

آزمون مرحله دوم

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



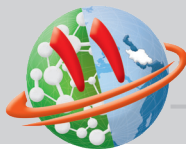
نام و نام خانوادگی:

شماره داوطلب:

تعداد سوال‌های تستی: ۲۰ تعداد سوال‌های تشریحی: ۶

تعداد کل سوال‌ها: ۲۶

مدت پاسخگویی: ۱۲۰ دقیقه



سلام، به یازدهمین المپیاد دانش آموزی علوم و فناوری نانو خوش آمدید.

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

✓ متن سوالات را با دقت بخوانید و در پاسخ دادن عجله نکنید.

✓ ممکن است در مورد برخی از سوالات دو یا چند گزینه درست به نظرتان برسد. در این مورد باید بهترین گزینه را انتخاب کنید.

✓ برای پاسخ‌های غلط، نمره منفی در نظر گرفته خواهد شد.

✓ هر سوال تستی ۲ نمره دارد.

✓ همراه داشتن تلفن همراه و ماشین حساب در این آزمون ممنوع است.

سوالات تستی

۱. پژوهشگری نانولوله‌های کربنی تک دیواره را به عنوان لایه انتقال دهنده حفره در یک سلول خورشیدی بکار گرفته است و چهار نمونه برای این کار سنتز کرده است. این چهار نمونه همگی از یک نوع نانولوله نیستند و هریک مخلوطی از دو نوع نانولوله با بردارهای کایرال مختلف هستند، با این فرض که سایر شرایط یکسان باشد، با بکارگیری کدام نمونه، سلول خورشیدی حاصل بازده بیشتری خواهد داشت؟

(الف) نمونه یک: ۸۰ درصد نانولوله با بردار کایرال (۱۰، ۵) و ۲۰ درصد نانولوله با بردار کایرال (۱۰، ۷)

(ب) نمونه دو: ۳۰ درصد نانولوله با بردار کایرال (۱۰، ۵) و ۷۰ درصد نانولوله با بردار کایرال (۱۰، ۷)

(ج) نمونه سه: ۸۰ درصد نانولوله با بردار کایرال (۱۰، ۷) و ۲۰ درصد نانولوله با بردار کایرال (۱۰، ۵)

(د) نمونه چهار: ۵۰ درصد نانولوله با بردار کایرال (۱۰، ۷) و ۵۰ درصد نانولوله با بردار کایرال (۱۰، ۵)

گزینه صحیح: گزینه الف

در سلول‌های خورشیدی، لایه انتقال دهنده الکترون و لایه انتقال دهنده حفره باید نیمه‌رسانا باشند، از طرفی هرچه نانولوله‌های مورد استفاده یک دست‌تر باشند بهتر است. نانولوله‌هایی که در آنها $n=im$ مضربی از ۳ باشند، رسانا و مابقی نیمه‌رسانا هستند. بنابراین نانولوله (۵ و ۱۰) نیمه رسانا و (۷ و ۱۰) رسانا است. بنابراین گزینه (الف) صحیح است.

۲. در شبکه بلوری هگزاگونال فشرده (HCP) چند درصد از مساحت صفحه قاعده (۰۰۱) توسط اتم‌ها اشغال شده است؟ برای محاسبه از اطلاعات زیر می‌توانید استفاده کنید:

$$\sin(30^\circ) = \frac{1}{2}, \quad \pi \approx 3, \quad \sqrt{3} \approx 1.7, \quad \sin(60^\circ) = \frac{\sqrt{3}}{2}, \quad \text{مساحت شش ضلعی} = \frac{2\sqrt{3}}{3} a^2 \approx \frac{2}{3} a^2$$

(الف) ۹۰ درصد

(ب) ۸۰ درصد

(ج) ۷۰ درصد

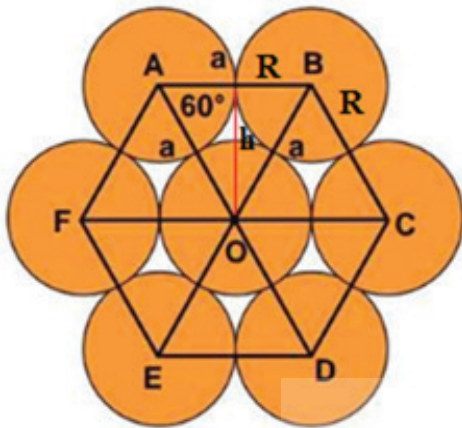
(د) ۶۰ درصد

گزینه صحیح: گزینه الف

برای محاسبه فضای اشغال شده توسط اتم‌ها در صفحه (۰۰۱)، ابتدا باید تعداد اتم‌های کامل روی سطح این صفحه را حساب کرد، که برابر

$$\text{است با: } 3 = 1 + 6 \times \left(\frac{1}{3}\right)$$

که ۶ اتم در گوشه‌های شش ضلعی با سهم $1/3$ داریم و یک اتم کامل در مرکز صفحه، یعنی در مجموع ۳ اتم کامل روی صفحه (۰۰۱) داریم.

$$((0.1) \text{ صفحه}) \text{ مساحت شش ضلعی} = \frac{\sqrt[3]{3}}{2} a^2 \approx 0.25 a^2$$


بنابراین درصد اشغال صفحه (۰۰۱) توسط اتم‌ها برابر است با:

$$\begin{aligned} \text{درصد اشغال} &= \frac{\text{مساحت اتم} \times \text{تعداد اتمهای کامل صفحه}}{\text{مساحت صفحه}} \times 100 = \frac{3\pi R^2}{2/5 a^2} \times 100 \\ &= \frac{3\pi R^2}{2/5 (3R)^2} \times 100 = \frac{3\pi}{10} \times 100 = 90\% \end{aligned}$$

۳. ابعاد بحرانی در یک نیمه‌رسانا ابعادی است که در آن ابعاد گسیسته‌شدن ترازهای انرژی مشاهده می‌شود. کدام گزینه در تعیین این

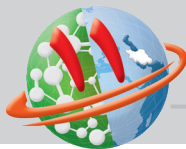
(الف) طول موج پرانرژی ترین الکترون

(ج) فاصلہ متوسط بین اتم‌ها

(د) فاصله متوسط بین الکترون‌ها و حفرات

گزینہ صحیح: گزینہ د

نانومواد کوانتومی، نانومواد هستند که یک، دو و یا سه بعد آنها کمتر از ابعاد بحرانی لازم برای ورود به دنیای فیزیک کوانتوم است. ابعاد بحرانی لازم برای نانومواد باتوجه به جنس آنها مشخص می‌شود. ابعاد بحرانی برای نیمه‌رساناها حدود ۱۰ نانومتر و برای رساناها حدود ۱-۳ نانومتر است. این بدان معنی است که نانوساختارهای کوانتومی اگر نیمه‌رسانا باشند حداقل یکی از ابعاد آنها حدوداً کمتر از ۱۰ نانومتر است و اگر رسانا باشند حداقل یکی از ابعاد آنها کمتر از ۱-۳ نانومتر است. البته اگر بخواهیم دقیق‌تر بگوییم، باید بگوییم که ابعاد بحرانی برای نیمه‌هادی‌ها برابر با شعاع بور اکسایتون-الکترون حفره (که حدوداً ۱۰ نانومتر می‌شود) و در رساناها برابر با طول‌موج الکترون فرمی (که حدوداً ۱-۳ نانومتر می‌شود) است. منظور از شعاع بور اکسایتون، فاصله متوسط بین الکترون‌ها و حفرات در یک نیمه‌هادی و منظور از طول‌موج الکترون فرمی، طول‌موج پرنرژ‌ترین الکترون یک رسانا است. بنابراین ابعاد بحرانی که در آن گسسته‌شدن ترازهای انرژی مشاهده می‌شود، در نیمه‌رساناها به فاصله متوسط بین الکترون‌ها و حفره‌ها و در رساناها به طول‌موج پرنرژ‌ترین الکترون وابسته است. از این دو گزینه (د) صحیح است.



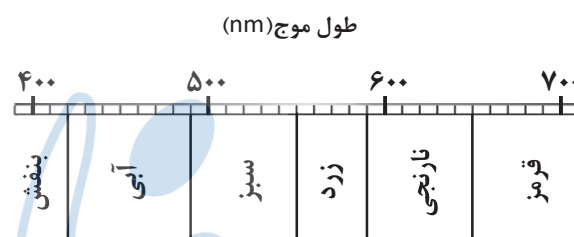
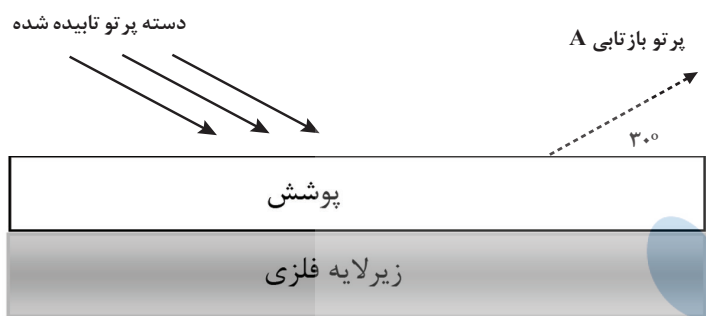
۴. یک پوشش شفاف یکنواخت با ضخامت ۴۰۰ نانومتر، روی یک زیر لایه فلزی پوشش داده شده است. مطابق شکل، پرتو نور سفیدی با زاویه ۳۰ درجه (زاویه بین پرتو و سطح) به سطح تابانده می‌شود. پرتو بازتابی A از داخل نمونه متمایل به چه رنگی خواهد بود؟ (اختلاف ضریب شکست پوشش با هوا ناچیز است. از تداخل نور در داخل لایه صرف نظر کنید. از اطلاعات داده شده در شکل گستره طول موج امواج الکترومغناطیسی در ناحیه مرئی می‌توانید استفاده کنید.)

