

سؤالات مرحله دوم

سيزدهمين دوره المپياد علوم و فناوري نانو

تاريخ: ۱۴۰۱/۰۲/۲۰ - ساعت: ۱۴:۰۰

دفترچه سوالات تستي

تعداد سؤالات تستي	مدت آزمون تستي و تشريحي
۲۰ سؤال	مجموع زمان: ۱۲۰ دقيقه

نام:	نام خانوادگي:	شماره صندلي:
------	---------------	--------------

استفاده از هر نوع ماشين حساب مجاز است.

توضيحات مهم

- سؤالات اين آزمون به دو شكل تشريحي و تستي و در دو دفترچه جداگانه طراحي شده‌اند، اين دو دفترچه همزمان در اختيار شركت‌كنندگان قرار مي‌گيرد.
- نام و نام خانوادگي خود را روي كلييه صفحات دفترچه سوال و پاسخ‌نامه تستي بنويسيد.
- بلافاصله پس از آغاز آزمون تعداد سؤالات داخل دفترچه را بررسي نمايد و از وجود همه برگه‌هاي دفترچه سؤالات مطمئن شويد. در صورت وجود هر گونه نقصي در دفترچه، در اسرع وقت مسئول جلسه را مطلع كنيد.
- يك برگه پاسخ‌نامه چهارگزينه‌اي در اختيار شما قرار گرفته كه مشخصات شما بر روي آن نوشته شده است. در صورت نادرست بودن آن، در اسرع وقت مسئول جلسه را مطلع كنيد.
- كلييه جواب‌ها بايد در پاسخ‌نامه وارد شود. بديهي است موارد مندرج در دفترچه سؤالات تصحيح نشده و به آن‌ها هيچ نمره‌اي تعلق نخواهد گرفت.
- برگه پاسخ‌نامه شما را دستگاه تصحيح مي‌كند. پس آن را تا نكند و تميز نگه داريد و بعلاوه پاسخ هر پرسش را با مداد مشكي نرم در محل مربوط علامت بزنيد. لطفاً خانه مورد نظر را كاملاً با مداد مشكي نرم، سياه كنيد.
- همراه داشتن لوازم الكترونيكي نظير تلفن همراه و لپ‌تاب ممنوع است. همراه داشتن اين قبيل وسايل حتي اگر از آن استفاده نكنيد يا خاموش باشد، تقلب محسوب مي‌شود.
- دفترچه‌ها بايد همراه با پاسخ‌نامه‌ها به مسئولين جلسه تحويل شود.
- پاسخ درست به هر سوال تستي ۳ نمره مثبت و پاسخ نادرست ۱ نمره منفي دارد. پاسخ نادرست به سوال‌هاي تشريحي نمره منفي ندارد.
- شركت‌كنندگان در دوره تابستان از بين دانش‌آموزان پايه دهم و يازدهم و دوازدهم انتخاب مي‌شوند.

مرحله دوم سیزدهمین دوره المپیاد علوم و فناوری نانو – سال ۱۴۰۰
(دفترچه سوالات چهارگزینه‌ای)

۱- فرض کنید اکسید رونیوم با قرارگیری ۸ اتم رونیوم در رئوس یک سلول واحد و ۱۲ اتم اکسیژن در اضلاع آن متبلور می‌شود. فرمول شیمیایی این ترکیب چگونه خواهد بود؟

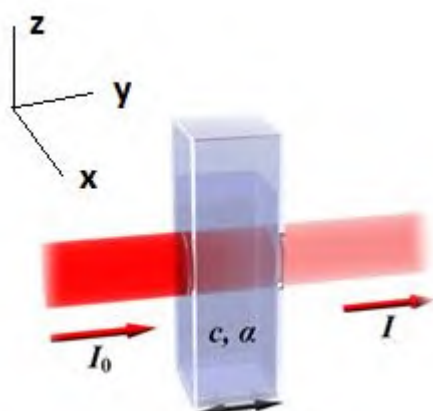
ReO (۱)

Re_۲O_۲ (۲)

ReO_۲ (۳)

ReO_۳ (۴)

۲- یکی از روش‌های مرسوم برای تخمین غلظت یک محلول نامعلوم، استفاده از آزمون طیف‌سنجی نور مرئی – فرابنفش (UV-Vis) است. در این آزمون، محلولی با غلظت C درون یک محفظه شیشه‌ای با عرض L در معرض نوری با شدت I_0 قرار می‌گیرد و با استفاده از یک رابطه ساده ریاضی، غلظت محلول به میزان جذب نور تابیده شده توسط ماده نسبت داده می‌شود. آزمایشگاهی، دو نمونه محلول با دو



غلظت متفاوت C_1 و C_2 را مورد آزمایش قرار داد و میزان جذب نور در نمونه دومی را دو برابر نمونه اولی تخمین زد. اپراتور برای انجام آزمون بر روی نمونه اولی، محفظه نشان داده شده در شکل زیر را در جهت محور Y و برای نمونه دومی، در جهت محور X در معرض پرتوی تابشی قرار داده است. اگر طول ضلع محفظه شیشه‌ای در جهت Y ، چهار برابر طول ضلع محفظه در جهت X بوده و ضریب جذب هر دو محلول به صورت تابع $\alpha = 2C^2$ قابل تخمین زدن باشد، کدامیک از گزاره‌های زیر در مورد غلظت دو نمونه صحیح است؟

(۱) غلظت محلول اول بیشتر از محلول دوم است.

(۲) غلظت محلول اول تقریباً با محلول دوم برابر است.

(۳) غلظت محلول اول کمتر از محلول دوم است.

(۴) به دلیل یکسان نبودن ابعاد محفظه شیشه‌ای، نمی‌توان اظهار نظر کرد.

۳- در روش هیدروترمال و لیتوگرافی، از قالب (template) برای اهداف مختلفی استفاده می‌شود تا محصول مورد نظر با دقت مطلوبی تهیه شود. کدام گزینه، نقش قالب را در روش هیدروترمال و لیتوگرافی به درستی بیان می‌کند (به ترتیب)؟

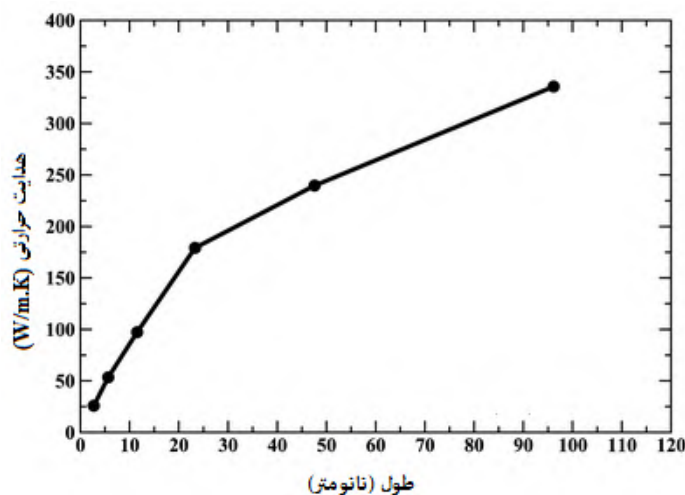
(۱) بستر مناسب برای شکل‌گیری نانوذرات و کنترل دقیق ابعاد و مورفولوژی آنها - محدود کردن رشد ذرات

(۲) قالب‌گیری محصول واکنش برای ایجاد شکل هندسی مورد نظر - ایجاد الگوی فیزیکی مورد نظر روی سطح

(۳) بستر مناسب برای شکل‌گیری نانوذرات و کنترل دقیق ابعاد و مورفولوژی آنها - ایجاد الگوی فیزیکی مورد نظر روی سطح

(۴) ایجاد الگوی فیزیکی مورد نظر روی سطح - محدود کردن رشد ذرات

۴- دو گروه تحقیقاتی در شرکت تولید قطعات الکترونیکی، به منظور انتقال حرارت دستگاه و کاهش حرارت آن، از دو نوع نانو لوله کربنی A (با طول ۲۰ نانومتر) و B (با طول ۴۰ نانومتر) در بدنه قطعات تولیدکننده حرارت استفاده کرده‌اند. شکل روبرو میزان تاثیر طول نانولوله کربنی بر هدایت حرارتی (گرمایی) را نشان می‌دهد. کدام گزینه در مورد عملکرد نانولوله‌های کربنی در دستگاه درست است؟



(۱) عملکرد بهتر نوع A با بردار کایرال (۷ و ۱۷) نسبت به نوع B با بردار کایرال (۷ و ۱۳)

(۲) عملکرد بهتر نوع B با بردار کایرال (۷ و ۱۷) نسبت به نوع A با بردار کایرال (۷ و ۱۳)

(۳) عملکرد بهتر نوع A با بردار کایرال (۷ و ۱۳) نسبت به نوع B با بردار کایرال (۷ و ۱۷)

(۴) عملکرد بهتر نوع B با بردار کایرال (۷ و ۱۳) نسبت به نوع A با بردار کایرال (۷ و ۱۷)

