باسمه تعالی
جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش و پرورش
باشگاه دانش‌پژوهان جوان

مبارزهٔ علمی برای جوانان، زنده‌کردن روح جست‌وجو و کشف واقعیّت‌هاست. «امام خمینی (ره)»

دفترچهٔ سؤالات مرحلهٔ دوم

شانزدهمین دورهٔ المپیاد علوم وفناوری نانو (چند گزینه‌ای–تستی)

سال تحصیلی ۱۴۰۴-۱۴۰۳

تاریخ : ۱۴۰۴/۱/۲۴ - ساعت : ۱۴:۰۰ - مدت : ۶۰ دقیقه - نوع : چندگزینه‌ای

توضیحات مهم

استفاده از هرنوع ماشین‌حساب مجاز است.

۱- بلافاصله پس از آغاز آزمون، تعداد سؤالات داخل دفترچه و همهٔ برگه‌های دفترچهٔ سؤالات را بررسی نمایید. در صورت هرگونه نقص در دفترچه، در اسرع وقت مسئول جلسه را مطّلع کنید.

۲- یک برگ پاسخ‌برگ در اختیار شما قرار گرفته که مشخّصات شما بر روی آن نوشته شده است. در صورت نادرست بودن آن، در اسرع وقت مسئول جلسه را مطّلع کنید. ضمناً مشخّصات خواسته‌شده در پایین پاسخ‌برگ را با مداد مشکی بنویسید.

۳- برگهٔ پاسخ‌برگ را دستگاه تصحیح می‌کند؛ پس آن را تا نکنید و تمیز نگه دارید و به علاوه، پاسخ هر پرسش را با مداد مشکی نرم در محلّ مربوط علامت بزنید. لطفاً خانهٔ مورد نظر را کاملاً سیاه کنید.

٤- دفترچهٔ سؤال باید همراه پاسخ‌برگ تحویل داده شود.

٥- پاسخ درست به هر پرسش ۳ نمرهٔ مثبت و پاسخ نادرست ۱ نمرهٔ منفی دارد.

٦- شرکت‌کنندگان در دورهٔ تابستانی از بین دانش‌آموزان پایه‌های دهم، یازدهم و دوازدهم انتخاب می‌شوند.

۷- از مخدوش کردن بارکدها و مربع‌ها در چهارگوشهٔ صفحه در دفترچهٔ پاسخ‌برگ جداً خودداری کنید. در غیر این صورت برگهٔ شما تصحیح نخواهد شد.

۸- همراه داشتن هر گونه کتاب، جزوه، یادداشت و لوازم الکترونیکی نظیر تلفن همراه، ساعت هوشمند، دستبند هوشمند و لپتاپ ممنوع است. همراه داشتن این قبیل وسایل حتی اگر از آن استفاده نکنید یا خاموش باشد تقلب محسوب خواهد شد.

۹- این دفترچه شامل ۲۰ سوال و با احتساب جلد، ۶ برگ است.

کلّیهٔ حقوق این سؤالات برای باشگاه دانش‌پژوهان جوان محفوظ است.
آدرس پایگاه اینترنتی: ysc.medu.gov.ir

مرحلهٔ دوم شانزدهمین دورهٔ المپیاد علوم و فناوری نانو (دفترچه سوالات تستی)

۱- پژوهشگری به کمک روش لایه‌نشانی تبخیری، لایه نازکی از فلز مس را روی یک زیرلایه فلزی به ابعاد ۵ در ۵ سانتی‌متر مربع می‌نشاند. در طول فرآیند جوانه‌زنی و رشد، سرعت رشد جانبی جوانه‌ها، x نانومتر بر ثانیه و سرعت رشد عمود بر زیرلایه، y نانومتر بر ثانیه است. چنانچه فاصله بین مراکز هسته‌ها به طور متوسط حدود ۲۰۰ نانومتر باشد، نسبت x به y برای تشکیل فیلمی به ضخامت ۵۰ نانومتر با بیشترین تراکم چقدر خواهد بود؟ (قطر اولیه هسته‌ها را برابر با ۱۰ نانومتر، ضخامت اولیه را دو لایه اتمی و چگالی فلز مس را ۸/۹۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب در نظر بگیرید.)

۱) ۱/۵

۲) ۱/۹

۳) ۲/۲

۴) ۳/۳

۲ - یک شرکت الکترونیکی به دنبال توسعه یک باتری هوشمند است که بتواند میزان شارژ خود را به صورت بصری (قابل دیدن) نشان دهد. کدام یک از مواد هوشمند زیر برای ساخت چنین باتری استفاده می‌شود و چه مکانیزمی برای نشان دادن میزان شارژ پیشنهاد می‌کنید؟

۱) مواد الکتروکرومیک - نوار رنگی روی باتری

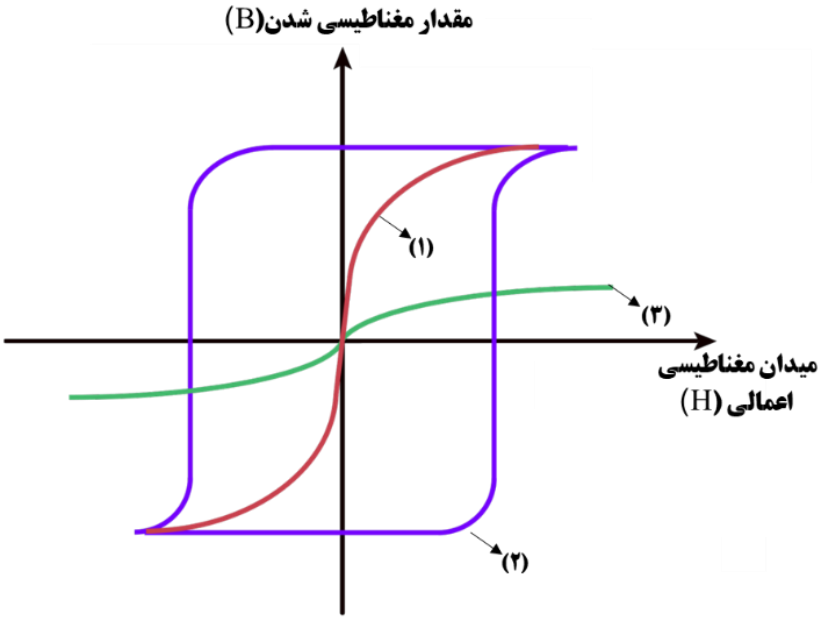
۲) مواد مکانوکرومیک - خم شدن خودکار باتری

۳) مواد فوتوکرومیک - نوار رنگی روی باتری

۴) مواد حافظه شکلی - خم شدن خودکار باتری

۳- دانش‌آموزی به دنبال سنتز نانوذراتی است که از خود رفتار ابرپارامغناطیس نشان دهند. وی سه نانوماده مختلف را سنتز کرده و با استفاده از نتایج آزمون VSM (آزمون بررسی خواص مغناطیسی مواد)، منحنی‌های نشان داده شده در شکل زیر بدست آمده است. به نظر شما، او موفق به سنتز نانوذرات ابرپارامغناطیس شده است؟

مرحلهٔ دوم شانزدهمین دورهٔ المپیاد علوم و فناوری نانو (دفترچه سوالات تستی)



۱) بله- نمودار شماره (۱) مربوط به نانوذرات ابرپارامغناطیس است.

۲) بله- نمودار شماره (۲) مربوط به نانوذرات ابرپارامغناطیس است.

۳) بله- نمودار شماره (۳) مربوط به نانوذرات ابرپارامغناطیس است.

۴) خیر- هیچ یک از نانومادهٔ های سنتز شده خاصیت ابرپارامغناطیس ندارند.

۴- یک گروه تحقیقاتی موفق به تولید نوعی از سلول‌های خورشیدی نسل چهارم شده است. این گروه برای ایجاد کارایی مناسب، نیاز به بهبود انتقال حفرات در این سلول‌ها دارند. بدین منظور لایه نازک نانومتری طلا، روی سلول‌ها پوشش داده‌اند. ضخامت این لایه نازک در حدود ۵۰ نانومتر است. کدامیک از عبارات زیر، نقش طلا را در بهبود انتقال حفرات برای سلول‌ها به درستی بیان می‌کند؟

۱) لایه نازک نانومتری اعمال شده، منجر به بهبود انتقال حفرات می‌شود.

۲) طلا توانایی بالایی برای انتقال حفرات ندارد و باید از نانولوله‌های کربنی استفاده شود.

۳) اگرچه طلا توانایی بالایی برای انتقال حفرات دارد، اما باید از لایه‌ای ناپیوسته برای این کار استفاده شود.

۴) با توجه به توانایی محدود طلا در انتقال حفرات، افزایش ضخامت لایه‌های نانومتری در حدود ۱۰ نانومتر، کارایی سلول را بهبود می‌بخشد.

مرحلهٔ دوم شانزدهمین دورهٔ المپیاد علوم و فناوری نانو (دفترچه سوالات تستی)

۵- کدام یک از نانوساختارهای زیر همزمان سه خاصیت فوتوکاتالیستی، پیزوالکتریکی و پیروالکتریکی را داراست؟

۱) نانوساختار اکسید تیتانیوم با شبکه بلوری آناتاز (Anatase)

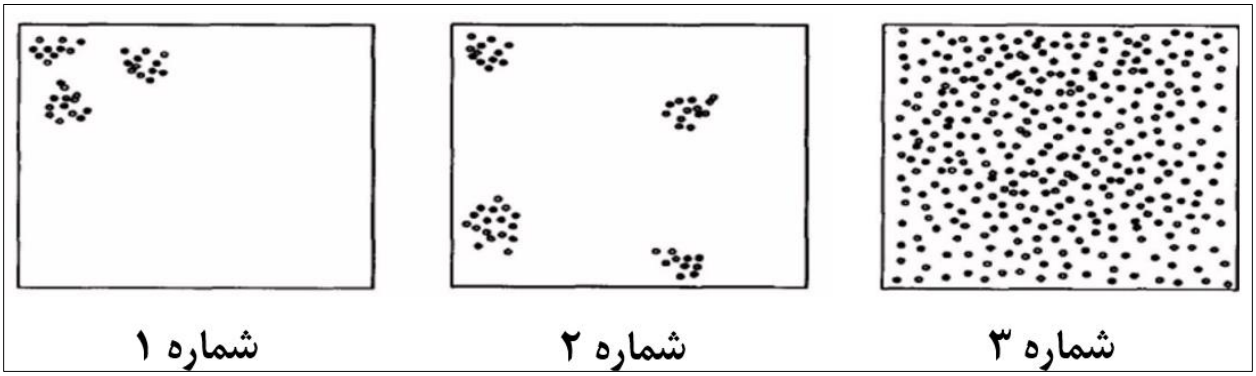
۲) نانوساختار اکسید روی با شبکه بلوری رویِ‌بلند (Zincblende)

۳) نانوساختار اکسید تیتانیوم با شبکه بلوری روتایل (Rutile)

۴) نانوساختار اکسید روی با شبکه بلوری ورتزیت (Wurtzite)

۶- در شکل‌های شماره ۱، ۲ و ۳ نحوه قرارگیری نانوذرات در زمینه پلیمری نشان داده شده است. نقطه‌های مشکی‌رنگ، معرف نانوذرات و زمینه سفیدرنگ، معرف زمینه پلیمری است. چند عبارت زیر درست است؟

- شکل شماره ۱ می‌تواند مربوط به قرارگیری نانو ذرات سیلیکا در بستر پلی‌اتن باشد.
- شکل شماره ۲ می‌تواند مربوط به قرارگیری نانو لوله‌های کربنی در بستر پلی‌آمید باشد.
- شکل شماره ۳ می‌تواند مربوط به قرارگیری نانو ذرات سیلیکا در بستر پلی‌آمید باشد.



