به نام خدا

نمونه سوالات اولین المپیاد علوم و فناوری نانو

پیشگفتار

توسعه پایدار فناوری نانو در کشور بدون ترویج این فناوری در میان عموم جامعه و خصوصاً نوجوانانی که متخصصان آینده کشور در این حوزه هستند، امکانپذیر نخواهد شد. با توجه به این نکته، ستاد ویژه توسعه فناوری نانو برنامه‌های دانش‌آموزی خود را از سال ۱۳۸۳ طراحی و اجرا کرده‌است. باشگاه دانش آموزی نانو، بخشی از کارگروه ترویج ستاد ویژه توسعه فناوری نانو است که در زمینه تولید محتوای آموزشی و کمک به آموزش و ترویج فناوری نانو در مقاطع تحصیلی قبل از دانشگاه فعالیت می‌کند. این باشگاه علاوه بر تولید و انتشار محتوای اینترنتی، تاکنون چندین جلد کتاب و لوح فشرده آموزشی منتشر کرده، ۶ نمایشگاه آموزشی استانی برگزار نموده و بیش از ۳۰۰ سمینار و کارگاه آموزشی در زمینه فناوری نانو را در سراسر کشور مورد حمایت قرار داده است. برای آشنایی بیشتر با فعالیت‌های این باشگاه به سایت http://www.nanoclub.ir مراجعه کنید.

یکی از برنامه های جدید ستاد ویژه توسعه فناوری نانو که توسط باشگاه نانو انجام گرفته است، طراحی و برگزاری آزمایشی اولین المپیاد ملی فناوری نانو است. این المپیاد با تکیه بر تجربیات پیشین باشگاه دانش پژوهان جوان و سازمان ملی پرورش استعدادهای درخشان در زمینه برگزاری المپیادهای دانش آموزی در سطح ملی و بین‌المللی و با برگزاری جلسات کارشناسی متعدد طراحی شد. مرحله اول المپیاد با حضور ۱۲۰۰ دانش آموز مقطع متوسطه در چهارم تیرماه ۱۳۸۹ در ۱۰ استان کشور برگزار گردید. از میان شرکت کنندگان ۳۱ نفر از ۱۹ شهر مختلف و از ۱۴ استان کشور برگزیده شدند. گستردگی جغرافیایی شهرهای مذکور می تواند نشان دهنده ایجاد فرصت‌های آموزشی برابر و ترویج یکنواخت علوم و فناوری نانو در سراسر کشور باشد.

مرحله دوم المپیاد به صورت یک اردوی علمی دو هفته‌ای در تهران طراحی شد. این اردو دوره آموزشی آزمایش محوری بود که در دو مرکز از مجهزترین زیرمجموعه‌های شبکه آزمایشگاه‌های نانو برگزار شد. در این اردو، منتخبان از سویی با روش های سنتز نانومواد آشنا شدند و خود به تجربه و آزمایش در این زمینه پرداختند و از سوی دیگر، پس از آشنایی با روش های محاسباتی در علوم نانو، نمونه ای از نانومواد آلی را شبیه سازی کردند. برگزیدگان نهایی اولین المپیاد ملی نانو همزمان با سومین جشنواره فناوری نانو معرفی و مورد تقدیر قرار می‌گیرند. کتاب حاضر، مجموعه‌ای از سوالات و پاسخ‌های مرحله اول المپیاد آزمایشی علوم و فناوری نانو در سال ۸۹ است. این پرسش ها با تکیه بر مقالات سایت باشگاه نانو و کتاب های معرفی شده در این سایت و به صورت چهارگزینه‌ای طراحی شده است. پس از اخذ سوالات از متخصصان فناوری نانو و خصوصاً مدرسان دوره‌های دانش‌آموزی نانو و برگزاری جلسات کارشناسی، مجموعه سوالی برای مرحله اول المپیاد مهیا شد. برخی از سوال‌ها تنها با تکیه بر منابع اعلام شده طراحی شده‌اند و از همین رو، صرفاً به ذکر پاسخ آنها در این مجلد بسنده شده است. اما برخی دیگر از سوالات به مباحثی می پردازند که به طور کامل در منابع معرفی شده مطرح نشده‌اند. در ابتدای این گونه سوالات توضیحاتی برای دانش‌آموزان ارائه داده شده است و پاسخ های این سوالات نیز به صورت مشروح ارائه شده است. سوالات مرحله دوم المپیاد در کتاب حاضر نیامده‌اند، بدین دلیل که با توجه به آزمایش محور بودن مرحله دوم، ذکر سوالات بدون دسترسی به پیش زمینه علمی و تجربی مرتبط با آنها مفید فایده نخواهد بود.

در این فرصت از حمایت، همکاری و مشاوره‌های ارزشمند مسئولین پژوهشگاه صنعت نفت، پژوهشکده علوم و فناوری نانو پژوهشگاه دانش‌های بنیادی، سازمان ملی پرورش استعدادهای درخشان و باشگاه دانش‌پژوهان جوان در برگزاری المپیاد آزمایشی علوم و فناوری نانو صمیمانه قدردانی می‌شود. امید است با فراهم شدن زیرساخت‌های لازم، جمهوری اسلامی ایران مبتکر و میزبان اولین المپیاد بین‌المللی علوم و فناوری نانو در جهان باشد.

باشگاه دانش آموزی نانو

مهر ماه ۱۳۸۹

باشگاه نانو

نمونه سوالات اولین المپیاد علوم و فناوری نانو

گردآورندگان: محمدامین مرادی

یاسر خوشنویس

فاطمه موید

فائقه اسلامی‌پور

یاسر خوشنویس

محمدرضا زارعی

اسماعیل کلانتری

با تشکر از: مهندس عماد احمدوند

طراحی و صفحه آرایی:

سیمین رفیع‌پور لنگرودی

سلام

به اولین المپیاد دانش‌آموزی نانو خوش آمدید

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

- متن سوالات را با دقت بخوانید و در پاسخ دادن عجله نکنید.
- برخی از سوالات تنها با تکیه بر منابعی که قبلاً برایتان معرفی شده بودند، طراحی شده‌اند. اگر به منابع معرفی شده مسلط باشید، با صرف کمی دقت می توانید پاسخ درست را پیدا کنید.
- برخی دیگر از سوالات به مباحثی می پردازند که به طور کامل در منابع معرفی شده مطرح نشـــده‌اند. در ابتدای این ســـوالات توضیحات کوتاه یا مفصلی آمده اســـت. در مورد این سوالات باید توضیحات را با دقت بخوانید و با تکیه بر اطلاعاتی که از قبل دارید، به سوالات پاسخ دهید.
- ممکن است در مورد برخی از سوالات دو یا چند گزینه درست به نظرتان برسد. در این موارد باید «بهترین» گزینه را انتخاب کنید.

موفق باشید

۱. فرض کنید که یک نوار کاغذ به طول ۲۰ سانتی‌متر در اختیار داریم و می خواهیم با بریدن آن به ابعادی کمتر از ۱۰۰ نانومتر برسیم. برای این کار ابتدا کاغذ را از وسط می بریم، سپس نیمه سمت راست را کنار می‌گذاریم و نیمه سمت چپ را دوباره از وسط می‌بریم. برای اینکه به ابعاد گفته شده برسیم، تقریباً چند بار باید کاغذ را از وسط ببریم؟

الف) ۱۰۰۰۰۰۰ بار.

ب) ۱۰۰۰ بار.

پ) ۱۰۰ بار.

د) ۲۰ بار.

✓ از آنجا که با هر بار بریدن اندازه کاغذ نصف می شود، باید به دنبال توانی از عدد ۲ باشیم که مقدار آن در حدود ۱۰۸ باشد که برابر با نسبت یک سانتی‌متر به یک نانومتر است. با توجه به این نکته، گزینه د) صحیح است.

۲. کدام یک از نیروها و پدیده‌های زیر در مقیاس نانومتری از تاثیر بیشتری برخوردارند؟

الف) نیروی اصطکاک، اثرات کوانتومی، حرکت براونی

ب) نیروی گرانش، نیروی واندروالس، نیروی الکترواستاتیک

ج) نیروی اصطکاک، نیروی گرانش، اثرات کوانتومی

د) نیروی واندروالس، نیروی الکترواستاتیک، حرکت براونی

✓ گزینه د) صحیح است. (سوالات ۲ تا ۸ با توجه به مقالات منتشر شده در سایت باشگاه نانو طراحی شده‌اند. به همین دلیل، به ذکر پاسخ آنها اکتفا شده است).

۳. با توجه به اینکه کوچک‌سازی مواد از اهمیت بالایی برخوردار است، چرا دانشمندان و مهندسان به سراغ فناوری‌های دیگری مانند فناوری پیکو یا مقیاس‌های کوچکتر نرفته‌اند:

الف) فناوری مهم آینده فناوری پیکو خواهد بود.

ب) چون فناوری‌نانو با فناوری زیستی ارتباط تنگاتنگی دارد و فناوری زیستی در مقیاس نانومتری اهمیت پیدا می کند.

ج) چون در فناوری‌های مربوط به مواد نیازی به کار در مقیاس کوچکتر از نانومتر نیست.

د) به دلیل اصل عدم قطعیت، دستیابی به مقیاس پیکو و مقیاس‌های کوچکتر امکان‌پذیر نیست.

✓ گزینه د) صحیح است.

