

آزمون مرحله دوم

معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری
ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
بانگاه دانش آموزشی نانو



دوازدهمین المپیاد دانش آموزی علوم و فناوری 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 دوازدهمین المپیاد دانش آموزی علوم و فناوری نانو خوش آمدید.

راهنمای سوالات تستی

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- در یک ساختار بلوری hcp که ثابت‌های شبکه آن از رابطه $c = \frac{1}{\sqrt{3}} a$ پیروی می‌کند، چند درصد از صفحه $(10\bar{1}0)$ با اتم‌ها اشغال شده

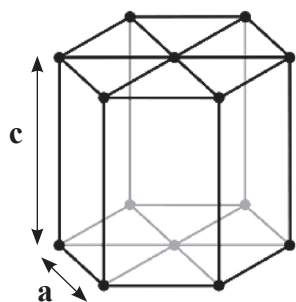
است؟ ($\pi \approx 3$)

الف) ۲۵

ب) ۵۰

ج) ۷۵

د) ۳۳



۲- تعداد ساختارهای لانه زنبوری (شش ضلعی‌ها) در یک نانولوله کربنی به طول ۱۹۶ nm و قطر ۳۴ nm چند برابر تعداد همین ساختارها در یک فولرین C_{60} است؟ (از انحنای به وجود آمده در نانولوله کربنی و فولرین صرف‌نظر شود)

$A^\circ = 1/4$ طول پیوند کربن - کربن

$$C_n = 10 - \frac{n}{4} = \text{تعداد شش ضلعی‌ها در فولرین } C_n$$

$$\pi = 3, \quad \sqrt{3} = 1/7$$

الف) 4×10^6

ب) 2×10^5

ج) 2×10^4

د) 4×10^5

۳- یک ذره توپُر کروی با قطر ۲ سانتی‌متر را به چند نانو ذره توپُر کروی تقسیم کنیم که مجموع مساحت سطحی نانوذرات تولید شده برابر با مساحت یک زمین فوتبال با طول و عرض 100×60 متر شود؟ ($\pi \approx 3$)

الف) $1/25 \times 10^{20}$

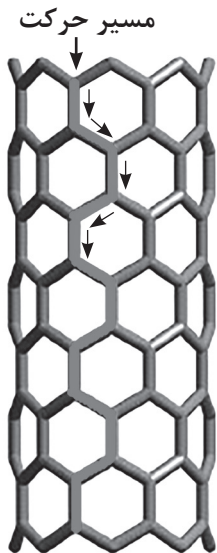
ب) $1/25 \times 10^{16}$

ج) $1/9 \times 10^{18}$

د) 5×10^6



۴- یک ماشین مولکولی با سرعت ثابت ۵ آنگستروم بر ثانیه می تواند روی یک نانولوله کربنی زیگزاگ در مسیری که در شکل زیر نشان داده شده است حرکت کند، اگر طول نانولوله کربنی ۹۰ نانومتر باشد، چند ثانیه طول می کشد تا این ماشین مولکولی طول نانولوله را طی نماید؟
طول پیوند کربن - کربن را ۱/۵ آنگستروم در نظر بگیرید.



الف) ۱۸۰

ب) ۹۰

ج) ۱۲۰

د) ۲۴۰

۵- کدام عبارت در گزینه های زیر نادرست است؟

الف) با کاهش اندازه نانوذرات طلا، دمای ذوب کاهش می یابد.

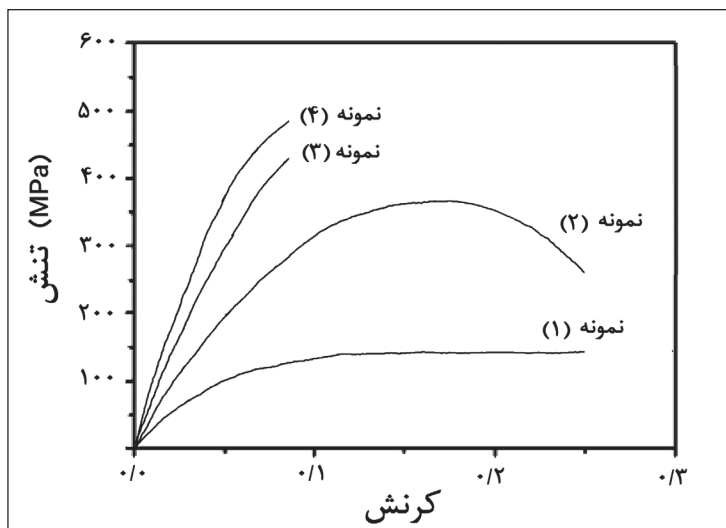
ب) با کاهش اندازه نانوذرات، واکنش پذیری آنها افزایش می یابد.

ج) با کاهش اندازه نانوذرات، بطور کلی انرژی سطحی ذرات کاهش می یابد.

د) با کاهش اندازه نانوذرات در یک نیمه رسانا فاصله بین نوار هدایت و نوار ظرفیت افزایش می یابد.

۶- پژوهشگری برای ساخت یک سپر خودرو چهار نمونه نانوکامپوزیت ساخته است. در این نمونه ها، نانولوله های کربنی با درصدهای مختلف را به فلز A اضافه نموده است. مقدار نانولوله کربنی در نمونه ها برابر با ۰/۵ ، ۱ ، ۰/۵ و ۱/۵ درصد وزنی است. فرض کنید با افزایش درصد نانولوله کربنی در زمینه فلز A نمونه ترد و شکننده تر می شود. در صورتی که سایر شرایط ساخت نمونه ها یکسان باشد، کدام نمونه برای ساخت سپر مناسب است؟

راهنمایی: سپر مناسب باید بتواند بیشترین انرژی را در تصادف جذب نماید که به خودرو حداقل آسیب وارد شود.



الف) نمونه با صفر درصد وزنی نانولوله کربنی

ب) نمونه با ۰/۵ درصد وزنی نانولوله کربنی

ج) نمونه با ۱ درصد وزنی نانولوله کربنی

د) نمونه با ۱/۵ درصد وزنی نانولوله کربنی



۷- پژوهشگری برای ساخت یک کامپوزیت پلیمری رسانای حرارتی از نانومیله‌های فلزی به‌عنوان تقویت‌کننده استفاده کرده است. کدام گزینه باعث بهبود راندمان انتقال حرارت در این پلیمر نمی‌شود؟

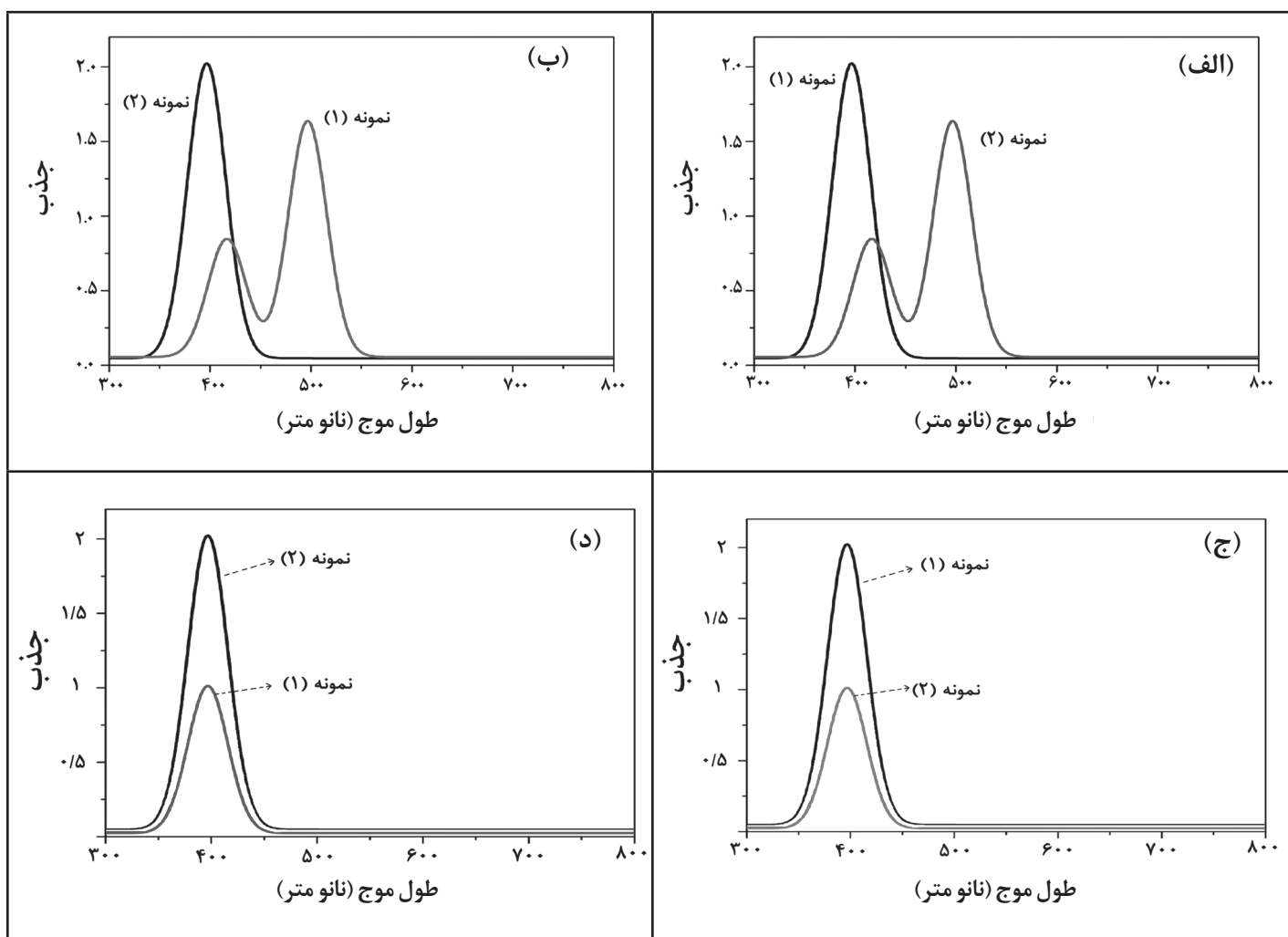
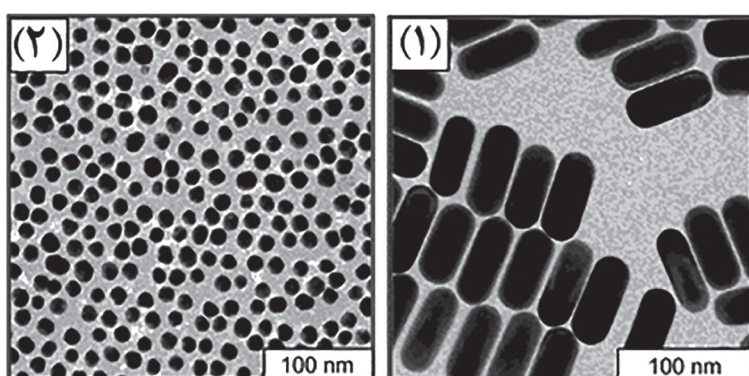
الف) افزایش غلظت نانومیله

ب) قرارگیری نانومیله‌ها بصورت هم جهت با راستای انتقال حرارت

ج) افزایش نسبت طول به قطر نانومیله‌ها در کامپوزیتی با جهت‌گیری تصادفی تقویت‌کننده‌ها

د) توزیع و پخش کامل نانومیله‌ها در زمینه‌ای که هیچ اتصالی بین آنها وجود نداشته باشد.

