‌دهی یک چرخ‌دنده با لایه نشانی فیلم نازک تیتانیم (Ti)

۳) لایه نشانی فیلم نازک پلیمری PEDOT روی یک زیرلایه شیشه‌ای

۴) لایه نشانی فیلم نازک مس روی زیرلایه پلیمری

۱۵- شرکت دانش بنیانی، برای لایه نشانی ترکیبات تیتانیومی خود بر روی بسترهای فولادی، دستگاه لایه‌نشانی تبخیری خود را به سیستمی موسوم به میکروبالانس کریستال کوارتز (Quartz crystal microbalance) مجهز کرده است. این سیستم می‌تواند ضخامت پوشش تشکیل شده در هر شرایط از محفظه را به صورت آنلاین و لحظه‌ای اندازه‌گیری کند. اصول اندازه‌گیری این تجهیز بیشترین شباهت را به کدامیک از تجهیزات زیر دارد؟

۱) میکروسکوپ تونلی روبشی (STM) ۲) میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM)

۳) میکروسکوپ الکترونی روبشی با حد تفکیک بالا (FESEM) ۴) میکروسکوپ الکترونی عبوری با حد تفکیک بالا (HRTEM)

محاسبات و نکته‌های مهم

۱۶- حد تفکیک یا رزلوشن در روش‌های مبتنی بر لیتوگرافی بسیار حائز اهمیت بوده و به نوعی تعیین‌کننده جزئیات قطعه‌ای است که با آن ساخته می‌شود. رابطه مقابل برای تعیین بیشترین حد تفکیک در فرآیند لیتوگرافی نوری ارائه شده است: $2b_{min} = 3\sqrt{\lambda(s+\frac{d}{2})}$

در این رابطه، s فاصله بین ماسک و سطح فوتورزیست، λ طول موج نور مورد استفاده، d ضخامت لایه فوتورزیست و b_{min} کمترین فاصله‌ای است که می‌توان در الگو ایجاد کرد. به نظر شما برای این‌که حد تفکیک فرآیند لیتوگرافی نوری ۲۰ درصد افزایش یابد کدامیک از تمهیدات زیر باید انجام شود.

۱) طول موج پرتوی فرودی حدود ۱۷ درصد کاهش یابد.
۲) طول موج پرتوی فرودی حدود ۱۷ درصد افزایش یابد.
۳) ضخامت لایه فتورزیست حدود ۱۵ درصد کاهش یابد.
۴) ضخامت لایه فتورزیست حدود ۱۵ درصد افزایش یابد.

۱۷- فرض کنید در اثر فعالیت یک شرکت تولیدی نساجی، حدود ۱۰ استخر پساب به ابعاد ۱۰×۱۰×۱۰ مترمکعب تولید می‌شود و این شرکت به دنبال حذف برخی از آلاینده‌های موجود در پساب خود است. اگر ۳ نوع ماده تصفیه‌کننده زیر در اختیار واحد تصفیه این گروه صنعتی قرار داشته باشد، شما کدامیک از آن‌ها را برای این امر پیشنهاد می‌کنید؟ مشخصات پساب و سه ماده تصفیه‌کننده در جدول زیر آمده است:

مشخصات پساب		مشخصات ۳ ماده تصفیه‌کننده					
		نوع ماده تصفیه‌کننده	محدوده دمای پایداری حرارتی	ساختار ماده	تغییرات خاصیت فوتوکاتالیستی با افزایش دما در محدوده ۵۰ تا ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد	قیمت تمام شده (دلار بر کیلوگرم)	ظرفیت جذب در دمای اتاق (لیتر پساب بر گرم جاذب)
دمای پساب	۸۰ درجه سانتی‌گراد	ماده ۱	۵۰۰ درجه سانتی‌گراد	مزومتخلخل	کاهشی	۱۵	۲
ترکیب آلاینده‌های موجود در پساب	رنگ ویکتوریا، روغن آلی، نانوذرات TiO_2 و MnO_2	ماده ۲	۸۰۰ درجه سانتی‌گراد	کاملاً بالک (dense)	افزایشی	۲	۱/۵
فشار پساب حین ورود به استخر	حدود ۲ برابر فشار آب شهری	ماده ۳	۳۵۰ درجه سانتی‌گراد	دارای تخلخل سطحی	تقریباً بدون تغییر	۰/۵	۲/۵

۱) ماده ۱
۲) ماده ۲
۳) ماده ۳
۴) فناوری نانوجاذب برای تصفیه کامل چنین پسابی کارآمد و به صرفه نیست.