(الف) قرمز

(ب) زرد

(ج) سبز

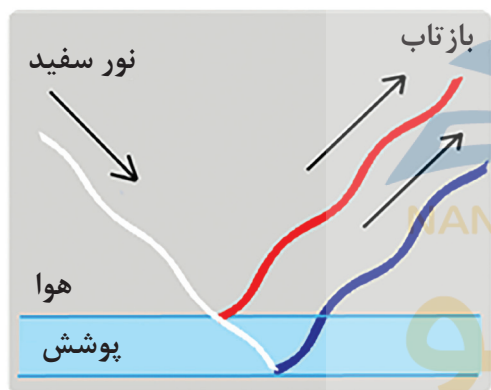
(د) بنفش



گستره طول موج امواج الکترومغناطیسی در ناحیه مرئی

گزینه صحیح: گزینه د

پرتو به دو سطح برخورد می‌کند و منعکس می‌شود، یکی سطح پوشش با هوا و دیگری سطح تماس پوشش و زیر لایه. این دو پرتو در هنگام خروج باید با هم همفاز باشند تا یکدیگر را تضعیف نکنند. مانند شکل زیر:



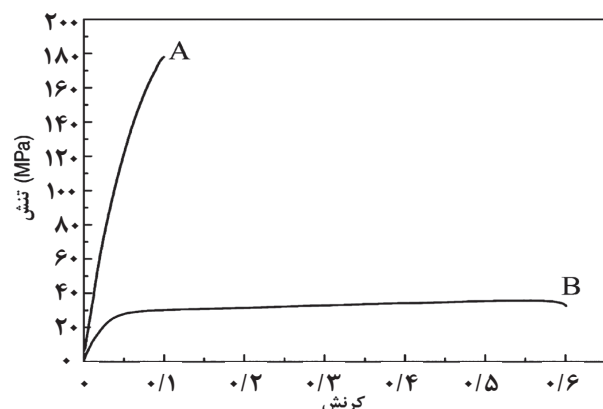
در این حالت طول موجی می‌تواند خارج شود که رابطه براگ برای آن صادق باشد، بنابراین طبق رابطه براگ داریم:

$$2d \sin(\theta) = n\lambda$$

$$2 \times 400 \text{ nm} \times 0.5 = 400 \text{ nm}$$

طول موج نور خروجی برابر با ۴۰۰ نانومتر خواهد بود که مربوط به نور بنفش است، بنابراین گزینه (د) صحیح است.

۵. می‌خواهیم یک کامپوزیت مقاوم برای تولید ورق بدنه هواپیما از مواد A و B بسازیم. با توجه به نمودار تنش - کرنش این مواد،



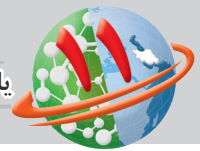
کدامیک از گزینه‌های زیر، کامپوزیت بهتری برای بدنه هواپیما است؟

(الف) زمینه از جنس ماده A، تقویت‌کننده از میکروذرات B با ۵ درصد وزنی

(ب) زمینه از جنس ماده B، تقویت‌کننده از میکروذرات A با ۵ درصد وزنی

(ج) زمینه از جنس ماده A، تقویت‌کننده از نانوذرات B با ۵ درصد وزنی

(د) زمینه از جنس ماده B، تقویت‌کننده از نانوذرات A با ۵ درصد وزنی



گزینه صحیح: گزینه د

با توجه به نمودار، ماده A ماده‌ای سخت ولی شکننده است، ولی ماده B ماده‌ای نرم ولی انعطاف‌پذیر است. برای بدنه هواپیما نیاز به ماده‌ای است که هم انعطاف‌پذیر باشد و هم استحکام بالایی داشته باشد. برای ایجاد این حالت، باید از ماده B به عنوان زمینه استفاده شود و از ماده A به عنوان تقویت‌کننده. تقویت‌کننده به صورت نانوذرات تاثیر بیشتری روی افزایش استحکام ورق نسبت به میکروذرات دارد. بنابراین گزینه (د) صحیح است.

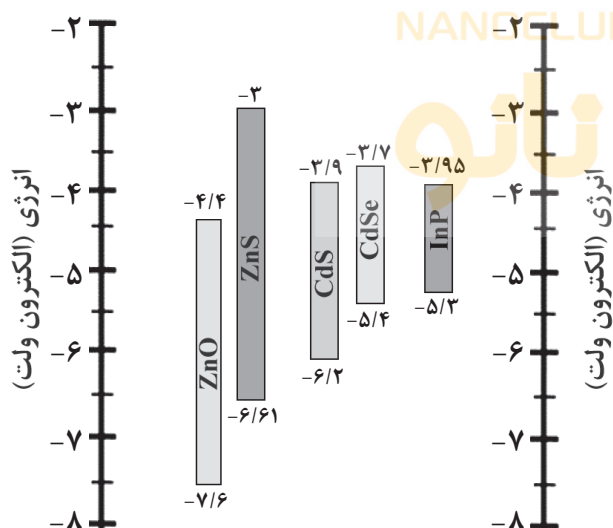
۶. یکی از روش‌های تولید مواد توده‌ای یا بالک نانوساختار، زینترینگ نانوپودرها است. در این روش از طریق به هم فشردن و به هم چسبانیدن پودرها مواد توده‌ای تشکیل می‌شوند. محقق توده نانوساختار فلزی با درصد قابل توجهی از تخلخل‌ها و با میانگین اندازه دانه ۱۰۰ نانومتر را از این روش تولید کرده و مدول یانگ آن را با یک نمونه معمول و درشت دانه مقایسه کرده است. کدام گزینه مقایسه مدول یانگ این دو نمونه و دلیل آن را به درستی بیان کرده است؟

- (الف) مدول یانگ نمونه نانوساختار بیشتر از نمونه درشت دانه است. این امر به دلیل افزایش میزان مرزدانه‌ها در نمونه نانوساختار است.
 (ب) مدول یانگ نمونه نانوساختار بیشتر از نمونه درشت دانه است. این امر به دلیل میزان بالای تخلخل‌های باقی‌مانده در نمونه نانوساختار است.
 (ج) مدول یانگ نمونه نانوساختار کمتر از نمونه درشت دانه است. این امر به دلیل افزایش میزان مرزدانه‌ها در نمونه نانوساختار است.
 (د) مدول یانگ نمونه نانوساختار کمتر از نمونه درشت دانه است. این امر به دلیل میزان بالای تخلخل‌های باقی‌مانده در نمونه نانوساختار است.

گزینه صحیح: گزینه د

هنگامی که نانوپودرها را فشرده می‌کنند، ما بین ذرات فضاهای خالی یا تخلخل‌هایی پدیدار می‌شود که بر خواص مکانیکی محصول توده‌ای نهایی موثر است. این تخلخل‌های باقیمانده می‌توانند باعث افزایش کمتر از حد انتظار استحکام نانوساختار توده‌ای شوند. مدول الاستیک یا یانگ بر اثر حضور تخلخل‌های باقیمانده می‌تواند کاهش یابد. گفته می‌شود که این تخلخل‌ها همانند ترک‌هایی درون ماده عمل کرده و مدول الاستیک را کاهش می‌دهند. بنابراین گزینه (د) صحیح است.

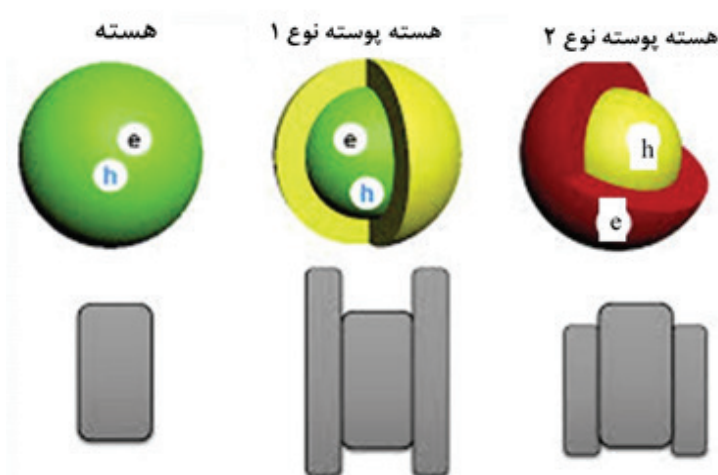
۷. پژوهشگری می‌خواهد یک لامپ LED را با استفاده از نقاط کوانتومی بسازد، برای این کار او نقاط کوانتومی را بصورت ساختار هسته - پوسته سنتز نموده است. برای افزایش کارایی این لامپ، استفاده از کدام مواد زیر را با توجه به گاف انرژی آنها، به او پیشنهاد می‌دهید؟



- (الف) ZnS در هسته و CdSe در پوسته
 (ب) InP در هسته و ZnS در پوسته
 (ج) ZnS در هسته و CdS در پوسته
 (د) InP در هسته و ZnO در پوسته

گزینه صحیح: گزینه ب

استفاده از ساختارهای هسته - پوسته نقاط کوانتومی در LEDها سبب افزایش بازده نوری در اثر کنترل بازترکیب الکترون‌ها و حفرات تولیدی می‌شود. در واقع در این حالت باتوجه به ساختار ترازهای انرژی هسته و پوسته، طراحی به نحوی صورت می‌گیرد که بتوان مشخص کرد هریک از الکترون‌ها و حفرات درون هسته قرار بگیرند و یا درون پوسته، و باتوجه به آن تعیین شود که بازترکیب الکترون و حفره به چه صورت و با چه بازدهی رخ دهد. اما باتوجه به تمایل به انجام یا عدم انجام بازترکیب می‌توان ساختارهای هسته - پوسته متنوعی ساخت. در شکل صفحه بعد دو نوع ساختار هسته - پوسته نمایش داده شده است.



مطابق شکل در صورتی که از پوسته‌ای استفاده نشود، الکترون و حفره درون هسته (نقطه کوانتومی) قرار می‌گیرند، در این حالت امکان ایجاد نقص و همین‌طور خروج الکترون یا حفره از نقطه کوانتومی و ورود به محیط و کاهش بازده نوری وجود دارد. در هسته-پوسته نوع ۱، از پوسته‌ای استفاده می‌شود که نسبت به هسته لبه تراز رسانش بالاتر و لبه تراز ظرفیت پایین‌تری دارد. در نتیجه این امر الکترون و حفره تمایل دارند که درون هسته باقی بمانند. در این حالت به دلیل اینکه الکترون و حفره درون هسته باقی می‌مانند نرخ بازترکیب بسیار بالاست و برای کاربردهای نوری مطلوب است. برای مثال این حالت برای استفاده از نقاط کوانتومی هسته-پوسته در لامپ‌های LED ایده‌آل است.

در نقطه کوانتومی نوع ۲ همان‌طور که مشاهده می‌شود لبه تراز رسانش و ظرفیت پوسته از لبه تراز رسانش و ظرفیت هسته پایین‌تر است. در نتیجه این امر، حفرات تمایل دارند تا در درون هسته باقی بمانند و الکترون‌ها تمایل دارند تا درون پوسته قرار گیرند. در نتیجه در این حالت با جدا کردن الکترون‌ها و حفرات از یکدیگر نرخ بازترکیب کاهش می‌یابد. اگرچه این حالت در کاربردهای نوری مدنظر نیست اما برای مواردی نظیر کاربردهای فتوکاتالیستی که نیاز به پایداری الکترون‌ها و حفرات است بسیار مطلوب است. با توجه به شکل ترازهای انرژی برای مواد که در صورت سوال ارائه شده است، در می‌یابیم که ساختارهای هسته - پوسته ذکر شده در گزینه‌های (الف)، (ج)، (د) از نوع ۲ هستند، در حالی که ساختار ذکر شده در گزینه (ب) از نوع ۱ است. بنابراین گزینه (ب) صحیح است.