۱) صفر

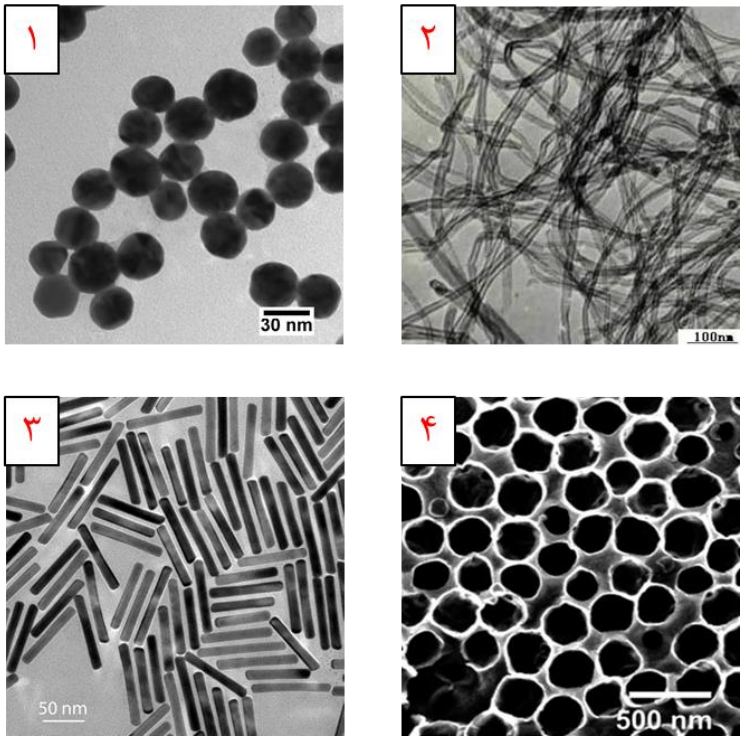
۲) یک

۳) دو

۴) سه

مرحلهٔ دوم شانزدهمین دورهٔ المپیاد علوم و فناوری نانو (دفترچه سوالات تستی)

۷- در چه تعداد از حالت‌های ریخت شناسی (مورفولوژی) در نانومواد فلزی (در شکل‌های ۱ تا ۴)، الکترون‌ها فقط با یک طول موج مشخص جفت می‌شوند و پلاسمون سطحی ایجاد می‌کنند؟



۱) ۱

۲) ۲

۳) ۳

۴) ۴

۸- در روش سنتز کندوپاش لیزری بدون استفاده از کاتالیزور، کدامیک از نانومواد کربنی زیر به عنوان محصول نهایی مورد انتظار نیست؟

۱) فولرین

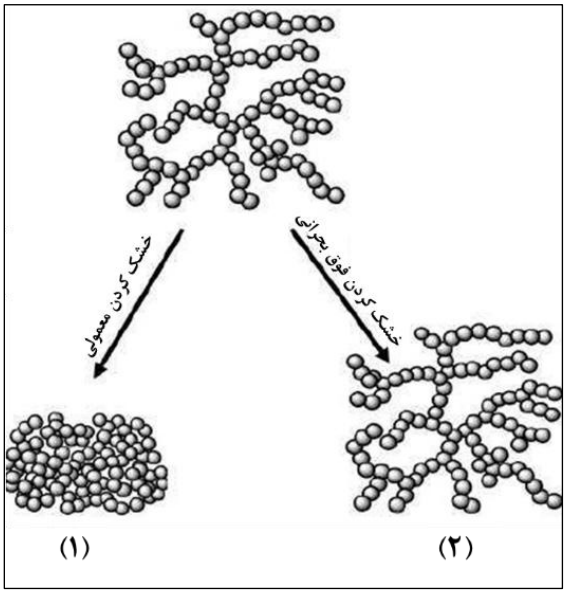
۲) نانولوله کربنی

۳) گرافن

۴) اکسید گرافن

مرحلهٔ دوم شانزدهمین دورهٔ المپیاد علوم و فناوری نانو (دفترچه سوالات تستی)

۹- دانش‌آموزی به کمک یکی از روش‌های مرسوم و ارزان قیمت سنتز نانوذرات اکسید فلزی، محصولات شماره ۱ و ۲ ارائه شده در شکل شماتیک زیر را تولید کرده است. باتوجه به این شکل، کدام مورد درست است؟



۱) این روش سنتز، سل- ژل نام دارد و محصول متراکم‌تر، زیروژل نامیده می‌شود.

۲) این روش سنتز، سالووترمال نام دارد و محصول متراکم‌تر، زیروژل نامیده می‌شود.

۳) این روش سنتز، سل- ژل نام دارد و محصول متراکم‌تر، آئروژل نامیده می‌شود.

۴) این روش سنتز سالووترمال نام دارد و محصول متراکم‌تر، آئروژل نامیده می‌شود.

۱۰- در روش انفجار الکتریکی سیم، می‌توان از سیم‌های آلیاژی رسانا نیز برای سنتز نانوذرات فلزی استفاده کرد. برای سنتز نانولوله‌های آلیاژی مس-آلومینیوم، از دو نوع میله آلیاژی زیر استفاده شده است:

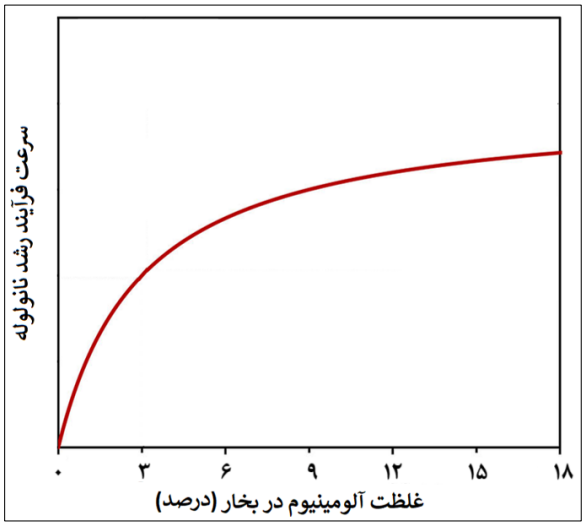
- میله مسی اول حاوی ۵ درصد وزنی آلومینیوم
- میله مسی دوم حاوی ۱۰ درصد وزنی آلومینیوم

مشاهدات نشان می‌دهند که غلظت آلومینیوم در بخار حاصل از تبخیر میله مسی (C) از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$C = \alpha T R^2 \left(\frac{x}{x_0 + x}\right)$$

مرحلهٔ دوم شانزدهمین دورهٔ المپیاد علوم و فناوری نانو (دفترچه سوالات تستی)

در این رابطه، T دمای سیم، R مقاومت الکتریکی سیم، x_0 و x به ترتیب غلظت مس و آلومینیوم در سیم آلیاژی و α ثابت معادله است. به نظر شما، کدام گزینه، مقایسه درستی از طول متوسط نانولوله‌های سنتز شده توسط سیم اولی (L_1) و دومی (L_2) ارائه می‌دهد؟ شکل زیر نمودار سرعت رشد ذرات برحسب غلظت بخار را در این فرآیند نشان می‌دهد.



۱) $L_2 = 2L_1$

۲) $2L_1 > L_2 > L_1$

۳) $2L_1 \gg L_2 \gg L_1$

۴) $L_1 = 2L_2$

۱۱- در چه شرایطی استفاده از تکنیک پراش نوترونی به جای XRD توصیه می‌شود؟

۱) زمانی که نمونه از عناصر بسیار سنگین تشکیل شده باشد.

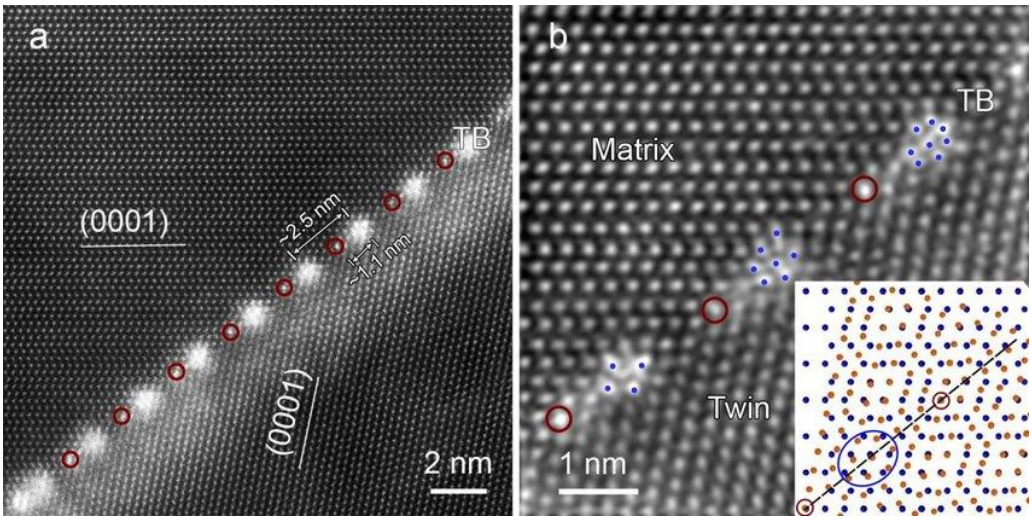
۲) زمانی که نمونه از عناصر بسیار سبک تشکیل شده باشد.

۳) زمانی که نیاز به بررسی ساختار سطحی نمونه باشد.

۴) زمانی که نمونه دارای خواص مغناطیسی قوی باشد.

مرحلهٔ دوم شانزدهمین دورهٔ المپیاد علوم و فناوری نانو (دفترچه سوالات تستی)

۱۲- سه پژوهشگر برای بهبود خواص مکانیکی و حرارتی آلیاژ منیزیم-روی-ایتریوم، ریزساختار آن را مطالعه می‌نمایند. این پژوهشگران برای بررسی نانوخوشه‌ها و فاصله صفحات اتمی در ساختار این آلیاژ، تصاویر میکروسکوپی زیر را تهیه کرده‌اند. به نظر شما این تصاویر چگونه تهیه شده است؟



۱) میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)

۲) میکروسکوپ الکترونی روبشی - تصویربرداری الکترون‌های برگشتی (BSE-SEM)

۳) میکروسکوپ نیروی اتمی - تصویربرداری تماسی (Contact mode-AFM)

۴) میکروسکوپ الکترونی عبوری روبشی- تصویربرداری میدان تاریک حلقوی زاویه بالا (HAADF-STEM)

۱۳- پوششی به ضخامت ۵۰ نانومتر روی سطح یک قطعه اعمال شده و سپس با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی، مورد بررسی قرار گرفته است. با فرض برهم‌کنش غیرالاستیک الکترون‌های برخورد کننده با سطح، تعداد کدام نوع از الکترون‌های تولید شده با تعداد فوتون‌های پرانرژی X گسیل شده برابر است؟

۱) الکترون‌های برگشتی

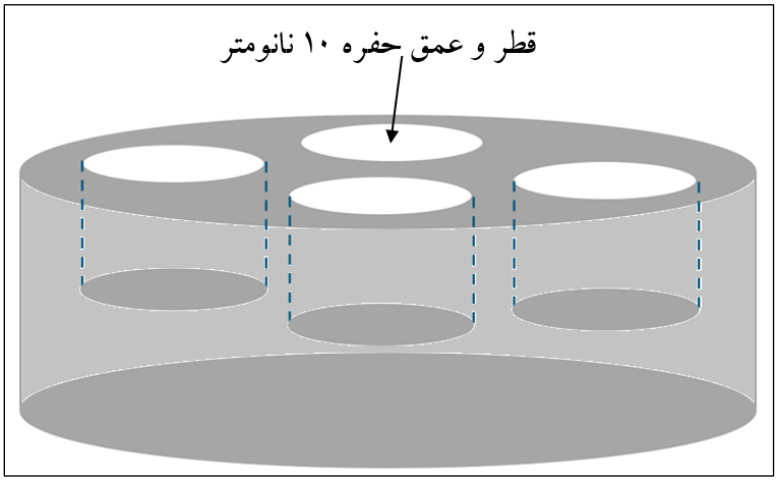
۲) الکترون‌های ثانویه

۳) الکترون‌های اوژه

۴) الکترون‌های عبوری

مرحلهٔ دوم شانزدهمین دورهٔ المپیاد علوم و فناوری نانو (دفترچه سوالات تستی)

۱۴- آرمان و کامران قصد دارند به کمک تصاویر تهیه شده با میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM)، به تخمین قطر حفرات ماده متخلخل زیر بپردازند. سوزن AFM مورد استفاده توسط آرمان، زاویه راس ۲۰ درجه و سوزن AFM مورد استفاده توسط کامران، زاویه راس ۱۵ درجه دارد. قطر حفرات برآورد شده توسط آرمان چه تفاوتی با قطر حفرات برآورد شده توسط کامران دارد؟ (طول سوزن‌های مورد استفاده بیشتر از ۲۰ نانومتر است.)



۱) قطر حفرات برآورد شده توسط هر دو نفر برابر است.

۲) قطر حفرات برآورد شده حدود ۰/۴۵ نانومتر تفاوت دارد.

۳) قطر حفرات برآورد شده حدود ۰/۹۵ نانومتر تفاوت دارد.

۴) قطر حفرات برآورد شده حدود ۱/۴۵ نانومتر تفاوت دارد.

۱۵- همانطور که در شکل مشاهده می‌شود، دیواره‌ی مویرگ‌های خونی بدن انسان توسط سلول‌های اندوتلیال (Endothelial) پوشیده شده است. این سلول‌ها با فاصله‌ی مشخصی نسبت به یکدیگر قرار می‌گیرند و منافذی در میان آن‌ها وجود دارد. قطر این منافذ در بافت‌های مختلف، متفاوت است. شناخت قطر این منافذ در انواع مختلف تومورهای سرطانی، کمک به استفاده از نانوذرات در تشخیص این تومورها می‌کند. تشخیص تومورهای سرطانی به کمک نانوذرات عبورکرده از این منافذ صورت می‌گیرد.

مرحلهٔ دوم شانزدهمین دورهٔ المپیاد علوم و فناوری نانو (دفترچه سوالات تستی)

در صورتی که بدانید در نوعی از سرطان شبکیه چشم انسان، میانگین قطر منافذ مویرگ‌های خونی حدود ۸ نانومتر است و قصد داشته باشید از نقاط کوانتومی برای تشخیص این سرطان در مراحل اولیه‌ی بیماری استفاده کنید، کدام یک از انواع نقاط کوانتومی زیر کاربرد کم‌تری دارد؟ (فرض کنید که نقاط کوانتومی مورد استفاده با قطر ۷/۷ نانومتر، قله نشری ۵۶۸ نانومتر داشته باشند.)