محاسبات و نکته‌های مهم

۱۸- برای جذب بهتر آلاینده‌های زیر در سیستم‌های توصیف شده، به ترتیب کدام نانوجاذب‌ها را پیشنهاد می‌دهید؟

الف) حذف ذرات روغن غوطه‌ور در آب

ب) جداسازی نانوذرات طلا از پساب ریخته‌گری شرکت‌های طلاسازی

ج) جداسازی ترکیب دارویی دکسمدتومیدین با غلظت ۵ نانوگرم بر لیتر از پساب شرکت داروسازی

د) رسوب‌دهی یون‌های فلزی و ایجاد امکان جمع‌آوری یون‌ها در قالب ذرات فلزی

۱) نانولوله‌های کربنی عاملدار شده- جاذب‌های زیستی- هیدروژل‌ها- کربن فعال

۲) زئولیت‌های طبیعی- کربن فعال- هیدروژل‌ها- نانوذرات رس

۳) کربن فعال- هیدروژل‌ها- نانوذرات اکسید فلزی- نانوذرات رس

۴) نانولوله‌های کربنی عاملدار نشده- جاذب‌های مغناطیسی- جاذب‌های زیستی- ذرات آهن صفر ظرفیتی

۱۹- معمولاً از نانوذرات آهن صفر ظرفیتی به منظور تصفیه خاک‌های آلوده استفاده می‌کنند. این نانوذرات در بسترهای خاکی خشک، بازده بالایی برای جذب آلاینده‌ها از خود نشان می‌دهند اما با افزایش رطوبت خاک، عملکرد آن‌ها به طور پیوسته کاهش می‌یابد. شما کدامیک از راهکارهای زیر را برای بهبود بازده تصفیه این مواد پیشنهاد نمی‌کنید؟

۱) لایه نشانی نانوذرات با پلیمرهای بلند زنجیره

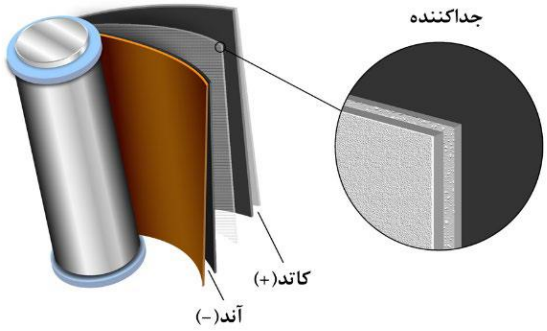
۲) اصلاح سطح نانوذرات با اکسیدهای فلزی

۳) دوپ کردن نانوذرات با فلزات ویژه مانند پالادیوم

۴) اصلاح سطح نانوذرات با سورفکتانت مناسب

محاسبات و نکته‌های مهم

۲۰- جداکننده (Separator) بخشی غیرفعال در باتری لیتیم- یون است که وظیفه آن جدا کردن آند و کاتد از یکدیگر و جلوگیری از اتصال کوتاه است. با توجه به مشخصات ذکر شده در جدول زیر، کدام مورد بهترین انتخاب برای باتری‌های لیتیم- یون است؟

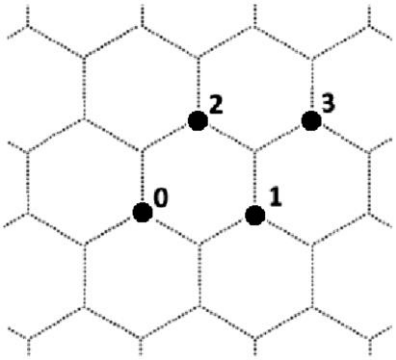


شماره ماده	میانگین اندازه تخلخل‌ها (nm)	استحکام مکانیکی (Mpa)	مقاومت الکتریکی (ohm)
۱	۱	۹۸	۱۰۱۶
۲	۵	۱۰۴	۱۵۹
۳	۰/۵	۱۰۰	۴۱
۴	۱/۵	۶۹	۱۰۷۸