۸- پژوهشگری دو نمونه نانوذره نقره سنتز کرده است، شکل زیر تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) از این دو نمونه را نشان می‌دهد. کدام گزینه طیف جذب این دو نمونه را به‌درستی نشان می‌دهد؟





۹- پژوهشگری برای ساخت سلول خورشیدی نانوساختار از لایه نازک اکسید روی به عنوان لایه انتقال دهنده الکترون استفاده کرده است، او برای افزایش کارایی سلول خورشیدی خود، چهار نمونه نانوساختار نیمه رسانای اکسید روی را سنتز کرده و خواص الکتریکی آنها را اندازه گیری کرده است. با توجه به خواص الکتریکی این نمونه ها، استفاده از کدام نمونه سبب بهبود انتقال الکترون در این سلول خواهد شد؟

شماره نمونه	حرک حامل های بار	نوع نیمه رسانا
۱	$34/3 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$	n
۲	$14/3 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$	n
۳	$50/1 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$	p
۴	$8/2 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$	p

الف) نمونه ۱

ب) نمونه ۲

ج) نمونه ۳

د) نمونه ۴

۱۰- در عملیات نانولیتوگرافی بعد از ایجاد طرح روی زیر لایه پلیمری مقاوم در برابر حرارت توسط باریکه الکترونی، نیاز به ایجاد پوشش متراکم فلزی است. با استفاده از کدام یک از روش های زیر نمی توان پوشش مناسبی ایجاد کرد؟

الف) رسوب دهی لایه اتمی (ALD)

ب) کندوپاش یونی (Sputtering)

ج) لایه نشانی دورانی (Spin Coating)

د) رسوب شیمیایی فاز بخار (CVD)

۱۱- کدام گزینه در توضیح اثر pH محلول در حین فرآیند تولید نانوذرات با جنس A به روش های شیمیایی نادرست است؟

الف) تغییر pH محلول ممکن است بر شکل نهایی نانو ذرات تشکیل شده اثر بگذارد.

ب) تغییر pH محلول ممکن است با افزایش حلالیت ماده A، باعث افزایش فوق اشباع و در نتیجه افزایش سرعت هسته زایی ذرات A شود.

ج) تغییر pH محلول ممکن است باعث تغییر میزان بار سطحی ذرات شده و بر میزان رشد ذرات اثر بگذارد.

د) تغییر pH محلول ممکن است باعث تشکیل رسوبات جامدی به غیر از نانوذرات A شود.

۱۲- شرایط دما و فشار مناسب محفظه در فرایند خشک کردن ژل به منظور ساخت آئروژل به روش فوق بحرانی در کدام گزینه به درستی

بیان شده است؟ (T_C دمای بحرانی و P_C فشار بحرانی است)

الف) $P > P_C$ $T < T_C$

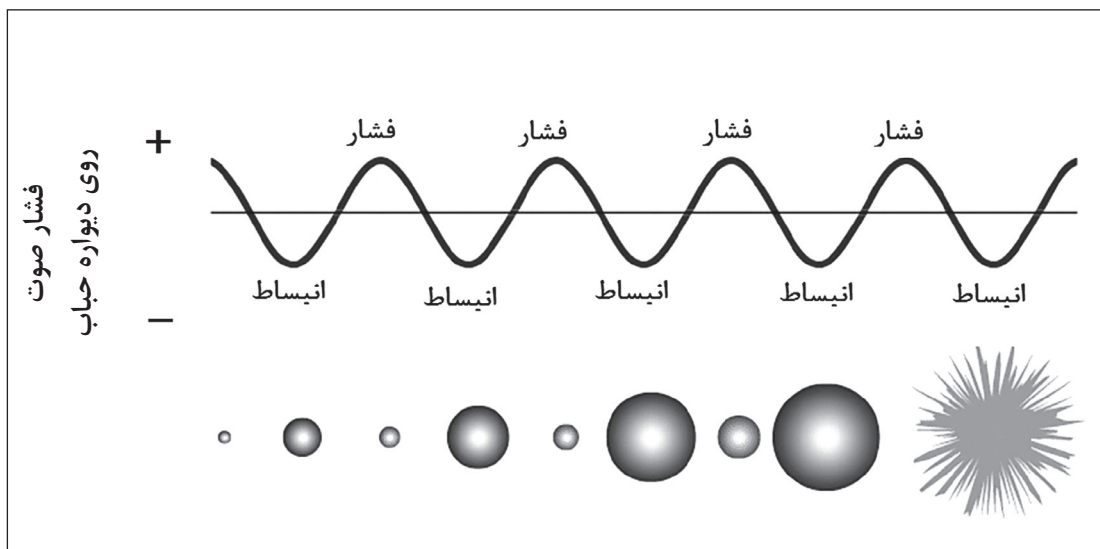
ب) $P < P_C$ $T < T_C$

ج) $P < P_C$ $T > T_C$

د) $P > P_C$ $T > T_C$



۱۳- روش سونوشیمی یکی از انواع روش‌های ساخت نانومواد است که در آن از امواج فراصوت (با بسامد بیشتر از ۲۰ kHz) استفاده می‌شود. شکل زیر فشار صوت را روی دیواره حباب در طول زمان نشان می‌دهد. کدام گزینه در مورد فرآیند ساخت نانومواد به روش سونوشیمی صحیح است؟



الف) شروع تشکیل حباب (حفره‌زایی) در یک نقطه از مایع هنگامی رخ می‌دهد که با اعمال امواج فراصوت، فشار موضعی آن نقطه از مایع، کمتر از فشار بخار مایع می‌گردد.

ب) حباب تشکیل شده در محیط واکنش به محض جذب انرژی امواج فراصوت فرو می‌پاشد.

ج) فروپاشی حباب‌های تشکیل شده در محیط واکنش سونوشیمی به آرامی صورت می‌گیرد تا فرصت انتقال انرژی به صورت کنترل شده به محیط واکنش وجود داشته باشد.

د) انرژی ناشی از فروپاشی حباب‌های تشکیل شده در محیط واکنش سونوشیمی، پیوندهای بین مولکولی را می‌شکند اما برای شکستن پیوندهای درون مولکولی کافی نیست.

۱۴- پژوهشگری لایه‌نازکی از فلز آلومینیوم (Al) را روی یک زیرلایه به روش لایه‌نشانی تبخیر فیزیکی مبتنی بر مقاومت الکتریکی پوشش داده است. به منظور تهیه تصویر توپوگرافی از سطح لایه‌نازک با قدرت تفکیک بسیار بالا (کمتر از ۱ نانومتر) استفاده از کدامیک از میکروسکوپ‌های زیر مناسب است؟

الف) میکروسکوپ تونلی روبشی (STM)، میکروسکوپ الکترونی روبشی الکترون ثانویه (SE-SEM)

ب) میکروسکوپ الکترونی روبشی الکترون ثانویه (SE-SEM)، میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)

ج) میکروسکوپ الکترونی روبشی الکترون برگشتی (BSE-SEM)، میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM)

د) میکروسکوپ تونلی روبشی (STM)، میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM)

۱۵- به یک محلول کلئیدی حاوی نانوذرات نقره باریکه نوری به طول موج ۴۲۰ نانومتر تابیده می‌شود. باریکه نور پس از برخورد به

نانوذرات پراکنده می‌شود. کدام جمله در مورد این پراکندگی نور صحیح است؟

الف) نور پراکنده شده با طول موج ۴۲۰ nm از نوع پراکندگی استوک است.

