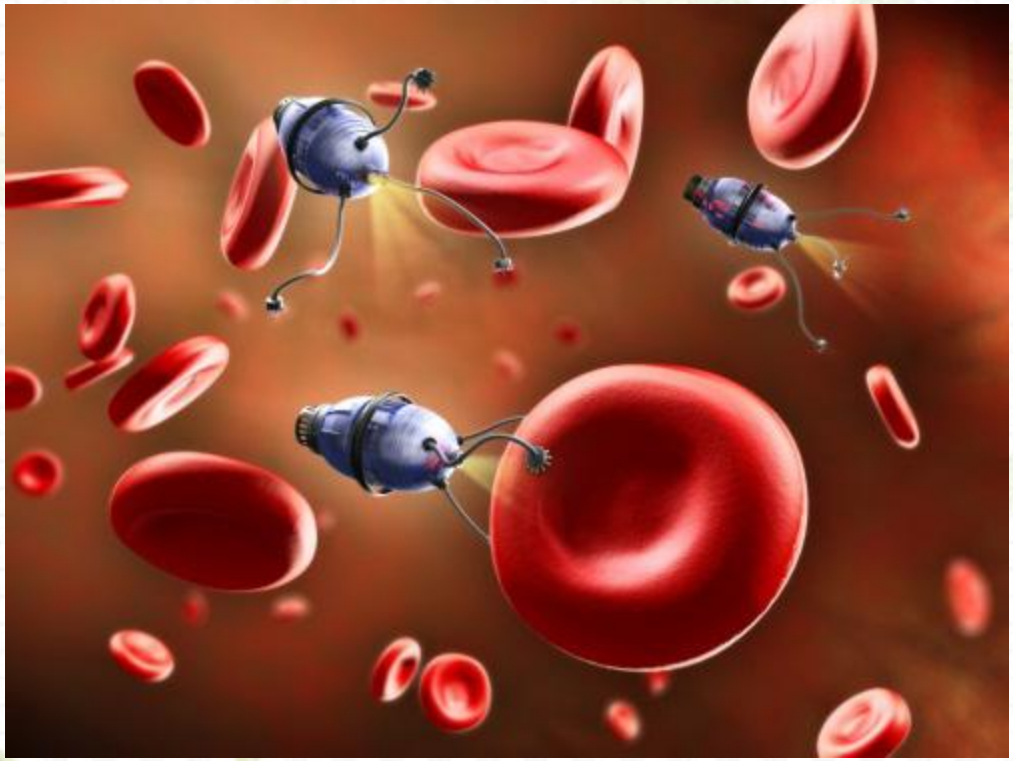
بسم الله الرحمن الرحیم

جلسه 1 : مفاهیم پایه

مدرس: مریم مولاپناه کناورویی

چرا فناوری نانو مهم است؟

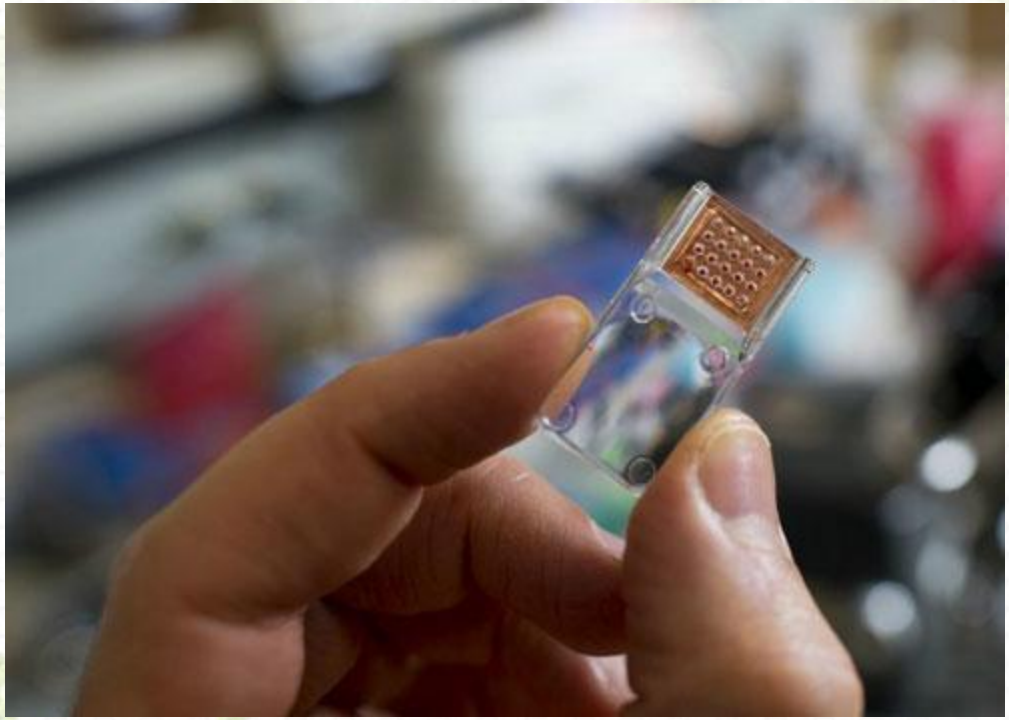
- دارو رسانی هوشمند



nanozoom.blog.ir

چرا فناوری نانو مهم است؟

- آزمایشگاهی روی تراشه



چرا فناوری نانو مهم است؟

nanozoom.blog.ir

چرا فناوری نانو مهم است؟

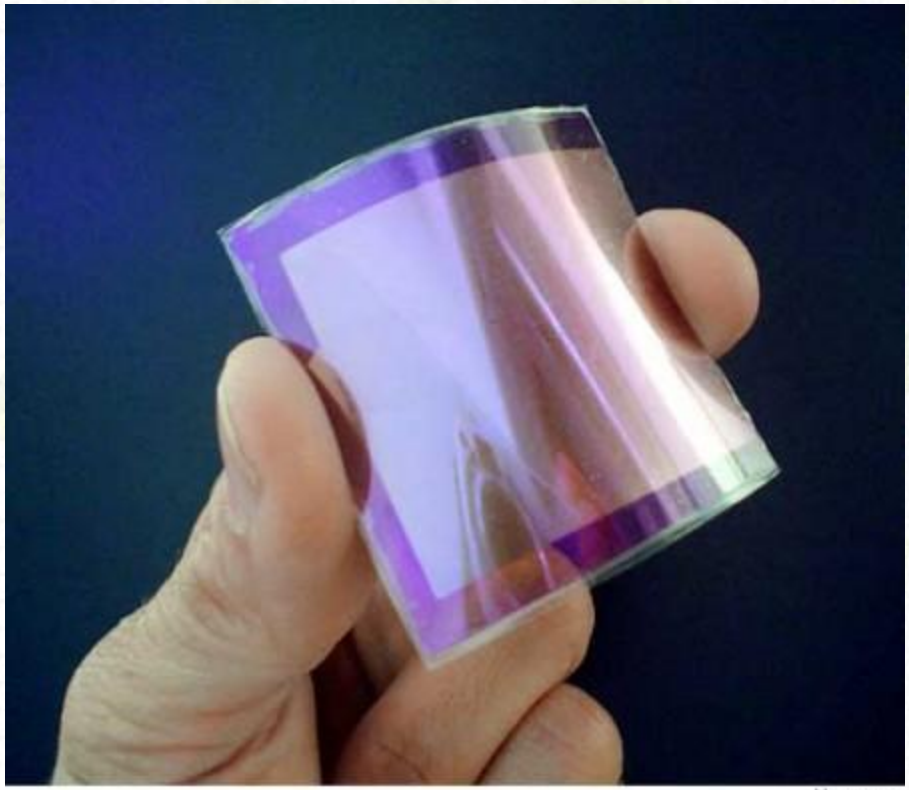