۴. کدام یک از تغییرات زیر در مقیاس نانو در اثر افزایش سطح اتفاق می‌افتد؟

الف) تغییر شفافیت نانوذرات دی اکسید تیتانیم

ب) تغییر رنگ نانوذرات طلا
ج) تغییر خاصیت مغناطیسی نانوذرات آهن
د) افزایش استحکام نانولوله‌های کربنی

✓ گزینه ج) صحیح است.

۵. بسیاری از موادی که در طبیعت یافت می‌شوند، دارای «دانه» هستند. در صورتی که با چکش به جان یک ماده دارای دانه‌بندی بیفتیم، چه اتفاقی برای آن خواهد افتاد؟

الف) ماده از میانه دانه‌ها خواهد شکست، چون میانه دانه‌ها فشار بیشتری را نسبت به مرز دانه‌ها تحمل می‌کند.
ب) ماده از مرز دانه‌ها خواهد شکست، چون پیوند های بین اتم‌ها در مرز دانه ها ضعیف‌تر است.
ج) ماده از میانه دانه‌ها خواهد شکست، چون آرایش برخی از اتم‌ها در میانه دانه‌ها نادرست است.
د) بسته به شدت ضربه ماده ممکن است از مرز دانه‌ها یا از میانه دانه‌ها بشکند.

✓ گزینه ب) صحیح است.

۶. چرا استحکام نانومواد در مقابل ضربات چکش به طور نسبی نسبت به مواد معمولی بیشتر است؟

الف) چون دانه‌های نانومواد بزرگتر هستند.
ب) چون مرزدانه‌ها در نانومواد گسترده‌تر است.
ج) چون نانومواد دانه ندارند.
د) چون پیوند بین اتم‌ها در نانومواد قوی‌تر است.

✓ گزینه ب) صحیح است.

۷. رویکرد ساخت آن چه ما در طبیعت پیرامون‌مان می‌بینیم و عمده‌ترین رویکرد ساخت در فناوری‌های بزرگ مقیاس، به ترتیب بالا به پایین است یا پایین به بالا؟

الف) پایین به بالا، بالا به پایین
ب) بالا به پایین، پایین به بالا
ج) پایین به بالا، پایین به بالا
د) بالا به پایین، بالا به پایین

✓ گزینه الف) صحیح است.

۸. زیردریایی‌ها از شـگفت‌انگیزترین اختراعات بشـر هستند. دانشمندان برای سـاخت و حرکت دادن زیردریایی‌ها از چند قانون اسـتفاده می‌کنند که مهمترینِ آنها قانون ارشمیدس (بر هر جسمی که در سیال فرو برود، معادل وزن سیال جابجاشده نیرو وارد می‌شود) و قانون بویل (در دمای ثابت، حجم و فشار یک گاز با هم رابطه عکس دارند. یعنی هرگاه فشار وارد بر گاز دو برابر شود، حجم سیال نصف خواهد شد) هستند. باکتری‌های تاژک‌دار رفتاری شـبیه زیردریایی‌ها دارند. در انتهای بدن این جانداران، رشته پروتئینی به نام تاژک وجود دارد که باکتری با چرخاندن آن در آب حرکت میکند. معمولاً طول تاژک چند برابر طول باکتری اسـت. زمانی که یک باکتری تصمیم به توقف می‌گیرد، در فاصله‌ای کمتر از قطر یک اتم می ایسـتد. به نظر شما چرا این اتفاق می‌افتد؟

الف) این اتفاق ناشی از سرعت و جرم اندک باکتری است.

ب) چون اصطکاک در مقیاس نانو بسیار زیاد است.

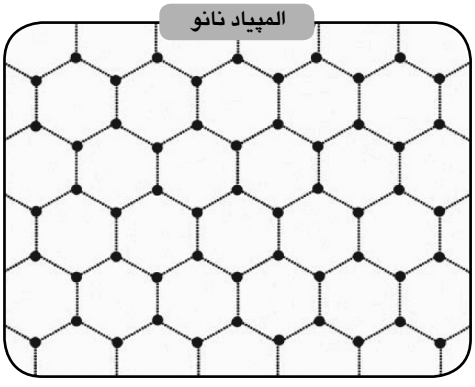
ج) چون تاثیر نیروی گرانش و لختی در مقیاس نانو ناچیز است.

د) به دلیل اینکه قانون ارشمیدس و قانون بویل در مقیاس نانو تغییر می کنند.

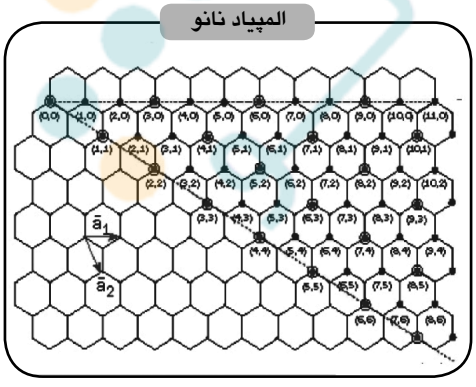
✓ گزینه ج) صحیح است.

با توجه به توضیحات زیر به سوال های ۹ تا ۱۲ پاسخ دهید:

نانولوله های کربنی، استوانه‌های توخالی با قطری حدود چند نانومتر هستند. برای تصور بهتر این مواد، می‌توان فرض کـرد که یک نانولولـه کربنی تک‌دیواره از پیچاندن یا رول کردن یک صفحه گرافن (صفحه ای که اتم های کربن در آن به صورت شش‌ضلعی کنار یکدیگر قرار گرفته اند (شکل ۱)) به دست می‌آید.



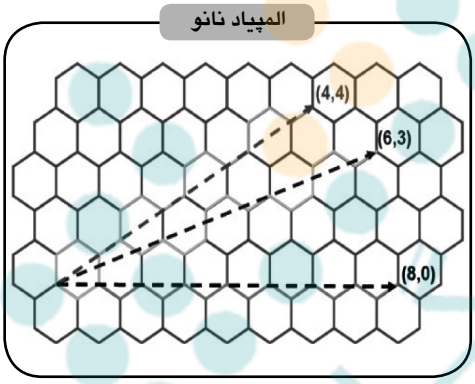
شکل ۱ : صفحه گرافن



شکل ۲ : مختصات گرافن

از آنجـا که نحوه پیچش صفحه گرافن بر خواص نانولوله‌های کربنی تاثیر دارد، مختصات ویژه‌ای روی صفحه گرافن در نظر گرفته می شود تا بتوان این پیچش را به صورت کمی بررسی کرد. مطابق با شکل ۲، بردارهای یکه این مختصات

فرضی با نمادهای a_1 و a_2 نشـان داده می شـوند. به طوری که با شـروع از نقطه (۰،۰) در سمت چپ و بالای شکل و با حرکت در جهت این بردارها می‌توان تمامی نقاط صفحه را که بیانگر اتم‌های کربن هسـتند، شـماره‌گذاری کرد. برای مثـال، اگـر از نقطه (۰،۰) به اندازه یک بردار a_1 حرکت کنیم به نقطه (۱،۰) و به همین ترتیب به نقاط (۲،۰)، (۰،۳) و (۰،۴) می‌رسـیم و اگر از نقطه (۰،۲) به اندازه یک بردار a_2 پایین بیاییم به نقطه (۱،۲) و اگر به اندازه دو بردار a_2 پاییـن بیاییم، به نقطه (۲،۲) می‌رسـیم. از اتصال مبدأ یعنی نقطـه (۰،۰) به هر یک از نقاط صفحه با مختصات (m,n) برداری با مختصات (m,n) حاصل می‌شود که آن را بردار «کایرال» می‌نامیم. (شکل۳)



شکل۳: رابطه بردار کایرال با مختصات نقاط

با رول کردن صفحه گرافن در راسـتای هر بردار کایرال یک نانولوله کربنی تک‌دیواره حاصل می‌شـود. بردار کایرال، بردار مشـخصه نانولوله اسـت، به این معنا که با مشخص بودن m و n می‌توان جهت پیچش و در نتیجه نوع نانولوله به دسـت آمده را تعیین کرد. به عنوان مثال، اگر مولفه‌های بردار کایرال با هم برابر باشـند (m=n)، نانولوله را «صندلی» و اگر مؤلفه دوم بردار ۰ باشد (m=۰)، نانولوله را «زیگزاگ» نامیم و در غیر این صورت نانولوله را «نامتقارن» می گوییم.
با توجه به توضیحات فوق به سوال های زیر پاسخ دهید:

۹. اگر طول بردار کایرال در یک نانولوله زیگزاگ ۳۱,۴ نانومتر باشد، شعاع این نانولوله چند نانومتر است؟

الف) ۵

ب) ۱۰

ج)۱۵,۷

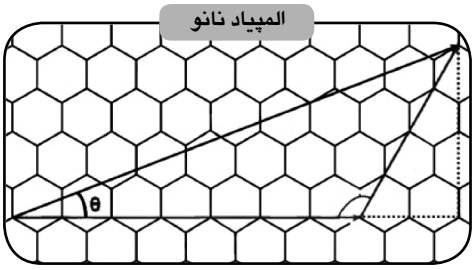
د) ۷,۸۷

✓ گزینه الف) صحیح است. با توجه به اینکه طول بردار کایرال برابر با محیط جانبی نانولوله کربنی است، می توان شعاع را به ترتیب زیر محاسبه کرد:

$P=2\pi r$

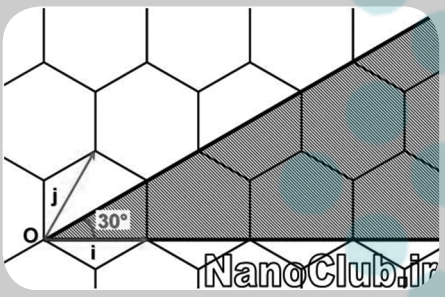
$31,4=2\pi r \rightarrow r=5$

۱۰. زاویــه کایــرال را به صورت زاویه میان بردار کایرال و بردار یکــه a۱ تعریف می‌کنیم. زاویه کایرال در نانولوله صندلی کدام است؟



شکل۴: زاویه کایرال

الف) ۳۰ درجه
ب) ۰ درجه
ج) بین ۰ و ۳۰ درجه
د) هیچکدام



✓ با توجه به شکل روبرو، بردار کایرال در نانولوله صندلی با راستای زیگزاگ زاویه ۳۰ درجه می سازد.
گزینه الف) صحیح است

۱۱. در یک نانولوله نامتقارن با بردار کایرال (m,n)، قطر نانولوله از کدام رابطه به دست می‌آید.
(راهنمایی: به شکل ۴ توجه کنید. a۰ برابر با طول ضلع شش‌ضلعی‌ها است.)