۸. پژوهشگری یک گرم از فلزی با میانگین اندازه ذره ۰/۱ میکرومتر را درون یک ظرف روباز در دمای ۳۲۷ درجه سانتیگراد ذوب نموده است. در صورتی که این مقدار ماده را در دو حالت A و B در شرایط زیر داشته باشیم، کدام گزینه درست است؟ (فشار محیط = یک اتمسفر = 10^5 پاسکال)

- نمونه A با میانگین اندازه ذرات ۳۴ نانومتر

- نمونه B با میانگین اندازه ذرات ۴۷۸ نانومتر

(الف) نمونه A می‌تواند دارای نقطه ذوب ۳۳۰ درجه سانتیگراد در فشار 10^4 پاسکال باشد.

(ب) نمونه A می‌تواند دارای نقطه ذوب ۳۲۰ درجه سانتیگراد در فشار 10^4 پاسکال باشد.

(ج) نمونه B می‌تواند دارای نقطه ذوب ۳۲۷ درجه سانتیگراد در فشار 10^6 پاسکال باشد.

(د) نمونه B می‌تواند دارای نقطه ذوب ۳۲۰ درجه سانتیگراد در فشار 10^6 پاسکال باشد.

گزینه صحیح: گزینه ب

بطور کلی کاهش اندازه ذرات و رساندن آنها به ابعاد نانومتری باعث کاهش دمای ذوب می‌شود. اما باید در نظر داشت که دمای ذوب ۳۲۷ درجه برای ماده مورد نظر در فشار جو (ظرف روباز) یعنی 10^5 پاسکال ثبت شده است. برای کلیه مواد افزایش دما همواره موجب افزایش دمای ذوب می‌گردد (بجز سه مورد ماده) استثنای یعنی آب، گالیم و بیسموت. چون افزایش فشار با انبساط مقابله می‌کند و ما در فرآیند ذوب با دور شدن مولکول‌ها از یکدیگر شاهد انبساط هستیم. بنابراین:

گزینه (الف) نادرست است چون هر دو عامل کاهش اندازه ذره (۳۴ نانومتر) و کاهش فشار (10^4 پاسکال) می‌بایست باعث کاهش دمای ذوب گردند در حالی که باعث افزایش دمای ذوب شده است.

گزینه (ب) درست است چون کاهش اندازه ذره (۳۴ نانومتر) باعث کاهش نقطه ذوب و کاهش فشار (10^4 پاسکال) باعث کاهش دمای ذوب می‌گردند.



گزینه (ج) نادرست است چون هر دو عامل افزایش اندازه ذره (۴۷۸ نانومتر) و افزایش فشار (10^6 پاسکال) می‌بایست باعث افزایش دمای ذوب گردند در حالی که دمای ذوب تغییری نکرده است.

گزینه (د) نادرست است چون عامل افزایش اندازه ذره (۴۷۸ نانومتر) و افزایش فشار (10^6 پاسکال) می‌بایست باعث افزایش دمای ذوب گردند در حالی که دمای ذوب کاهش یافته است.

۹. فردی می‌خواهد با استفاده از نانو ذرات کروی و هم اندازه اکسید آلومینیم یک قطعه مکعبی به طول ضلع یک سانتیمتر بسازد. برای ساخت این قطعه در ابتدا پودر نانو ذرات اکسید آلومینیم درون یک قالب مکعبی به طول ضلع یک سانتیمتر ریخته می‌شود و سپس با استفاده از یک پرس پودر فشرده می‌شود. بعد از این مرحله قطعه درون کوره قرار داده می‌شود تا زینتر شود و تمام تخلخل‌ها از بین برود. حداکثر چگالی قطعه مکعبی بعد از پرس (قبل از زینتر) و همچنین طول ضلع قطعه بعد از زینتر در این حالت به ترتیب چقدر خواهد شد؟ (چگالی اکسید آلومینیم در حالت توده‌ای = چگالی نانو ذرات کروی اکسید آلومینیم = ۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب)

(الف) ۲/۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب و ۰/۹ سانتی‌متر

(ب) ۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب و ۰/۹ سانتی‌متر

(ج) ۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب و ۰/۵ سانتی‌متر

(د) ۱/۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب و ۰/۵ سانتی‌متر

گزینه صحیح: گزینه الف

فشرده‌ترین حالت برای چیدن گوی‌های هم اندازه کنارهم، تبعیت از ساختار FCC و یا HCP است. ضریب تراکم در این دو ساختار برابر با ۰/۷۴ است از این رو چگالی قطعه نهایی برابر می‌شود با:

$$0.74 \times 3 = 2.22 \frac{g}{cm^3}$$

از طرفی چگالی برابر است با جرم تقسیم بر حجم، از این رو طول ضلع از معادله زیر بدست می‌آید:

$$2 \frac{g}{cm^3} = \frac{2.22 g}{l^3} \rightarrow l \cong 0.9 cm$$

۱۰. پژوهشگری برای ساخت بلور خالص C، پیش ماده‌های A و B را در حلال آبی حل نمود و در ظرفی ریخت. او سپس ظرف را در دمای اتاق در محلی قرار داد که هیچگونه لرزشی نداشته باشد. پس از گذشت مدت زمان کوتاهی، وی مشاهده خود را همراه با یک تفسیر علمی درست ارائه داد. او کدام یک از جملات زیر را نوشته است؟

(الف) مشاهده: بلور ناخالص تشکیل شده است. تفسیر: هسته‌زایی ناهمگن نیاز به انرژی بالایی دارد.

(ب) مشاهده: بلور هشت وجهی منتظم تشکیل شده است. تفسیر: فوق اشباع در گوشه‌های بلور بیش از جوجه آن است.

(ج) مشاهده: هیچگونه بلوری تشکیل نشده است. تفسیر: نرسیدن به فوق اشباع نسبی بزرگ مانع جوانه‌زنی شده است.

(د) مشاهده: بلورهای ریز تشکیل شده است. تفسیر: هرچه ذرات ریزتر باشند، انرژی کل ذرات کمتر است.

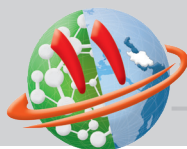
گزینه صحیح: گزینه ج

گزینه (الف) نادرست است چون درواقع هسته‌زایی ناهمگن به انرژی پایین‌تری درمقایسه با رویکرد همگن نیازمند است.

گزینه (ب) نادرست است چون فوق اشباع در لبه‌های بلور بیش از جوجه آن به جوانه‌زنی بلور از گوشه‌ها منتهی می‌شود و از ایجاد ساختار چند وجهی منظم جلوگیری می‌کند.

گزینه (ج) درست است چون زمانی که فوق اشباع نسبی بزرگ است، نرسیدن به فوق اشباع نسبی بزرگ مانع جوانه‌زنی می‌شود. از دیدگاه کمی، سرعت هسته‌زایی به صورت نمایی با فوق اشباع نسبی تغییر می‌کند. معادله کمی برای فوق اشباع نسبی در زیر آورده شده است:

$$\text{فوق اشباع نسبی} = (Q-S)/(S)$$



در این معادله، Q غلظت حل شونده در هر لحظه و S حلالیت تعادلی آن را نشان می‌دهد. گزینه (د) نادرست است چون اصولاً هرچه ذرات ریزتر باشند، نسبت اتم‌ها یا مولکول‌های سطحی نسبت به توده بالاتر است و این به معنی انرژی بیشتر برای کل ذرات تشکیل دهنده محلول می‌باشد.

۱۱. نانومواد می‌توانند از مسیرهای مختلفی از جمله مسیرهای تنفسی، گوارشی و عصبی وارد بدن شده و عوارض متعددی ایجاد کنند. این نانومواد بسته به اندازه‌ای که دارند، در بخش‌های مختلف نظیر مجاری هوایی (از بینی تا کیسه‌های هوایی) و یا در نای، نایژه و نایژک‌ها تجمع پیدا کرده و عوارض مختلفی ایجاد می‌کنند. نمودار میزان تجمع نانومواد در بافت براساس اندازه‌ی آنها در هر یک از بخش‌های دستگاه تنفسی و همچنین عوارض احتمالی ایجاد شده در صورت تجمع این نانوذرات، در تصاویر زیر ارائه شده است. در صورت مواجهه تنفسی به ترتیب با هریک از نانومواد زیر، بیشتر انتظار بروز کدام‌یک از عوارض تنفسی را دارید؟ (بهترین گزینه را انتخاب کنید.)

۱: نانوذرات SiO_2 با قطر ۱۵ نانومتر

۲: ذرات TiO_2 با قطر ۱۰۰۰ نانومتر

۳: نانوذرات ZnO با قطر ۵ نانومتر

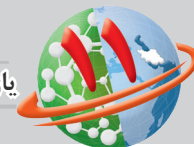
الف) ۱: حملات آسم، ۲: آلرژی و گرفتگی بینی، ۳: تنگی مجاری هوایی

ب) ۱: فیبروز ریه، ۲: آلرژی و گرفتگی بینی، ۳: سرطان ریه

ج) ۱: سرطان ریه، ۲: آلرژی و گرفتگی بینی، ۳: حملات آسم

د) ۱: فیبروز ریه، ۲: حملات آسم، ۳: آلرژی و گرفتگی بینی

عوارض احتمالی ایجاد شده در بافت	نمودار میزان تجمع نانومواد در بافت
آلرژی، گرفتگی بینی	
تنگی مجاری هوایی، حملات آسم	
فیبروز ریه، سرطان ریه	



گزینه صحیح: گزینه ج

طبق نمودارها:

نانوذرات SiO_2 با قطر ۱۵ نانومتر بیشتر در بخش کیسه‌های هوایی تجمع کرده و عوارض فیبروز و سرطان ریه را به دنبال دارند. ذرات TiO_2 با قطر ۱۰۰۰ نانومتر بیشتر در بینی و حلق و حنجره تجمع داشته و عوارضی مانند آلرژی و گرفتگی بینی را به دنبال دارند. نانوذرات ZnO با قطر ۵ نانومتر بیشتر در حلق و حنجره و همچنین نای و نایژه و نایژک‌ها تجمع کرده و می‌توانند آلرژی، گرفتگی بینی و همچنین حملات آسم و تنگی مجاری هوایی را ایجاد کنند. بنابراین گزینه (ج) صحیح است.

۱۲. پژوهشگری می‌خواهد با استفاده از دستگاه آلتراسونیک پرابی، یک گرم نانولوله کربنی را به‌عنوان تقویت‌کننده برای ساخت یک نانوکامپوزیت مستحکم، در یک محیط آبی پخش نماید. این پژوهشگر دو نمونه تهیه کرده است. در یکی توان دستگاه آلتراسونیک را ۱۰۰۰ وات و در دیگری ۱۰۰ وات تنظیم نموده است. مشاهدات او نشان داد که نمونه با توان ۱۰۰۰ وات، استحکام کمتری نسبت به نمونه با توان ۱۰۰ وات دارد. کدام گزینه علت این امر را به درستی بیان می‌نماید؟

(الف) توان بالای دستگاه باعث خرد شدن نانولوله‌های کربنی و کم شدن نسبت طول به قطر آنها شده است.