پوشش های نانویی در موتور و سیلندر ماشین

روغن موتور های کاراتر

nanozoom.blog.ir

چرا فناوری نانو مهم است؟

- سلول های خورشیدی قابل انعطاف



nanozoom.blog.ir

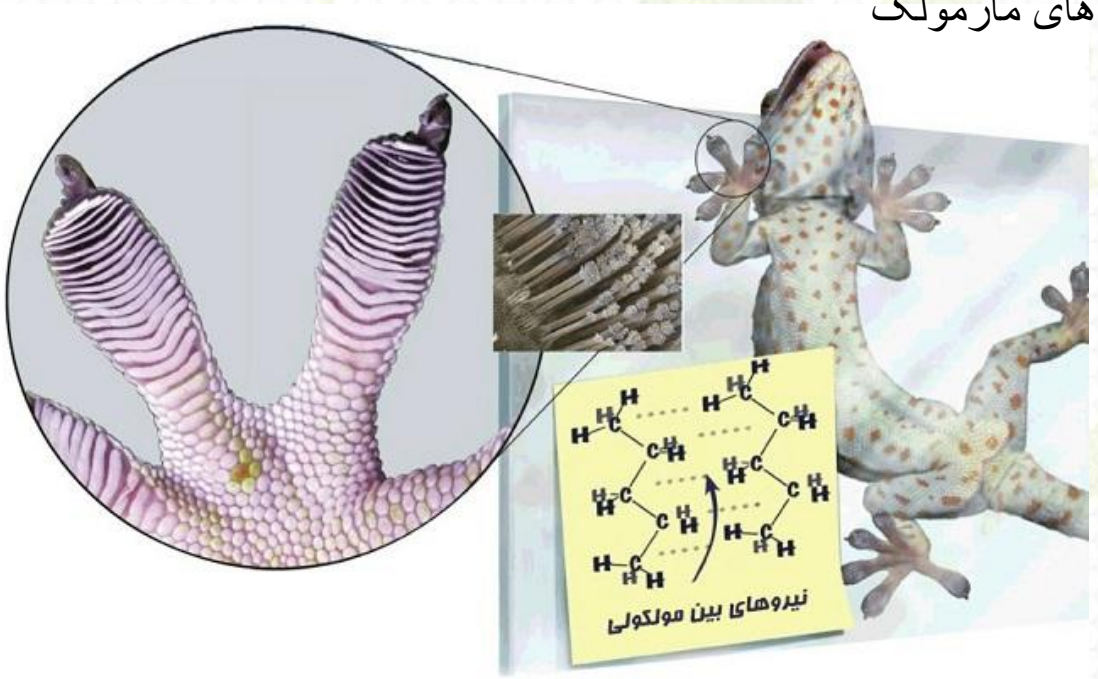
چرا فناوری نانو مهم است؟

پارچه های ضد لک

سطوح ضد آب

چرا فناوری نانو مهم است؟

خاصیت چسبندگی پاهای مارمولک



nanozoom.blog.ir

محتوای دوره

مفاهیم پایه

انواع نانو مواد و نانو ساختارها