الف) $D = \sqrt{3}\frac{a_0}{\pi}(m^2 + mn + n^2)^2$

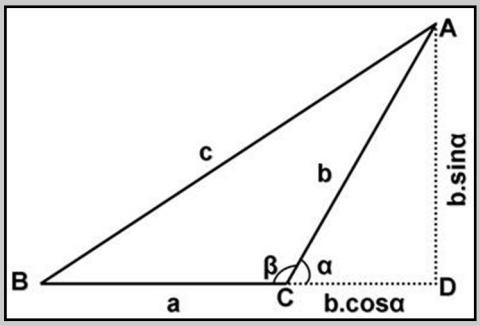
ب) $D = \sqrt{3}\frac{a_0}{\pi}(m^2 + mn + n^2)^{1/2}$

ج) $D = 2\sqrt{3}\frac{a_0}{\pi}(m^2 + mn + n^2)^2$

د) $D = 2\sqrt{3}\frac{a_0}{\pi}(m^2 + mn + n^2)^{1/2}$

✓ گزینه ب) صحیح است. به عنوان یک رابطه مثلثاتی عمومی، با توجه شکل زیر داریم:

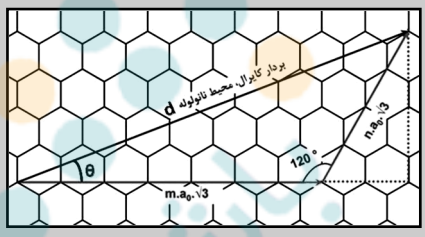
$a^2 + b^2 - 2ab\cos\beta = c^2$



حال با توجه به رابطه مذکور و شکل زیر، در صورتی که A نشان‌دهنده طول محیط نانولوله (یا طول بردار کایرال) و a_0 برابر با طول پیوند کوالانسی C-C باشد، رابطه زیر برقرار است:

$$A^2 = (m.a_0.\sqrt{3})^2 + (n.a_0.\sqrt{3})^2 - 2 \times (m.a_0.\sqrt{3}).(n.a_0.\sqrt{3}).\cos(120°)$$

$$A^2 = 3 \times a_0^2.(m^2 + m.n + n^2) \longrightarrow A = a_0.\sqrt{3}.\sqrt{m^2 + m.n + n^2}$$



و بنابراین، داریم:

$$A = \pi D$$

$$D = ۲\sqrt{۳}\frac{a_.}{\pi}\sqrt{m^۲ + m.n + n^۲}$$

۱۲. در ساختار صفحه گرافن، هر اتم کربن با ۳ اتم کربن دیگر پیوند دارد. با توجه به ظرفیت اتم کربن ۴ است، الکترون باقیمانده در ساختار نانولوله کربنی ...

الف) از طریق بارهای مثبت موجود در ساختار خنثی می‌شود.

ب) در محل اتصال دو سر صفحه گرافن پیوند برقرار می‌کند.

ج) به صورت یک پیوند آزاد باقی می‌ماند.

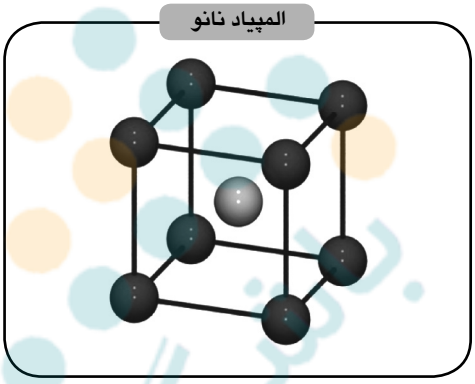
د) یکی از پیوندهای C-C را در هر شش‌ضلعی دوگانه می‌کند.

✓ گزینه ج) صحیح است.

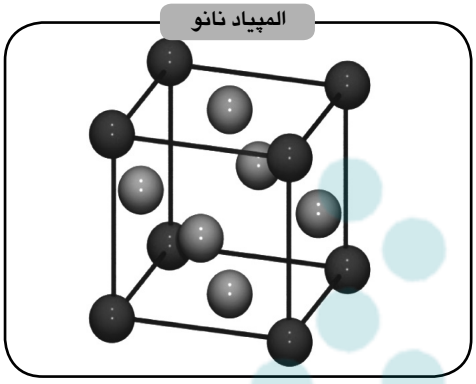
با توجه به توضیحات زیر به سوال های ۱۳ تا ۱۵ پاسخ دهید:

بیشتر جامدات غیرآلی که در زندگی روزمره با آنها سروکار داریم، بلوری هستند. یعنی اجزای تشکیل‌دهنده این مواد (اتم‌ها ، یون‌ها یا مولکول‌ها) به صورت منظم در کنار یکدیگر آرایش یافته‌اند. تکرار این آرایش منظم در سه جهت فضایی سبب بزرگ شدن بلور می شود. ذرات تشکیل دهنده یک بلور به صورت یک طرح تکراری سه‌بعدی بلوری که «شبکه بلور» نامیده می‌شود، مرتب شده‌اند. کوچکترین بخش یک شبکه بلور که تمام خواص بلور را داراست، «سلول واحد» نام دارد. بلورها را می‌توان بر حسب نوع سلول واحد تقسیم‌بندی کرد. دو نمونه مهم از سلول های واحد عبارت‌اند از:

- **بلور مکعبی مرکز حجمی (bcc)** : در این حالت اتم‌ها در هشت راس یک مکعب قرار دارند و یک اتم نیز در مرکز مکعب است. (شکل ۵)
- **بلور مکعبی مرکز سطحی (fcc) :** در این حالت اتم‌ها در هشت راس یک مکعب قرار دارند و شش اتم نیز در مرکز وجوه مکعب قرار دارند. (شکل ۶)



شکل ۵: ساختار BCC



شکل ۶: ساختار FCC

۱۳. به ازای هر سلول واحد، به ترتیب چند اتم در ساختار شبکه یک بلور مکعبی مرکز حجمی (bcc) و یک بلور مکعبی مرکز سطحی (fcc) وجود دارند؟

الف) ۲ و ۴

ب) ۹ و ۱۴

ج) ۳ و ۵

د) ۳ و ۹

✓ یک بلور از کنار هم قرار گرفتن تعداد بیشماری «سلول واحد» تشکیل شده است. از این رو، اتم‌هایی که در مکان‌های مختلف یک سلول واحد خاص قرار می‌گیرند، میان آن سلول و سلول‌های همسایه به اشتراک گذاشته می‌شوند. جمع کل اتم‌های واحد در شبکه fcc برابر است با۱/۸ از ۸ اتمی که در رئوس قرار گرفته‌اند به علاوه ۱/۲ از ۶ اتمی که در مرکز هر یک از وجوه قرار دارند. بنابراین مجموع تعداد اتم‌ها در این سلول واحد fcc، برابر با ۴ اتم است. به همین ترتیب، جمع کل اتم‌های سلول واحد در شبکه bcc برابر است با ۱/۸ از ۸ اتمی که در رئوس قرار گرفته‌اند به علاوه اتمی که در مرکز قرار دارد. بنابراین مجموع تعداد اتم ها در یک سلول واحد bcc، برابر با ۲ اتم است. از اینرو پاسخ صحیح گزینه الف) است.

۱۴. اگر طول ضلع سلول واحد در یک ساختار fcc برابر a باشد، نزدیکترین همسایه هر اتم در چه فاصله‌ای از آن قرار دارد؟

الف- $\sqrt{۳}/۳ a$ ب- $a/۲$

ج) $\sqrt{۲}/۲ a$ د) $\sqrt{۳}/۴ a$

✓ با توجه به شکل شماره ۶، پاسخ صحیح گزینه ج) است.

۱۵. کوچکترین نانوذره فرضی که از یک ماده که دارای ساختار fcc باشد، ذره‌ای است که هر اتم با نزدیکترین همسایه‌هایش تشکیل می‌دهد. با در نظر گرفتن ساختار فضایی سلول های fcc، کوچکترین نانوذره فرضی در ساختار fcc چند وجهی است؟

الف- ۸ وجهی

ب- ۶ وجهی

ج- ۲۰ وجهی

د- ۱۴ وجهی

✓ در یک شبکه fcc، هر اتم ۱۲ همسایه دارد که در حداقل فاصله از آن قرار دارند. این مجموعه سیزده اتمی یک ۱۴ وجهی را تشکیل می‌دهد که در واقع، کوچکترین نانوذره فرضی از یک ماده با ساختار fcc است. بنابراین، پاسخ صحیح گزینه د) است.