(ب) توان بالای دستگاه سبب پراکندگی غیریکنواخت نانولوله‌های کربنی در زمینه شده است.

(ج) توان بالا منجر به واکنش نانولوله‌ها با زمینه شده است.

(د) توان بالا باعث آگلومره شدن مجدد نانولوله‌ها شده است.

گزینه صحیح: گزینه الف

یکی از عوامل موثر در استحکام نانوکامپوزیت، نسبت بالای طول به قطر ماده تقویت‌کننده استفاده شده در زمینه کامپوزیت است. توان بالای دستگاه التراسونیک باعث خرد شدن نانولوله‌ها و در نتیجه کاهش نسبت طول به قطر آنها شده و این موضوع منجر به کاهش استحکام نانوکامپوزیت می‌شود، بنابراین گزینه (الف) صحیح است. علت اشتباه بودن گزینه‌های (ب) و (د) این است که توان بالای دستگاه آلتراسونیک سبب خرد شدن نانولوله‌ها می‌شود و می‌تواند پراکندگی نانولوله‌ها را یکنواخت‌تر کند و همچنین می‌تواند آگلومره شدن را کم کند. گزینه (ج) هم صحیح نیست زیرا احتمال انجام واکنش نانولوله‌های کربنی با آب در حین آلتراسونیک کردن کم است و در صورتی که واکنش صورت گیرد تاثیر ناچیزی روی استحکام نانولوله دارد.

۱۳. در کدامیک از روش‌های مشخصه‌یابی زیر، پرتو فرودی بر نمونه و پرتو دریافتی توسط آشکارساز از نمونه، از جنس یکسانی نیستند؟

(الف) طیف‌سنجی تفکیک انرژی پرتو ایکس (EDS)

(ب) طیف‌سنجی پراش پرتو ایکس (XRD)

(ج) طیف‌سنجی الکترون اوزه (AES)

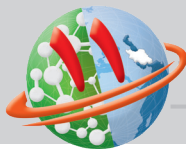
(د) تصویربرداری میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)

گزینه صحیح: گزینه الف

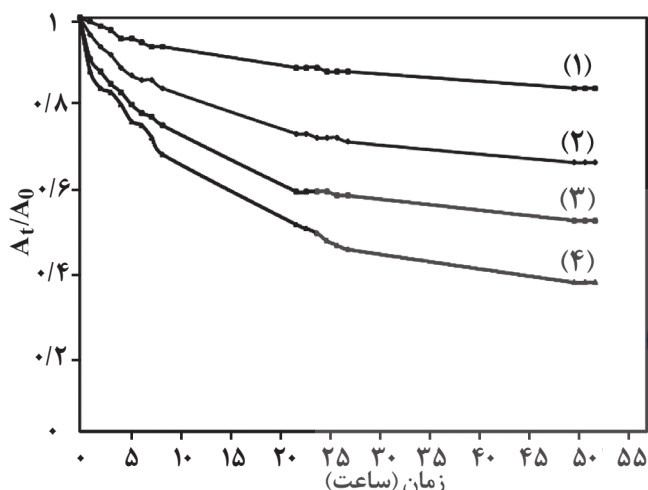
در طیف‌سنجی تفکیک انرژی پرتو ایکس (EDS) در میکروسکوپ SEM، پرتو فرودی به نمونه، الکترون و پرتو دریافتی توسط آشکارساز، اشعه ایکس است.

در طیف‌سنجی پراش پرتو ایکس (XRD) پرتو فرودی بر نمونه و پرتو دریافتی توسط آشکارساز از نمونه، اشعه ایکس است.

در طیف‌سنجی الکترون اوزه (AES) و تصویربرداری توسط میکروسکوپ SEM پرتو فرودی به نمونه و پرتو دریافتی توسط آشکارساز از نمونه، الکترون است.



۱۴. پایداری نانوذرات در مایعات را می‌توان با بررسی میزان نشست ذرات در یک مایع با گذشت زمان مطالعه کرد. محقق برای چهار نانوذره A, B, C, D این بررسی را انجام داده است. تفاوت این چهار نانوذره تنها در پتانسیل زتا و میانگین اندازه ذرات آنهاست که در جدول زیر ارائه شده است. نتیجه آزمون میزان نشست ذرات برای این چهار نانوذره نیز در شکل زیر نمایش داده شده است. محور عمودی نشان‌دهنده نسبت حجم ذرات معلق (نشست نکرده) در مایع (A_t) به حجم ذرات معلق در ابتدای آزمون (A_0) است. محور افقی نیز زمان گذشته از ابتدای آزمون را بر حسب ساعت نشان می‌دهد. هر یک از نمودارهای نشان داده شده در شکل که با شماره‌های (۱) تا (۴) نام‌گذاری شده‌اند، به کدام نمونه مربوط هستند؟



نام نمونه	اندازه ذره (nm)	پتانسیل زتا (mV)
A	۴۰	+۲۰
B	۴۰	-۲۵
C	۴۰	-۱۰
D	۷۰	+۱۰

الف (۱) A ، (۲) B ، (۳) C ، (۴) D

ب (۱) B ، (۲) A ، (۳) C ، (۴) D

ج (۱) A ، (۲) B ، (۳) D ، (۴) C

د (۱) B ، (۲) A ، (۳) D ، (۴) C

گزینه صحیح: گزینه ب

هر چه پتانسیل زتا ذرات بیشتر باشد (قدر مطلق پتانسیل زتا)، بار ذرات بیشتر بوده و ممانعت الکترواستاتیکی برای جلوگیری از به هم چسبیدن ذرات بیشتر می‌شود و ذرات نشست کمتری خواهند داشت. در مقایسه ذرات با بار یکسان، ذرات بزرگتر سنگین‌تر بوده و نشست ذرات بیشتر است. بنابراین گزینه (ب) صحیح است.

NANOCLUB

۱۵. کدام یک از روش‌های آنالیز زیر، روش مناسب‌تری برای بررسی پیوندهای شیمیایی کووالانسی است؟

الف) XRD

ب) XRF

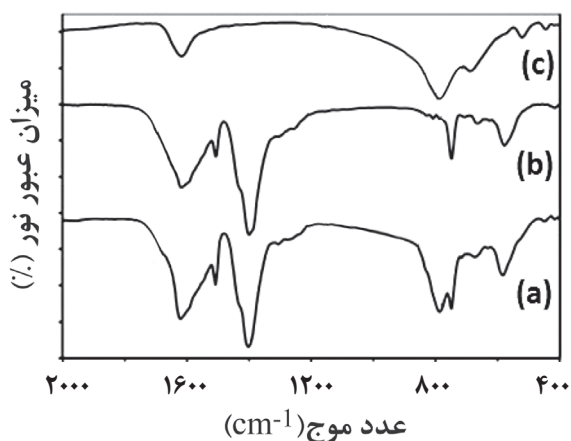
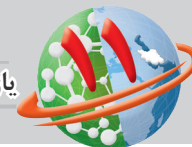
ج) EDS

د) XPS

گزینه صحیح: گزینه د

روش‌های آنالیز XRF و EDS برای بررسی عناصر موجود در نمونه و مقدار آنها استفاده می‌شوند. روش XRD برای بررسی ساختار شبکه در مواد بلورین استفاده می‌شود. این روش نحوه قرارگیری مولکول، اتم‌ها و یا یون‌ها را در ساختارهای بلورین نشان می‌دهد ولی در رابطه با شکل و نوع پیوند کووالانسی در ترکیبات مخصوصاً ترکیبات غیر کریستاله نمی‌تواند اطلاعات زیادی بدهد.

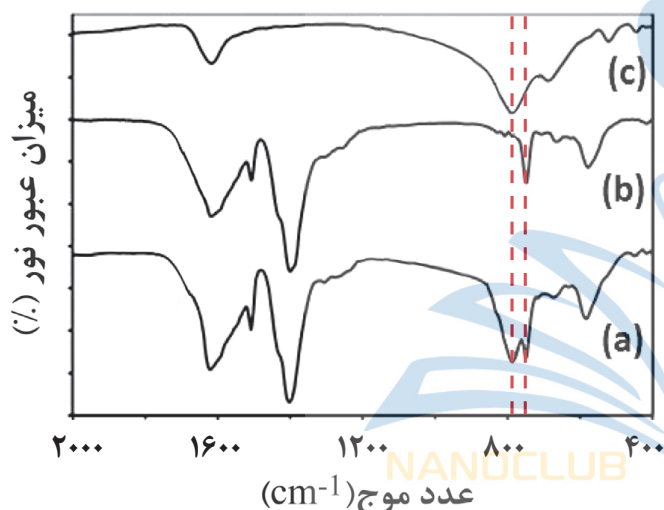
روش XPS می‌تواند نوع و مقدار عناصر موجود در نمونه را مشخص کند و با تحلیل قله‌های مربوط به هر عنصر می‌توان نوع پیوند آن عنصر با سایر عناصر و تعداد آن را بدست آورد.



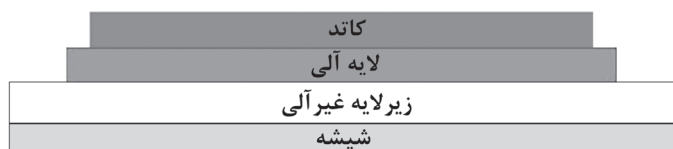
۱۶. نمودارهای طیف مادون قرمز ماده‌های نانوساختار a، b و c که به روش رسوب‌دهی شیمیایی ساخته شده است در شکل روبرو قابل مشاهده است. کدام جمله در توصیف نمودار صحیح می‌باشد؟
 الف) ماده b می‌تواند کامپوزیت دو ماده a و c باشد.
 ب) ماده a می‌تواند کامپوزیت دو ماده b و c باشد.
 ج) ماده c می‌تواند کامپوزیت دو ماده a و b باشد.
 د) هیچ یک از مواد a و b و c کامپوزیت دو ماده دیگر نمی‌باشد.

گزینه صحیح: گزینه ب

مقایسه طیف IR سه نمونه ماده‌های a، b و c نشان می‌دهد که طیف IR ماده a پیک‌های هر دو ماده b و c را داراست بنابراین ماده a می‌تواند کامپوزیت این دو ماده باشد.



۱۷. برای بررسی برهمکنش بین لایه آلی و غیر آلی نیمه‌رسانا در یک دیود گسیل نور آلی (OLED)، که ترتیب لایه‌های آن در شکل زیر نمایش داده شده، کدامیک از روش‌های زیر را پیشنهاد می‌کنید؟



الف) پراش پرتو ایکس با زاویه کوچک (Low angle XRD)

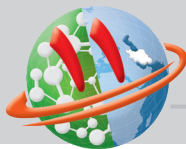
ب) طیف‌سنج نور مرئی فرابنفش (UV-Vis)

ج) میکروسکوپ تونلی روبشی (STM)

د) گزینه‌های الف و ج

گزینه صحیح: گزینه ج

امروزه از لایه‌های نازک آلی در کاربردهای الکترونیکی مانند دیودهای گسیل نور آلی (OLED) یا ترانزیستورهای اثر میدان آلی (OFET) استفاده می‌شوند، چالش مهم در بررسی خواص الکترونیکی این ابزارها بررسی برهمکنش بین لایه‌های آلی و غیر آلی است. امروزه از میکروسکوپ STM دمای پایین برای بررسی برهمکنش تک لایه اتمی آلی با زیرلایه غیر آلی استفاده می‌شود. میکروسکوپ STM به علت داشتن قدرت تفکیک افقی می‌تواند برای بررسی برهمکنش بین لایه آلی و غیر آلی مناسب باشد. و سایر روش‌های ذکر شده در گزینه‌ها برای این کار مناسب نیستند.