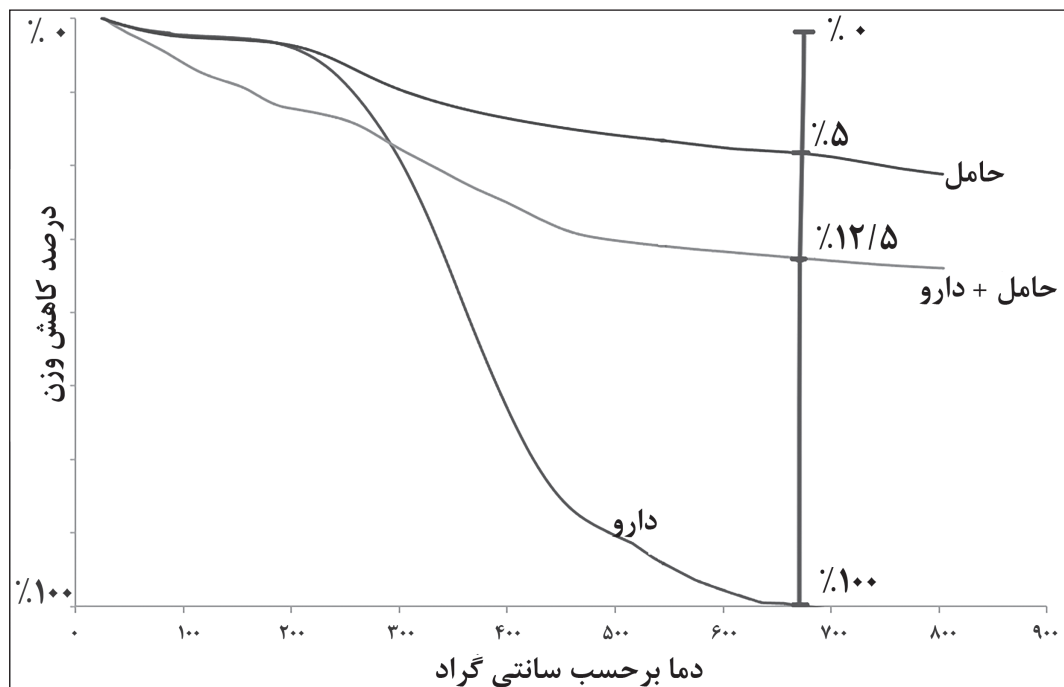
ب) نور پراکنده شده با طول موج ۴۰۰ nm از نوع پراکندگی ریلی است.

ج) نور پراکنده شده با طول موج ۴۴۰ nm از نوع پراکندگی استوک است.

د) نور پراکنده شده با طول موج ۴۲۰ nm از نوع پراکندگی ضد استوک است.



۱۶- پژوهشگری از یک اکسید فلزی به عنوان حامل دارویی استفاده کرده است. شکل زیر نتایج آنالیز حرارتی TGA تا دمای ۸۰۰ درجه سانتی گراد از نمونه حامل، نمونه دارو و ترکیب نمونه حاملی که دارو در آن بارگذاری شده است (حامل + دارو) را نشان می دهد. با فرض اینکه حامل با دارو در دمای بالا واکنش نمی دهد، دارو چند درصد از وزن حامل دارویی (حامل + دارو) را تشکیل می دهد؟ (در شرایط قبل از آنالیز حرارتی)



الف) ۷/۵

ب) ۷/۹

ج) ۱/۵

د) ۸۳/۵

۱۷- در سیستم های دارورسانی هدفمند پس از ورود نانوسیستم دارورسانی (حامل+دارو) به سیستم گردش خون، چالش هایی تا رسیدن آن به ناحیه توموری وجود دارد. با این توضیح کدام گزینه صحیح نیست؟

الف) ترکیبات داخل خون ممکن است به ذرات سیستم دارویی چسبیده و باعث افزایش اندازه ذرات شده و اثردهی دارورسانی غیرفعال را تحت تاثیر قرار دهد. از این رو، دارورسانی فعال استراتژی بهتری برای حل این چالش است.

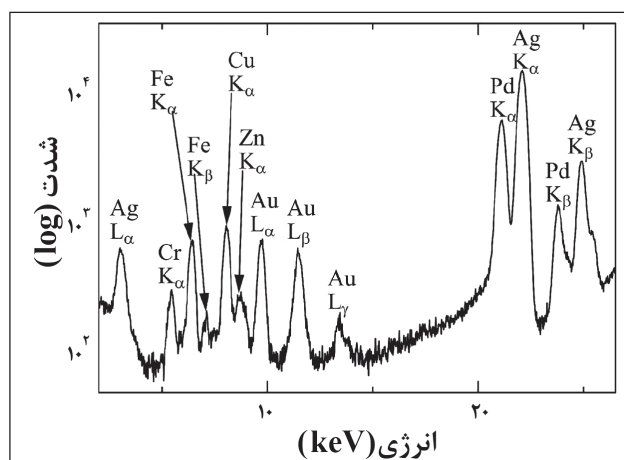
ب) سیستم ایمنی بدن ممکن است عملکرد سیستم دارویی را قبل از رسیدن به ناحیه توموری دچار اختلال نماید. یک روش موثر برای حل این مشکل، اصلاح سطح ذرات سیستم دارویی است.

ج) ممکن است دارو قبل از رسیدن به ناحیه توموری از حامل جدا شود. در نتیجه به عنوان یک راه حل می توان از حامل هایی استفاده کرد که تنها در محیط های اسیدی پیوندشان با دارو شکسته شود.

د) گیرنده های مولکول های مورد کاربرد در سیستم دارورسانی فعال ممکن است روی سطح سلول های سالم بافت خاصی از بدن نیز به تعداد بسیار زیاد وجود داشته باشند. در نتیجه ممکن است دارو در این نواحی نیز تجمع پیدا کرده و عوارض جانبی ایجاد کند.



۱۸- شکل زیر طیف فلورسانس اشعه X یک شیء باستانی را به نمایش می‌گذارد. با توجه به شکل، کدام گزینه صحیح است؟
(عددهای طلا برابر با ۷۹ و عدد اتمی نقره برابر با ۴۷ است).



- الف) انرژی K_{α} نقره کمتر از K_{β} نقره است، زیرا اختلاف انرژی بین ترازهای L و K در نقره کمتر از اختلاف انرژی بین ترازهای M و K نقره است.
ب) انرژی L_{α} نقره کمتر از L_{β} طلا است، زیرا اختلاف انرژی بین ترازهای L و K در نقره کمتر از اختلاف انرژی بین ترازهای L و K در طلا است.
ج) انرژی K_{α} نقره بیشتر از L_{α} نقره است، زیرا اختلاف انرژی بین ترازهای L و M در نقره بیشتر از اختلاف انرژی بین ترازهای L و K در نقره است.
د) انرژی L_{α} طلا کمتر از L_{β} طلا است، زیرا اختلاف انرژی بین ترازهای L و M در طلا بیشتر از اختلاف انرژی بین ترازهای L و N در طلا است.

۱۹- در حضور نانوکاتالیست ناهمگن ایده آل x، سرعت مصرف ماده A در واکنش زیر 1×10^{13} مولکول بر ثانیه است.



بررسی‌ها نشان داده است که هر مکان فعال کاتالیستی روی سطح کاتالیست x، مکان تبدیل یک مولکول ماده A می‌باشد و امکان رخ دادن واکنش روی همه مکان‌های کاتالیستی به طور همزمان وجود دارد. چنانچه مساحت سطح x برابر $600 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ باشد و در هر میکرومترمربع از سطح آن ۲۰۰ مکان فعال وجود داشته باشد، اگر ۱۰ گرم از کاتالیست x به همراه 1×10^{16} مولکول ماده A در ظرف واکنش داشته باشیم طی ۱۰۰ دقیقه حداکثر چند مولکول ماده B تولید خواهد شد؟ (فرض کنید مکان‌های فعال کاتالیست ناهمگن دچار مسمومیت نمی‌شوند و می‌توانند به دفعات زیاد واکنش را راه بیندازند)

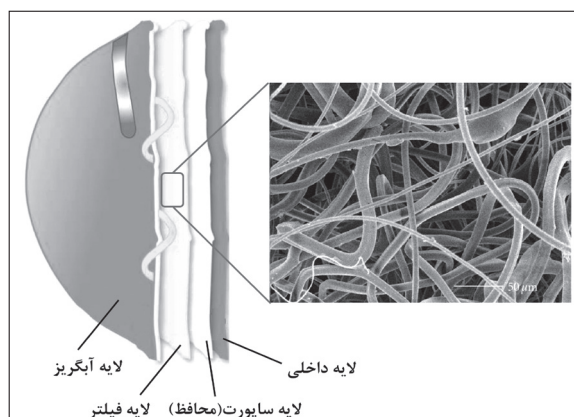
الف) 1×10^{16}

ب) 6×10^{16}

ج) 2×10^{16}

د) $1/2 \times 10^{17}$

۲۰- با گسترش اپیدمی بیماری کووید-۱۹ استفاده از ماسک‌های تنفسی به منظور جلوگیری از ابتلا به بیماری مورد توجه قرار گرفته است. ماسک‌ها باید با حفظ کیفیت تنفس، تا حد امکان از ورود پاتوژن‌های بیماری‌زا به فرد جلوگیری کنند. محققان کارایی ماسک‌ها



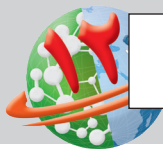
را با استفاده از تولید فیلترهایی بر پایه نانوالیاف و با روش الکتروریسی (همانند شکل) به صورت قابل ملاحظه‌ای ارتقاء داده‌اند. کدام گزینه راه حل مناسب‌تری برای افزایش بازدهی ماسک نسبت به جلوگیری از ورود ویروس به مجاری تنفسی با حفظ سهولت تنفس است؟

الف) افزایش نرخ تولید فیلتر بر پایه نانو الیاف با تغییر پارامترهای فرایند الکتروریسی

ب) استفاده از جمع‌کننده استوانه‌ای دوار در فرآیند الکتروریسی

ج) افزایش زمان فرآیند الکتروریسی

د) افزودن نانوذرات کروی با خاصیت ضد ویروس مانند نانوذرات نقره به محلول پلیمری

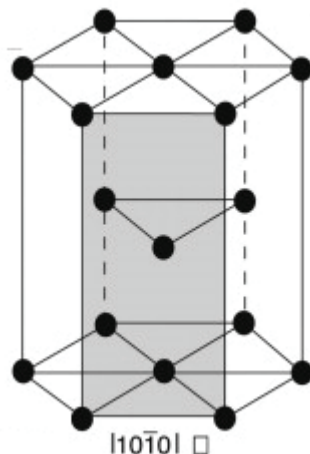


پاسخنامه سوالات تستی

سوال (۱)

پاسخ: گزینه ب

همان طور که در شکل زیر نشان داده شده است، در صفحه $(10\bar{1}0)$ چهار اتم در گوشه‌ها قرار دارند که یک چهارم هر کدام از آنها به این صفحه تعلق دارد. در نتیجه تعداد اتم‌ها در این صفحه برابر با یک است. برای یافتن درصد اشغال اتم‌ها، می‌بایست مساحت اتم‌های این صفحه را بر مساحت صفحه تقسیم نماییم.