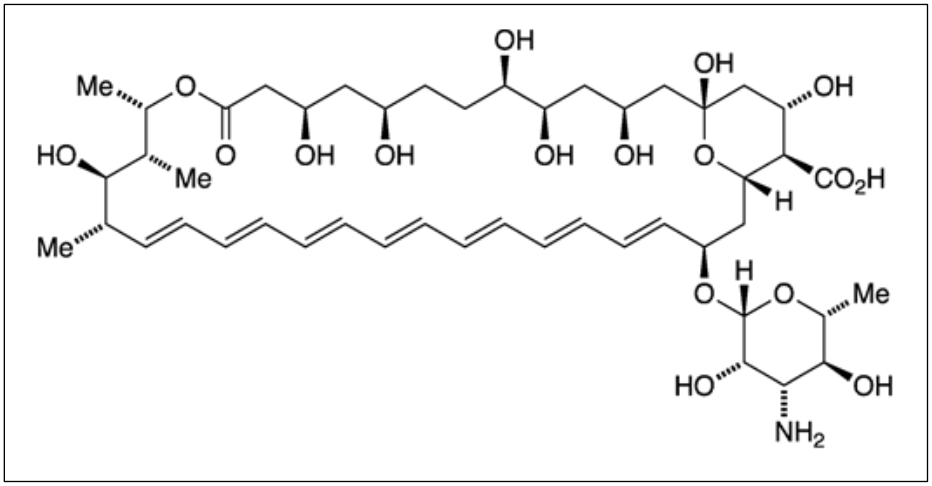
۱) نقاط کوانتومی با قله جذب در طول موج ۴۸۰ نانومتر و قله نشر در ۵۲۰ نانومتر

۲) نقاط کوانتومی با قله جذب در طول موج ۵۴۰ نانومتر و قله نشر در ۵۸۰ نانومتر

۳) نقاط کوانتومی با قله جذب در طول موج ۵۱۰ نانومتر و قله نشر در ۵۵۰ نانومتر

۴) نقاط کوانتومی با قله جذب در طول موج ۵۸۰ نانومتر و قله نشر در ۶۱۰ نانومتر

۱۶- یکی از انواع بیماری‌های پوستی طولانی مدت که عامل آن نوعی انگل است، سالک نامیده می‌شود. برای غلبه بر این انگل از مولکولی دارویی به نام آمفوتریسین B (شکل زیر) استفاده می‌شود. در حالت عادی، جذب این مولکول از طریق پوست بسیار پایین است. با توجه به این مشکل، پس از تحقیقات انجام‌شده توسط محققان کشورمان، پماد سیناآمفولیش تولید شد. این ژل موضعی، با اثرات مؤثرتر و عوارض جانبی کمتر، بیماری سالک را پس از سه تا چهار هفته درمان می‌کند. با توجه به ساختار شیمیایی این ماده دارویی، به نظر شما این دارو در کدام نانوحامل قرار گرفته است؟



مرحلهٔ دوم شانزدهمین دورهٔ المپیاد علوم و فناوری نانو (دفترچه سوالات تستی)

۱) نانومیسل

۲) نانوذرات لیپیدی جامد

۳) درختسان

۴) نانولیپوزوم

۱۷- فرض کنید می‌خواهید در یک زمین کشاورزی نزدیک به رودخانه، انواع گیاهان تزئینی را کاشته و از آنها بهره‌برداری کنید. با آنالیز خاک این زمین، متوجه وجود مقادیر بالای یون‌های سرب می‌شوید که می‌تواند با جذب شدن توسط گیاهان، آنها را تخریب کند. این در حالی است که زمین‌های کشاورزی اطراف، چنین مشکلی ندارند و حجم بالایی از محصولات کشاورزی را فرآوری می‌کنند. شما چه روشی را برای تصفیه سریع خاک آلوده زمین کشاورزی با کمترین آسیب‌های زیست‌محیطی پیشنهاد می‌دهید؟

۱) فناوری تصفیه الکتروکینتیک

۲) فناوری شستشوی شیمیایی

۳) فناوری واجذب حرارتی

۴) فناوری تصفیه زیستی

۱۸- فرض کنید ماده جاذبی با ساختار هسته - پوسته (Core-Shell) سنتز کرده‌اید که هسته آن از جنس نانوذرات آهن صفر ظرفیتی و پوسته آن از جنس ماده مغناطیسی اکسید آهن متخلخل تشکیل شده است. در تصفیه خاک آلوده با استفاده از این ماده، فرایند تصفیه کدامیک از فلزات زیر با بقیه موارد تفاوت دارد؟

۱) یون‌های کروم

۲) یون‌های آرسنیک

۳) یون‌های مس

۴) یون‌های کادمیوم

مرحلهٔ دوم شانزدهمین دورهٔ المپیاد علوم و فناوری نانو (دفترچه سوالات تستی)

۱۹- آتش گرفتن باتری لیتیم - یون یکی از مواردی است که ایمنی این نوع باتری‌ها را کاهش می‌دهد. افزایش دما و وجود ناخالصی دو علت عمده آتش گرفتن این نوع باتری‌ها است. کدامیک از موارد زیر می‌تواند راه حلی برای این مشکل باشد؟

۱) استفاده از نانوساختار گرافن در قسمت آند باتری

۲) استفاده از نانوصفحه‌های اکسید کبالت در قسمت کاتد باتری

۳) استفاده از نانوسیم‌های سیلیکونی در قسمت آند باتری

۴) استفاده از نانوالیاف اکسید تیتانیوم در قسمت کاتد باتری

۲۰- کدام دسته از ویژگی‌های بیان شده برای نانوذرات، بیشترین سمیت را در بدن انسان ایجاد می‌کنند؟

۱) فعالیت فوتوکاتالیستی بالا - جذب سطحی بالا - زبری سطحی بالا - آبدوستی نسبت به مایعات بدن

۲) حضور گروه‌های عاملی سطحی - فراهمی زیستی پایین - تمایل به آگلومراسیون بالا - سطح ویژه بزرگ

۳) اندازه کوچک در مقیاس نانو- آبگریزی نسبت به مایعات بدن- فعالیت بیوشیمیایی بالا- نسبت سطح به حجم بالا

۴) اندازه کوچک در مقیاس نانو - آبدوستی نسبت به مایعات بدن - کشش سطحی بالا - نسبت سطح به حجم بالا

باسمه تعالی
جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش و پرورش
باشگاه دانش‌پژوهان جوان

مبارزهٔ علمی برای جوانان، زنده‌کردن روح جست‌وجو و کشف واقعیّت‌هاست. «امام خمینی (ره)»

دفترچهٔ سؤالات مرحلهٔ دوم

شانزدهمین دورهٔ المپیاد علوم و فناوری نانو (تشریحی)

سال تحصیلی ۱۴۰۴-۱۴۰۳

تاریخ: ۱۴۰۴/۱/۲۴ - ساعت: ۱۵:۰۰ - مدت: ۱۸۰ دقیقه - نوع: تشریحی

توضیحات مهم

استفاده از هرنوع ماشین‌حساب مجاز است.

۱- مشخصات خود را با اطلاعات بالای هر صفحه تطبیق دهید در صورتی که حتی یکی از صفحات پاسخ‌نامه با مشخصات شما هم‌خوانی ندارد بلافاصله مراقبین را مطلع نمایید.

۲- پاسخ هر سوال را در محل تعیین شده خود بنویسید. چنانچه همه یا قسمتی از جواب سوال را در محل پاسخ سوال دیگری بنویسید به شما نمره‌ای تعلق نمی گیرد.

۳- با توجه به آنکه برگه‌های پاسخ‌نامه به نام شما صادر شده است امکان ارائه هیچ‌گونه برگه اضافه وجود نخواهد داشت. لذا توصیه می‌شود ابتدا سوالات را در برگه چرک‌نویس، حل کرده و آنگاه در پاسخ‌برگ پاک‌نویس نمایید.

٤- عملیات تصحیح توسط مصححین پس از برش سربرگ به صورت ناشناس انجام خواهد شد. لذا از درج هر گونه نوشته یا علامت مشخصه که نشان دهنده صاحب برگه باشد، خودداری نمایی؛ در غیر این صورت تقلب محسوب شده و در هر مرحله‌ای که باشید از ادامه حضور در المپیاد محروم خواهید شد.

٥- از مخدوش کردن **بارکدها و مربع‌ها در چهارگوشهٔ صفحه در دفترچهٔ پاسخ‌برگ** جداً خودداری کنید. در غیر این صورت برگهٔ شما تصحیح نخواهد شد.

٦- همراه داشتن هرگونه کتاب جزوه یادداشت و لوازم الکترونیکی نظیر تلفن همراه ساعت هوشمند دستبند هوشمند و لپ تاپ ممنوع است. همراه داشتن این قبیل وسایل حتی اگر از آن استفاده نکنید یا خاموش باشد، تقلب محسوب خواهد شد.

۷- این دفترچه شامل ۶ سوال و با احتساب جلد ۵ برگ است.

کلّیهٔ حقوق این سؤالات برای باشگاه دانش‌پژوهان جوان محفوظ است.
آدرس پایگاه اینترنتی: ysc.medu.gov.ir

مرحلهٔ دوم شانزدهمین دورهٔ المپیاد علوم و فناوری نانو (دفترچه سوالات تشریحی)

سوال تشریحی ۱ (۱۴/۵ نمره)- پژوهشگری به کمک یکی از فرایندهای سنتز پایین به بالا، نانوذرات با شبکه‌های بلوری SC، BCC و FCC را سنتز می‌کند. فرض کنید این نانوذرات، قاعده مربعی شکل به ضلع ۱۰۰ نانومتر داشته باشند. در این فرایند سنتز، نانوذرات از چیدن صفحات فشرده در هر شبکه بلوری روی هم تشکیل می‌شوند. صفحه فشرده در هر شبکه بلوری به صفحه‌ای گفته می‌شود که تمام اتم‌های موجود در صفحه، به یکدیگر مماس باشند. به عبارت دیگر صفحات بلوری با بیشترین درصد مساحت اشغال شده توسط اتم‌ها را صفحات فشرده می‌نامند. با توجه به این توضیحات به سوالات زیر پاسخ دهید.

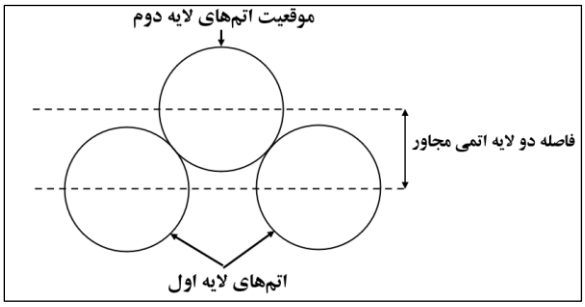
الف) نام هر یک از سلول‌های واحد را در محل تعبیه شده در پاسخ‌برگ وارد کنید؟ انتخاب از میان سلول‌های واحد SC یا BCC یا FCC صورت گیرد. (۰/۵ نمره)

ب) نام صفحات بلوری را در محل تعبیه شده در پاسخ‌برگ وارد کنید؟ انتخاب از میان صفحات (۱۰۰) یا (۱۱۰) یا (۱۱۱) صورت گیرد. (۰/۵ نمره)

ج) صفحه فشرده هر یک از شبکه‌های بلوری را بیابید؟ (۵/۵ نمره، با انجام محاسبات در کادر مشخص شده در پاسخ‌برگ)

د) صفحات فشرده شبکه‌های بلوری داده شده، کدامیک از چیدمان‌های اتمی A، B و C ارائه شده در پاسخ‌برگ را دارا هستند؟ (۰/۵ نمره)

ه) برای تشکیل نانوذرات، صفحات فشرده در هر شبکه بلوری، مطابق تصاویر ارائه شده در پاسخ‌برگ، روی هم چیده می‌شوند. چنانچه شعاع اتم‌های هر سه ماده با چیدمان‌های A، B و C به طور تقریبی برابر با R پیکومتر(pm) در نظر گرفته شود، فاصله دو لایه اتمی روی هم را برای چیدمان‌های مذکور بر حسب R بدست آورید؟ (راهنمایی: منظور از فاصله دو لایه اتمی روی هم در شکل زیر نشان داده شده است.) (۳/۵ نمره، با انجام محاسبات در کادر مشخص شده در پاسخ‌برگ)



مرحلهٔ دوم شانزدهمین دورهٔ المپیاد علوم و فناوری نانو (دفترچه سوالات تشریحی)

و) در ادامه بخش د، چنانچه هر نانوذره، متشکل از N اتم باشد، طول این نانوذرات (nm) را بر حسب پارامترهای N و R بدست آورید؟ (۴ نمره، با انجام محاسبات در کادر مشخص شده در پاسخ‌برگ)

سوال تشریحی ۲ (۱۳ نمره)- فرض کنید بهبود عملکرد یک کاتالیست شیمیایی با درصد افزایش سطح ویژه فعال آن، رابطه خطی زیر را دارد:

(۰/۷۵ × درصد افزایش سطح ویژه فعال) ∝ درصد بهبود عملکرد کاتالیست

به منظور بهبود عملکرد این کاتالیست، سطح آن با نانومیله‌هایی از جنس فلز پلاتین (چگالی ۲۱/۴۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب) پوشش داده شده است. پوشش‌دهی به گونه‌ای است که هر نانومیله در نزدیک‌ترین همسایگی خود، شش نانومیله دارد. قطر نانومیله‌ها ۱۰۰ نانومتر بوده و ۱۵/۷۱ درصد از مساحت سطح کاتالیست را پوشانده‌اند. همچنین مقدار ۰/۱۳۵ میلی‌گرم پلاتین به ازای هر سانتی‌متر مربع پوشش‌دهی به این روش مورد نیاز است. با توجه به این توضیحات، به سوالات زیر پاسخ دهید:

الف) طرح‌واره‌ای از نحوه چیدمان نانومیله‌ها روی سطح کاتالیست ترسیم کنید. زاویه دید، عمود بر سطح کاتالیست در نظر گرفته شود (اتم‌ها را درقالب دایره‌هایی توپر نشان دهید.). (۰/۵ نمره)

ب) فاصله بین مراکز دو نانومیله نزدیک به هم چند نانومتر است؟ (۳ نمره)

ج) با استفاده از این کاتالیست (حاوی نانومیله‌های پلاتینی)، عملکرد چند درصد افزایش می‌یابد؟ (۴/۵ نمره)

د) در یک کاتالیست جدید، قطر هر نانومیله ۱۰۰ نانومتر و طول آن ۲۰۰ نانومتر است. چنانچه در این کاتالیست، هر نانومیله در نزدیک‌ترین همسایگی خود، سه نانومیله داشته باشد، بالاترین میزان بهبود عملکرد، نیازمند چند میلی‌گرم پلاتین به ازای هر سانتی‌متر مربع از سطح کاتالیست است؟ (۵ نمره)

مرحلهٔ دوم شانزدهمین دورهٔ المپیاد علوم و فناوری نانو (دفترچه سوالات تشریحی)

سوال تشریحی ۳ (۷ نمره)- لیتوگرافی یکی از روش‌های سنتز بالا به پایین نانوساختارها است که به طور گسترده در صنایع الکترونیک مورد استفاده قرار می‌گیرد. تعدادی از روش‌های مختلف لیتوگرافی در کادر زیر نمایش داده شده است. با توجه به توضیحات هر سوال و روش‌های داخل کادر، به هر یک از موارد زیر پاسخ مناسب دهید. (۷ نمره)

لیتوگرافی نوری - لیتوگرافی قلم آغشته - لیتوگرافی مکانیکی - لیتوگرافی باریکه الکترونی

الف) این روش قدرت تفکیک بیشتر ولی سرعت کمتری نسبت به روش مورد (ج) دارد. همچنین توان عملیاتی (خروجی) این روش پایین است. نام این روش را بنویسید؟ (۰/۵ نمره)

ب) همانند مورد (د) از میکروسکوپ‌های نیروی اتمی (AFM) و میکروسکوپ تونلی روبشی (STM) در این روش استفاده می‌شود. نام این روش را بنویسید؟ (۰/۵ نمره)

ج) این روش پرکاربردترین نوع لیتوگرافی در صنعت بوده و روشی مقرون به صرفه است؛ اما نیازمند محیطی عاری از گرد و غبار و قطرات مایع است. نام این روش را بنویسید؟ (۰/۵ نمره)

د) این روش مشابه نوشتن با دست است و نیازی به میدان الکترومغناطیس قوی و یا نیروی برشی ندارد. همچنین می‌توان از پروتئین‌ها به عنوان جوهر در آن استفاده کرد. نام این روش را بنویسید؟ (۰/۵ نمره)

ه) محدودیت اصلی روش(الف) چیست؟ (۰/۵ نمره)

و) در فرآیند لیتوگرافی با مهر زدن در ابعاد نانو، از یک قالب سخت برای حک کردن فیلم پلیمری و ایجاد الگوی نانومتری روی آن استفاده می‌شود. برای طراحی این قالب‌ها معمولا از کدام روش‌های لیتوگرافی استفاده می‌شود؟ (دو مورد نام ببرید.) (۱ نمره)

ر) روش مورد (ج) به سه دسته تقسیم‌بندی می‌شود. این سه دسته را نام ببرید؟ (۱/۵ نمره)

م) کدام روش از دسته‌های مورد (ر) برای ایجاد طرح‌هایی در حد چند میکرومتر و همچنین استفاده در آزمایشگاه و صنایع کوچک مناسب است؟ (۰/۵ نمره)

ز) روش مورد (ج) برای لیتوگرافی در مقیاس نانو مناسب است؟ چرا؟ (۱/۵ نمره)

مرحلهٔ دوم شانزدهمین دورهٔ المپیاد علوم و فناوری نانو (دفترچه سوالات تشریحی)

سوال تشریحی ٤ (۳/۵ نمره)- یک شرکت تحقیقاتی، نمونه‌های ارسالی از شرکت‌های تولیدی را دریافت کرده و پس از انجام آزمون‌های مورد نیاز و بررسی نتایج بدست آمده از طریق واحد تحقیق و توسعه خود، راهکار مناسب برای بهینه‌سازی نمونه‌ها را ارائه می‌کند. کیانوش به عنوان کارشناس آزمایشگاه در این شرکت تحقیقاتی استخدام شده است. آزمایشگاه این شرکت تحقیقاتی مجهز به انواع میکروسکوپ‌های ذیل است:

- میکروسکوپ نوری (OM)
- میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)
- میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)
  - آشکارساز الکترون‌های ثانویه (SE)
  - آشکارساز الکترون‌های برگشتی (BSE)
- میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM)
  - حالت تصویربرداری تماسی
  - حالت تصویربرداری نیمه‌تماسی
  - حالت تصویربرداری غیر تماسی

نمونه‌های ارائه شده در جدول زیر، توسط این شرکت تحقیقاتی دریافت شده است. کیانوش آزمون‌های اولیه زیر را انجام داده و خوشبختانه واحد تحقیق و توسعه، موفق به ارائه راهکارهای مناسب شده است. جدول زیر را تکمیل کنید. (۳/۵ نمره)

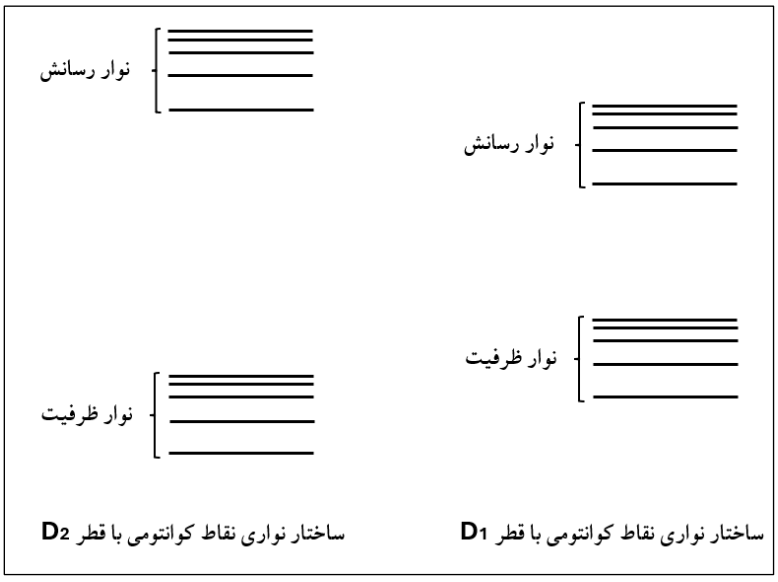
شماره	نمونه	آنالیز میکروسکوپی	حالت تصویربرداری یا نوع آشکارساز	راهکار مناسب بهینه‌سازی نمونه
۱	داروی ضد سرطان			تغییر اندازه نانولیپوزوم‌ها
۲	قطعه الکترونیکی پوشش داده شده			کاهش تغییر ارتفاع ناگهانی سطح
۳	پودر سیلیکای مزومتخلخل			افزایش قطر تخلخل
۴	نانوکامپوزیت			کاهش درصد نانوذرات کاربید تنگستن
۵	ترکیب آلی			اصلاح ساختار مولکول آلی و پیوند کوالانسی

مرحلهٔ دوم شانزدهمین دورهٔ المپیاد علوم و فناوری نانو (دفترچه سوالات تشریحی)

سوال تشریحی ۵ (۱۱ نمره)- استفاده از نانوسنسورها، یکی از استراتژی‌های مهم و پرکاربرد در تشخیص پزشکی است. در طراحی برخی از این نانوسنسورها، از نقاط کوانتومی به عنوان مواد نانوساختار فلوئورسنت با خواص نوری منحصر به فرد، استفاده می‌شود. در مطالعه صورت گرفته توسط گروهی از پژوهشگران، نانوسامانه‌ای متشکل از نقاط کوانتومی CdSe طراحی شده است. در طراحی این نانوسامانه از پدیده‌ای موسوم به FRET (Fluorescence resonance energy transfer) استفاده شده است. زمانی که دو ذره فلوئورسنت که طیف نشر نور یکی با طیف جذب نور دیگری هم‌پوشانی بالایی دارد، در فاصله‌ای نزدیک نسبت به هم (کمتر از ۱/۵ برابر شعاع فورستر) قرار گیرند، پدیده FRET رخ می‌دهد. با توجه به سوالات زیر، این پژوهشگران را در طراحی هرچه بهتر این سامانه یاری کنید.

الف) با توجه به ساختار نواری ارائه شده برای نقاط کوانتومی زیر، D_1 و D_2 را با هم مقایسه کنید؟ (۱ نمره، با بیان دلیل)

☐ D_1 بزرگتر از D_2 ☐ D_1 بزرگتر از D_2 ☐ D_1 برابر با D_2



ب) فرض کنید ظرف A، حاوی کلوئید نقاط کوانتومی با قطر D_1 و ظرف B، حاوی کلوئید نقاط کوانتومی با قطر D_2 است. ظروف A و B به صورت مجزا تحت تابش پرتوهای الکترومغناطیس با مشخصات ارائه شده در جدول زیر قرار می‌گیرند.

مرحلهٔ دوم شانزدهمین دورهٔ المپیاد علوم و فناوری نانو (دفترچه سوالات تشریحی)

نماد پرتو	طیف موج پرتو تابیده شده (nm)
λ_1	۱۵۰–۲۵۰
λ_2	۴۵۰–۵۵۰
λ_3	۷۰۰–۸۰۰

با توجه به جدول آزمون زیر، انتظار انتشار چند پرتو با طیف موج مشخص از هر ظرف دارید؟ (۲/۵ نمره، با بیان دلیل)

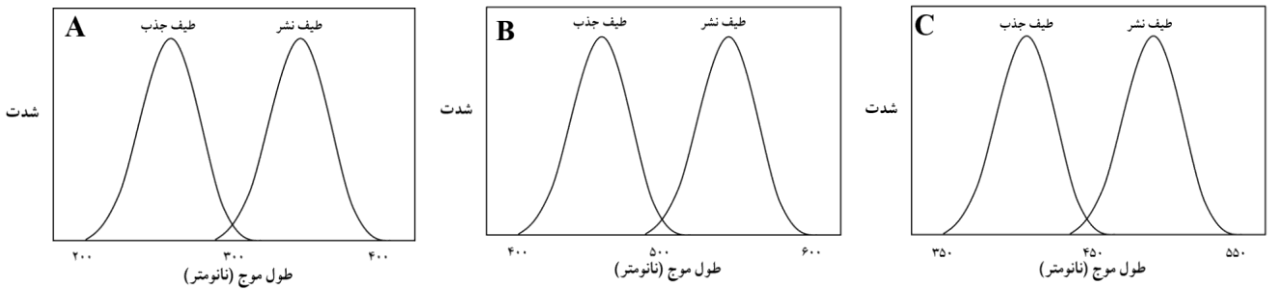
ظرف	پرتو تابیده شده	ساعت انجام آزمون	انتشار پرتو
A	λ_1	۸ صبح	دارد☐ ندارد☐
	λ_2	۱۰ صبح	دارد☐ ندارد☐
	λ_3	۱۲ ظهر	دارد☐ ندارد☐
B	λ_1	۲ بعد از ظهر	دارد☐ ندارد☐
	λ_2	۴ بعد از ظهر	دارد☐ ندارد☐
	λ_3	۶ عصر	دارد☐ ندارد☐

ج) فرض کنید ظرف C حاوی نقاط کوانتومی با قطر D_1 و قطر D_2 است. در صورتی که این نقاط کوانتومی در فاصله‌ای نزدیک به هم (کمتر از ۱/۵ برابر شعاع فورستر) قرار گیرند، کدامیک از عبارات زیر درست است؟ (۱ نمره، با بیان دلیل)

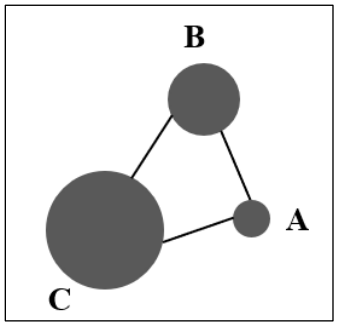
عبارت اول: طیف نشر نور نقاط کوانتومی با قطر D_1 با طیف جذب نور نقاط کوانتومی با قطر D_2، هم‌پوشانی دارد.