۱۸. یکی از روش‌های تصفیه آب، استفاده از سیستم‌های غشایی و فیلتراسیون است. در این روش مناسب است که سیستم‌های طراحی شده بدون نیاز به تامین نیروی فشاری به سادگی در خانه‌ها قابل استفاده باشند و جریان آب خروجی بالایی داشته باشند. همچنین استفاده از غشا‌های اصلاح شده با نانوذرات نیز مورد توجه قرار گرفته است و از طرفی طراحی آنها باید به گونه‌ای باشد که نانوذرات به سادگی به درون آب آشامیدنی وارد نشوند. کدام گزینه بهترین غشاء برای دستیابی به اهداف فوق است؟

(الف) سیستم‌های نانوفیلتراسیون (NF) اصلاح شده با نانو ذرات از طریق اتصال الکترواستاتیکی

(ب) سیستم‌های میکروفیلتراسیون (MF) اصلاح شده با نانو ذرات از طریق اتصال الکترواستاتیکی

(ج) سیستم‌های نانوفیلتراسیون (NF) اصلاح شده با نانو ذرات از طریق اتصال کووالانسی

(د) سیستم‌های میکروفیلتراسیون (MF) اصلاح شده با نانو ذرات از طریق اتصال کووالانسی

گزینه صحیح: گزینه د

سیستم‌های میکروفیلتراسیون (MF) با اندازه حفرات درشت به دلیل فلاکس جریان بالا و عدم نیاز به فشار بالا و توانایی عملیاتی شدن در منازل با هزینه پایین و به خصوص در شرایط اضطرار می‌توانند به عنوان یک گزینه استراتژیک قلمداد شوند. این سیستم‌ها می‌توانند تنها با فشار جاذبه به کار رفته و مشکل انسداد سایر سیستم‌های فیلتراسیون را نیز ندارند. همچنین برای عدم آزاد شدن نانوذرات از سطح غشاء بهتر است اتصال نانوذرات از طریق پیوند قوی‌تر کووالانسی صورت بپذیرد تا ذرات به راحتی از سطح کنده نشوند.

۱۹. کدام گزینه درباره دارورسانی هدفمند فعال یا غیرفعال به تومور سرطانی از طریق نانوحامل‌ها نادرست است؟

(الف) استفاده از داروهای مهارکننده رگ‌زایی تومور می‌تواند موجب کاهش بازدهی دارورسانی هدفمند غیرفعال به تومور شود.

(ب) روش دارورسانی هدفمند فعال می‌تواند سطح دارو را درون تومور به سطح سمی برای سلول‌های سرطانی برساند.

(ج) وجود آنتی ژن مشابه سلول‌های سالم در سطح سلول سرطانی می‌تواند موجب بروز عوارض جانبی ناشی از دارورسانی هدفمند غیرفعال شود.

(د) روش دارورسانی هدفمند غیرفعال می‌تواند سطح دارو را درون بافت‌های سالم به پایین‌تر از سطح سمیت برساند.

گزینه صحیح: گزینه ج

الف: دارورسانی هدفمند غیرفعال بر مبنای جریان خون بیشتر در تومور نسبت به بافت سالم صورت می‌گیرد و مهار رگ‌زایی تومور می‌تواند بازدهی دارورسانی هدفمند غیرفعال را کاهش دهد.

ب و د: در هر دو نوع دارورسانی هدفمند فعال و غیرفعال، غلظت دارو بیشتر در بافت سرطانی بالا رفته و حتی می‌تواند به سطح سمی برسد تا موجب مرگ سلول‌های سرطانی شود و از طرفی غلظت دارو در بافت‌های سالم کمتر است و ترجیحاً باید پایین‌تر از سطح موثر دارو باشد تا عوارض جانبی ایجاد نکند.

ج: دارورسانی هدفمند غیرفعال بر مبنای آنتی‌ژن‌های سطحی سلول‌ها نیست و نوع آنتی‌ژن‌های سرطانی تاثیری در بازدهی آن ندارد.

۲۰. در شکل زیر میزان بازتاب نور در طول موج‌های مختلف برای سه نمونه نانوپوشش ارائه شده است. به ترتیب از راست به چپ کدام

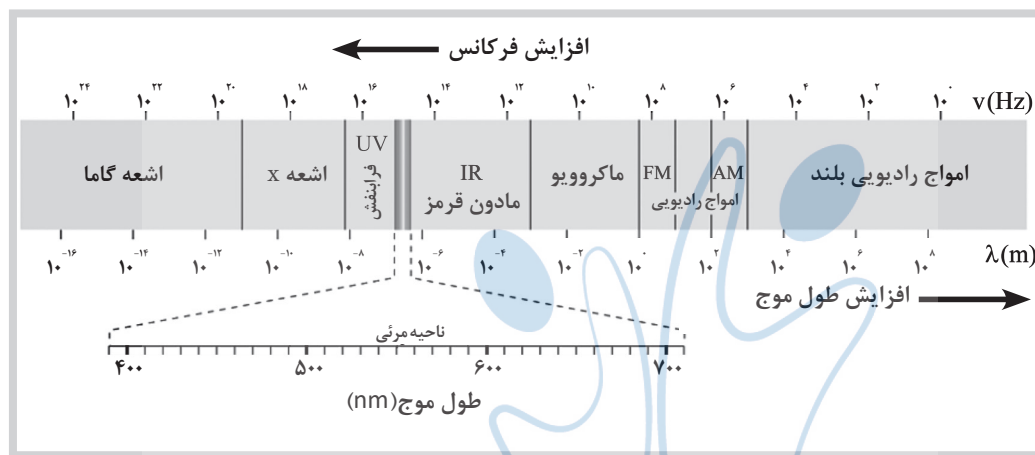
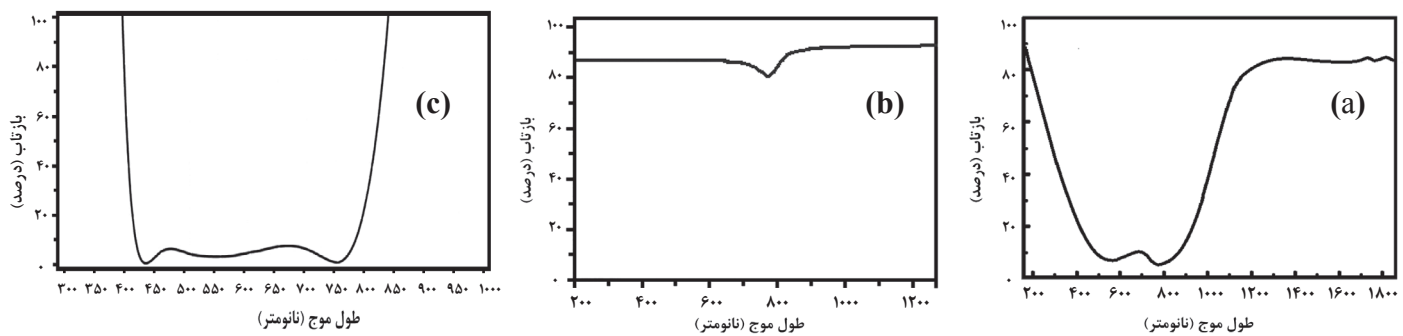
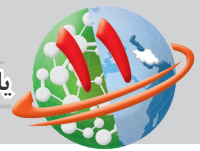
گزینه، نمونه‌های مناسب برای استفاده در شیشه عینک طبی، آینه تلسکوپ و شیشه کم‌گسیل (low-E) را بیان می‌کند؟

(الف) (a) – (b) – (c)

(ب) (a) – (b) – (c)

(ج) (a) – (c) – (b)

(د) (b) – (a) – (c)



گزینه صحیح: گزینه ب

برای عینک طبی باید در ناحیه مادون قرمز (IR) و فرابنفش (UV) نور به چشم ما کمتر برسد و در ناحیه مرئی بازتاب نور کم باشد تا یک شیشه آنتی رفلکت (ضدبازتاب) داشته باشیم، که نمودار c این ویژگی را دارد.

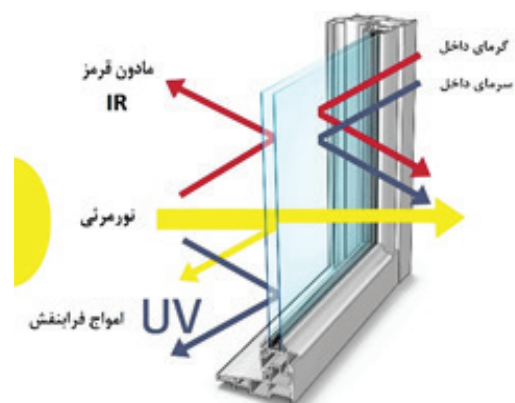
برای تلسکوپ نیز معمولاً از فلزاتی مثل نقره یا آلومینیوم استفاده می‌شود که در ناحیه مرئی و مادون قرمز (IR) بازتاب زیادی دارند، که نمودار b این ویژگی را دارد.

برای شیشه‌های کم گسیل (low-E) نیز باید نور در ناحیه مادون قرمز (IR) و فرابنفش (UV) بازتاب کند، تا مانع از ورود گرما به داخل خانه شود، مانند نمودار a.

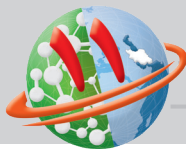
بنابراین گزینه (ب) صحیح است.



عینک‌های آنتی رفلکت



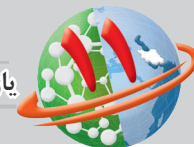
شیشه‌های کم گسیل (low-E)



(راهنمای سوالات تشریحی)

- ✓ پیش از پاسخ دادن به سوالات تشریحی، نکات زیر را با دقت بخوانید:
- ✓ متن سوالات را با دقت مطالعه نموده و در پاسخ دادن عجله نکنید.
- ✓ برای پاسخ‌های غلط به سوالات تشریحی، نمره منفی در نظر گرفته نخواهد شد.
- ✓ همراه داشتن تلفن همراه و ماشین حساب در این آزمون ممنوع است.
- ✓ در پاسخ به سوالات تشریحی، در صورت استفاده از فرمول و روابط ریاضی، ذکر فرمول و رابطه الزامی است.
- ✓ هر سوال تشریحی ۱۰ نمره دارد.
- ✓ برای پاسخ به سوالات تشریحی به موارد خواسته شده دقت نمایید. هر کدام از موارد، نمره مختص به خود را داشته و در صورت عدم پاسخ‌دهی به موارد خواسته شده، امتیاز آن بخش کسر خواهد شد.
- ✓ پاسخ‌نهایی سوالات تشریحی تنها بخشی از نمره کامل را شامل می‌شود، لذا روند نوشتن پاسخ تشریحی و درج تمام فرضیات و پیش‌نیازهای لازم و صحیح برای رسیدن به پاسخ‌نهایی ضروری است و در صورت اشتباه بودن توضیحات، پاسخ‌نهایی نیز پذیرفته نخواهد شد.
- ✓ پاسخ به هر بخش از سوال در قسمت مشخص شده نوشته شود.