روش های تولید و سنتز نانو مواد

روش های شناسایی نانو مواد

کاربردهای فناوری نانو

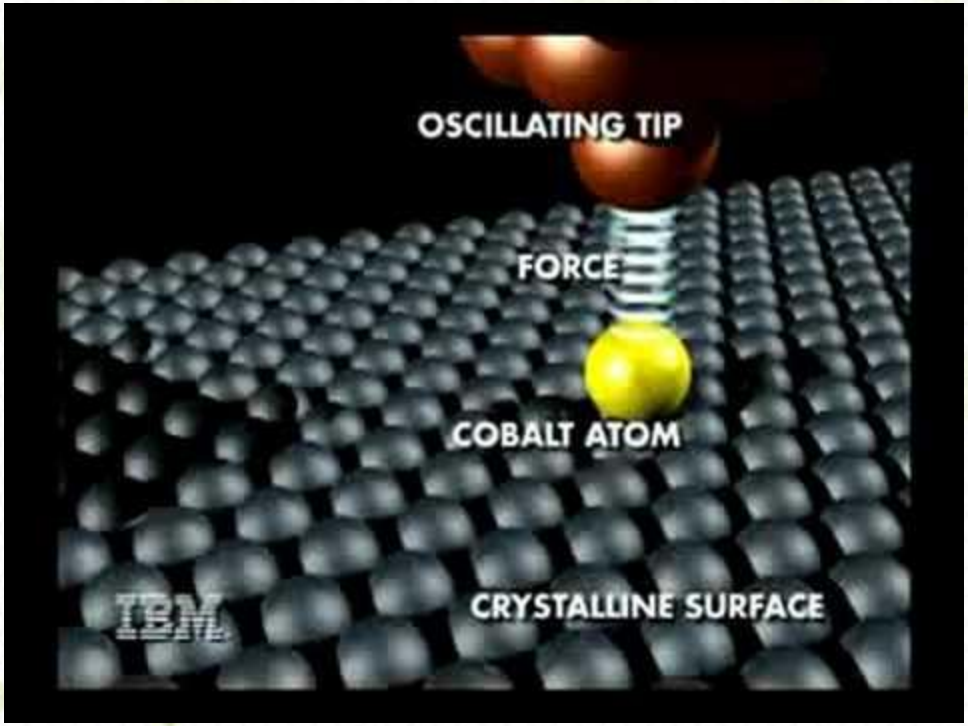
شبیه سازی

تجاری سازی فناوری نانو

nanozoom.blog.ir

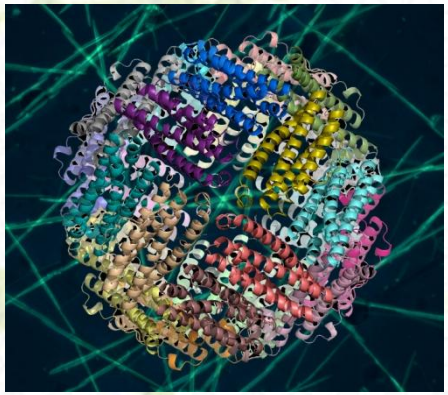
نانو فناوری چیست؟

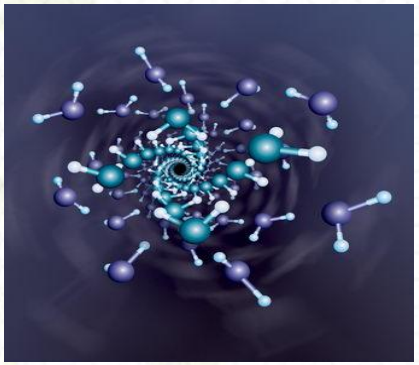
توانایی کار کردن در مقیاس 1 تا 100 نانومتر با هدف دستکاری در چگونگی قرار گرفتن اتم ها و مولکول ها و ساخت مواد جدید با خواص جدید