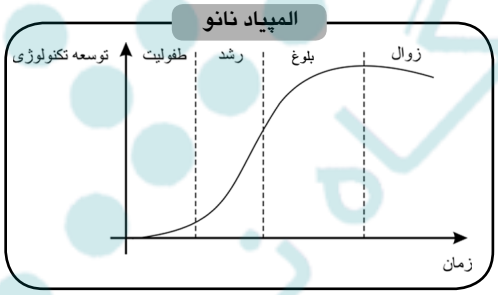
با توجه به توضیحات زیر به سوال های ۱۶ تا ۱۸ پاسخ دهید:

فناوری‌ها دارای عمر محدودی هستند. دوره عمر هر فناوری را می‌توان به صورت تقریبی در چهار مرحله توصیف کرد. همچنان که در شکل زیر دیده می‌شود، اگر محور افقی را زمان و محور عمودی را توسعه فناوری در نظر بگیریم، فرایند توسعه و افول فناوری‌ها شکلی شبیه به حرف S خمیده را به وجود می‌آورد. این چهار مرحله را می توان به ترتیب زیر توصیف کرد:

- **مرحله طفولیت:** در اولین مرحله ایده فناوری نو معرفی می‌شود. معمولاً در این مرحله تعدادی مقاله منتشر می‌شود که از یک امکان جدید برای رفع یک نیاز تکنولوژیکی سخن می‌گویند. به تدریج، در اواخر دوره طفولیت نمونه‌هایی از محصول ساخته می‌شود. در این مرحله ممکن است چند شرکت به طور همزمان به مرحله ساخت نمونه برسند و نتایج کارهای خود را ارائه دهند.
- **مرحله رشد:** در این مرحله، همزمان با ادامه فعالیت‌های تحقیق و توسعه برای ساخت محصولات دارای کیفیت بهتر، برخی از شرکت‌ها به تولید گسترده‌تر محصول می‌پردازند. از اواسط این دوره نمونه‌های ابتدایی محصول وارد بازار می‌شوند. اگر مشخص شود که محصول جدید کاربردی و مفید است و بازاری برای آن شکل بگیرد، به مرور نسخه‌های

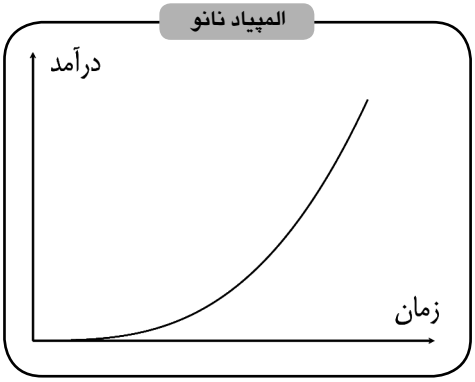
بهتر آن ساخته می‌شود و محصول جای خود را در بازار باز می‌کند. در نتیجه، بین شرکت‌های مختلف رقابت برای ساخت بهتر و بیشتر محصول شکل می‌گیرد. در اواخر دوره رشد، محصول کاملا در بازار شناخته شده است و شرکت‌های مختلفی آن را تولید می‌کنند.

- **مرحله بلوغ:** در این مرحله تحقیق و توسعه نقش کمتری در بهبود کیفیت محصول دارد، ایده اصلی تولید محصول تغییری نمی‌کند و تغییرات بیشتر در زمینه ظاهر محصول یا امکانات جانبی آن خواهند بود. در این مرحله به علت فروش بالای محصول، سود فراوانی نصیب شرکت‌هایی می‌شود که جای خود را در بازار محصول مستحکم کرده باشند.
- **مرحله زوال:** مرحله چهارم و پایانی مرحله زوال فناوری است. در این مرحله با معرفی‌شدن یک فناوری جدید که در مرحله طفولیت یا رشد قرار دارد و می‌تواند نیاز تکنولوژیک را به شکل بهتر یا ارزان‌تری رفع کند، فناوری قبلی به تدریج از رونق می‌افتد و مردم به سمت خرید محصولات جدیدتر می‌روند. در این موقعیت شرکت‌ها سعی می‌کنند روی فناوری جدید سرمایه‌گذاری کنند تا بازار سال‌های آینده را از دست ندهند.

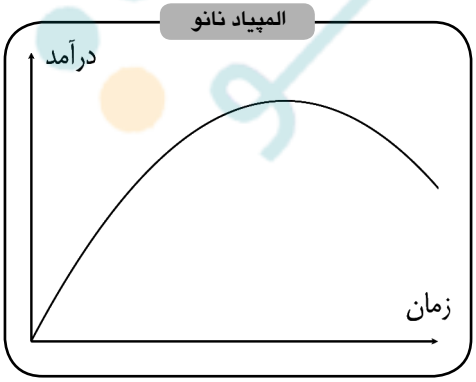


شکل ۷: چرخه عمر فناوری

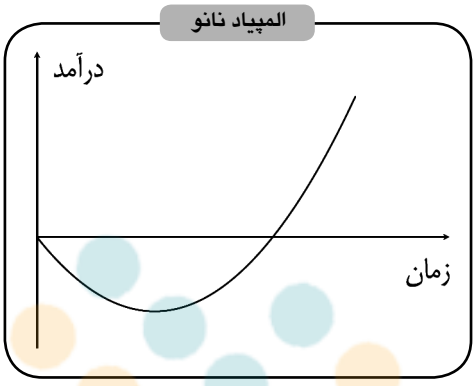
۱۶. کدام تصویر نمودار «درآمد حاصل از تکنولوژی به زمان» را بهتر نشان می دهد.



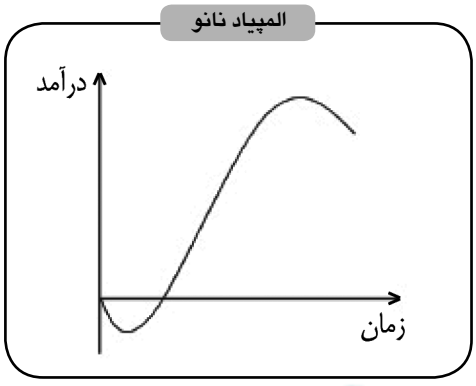
۱



۲



۳



۴

✓ با توجه به اینکه در مرحله طفولیت درآمدی از تولید و فروش به دست نمی‌آید، اما نیاز به صرف هزینه برای تحقیق و توسعه وجود دارد؛ مجموع درآمد در ابتدای چرخه عمر منفی خواهد بود. این مقدار با گذشتن از مرحله رشد و بلوغ به مرور مثبت می شود و با نرخ زیادی افزایش می‌یابد. در نهایت و با رسیدن تکنولوژی به مرحله زوال، فروش محصول کاهش می‌یابد و بنابراین، میزان درآمد افت می‌کند. بدین ترتیب ، پاسخ صحیح گزینه د) است.

۱۷. فرض کنید که شما مدیر یک شرکت خودروسازی هستید و مشاورانتان به شما می‌گویند که تکنولوژی ساخت «بدنه‌های فوق‌سبک به کمک فناوری نانو» در مراحل اولیه عمر خود است. شما می‌دانید که بخش تحقیقات شرکتتان ضعیف است، اما پول کافی در اختیار دارید و به مواد اولیه و همین‌طور به مهندسان خوبی دسترسی دارید. کدامیک از زمان‌های زیر برای اینکه روی تکنولوژی بدنه‌های فوق‌سبک سرمایه‌گذاری کنید، زمان بهتری است؟