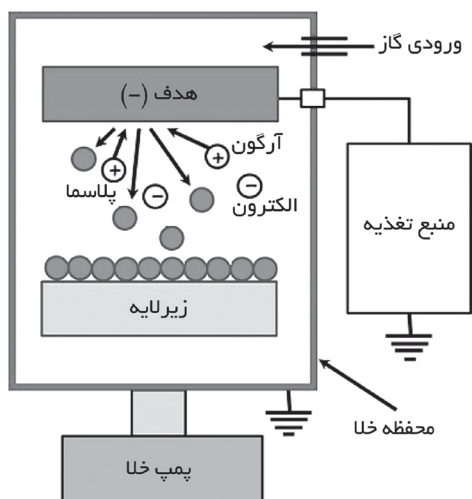
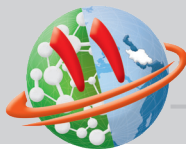


سوالات تشریحی

۲۱. یکی از روش‌های ساخت نانو ذرات به ویژه نانو ذرات فلزی استفاده از دستگاه انفجار الکتریکی سیم است. در رابطه با تولید نانو ذرات مس با این دستگاه، تاثیر هر یک از پارامترهای زیر را روی اندازه، توزیع اندازه و ترکیب شیمیایی ذرات تولید شده توضیح دهید.

۱- ولتاژ تخلیه ۲- قطر سیم ۳- جنس سیال

ولتاژ تخلیه: اگر ولتاژ خیلی کم باشد انفجاری صورت نمی‌گیرد و فقط ممکن است سیم ذوب شود. با افزایش ولتاژ میزان جریان عبوری از سیم افزایش می‌یابد و این باعث می‌شود سیم سریع‌تر گرم شود و به همین دلیل در لایه خارجی سیم، سیم سریعاً تبخیر شود و یک انفجار ایجاد کند. هرچه ولتاژ بیشتر شود سرعت حرکت بخارات فلز بیشتر می‌شود و در نتیجه بخارات در فضای بزرگتری پخش می‌شوند به همین دلیل با افزایش ولتاژ اندازه ذرات کوچک‌تر شده و به دلیل کاهش میزان مذاب سیم، توزیع اندازه ذرات یکنواخت‌تر می‌شود. با افزایش بسیار زیاد ولتاژ، تمام جریان از داخل سیم نمی‌تواند عبور کند برای همین سعی می‌کند از داخل سیال اطراف سیم عبور کند. این امر باعث می‌شود تا مایع و یا گاز اطراف سیم به شدت داغ شود و موجب آشفته‌گی حرکت بخارات فلز می‌شود که این امر باعث سبب توزیع یکنواخت اندازه ذرات شده و باعث می‌شود سیال نتواند عملکرد مناسبی در خنک کردن ذرات داشته باشد و یا ممکن است باعث جوش خوردن ذرات به هم شود. ولتاژ تخلیه روی ترکیب شیمیایی ذرات تاثیری ندارد. کلید واژه‌های بخش اول: ذوب، بخار فلز، اندازه ذرات، توزیع اندازه ذرات	پاسخ مربوط به تاثیر ولتاژ تخلیه (۳/۵ نمره)	
قطر سیم: با عبور جریان از داخل سیم بخش‌های خارجی سیم تبخیر می‌شوند. این امر باعث کاهش دما در بخش‌های داخلی می‌شود. اگر قطر سیم زیاد باشد در بخش‌های داخلی یا سیم بخار نمی‌شود و فقط ذوب می‌شود و یا به صورت جامد باقی می‌ماند. این موضوع باعث ایجاد عدم یکنواختی در اندازه ذرات می‌شود. از طرف دیگر برای بخار کردن مقدار بیشتری فلز، انرژی بیشتری لازم است. استفاده از مقدار زیاد انرژی باعث می‌شود تا مایع اطراف سیم نتواند به سرعت بخارات را سرد کند به همین دلیل اندازه ذرات ایجاد شده افزایش می‌یابد و یکنواختی اندازه ذرات کاهش می‌یابد. قطر سیم روی ترکیب شیمیایی ذرات تاثیری ندارد. کلید واژه‌های بخش دوم: جریان، ذوب، بخار، اندازه ذرات، عدم یکنواختی اندازه ذرات	پاسخ مربوط به تاثیر قطر سیم (۳/۵ نمره)	پاسخ تشریحی را در کادر مربوط بنویسید.
جنس سیال: سیال استفاده شده باید ظرفیت گرمایی و گرمای ویژه تبخیر زیادی داشته باشد تا بتواند سریع‌تر بخارات فلز را سرد کند. با افزایش ظرفیت حرارتی و گرمای ویژه تبخیر سیال، اندازه ذرات کوچک‌تر شده و توزیع اندازه ذرات یکنواخت‌تر می‌شود. نکته مهم در انتخاب سیال، واکنش شیمیایی آن با محیط مایع است. اگر آب به عنوان سیال انتخاب شود، آب می‌تواند با مس و بسیاری از فلزات دیگر ترکیب شود و تشکیل اکسید و یا هیدرواکسید مس را بدهد. پس برای دستیابی به نانو ذرات فلزی باید از یک سیال با واکنش‌پذیری کمتر مانند هگزان استفاده کرد. به طور کلی برای دستیابی به نانوذرات فلزی، سیال باید از نظر شیمیایی خنثی باشد و بر اثر گرم شدن مانند روغن سیلیکون مواد جامد اضافی تولید نکند. کلید واژه‌های بخش سوم: ظرفیت گرمایی، گرمای ویژه تبخیر، اکسید، از نظر شیمیایی خنثی	پاسخ مربوط به تاثیر جنس سیال (۳ نمره)	



۲۲. می‌خواهیم لایه نازک کاملاً فشرده‌ای (کاملاً پَکیده) از فلزی با ساختار مکعبی ساده را روی زیرلایه شیشه‌ای به ابعاد $1\text{cm} \times 1\text{cm}$ به روش کندوپاش یونی (اسپاترینگ) لایه‌نشانی کنیم. در صورتی که در ۱۰ ثانیه اول تعداد 4×10^{17} یون آرگون با انرژی ۵/۵ تا ۶ الکترون ولت و در ۵ ثانیه دوم تعداد 2×10^{17} یون آرگون با انرژی ۴ الکترون ولت (در مجموع ۱۵ ثانیه) با هدف فلزی برخورد کنند و در هر برخورد یک اتم فلزی از هدف کنده شود، با فرض اینکه ۸۰ درصد از اتم‌های فلز کنده شده از هدف به سطح زیرلایه برسند، ضخامت پوششی که روی زیرلایه شیشه‌ای در این مدت لایه‌نشانی می‌شود چند نانومتر است؟ (در این محاسبه فرض کنید که اتم‌های فلز بصورت منظم و بصورت لایه به لایه روی سطح زیرلایه می‌نشینند.)

شعاع اتمی فلز = 0.125 نانومتر تابع کار فلز = 5.01 الکترون ولت

در روش کندوپاش یونی، برای لایه‌نشانی ماده مورد نظر بین زیرلایه و ماده هدف یک میدان الکتریکی برقرار می‌شود، تحت تاثیر این میدان الکتریکی اتم‌های گاز آرگون که در محفظه وارد شده، یونیزه شده و پلاسما تشکیل می‌شود. یون‌های آرگون تحت تاثیر میدان الکتریکی شتاب گرفته و به سطح ماده هدف برخورد می‌کنند. در صورتی که انرژی یون آرگون از تابع کار ماده هدف بیشتر باشد، اتم‌های ماده هدف کنده می‌شوند و به سمت زیرلایه حرکت کرده و روی سطح زیرلایه می‌نشینند. اتم‌های کنده شده از ماده هدف ممکن است در مسیر خود به سمت زیرلایه با سایر اتم‌ها و با الکترون‌ها برخورد نمایند و موفق نشوند به سطح زیرلایه برسند. در این سوال تعداد 2×10^{17} یون آرگون با انرژی ۴ الکترون ولت و تعداد 4×10^{17} هم با انرژی ۵/۵ تا ۶ الکترون ولت به هدف مسی برخورد می‌کنند و فقط اتم‌هایی که انرژی آنها بیشتر از تابع کار فلز هستند، موفق می‌شوند از سطح ماده هدف اتم بکنند، بنابراین: تعداد اتم‌های کنده شده از سطح هدف: 4×10^{17}

از طرفی در هر برخورد یک اتم کنده می‌شود و ۸۰ درصد اتم‌های کنده شده به سطح زیر لایه می‌رسند، بنابراین تعداد اتم‌هایی که موفق می‌شوند به سطح زیرلایه برسند برابر است با: $3/2 \times 10^{17} = 0.8 \times 4 \times 10^{17}$

کلید واژه‌های بخش اول: محاسبه تعداد اتم‌ها کنده شده از سطح هدف، محاسبه تعداد اتم‌هایی که موفق می‌شوند به سطح زیرلایه برسند.

بخش اول
(محاسبه تعداد اتم‌های کنده شده از هدف و رسیده به زیرلایه)
(۵ نمره)

حال باید تعداد اتم‌هایی که روی سطح زیرلایه شیشه را کاملاً می‌پوشانند محاسبه کنیم، برای این کار چون فلز ساختار مکعبی ساده دارد، تعداد اتم‌هایی که در یک ضلع زیر لایه می‌نشینند برابر است با:

$$\frac{\text{طول یک ضلع}}{\text{قطر یک اتم فلز}} = \frac{1\text{cm}}{0.250\text{nm}} = \frac{1 \times 10^{-2}}{0.250 \times 10^{-9}} = \frac{10^7}{0.250} = 4 \times 10^7 \text{ اتم}$$

و تعداد اتم‌های یک لایه برابر است با:

$$\text{اتم} = (4 \times 10^7)^2 = 16 \times 10^{14}$$

یعنی در هر لایه 16×10^{14} اتم جای می‌گیرد.