۱) ماده ۱ ۲) ماده ۲ ۳) ماده ۳ ۴) ماده ۴

محاسبات و نکته‌های مهم

سؤالات تشریحی



۱- کامبیز از طریق بازی با یک مهره روی صفحه گرافن، CNTهای مختلف می‌سازد. او قبل از انجام هر حرکت، خانه‌ای که مهره روی راس آن قرار دارد (شماره صفر) و رئوس خانه‌های همسایه را به شکل مقابل شماره‌گذاری می‌کند. روی تاس، اعداد {۱،۱،۲،۲،۳،۳} درج شده است. با هر مرتبه انداختن تاس، مهره را روی راس متناظر با عدد تاس قرار می‌دهد. فرض کنید که بردار کایرال هر CNT، بردار واصل بین رئوس در شروع و خاتمه بازی است. **(۱۱ نمره)**

الف) چنانچه پس از ۴ مرتبه تاس انداختن، پیشامد {۲،۳،۱،۳} رخ دهد؛ بردار کایرال را به‌دست آورید؟ (۲ نمره)

ب) چنانچه تعداد رخداد اعداد ۱ تا ۳ در k بار تاس انداختن با پارامترهای n_1 تا n_3 نشان داده شود، بردار کایرال را بر حسب این پارامترها به دست آورید. (۱٫۵ نمره)

ج) آیا ترتیب اعداد در تاس انداختن‌های متوالی روی بردار کایرال نهایی اثرگذار است؟ (۰٫۵ نمره)

د) چقدر احتمال دارد که نانولوله ساخته شده با بردار کایرال حاصل از ۸ بار تاس انداختن، دسته صندلی باشد؟ (۳ نمره)

(راهنمایی: تعداد جواب‌های ممکن برای معادله $x_1+x_2+\cdots+x_n=r$ به شرط آن‌که x_1 تا x_n همگی اعداد صحیح غیرمنفی باشند، برابر است با $\binom{n+r-1}{r-1}$)

هـ) چنانچه تعداد رخداد ۱ تا ۳ در k بار تاس انداختن با پارامترهای n_1 تا n_3 نشان داده شود، شرط رسانا بودن نانولوله را به‌دست آورید. (۱ نمره)

و) احتمال اینکه نانولوله ساخته شده با بردار کایرال حاصل از ۶ بار تاس انداختن، از نوع کایرال و رسانا باشد؛ چقدر است؟ (۳ نمره)

۲- ذره‌ای از جنس A با مورفولوژی مکعبی و شبکه بلوری مکعبی ساده را فرض کنید. تعداد N اتم روی هر یال این ذره قرار دارد. **(۹ نمره)**

الف) تعداد اتم‌های داخلی، اتم‌های سطحی (به غیر از اتم‌های واقع روی یال‌ها) و اتم‌های واقع روی یال‌ها را به‌دست آورید. (۲ نمره)

ب) با توجه به این‌که انرژی پیوند در یک ذره با رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$E=\frac{1}{2}\times \text{تعداد پیوند} \times E_{\text{پیوند}}$$

انرژی پیوند این ذره را بر حسب N و $E_{\text{پیوند}}$ به‌دست آورید. (۲ نمره)

ج) بر اساس تعریف زیر، رابطه انرژی پیوند را بر حسب پارامترهای E_0 و N بازنویسی کنید. (۱ نمره)

$$E_0=3N^3 E_{\text{پیوند}}$$

محاسبات و نکته‌های مهم

د) بر اساس تعریف زیر، رابطه بین دمای ذوب ماده بالک (T_{mb}) و دمای ذوب نانوذرات (T_{mn}) را بیابید. (۱٫۵ نمره)

$$T_m = \frac{0.032}{k_B} E$$

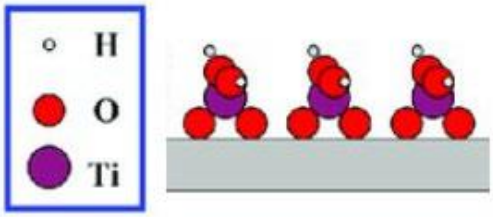
هـ) اگر دمای ذوب پودر بالک ۱۲۵۰ کلوین باشد، دمای ذوب پودر نانوذرات مکعبی شکل A به طول یال a ۳۰ را به‌دست آورید؟ (a پارامتر شبکه است) (۱ نمره)

و) رابطه زیر برای محاسبه T_{mn} را در نظر بگیرید:

$$T_{mn} = T_{mb}[1 - 6\alpha \frac{r}{D}]$$

که در این رابطه، α فاکتور شکل ذره و بدون بعد، r شعاع اتم و D قطر ذره معادل است. اختلاف دمای ذوب به‌دست آمده برای نانوذرات مطابق روابط بخش‌های ج و د چقدر است؟ (۲٫۵ نمره)