۵- در یک شبکه بلوری، ارتباط معناداری بین غلظت جاهای خالی اتمی و دما وجود دارد به طوری که با افزایش دمای ماده، چگالی جاهای خالی اتمی به طور نمایی افزایش می‌یابد. رابطه زیر برای تخمین انرژی فعال سازی واکنش تشکیل جاهای خالی اتمی در دمای مشخص T ارائه شده است ($e=2/7$):

$$\frac{n_x}{n_{total}} = A e^{-\frac{Q}{RT}}$$

که در این رابطه، n_0 و n_{total} به ترتیب تعداد جاهای خالی و تعداد اتم‌های تشکیل دهنده شبکه بلوری، A ثابت معادله، R ثابت گازها، T دما بر حسب کلوین، و Q انرژی لازم برای تشکیل یک جالی خالی اتمی در شبکه بلوری است. سه شبکه بلوری مکعبی ساده، شبکه مکعبی مرکز پر (BCC)، و شبکه مکعبی وجوه پر (FCC) را در نظر بگیرید که در آنها، فاصله متوسط هر جای خالی از جای خالی مجاور خود، حدود ۱۰۰۰ برابر ثابت سلول واحد شبکه بلوری است. کدامیک از گزینه‌ها، مقادیر انرژی فعال سازی فرآیند تشکیل جای خالی را برای این سه شبکه بلوری به درستی با یکدیگر مقایسه می‌کند؟

(۱) $SC < BCC < FCC$

(۲) $FCC < BCC < SC$

(۳) $BCC < FCC < SC$

(۴) $SC < FCC < BCC$

۶- پژوهشگری برای تولید کلئید نانوذرات C، از واکنش بین دو ترکیب A و B به شرح زیر استفاده می‌کند.



جرم مولی دو ترکیب A و B برابر است و پیشروی واکنش تا زمانی که نسبت غلظت دو ترکیب A و B حل شده در آب به ۰/۳ برسد، ادامه خواهد داشت.

این پژوهشگر برای سنتز محصول، به ترتیب ۱۵ و ۶۰ میلی گرم از ترکیبات جامد A و B را به ۱۰۰ گرم آب داخل همزن با دمای $80^{\circ}C$ اضافه می‌کند. میزان حلالیت دو ماده A و B در ۱۰۰ گرم آب $80^{\circ}C$ ، به ترتیب ۵ و ۱۰ میلی گرم است. پس از اتمام فرایند سنتز، محصول از فیلتر صافی عبور داده می‌شود. غلظت کلئید نانوذرات C بدست آمده و همچنین مقدار رسوب جدا شده توسط فیلتر صافی کدام است؟

(۱) ۱۵، ۶۰۰ ppm میلی گرم

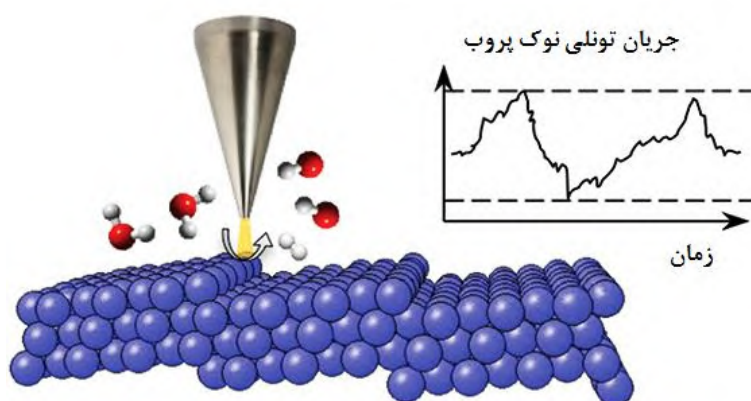
(۲) ۱۴، ۴۸۰ ppm میلی گرم

(۳) ۵، ۶۰۰ ppm میلی گرم

(۴) ۲۷، ۴۸۰ ppm میلی گرم

مرحله دوم سیزدهمین دوره المپیاد علوم و فناوری نانو – سال ۱۴۰۰
(دفترچه سوالات چهارگزینه‌ای)

۷- در برخی از کاربردهای پیشرفته نانوالکترونیکی لازم است واکنش شیمیایی خاصی در ابعاد ملکولی بر روی یک زیرلایه ویژه به صورت کاملاً کنترل شده انجام شود. یکی از روش‌های مرسوم برای پیشبرد چنین واکنش‌هایی، استفاده از میکروسکوپ تونلی روبشی (STM) است. برای این کار، جز آغازگر واکنش بر روی پروب میکروسکوپ قرار گرفته و به سطح نزدیک می‌شود تا در اثر جریان تونلی ایجاد شده بین نمونه و نوک پروب، واکنش مربوطه در ابعاد چند ملکول انجام شود (شکل زیر). به نظر شما، کدامیک از روش‌های زیر برای ارزیابی میزان پیشبرد چنین واکنش‌هایی مناسب‌تر است؟



(۱) آزمون طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز (FTIR)

(۲) میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)

(۳) میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)

(۴) طیف سنجی نور مرئی-فرابنفش (UV-Vis)

۸- پژوهشگری با استفاده از فرآیند جوانه‌زنی و رشد توانسته است دو نوع ذره نقره با مورفولوژی یکسان سنتز کند. در سنتز نمونه اول، سرعت جوانه‌زنی بسیار بیشتر از سرعت رشد بوده و در نمونه دوم، سرعت رشد به طور قابل توجهی بیشتر از سرعت جوانه‌زنی بوده است. او برای مطالعه ترکیب فازی نمونه‌ها، از الگوی پراش الکترونی میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) استفاده کرد. به نظر شما، کدامیک از الگوهای پراش زیر نمی‌تواند به ترتیب مربوط به نمونه اول و دوم باشد؟

(۱) الگوی پراش نفوذی یا هاله‌های پخشیده (diffusive ring pattern) – الگوی پراش نقطه‌ای

(۲) الگوی پراش حلقه‌ای – الگوی پراش نفوذی یا هاله‌های پخشیده (diffusive ring pattern)

(۳) الگوی پراش حلقه‌ای – الگوی پراش نقطه‌ای

(۴) الگوی کیکوچی – الگوی حلقه‌ای

۹- برخی از ملکول‌های پلیمری در اثر تحریک عامل خارجی، چیدمان فضایی خود را به طور خود به خودی تغییر می‌دهند و آرایش جدیدی به خود می‌گیرند. به این پدیده، تغییر کانفورماسیون فضایی ملکول (Conformation) گفته می‌شود. از این پدیده برای ایجاد ساختار پلیمری خود آرا استفاده می‌شود. سه نوع ملکول پلیمری A، B و C را در نظر بگیرید که اولی در حضور اشعه ایکس، دومی در اثر اعمال نیروی مکانیکی خارجی، و سومی در اثر عبور جریان الکتریکی پرقدرت، آرایش فضایی خود را تغییر می‌دهد. اگر بخواهید لایه نازک خود آرایی شده از این پلیمرها را روی یک سطح صلب به وجود آورید، استفاده از کدام تجهیز زیر را برای نمونه های A، B و C پیشنهاد می‌کنید (به ترتیب از راست به چپ)؟

۱) میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) - میکروسکوپ تونلی روبشی (STM) - میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)

۲) میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) - میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) - میکروسکوپ تونلی روبشی (STM)

۳) میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) - میکروسکوپ تونلی روبشی (STM) - میکروسکوپ نوری

۴) میکروسکوپ تونلی روبشی (STM) - میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) - میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)

۱۰- در برخی از کاربردهای صنعتی، دمای یک قطعه یا ابزار باید در یک محدوده دمایی بسیار باریک قرار داشته باشد. به نظر شما، کدامیک از مواد زیر برای این دسته از کاربردها مناسب است؟

۱) مواد ترموالکتریک

۲) مواد تغییر فاز دهنده

۳) الکتروکرومیک

۴) مواد ترمومکانیک

۱۱- در حالت مذاب یا محلول، اتم‌ها به صورت شناور و بدون هیچ نظم خاصی در کنار یکدیگر قرار دارند اما به محض کاهش دما تا یک سطح بحرانی، تمایل به چسبیدن به یکدیگر و تشکیل جوانه‌های بسیار کوچک در مقیاس اتمی پیدا می‌کنند. به این خوشه‌های اتمی، نطفه (embryo) نیز گفته می‌شود. نطفه‌ها بسیار ناپایدار هستند و با کوچکترین تلاطمی در محیط پیرامونی، از یکدیگر گسسته می‌شوند. می‌توان یک شعاع بحرانی برای نطفه تعریف کرد که در آن، نطفه نه تنها پایدار خواهد بود بلکه می‌تواند با جذب اتم‌های اطراف خود، به رشد خود ادامه دهد. از نظر ترمودینامیکی، نطفه زمانی به اندازه بحرانی خود می‌رسد که انرژی حجمی آن (به عنوان نیروی پایدار کننده) بتواند بر انرژی سطحی خوشه اتمی (به عنوان نیروی ناپایدار کننده) غلبه کند و سطح انرژی آزاد سیستم را کاهش دهد. کدام گزینه شعاع بحرانی یک جوانه پایدار را به درستی نشان می‌دهد؟

$$\gamma : J/m^2$$

$$\Delta G_{\text{حجمی}} : J/m^3$$

$$(1) \frac{-3\gamma_{\text{سطحی}}}{\Delta G_{\text{حجمی}}}$$

$$(2) \frac{4\gamma_{\text{سطحی}}}{\Delta G_{\text{حجمی}}}$$

$$(3) \frac{-\gamma_{\text{سطحی}}}{\Delta G_{\text{حجمی}}}$$

$$(4) \frac{-2\gamma_{\text{سطحی}}}{\Delta G_{\text{حجمی}}}$$

۱۲- امروزه یکی از فناوری‌های مورد استفاده برای پاکسازی خاک و زمین‌های کشاورزی از حضور عناصر فلزی سنگین، افزودن آهن صفر ظرفیتی به خاک به شکل کلئوید پایدار است. این ذرات می‌توانند با انجام واکنش‌های شیمیایی یا جذب فیزیکی- شیمیایی آلاینده، خاک را تصفیه کنند. با این حال، استفاده از این ماده چندین چالش مهم در پی دارد که از مهم‌ترین آنها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