عبارت دوم: طیف نشر نور نقاط کوانتومی با قطر D_2 با طیف جذب نور نقاط کوانتومی با قطر D_1، هم‌پوشانی دارد.

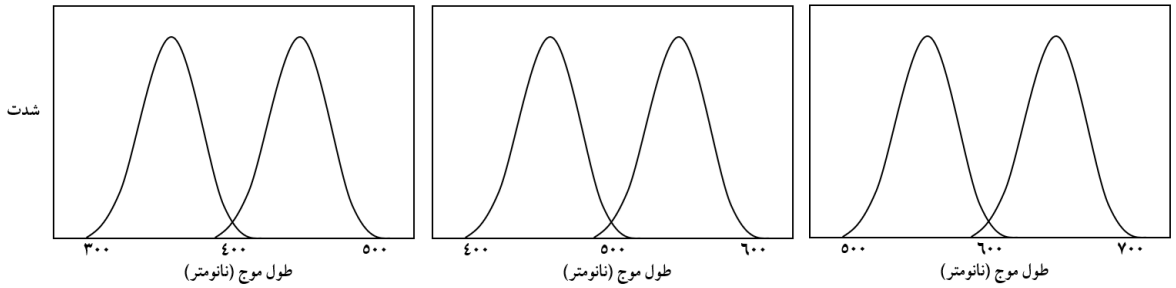
د) طیف جذب و نشر نور برای سه دسته نقاط کوانتومی با قطر مختلف در شکل نشان داده شده است. کدام دسته از نقاط کوانتومی در فاصله نزدیک به هم، پدیده FRET را ایجاد می‌کنند؟ (۲ نمره، با بیان دلیل)



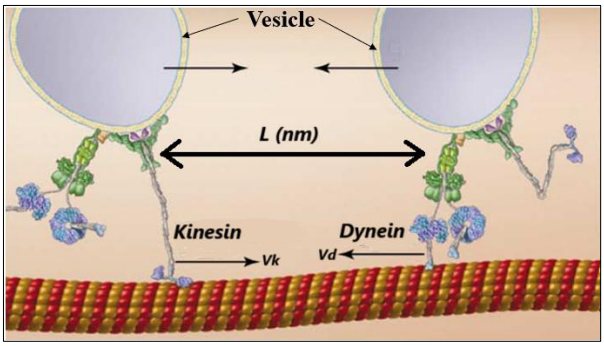
مرحلهٔ دوم شانزدهمین دورهٔ المپیاد علوم و فناوری نانو (دفترچه سوالات تشریحی)



ه) نانوسامانه‌ای از سه نقطه کوانتومی کروی با قطرهای مختلف و بارهای الکتریکی هم‌نام تشکیل شده است. این نقاط کوانتومی، مطابق شکل با لینکرهای کووالانسی پپتیدی هم‌اندازه (اندکی کمتر از ۱/۵ برابر شعاع فورستر) به هم متصل شده‌اند. سه طیف جذب و نشر زیر برای این نقاط موجود است. فرض کنید با افزودن پروتئاز فعال (آنزیم تجزیه‌کننده پیوندهای پپتیدی) به کلوئید حاوی این نانوسامانه، حداقل یک لینکر پپتیدی بین نقاط کوانتومی قطع شود. به نظر شما در چند حالت محتمل است با تابش پرتو فرابنفش با طول موج ۳۵۰ نانومتر به این نانوسامانه، نشر طول موج ۴۵۰ نانومتر از این سامانه ثبت شود؟ (۴/۵ نمره، بررسی حالات مختلف)



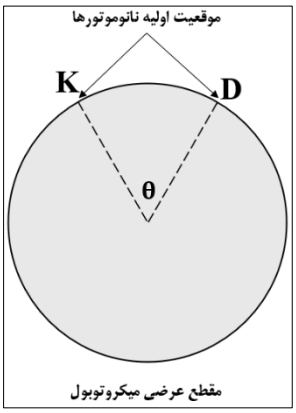
سوال تشریحی ٦ (۱۱ نمره)- موتورهای پروتئینی، نانوماشین‌های طبیعی هستند که با مصرف انرژی در سلول‌ها، انواع حرکت‌های ریز سلولی مانند حمل و نقل وزیکول‌ها (Vesicle) و نیز حرکت‌های بزرگی نظیر زنش تاژک و مژک‌ها را طی حرکاتی شبیه راه رفتن انسان انجام می‌دهند. داینئین‌ها (Dynein) و کاینزین‌ها (Kinesin) از این دسته نانوموتورها هستند که روی لوله‌های پروتئینی میکروتوبولی در جهات مختلف راه می‌روند.



فرض کنید روی یک میکروتوبول (مطابق شکل روبرو)، داینئینی حاوی وزیکول از سمت راست و کاینزینی حاوی وزیکول از سمت چپ به سوی یکدیگر حرکت می‌کنند و هر ۲ میلی‌ثانیه روی محیط میکروتوبول یک دوازدهم محیط را می‌چرخند. شرط ادغام دو وزیکول با هم، چهره

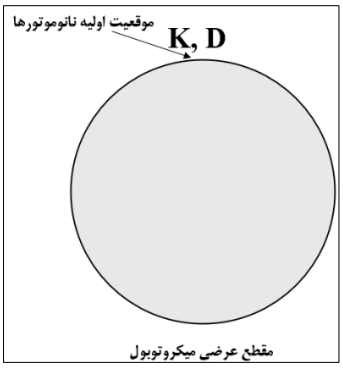
مرحلهٔ دوم شانزدهمین دورهٔ المپیاد علوم و فناوری نانو (دفترچه سوالات تشریحی)

به چهره هم شدن و تلاقی این نانوماشین‌ها، دقیقا در یک نقطه است. سرعت داینئین، ۲ نانومتر بر میلی‌ثانیه و سرعت کاینزین، ۱ نانومتر بر میلی‌ثانیه است. با توجه به توضیحات به سوالات زیر پاسخ دهید.



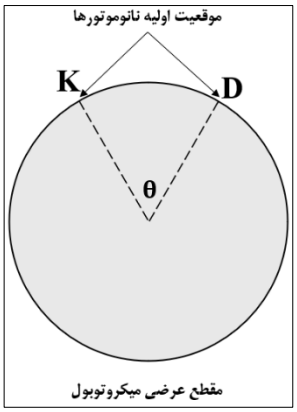
الف) دو نانوموتور نشان داده شده در شکل مقابل، پس از ۲ میلی‌ثانیه، ادغام وزیکولی می‌شوند. جهت حرکت این دو نانوموتور (ساعتگرد یا پادساعتگرد) را مشخص کنید ($\theta = ۶۰$)؟ (۳/۵ نمره)

ب) داینئین و کاینزین در فاصله L از یکدیگر و در موقعیت مشابه روی محیط میکروتوبول (مطابق شکل زیر) قرار دارند. مقدار کمینه L برای ادغام وزیکولی را بدست آورید؟ (۲/۵ نمره)



ج) در شکل مقابل چنانچه هر ۲ میلی‌ثانیه، کاینزین یک دوازدهم محیط را بچرخد و سرعت چرخش داینئین دو برابر کاینزین باشد، مقدار کمینه L برای ادغام وزیکولی را بدست آورید؟ (۲ نمره)

د) چنانچه داینئین و کاینزین از یکدیگر فاصله ۱۹۲ نانومتری داشته باشند، مقدار θ برای ادغام وزیکولی چقدر است؟ (۳ نمره)



المپیاد علوم و فناوری نانو

تاریخ آزمون: ۱۴۰۴/۰۱/۲۴

مهر حفاظت آزمون

کد ملی: استان:

نام و نام خانوادگی: جنسیت داوطلب:

منطقه حوزه: کد حوزه:

کد داوطلبی: □□□□□□□□□□□□□

لطفاً داخل کادر چیزی ننویسید و گزینه‌ها را با مداد مشکی نرم و به طور کامل پر کنید.

	۱	۲	۳	۴
۱	○	●	○	○
۲	●	○	○	○
۳	●	○	○	○
۴	○	○	●	○
۵	○	○	○	●
۶	○	○	○	●
۷	●	○	○	○
۸	○	●	○	○
۹	●	○	○	○
۱۰	○	●	○	○
۱۱	○	●	○	○
۱۲	○	○	○	●
۱۳	○	●	○	○
۱۴	○	○	●	○
۱۵	○	○	○	●
۱۶	○	○	○	●
۱۷	●	○	○	○
۱۸	○	○	○	●
۱۹	○	○	●	○
۲۰	○	○	●	○
۲۱	○	○	○	○
۲۲	○	○	○	○
۲۳	○	○	○	○
۲۴	○	○	○	○
۲۵	○	○	○	○
۲۶	○	○	○	○
۲۷	○	○	○	○
۲۸	○	○	○	○
۲۹	○	○	○	○
۳۰	○	○	○	○

	۱	۲	۳	۴
۳۱	○	○	○	○
۳۲	○	○	○	○
۳۳	○	○	○	○
۳۴	○	○	○	○
۳۵	○	○	○	○
۳۶	○	○	○	○
۳۷	○	○	○	○
۳۸	○	○	○	○
۳۹	○	○	○	○
۴۰	○	○	○	○
۴۱	○	○	○	○
۴۲	○	○	○	○
۴۳	○	○	○	○
۴۴	○	○	○	○
۴۵	○	○	○	○
۴۶	○	○	○	○
۴۷	○	○	○	○
۴۸	○	○	○	○
۴۹	○	○	○	○
۵۰	○	○	○	○
۵۱	○	○	○	○
۵۲	○	○	○	○
۵۳	○	○	○	○
۵۴	○	○	○	○
۵۵	○	○	○	○
۵۶	○	○	○	○
۵۷	○	○	○	○
۵۸	○	○	○	○
۵۹	○	○	○	○
۶۰	○	○	○	○

	۱	۲	۳	۴
۶۱	○	○	○	○
۶۲	○	○	○	○
۶۳	○	○	○	○
۶۴	○	○	○	○
۶۵	○	○	○	○
۶۶	○	○	○	○
۶۷	○	○	○	○
۶۸	○	○	○	○
۶۹	○	○	○	○
۷۰	○	○	○	○
۷۱	○	○	○	○
۷۲	○	○	○	○
۷۳	○	○	○	○
۷۴	○	○	○	○
۷۵	○	○	○	○
۷۶	○	○	○	○
۷۷	○	○	○	○
۷۸	○	○	○	○
۷۹	○	○	○	○
۸۰	○	○	○	○
۸۱	○	○	○	○
۸۲	○	○	○	○
۸۳	○	○	○	○
۸۴	○	○	○	○
۸۵	○	○	○	○
۸۶	○	○	○	○
۸۷	○	○	○	○
۸۸	○	○	○	○
۸۹	○	○	○	○
۹۰	○	○	○	○

اینجانب ..... به کد ملی ..... دفترچه‌ی سوالات المپیاد علوم و فناوری نانو شامل ۲۵ سوال را به طور کامل دریافت نمودم.

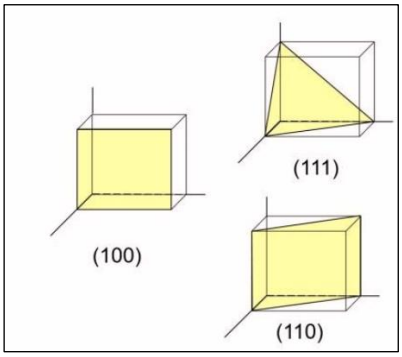
امضا و اثر انگشت:

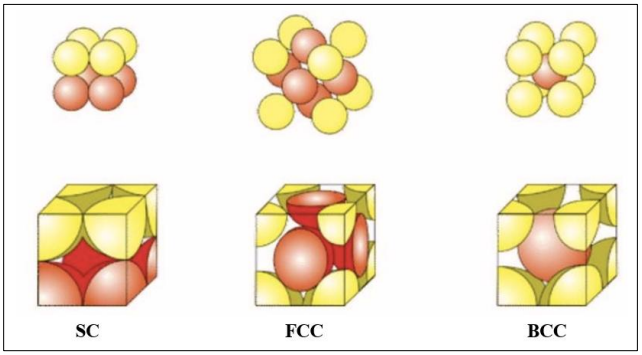
به نام خدا

پاسخ‌نامه تشریحی آزمون تشریحی مرحله دوم دوره ۱۶

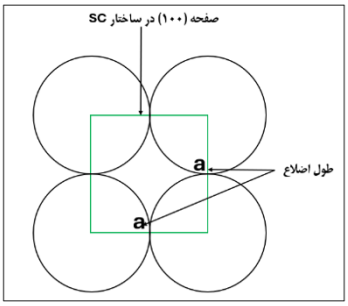
پاسخ تشریحی سوال ۱:

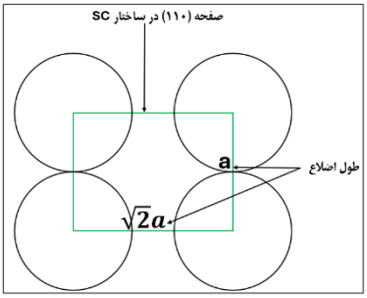
الف و ب)