الف) اواسط مرحله طفولیت

ب) اواسط مرحله رشد

ج) اواسط مرحله بلوغ

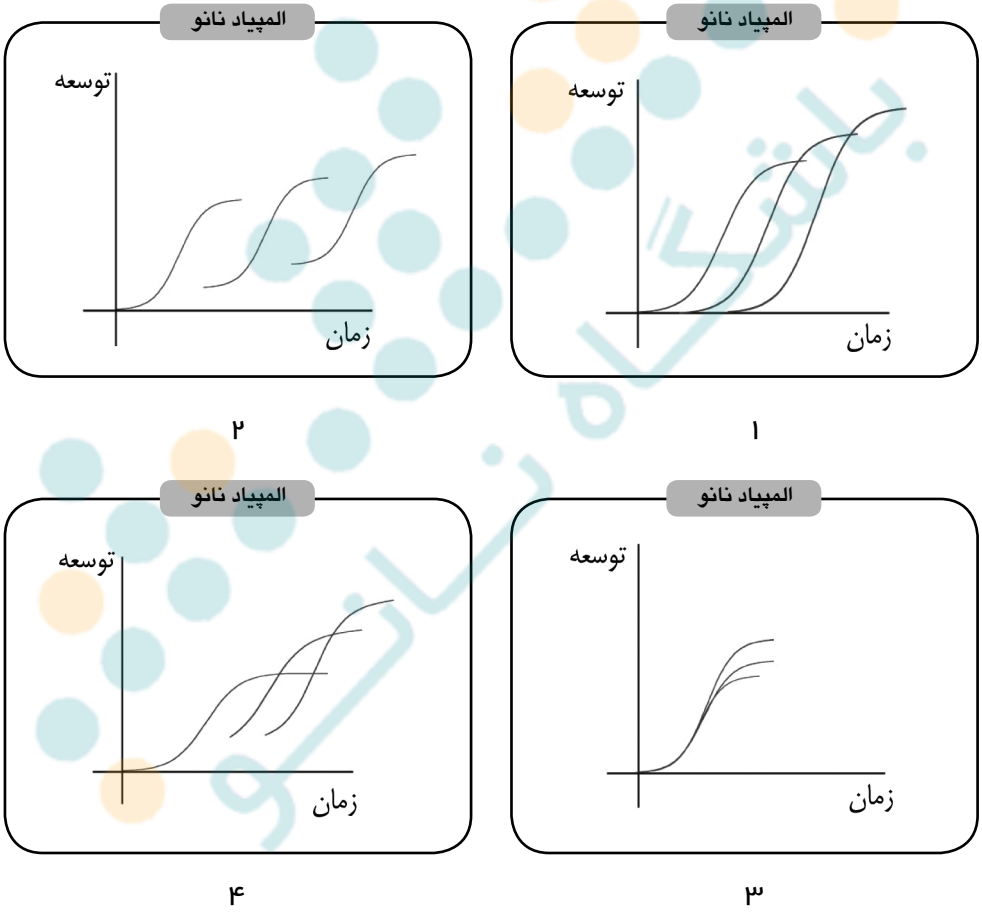
د) اوایل مرحله زوال

✓ با توجه به ضعیف بودن بخش تحقیقات شرکت، ورود به تکنولوژی بدنه‌های فوق سبک در مرحله طفولیت آن مفید نخواهد بود. همچنین، در صورتی که شرکت دیر و برای مثال، در مرحله بلوغ وارد تکنولوژی مذکور شود، به احتمال زیاد از رقبا عقب می‌ماند و بازار را از دست می‌دهد. بنابراین، بهترین پاسخ گزینه ب) است.

بگذارید یک مثال واقعی را بررسی کنیم: تکنولوزی ساخت نمایشگرها یک میدان رقابت کلیدی برای شرکت های الکترونیکی است. نمایشگرهای LCD چند سالی است که بازار را در اختیار دارند. نسل بعدی نمایشگرهای LED هستند که طی چند

ســال اخیر وارد بازار شــده‌اند و هنوز در حال باز کردن جای پای خود هستند. اما نمایشگرهای OLED که به کمک فناوری نانو ساخته می‌شوند، هنوز وارد بازار نشده‌اند، با این حال تحقیقات نشان می‌دهند که این نمایشگرها کارایی بیشتری نسبت به نمایشگرهای LCD و LED دارند. برخی از تحلیلگران تکنولوژی معتقدند که زیرساخت‌ها و پیشنیازهای فنی لازم برای تولید انبوه نمایشــگرهای OLED در دسترس شــرکت‌های الکترونیک قرار دارد، اما این شرکت‌ها نمایشگرهای OLED را تولید نمی‌کنند تا نمایشگرهای LEDشان به خوبی فروش رود و پس از آن نمایشگرهای OLED را وارد بازار خواهند کرد.

۱۸. کدامیک از نمودارهای زیر چرخه عمر سه نسل نمایشگرها را بهتر نشان می دهد؟

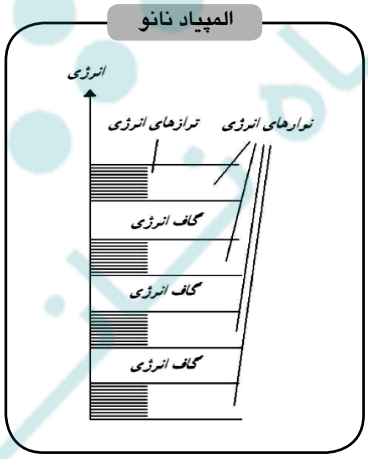


✓ هر یک از نسل های نمایشگرها با تکیه بر دانش و تجربه موجود از توسعه نسل های پیشین توسعه پیدا می کنند. بنابراین، در صورتی که آغاز توسعه نمایشگرهای LCD را مبدا در نظر بگیریم، گزینه های ۱ و ۳ نادرست خواهند بود. علاوه بر این، از آنجا که هر سه نسل مورد اشاره در سوال در حال حاضر در مسیر توسعه خود قرار دارند، نمودارهای چرخه عمر آنها باید یکدیگر را قطع کنند، بنابراین پاسخ صحیح گزینه د) است.

با توجه به توضیحات زیر به سوال های ۱۹ تا ۲۱ پاسخ دهید:

به کمک آرایش الکترونی یک اتم می‌توان خواص فیزیکی و شـیمیایی آن را پیش‌بینی کرد. تفاوت آرایش الکترونی اتم‌ها از نظر تعداد لایه‌های الکترونی و همچنین نحوه قرار گرفتن الکترون‌ها در آنها منجر به ایجاد خواص منحصر به فرد برای اتم می‌شـود. با توجه به آرایش الکترونی هر اتم می‌توان سـه حالت پایدار، نیمه پایدار و ناپایدار را برای آن در نظر گرفت. در حالت پایدار، آخرین لایه الکترونی اتم به صورت کامل پر شده و تمایلی به تغییر در اتم وجود ندارد. در حالت نیمه پایدار، آخرین لایه الکترونی نیمه‌پر بوده و اتم به رسـیدن به حالت پایدار تمایل دارد. در حالت ناپایدار، با توجه به خالی بودن لایه الکترونی آخر، اتم در جهت از دست دادن الکترون‌ها و رسیدن به حالت پایدار تغییر ساختار می‌دهد.

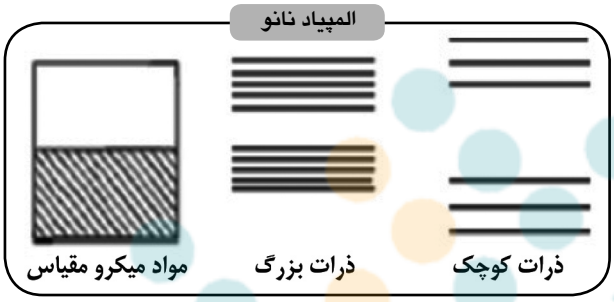
اما در یک بلور که از تعداد بسـیار زیادی اتم تشـکیل شده است، سـاختار الکترونی اندکی متفاوت است. با توجه به نظریه‌های مطرح شـده در فیزیک کوانتوم، سـاختار الکترونی بلور را می‌توان حاصل همپوشانی لایه‌های الکترونی و بار مثبت هسـته‌ها و شـبیه به سـاختار الکترونی یک اتم در نظر گرفت. در این سـاختار، بار مثبت هسته‌ها در یک فضای کروی، با چگالی بار یکسـان پخش شـده و الکترون‌ها در نوارهای الکترونی قرار می‌گیرند. در هریک از این نوارها تعداد بسیاری از لایه‌های الکترونی با انرژی یکسان قرار داشته و میان نوارها اختلاف انرژی بالایی وجود دارد. نحوه قرار گرفتن الکترون‌ها در این نوارها همانند ساختار الکترونی اتم، از ترازهای انرژی پایین‌تر آغاز می شود و به سمت ترازهای بالاتر پیش می‌رود (شکل ۸).



شکل ۸: ساختار نوارهای انرژی بر مواد بلوری

با توجه به مطالب فوق، می‌توان خواص فیزیکی و شیمیایی هر ماده را تابعی از ساختار الکترونی آن دانست که خود تحت تاثیر مقیاس ماده می‌باشد. در یک ماده میکرو مقیاس با توجه به تراکم اتمی بالا در ساختار ماده، فاصله لایه‌های الکترونی و اختلاف انرژی آنها کم بوده اما در مقابل، با کوچک شدن مقیاس ماده و کاهش تراکم اتمی، لایه‌های الکترونی از یکدیگر فاصله گرفته و اختلاف انرژی آنها زیاد می‌شـود (شـکل ۹). با توجه به نحوه پر شدن نوارهای انرژی یک بلور، می‌توان - همانند سـاختار الکترونی اتم - سـه حالت پایدار، نیمه پایدار و ناپایدار را برای آن در نظر گرفت. قرار گرفتن ماده در هر یک از این سـه حالت به تراکم اتمی در مقیاس مورد نظر و پر شـدن ترازهای انرژی، بستگی دارد. برای بیان

این موضوع از عبارت «عدد جادویی» اســتفاده می‌شــود. عدد جادویی معرف حالت پایدار ماده است و تعداد اتم‌های لازم، جهت پر شدن نوارهای انرژی را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر، در صورتی که تعداد اتم‌های موجود در یک بلور برابر با عدد جادویی باشد، نوارهای انرژی آن بلور تکمیل شده و در حالت پایدار قرار می‌گیرد.