(الف) اکسایش سریع پوسته بیرونی ذرات آهن صفر ظرفیتی در اثر رطوبت خاک و کاهش فعالیت گندزدایی آن؛
(ب) آگلومراسیون سنگین ذرات آهن صفر ظرفیتی در حین کلئوید سازی؛ و (ج) باقی ماندن رسوبات تشکیل شده در خاک پس از واکنش بین آهن صفر ظرفیتی و عناصر فلزات سنگین.

برای رفع این چالش‌ها به ترتیب چه راهکارهای عملی را پیشنهاد می‌کنید؟

(۱) اصلاح سطحی ذرات با استفاده از سورفکتانت‌ها یا عوامل فعال سطحی - پوشش‌دهی سطح ذرات با اکسیدهای فلزی یا فلزات نجیب - استفاده از فناوری میکروفلتراسیون و نانوفیلتراسیون

(۲) ایجاد شرایط لازم برای واکنش آهن صفر ظرفیتی با فلزات نجیب قبل از افزودن به خاک - پوشش‌دهی سطح ذرات با اکسیدهای فلزی یا فلزات نجیب - راهکار عملی خاصی وجود ندارد.

(۳) احیای پوسته اکسیدی با گاز نیتروژن قبل از افزودن به بستر خاک - اصلاح سطحی ذرات با استفاده از سورفکتانت‌ها یا عوامل فعال سطحی - شستشوی عمقی خاک پس از پاکسازی آن با آهن صفر ظرفیتی

(۴) پوشش‌دهی سطح ذرات با اکسیدهای فلزی یا فلزات نجیب - اصلاح سطحی ذرات با استفاده از سورفکتانت‌ها یا عوامل فعال سطحی - راهکار عملی خاصی وجود ندارد.

۱۳- شرکتی اقدام به تولید و عرضه کرم ضد آفتاب کرده است اما آثار سفیدی باقیمانده از آن بر روی پوست به سرعت موجب نارضایتی بسیاری از مشتریان شده است. این شرکت قصد دارد با بهینه‌سازی فرمولاسیون، کرم ضد آفتاب شفافی را تولید کند که هم ماندگاری بالاتری روی پوست داشته باشد و هم لکه‌های سفید بر روی آن به جای نگذارد. شما چه راهکاری را برای رفع این مشکل پیشنهاد می‌کنید؟

(۱) استفاده از ذرات اکسید روی به جای اکسید تیتانیوم

(۲) استفاده از پرکننده در فرمولاسیون

(۳) افزایش ابعاد ذرات مورد استفاده

(۴) استفاده از نانوذرات اکسید تیتانیوم

۱۴- در یک وسیله تفریحی در شهر بازی، دو سر یک سیم نازک فلزی به دیواره‌های روبرویی یک محفظه فلزی متصل شده است. در اثر وصل کردن کلید برق، سیم به یکباره از خود نور ساطع کرده و ناگهان پاره می‌شود. به نظر شما، دلیل این پدیده چیست؟

(۱) سیم در اثر عبور جریان داغ شده و دچار پارگی می‌شود.

(۲) سیم از جنس ماده الکتروکرومیک ساخته شده است.

(۳) سیم از جنس ماده تغییر فاز دهنده (PCM) ساخته شده است.

(۴) سیم از جنس آلیاژ حافظه‌داری با خاصیت فوتولومینیسانس ساخته شده است.

۱۵- یکی از کاربردهای لایه‌های نازک نیمه رسانا، ساخت حسگرهای گاز است. در این نوع از حسگرها، رسانایی الکتریکی لایه نازک در حضور گاز تغییر می‌کند و همین تغییر رسانایی مبنای سنجش و تشخیص گاز مورد نظر می‌شود. در واقع اگر گاز مورد نظر در محیط باشد، رسانایی لایه نازک بکاررفته در حسگر تغییر می‌کند و به ما اعلام می‌کند که گاز در محیط وجود دارد.

یکی از پارامترهایی که در ارزیابی عملکرد حسگرهای گاز اهمیت دارد، حساسیت حسگر است. در برخی از حسگرهای گاز که با استفاده از لایه‌های نازک نیمه رسانا ساخته می‌شوند، حساسیت حسگر بصورت نسبت رسانایی حسگر در حضور گاز به رسانایی حسگر در محیط مرجع (محیطی که گاز مورد نظر در آنجا وجود ندارد) تعریف می‌گردد. با این توضیح، استفاده از کدام گزینه موجب ساخت حسگرگازی با حساسیت بیشتر می‌گردد؟

(۱) استفاده از لایه نازک با ضخامت کمتر از طول پویس آزاد میانگین آن

(۲) استفاده از لایه نازک منسجم

(۳) استفاده از لایه نازک متخلخل

(۴) استفاده از لایه نازک با ضخامت میکرومتری

۱۶- معمولا پساب‌های صنعتی حاوی غلظت‌های بالایی از ذرات معلق جامد، ترکیبات معدنی و آلی، رنگ‌ها و فلزات سنگین هستند که باید قبل از رهاسازی در طبیعت، تا حد خوبی تصفیه شوند. یکی از مراحل تصفیه این پساب‌ها، دمش هوا به داخل آنها است. به نظر شما هدف از این فرآیند چیست و برای چه نوع پساب‌هایی کاربرد دارد؟

(۱) رشد باکتری‌های هوازی - پساب‌هایی با غلظت بالای آلاینده‌های آلی

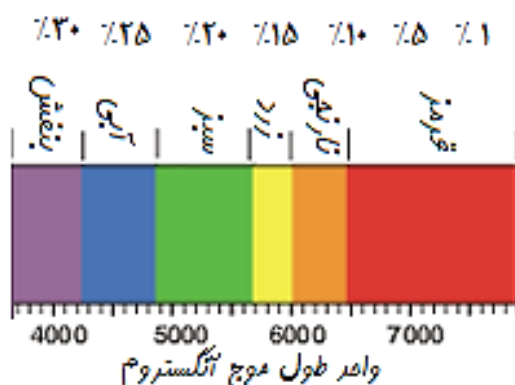
(۲) رشد باکتری‌های هوازی - پساب‌هایی با غلظت بالای نانوذرات معدنی

(۳) جمع‌آوری آلاینده‌های معلق از سطح پساب - پساب‌هایی با غلظت بالای ذرات معلق

(۴) جمع‌آوری آلاینده‌های معلق از سطح پساب - پساب‌هایی با غلظت بالای فلزات سنگین

۱۷- یک میله پلیمری با خاصیت مکانوکرومیک را در نظر بگیرید که سطح مقطع آن دایره‌ای به قطر ۶ میلی‌متر است و با نیروی ۳ کیلونیوتن کشیده می‌شود. با توجه به شکل زیر که ارتباط بین میزان کرنش اعمال شده به این پلیمر و طیف نور رنگی ساطع شده از آن را نشان می‌دهد، میله پلیمری به چه رنگی در خواهد آمد؟ مدول الاستیک این پلیمر ۲ گیگاپاسکال است.