nanozoom.blog.ir

یک نانومتر چقدر است؟

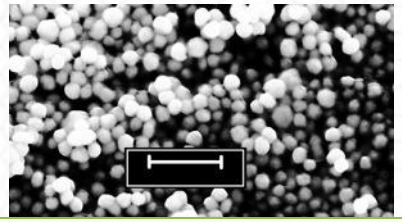




یک نانومتر

یك ميليونيم يك ميليمتر

10^{-9} متر



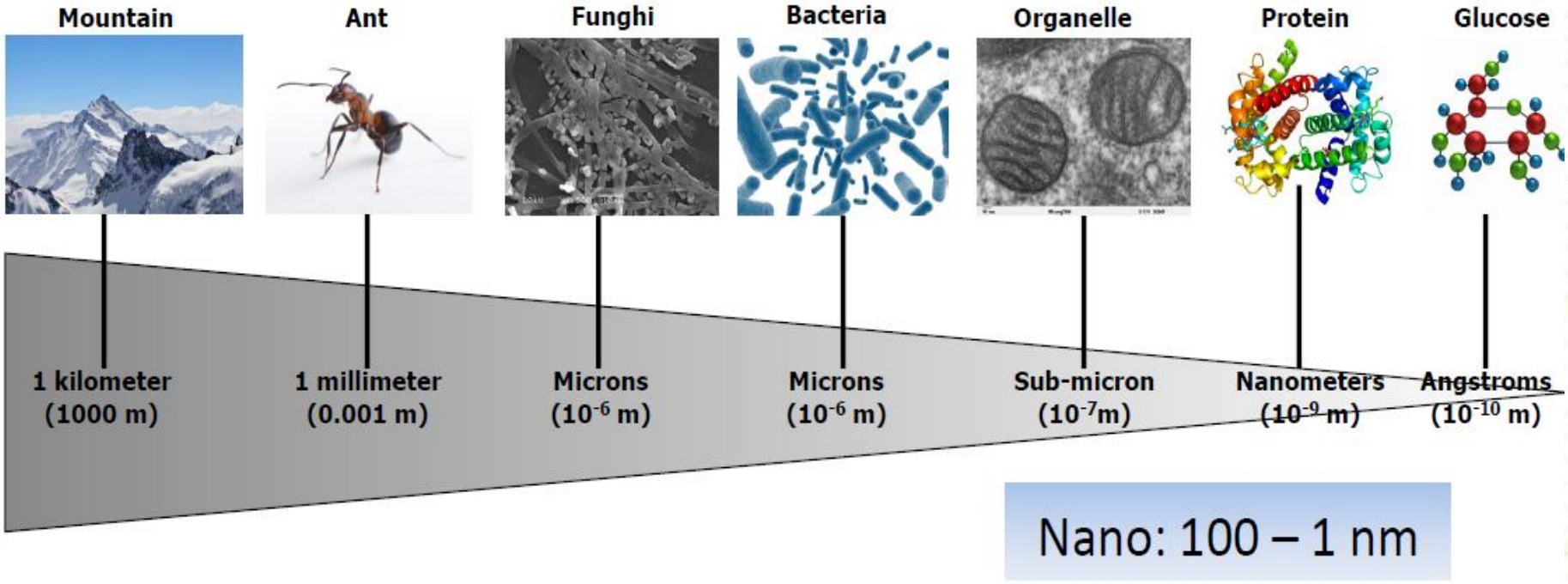
nanozoom.blog.ir

مقیاس ها

Multiplication Factor	Prefix	Symbol
$1{,}000{,}000{,}000 = 10^{9}$	giga	G
$1{,}000{,}000 = 10^{6}$	mega	M
$1{,}000 = 10^{3}$	kilo	k
$100 = 10^{2}$	hecto	h
$1 = 1$		