۳- پژوهشگری قصد دارد با استفاده از روش رسوب‌دهی لایه اتمی (ALD)، به سنتز فیلم نازک TiO_2 بپردازد. چنانچه پس از یک سیکل رسوب‌دهی، فیلم سنتز شده روی زیرلایه دارای آرایش اتمی مقابل باشد: **(۱۰ نمره)**



الف) پیش‌ماده یا پیش‌ماده‌های استفاده شده در این فرایند سنتز را نام ببرید. (۱ نمره)

ب) فرایند رشد فیلم نازک TiO_2 را گام به گام با رسم شکل توضیح دهید. (ساده‌سازی با ترسیم مراحل) (۴ نمره)

(راهنمایی: در این سنتز از مرحله تراکم صرف‌نظر کنید.)

ج) می‌دانیم که در ساختار چهاروجهی منتظم، زاویه بین اتم مرکزی و دو اتم مجاور ۱۰۹ درجه است. برای تولید یک لایه نازک به ضخامت ۵۰ نانومتر، چند سیکل رسوب‌دهی لازم است؟ (شعاع اتمی تیتانیوم و اکسیژن، به ترتیب ۱۸۷ و ۱۵۳ پیکومتر است.) (۳ نمره)

د) چنانچه دانسیته سطح فعال شده توسط OH، $0.01\ mole/m^2$ باشد، برای تولید لایه نازک بخش قبل با سطح $10\ cm^2$، چقدر پیش‌ماده یا پیش‌ماده‌ها لازم است؟ (۲ نمره)

محاسبات و نکته‌های مهم

۴- همان‌طور که می‌دانید، لانگمویر در تئوری جذب خود پیشنهاد کرد که جذب از طریق واکنش تعادلی زیر انجام می‌شود:

$$A_g + S \leftrightarrow AS$$

که در آن A_g مولکول‌های گاز با سطح موثر مشخص، S مکان‌های جذب و AS مکان‌های جذب پوشیده شده با مولکول‌های گاز است. **(۱۲ نمره)**

الف) رابطه ثابت تعادل را بر حسب فشار جزئی گاز (P)، تعداد مکان‌های جذب پوشیده شده با مولکول‌های گاز (n_{AS}) و تعداد کل مکان‌های جذب (n_S) بیابید؟ (۱٫۵ نمره)

ب) چنانچه θ بیانگر نسبت مکان‌های ذب پوشیده شده باشد $(0 \le \theta \le 1)$ و فشار جزئی گاز با P نشان داده شود، ثابت تعادل (K) را بر حسب پارامترهای θ و P بیابید؟ K دارای چه واحدی است؟ (۲ نمره)

ج) اگر میزان حجم گاز مصرفی برای تشکیل یک لایه در شرایط STP با V_{mon} نشان داده شود و در فشار جزئی P، حجم V از گاز جذب شود، رابطه $K(P\cdot\theta)$ را به صورت $K(P\cdot V)$ بازنویسی کنید. (۱٫۵ نمره)

د) برای نمونه پودر یک گرمی نانوذرات ZnO، نتایج جدول زیر موجود است. با توجه به داده‌های ارائه شده، مقدار V_{mon} و K را به‌دست آورید؟ (۴ نمره)

(راهنمایی: از رابطه $\theta(P\cdot K)$ کمک بگیرید.)

P(kPa)	$V(cm^3)$
۰٫۰۹۰۹۱۶	۴۰٫۹۷۶
۰٫۱۲۱۵	۴۷٫۳۷۹
۰٫۲۱۸۶	۵۸٫۱۳۴

هـ) چنانچه از مولکول‌های گاز با سطح مؤثر $0.2\ nm^2$، برای مشخصه‌یابی این نمونه پودر استفاده شود؛ سطح ویژه را به دست آورید. (۲ نمره)

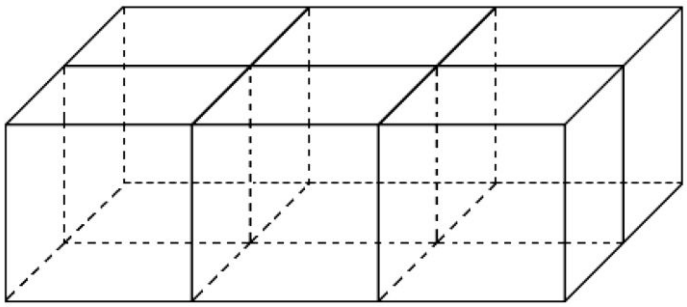
(راهنمایی: حجم اشغال شده توسط ۱ مول گاز در شرایط STP، $22400\ cm^3$ است.)