$$\text{کسر اشغال اتم‌ها} = \frac{\pi R^2}{ac} = \frac{\pi R^2}{a \times 1.5a} = \frac{\pi R^2}{1.5a^2} = \frac{2R^2}{a^2} = \frac{2R^2}{(2R)^2} = \frac{2}{4} = 0.5$$

درصد اشغال اتم‌ها در این صفحه: ۵۰ درصد

سوال (۲)

پاسخ: گزینه ج

مساحت نانولوله کربنی:

$$S_1 = 2\pi r l = 2 \times 3 \times 17 \times 196 \text{ nm}^2$$

مساحت یک ساختار لانه زنبوری (یک شش ضلعی):

$$S_2 = \frac{3\sqrt{3}}{2} a^2 = \frac{3 \times 1.7 \times 0.0196}{2} \text{ nm}^2$$

تعداد شش ضلعی‌ها در نانولوله کربنی برابر است با نسبت مساحت نانولوله کربنی به مساحت یک شش ضلعی:

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{2 \times 3 \times 17 \times 196}{\frac{3 \times 1.7 \times 0.0196}{2}} = \frac{2 \times 2 \times 3 \times 17 \times 196}{3 \times 1.7 \times 0.0196} = 4 \times 10^5$$

$$\frac{60}{2} - 10 = 20$$

تعداد شش ضلعی‌ها در فولرین C_{60} :

$$\frac{4 \times 10^5}{20} = 2 \times 10^4$$

بنابراین:



سوال (۳)

پاسخ: گزینه الف

$$\text{مساحت زمین} = 100 \times 60 = 6 \times 10^7 m^2$$

مجموع مساحت کره‌های کوچک = مساحت زمین:

$$(1) \quad 6 \times 10^7 = N \varepsilon \pi R'^2 \Rightarrow NR'^2 = \frac{6 \times 10^7}{12} = 5 \times 10^6 \Rightarrow NR'^2 = 5 \times 10^6$$

مجموع حجم کره‌های کوچک = حجم کره بزرگ

$$(2) \quad \frac{4}{3} \pi R^3 = N \pi \frac{4}{3} R'^3 \Rightarrow (1 \times 10^{-2})^3 = NR'^3 \Rightarrow NR'^3 = 1 \times 10^{-6}$$

با تقسیم کردن رابطه ۲ بر رابطه ۱ خواهیم داشت:

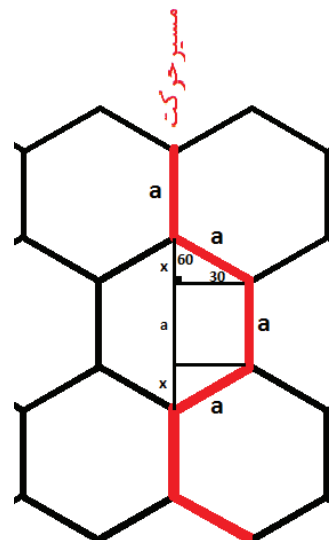
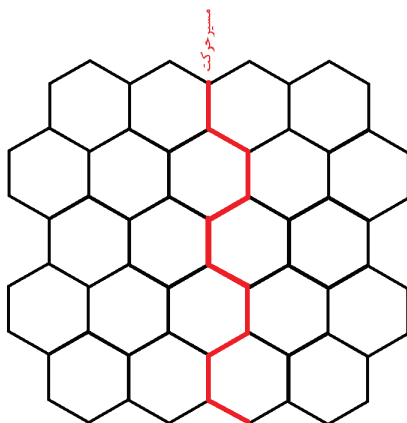
$$\frac{(1)(2) NR'^2}{NR'^2} = \frac{1 \times 10^{-6}}{5 \times 10^6} \Rightarrow R' = \frac{1 \times 10^{-6}}{5 \times 10^6} = \frac{1}{5} \times 10^{-12} = 0.2 \times 10^{-12} = 2 \times 10^{-13} \Rightarrow R' = 2 nm$$

$$(1) \Rightarrow NR'^2 = 5 \times 10^6 \Rightarrow N = \frac{5 \times 10^6}{R'^2} = \frac{5 \times 10^6}{(2 \times 10^{-13})^2} = \frac{5 \times 10^6}{4 \times 10^{-26}} = \frac{125}{1.0} \times 10^{31} \Rightarrow N = 1.25 \times 10^{31}$$

سوال (۴)

پاسخ: گزینه د

با توجه به مسیر نشان داده شده در شکل، می‌توان گفت کل طول نانولوله کربنی تکرار فاصله $2x+2a$ است، بنابراین با تقسیم طول نانولوله بر این فاصله داریم:



$$x = a \sin(30^\circ) = a/2$$

$$\frac{\text{طول نانولوله کربنی}}{2x + a + a} = \frac{900 \text{ \AA}}{(3 \times 1.5) \text{ \AA}} = 200$$



این ماشین مولکولی برای طی کردن فاصله $2x+2a$ از طول نانولوله، مسافت $4a$ را در مسیر حرکتش طی می‌کند، زمان لازم برای طی کردن این مسافت برابر است با:

$$t = \frac{4a}{v} = \frac{4 \times 1.5}{5} = \frac{6}{5} = 1.2 \text{ s}$$

بنابراین مدت زمانی که ماشین مولکولی کل طول نانولوله را طی می‌کند، برابر است با:

$$\text{زمان کل} = 1.2 \text{ s} \times 200 = 240 \text{ s}$$

راه حل دوم:

می‌توان مسیر را به بخش‌های کوچکتر $x+a$ تقسیم کرد، در این صورت طول نانولوله از ۴۰۰ تا $x+a$ تشکیل می‌شود. و زمانی که ماشین مولکولی $2a$ را طی می‌کند برابر است با ۰.۶ ثانیه و زمان کل برابر است با:

$$\text{زمان کل} = 0.6 \text{ s} \times 400 = 240 \text{ s}$$

سوال (۵)

پاسخ: گزینه ج

با کاهش اندازه نانوذرات دمای ذوب کاهش یافته؛ واکنش‌پذیری آنها نیز بیشتر می‌شود. در نانوذرات نیمه‌رسانا با کاهش اندازه نانوذرات گاف انرژی که بصورت فاصله بین نوار ظرفیت و نوار هدایت تعریف می‌شود، بیشتر می‌شود. در نانوذرات با کاهش اندازه انرژی سطحی ذرات افزایش می‌یابد. بنابراین گزینه (ج) پاسخ سوال است.

سوال (۶)

پاسخ: گزینه ب

با توجه به اینکه در صورت سوال گفته شده با افزایش درصد نانولوله کربنی در زمینه فلز A نمونه ترد و شکننده‌تر می‌شود، می‌توان گفت که نمونه (۱)، (۲)، (۳) و (۴) به ترتیب مربوط به نمونه‌ها با صفر، ۰/۵، ۱، ۱/۵ درصد وزنی نانولوله کربنی است. از طرفی سپر مناسب باید بتواند بیشترین انرژی را در تصادف جذب نماید و به خودرو حداقل آسیب وارد شود. برای این منظور نمونه‌های ۳ و ۴ با ۱ و ۱/۵ درصد وزنی نانولوله کربنی مناسب نیستند چون درست است که استحکام بالاتری نسبت به بقیه دارند، اما با ورود به ناحیه موم‌سان (پلاستیک)، در کرنش‌های کمتر دچار شکست می‌شوند. نمونه ۱ با صفر درصد وزنی نانولوله کربنی نیز برای این کاربرد مناسب نیست، زیرا استحکام کمتری دارد و یک ماده نرم‌تر نسبت به بقیه نمونه‌هاست.

در نمونه ۲ با ۰/۵ درصد وزنی نانولوله کربنی، با ورود به ناحیه موم‌سان (پلاستیک) با افزایش کرنش، تنش نیز بیشتر می‌شود، این بدین معنی است که نمونه انرژی بیشتری را می‌تواند تحمل نماید، بنابراین نمونه ۲ با ۰/۵ درصد وزنی نانولوله کربنی برای این کاربرد مناسب‌تر است.

سوال (۷)

پاسخ: گزینه د

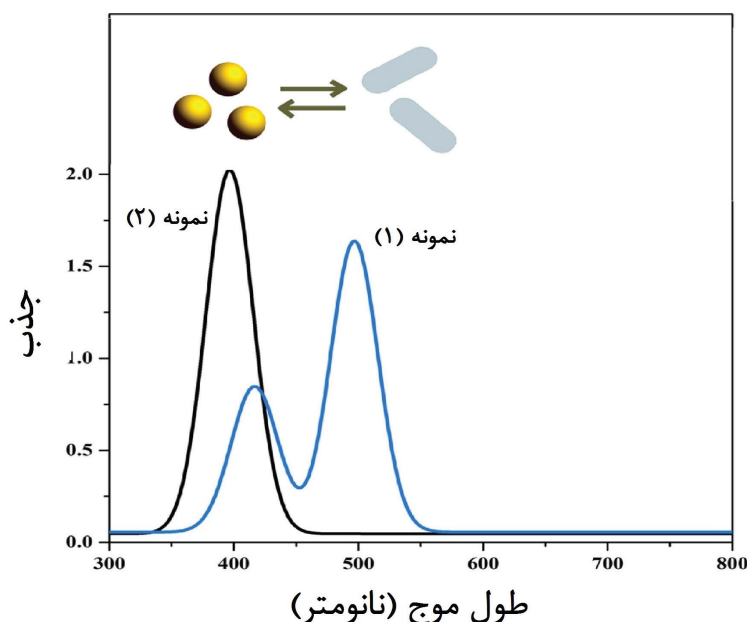
افزایش غلظت نانومیله‌ها، قرارگیری نانومیله‌ها بصورت هم جهت با راستای انتقال حرارت و افزایش نسبت طول به قطر نانومیله‌ها سبب افزایش راندمان انتقال حرارت می‌شود. اما اگر نانومیله‌ها کاملاً یکنواخت در زمینه پخش شده باشند به نحوی که نانومیله‌ها اتصالی بهم نداشتند، راندمان انتقال حرارت کاهش می‌یابد. بنابراین گزینه (د) پاسخ سوال است.