کلید واژه‌های بخش دوم: محاسبه تعداد اتم‌ها در هر لایه

بخش دوم
(۳ نمره)

از این رو تعداد لایه‌ها برابر است با:

$$\text{تعداد لایه ها} = \frac{3/2 \times 10^{17}}{16 \times 10^{14}} = 200$$

کلید واژه‌های بخش سوم: محاسبه تعداد لایه‌ها

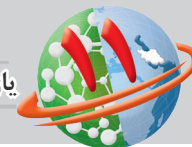
بخش سوم
(۱ نمره)

بنابراین ضخامت پوشش برابر است با:

$$50\text{nm} = 200 \times 0.250 = \text{قطر یک اتم} \times \text{تعداد لایه ها} = \text{ضخامت پوشش}$$

کلید واژه‌های بخش چهارم: محاسبه ضخامت پوشش

بخش چهارم
(۱ نمره)

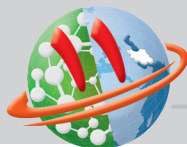


آرایه‌ای از نانولوله‌های کربنی



۲۳. شکل زیر طرحی از قطعه‌ای را نشان می‌دهد که به روش لیتوگرافی با رزین سخت شونده با نور و با بکارگیری دستگاه پوشش‌دهی چرخشی (Spin coating) و دستگاه لایه نشانی شیمیایی فاز بخار (CVD) و دستگاه کندوپاش یونی (اسپاترینگ) ساخته شده است. مراحل ساخت قطعه و کاربرد هر یک از دستگاه‌های نامبرده شده را در فرآیند ساخت این قطعه بصورت خلاصه شرح دهید. (از توضیح پارامترها و نحوه کارکرد دستگاه‌ها خودداری نمایید)

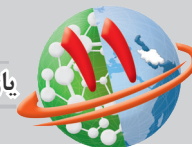
ابتدا با استفاده از دستگاه پوشش‌دهی چرخشی یک پوشش از رزین را با ضخامتی به اندازه ارتفاع ستون‌های اکسید تیتانیوم، روی زیرلایه سیلیکونی ایجاد می‌کنیم و سپس بخش‌هایی از رزین را که قرار نیست TiO_2 روی آن باشد را با استفاده از نور سخت می‌کنیم. سپس قطعه را درون حلال مناسب رزین سخت نشده قرار می‌دهیم تا بخش‌هایی که سخت نشده اند از بین بروند. کلید واژه‌های بخش اول: دستگاه پوشش‌دهی چرخشی، ضخامتی به اندازه ارتفاع ستون‌های TiO_2، با استفاده از نور، حلال مناسب رزین سخت نشده	بخش اول (۲/۲۵ نمره)	پاسخ تشریحی را در کادر مربوط بنویسید. (۱۰ نمره)
سپس با استفاده از دستگاه CVD یک لایه پوشش TiO_2 روی سطح ایجاد می‌کنیم. در این حالت پوشش TiO_2 حفرات ایجاد شده روی رزین (که در مرحله قبل ایجاد شده‌اند) را پر می‌کند و ممکن است بخشی از آن روی رزین نیز ایجاد شود. برای حذف پوشش TiO_2 ایجاد شده روی سطح رزین، قطعه را برای مدتی درون حلال مناسب TiO_2 قرار می‌دهیم. در این حالت TiO_2 درون حفرات، سخت‌تر از TiO_2 بیرون حفرات حل می‌شود از این رو، با رعایت زمان مناسب فقط پوشش TiO_2 روی سطح رزین از بین می‌رود. کلید واژه‌های بخش دوم: CVD، حفرات، حذف پوشش TiO_2	بخش دوم (۲ نمره)	
دوباره سطح قطعه با رزین به وسیله دستگاه پوشش‌دهی چرخشی پوشانده می‌شود و قسمت‌هایی که نباید نانولوله‌های کربنی روی آن‌ها رشد کنند را با نور سخت می‌کنیم و سپس قطعه را در حلال مناسب قرار داده تا بخش‌های سخت نشده رزین حذف شوند. کلید واژه‌های بخش سوم: پوشش‌دهی چرخشی، سخت کردن قسمت‌هایی که نباید نانولوله‌های کربنی در آنجا رشد کند، حلال، سخت‌نشده	بخش سوم (۲/۲۵ نمره)	
برای ایجاد نانولوله‌های کربنی لازم است ابتدا روی سطح، نانوقطرات کاتالیست مانند آهن یا نیکل را ایجاد کرد. برای این کار می‌توان با استفاده از دستگاه اسپاترینگ یک لایه فلز کاتالیست را با ضخامت چند نانومتر روی کل سطح پوشش داد. برای حذف کاتالیست از روی بخش‌هایی که نمی‌خواهیم نانولوله‌های کربنی روی آن‌ها رشد کنند، کل قطعه را در حلال مناسب رزین سخت قرار می‌دهیم تا کل رزین از بین برود. با از بین رفتن رزین، در بخش‌هایی که رزین وجود داشته، کاتالیست‌ها هم از بین می‌روند. کلید واژه‌های بخش چهارم: کاتالیست، اسپاترینگ، حلال مناسب	بخش چهارم (۲/۲۵ نمره)	
برای ایجاد نانولوله‌های کربنی روی سطح قطعه، قطعه را درون دستگاه CVD قرار می‌دهیم تا در ابتدا با حرارت دادن پوشش کاتالیستی، این پوشش به صورت قطرات جدا از هم در بیاید و سپس با وارد کردن گازهای واکنشگر مانند متان نانولوله‌های کربنی روی نواحی مشخص شده ایجاد شود. بعد از ایجاد نانولوله‌ها قطعه تقریباً آماده است فقط لازم است تا در حلال مناسب بقایای کاتالیست‌ها از بین برود. کلید واژه‌های بخش پنجم: CVD، پوشش به صورت قطرات جدا از هم، بقایای کاتالیست‌ها	بخش پنجم (۱/۲۵ نمره)	



۲۴. محققى ابتدا نانوذرات اکسید آهن بلورى را به روش هیدروترمال سنتز و سپس گروه‌های عاملی را از طریق یک فرآیند شیمیایی به سطح ذرات متصل کرده است. این محقق این ذرات را به منظور دارورسانی یک عامل ضد سرطانی به سلول‌های توموری طراحی کرده است و مولکول‌های دارو را به گروه‌های عاملی روی سطح ذرات متصل می‌کند تا در نهایت یک سامانه دارویی هسته-پوسته داشته باشد. وی به منظور بررسی موارد زیر به انجام تعدادی از آنالیزهای مشخصه‌یابی مواد نیاز دارد. از نظر شما بهینه‌ترین روش مشخصه‌یابی برای بررسی هر یک از موارد زیر چه روشی است؟ چرا؟ (دلیل انتخاب خود را برای هر مورد بیان نمایید).
- ۱- تشکیل نانوذرات اکسید آهن، ۲- اتصال گروه‌های عاملی و مولکول‌های دارو، ۳- اندازه نانو ذرات به قصد دارورسانی، ۴- تشکیل ساختار هسته - پوسته، ۵- پتانسیل سامانه تولیدی برای رسانش دارو از طریق میدان مغناطیسی

جهت تایید تشکیل فازها مانند اکسید آهن نیاز به آنالیزی است تا چیدمان اتم‌ها را مطالعه کند و از آن طریق به فرمولاسیون فاز دست یافت. این امر از طریق آنالیز XRD قابل انجام است در آنالیز HR-TEM نیز می‌توان با اندازه‌گیری فاصله صفحات بلوری به تشکیل نانوذرات اکسید آهن پی برد. کلید واژه‌های بخش اول: XRD ، HR-TEM	پاسخ مربوط به بررسی مورد ۱ (۲ نمره)
تایید اتصال گروه‌های عاملی از طریق آنالیزهایی است که پیوندها را مطالعه می‌کنند. FTIR و یا رامان بهترین گزینه برای این مقصوداند. کلید واژه‌های بخش اول: FTIR ، رامان	پاسخ مربوط به بررسی مورد ۲ (۲ نمره)
برای مشاهده نانوذرات می‌توان از دو روش میکروسکوپی TEM و SEM استفاده کرد. از آنجایی که کاربرد فوق مربوط به دارورسانی است باید اندازه ذرات در مایعات و پایداری آنها نیز بررسی شود که این امر توسط آنالیز DLS انجام می‌شود. کلید واژه‌های بخش سوم: DLS ، SEM ، TEM	پاسخ مربوط به بررسی مورد ۳ (۲ نمره)
ساختار هسته و پوسته توسط TEM انجام می‌شود. بر خلاف SEM که سطح ذرات را مشاهده می‌کند، آنالیز TEM به دلیل عبور پرتو از داخل ذرات می‌تواند داخل آنها را مشاهده و از طریق کنتراست بین هسته و پوسته آنها را تشخیص دهد. کلید واژه‌های بخش چهارم: TEM	پاسخ مربوط به بررسی مورد ۴ (۲ نمره)
پتانسیل رسانش سامانه دارویی از طریق میدان مغناطیسی از طریق آنالیز VSM بررسی می‌شود. خواص مغناطیسی و منحنی پسماند ذرات را با این آنالیز مطالعه می‌کنند. کلید واژه‌های بخش پنجم: VSM	پاسخ مربوط به بررسی مورد ۵ (۲ نمره)

پاسخ تشریحی را در کادر مربوط بنویسید.



۲۵. اطلاعات مربوط به دو ماده مزومتخلخل سیلیکایی A و B عبارتند از:

(۱) مساحت سطح ویژه ماده A نسبت به ماده B کمتر است.

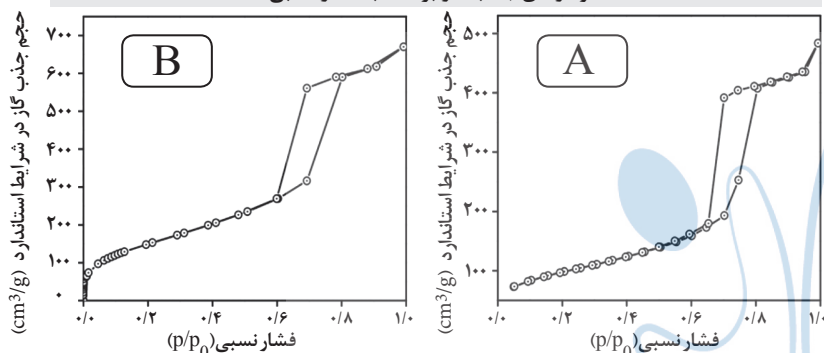
(۲) تابع توزیع اندازه حفره ماده B نسبت به ماده A باریک‌تر است.

(۳) پایداری حرارتی ماده A نسبت به ماده B کمتر است.

با توجه به اطلاعات بالا به سوالات مطرح شده در بخش‌های الف، ب و ج پاسخ دهید:

الف) با توجه به ویژگی‌هایی که برای هر دو ماده بیان شد (موارد ۱ تا ۳)، در شکل‌های زیر، در کادرهای خالی بنویسید کدام نمودار مربوط به ماده A و کدامیک مربوط به ماده B می‌باشد؟ دلیل انتخاب خود را بیان کنید.