شکل ۹: ساختار الکترونی ذرات برحسب اندازه آنها

۱۹. پژوهشگری واکنش‌پذیری ماده x را بررسی می‌کند. او در می‌یابد که با کاهش اندازه ذرات این ماده، واکنش‌پذیــری آن افزایش می‌یابد. البته در برخی اندازه‌های خاص، این واکنش‌پذیری افزایش قابل توجهی دارد. این دانشمند واکنش‌پذیری ماده x را در ۴ اندازه نانومتری d_1، d_2، d_3، d_4 بررسی کرده است به نحوی که $d_1 > d_2 > d_3 > d_4$. او انتظار دارد که با کاهش اندازه ذرات و افزایش ســطح آن‌ها ، واکنش‌پذیری افزایش یابد اما داده‌های تجربی نشــان می‌دهند که بیشــترین واکنش‌پذیری در اندازه d_3، بدست می‌آید. شما فکر می‌کنید که چرا این اتفاق افتاده است؟

الف) تجمع ذرات نانومتری و کاهش سطح واکنش

ب) کامل بودن نوارهای انرژی در ساختار ماده

ج) تغییر خواص شیمیایی ماده در مقیاس نانومتر

د) ناپایداری ذرات در مقیاس نانومتری

✓ افزایش واکنش پذیری ذرات تابعی از افزایش سطح در مقیاس نانومتری است، اما افزایش سطح تنها عامل تعیین کننده میزان واکنش پذیری مواد نیست. یکی از پارامترهای بسیار مهم، در این مورد ساختار الکترونی ذرات در یک مقیاس معین است. نحوه کامل شدن نوارهای الکترونی در هر اندازه معین از ذرات - به عبارت دیگر، نزدیک بودن این نوارها به ساختار نوارهای الکترونی کامل - عامل مهمی در میزان فعالیت ذرات در اندازه مذکور است. با توجه به این نکته، پاسخ صحیح گزینه ب) است.

۲۰. طول موج‌های مرئی، اندازه حدود ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر دارند. مواد جامد بلوری به رنگی دیده می‌شوند که انرژی موج آن، در حدود گاف انرژی آن‌ها باشد. با فرض صادق بودن این قاعده در مورد نانوذرات و با توجه به ساختار الکترونی آن‌ها انتظار دارید که رنگ ذرات در مقیاس‌های کوچک به چه رنگی متمایل شود؟

الف) رنگ آبی
ب) رنگ قرمز
ج) بی‌رنگ
د) رنگ سفید

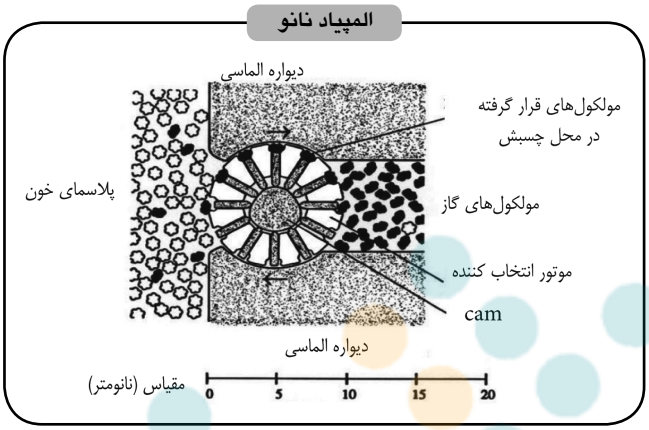
✓ با کوچک شدن ذرات و کاهش تعداد اتم‌ها، ساختار الکترونی آن‌ها تغییر می‌کند. این تغییر مربوط به افزایش گاف انرژی نوارهای الکترونیکی است. با فرض صادق بودن قاعده‌ای که در صورت سوال توضیح داده شده است، نانوذرات در مواجه با نور طول موج‌هایی را جذب می‌کنند که انرژی آن‌ها بیشتر است. در طیف نور مرئی، بیشترین انرژی مربوط به رنگ آبی است که کمترین طول موج را دارد. گزینه د) صحیح است

۲۱. هر ساختار بلوری از دو بخش شبکه و پایه تشکیل شده است. شبکه مکان هندسی اتم‌ها در یک شکل هندسی منظم بوده و پایه محل جایگزینی اتم‌ها در شبکه می‌باشد. عدم انطباق شبکه و پایه منجر به پدیده «نقص بلوری» می‌شود. در نتیجه نقص بلوری انرژی شبکه بلوری کاهش یافته و بلور از پایداری بالاتری برخوردار خواهد بود. به نظر شما دلیل این پایداری چیست؟

الف) تغییر ساختار الکترونی
ب) تغییر اتم‌های سطحی
ج) تغییر چیدمان اتم‌ها در ساختار بلور
د) هیچکدام

✓ در ساختارهای بلورین کوچک و نانومقیاس، با تغییر ساختار الکترونی مواجه هستیم. در برخی از آرایش‌های الکترونی در اینگونه مواد تعداد الکترون‌ها و حفره‌های یک نوار الکترونی کامل می شود و اتم تمایلی به تغییر ندارد. به همین دلیل در ساختارهای بلورینی که دارای نقص‌های بلورین زیادی هستند، پایداری بیشتری به چشم می‌خورد. بنابراین، پاسخ صحیح گزینه الف) است.

۲۲. «رسپیروسایت» نانوروباتی است که از ۱۸ میلیارد اتم تشکیل شده است و ساختاری کروی‌شکل دارد. این کره مخزنی از جنس الماس است که می‌تواند فشار زیادی را تحمل کند. حسگرها، موتورهای چند نانومتری و یک کامپیوتر بسیار کوچک (با سرعت ۱۰ بیت بر ثانیه) از دیگر اجزای این نانوروبات هستند. روی بدنه این نانوروبات، موتورهای چرخانی وجود دارد که مولکول‌های گازی (O_2, N_2, CO_2) را از پلاسمای خون جدا می‌کند (شکل ۱). روی این موتورها، محل‌های خاصی برای چسبیدن مولکول‌ها طراحی شده است و هر محل مربوط به مولکول ویژه‌ای است. این موتور می‌تواند هم در جهت ساعتگرد و هم در جهت پادساعتگرد بچرخد. به نظر شما این موتور بر مبنای کدام ساختار زیستی طراحی شده و برای چه کاری می‌توان از آن استفاده کرد؟



شکل ۱۰ : نمای دیواره رسپیروسایت

الف) گلبول قرمز- درمان سرطان خون
ب) هموگلوبین - تنفس زیر دریا
ج) گلبول قرمز - درمان آنمی
د) هموگلوبین - کاهش دردهای عضلانی ناشی از ورزش

✓ گلبول های قرمز نقش رساندن اکسیژن را از شش‌ها (یا آبشش‌ها) به بافت‌ها در بدن مهره‌داران بازی می‌کند. در سیتوپلاسم گلبول قرمز رنگدانه‌هایی به نام هموگلوبین وجود دارند که پروتئین‌هایی آهن‌دار هستند. در مکان‌هایی که تراکم اکسیژن زیاد باشد، این آهن با اکسیژن ترکیب شده و اُکسی هموگلوبین را تشکیل می‌دهد و در مکان‌هایی که تراکم اکسیژن کم باشد، تجزیه می‌شود و اکسیژن آزاد می‌کند. این خاصیت هموگلوبین، در جابه‌جایی اکسیژن از شش‌ها به بافت‌ها بسیار سودمند است. سازوکار مذکور شباهت زیادی با سازوکار روبات رسپیروسایت دارد. بنابراین، این روبات می‌تواند در مواردی که افراد دچار کم خونی یا آنمی، یعنی بیماری ناشی از کمبود تعداد گلبول‌های قرمز خون باشند، به کار آید. بنابراین، پاسخ صحیح گزینه ج) است.

با توجه به توضیحات زیر به سوال های ۲۳ تا ۲۴ پاسخ دهید:

کاتالیزورها موادی هستند که در فرآیندهای شیمیایی، جهت کاهش انرژی فعال‌سازی واکنش و افزایش بازدهی، فرآیند به کار می روند و در انتهای واکنش بدون تغییر باقی می‌مانند. هر کاتالیزور از دو جزء فلز فعال و پایه تشکیل شده است. فلز فعال معمولاً از جنس فلزات واسطه است و مهمترین نقش را در فرآیند کاتالیزوری دارد. برای افزایش سطح تماس و پایداری فلز فعال، آن را بر روی یک ساختار متخلخل یا اسفنجی به نام پایه قرار می‌دهند. ساختار پایه معمولا از جنس سرامیک‌ها بوده و نقشی در پیشبرد فرایند شیمیایی ندارد.

نانوکاتالیزورها دسته جدیدی از این مواد هستند. این کاتالیزورها هم در جزء فلز فعال و هم در جزء پایه با کاتالیزورهای معمولی تفاوت دارند. فلز فعال در مقیاس نانومتر توزیع بیشتری در سطح دارد و این سطح لازم را یک پایه

نانوســاختار با تخلخل بسیار بالا فراهم می‌کند. مجموع اجزای کاتالیزور شامل فلز فعال و پایه به صورت اشکال هندسی متفاوتی قالب‌گیری می‌شود و در فرایند شیمیایی به کار می‌رود.

۲۳. به نظر شما کدام یک از اشکال زیر می‌تواند بالاترین سطح واکنش را در فرایند داشته باشد؟

الف) مکعبی به ضلع ۱۰ سانتی‌متر

ب) کره‌ای به قطر ۱۰ سانتی‌متر

ج) استوانه‌ای با نسبت طول به قطر بالا

د) شکل هندسی تاثیر چندانی در سطح واکنش ندارد.