و) در صورت انجام آزمون BET، کدام ایزوترم جذب و واجذب مورد انتظار است؟ (۱ نمره)

محاسبات و نکته‌های مهم

۵- فلز M با شبکه بلوری FCC را در نظر بگیرید. **(۱۲ نمره)**

الف) در شکل زیر، صفحات با اندیس میلر (۱۱۰) را مشخص کنید؟ (۱٫۵ نمره)



ب) فاصله هر دو صفحه موازی با اندیس میلر (۱۱۰) را به‌دست آورید؟ با توجه به فاصله به‌دست آمده برای دو صفحه موازی، کدام‌یک از روابط زیر برای فاصله صفحات (hkl) صحیح است؟ (۱٫۵ نمره)

۱) $d = \frac{a_0}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}}$

۲) $d = a_0 \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$

ج) در آنالیز TEM، هنگامی که پرتویی از الکترون‌ها به یک نمونه بلوری برخورد می‌کند، بعضی از الکترون‌ها بدون برهمکنش از نمونه عبور کرده و به صفحه یا فیلمی که در فاصله L از نمونه در نقطه O قرار دارد؛ برخورد می‌کنند. دیگر الکترون‌ها با زاویه θ توسط صفحات بلوری با فاصله d پراش پیدا کرده ودر نقطه A به فیلمی که به فاصله r از O قرار دارد؛ برخورد می‌کنند. با استفاده از قواعد هندسی و ترسیم شکل، رابطه معادل با رابطه براگ را برای پراش الکترون‌ها به دست آورید؟ (مفروضات اصلی بیان گردد.) (۴ نمره)

د) فرض کنید نانوذرات هسته- پوسته‌ای با هسته M موجود است. اطلاعات شبکه بلوری ماده M در جدول زیر ارائه شده است.

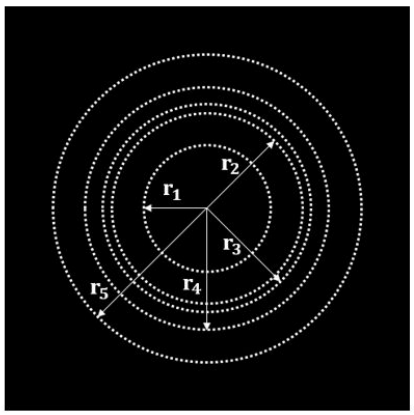
صفحات پراش	شعاع اتمی (pm)	شبکه بلوری	فلز
(۳۱۱)، (۲۲۰)، (۱۱۱)	۱۵۰	FCC	M

با فرض این‌که k ثابت دستگاه و برابر با مقدار $L\lambda$ باشد، جدول زیر را تکمیل نمایید. (۲ نمره)

$r_{(311)} / r_{(111)}$	$r_{(220)} / r_{(111)}$	فلز
		M

محاسبات و نکته‌های مهم

هـ) در آنالیز TEM صورت گرفته از این نانوذرات، طرح پراش الکترونی زیر به‌دست آمده است. کدام حلقه‌ها متعلق به فلز M است؟ (۱٫۵ نمره)

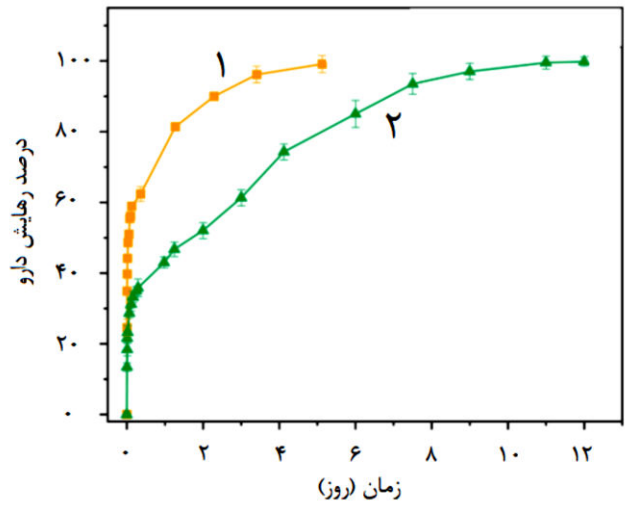


	شعاع (1/nm)
r_1	۱٫۴۰
r_2	۲٫۱۰
r_3	۲٫۲۹
r_4	۲٫۶۸
r_5	۳٫۴۳

و) چنانچه داده‌های زیر برای فلزات A و B موجود باشد، کدام فلز پوسته را تشکیل می‌دهد؟ (۱٫۵ نمره)