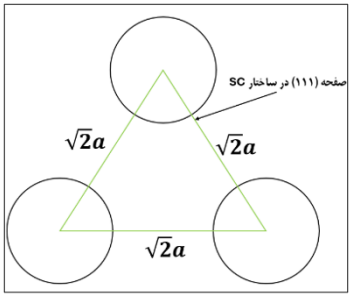




ج) شبکه بلوری مکعبی ساده:







$$\text{نسبت مساحت اشغال شده صفحه } (hkl) = X_{(hkl)} = \frac{\text{مساحت اتم‌ها}}{S_{(hkl)}} = \frac{n_{atom} \times S_{atom}}{S_{(hkl)}}$$

n_{atom}: تعداد اتم‌ها

S_{atom}: مساحت اتم‌ها

$S_{(hkl)}$: مساحت صفحه بلوری

$$X_{(۱۰۰)} = \frac{۱ \times S_{atom}}{a^۲}$$

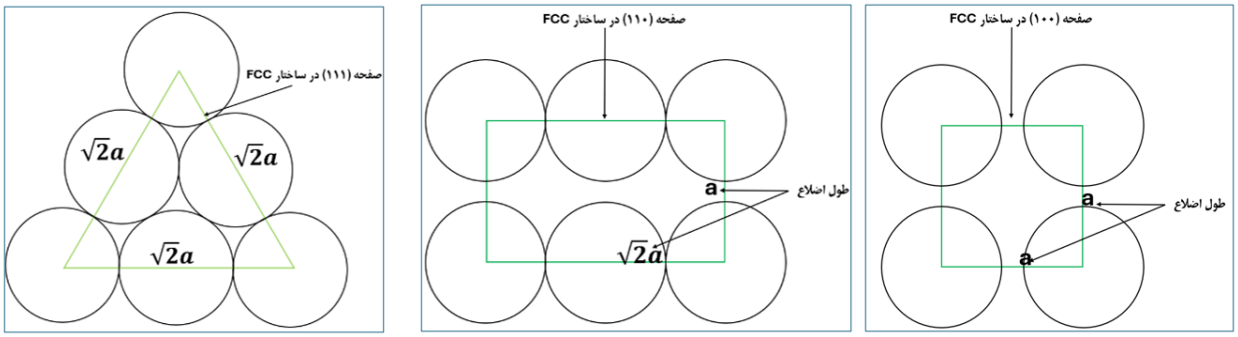
$$X_{(۱۱۰)} = \frac{۱ \times S_{atom}}{\sqrt{۲}a^۲}$$

$$X_{(111)} = \frac{0.5 \times S_{atom}}{\frac{\sqrt{3}}{2} a^2}$$

بنابراین داریم:

$$X_{(111)} < X_{(110)} < X_{(100)}$$

- شبکه بلوری مکعبی وجوه پر:



$$X_{(100)} = \frac{1 \times S_{atom}}{a^2}$$

$$X_{(110)} = \frac{2 \times S_{atom}}{\sqrt{2} a^2}$$

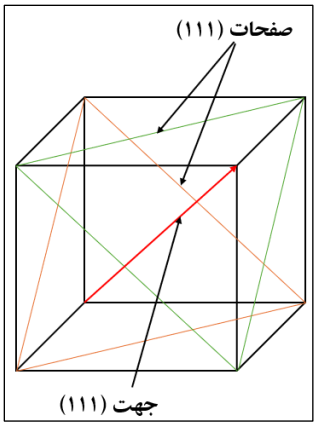
$$X_{(111)} = \frac{2 \times S_{atom}}{\frac{\sqrt{3}}{2} a^2}$$

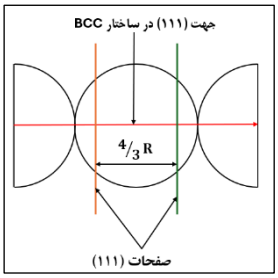
بنابراین داریم:

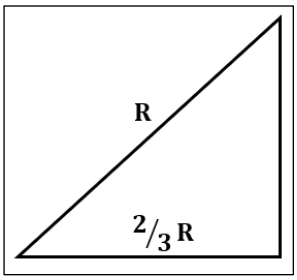
$$X_{(100)} < X_{(110)} < X_{(111)}$$

- شبکه بلوری مکعبی مرکزپر:

برای محاسبه مساحت اشغال شده صفحه (۱۱۱) توسط اتم‌ها در شبکه بلوری مکعبی مرکزپر باید نحوه برش اتم مرکزی سلول واحد توسط این صفحه بررسی شود.

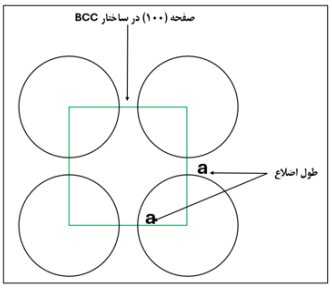


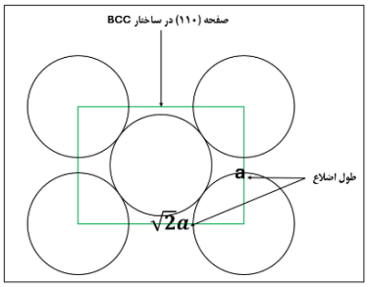


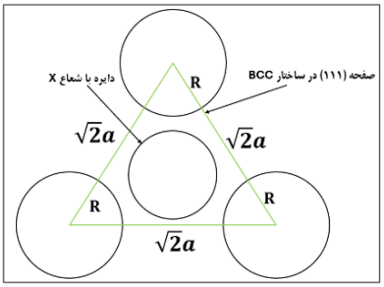


$$\left(\frac{۲}{۳}R\right)^{۲} + X^{۲} = R^{۲} \quad \rightarrow \quad X = \frac{\sqrt{۵}}{۳}R$$

در نتیجه داریم:







$$X_{(۱۰۰)} = \frac{۱ \times S_{atom}}{a^{۲}} = \frac{\pi R^{۲}}{a^{۲}}$$

$$X_{(۱۱۰)} = \frac{۲ \times S_{atom}}{\sqrt{۲}a^{۲}} = \frac{۲}{\sqrt{۲}}\left(\frac{\pi R^{۲}}{a^{۲}}\right)$$

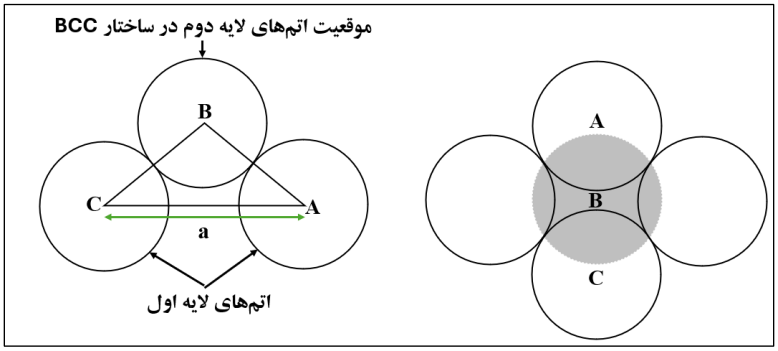
$$X_{(۱۱۱)} = \frac{۰.۵ \times S_{atom}}{\frac{\sqrt{۳}}{۲}a^{۲}} = \frac{(۰.۵ \times \pi(R)^{۲}) + \pi(\frac{\sqrt{۵}}{۳}R)^{۲}}{\frac{\sqrt{۳}}{۲}a^{۲}} = \frac{(۰.۵ + {}^{۵}/_{۹}) \times \pi(R)^{۲}}{\frac{\sqrt{۳}}{۲}a^{۲}} = \frac{۱۹}{۹\sqrt{۳}}\left(\frac{\pi R^{۲}}{a^{۲}}\right)$$

بنابراین داریم:

$$X_{(۱۰۰)} < X_{(۱۱۱)} < X_{(۱۱۰)}$$

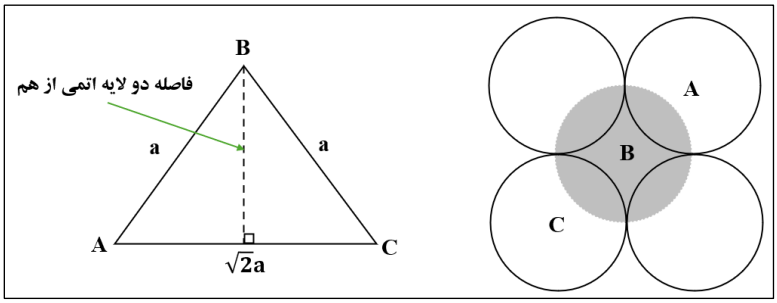
د) با توجه به تصاویر و توضیحات بخش ج، چیدمان اتمی شبکه‌های بلوری SC، BCC و FCC به ترتیب B، A و C خواهد بود.

ه) **شبکه بلوری مکعبی مرکزپر (چیدمان A):**



$$\left(\text{فاصله دو لایه اتمی}\right)^{۲} = (۲R)^{۲} - \left(\frac{a}{۲}\right)^{۲} = (۲R)^{۲} - \left(\frac{۲R}{\sqrt{۳}}\right)^{۲} = (۲R)^{۲} \times \left(\frac{۲}{۳}\right) \rightarrow \text{فاصله دو لایه اتمی} = ۲\sqrt{\frac{۲}{۳}}R$$

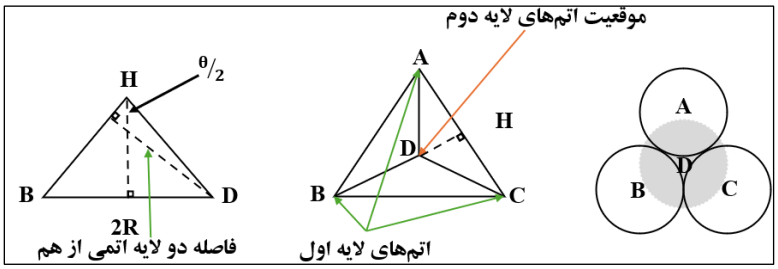
شبکه بلوری مکعبی ساده (چیدمان B):



$$\left(\text{فاصله دو لایه اتمی}\right)^{۲} = (۲R)^{۲} - \left(\frac{\sqrt{۲}a}{۲}\right)^{۲} = (۲R)^{۲} - \left(\sqrt{۲}R\right)^{۲} = ۲R^{۲}$$

$$\text{فاصله دو لایه اتمی} = \sqrt{۲}R$$

شبکه بلوری مکعبی وجوه پر (چیدمان C):



$$BH = DH = DAC \text{ ارتفاع مثلث} = \sqrt{۳}R \rightarrow \sin\left(\theta/۲\right) = \frac{R}{DH} = \frac{R}{\sqrt{۳}R} = \frac{۱}{\sqrt{۳}}$$

$$\cos\left(\pi/۲ - \theta\right) = \frac{\text{فاصله دو لایه اتمی}}{DH}$$

$$\cos\left(\pi/۲ - \theta\right) = \sin(\theta) = ۲\sin\left(\theta/۲\right)\cos\left(\theta/۲\right) = ۲ \times \frac{۱}{\sqrt{۳}} \times \frac{\sqrt{۲}}{\sqrt{۳}} = \frac{۲\sqrt{۲}}{۳}$$

$$\text{فاصله دو لایه اتمی} = DH \times \cos\left(\pi/۲ - \theta\right) = \sqrt{۳}R \times \frac{۲\sqrt{۲}}{۳} = ۲\sqrt{\frac{۲}{۳}}R$$

و) طول هر نانوذره از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\text{طول نانوذره} = \text{شعاع اتم لایه اول} + \left(\text{تعداد لایه‌ها} \times \text{فاصله دو لایه اتمی مجاور}\right) + \text{شعاع اتم لایه آخر}$$

به عبارت دیگر برای هر سه نانوذره با شبکه‌های بلوری مختلف داریم:

$$L_{SC} = ۲R + n_{SC} \times \left(\sqrt{۲}R\right)$$

$$L_{BCC} = ۲R + n_{BCC} \times \left(۲\sqrt{\frac{۲}{۳}}R\right)$$

$$L_{FCC} = ۲R + n_{FCC} \times \left(۲\sqrt{\frac{۲}{۳}}R\right)$$

تعداد لایه‌های اتمی از رابطه زیر بدست می‌آید:

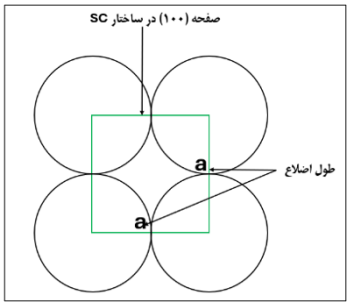
$$\text{تعداد لایه‌های اتمی} = \frac{N}{\text{تعداد اتم‌های یک لایه}}$$

$$n_{SC} = \frac{N}{\text{تعداد اتم‌های یک لایه}}$$

$$n_{BCC} = \frac{N}{\text{تعداد اتم‌های یک لایه}}$$

$$n_{FCC} = \frac{N}{\text{تعداد اتم‌های یک لایه}}$$

تعداد اتم‌های اشغال‌کننده سطح ۱۰۰ نانومتر در ۱۰۰ نانومتر ($N_{100\times100}$) برابر است با:



$$N_{۱۰۰\times۱۰۰,SC} = \frac{(۱۰۰)^۲}{a^۲} \times ۱ = \frac{(۱۰۰)^۲}{(۲R \times ۱۰^{-۳})^۲} = \frac{۱۰^۱۰}{(۲R)^۲} = \frac{۱۰^۱۰}{۴R^۲}$$

$$N_{۱۰۰\times۱۰۰,BCC} = \frac{(۱۰۰)^۲}{\sqrt{۲}a^۲} \times ۲ = \frac{(۱۰۰)^۲}{\sqrt{۲}(\frac{۴R}{\sqrt{۳}} \times ۱۰^{-۳})^۲} = \frac{۱۰^۱۰}{\sqrt{۲}(\frac{۴R}{\sqrt{۳}})^۲}$$

$$= \frac{۳ \times ۱۰^۱۰}{۱۶\sqrt{۲}R^۲}$$

$$N_{۱۰۰\times۱۰۰,FCC} = \frac{(۱۰۰)^۲}{\frac{\sqrt{۳}}{۲}a^۲} \times ۲ = \frac{(۱۰۰)^۲}{\frac{\sqrt{۳}}{۲}(\frac{۴R}{\sqrt{۲}} \times ۱۰^{-۳})^۲} = \frac{۱۰^۱۰}{\frac{\sqrt{۳}}{۲}(\frac{۴R}{\sqrt{۲}})^۲}$$

$$= \frac{۱۰^۱۰}{۴\sqrt{۳}R^۲}$$

$$n_{SC} = \frac{N}{\text{تعداد اتم‌های یک لایه}} = \frac{N}{\frac{۱۰^۱۰}{۴R^۲}} = \frac{۴R^۲N}{۱۰^۱۰}$$

$$n_{BCC} = \frac{N}{\text{تعداد اتم‌های یک لایه}} = \frac{N}{\frac{۳ \times ۱۰^۱۰}{۱۶\sqrt{۲}R^۲}} = \frac{۱۶\sqrt{۲}R^۲N}{۳ \times ۱۰^۱۰}$$

$$n_{FCC} = \frac{N}{\text{تعداد اتم‌های یک لایه}} = \frac{N}{\frac{۱۰^{۱۰}}{۴\sqrt{۳}R^{۲}}} = \frac{۴\sqrt{۳}R^{۲}N}{۱۰^{۱۰}}$$

$$L_{SC} = \left[۲R + \frac{۴R^{۲}N}{۱۰^{۱۰}} \times \left(\sqrt{۲}R\right)\right] \times ۱۰^{-۳}\, nm$$

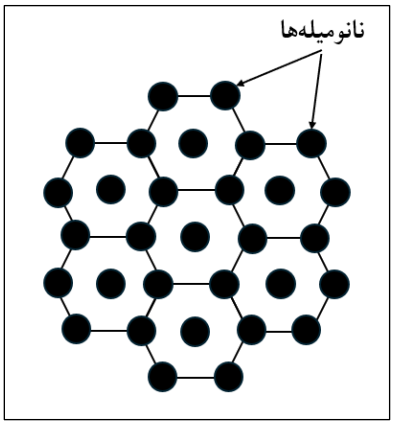
$$L_{BCC} = \left[۲R + \frac{۱۶\sqrt{۲}R^{۲}N}{۳ \times ۱۰^{۱۰}} \times \left(۲\sqrt{\frac{۲}{۳}}R\right)\right] \times ۱۰^{-۳}\, nm$$

$$L_{FCC} = \left[۲R + \frac{۴\sqrt{۳}R^{۲}N}{۱۰^{۱۰}} \times \left(۲\sqrt{\frac{۲}{۳}}R\right)\right] \times ۱۰^{-۳}\, nm$$

لازم به ذکر است که مقدار R در روابط فوق بر حسب پیکومتر است.

پاسخ تشریحی سوال ۲:

الف)



ب)

تعداد نانومیله‌های موجود در یک سانتی‌متر مربع از طریق زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{تعداد نانومیله‌ها} = \frac{۰.۱۵۷۱cm^{۲}}{\pi \times (۵۰ \times ۱۰^{-۷}\, cm)^{۲}} = \frac{۵\pi \times ۱۰^{-۲}}{\pi \times ۲۵ \times ۱۰^{-۱۲}} = \frac{۱۰^{-۲}}{۱۰^{-۱۲}} = \frac{۱۰^{۱۰}}{۵}$$

با توجه به طرح‌واره ارائه شده در بخش الف، هر شش‌ضلعی حاوی ۳ نانومیله (یک نانومیله در مرکز، ۲ نانومیله در گوشه‌ها) است. در نتیجه تعداد شش‌ضلعی‌های اشغال شده توسط میله‌ها برابر است با:

$$\text{تعداد شش ضلعی‌ها} = \frac{{}^{۱۰^{۱۰}}/_{۵}}{۳} = \frac{۱۰^{۱۰}}{۱۵}$$

مساحت هر شش‌ضلعی:

$$\text{مساحت هر شش‌ضلعی} = \frac{۱۰^{۱۴}nm^{۲}}{{}^{۱۰^{۱۰}}/_{۱۵}} = ۱۵ \times ۱۰^{۴}nm^{۲}$$

برای محاسبه طول ضلع شش‌ضلعی داریم:

$$\text{مساحت هر شش‌ضلعی} = \frac{۳\sqrt{۳}}{۲} \times (\text{طول ضلع})^۲ \rightarrow \quad \text{طول ضلع} = \sqrt{\frac{۲ \times ۱۵ \times ۱۰^۴ nm^۲}{۳\sqrt{۳}}}$$

$$= \sqrt{\frac{۱۰ \times ۱۰^۴}{\sqrt{۳}}} nm \cong ۲۴۰ \ nm$$

ج) عملکرد کاتالیست با توجه به درصد افزایش سطح آن بهبود می‌یابد. محاسبه افزایش سطح ناشی از اعمال نانومیله‌های پلاتینی به سطح کاتالیست از طریق زیر صورت می‌گیرد:

$$\text{افزایش سطح} = \text{تعداد نانومیله} \times \text{سطح نانومیله}$$

برای تعیین سطح نانومیله باید ارتفاع میانگین نانومیله‌ها نیز محاسبه شود. با توجه به مقدار پلاتین مصرف شده به ازای هر سانتی‌متر مربع از سطح کاتالیست، حجم پلاتین مصرفی بدست می‌آید:

$$\text{حجم پلاتین مصرفی} = \frac{۰.۱۳۵ \times ۱۰^{-۳} gr}{۲۱.۴۵ \ {gr}/{cm^۳}} = ۶.۲۹۳۷ \times ۱۰^{-۶} cm^۳$$

با توجه به پوشانده شدن ۱۵/۷۱ درصد از سطح کاتالیست ارتفاع میانگین نانومیله‌ها برابر است با:

$$\text{ارتفاع میانگین} = \frac{۶.۲۹۳۷ \times ۱۰^{-۶} cm^۳}{۰.۱۵۷۱ cm^۲} \cong ۴ \times ۱۰^{-۵} cm = ۴۰۰ \ nm$$

در نتیجه سطح در دسترس هر نانومیله برابر است با:

$$\text{سطح در دسترس نانومیله} = [\pi \times (۵۰ \times ۱۰^{-۷})^۲] cm^۲ + [۲\pi \times ۵۰ \times ۱۰^{-۷} \times ۴۰۰ \times ۱۰^{-۷}] cm^۲$$
$$= ۴.۲۵ \times ۱۰^{-۱۰} cm^۲$$

سطح حاصل از کل نانومیله‌ها برابر است با:

$$\text{سطح حاصل از کل نانومیله‌ها} = ۴.۲۵ \times ۱۰^{-۱۰} cm^۲ \times \frac{۱۰^{۱۰}}{۵} = ۰.۸۵ \ cm^۲$$

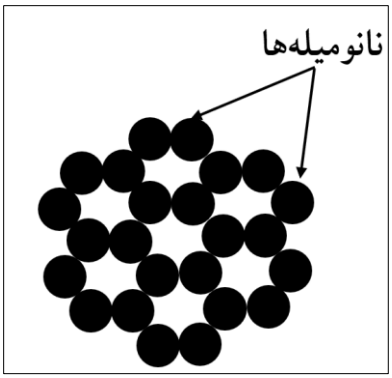
در نتیجه سطح در دسترس کاتالیست جدید برابر است با:

$$\text{سطح در دسترس کاتالیست جدید} = ۱ \ cm^۲ - .۱۵۷ \ cm^۲ + ۰.۸۵ \ cm^۲ = ۱.۶۹۳ \ cm^۲$$

$$\text{درصد بهبود عملکرد کاتالیست} \propto (۶۹/۳٪ \times ۰/۷۵) \approx ۵۲٪$$

در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که حدود ۵۲ درصد، عملکرد بهبود می‌یابد.

د) در این حالت طرح‌واره چیدمان نانومیله‌ها به شکل زیر است:



بیشترین میزان بهبود عملکرد زمانی رخ می‌دهد که بیشترین افزایش سطح ناشی از نانومیله‌های پلاتین را داشته باشیم. در این حالت طول ضلع شش‌ضلعی برابر با قطر نانومیله (۱۰۰ نانومتر) می‌شود و داریم:

$$\text{مساحت هر شش‌ضلعی} = \frac{۳\sqrt{۳}}{۲} \times (\text{طول ضلع})^۲ = \frac{۳\sqrt{۳}}{۲} \times (۱۰^{-۵})^۲ cm^۲ = \frac{۳\sqrt{۳}}{۲} \times ۱۰^{-۱۰} cm^۲$$

تعداد شش‌ضلعی‌ها در هر سانتی‌متر مربع برابر است با:

$$\text{تعداد شش‌ضلعی‌ها} = \frac{۱ cm^۲}{\frac{۳\sqrt{۳}}{۲} \times ۱۰^{-۱۰} cm^۲} = \frac{۲}{۳\sqrt{۳}} \times ۱۰^{۱۰}$$

با توجه به طرح‌واره ارائه شده، هر شش‌ضلعی حاوی ۲ نانومیله در گوشه‌ها است. در نتیجه تعداد نانومیله‌های موجود در یک سانتی‌متر مربع از طریق زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{تعداد نانومیله‌ها} = ۲ \times \text{تعداد شش‌ضلعی‌ها} = \frac{۴}{۳\sqrt{۳}} \times ۱۰^{۱۰}$$

مقدار پلاتین مورد نیاز برابر است با:

$$\text{مقدار پلاتین} = \text{تعداد نانومیله} \times \text{حجم نانومیله} \times \text{چگالی پلاتین}$$

$$= \frac{۴}{۳\sqrt{۳}} \times ۱۰^{۱۰} \times \pi(۵ \times ۱۰^{-۶})^۲ \times ۲ \times ۱۰^{-۵} \times ۲۱.۴۵$$

$$= \frac{۴}{۳\sqrt{۳}} \times ۱۰^{۱۰} \times \pi \times ۲۵ \times ۱۰^{-۱۲} \times ۲ \times ۱۰^{-۵} \times ۲۱.۴۵$$

$$= \frac{۴}{۳\sqrt{۳}} \times \pi \times ۵۰ \times ۲۱.۴۵ \times ۱۰^{-۷} = ۷.۷۸ \times ۱۰^{-۴} gr = ۰.۷۷۸\, mgr$$

مقدار پلاتین مورد نیاز ۰/۷۷۸ میلی‌گرم است.

پاسخ تشریحی سوال ۳:

الف) لیتوگرافی باریکه الکترونی

ب) لیتوگرافی مکانیکی

ج) لیتوگرافی نوری

د) لیتوگرافی قلم آغشته

ه) دشواری تولید منابع باریکه الکترونی

و) لیتوگرافی نوری، لیتوگرافی باریکه الکترونی

ر) چاپ تماسی، چاپ مجاورتی، چاپ پرتوافکنی

م) تماسی، مجاورتی

ز) خیر، درلیتوگرافی نوری از امواج الکترومغناطیس با طول موج مشخص استفاده می‌شود. به همین دلیل، این روش وضوح محدودی داشته و برای لیتوگرافی درمقیاس نانومناسب نیست.

پاسخ تشریحی سوال ٤:

شماره	نمونه	آنالیز میکروسکوپی	حالت تصویربرداری یا نوع آشکارساز	راهکار مناسب بهینه‌سازی نمونه
۱	داروی ضد سرطان	TEM	–	تغییر اندازه نانولیپوزوم‌ها
۲	قطعه الکترونیکی پوشش داده شده	AFM	تصویربرداری تماسی	کاهش تغییر ارتفاع ناگهانی سطح
۳	پودر سیلیکای مزومتخلخل	TEM SEM	– SE	افزایش قطر تخلخل
۴	نانوکامپوزیت	SEM	BSE	کاهش درصد نانوذرات کاربید تنگستن
۵	ترکیب آلی	AFM	تصویربرداری غیر تماسی	اصلاح ساختار مولکول آلی و پیوند کوالانسی

پاسخ تشریحی سوال ٥:

الف) کاهش اندازه نانوذرات، منجر به شکافته شدن هر چه بیشتر نوارهای انرژی می‌شود. این امر موجب می‌گردد تا شکاف انرژی با کاهش اندازه ذرات بزرگتر شود. در نتیجه $D_۱ > D_۲$.