میزان کرنش



(۱) قرمز

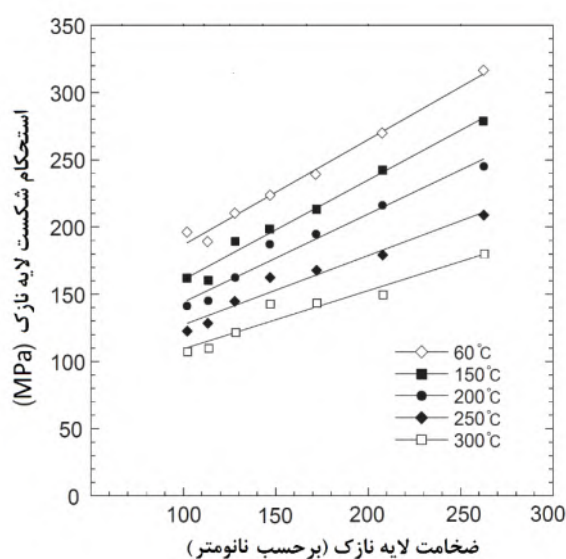
(۲) زرد

(۳) سبز

(۴) آبی

مرحله دوم سیزدهمین دوره المپیاد علوم و فناوری نانو - سال ۱۴۰۰
(دفترچه سوالات چهارگزینه‌ای)

۱۸- فرض کنید لایه نازکی از جنس یک ماده ترد با ضخامت ۲۰۰ نانومتر روی یک زیرلایه فلزی انعطاف‌پذیر لایه‌نشانی شده است. این پوشش قرار است در یک محیط گرم و در معرض نوسانات دمایی قابل توجه بین T_1 (۴۰ درجه سانتی گراد) و T_2 (دمای سرویس) قرار داده شود. تفاوت خواص انبساط حرارتی زیرلایه و پوشش می‌تواند منجر به وارد شدن تنش مکانیکی به لایه نازک و شکست آن شود. نمودار زیر، استحکام شکست این لایه نازک را در دماها و ضخامت‌های مختلف نشان می‌دهد. اگر ضریب انبساط حرارتی طولی زیرلایه و لایه نازک به ترتیب 20.5×10^{-6} و 5×10^{-7} بر درجه سانتی گراد بوده و مدول الاستیک لایه نازک حدود ۱۰۰ گیگاپاسکال باشد، بالاترین دمایی که این سیستم می‌تواند بدون شکست در سرویس ایفای نقش کند، چقدر است؟



(۱) ۶۰ درجه سانتی گراد

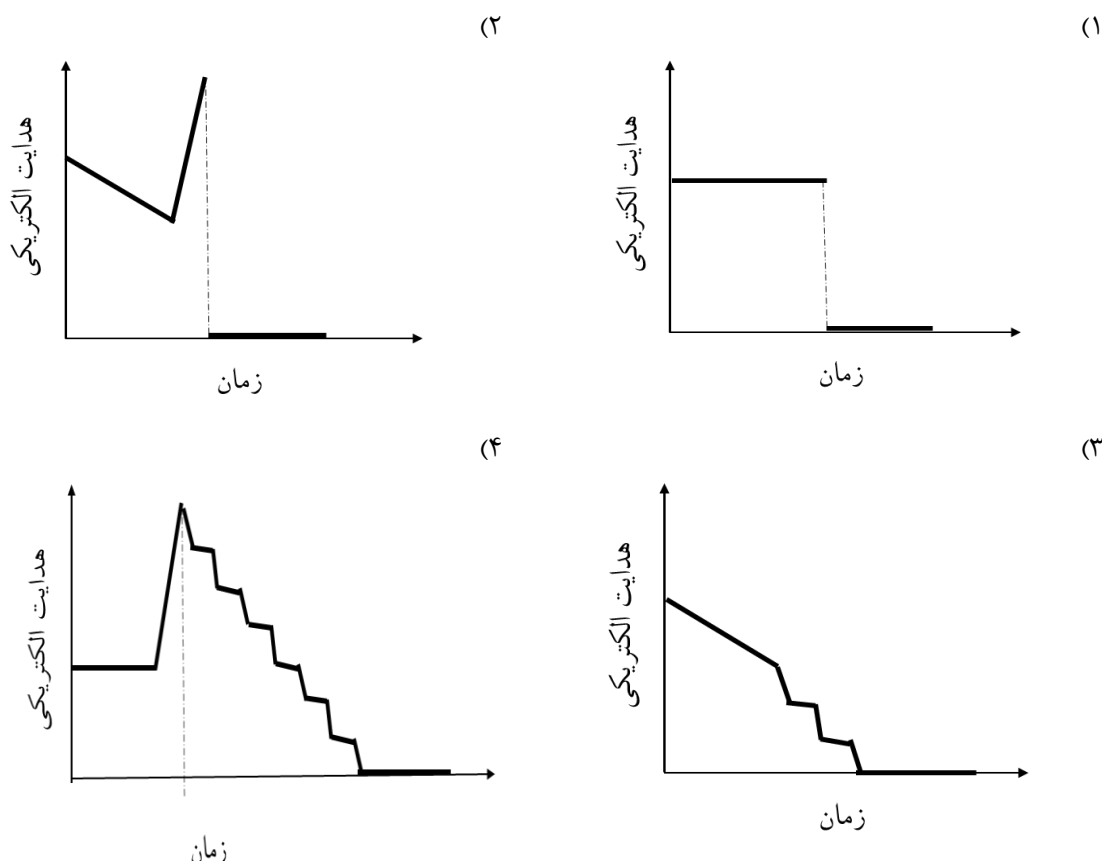
(۲) ۱۵۰ درجه سانتی گراد

(۳) ۲۰۰ درجه سانتی گراد

(۴) ۲۵۰ درجه سانتی گراد

۱۹- یک سیم رسانای کاملاً انعطاف‌پذیر، با سرعت یکنواخت کشیده می‌شود، تا بتدریج نازک شده و در شعاع کمتر از یک نانومتری پاره شود. هدایت الکتریکی سیم در حین فرایند در ولتاژ مناسب و با دقت کافی اندازه‌گیری می‌شود. هدایت الکتریکی در حین فرایند کشش در محدوده نانومتری تا پاره شدن سیم چگونه تغییر می‌کند؟

مرحله دوم سیزدهمین دوره المپیاد علوم و فناوری نانو - سال ۱۴۰۰
(دفترچه سوالات چهارگزینه‌ای)



۲۰- روش‌های مختلفی برای تخمین خواص کامپوزیت‌های زمینه فلزی توسعه یافته است، که از معروف‌ترین آنها می‌توان به قانون مخلوط‌ها اشاره کرد. براساس این قانون، استحکام مکانیکی یک کامپوزیت، از حاصل جمع استحکام مکانیکی زمینه و ذره تقویت‌کننده به نسبت کسر حجمی آنها به دست می‌آید. به بیان ریاضی:

$$\text{استحکام مکانیکی کامپوزیت} = X_m \sigma_m + X_r \sigma_r$$

در این معادله، X_m و X_r به ترتیب کسر حجمی زمینه و ذره تقویت‌کننده، و σ_m و σ_r به ترتیب استحکام زمینه و ذره تقویت‌کننده است. پژوهشگری نانولوله کربنی تک جداره را در زمینه آلومینیومی توزیع کرده و با استفاده از روش‌های متراکم‌سازی، کامپوزیت یکپارچه‌ای به دست آورده است. نتایج استحکام مکانیکی نمونه ساخته شده به طور قابل توجهی پایین‌تر از مقدار محاسبه شده با استفاده از قانون مخلوط‌ها بوده است. به نظر شما کدامیک از موارد زیر نمی‌تواند دلیل این افت باشد؟

- (۱) چسبندگی بسیار ضعیف در فصل مشترک ذره و زمینه
- (۲) وجود تخلخل‌ها و حفره‌های متعدد در زمینه یا مجاورت ذرات تقویت‌کننده
- (۳) وقوع واکنش‌های ناخواسته

(۴) توزیع تصادفی ذرات تقویت‌کننده در زمین

لطفا در این کادر چیزی ننویسید.

کلید نهایی دفترچه تستی آزمون مرحله دوم
سیزدهمین المپیاد علوم و فناوری نانو

مطابق توضیحات دفترچه تکمیل شود.

کد دفترچه ① ②

غلط

صحیح

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

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

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

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

۶۱	☐	☐	☐	☐
۶۲	☐	☐	☐	☐
۶۳	☐	☐	☐	☐
۶۴	☐	☐	☐	☐
۶۵	☐	☐	☐	☐
۶۶	☐	☐	☐	☐
۶۷	☐	☐	☐	☐
۶۸	☐	☐	☐	☐
۶۹	☐	☐	☐	☐
۷۰	☐	☐	☐	☐

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

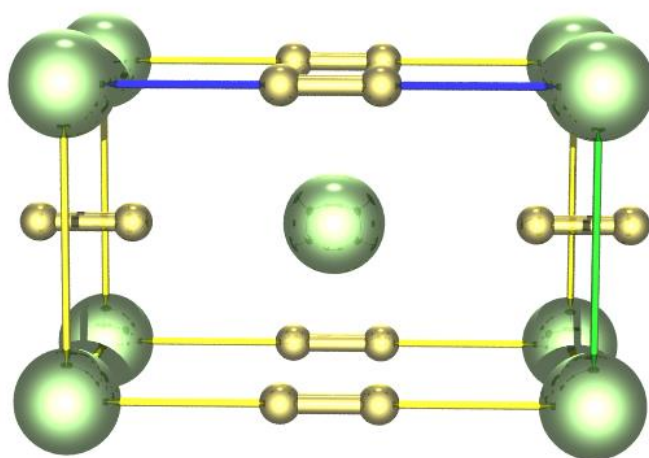
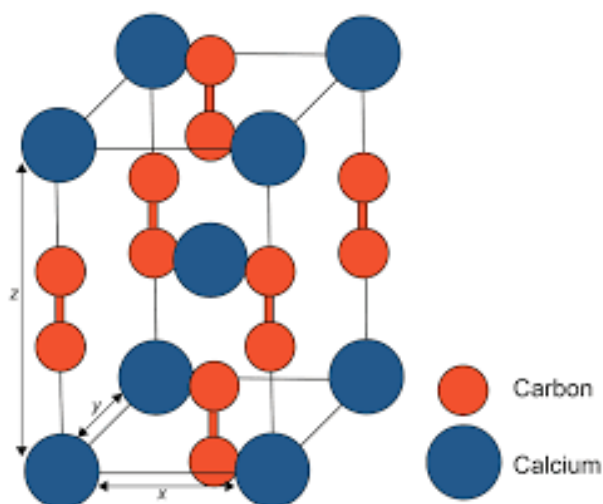
مطابقت اطلاعات مندرج در پاسخ برگ را با مشخصات خود تایید می نمایم.