سوال (۸)

پاسخ: گزینه ب

مورفولوژی در نمونه (۱) بصورت نانومیله است و در نمونه (۲) بصورت نانوذره است. چون نانومیله نسبت ابعادی بزرگتری دارد، طیف جذب آن به سمت طول موج‌های بزرگتر شیفت پیدا می‌کند، بنابراین گزینه (ب) صحیح است.



سوال (۹)

پاسخ: گزینه الف

لایه انتقال‌دهنده الکترون در یک سلول خورشیدی باید از نوع نیمه‌رسانای نوع n باشد و هرچه موبیلیتی یا تحرک حامل‌های بار بیشتر باشد، انتقال الکترون بهتر صورت می‌پذیرد. بنابراین نمونه شماره ۱ نیمه رسانی نوع n است و تحرک حامل‌های بار بیش‌تری دارد برای انتقال الکترون مناسب‌تر است.

سوال (۱۰)

پاسخ: گزینه ج

در روش لیتوگرافی کنترل ضخامت لایه و خلوص بالا بسیار مهم است. همه گزینه‌ها می‌توانند این کنترل ضخامت را داشته باشند، اما چون می‌خواهیم یک پوشش فلزی متراکم روی زیرلایه ایجاد کنیم، به روش لایه‌نشانی دورانی نمی‌توان پوششش فلزی متراکم ایجاد کرد. با سایر روش‌ها می‌توان پوشش فلزی متراکم ایجاد نمود.

سوال (۱۱)

پاسخ: گزینه ب

همه گزینه‌ها به جز گزینه (ب) صحیح هستند، اگر حلالیت ماده A در محلول افزایش یابد میزان فوق اشباع در حقیقت کم می‌شود و در نتیجه هسته‌زایی کاهش می‌یابد.

سوال (۱۲)

پاسخ: گزینه د

در فرایند سل-ژل، اگر خشک کردن در شرایط فوق بحرانی انجام شود، ساختار آئروژل تشکیل می‌شود، در شرایط فوق بحرانی فشار و دمای محفظه بیشتر از فشار و دمای بحرانی است.



سوال (۱۳)

پاسخ: گزینه الف

گزینه (الف) درست است زیرا حفره‌زایی و شروع تشکیل حباب در یک نقطه از مایع هنگامی رخ می‌دهد که با اعمال امواج فراصوت فشار آن نقطه از مایع کمتر از فشار بخار مایع گردد.

گزینه (ب) نادرست است زیرا حباب تشکیل شده بدون انرژی ورودی قادر به تحمل فشار مایع اطراف نخواهد بود و در نتیجه این فشار فروخواهد پاشید. بنابراین حباب در مرحله تشکیل و رشد نیازمند جذب انرژی از امواج فرا صوت است.

گزینه (ج) نادرست است زیرا فروپاشی حباب‌های تشکیل شده در محیط واکنش سونوشیمی به صورت آبی در حدود چند میکروثانیه روی می‌دهد و همین زمان کوتاه باعث تشکیل نقاط داغ بصورت موضعی می‌گردد.

گزینه (د) نادرست است زیرا حفره‌زایی شامل ایجاد، رشد تدریجی و در نهایت انفجار یک سری حباب‌ها در اثر اعمال امواج فراصوت به محلول می‌باشد که موجب تولید موج ضربه‌ای می‌شود. انرژی ناشی از این موج برای شکستن پیوندهای کووالانسی (پیوند درون مولکولی)، همگن‌سازی انجام برخی واکنش‌های ضربه‌ای شیمیایی مخصوصا سنتز نانوذرات، سنتز مواد آلی و... استفاده می‌شود.

سوال (۱۴)

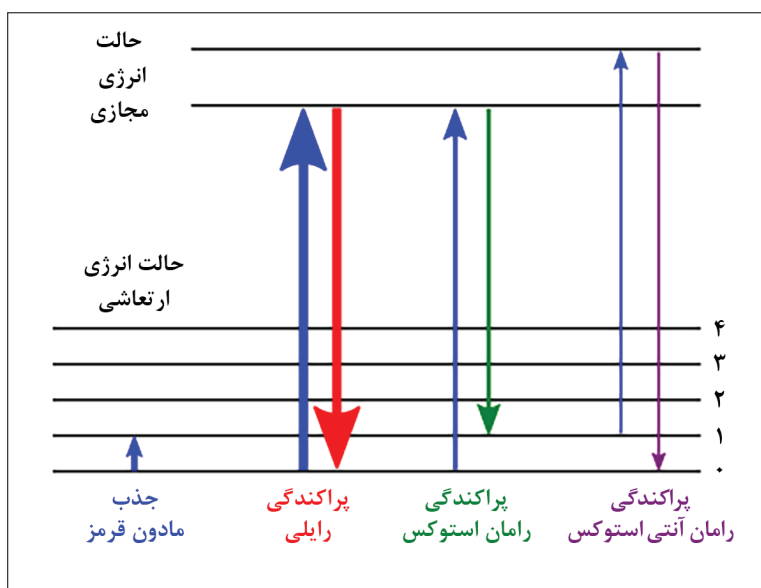
پاسخ: گزینه د

به کمک میکروسکوپ تونلی روبشی (STM) و همچنین میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) می‌توان تصویر توپوگرافی از سطح لایه‌های نازک با قدرت تفکیک بالا بدست آورد.

سوال (۱۵)

پاسخ: گزینه ج

پراکندگی رایلی هنگامی رخ می‌دهد که اندازه ذرات کوچکتر از طول موج فرودی باشد و تغییری در انرژی موج ایجاد نشود. این نوع پراکندگی تحت عنوان پراکندگی کشسان نیز شناخته می‌شود. نوع دیگر پراکندگی، رامان نامیده می‌شود و طی آن انرژی فوتون تابیده شده به مولکول‌های ماده منتقل شده و طول موج اولیه تغییر می‌کند. این تغییرات انرژی که می‌تواند کاهشی و یا افزایشی باشد، وابسته به انرژی لازم برای ارتعاش یا چرخش مولکول‌های گونه پراکنده کننده نور است. اگر طول موج پرتو تابیده شده پس از برخورد به ذره، افزایش یابد (انرژی کاهش یابد) پراکندگی رامان نوع استوکس شناخته می‌شود. برعکس، اگر انرژی موج پراکنده شده نسبت به انرژی اولیه افزایش یابد، آنتی استوکس نامیده می‌شود. معمولا شدت تفرق آنتی استوکس کمتر بوده و برای بررسی تغییرات فرکانس ناشی از تفرق رامان، نوع استوکس ثبت می‌شود. از آنجایی که اثر رامان ناچیز است، از لیزر به عنوان منبع نوری تک طول موج تفرق رامان استفاده می‌شود. شکل زیر انواع برهمکنش‌های امواج الکترومغناطیس با نمونه را نشان می‌دهد.





سوال (۱۶)

پاسخ: گزینه ب

میزان درصد کاهش وزن برای نمونه حامل برابر ۵ درصد بوده است. از آنجایی که دارو تا دمای ۸۰۰ درجه کاملاً به صورت تخریب می‌شود و کاهش وزن آن ۱۰۰ درصدی است، اختلاف وزن از دست رفته در نمونه‌های حامل و حامل + دارو در حقیقت نشان دهنده‌ی وزن دارو در نمونه حامل + دارو است.

برای محاسبه این درصد وزنی دارو در نمونه دارو + حامل، فرض می‌کنیم ۱۰۰ گرم دارو + حامل داشته باشیم، در این صورت اگر X گرم آن دارو باشد، $100 - X$ گرم آن حامل است. چون دارو + حامل ۱۲٫۵ درصد کاهش وزن داشته، بنابراین می‌توان گفت که مقدار کاهش وزن دارو + حامل، ۱۲٫۵ گرم است. که از این ۱۲٫۵ گرم، X گرم آن مربوط به دارو و بقیه مربوط به حامل است. بنابراین می‌توان نوشت:

$$12.5 = x + (0.05)(100 - x)$$

با حل معادله بالا، مقدار X برابر است با: ۷٫۸۹ گرم. چون وزن دارو + حامل را ۱۰۰ گرم در نظر گرفته بودیم، پس می‌توان گفت که ۷٫۸۹ درصد از وزن دارو + حامل متعلق به دارو بوده است. بنابراین گزینه ب صحیح است.

سوال (۱۷)

پاسخ: گزینه الف

مشکل مطرح شده در گزینه الف چالشی برای دارورسانی فعال نیز می‌باشد. ممکن است ترکیبات داخل خون به سطح ذرات چسبیده و مولکول‌های مورد کاربرد در دارورسانی هدفمند را بپوشانند و در نتیجه این مولکول‌ها نتوانند به گیرنده‌های سطحی اتصال برقرار کنند.

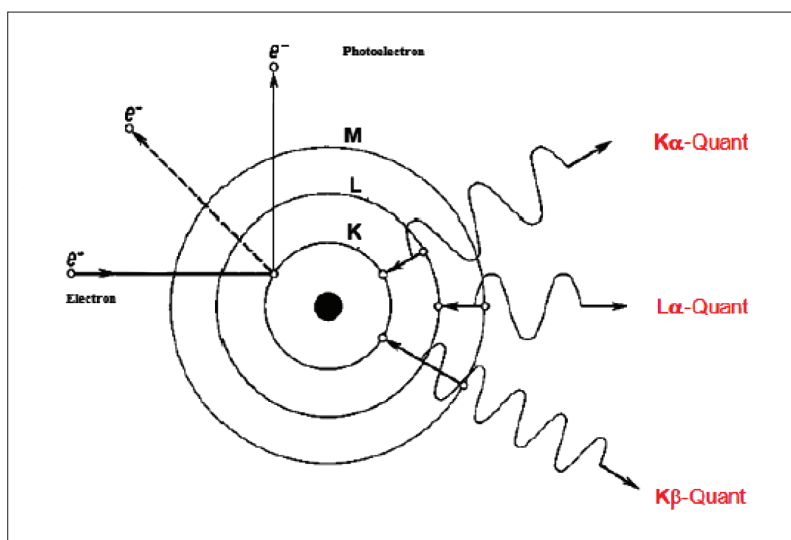
سوال (۱۸)

پاسخ: گزینه الف

همانطور که در شکل زیر نشان داده شده است، انرژی پیک K_{α} برابر با اختلاف انرژی بین ترازهای L و K و انرژی پیک K_{β} برابر با اختلاف انرژی بین ترازهای M و K است. بنابراین گزینه الف صحیح است.