ب) هر نقطه کوانتومی، بسته به اندازه خود، طیف انرژی مجزایی داشته و توسط فوتون‌هایی با انرژی مشخص برانگیخته می‌شود. در حالت آسایش الکترون‌های برانگیخته، انرژی که با بازگشت الکترون به حالت پایه به شکل فوتون منتشر می‌شود، برابر شکاف انرژی است. از این رو هر نقطه کوانتومی، متناسب با اندازه خود پرتویی با طول موج خاص منتشر می‌کند. در نتیجه چنانچه از بین سه طیف پرتو تابیده شده به هر یک از کلوئیدها، انرژی مشخصه برای برانگیختن الکترون‌های نوار ظرفیت تامین شود، پرتویی با طول موج خاص از کلوئید منتشر می‌شود و در غیر این صورت برانگیختگی اتفاق نیفتاده و پرتویی ساطع نمی‌شود.

تعداد پرتو منتشر شده از ظرف A: صفر یا یک؛

تعداد پرتو منتشر شده از ظرف B: صفر یا یک.

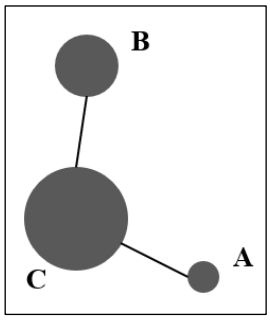
ج) با توجه به ساختار نواری ارائه شده برای نقاط کوانتومی با قطر D_1 بدیهی است که انرژی آسایش الکترون‌های برانگیخته در این ذرات (شکاف انرژی) کمتر از انرژی لازم برای برانگیختن الکترون‌های نوار ظرفیت نقاط کوانتومی با قطر D_2 است و در نتیجه تاباندن پرتو فرابنفش به نقاط کوانتومی با قطر D_1، نمی‌تواند منجر به انتشار نور از نقاط کوانتومی با قطر D_2 شود و عبارت دوم درست است.

د) طیف نشر نور A با طیف جذب نور C هم‌پوشانی بالایی دارد ولی با طیف جذب نور B هم‌پوشانی ندارد. در نتیجه در حالتی که ذرات A و C به هم نزدیک باشند (کمتر از ۱/۵ برابر شعاع فورستر)، پدیده FRET رخ می‌دهد.

ه) با توجه به هم‌نام بودن بار الکتریکی ذرات، در صورت بریده شدن پیوند پپتیدی، ذرات از هم فاصله گرفته و فاصله آن‌ها بیشتر از ۱/۵ برابر شعاع فورستر می‌شود و در نتیجه پدیده FRET رخ نمی‌دهد.

یک برش:

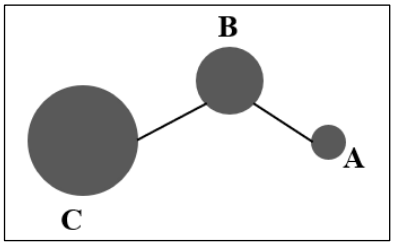
برش پپتید بین A و B: **نشر پرتو با طول موج ٤٥٠ نانومتر**



جذب ۳۵۰ توسط A و نشر ۴۵۰

فاصله زیاد از B و عدم رخداد پدیده FRET

برش پپتید بین A و C: نشر پرتو با طول موج ۶۵۰ نانومتر

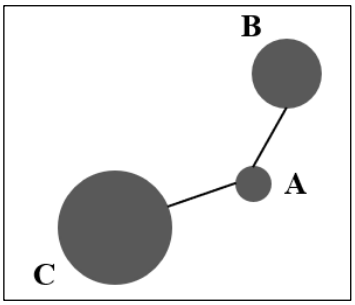


جذب ۳۵۰ توسط A و نشر ۴۵۰

جذب ۴۵۰ توسط B و نشر ۵۵۰

جذب ۵۵۰ توسط C و نشر ۶۵۰

برش پپتید بین B و C: نشر پرتو با طول موج ۵۵۰ نانومتر



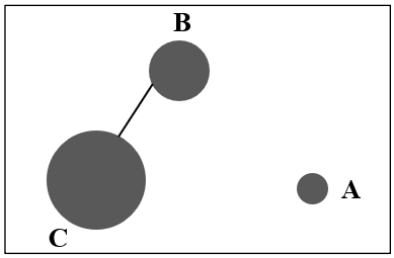
جذب ۳۵۰ توسط A و نشر ۴۵۰

جذب ۴۵۰ توسط B و نشر ۵۵۰

فاصله زیاد از C و عدم رخداد پدیده FRET

دو برش:

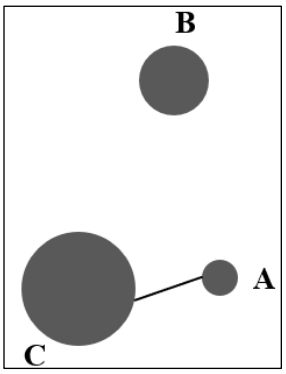
برش دو پیوند مجاور A: **نشر پرتو با طول موج ٤٥٠ نانومتر**



جذب ۳۵۰ توسط A و نشر ۴۵۰

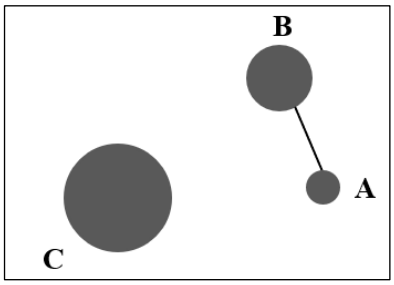
فاصله زیاد از B و عدم رخداد پدیده FRET

برش دو پیوند مجاور B: **نشر پرتو با طول موج ٤٥٠ نانومتر**



جذب ۳۵۰ توسط A و نشر ۴۵۰

فاصله زیاد از B و عدم رخداد پدیده FRET



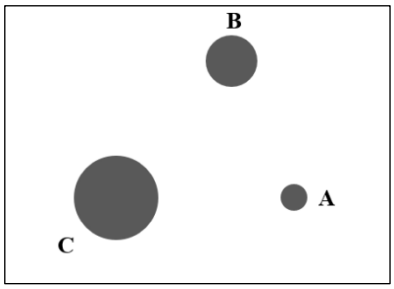
برش دو پیوند مجاور C: نشر پرتو با طول موج ۵۵۰ نانومتر

جذب ۳۵۰ توسط A و نشر ۴۵۰

جذب ۴۵۰ توسط B و نشر ۵۵۰

فاصله زیاد از C و عدم رخداد پدیده FRET

سه برش: نشر پرتو با طول موج ٤٥٠ نانومتر



جذب ۳۵۰ توسط A و نشر ۴۵۰

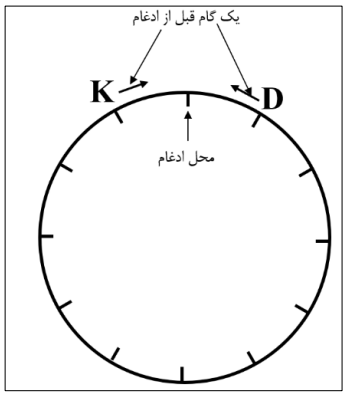
فاصله زیاد از B و عدم رخداد پدیده FRET

نهایتا می‌توان نتیجه گرفت در **٤ حالت برش** پیوندهای پپتیدی، نشر ۴۵۰ نانومتر را خواهیم داشت.

پاسخ تشریحی سوال ٦:

الف) با توجه به چرخش یک دوازدهمی هر نانوموتور در ۲ میلی‌ثانیه، می‌توان محیط دایره را به ۱۲ ناحیه مساوی تقسیم کرد (مشابه ساعت). از آنجایی که زاویه بین دو نانوموتور ۶۰ درجه است، بنابراین اختلاف موقعیت این دو نانوموتور به طریق زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{اختلاف موقعیت} = \frac{۶۰}{۳۶۰} \times ۱۲ = ۲$$

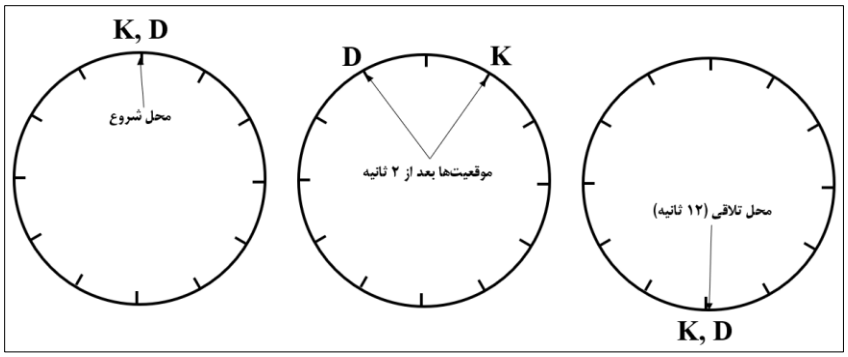


به طور مثال اگر داینئین در موقعیت ساعت ۱ قرار داشته باشد، کاینزین در موقعیت ساعت ۱۱ قرار دارد (مطابق شکل).

از طرفی با توجه به اینکه بعد از ۲ میلی‌ثانیه دو نانوموتور به هم رسیده و ادغام می‌شوند، در نتیجه هر دو نانوموتور با یک تغییر موقعیت به هم رسیده و ادغام می‌شوند. بنابراین راستای حرکت دو نانوموتور مشابه شکل می‌شود.

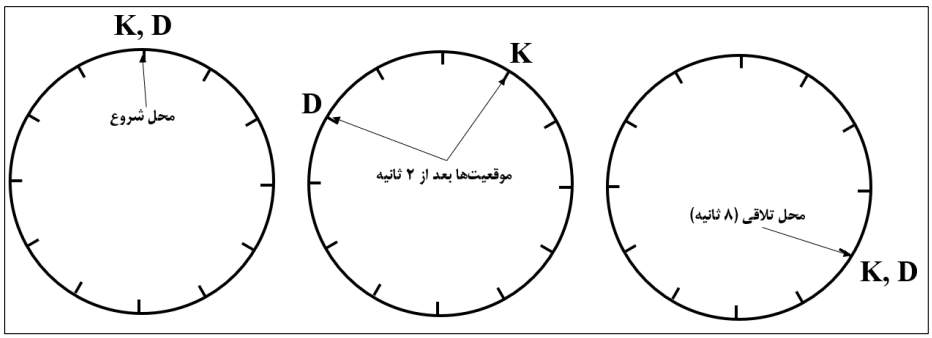
بنابراین نانوموتور داینئین پادساعتگرد و نانوموتور کاینزین ساعتگرد می‌چرخند.

ب) با توجه به موقعیت مشابه دو نانوموتور و سرعت چرخش برابر به دور میکروتوبول، امکان تلاقی این دو با یکدیگر پس از چرخش به میزان نیم دور می‌رود.



در نتیجه پس از ۱۲ میلی‌ثانیه امکان تلاقی این دو می‌رود. از طرف دیگر از مطالب فیزیک دبیرستان می‌دانیم که سرعت نسبی دو متحرک که به سوی یکدیگر حرکت می‌کنند، جمع آن دو است؛ پس می‌توان کاینزین را ثابت در نظر گرفت و داینئین را با سرعت ۳ نانومتر بر میلی‌ثانیه به سویش گسیل داشت. در نتیجه کمترین فاصله‌ای که امکان ادغام دو نانوموتور می‌رود، ۳۶ نانومتر است.

ج) با توجه به شکل زیر پس از ۸ ثانیه دو نانوموتور به هم رسیده و امکان ادغام وجود دارد. همچنین با توجه به سرعت نسبی ۳ نانومتر بر میلی‌ثانیه، فاصله کمینه در این حالت ۲۴ نانومتر به دست می‌آید.



د) فاصله ۱۹۲ نانومتری از یکدیگر، با توجه به سرعت نسبی (۳ نانومتر بر میلی‌ثانیه) نانوموتورها معادل ۶۴ میلی‌ثانیه است. از طرفی با توجه به اینکه هر ۲ میلی‌ثانیه نانوموتورها یک دوازدهم محیط میکروتوبول را می‌چرخند، بنابراین به ازای هر ۲۴ ثانیه یک دور کامل می‌چرخند و در موقعیت اولیه خود قرار می‌گیرند. در نتیجه ۶۴ میلی‌ثانیه معادل ۲ دور چرخش کامل (۴۸ میلی‌ثانیه) و ۱۶ میلی‌ثانیه باقیمانده است. در نتیجه برای اینکه پس از طی این زمان باقیمانده، نانوموتورها در هم ادغام شوند، باید اختلاف موقعیت هشت دوازدهم (معادل ۱۶ میلی‌ثانیه) داشته باشند. بنابراین داریم:

$$\theta = \frac{۸}{۱۲} \times ۳۶۰ = ۲۴۰$$