سوال ۱- شکل‌های زیر، سلول واحد و آرایش اتمی ترکیب کلسیم کاربید را از دو نمای مختلف نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌کنید، اتم‌های کلسیم در رئوس و مرکز سلول واحد قرار گرفته‌اند اما برخی از اتم‌های کربن روی اضلاع سلول واحد و برخی دیگر در دو سوی وجوه بالایی و پایینی قرار گرفته‌اند. این شبکه اتمی کاملاً فشرده بوده و اتم‌ها بر همدیگر مماس هستند.

(۱) تعداد اتم‌های کلسیم و کربن متعلق به یک سلول واحد را تخمین بزنید.

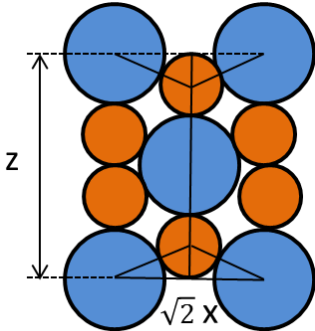
(۲) اگر شعاع اتمی کربن و کلسیم به ترتیب برابر 0.077 و 0.197 نانومتر باشد، طول ضلع سلول واحد در جهت محور x ، y ، و z را برحسب آنگستروم تخمین بزنید.

(۳) نسبت فضای اشغال‌شده توسط اتم‌های کربن به اتم‌های کلسیم در سلول واحد را محاسبه کنید.



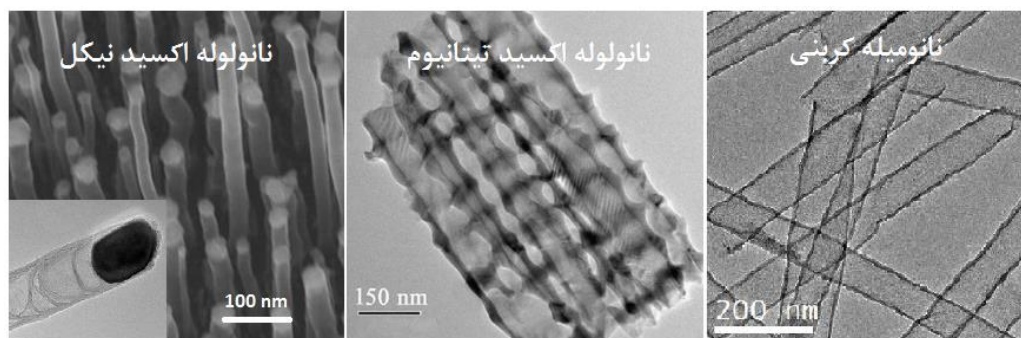
سوال ۱
(۱۰ نمره)

مرحله دوم سیزدهمین دوره المپیاد علوم و فناوری نانو – سال تحصیلی (۱۴۰۰-۱۴۰۱)
(دفترچه سوالات و پاسخ‌های تشریحی)

تعداد اتم‌های متعلق به سلول واحد به صورت زیر خواهد بود: ۲ اتم کلسیم و ۴ اتم کربن	بخش اول (۱ نمره)	
اگر سلول واحد را از جهت روبرو رسم کنیم خواهیم داشت:  لذا ضلع Z برابر خواهد بود با: $z = 2D_C + D_{Ca} = 2 \times (2 \times 0.077) + (2 \times 0.197) = 0.702 \text{ nm} = 7.02 \text{ \AA}$ برای محاسبه ضلع X نیز می‌توان مطابق شکل فوق، از رابطه فیثاغورث استفاده کرد: $(r_C + r_{Ca})^2 = \left(\frac{\sqrt{2}x}{2}\right)^2 + r_C^2$ $(0.077 + 0.197)^2 = \left(\frac{\sqrt{2}x}{2}\right)^2 + (0.077)^2$ $x = 0.372 \text{ nm} = 3.72 \text{ \AA}$ $y = x = 3.72 \text{ \AA}$	بخش دوم (۶ نمره)	پاسخ تشریحی سوال ۱
برای محاسبه سهم اتم‌های کربن و کلسیم را در اشغال حجم سلول واحد داریم: $\text{Carbon Volume} = 4 \times \frac{4\pi r_C^3}{3} = 0.00764 \text{ nm}^3$ $\text{Calcium Volume} = 2 \times \frac{4\pi r_{Ca}^3}{3} = 0.064 \text{ nm}^3$ $\frac{\text{سهم اتم های کربن}}{\text{سهم اتم های کلسیم}} = \frac{0.00764}{0.064} = 0.119$ بنابراین سهم اتم های کربن ۰٫۱۱۹ برابر اتم های کلسیم است.	بخش سوم (۳ نمره)	

سوال ۲- پژوهشگری قصد دارد نانولوله اکسید تیتانیوم را سنتز کرده و از آن به عنوان حامل در فرآیند دارورسانی استفاده نماید. تخلخل سطحی در این نانولوله می‌تواند مزیتی برای این کاربرد باشد. با توجه به اطلاعات خود از فرآیند دارورسانی، روش‌های سنتز نانومواد و دانش مشخصه‌یابی مواد، به سوالات زیر پاسخ دهید.

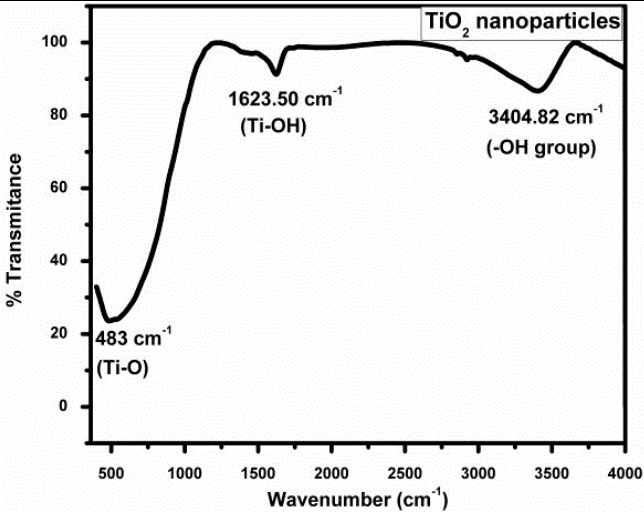
- (۱) به نظر شما، چگونه می‌توان نانولوله اکسید تیتانیوم را سنتز کرد؟ مراحل سنتز را شرح دهید.
- (۲) تصاویر میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) نانومیله کربنی، نانولوله اکسید تیتانیوم و نانولوله اکسید نیکل در شکل زیر ارائه شده است. اگر قرار باشد از این مواد در طول فرآیند سنتز استفاده کنید، کدام ماده را ترجیح می‌دهید؟ دلیل خود را بیان کنید.



سوال ۲
(نمره ۱۰)

- (۳) اگر از پودر سنتز شده، آنالیز شیمیایی گرفته شود، انتظار دارید چه عناصری به عنوان ناخالصی شناسایی شوند؟ به نظر شما، خاستگاه این عناصر در پودر سنتز شده چیست؟
- (۴) اگر بخواهید ناخالصی‌های موجود را به طور کامل از سیستم حذف کنید، چه راهکاری را پیشنهاد می‌کنید؟
- (۵) نتایج آزمون FTIR از پودر سنتز شده در نمودار صفحه بعد ارائه شده است که داده‌های به دست آمده از آنالیز شیمیایی را تایید نمی‌کند. توجیه شما برای این پدیده چیست و چه معنایی دارد؟

مرحله دوم سیزدهمین دوره المپیاد علوم و فناوری نانو – سال تحصیلی (۱۴۰۰-۱۴۰۱)
(دفترچه سوالات و پاسخ‌های تشریحی)