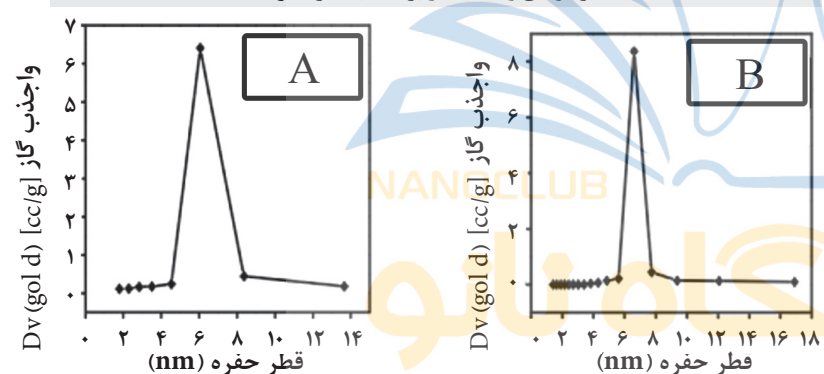
نمودارهای جذب گاز بر حسب فشار نسبی



محل نوشتن دلیل

مساحت سطح ویژه ماده A نسبت به ماده B کمتر است. پس نموداری که جذب گاز نیتروژن کمتری دارد (تا حجم ۵۰۰) مربوط به ماده A و نمودار دیگر مربوط به ماده B است.

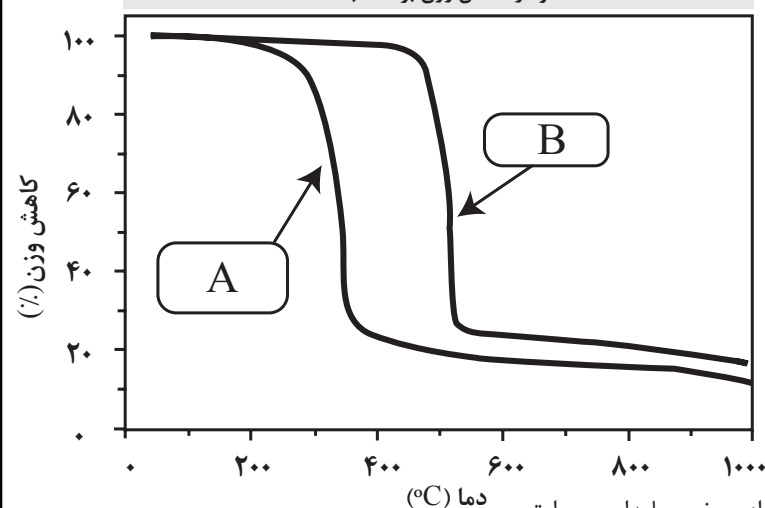
نمودارهای واجذب گاز بر حسب قطر حفره



محل نوشتن دلیل

توزیع اندازه حفره ماده B نسبت به ماده A باریک‌تر است. یعنی حفرات ماده B هم‌اندازه‌تر و منظم‌تر هستند. پس نموداری که پهنای کمتری دارد (توزیع باریک‌تری دارد) مربوط به ماده B و نمودار دیگر مربوط به ماده A است.

نمودار کاهش وزن بر حسب دما

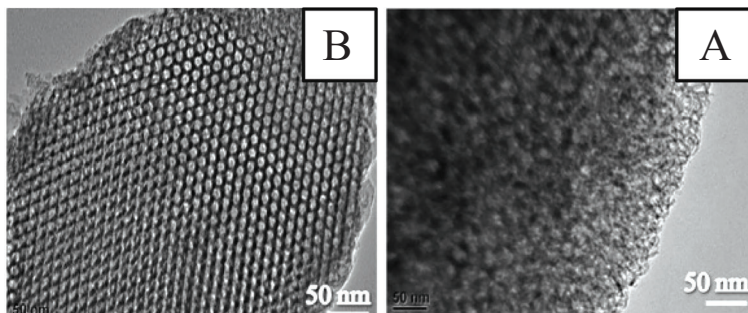


محل نوشتن دلیل

پایداری حرارتی ماده A نسبت به ماده B کمتر است. نمودار TGA که در دمای کمتری ماده شروع به تجزیه شدن می‌کند و وزن آن کاهش می‌یابد مربوط به ماده‌ای است که از نظر حرارتی ناپایدارتر است.

کلید واژه‌های بخش اول: مساحت سطح ویژه، توزیع اندازه حفره، پایداری حرارتی

ب) شکل زیر تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری دو نمونه A و B را نشان می‌دهد، کدام تصویر مربوط به ساختار حفرات ماده A و کدامیک مربوط به ساختار حفرات ماده B می‌باشد؟ دلیل انتخاب خود را بیان کنید.

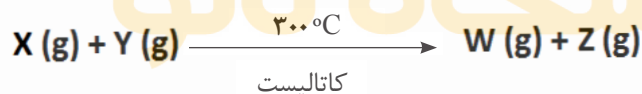


طبق اطلاعات داده شده در مسئله، توزیع اندازه حفره ماده B نسبت به ماده A باریک‌تر است. یعنی حفرات ماده B هم اندازه‌تر و منظم‌تر هستند. بنابراین شکل سمت راست مربوط به ماده A و شکل سمت چپ مربوط به ماده B است.

کلید واژه‌های بخش دوم: توزیع اندازه حفره، هم اندازه‌تر و منظم‌تر

ج) اگر قرار باشد یکی از این دو ماده A یا B را به‌عنوان کاتالیست برای انجام واکنش شیمیایی که در زیر آورده شده است انتخاب کنید، کدامیک را انتخاب می‌کنید؟ دو دلیل برای انتخاب خود بیان کنید.

(توجه داشته باشید که مولکول‌های X، Y، W و Z هم اندازه و کوچکتر از ۱۰ آنگستروم می‌باشند.)

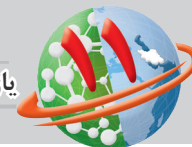


ماده B

چوت از نظر حرارتی پایدارتر است بنابراین با تغییر دما بهتر از ماده دیگر ساختار خود را حفظ می‌کند. با توجه به نمودار TGA ماده B تحت دمای ۳۰۰ درجه سانتیگراد پایدار است در حالی که ماده A شروع به تجزیه نموده است.

از طرفی ماده B، توزیع اندازه حفره باریک‌تر و حفرات منظم‌تر و یکنواخت‌تری دارد، مساحت سطح بالاتری دارد و اندازه حفرات آن کوچکتر است.

کلید واژه‌های بخش سوم: ماده B- از نظر حرارتی پایدارتر، توزیع اندازه حفرات باریک‌تر، مساحت سطح بالاتر، اندازه حفرات کوچکتر



۲۶. می‌خواهیم روی سطح شیشه یک تلفن همراه با استفاده از یک دستگاه کندوپاش یونی (اسپاترینگ) با قابلیت نصب یک تارگت، پوششی ایجاد کنیم که مقاوم به خراش، ضد بازتاب، شفاف و ضد لک باشد. برای این کار سه ماده زیر را در اختیار داریم. با توجه به خواص این مواد، بهترین پوشش را طراحی کنید، دلیل انتخاب و ترتیب لایه‌ها را بیان نموده و در رابطه با ضخامت و توالی آنها توضیح دهید.

ماده	ضریب شکست	سختی (GPa)	انرژی سطحی (mJ/m^2)	ضریب جذب نور (در ناحیه مرئی)
شیشه	۱/۳	۱	۸۳	۲
A	۱/۲	۲	۱۰۰	۱۵
B	۲/۴	۱۰	۱۵۰	۱
C	۱/۹	۰/۵	۱۹	۹۵

C
.
.
.
.
A
B
A
B
زیر لایه

با توجه به پارامترهایی که برای پوشش بیان شده ماده انتخابی باید بیشترین سختی، بیشترین تفاوت ضریب شکست با شیشه، بیشترین شفافیت و کمترین انرژی سطحی را داشته باشد. هیچ یک از ۳ ماده معرفی شده به تنهایی بهترین خواص را ندارند از این رو باید به فکر یک پوشش چند لایه بود تا بتوان بهترین خواص را ایجاد کرد. به دلیل استفاده از دستگاه اسپاترینگ تک تارگته امکان ایجاد پوشش ترکیبی وجود ندارد و فقط می‌توان هر لایه را با یکی از مواد ایجاد کرد. بهترین پوشش بصورت شکل روبرو است:

کلید واژه‌های بخش اول: باید پوشش بصورت چند لایه باشد.

بخش اول
طراحی بهترین
پوشش و ترکیب
لایه‌ها
(۳ نمره)

مهمترین ویژگی ماده A ضریب شکست کم آن است، ماده B دارای کمترین میزان جذب نور، بیشترین سختی و بیشترین ضریب شکست است، و ماده C دارای کمترین انرژی سطحی است. لایه اول بهتر است از جنس پوشش B باشد زیرا این پوشش با شیشه ضریب شکست متفاوت‌تری دارد و بعد لایه A روی آن پوشش داده شود و بعد لایه B. این روند می‌تواند ادامه داشته باشد تا خاصیت ضد بازتاب در پوشش ایجاد شود.

برای ایجاد خاصیت ضد لک باید یک لایه از پوشش C روی سطح نهایی ایجاد شود زیرا پوشش C انرژی سطحی کمتری دارد.

کلید واژه‌های بخش دوم: بیشترین و یا کمترین بودن پارامترها برای انتخاب ماده مناسب، ضریب شکست، جذب نور، سختی و انرژی سطحی

بخش دوم
دلیل انتخاب لایه‌ها
(۵ نمره)

برای ایجاد بیشترین مقدار ضد بازتاب بودن پوشش، باید چند لایه با ضریب شکست‌های متفاوت را به طور متوالی روی هم پوشش داد. از آنجایی که شفافیت پوشش C کم است پس بهتر است از پوشش‌های A و B استفاده کرد. همانطور که گفته شد لایه اول بهتر است از جنس پوشش B باشد زیرا این پوشش با شیشه ضریب شکست متفاوت‌تری دارد و بعد لایه A روی آن پوشش داده شود و بعد لایه B. این روند می‌تواند ادامه داشته باشد. در انتهای این توالی بهتر است لایه B نسبتاً ضخیمی باشد زیرا سختی بالای این پوشش موجب می‌شود تا پوشش ضد خراش شود.

برای ایجاد خاصیت ضد لک باید یک لایه از پوشش C روی سطح نهایی ایجاد شود. از آنجایی که شفافیت این پوشش کم است باید لایه نازکی از این پوشش روی سطح ایجاد شود تا شفافیت کلی پوشش کم نشود. البته به دلیل سختی پایین پوشش C، این پوشش بعد از مدتی از بین می‌رود. به همین دلیل خاصیت ضد لک بودن گوشی‌های موبایل امروزی بعد از مدتی از بین می‌رود.

کلید واژه‌های بخش سوم: لایه‌های متوالی A و B، پوشش نازک C، ضد لک

بخش سوم
(بحث در مورد
ضخامت و توالی آنها)
(۲ نمره)