✓ به منظور اســتفاده از کاتالیزورها در فرآیندهای شــیمیایی، یک کاتالیزور متشکل از پایه و جزء فلزی فعال در شکل هندسی خاصی قالب گیری می‌شود و در فرآیند شیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. شکل هندسی کاتالیزور با توجه به عواملی مانند میزان سطح تماس کاتالیزور با مواد واکنش دهنده، سطح ویژه پایه کاتالیزور و همچنین میزان بارگذاری فلز فعال در پایه انتخاب می‌شــود. پایه کاتالیزورهای نانوســاختار سطح ویژه بسیار زیادی دارد و همچنین، میزان بارگذاری فلز فعال در آنها بسیار بالا و علاوه بر این، یکنواخت است. بدین ترتیب، شکل هندسی تاثیر چندانی در سطح واکنش ندارد و گزینه د) صحیح است.

۲۴. در فرایند تولید مقدار معینی متانول از گاز منوکسید کربن و هیدروژن، از کاتالیزور فلز نیکل بر روی پایه آلومینا با شکل هندسی مکعبی به ضلع ۱۰ سانتی‌متر استفاده شده است. در صورتی که بخواهیم از این کاتالیزور به صورت نانوســاختار با شــکل هندسی کروی به قطر ۱۰ ســانتی‌متر استفاده کنیم، جرم کاتالیزور مورد استفاده چقدر خواهد بود؟ (جرم حجمی کاتالیزورمعمولی gr/cm^3 ۰/۰۱ = ρ)

$$CO + 2H_2 \rightarrow CH_3OH$$

الف) ۵/۲۳ گرم

ب) ۱۰ گرم

ج) با کمی تقریب می توان برابر در نظر گرفت.

د) بسیار کاهش می‌یابد.

✓ با توجه به زیاد شدن سطح ویژه در کاتالیزور نانوساختار و امکان دستیابی به سطح واکنش بالاتر، جرم کاتالیزور نانوساختار در مقایسه با کاتالیزور معمولی بسیار کاهش می یابد. بنابراین، پاسخ صحیح گزینه د) است.

با توجه به توضیحات زیر به سوال های ۲۵ تا ۲۸ پاسخ دهید:

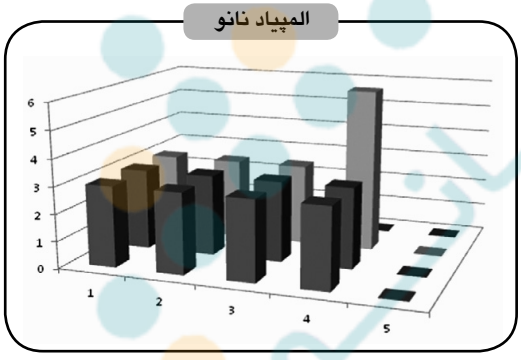
ساخت میکروسکوپ STM در دهه ۸۰ میلادی از مهمترین وقایع پیش‌برنده فناوری نانو به شمار می رود. اساس کار این میکروسکوپ ها پدیده کوانتومی «تونل‌زنی الکترونی» است.

نســل بعدی میکروســکوپ های مقایــس نانو و به عبارت صحیحتر «نانوســکوپ‌ها» AFM نــام دارد. عملکرد این

نانوســکوپ ها بر نیروی اتمی موجود میان نوک ســوزن نانوســکوپ و سطح مورد بررســی مبتنی است. شکل زیر نشان دهنده روش کار این دستگاه است. با توجه به این شکل به سوالات زیر پاسخ دهید.

شکل ۱۱: روش کار نانسکوپ AFM

۲۵. فرض کنیم که ســطح مقطع انتهایی (یعنی نوک ســوزن) AFM دایره ای به قطر ۲ سانتیمتر باشد. همچنین، فرض کنیم که ســوزن AFM ســطح مورد ارزیابی را به صورت سطر به سطر بروبد. اگر تصویر به دست آمده به صورت زیر باشد، کدام یک از گزینه ها نمی تواند جسم مورد اندازه گیری باشد؟ (توجه داشته باشید که نمایشگر هر نقطه کروی را به صورت یک مربع رسم می کند.)



الف) یک جسم فلزی براق
ب) دستگیره درب منزل
ج) یک جامدادی بدون مداد
د) سطح آجیل درون یک ظرف

شکل ۱۲ :تصویر به دست آمده از عملکرد AFM

✓ مزیت مهم میکروسکوپ‌های نیروی اتمی بر میکروسکوپ‌های تونل زنی روبشی این است که این میکروسکوپ امکان بررسی سطوح غیررسانا را علاوه بر سطوح رسانا فراهم می‌کنند. در حالی‌که میکروسکوپ‌های تونل زنی روبشی تنها می‌توانند سطوح رسانا را ارزیابی می‌کند. تنها امری که می‌تواند مانع از به دست آوردن تصویر شاخص باشد، سختی ســطح مورد ارزیابی اســت. اگر این سطح تحمل نیروی وارد شده از طرف سوزن میکروسکوپ را نداشته باشد، تغییر شکل می‌دهد و در نتیجه تصویر به دست آمده با سطح جسم همخوانی نخواهد داشت. با توجه به اینکه اندازه سوزن میکروسکوپ در این سوال در حدود دانه‌های پسته و بادام است و نوع قرار گرفتن دانه های آجیل بر روی هم اجازه به وجود آمدن استوانه بلند در گوشه تصویر را نخواهد داد، بهترین پاسخ گزینه د) است.

۲۶. برای اندازه‌گیری و مشاهده مرزدانه‌های یک بلور مرکز سطحی از اتم‌های ۱,۵ آنگسترومی، سطح مقطع نوک میکروسکوپ چقدر باید باشد؟

الف) ۱ نانومتر

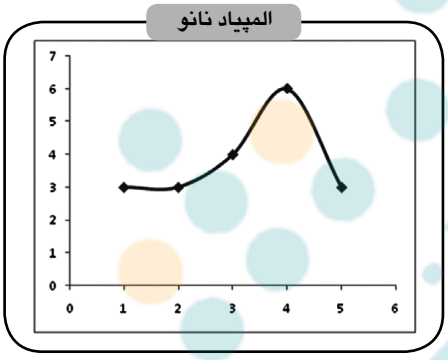
ب) ۰,۱ نانومتر

ج) ۵ نانومتر

د) ۱۰ نانومتر

✓ اندازه قطر سوزن میکروسکوپ باید از اندازه مرز یک دانه کوچکتر باشد تا در صورت رسیدن به مرز دانه جا به جا شود و در نتیجه وجود مرز را نشان دهد. هرچه نوک سوزن کوچکتر باشد، بهتر است. حداقل اندازه‌ی نوک میکروسکوپ، به اندازه قطر ۱ اتم است. با توجه به اندازه قطر اتم‌هایی که می‌توانند نوک میکروسکوپ قرار گیرند (مثلا هیدروژن نمی‌تواند نوک میکروسکوپ قرار گیرد) پاسخ صحیح گزینه الف) است.

۲۷. با روبش خطی یک نانولایه ۱۰ در ۲۰ نانومتری با یک سوزن به قطر ۲ نانومتر نمودار زیر به دست آمده است. در صورتی که سطح صرفاً سیلیکونی باشد، حداکثر چند اتم در قله مسیر روبش شده قرار گرفته‌اند؟



شکل ۱۳ : شکل حاصل از روبش خطی یک نانولایه با یک انبرک خاص

الف) ۱ اتم

ب) ۱۰۰ تا ۵۰۰ اتم

ج) ۵ تا ۲۰ اتم

د) باید حداقل یک تصویر دوبعدی از سطح داشته باشیم تا بتوانیم اظهارنظر کنیم.

✓ اندازه اتم‌های جدول تناوبی از حدود یک آنگستروم شروع می‌شود و به ۰/۴۵ نانومتر می‌رسد. تعداد اتم‌ها در قله نمودار معادل با کل سطح مقطع انبرک خواهد بود. بنابراین با تقسیم عدد سطح مقطع انبرک بر سطح مقطع اتم سیلیکون تعداد اتم‌ها به دست خواهد آمد. توجه داشته باشید که حداکثر تعداد اتم‌ها مد نظر است. اندازه ۱,۱۸ آنگسترومی قطر سیلیکن و آرایش بلوری آن راهنمای مناسبی برای تخمین جواب است به صورت زیر است.

$$\frac{\text{سطح مقطع انبرک}}{\text{سطح مقطع اتم سیلیکون}} = \frac{۲ \times ۲ \times \pi}{۰.۱۱۸ \times ۰.۱۱۸ \times \pi} = ۲۸۷.۲۷$$

بنابراین گزینه (ب) به عنوان پاسخ قابل انتخاب است.

۲۸. کدام یک از جملات زیر در مورد استفاده از AFM و STM صحیح است؟

الف) هرچه توان پرتو الکترونی بیشتر باشد، دقت تصویر حاصل از هر نوع سطح افزایش می‌یابد.

ب) دامنه استفاده از STM نسبت به AFM برای گرفتن تصویر از هر نوع سطح افزایش می‌یابد.

ج) می‌توان هم از AFM و هم از STM می‌توان برای جابجا کردن اتم‌های عناصر رسانا بهره برد.

د) همه موارد مطرح شده با توجه به شرایط درست نیست.

✓ با توجه به نحوه عملکرد AFM دامنه کاربرد آن از STM گسترده‌تر است، به نحوی که می‌توان از این نوع میکروسکوپ هم برای بررسی سطوح رسانا و هم برای بررسی سطوح نارسانا استفاده کرد. بنابراین، گزینه ب) نادرست است.