		
برای تولید یک نانوذره توخالی می‌توان از پرکننده یا فیلر استفاده کرد که برخی از منابع به آن تمپلیت یا قالب یا بستر هم می‌گویند. این ماده به عنوان بستر در حین سنتز مورد استفاده قرار می‌گیرد تا نانولوله مورد نظر با نشستن اتم‌ها بر روی پوسته آن تشکیل شوند. سپس با روش‌های مختلف، بستر را حذف می‌کنند. بستر یا فیلر هر شکل هندسی داشته باشد، شکل نهایی نانوذره توخالی را کنترل می‌کند.	بخش اول (۲ نمره)	
با توجه به توضیحات ارائه شده، اگر از نانومیله کربنی (به عنوان بستر) برای سنتز نانولوله اکسید تیتانیوم استفاده شود، می‌توان با حرارت دادن یا حل کردن داخل یک اسید قوی (مشروط به عدم انحلال نانولوله اکسید تیتانیوم) آن را حذف کرد. این در حالی است که اگر از اکسید نیکل و یا اکسید تیتانیوم استفاده شود، این دو ماده پایداری حرارتی بالایی دارند و با حرارت دهی نمی‌سوزند.	بخش دوم (۲ نمره)	پاسخ تشریحی سوال ۲
ناخالصی کربن ممکن است از چندین منبع وارد سیستم شده باشد: - در اثر نانومیله کربنی استفاده شده به عنوان بستر یا پرکننده - در اثر سوختن ترکیبات آلی موجود در پیش ماده‌های مورد نیاز برای سنتز فاز محلولی اکسید تیتانیوم مانند تیتانیوم ایزوپروپوکساید یا سایر مواد - آلودگی‌های محیط مانند نشستن گرد و خاک بر روی نمونه قبل از انجام آنالیز شیمیایی	بخش سوم (۲ نمره)	
برای حذف کربن از سیستم دو راهکار کلی وجود دارد اما محدود به این دو روش نمی‌شود:	بخش چهارم (۲ نمره)	

مرحله دوم سیزدهمین دوره المپیاد علوم و فناوری نانو – سال تحصیلی (۱۴۰۰-۱۴۰۱)
(دفترچه سوالات و پاسخ‌های تشریحی)

- شستشوی پودر سنتزی با اسیدی که منجر به انحلال شیمیایی کربن شود و در عین حال نتواند اکسید تیتانیوم را حل کند. - عملیات حرارتی پودر سنتز شده در دمای بالا و اتمسفر هوا جهت سوختن ترکیبات آلی و کربن‌دار و خروج آنها از سیستم در اثر تبدیل به H_2O و CO_2.		
براساس نمودار FTIR، نشانه‌ای از حضور کربن در سیستم مشاهده نمی‌شود. یکی از دلایل این پدیده می‌تواند غلظت بسیار پایین کربن و عدم ظهور پیک واضح در نمودار FTIR باشد زیرا هرچه فراوانی یک پیوند مشخص در یک ماده بیشتر باشد، شدت پیک و حد تفکیک آن در آزمون FTIR بیشتر خواهد بود.	بخش پنجم (۲ نمره)	

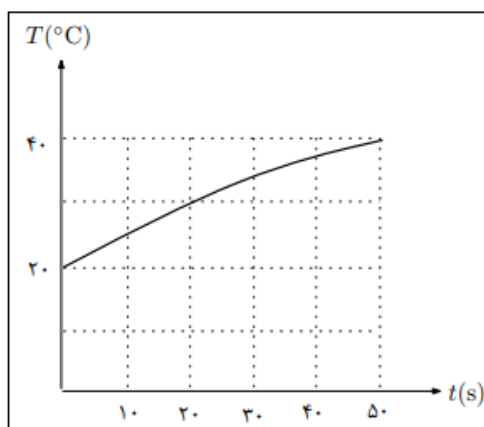
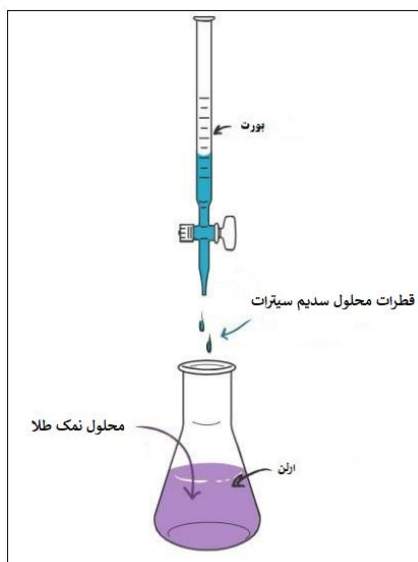
سوال ۳- در فرایند سنتز کلئوئید نانوذرات طلا به روش تورکویچ، سدیم سیترات (به عنوان عامل احیاکننده) را به آهستگی به محلول نمک طلا می‌افزاییم. ظرف حاوی محلول نمک طلا، دارای دمای T_0 است و از بالای ظرف، قطره‌های محلول سدیم سیترات با آهنگ ثابت در ظرف ریخته می‌شوند. فرض کنید دمای هر قطره موقع رسیدن به سطح محلول نمک طلا T_1 است و با ورود هر قطره، محلول درون ظرف به تعادل گرمایی می‌رسد (اختلاف ظرفیت گرمایی ویژه دو محلول نمک را ناچیز در نظر بگیرید). اگر شروع ریزش قطرات لحظه $t=0$ و تغییرات دمای محلول بر حسب زمان مطابق شکل باشد:

(۱) دمای T_0 را بیابید؟

(۲) دمای T_1 را بیابید؟

(۳) با رسیدن دمای محلول درون ظرف به 70°C ، سنتز ذرات طلا آغاز خواهد شد. پس از گذشت چه زمانی از شروع ریزش قطرات، فرایند سنتز آغاز می‌شود؟

سوال ۳
(۱۰ نمره)



با توجه به نمودار داده شده در صورت سوال دمای درج شده در زمان صفر، 20 درجه سانتیگراد، دمای خواسته شده است.

بخش
اول
(۱ نمره)

با توجه به تعادل حرارتی برقرار شده در ظرف، حرارت از دست رفته توسط قطرات و حرارت دریافتی توسط محلول داخل ظرف بایستی برابر باشد. چنانچه شار ورود قطرات محلول سدیم سیترات را λ در نظر بگیریم، با توجه به رابطه $Q = mc\Delta\theta$ داریم:

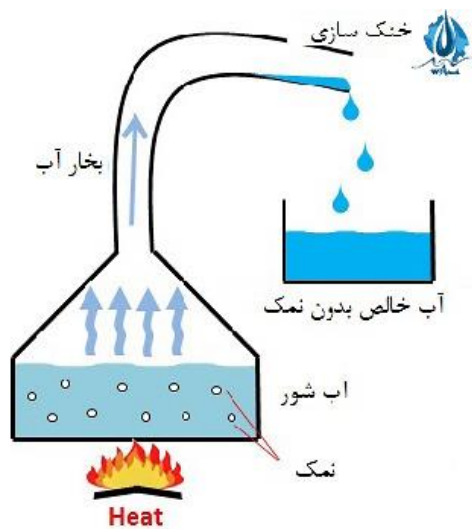
$$\lambda dt C (T_1 - T_t) = MC (T_t - T_0) \quad \rightarrow \quad \lambda dt (T_1 - T_t) = M (T_t - T_0)$$

پاسخ
تشریحی
سوال ۳
بخش
دوم
(۵ نمره)

مرحله دوم سیزدهمین دوره المپیاد علوم و فناوری نانو – سال تحصیلی (۱۴۰۰-۱۴۰۱)
(دفترچه سوالات و پاسخ‌های تشریحی)

با توجه به نمودار داریم: $20\lambda(T_1 - 30) = M(30 - 20)$ $\rightarrow \frac{50\lambda(T_1 - 40)}{20\lambda(T_1 - 30)} = \frac{M(40 - 20)}{M(30 - 20)}$ $50\lambda(T_1 - 40) = M(40 - 20)$ $\frac{5(T_1 - 40)}{2(T_1 - 30)} = \frac{20}{10} \quad \frac{(T_1 - 40)}{(T_1 - 30)} = \frac{8}{10} \rightarrow 10T_1 - 400 = 8T_1 - 240 \rightarrow T_1 = 80$		
برای محاسبه زمان شروع واکنش داریم: $20\lambda(80 - 30) = M(30 - 20) \rightarrow 100\lambda = M$ $\lambda dt(80 - 70) = M(70 - 20) \rightarrow 10\lambda dt = 50 \times 100\lambda \rightarrow dt = 500s$	بخش سوم ۴) نمره)	

سوال ۴- یکی از روش‌های شیرین سازی آب و حذف نمک محلول در آن، تبخیر آب در اثر حرارت دادن و میعان بعدی است. در این رویکرد، آب توسط یکی از منابع انرژی حرارت داده می‌شود تا به طور سطحی تبخیر شود. سپس توسط روش‌های مختلف، به فاز مایع تبدیل شده و در یک مخزن مجزا جمع آوری می‌شود. شمایی از این فرآیند در شکل زیر نشان داده شده است. امروزه یکی از اساسی‌ترین مشکلات زیست محیطی شهرهای جنوبی کشورمان، دسترسی به آب شیرین سالم و باکیفیت است. با توجه به اطلاعات خود در زمینه فناوری نانو و مهندسی سطح، به سوالات زیر پاسخ دهید.