انرژی پیک L_{α} برابر با اختلاف انرژی بین ترازهای L و M است. که در گزینه (ب) و (ج) به اشتباه گفته شده، L و K . بنابراین گزینه (ب) و (ج) نادرست هستند.

انرژی پیک L_{β} برابر با اختلاف انرژی بین ترازهای L و M و انرژی پیک L_{α} برابر با اختلاف انرژی بین ترازهای L و N است. اختلاف انرژی بین ترازهای M و L کمتر از اختلاف انرژی N و L است، به همین خاطر انرژی L_{α} کمتر از L_{β} است، بنابراین گزینه (د) نادرست است.





سوال (۱۹)

پاسخ: گزینه ج

باتوجه به داده‌های مساله می‌توان تعداد کل مکان‌های فعال روی سطح کاتالیست را محاسبه نمود:

$$\text{تعداد کل مکان فعال کاتالیستی روی سطح کاتالیست} = 600 \times 10^{12} \mu\text{m}^2 \text{g}^{-1} \times 200 \mu\text{m}^2 \times 10 \text{ g} = 12 \times 10^{17}$$

چون هر مکان فعال کاتالیستی روی سطح کاتالیست x مکان تبدیل یک مولکول ماده A می‌باشد. با توجه به سرعت واکنش می‌توان زمانی را که تعداد 12×10^{17} مولکول نیاز دارند تا بطور همزمان در سطح کاتالیست واکنش دهند، محاسبه نمود:

$$\frac{12 \times 10^{18} \text{ molecule}}{1 \times 10^{13} \text{ molecule.s}^{-1}} = 12 \times 10^5 \text{ s} = 2000 \text{ min}$$

که نشان می‌دهد با توجه به تعداد کل مکان‌های فعال در سطح کاتالیست، در هر ۲۰۰۰ دقیقه امکان تبدیل تعداد 12×10^{18} مولکول ماده A وجود دارد. اما با توجه به اینکه تنها ۱۰۰ دقیقه زمان داریم با استفاده از یک تناسب ساده می‌توان تعداد کل مولکول‌های A که در این مدت زمان امکان تبدیل روی سطح کاتالیست دارند را محاسبه نمود:

$$\frac{2000}{100} = \frac{12 \times 10^{18} \text{ molecule}}{x}$$

$$x = 6 \times 10^{16}$$

بنابراین در ۱۰۰ دقیقه در مجموع امکان تبدیل 6×10^{16} مولکول ماده A در سطح کاتالیست وجود دارد. اما از آنجا که تنها تعداد 1×10^{16} مولکول ماده A در ظرف واکنش وجود دارد حداکثر تعداد مولکول‌های تولیدی ماده B برابر با 1×10^{16} مولکول خواهد بود.

سوال (۲۰)

پاسخ: گزینه د

گزینه الف نادرست است، زیرا با افزایش نرخ تولید فیلتر، تنفس‌پذیری کم می‌شود.

گزینه ب نادرست است زیرا استفاده از جمع‌کننده استوانه‌ای دوار منجر به تولید شبکه الیافی همراستا شده که راندمان حذف ویروس را بهتر می‌کند ولی تنفس را سخت‌تر می‌کند.

گزینه ج نادرست است زیرا با افزایش زمان الکتروریسی ضخامت افزایش می‌یابد و سهولت تنفس فرد از دست می‌رود.

گزینه د درست است زیرا مشکلی که پخش کردن نانوذرات نقره در شبکه نانوالیاف دارد امکان خروج آنها از شبکه و ورود به مسیر تنفسی فرد است. چون نانوذرات کروی به محلول پلیمری اضافه می‌شوند، مشکل خروج از شبکه و ورود به سیستم تنفسی حل می‌شود.



(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.
- ✓ پاسخ نهایی 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 پاسخ نهایی ضروری است و در صورت اشتباه بودن توضیحات، پاسخ نهایی نیز پذیرفته نخواهد شد.
- ✓ پاسخ به هر بخش از سوال در قسمت مشخص شده نوشته شود.

سوالات تشریحی و پاسخنامه آنها

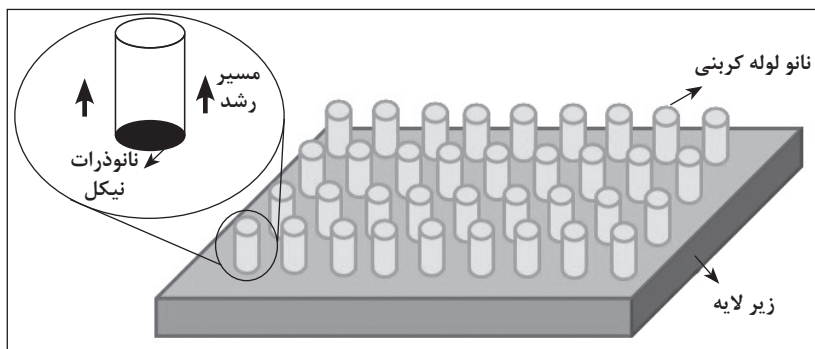
۲۱. به منظور سنتز نانوذرات فلزی ماده M به روش احیای شیمیایی طی واکنش زیر:



که در آن R یک ماده احیاکننده است، هریک از تغییرات زیر چه اثری بر اندازه نانوذرات تولیدشده می‌گذارد؟ دلیل خود را در هر مورد به‌طور خلاصه شرح دهید.

(توضیح: پاسخ هر سوال را در محل‌های مشخص شده بنویسید.)

الف) با افزایش غلظت ماده R به محیط واکنش، اندازه ذره چه تغییری می‌کند؟ چرا؟ اندازه ذرات <i>کوچکتر</i> می‌شود. چون چون با افزایش غلظت ماده R سرعت هتروایز افزایش می‌یابد.	پاسخ مربوط به قسمت الف (۳ نمره)	پاسخ تشریحی را در کادر مربوط بنویسید.
ب) در صورتی که به جای ماده R از ماده Y با قدرت احیا کنندگی ضعیف‌تر استفاده کنیم اندازه ذرات نسبت به حالتی که از ماده R استفاده کرده بودیم چه تغییری می‌کند؟ چرا؟ اندازه ذرات <i>بزرگتر</i> می‌شود. چون چون احیا کننده ضعیفتر هتروایز را کمتر می‌کند و باعث رشد بیشتر هر هترو می‌شود.	پاسخ مربوط به قسمت ب (۳ نمره)	
ج) با افزایش سرعت افزودن ماده R به محیط واکنش، اندازه ذره چه تغییری می‌کند؟ چرا؟ اندازه ذرات <i>کوچکتر</i> می‌شود. چون در صورتیکه عامل کاهنده به صورت ناگهانی اضافه شود، تعداد قابل توجهی کاتیون در یک زمان خشت می‌شوند و می‌توانند هترو ایجاد کنند. در نتیجه هتروایز با نرخ بالایی انجام می‌شود. هتروایز بیشتر منجر به توزیع اتم‌های خشت شده فلزی (با غلظت محصور) روی تعداد بیشتری هترو می‌شود. در نتیجه هر کدام از هتروها رشد کمتری داشته و اندازه نانوذرات کوچکتر می‌شود.	پاسخ مربوط به قسمت ج (۴ نمره)	



۲۲. با استفاده از روش رسوبدهی شیمیایی فاز بخار (CVD) اقدام به سنتز نانولوله‌های کربنی کرده‌ایم. در این روش، از ۱۰۰۰ نانوذره نیکل با قطر ۱۰ nm به عنوان جوانه‌زا برای سنتز نانولوله‌های کربنی استفاده شده است. مطابق شکل شماتیک روبرو، اتم‌های کربن روی نانو ذرات نیکل قرار می‌گیرند و شروع به رشد می‌کنند. به درصدی از نانو ذرات نیکل که در فرآیند رشد شرکت می‌کنند

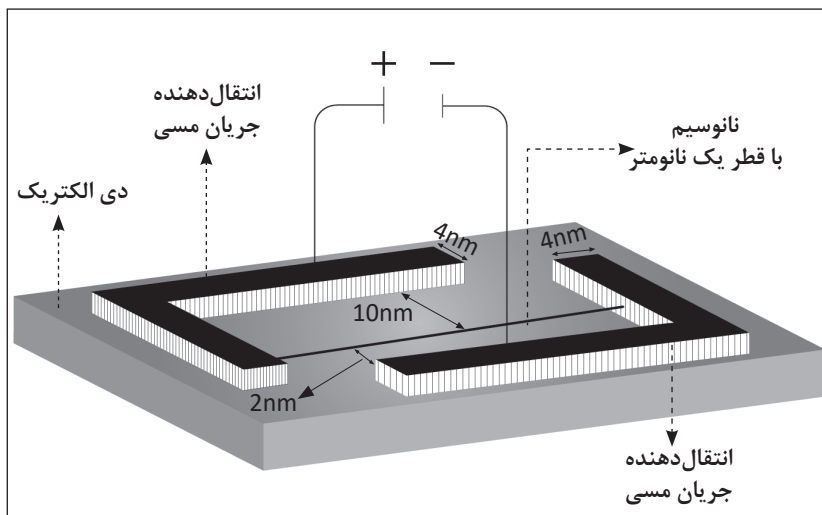
بازده فرآیند گفته می‌شود. در صورتی که بازده فرآیند سنتز ۸۰٪ باشد و نانولوله‌های کربنی مطابق شکل روبرو به صورت کاملاً موازی با هم و عمود بر سطح زیر لایه با سرعت ۳۰ nm/min شروع به رشد کنند، با گذشت ۱۰ دقیقه از شروع فرآیند سنتز، تعداد اتم‌های کربن موجود در ساخت نانولوله‌های کربنی چقدر خواهد بود؟ طول پیوند کربن - کربن برابر با ۱/۵ آنگستروم، عدد π برابر با ۳ و مساحت شش ضلعی برابر با $\frac{2}{5} a^2$ (a طول ضلع شش ضلعی است) در نظر گرفته شود.