فلز	شبکه بلوری	شعاع اتمی (pm)	صفحات پراش
A	FCC	۱۰۰	(۲۲۰)، (۱۱۱)
B	FCC	۱۲۵	(۳۱۱)، (۱۱۱)

۶- در پژوهشی از نانوذرات زئولیت برای انتقال داروی داکاربازین استفاده شده است. پروفایل رهایش داروی (۱) توسط این نانوذره در شکل زیر نشان داده شده است. در مرحله بعد سطح این نانوذره با پلیمر پلی اتیلن گلایکول (PEG) اصلاح و مجدداً داروی داکاربازین درون آن بارگذاری شد. پروفایل رهایش داروی این نانوذره اصلاح شده، مطابق با نمودار (۲) است. اندازه نانوذرات زئولیت اولیه در حدود ۵۰ نانومتر و اندازه نانوذرات اصلاح شده در حدود ۸۰ نانومتر است. **(۶ نمره)**



محاسبات و نکته‌های مهم

الف) با توجه به اهداف رهایش داروی کنترل شده کدام یک از این دو نانوذره برای انتقال داروی داکاربازین مناسب‌تر است؟ (با ذکر دلیل) (۱٫۵ نمره)

ب) مکانیسم انتقال دارو در این دو نانوذره را شرح دهید؟ (۱٫۵ نمره)

ج) در صورتی‌که این دو نانوذره در داخل رگ تزریق شوند کدام‌یک مدت زمان بیشتری در گردش خون پایدار باقی می‌ماند؟ (با ذکر دلیل) (۱٫۵ نمره)

د) به نظر شما سمیت کدام‌یک از این نانوذرات بیشتر است؟ (با ذکر دلیل) (۱٫۵ نمره)

محاسبات و نکته‌های مهم

ایریسک
کانون دانش‌پژوهان ایران

بسمه تعالی

اگر این پاسخنامه برای به شما نیست، مسئول جلسه را آگاه کنید.

کلید المپیاد علوم و فناوری نانو

مرحله دوم ۱۴۰۲

نشر گج

فقط یک گزینهٔ درست را برای هر سؤال با مداد سیاه تکمیل کنید:

صحیح: ● غلط: ⊘ ✓ ⊖ ⊖ ◐ ✒ ●

۱ ۲	۳۱	۶۱	۹۱
۲ ۱	۳۲	۶۲	۹۲
۳ ۳	۳۳	۶۳	۹۳
۴ ۴	۳۴	۶۴	۹۴
۵ ۳	۳۵	۶۵	۹۵
۶ ۱	۳۶	۶۶	۹۶
۷ ۱	۳۷	۶۷	۹۷
۸ ۳	۳۸	۶۸	۹۸
۹ ۴	۳۹	۶۹	۹۹
۱۰ ۲	۴۰	۷۰	۱۰۰
۱۱ ۳	۴۱	۷۱	۱۰۱
۱۲ ۴	۴۲	۷۲	۱۰۲
۱۳ ۳	۴۳	۷۳	۱۰۳
۱۴ ۴	۴۴	۷۴	۱۰۴
۱۵ ۲	۴۵	۷۵	۱۰۵
۱۶ ۱	۴۶	۷۶	۱۰۶
۱۷ ۴	۴۷	۷۷	۱۰۷
۱۸ ۲	۴۸	۷۸	۱۰۸
۱۹ ۲	۴۹	۷۹	۱۰۹
۲۰ ۱	۵۰	۸۰	۱۱۰
۲۱	۵۱	۸۱	۱۱۱
۲۲	۵۲	۸۲	۱۱۲
۲۳	۵۳	۸۳	۱۱۳
۲۴	۵۴	۸۴	۱۱۴
۲۵	۵۵	۸۵	۱۱۵
۲۶	۵۶	۸۶	۱۱۶
۲۷	۵۷	۸۷	۱۱۷
۲۸	۵۸	۸۸	۱۱۸
۲۹	۵۹	۸۹	۱۱۹
۳۰	۶۰	۹۰	۱۲۰

@irysccom @irysc iran.olympiad