همچنین، اگر پرتو الکترونی با انرژی بالا به سطوح نرمی مانند سطوح پلیمری برخورد کند، آن را تبخیر می‌کند و در نتیجه، امکان تهیه تصویر از بین می‌رود. بنابراین، گزینه الف) نیز نادرست است.

از سوی دیگر، هم از AFM و هم از STM می‌توان برای گرفتن تصویر از سطوح رسانا استفاده کرد. بنابراین گزینه ج) صحیح است.

با توجه به توضیحات زیر به سوال‌های ۲۹ تا ۳۱ پاسخ دهید:

کاربرد رایانه در دانش و صنعت امروز، به حدی است که هر پژوهشگر باید با روش‌های استفاده از آن به خوبی آشنا باشند. از جمله مواردی که رایانه می‌تواند به توسعه علوم و فناوری نانو کمک می‌کند، شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای است. روش‌های شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای به طور عمده به سه دسته محاسبات آغازین، مونت کارلو و دینامیک مولکولی تقسیم می‌شوند. اساس کار این روش‌ها به ترتیب بر مبنای فیزیک کوانتوم، استفاده از اعداد تصادفی و معادلات حرکت نیوتن است.

۲۹. الگوریتم زیر را درنظر بگیرید:

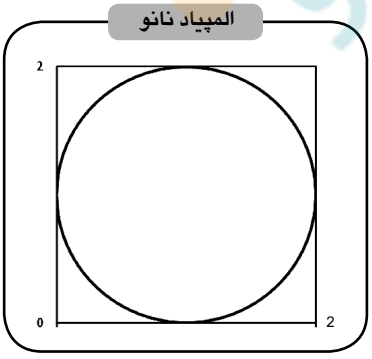
مرحله اول: مراحل زیر را ۲۰۰۰ بار انجام بده تا به دستور «برگرد» برسی.

مرحله دوم: دو عدد تصادفی، a و b را به نحوی انتخاب کن که کوچکتر از ۲ باشند.

مرحله سوم: اگر بردار $\vec{r} = \vec{a} + \vec{b}$ داخل دایره بود به شمارنده K یکی اضافه کن.

مرحله چهارم: برگرد به خط ۲

پس از اجرای برنامه، مقدار K/۲۰۰۰ به کدام عدد نزدیک خواهد بود؟



شکل ۱۴

الف) ۳,۱۴

ب) ۶,۲۸

ج) یک عدد صحیح

د) یک عدد گنگ

✓ توزیع یکنواخت نقاط ناشـی از اعداد تصادفی در سطح مربع باعث می‌شود که نسبت نقاط داخل دایره به کل نقاط به نسبت سطوح دایره به مربع میل کند. این نسبت برابر است با: $\frac{\pi \times ۱^۲}{۲ \times ۲} = \frac{\pi}{۴}$

بنابراین، هرچه تعداد اعداد تصادفی بیشتر شود حاصل $\frac{K}{N}$ به عدد $\frac{\pi}{۴}$ نزدیک تر می شود. بدین ترتیب، گزینه د) صحیح است.

۳۰. نیروهای مهم در شبیه‌سازی مولکولی به ترتیب زیر هستند:

نیروی کووالانسی: $E_۱ = k\ (x - x.)^۲$

نیروی واندروالسی: $E_۲ = ۴\varepsilon_{ij}\left[\left(\frac{\sigma_{ij}}{r_{ij}}\right)^{۱۲} - \left(\frac{\sigma_{ij}}{r_{ij}}\right)^{۶}\right]$

نیروی الکترواستاتیک $E_۳ = \frac{kq_۱q_۲}{r}$

برای شبیه‌سازی تقریبی رفتار گازهای بی‌اثر، کدامیک از جمله‌های نیروی فوق را انتخاب می‌کنید؟

الف) E۲

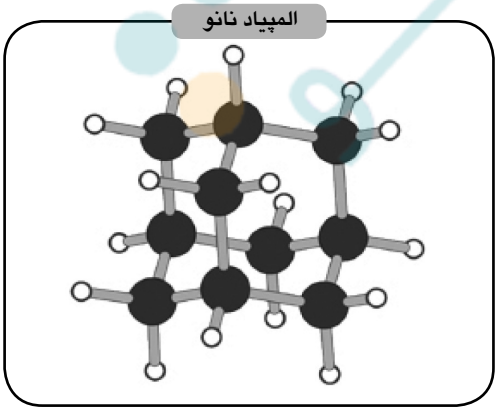
ب) E۳

ج) E۱

د) E۱ و E۲

✓ با توجه به عمومیت استفاده از پتانسیل لنارد جونز برای گازها، پاسخ صحیح گزینه الف) است.

۳۱. تعداد جمله‌های فنری و غیرپیوندی در ترکیب انرژی پتانسیل ساختار روبه‌رو برابر با کدام گزینه است؟



شکل ۱۳ : ساختار یک ملکول هیدروکربنی

الف) ۱۶- صفر

ب) ۱۶- ۱۰

ج) ۲۸- ۱۰

د) ۲۸- ۰

✓ بـا توجـه به تعداد پیوندها و بـا توجه به اینکه اتم ها در یک ساختار مولکولی قرار دارند، در یک مدل سـاده می‌توان از جملات غیرپیونـدی صرف نظر کرد. بنابراین، گزینه د) صحیح است.

با توجه به توضیحات زیر به سوال‌های ۳۲ تا ۳۳ پاسخ دهید:

یک روش ساخت مواد در فناوری نانو خودآرایی است. در فرآیند خودآرایی می‌خواهیم شرایطی را فراهم کنیم که اتم‌ها و مولکول‌ها به طور خود به خود مرتب شوند. البته این کار بسیار دشوار است، چرا که مولکول‌ها همیشه آن طور که ما می‌خواهیم و آنجا که ما تمایل داریم قرار نمی‌گیرند. مولکول‌ها به صورت طبیعی بر اساس نیروهایی که ساختار ماده به آنها تحمیل می‌کند، در مکان‌هایی قرار می‌گیرند که کمترین انرژی را داشته باشند. این اتفاق همانند آن است که یک سنگ که در ارتفاعات یک کوه است، بصورت طبیعی تمایل دارد به سمت پایین حرکت کند تا کمترین انرژی را داشته باشد.

۳۲. خودآرایی یک روش با رویکرد بالا به پایین است یا پایین به بالا؟

الف) پایین به بالا

ب) بالا به پایین

ج) هر دو رویکرد با هم

د) خودآرایی یک رویکرد جدید در فناوری نانو است.

✓ خود آرایی حالت متکامل و هوشمند روش‌های از پایین به بالا است. بنابراین، پاسخ صحیح گزینه الف) است.

۳۳. به مرور زمان، در ساختمان موجودات زنده فرایندهای خودبه‌خودی مشخصی برای بهره‌برداری از این نیروها و شکل دادن به فعالیت‌های اجزای درون سلولی شکل گرفته است. به عبارت دیگر، این فرایندها نوعی خودآرایی طبیعی را ایجاد کرده‌اند. با توجه به پایداری اجزای درون سلولی و در عین حال حساس بودن آنها با تغییرات دمای محیط، پدیده ها و پیوندهای تعیین‌کننده در فرایند خودآرایی کدامیک هستند؟

الف) پیوند کووالانسی - پیوند فلزی - پیوند یونی

ب) پیوند هیدروژنی - پیوند فلزی - پیوند واندروالسی

ج) پیوند کووالانسی - پیوند واندروالسی - پدیده موییننگی

د) پیوند هیدروژنی - پیوند واندروالسی - پدیده موییننگی

✓ با توجه به حساسیت سیستم های خودآرای زیستی به دما، پیوندها و تعاملات ضعیف بین اتمی و مولکولی در این سیتم ها دارای اهمیت هستند؛ بنابراین، پیوندهای فلزی و کوالانسی معمولاً جایگاهی در این سیستم ها ندارند. بدین ترتیب، پاسخ صحیح گزینه د) است.

با توجه به توضیحات زیر به سوال‌های ۳۴ تا ۳۵ پاسخ دهید:

در یک محفظه بسته، ۲ اتم هیدروژن و ۸ اتم آرگون قرار دارند. در هر پیکوثانیه، ۵۰۰۰ برخورد میان ذرات اتفاق

می‌افتـد. در هـر برخورد، دو اتم به طور تصادفی به یکدیگر برخورد می‌کنند. انرژی اتم‌های آرگون برای تشـکیل پیوند ناکافی است، اما اتم‌های هیدروژن انرژی کافی برای پیوند با یکدیگر را دارند.

۳۴. احتمال اینکه پس از گذشـت یک پیکوثانیه، یک مولکول هیدروژن شـکل گرفته باشد را «احتمال برخورد موثر در واحد زمان» می‌نامیم و آن را با p نشان می‌دهیم. احتمال شکل‌گیری مولکول هیدروژن پس از گذشت n پیکوثانیه چقدر خواهد بود؟

الف) np

ب) p^n

ج) $1-p^n$

د) $1-(1-p)^n$

✓ احتمال عدم شـکل‌گیری مولکول هیدروژن پس از یک پیکوثانیه برابر با $(1-p)$ اسـت. بنابراین، احتمال عدم شکل‌گیری مولکول هیدروژن، پس از n پیکوثانیه برابر با $(1-p)^n$ است. بدین ترتیب، احتمال شکل‌گیری مولکول هیدروژن پس از n پیکوثانیه برابر با $1-(1-p)^n$ خواهد بود و گزینه د) صحیح است.