پاسخ تشریحی را در کادر مربوط بنویسید. (۱۰ نمره)	بخش اول	از آنجا که در صورت سوال گفته شده که نانولوله‌های کربنی به صورت کاملاً موازی و عمود بر سطح زیر لایه با سرعت ۳۰ nm/min رشد می‌کنند، با گذشت ۱۰ min از فرآیند سنتز، ارتفاع هر یک از نانولوله‌های کربنی ۳۰۰ نانومتر خواهد بود. ابتدا مساحت یک نانولوله کربنی را بدست می‌آوریم: $\text{مساحت نانولوله کربنی} = 2\pi rh = 2 \times 3 \times 5 \times 300 \text{ nm}^2$
	بخش دوم	در ادامه، مساحت یک شش ضلعی را بدست می‌آوریم: $\text{مساحت شش ضلعی} = 2.5a^2 = 2.5 \times (1.5)^2 \times 10^{-2} \text{ nm}^2$
	بخش سوم	برای بدست آوردن تعداد شش ضلعی‌ها در هر نانولوله، کافی است مساحت نانولوله را بر مساحت یک شش ضلعی تقسیم نماییم: $\text{تعداد شش ضلعی شش‌ها} = \frac{\text{مساحت نانو لوله کربنی}}{\text{مساحت یک شش ضلعی}} = \frac{2 \times 3 \times 5 \times 300}{2.5 \times 1.5 \times 1.5 \times 10^{-2}} = 160000$ در هر شش ضلعی، ۶ اتم کربن وجود دارد، که این اتم‌ها بین ۳ شش ضلعی مشترک هستند، بنابراین می‌توان گفت که در هر شش ضلعی، ۲ اتم کربن وجود دارد. بنابراین با دو برابر کردن تعداد شش ضلعی‌هایی که در بالا بدست آوردیم، تعداد اتم‌های کربن در هر نانولوله بدست خواهد آمد. $\text{تعداد اتم های کربن در هر نانولوله} = 2 \times 160000 = 320000$
	بخش چهارم	از طرفی چون از ۱۰۰۰ ذره نیکل استفاده کرده‌ایم و بازده سنتز ۸۰ درصد است، تعداد کل اتم‌های کربن برابر است با: $\text{تعداد اتم های کربن} = 320000 \times 1000 \times 0.8 = 2.56 \times 10^8$



۲۳. پژوهشگری فلز روی (Zn) را روی زیر لایه شیشه‌ای به روش کندوپاش (اسپاترینگ) لایه‌نشانی کرده است. او در این آزمایش موفق به لایه‌نشانی لایه‌ای به ضخامت ۲۰۰ نانومتر روی زیر لایه شده است. او می‌خواهد با تغییر پارامترهای زیر، ضخامت لایه و نرخ کندوپاش (آهنگ کندوپاش) را تغییر دهد. تاثیر هریک از پارامترهای زیر را روی ضخامت لایه و نرخ کندوپاش بیان نمایید. پاسخ خود در مورد تغییرات نرخ کندوپاش و ضخامت لایه را با علامت زدن در کادرهای مربوطه مشخص نمایید و دلیل پاسخ‌تان را در محل مربوطه بنویسید.

۱- با افزایش جرم اتمی گاز بی اثر، نرخ کندوپاش ☒ افزایش می‌یابد. ☒ کاهش می‌یابد. و ضخامت لایه ☒ بیشتر می‌شود. ☐ کمتر می‌شود. تغییر نمی‌کند. ☐ تغییر نمی‌کند. دلیل: هر چه جرم اتمی گاز بی اثر بیشتر باشد، در هنگام برخورد گاز بی اثر با هدف، انرژی منتقل شده به هدف بیشتر شده و تعداد اتم‌های بیشتری از ماده هدف کنده می‌شود، در نتیجه نرخ کندوپاش افزایش می‌یابد و ضخامت لایه نیز بیشتر می‌شود.	پاسخ مربوط به تاثیر جرم اتمی گاز بی اثر (۲/۵ نمره)	
۲- با افزایش فاصله زیر لایه تا هدف، نرخ کندوپاش ☐ افزایش می‌یابد. ☒ کاهش می‌یابد. و ضخامت لایه ☐ بیشتر می‌شود. ☒ کمتر می‌شود. تغییر نمی‌کند. ☐ تغییر نمی‌کند. دلیل: هر چه فاصله زیر لایه تا هدف بیشتر باشد، اتم‌های کنده شده از سطح ماده هدف می‌تواند به سطح زیر لایه پیش رو خواهند داشت، در نتیجه احتمال رسیدن شان به زیر لایه کاهش می‌یابد. و ممکن است در مسیر خود با برخورد با یون‌ها و اتم‌های دیگر انرژی شان را از دست بدهند و به سطح زیر لایه نرسند. بنابراین با افزایش فاصله زیر لایه تا هدف، ضخامت لایه کاهش می‌یابد و نرخ کندوپاش نیز کمتر می‌شود.	پاسخ مربوط به تاثیر فاصله زیر لایه تا هدف (۲/۵ نمره)	پاسخ تشریحی را در کادر مربوطه بنویسید.
۳- با افزایش فشار محفظه در هنگام کندوپاش، نرخ کندوپاش ☐ افزایش می‌یابد. ☒ کاهش می‌یابد. و ضخامت لایه ☐ بیشتر می‌شود. ☒ کمتر می‌شود. تغییر نمی‌کند. ☐ تغییر نمی‌کند. دلیل: هر چه فشار محفظه در حین کندوپاش زیاد باشد، اتم‌های کنده شده از سطح هدف با اتم‌ها و مولکول‌های هوای بیشتری برخورد خواهند داشت، و در اثر این برخوردها انرژی شان را از دست داده و طول پویش آزاد می‌نمایند آنها نیز کم می‌شود. از طرفی در صورت بیشتر شدن فشار محفظه، برخورد یون‌های آگلول با مولکول‌های هوا قبل از برخورد به هدف بیشتر می‌شود و ممکن است در اثر این برخوردها مسیر حرکت یون‌های آگلول تغییر کند و همچنین انرژی آنها کم شود. در نتیجه اتم‌های آگلول کمتر و کم انرژی‌تری به هدف می‌رسند، در نتیجه نرخ کندوپاش کاهش می‌یابد و ضخامت لایه نیز کمتر می‌شود.	پاسخ مربوط به تاثیر فشار محفظه در هنگام کندوپاش (۲/۵ نمره)	
۴- در صورت استفاده از میدان مغناطیسی، نرخ کندوپاش ☒ افزایش می‌یابد. ☒ کاهش می‌یابد. و ضخامت لایه ☒ بیشتر می‌شود. ☐ کمتر می‌شود. تغییر نمی‌کند. ☐ تغییر نمی‌کند. دلیل: در صورت استفاده از میدان مغناطیسی علاوه بر میدان الکتریکی، یون‌ها در یک مسیر مارپیچی به سمت هدف حرکت می‌کنند و در طول این مسیر اتم‌های بیشتری یونیزه می‌شوند و در نتیجه چگالی پلاسما در نزدیکی ماده هدف افزایش می‌یابد، از طرفی یون‌ها با انرژی بیشتری به ماده هدف برخورد می‌کنند. در نتیجه تعداد یون‌های بیشتری به ماده هدف برخورد کرده و احتمال کنده شده اتم‌ها از سطح ماده هدف افزایش می‌یابد. بنابراین نرخ کندوپاش و ضخامت لایه افزایش می‌یابد.	پاسخ مربوط به استفاده از میدان مغناطیسی (۲/۵ نمره)	



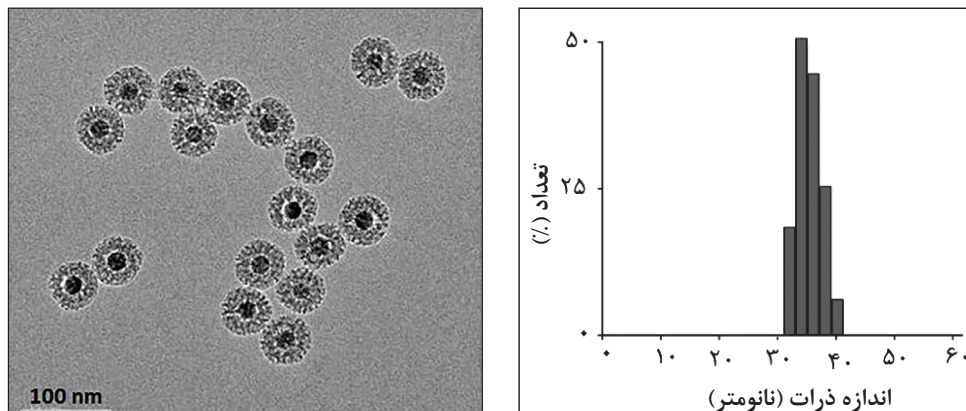
۲۴. با عبور جریان با شدت یک میکرو آمپر از یک نانوسیم خالص به قطر یک نانومتر با مقاومت الکتریکی ویژه بالا، نور مرئی ساطع می‌شود. وقتی این نانوسیم درون مدار شکل روبرو قرار می‌گیرد، با عبور جریان با شدت یک میکرو آمپر از مدار، نور مرئی ساطع نمی‌شود. در این مدار از دو انتقال دهنده جریان مسی که یکی به قطب مثبت و دیگری به قطب منفی وصل می‌شود، استفاده شده است. نانو سیم مورد نظر با قطر یک نانومتر بخشی از این مدار را تشکیل می‌دهد. مطابق شکل فاصله این نانو سیم از انتقال دهنده جریان مسی بالایی ۱۰ نانومتر و از انتقال دهنده پایینی ۲ نانومتر است.