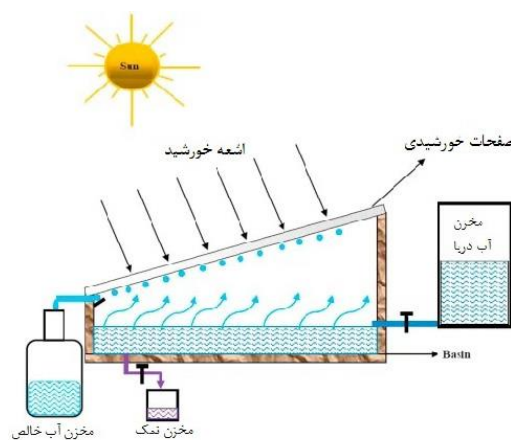
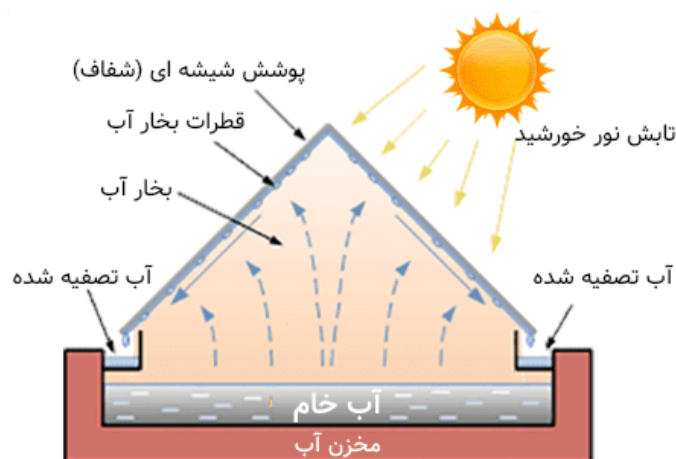
سوال ۴
(نمره ۱۰)

۱) فرض کنید که می‌خواهید برای شهروندان جنوبی کشورمان، یک آب شیرین کن خورشیدی بسازید. این دستگاه باید چگونه طراحی شود؟ شمایی از طرح خودتان را ارائه کنید و اجزای آن و نقش هر کدام را توضیح دهید.

۲) اگر بخواهید از اصلاح سطحی در حوزه فناوری نانو برای ساخت این محصول استفاده کنید، چگونه می‌توانید بازده دستگاه خود را افزایش دهید؟

۳) استفاده از یک غشای نانومتخلخل در دستگاه چه تاثیری می‌تواند روی بازده دستگاه و کیفیت آب خروجی داشته باشد؟ به نظر شما، این غشا بهتر است در کدام بخش دستگاه تعبیه شود (با ذکر دلیل)؟

شمایی از دستگاه آب شیرین کن خورشیدی در دو شکل زیر ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، دستگاه از یک محفظه ابتدایی برخوردار است که آب دریا حاوی غلظت بالایی از نمک وارد آن می‌شود. بالای این محفظه، صفحات شفاف با رسانای حرارتی بالا قرار گرفته که می‌توانند نور خورشید را جذب و به محفظه حاوی آب دریا منتقل کنند. در یک طراحی دیگر ممکن است از سلول خورشیدی برای جذب نور و ذخیره انرژی آن تبدیل آن به حرارت جهت افزایش دمای آب درون محفظه استفاده شود. آب درون محفظه در اثر حرارت اعمال شده شروع به تبخیر سطحی می‌کند. بخارات آب باید روی یک سطح متراکم (condense) و تبدیل به مایع شود به طوری که با جریان پیدا کردن آب روی سطح، داخل یک مخزن مجزا جمع آوری شود. پس از اینکه دستگاه چندین ساعت کار کرد، غلظت بالایی از نمک در داخل محفظه ته‌نشین می‌شود که باید به طور دوره‌ای خارج شود.



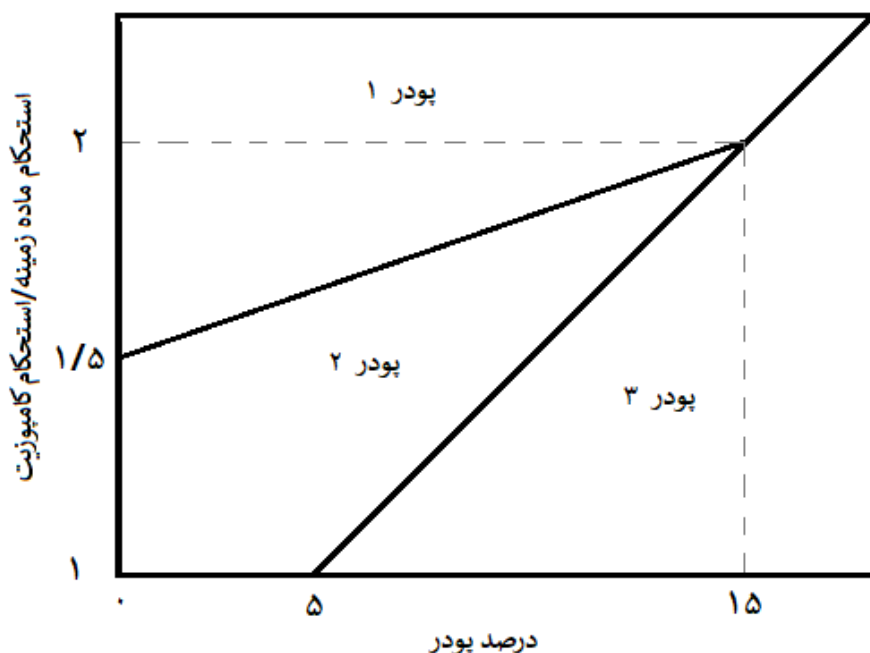
بخش اول
(۴ نمره)

پاسخ
تشریحی
سوال ۴

وظیفه اصلی صفحات بالایی محفظه آب دریا این است که به عنوان بستری مناسب برای میعان بخار آب و بستری برای انتقال آسان آن به مخزن آب شیرین عمل کند. برای اینکه آب بتواند به آسانی روی این سطح تبدیل به مایع شود لازم است بخار آب بتواند به آسانی سطح صفحه را تر (wet) کرده و با آن زاویه نزدیک صفر بسازد. به بیان دیگر، هرچه سطح آبدوست‌تر باشد، بازده میعان افزایش می‌یابد. برای این کار می‌توان بخشی از سطح صفحه را با استفاده از فناوری نانو، فوق آبدوست کرد. از سوی دیگر، برای اینکه آب بتواند به آسانی روی صفحه جریان پیدا کند بهتر است سطح آبگریز باشد. بنابراین می‌توان بخشی از سطح صفحه را نیز آبگریز کرد. بهترین طراحی زمانی خواهد بود که یک الگوی تکرار شونده از سطوح آبدوست و آبگریز روی صفحه ایجاد کنیم که مناطق آبدوست در میعان بهتر و مناطق آبگریز در انتقال آب به مخزن کمک کنند.	بخش دوم (۳ نمره)	
می‌توان فیلتر نانومتخلخل و لامپ یووی را بعد از میعان آب و قبل از ورود به مخزن آب در مسیر دستگاه قرار داد تا بدین وسیله، ناخالصی‌های بیشتر و باقیمانده آب شیرین توسط فیلتر نانومتخلخل گرفته شود و بار میکروبی (باکتری‌ها و سایر میکرواورگانیزم‌ها) توسط تابش نور پراثری یووی کاهش یابد و اصطلاحاً آب ضدعفونی (disinfection) شود.	بخش سوم (۳ نمره)	

سوال ۵- پژوهشگری به منظور تولید کامپوزیتی با فاز تقویت کننده مونت‌موری‌لونیت، مجاز به استفاده حداکثر ۲۰ درصد از فاز تقویت کننده است. این پژوهشگر پودر میکروذرات مونت‌موری‌لونیت را تهیه کرد و یکبار از طریق خردایش مکانیکی به پودر نانوذرات مونت‌موری‌لونیت و بار دیگر از طریق فرایند اصلاح شیمیایی و بازکردن صفحات قاعده شبکه بلوری مونت‌موری‌لونیت به پودر نانورس تبدیل نمود. او از این سه نوع نمونه پودری برای استحکام بخشی کامپوزیت خود استفاده کرد. بر اساس نتایج به دست آمده:

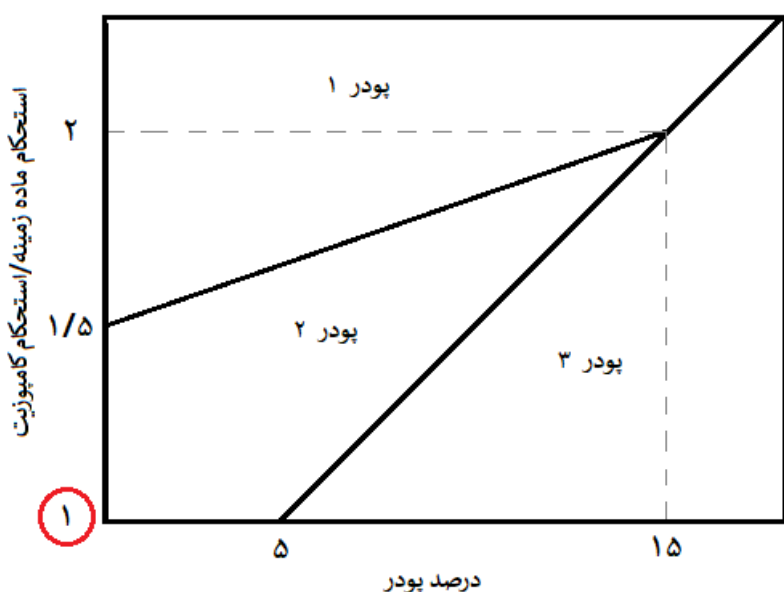
- افزودن کمتر از ۵ درصد میکروذرات، تاثیری بر افزایش استحکام نمونه کامپوزیتی ندارد.
 - اگر مقدار پودر نانوذرات مصرف شده بیش از ۱۵ درصد باشد، میزان استحکام بخشی آن تفاوتی با همین مقدار میکروذرات ندارد.
- ۱) در نمودار زیر، مناطق مربوط به پودر میکروذرات، نانوذرات و نانورس مونت‌موری‌لونیت را مشخص کنید (شرح مختصر دلیل)؟