الف- علت ساطع نشدن نور مرئی چیست؟ ب- برای رفع این مشکل چه کاری باید انجام داد؟

به هر حال جریان یک میکرو آمپر از مدار عبور می‌کند به همین دلیل الکترون‌ها از مدار خارج نشوند مجبور هستند از سیم عبور کنند و طبق صورت سوال زمانی که الکترون‌ها با جریان یک میکرو آمپر از سیم عبور کنند، سیم باید نور مرئی تولید کنند. به همین دلیل الکترون‌ها از مدار عبور کرده‌اند ولی برخی از آن‌ها از سیم عبور نکرده‌اند. به علت نزدیکی نانو سیم و انتقال دهنده می‌زیرین و مقاومت بالای نانو سیم، برخی از الکترون‌ها از سیم متقیماً وارد انتقال دهنده زیرین می‌شوند و به طور کامل از سیم عبور نمی‌کنند و تونل زنی الکترونی رخ می‌دهد.	پاسخ تشریحی را در کادر مربوط بنویسید. پاسخ مربوط به قسمت الف (۷ نمره)
برای رفع این مشکل باید فاصله انتقال دهنده جریان پایینی از نانو سیم را بیشتر کرد تا مثل انتقال دهنده جریان بالایی، الکترون‌ها نتوانند تونل بزنند و مجبور شوند از درون نانو سیم عبور کنند.	پاسخ مربوط به قسمت ب (۳ نمره)



۲۵. محقق نانوذرات با ساختار هسته پوسته را از طریق روش‌های شیمیایی، سنتز کرده است. پوسته ساختاری متخلخل دارد. در شکل زیر تصاویر میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) و نتایج آنالیز پراکندگی دینامیکی نور (DLS) نشان داده شده است. با توجه به شکل، به سوالات زیر پاسخ دهید.



الف) اندازه ذرات در چه بازه‌ای قرار دارد؟

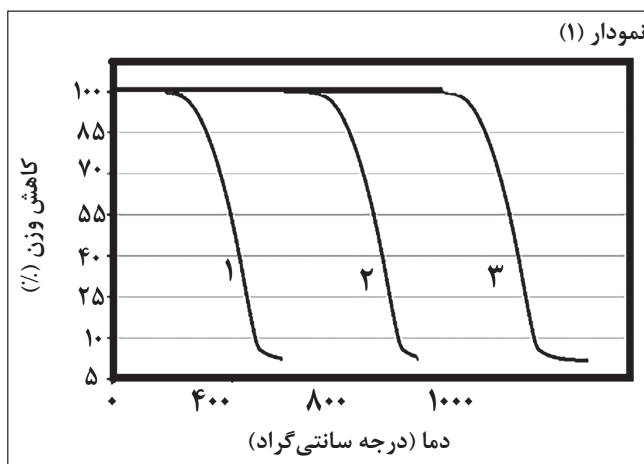
ب) توزیع اندازه ذرات با توجه به آنالیزهای گرفته شده چگونه است؟

ج) در صورتی که فقط بخواهیم عناصر پوسته را شناسایی کنیم، کدام روش مشخصه‌یابی را پیشنهاد می‌دهید؟ دلیل انتخاب خود را بیان کنید.

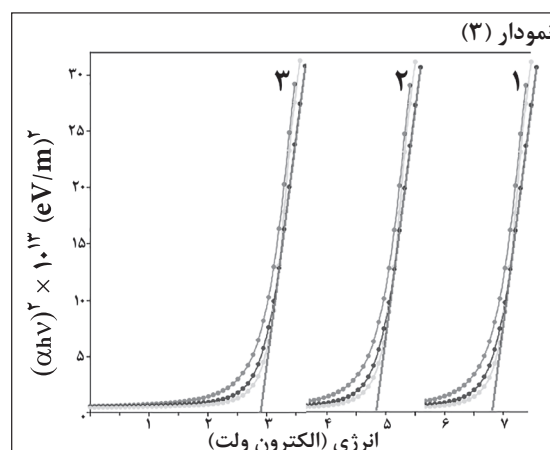
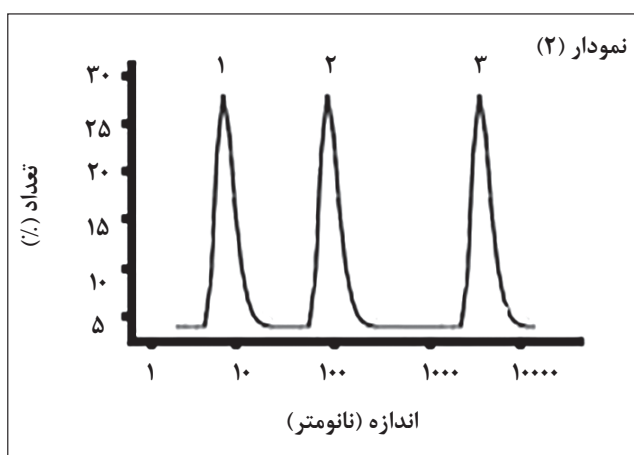
د) در صورتی که بخواهیم از این نانوذرات در تصفیه آب استفاده کنیم، جهت بررسی توانایی جذب مولکول‌های آلاینده از طریق حفرات و تخلخل‌های ساختاری کدام آنالیز را پیشنهاد می‌دهید؟ دلیل انتخاب خود را بیان کنید.

با توجه به نتایج آنالیز TEM و DLS اندازه ذرات تقریباً در محدوده بین ۳۰ تا ۴۰ نانومتر و به صورت کروی اند.	پاسخ مربوط به قسمت الف (۱ نمره)	پاسخ تشریحی را در کادر مربوط بنویسید.
از تصویر TEM مشخص می‌شود که شکل و اندازه ذرات بسیار نزدیک به هم می‌باشد. این امر از طریق نتیجه آنالیز DLS نیز تأیید شده است و توزیع اندازه ذرات در نتایج DLS باریک و هم اندازه بوده و نتیجه نزدیک به نتایج آنالیز TEM است.	پاسخ مربوط به قسمت ب (۲ نمره)	
از آنجایی که ضخامت پوسته در حدود ۵ تا ۱۰ نانومتر است باید روشی پیشنهاد شود که عمق نفوذ کمتری داشته باشد که مناسب‌ترین روش آنالیز XPS است.	پاسخ مربوط به قسمت ج (۳/۵ نمره)	
بهترین روش برای مطالعه حفرات و تخلخل‌های ساختاری آنالیز تعیین سطح ویژه یا BET است.	پاسخ مربوط به قسمت د (۳/۵ نمره)	

۲۶. سه ماده نانوساختار سنتز و با شماره‌های ۱، ۲ و ۳ نامگذاری شده‌اند. این سه ماده با روش‌های مختلف شناسایی شامل طیف سنجی مرئی-فرابنفش (UV-vis) و آنالیز توزین حرارتی (TGA) و پراکندگی نور دینامیکی (DLS) مورد بررسی قرار گرفته‌اند. نمودارهای زیر نتایج حاصل از آنالیز DLS و TGA و نمودار Tauc که از آنالیز UV-vis به دست آمده را نمایش می‌دهد. برای هر کدام از کاربردهای زیر به این سوالات پاسخ دهید. (پاسخ‌های خودتان را در هر قسمت، در کادرهای مربوطه بنویسید).



برای هر یک از کاربردها، کدام نمونه بهتر است؟
با کمک داده‌های حاصل از کدام آنالیز و کدام نمودار این ماده را انتخاب کرده‌اید؟
دلیل انتخاب شما براساس کدام خاصیت ماده بوده است؟



کاربرد الف) ساخت بدنه داخلی کوره الکتریکی

شماره ماده: شماره ۳ نام آنالیز: آنالیز توزین حرارتی (TGA) شماره نمودار: نمودار شماره ۱
دلیل انتخاب (خاصیت ماده): زیرا ماده شماره ۳ مقاومت حرارتی بالاتری دارد و نسبت به دو نمونه دیگر دیرگدازتر است.

پاسخ مربوط
به قسمت الف
(نمره ۳/۲۵)

کاربرد ب) ساخت لایه مقاوم به خوردگی

شماره ماده: شماره ۳ نام آنالیز: آنالیز پراکندگی رینامیکی نور (DLS) شماره نمودار: نمودار شماره ۲
دلیل انتخاب (خاصیت ماده): اندازه ذره بزرگتر هرچه اندازه ذرات کوچکتر باشد، مرزدانه‌ها بیشتر شده و خوردگی نیز بیشتر می‌شود. بنابراین ماده شماره ۱ که اندازه ذرات نانومتری دارد نسبت به ماده شماره ۳ که اندازه ذرات میکرونی دارد، بیشتر خورده می‌شود. بنابراین ماده شماره ۳ برای ساخت لایه مقاوم به خوردگی مناسب‌تر از دو ماده دیگر است.

پاسخ مربوط
به قسمت ب
(نمره ۳/۲۵)

کاربرد ج) ساخت دیود

شماره ماده: شماره ۳ نام آنالیز: طیف سنجی مرئی-فرابنفش (UV-vis) شماره نمودار: نمودار شماره ۳
دلیل انتخاب (خاصیت ماده): نیم رسانایی: دیود از اتصال یک نیم رسان نوع n به یک نیم رسان نوع p تشکیل شده است. طبق نمودار تغییرات $\alpha h\nu$ بر حسب $h\nu$ که از داده‌های طیف سنجی مرئی-فرابنفش رسم شده است تنها ماده شماره ۳ نیم رسان است. معمولاً گاف انرژی در نیم رسان‌ها در بازه ۰/۵ تا ۳/۵ الکترون ولت است. اما در نان‌ها این گاف بالاتر از ۳/۵ الکترون ولت است که این اندازه به قدری بزرگ است که انتقال الکترون‌ها از نوار ظرفیت به نوار رسانش به قدر قابل توجهی در صورت اعمال انرژی صورت نمی‌گیرد و به همین دلیل از آنها به عنوان عایق الکتریکی یاد می‌شود.

پاسخ مربوط
به قسمت ج
(نمره ۳/۲۵)

پاسخ تشریحی را در کادر مربوطه بنویسید.