سوال ۵
(۱۰ نمره)

- ۲) در صورت استفاده از ۱۰ درصد پودر نانوذرات، انتظار حداقل چه میزان افزایش استحکام نسبت به ماده زمینه را دارید؟
- ۳) به منظور افزایش استحکام به میزان ۷۵ درصد نسبت به ماده زمینه، چند درصد نانوذرات مونت‌موری‌لونیت برای تولید نانوکامپوزیت و چند درصد میکروذرات مونت‌موری‌لونیت برای تولید کامپوزیت نیاز است؟
- ۴) به منظور افزایش استحکام به میزان ۱۸۰ درصد از کدام پودر باید استفاده شود؟

مرحله دوم سیزدهمین دوره المپیاد علوم و فناوری نانو - سال تحصیلی (۱۴۰۱-۱۴۰۰)
(دفترچه سوالات و پاسخ‌های تشریحی)



شرح مختصر دلیل	اندازه و مورفولوژی	
ناحیه باقیمانده بر روی شکل	نانورس	پودر ۱
با توجه به اینکه افزودن بیش از ۱۵ درصد نانوذرات، استحکام بخشی بیشتری در مقایسه با همین میزان میکروذرات ندارد.	نانوذرات	پودر ۲
با توجه به اینکه افزودن کمتر از ۵ درصد میکروذرات تاثیری بر افزایش استحکام نمونه کامپوزیتی ندارد.	میکروذرات	پودر ۳

بخش اول
(۳ نمره)

پاسخ
تشریحی
سوال ۵

برای معادله مرز نواحی میکروذرات و نانوذرات داریم:

$$y = 0.1x + 0.5$$

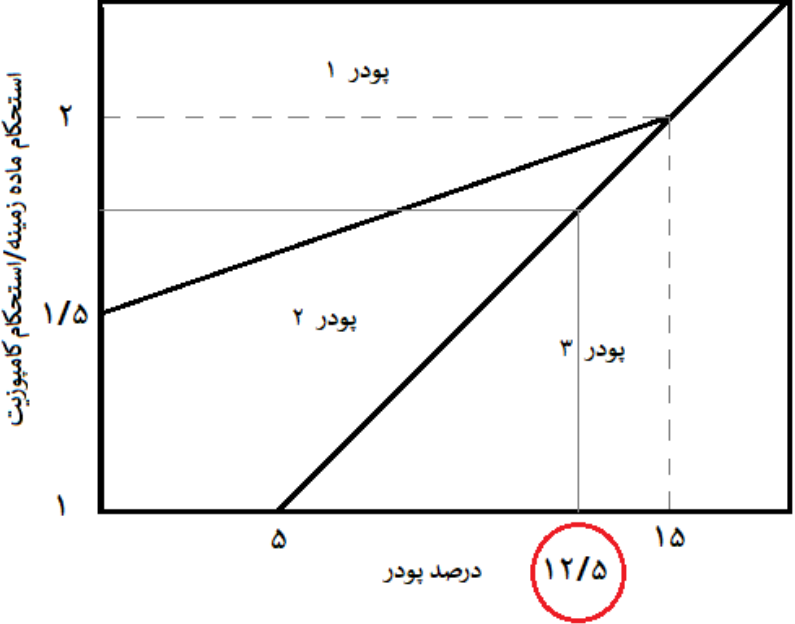
در نتیجه کمترین نسبت استحکام کامپوزیت به ماده زمینه برای ۱۰ درصد پودر نانوذرات برابر ۱/۵ شده و حداقل میزان افزایش استحکام ۵۰ درصد خواهد بود.

بخش دوم
(۲ نمره)

با توجه به معادله مرز نواحی میکروذرات و نانوذرات داریم:

بخش سوم
(۳/۵ نمره)

مرحله دوم سیزدهمین دوره المپیاد علوم و فناوری نانو - سال تحصیلی (۱۴۰۰-۱۴۰۱)
(دفترچه سوالات و پاسخ‌های تشریحی)

 حداقل ۱۲/۵ درصد میکروذرات لازم داریم. برای معادله مرز نواحی نانوذرات و نانورس داریم: $y = \frac{x}{30} + 1.5$ با توجه به حل صورت گرفته حداقل ۷/۵ درصد نانوذرات لازم داریم.	
افزایش استحکام به میزان ۱۸۰ درصد به معنی نسبت استحکام کامپوزیت به ماده زمینه ۲/۸ است. با توجه به شکل تنها بایستی از معادله زیر استفاده کرد. $y = 0.1x + 0.5$ با توجه به معادله فوق و قید حداکثر میزان مجاز فاز تقویت کننده ۲۰ درصد، تنها با افزودن <u>نانورس</u> به فاز زمینه دستیابی به این استحکام امکان پذیر است.	بخش چهارم (۱/۵ نمره)

سوال ۶- در روش‌های لایه نشانی فیزیکی یکی از روش‌های اندازه‌گیری ضخامت لایه‌ها استفاده از ضخامت سنج کوارتز است. در این ضخامت سنج از یک کریستال کوارتز برای اندازه‌گیری ضخامت استفاده می‌شود، کوارتز یک ماده پیزو الکتریک است که نوسانات آن تابع جرم است. با قرارگیری کریستال کوارتز در کنار زیرلایه از روی تغییرات نوسان می‌توان به میزان جرم ماده‌ای که روی آن نشسته و در نهایت ضخامت لایه پی برد. در یک دستگاه لایه نشانی کندوپاش یونی (اسپاترینگ) از یک ضخامت سنج کوارتز برای اندازه‌گیری ضخامت لایه نازک مس استفاده شده است که در آن تغییرات نوسان کریستال کوارتز با معادله زیر به تغییرات جرم بستگی دارد. $\Delta m = c \cdot \Delta f$ که در رابطه بالا Δf تغییرات نوسان کریستال کوارتز برحسب هرتز، c عددی ثابت و برابر با $2 \times 10^{-14} \text{ gr/cm}^2 \cdot \text{Hz}$ و Δm تغییرات جرم ماده در واحد سطح است، اگر در یک فرایند لایه نشانی لایه مس، تغییرات نوسان کریستال کوارتز برابر با ۵ گیگاهرتز باشد: (۱) در هر سانتی متر مربع از زیرلایه چند گرم مس لایه نشانی شده است؟ (۲) ضخامت لایه نازک مس چند نانو متر است؟ (برای محاسبه فرض کنید که اتم‌های مس به صورت شبکه بلوری مکعبی وجوه پر متبلور می‌شوند. شعاع اتمی مس = ۱۲۵ پیکومتر جرم اتمی مس = 10^{-22} گرم)	سوال ۶ (۱۰ نمره)
$\Delta m = c \cdot \Delta f = 2 \times 10^{-14} \times 5 \times 10^9 = 1 \times 10^{-4} \text{ gr/cm}^2$ $\text{اتم} = \frac{1 \times 10^{-4}}{10^{-22}} = 1 \times 10^{18}$ تعداد کل اتم‌های لایه نشانی شده در 1 cm^2	بخش اول (۳ نمره)
$\sqrt{2}a = 4R$ $a = \frac{4R}{\sqrt{2}}$ $\text{تعداد سلول‌ها در } 1 \text{ cm}^2 : \text{لایه نشانی اولین سلول واحد در FCC در } 1 \text{ cm}^2 = \frac{10^{-4}}{\left(\frac{4R}{\sqrt{2}}\right)^2} = \frac{2 \times 10^{-4}}{16R^2}$	پاسخ تشریحی سوال ۶ بخش دوم (۷ نمره)

مرحله دوم سیزدهمین دوره المپیاد علوم و فناوری نانو – سال تحصیلی (۱۴۰۰-۱۴۰۱)
(دفترچه سوالات و پاسخ‌های تشریحی)

$$\text{اتم } 10^{15} \times \frac{3}{2} = \frac{10^{-4}}{2(125 \times 10^{-12})^3} = \frac{10^{-4}}{2R^3} = \frac{10^{-4}}{16R^3} = \text{تعداد اتم‌ها در } 1 \text{ cm}^3$$

$$\text{تعداد ردیف سلول‌های واحد روی هم قرار گرفته در } 1 \text{ cm}^3 = \frac{1/3 \times 10^{18}}{3/2 \times 10^{15}}$$

$$\Rightarrow \text{ضخامت لایه} = \frac{1/3 \times 10^{18}}{3/2 \times 10^{15}} \times \frac{4R}{\sqrt{2}} = 143 \text{ nm}$$