$0.01 = 10^{-2}$	centi	c
$0.001 = 10^{-3}$	milli	m
$0.000001 = 10^{-6}$	micro	μ
$0.00000001 = 10^{-9}$	nano	n

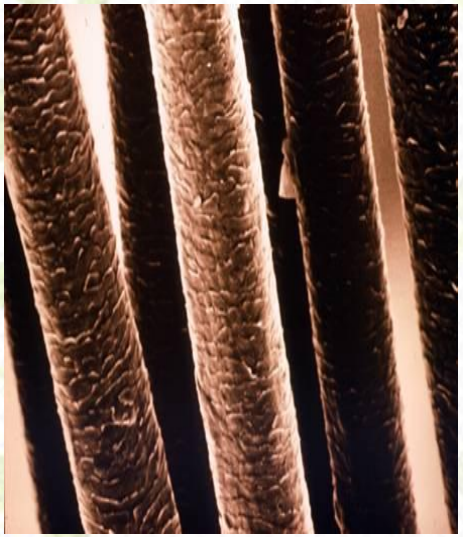
nanozoom.blog.ir

نانو چقدر کوچک است؟

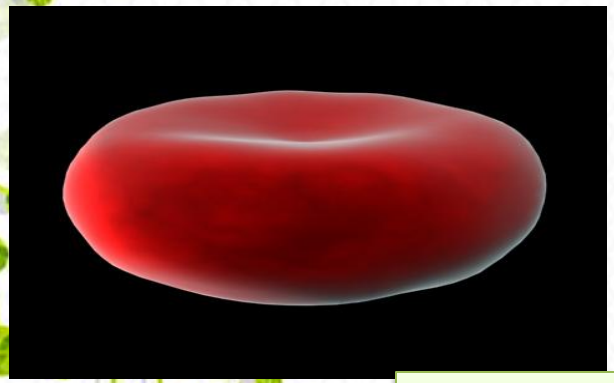


nanozoom.blog.ir

آیا می دانید؟



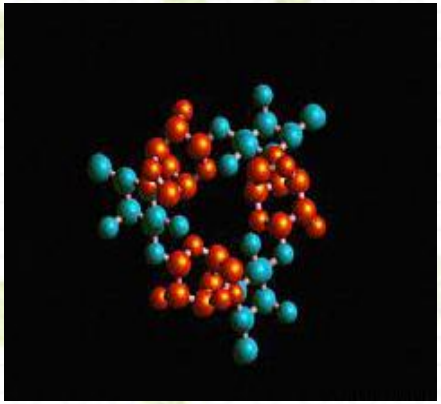
- یک تار موي انسان عرضي حدود هشتاد هزار نانومتر دارد.

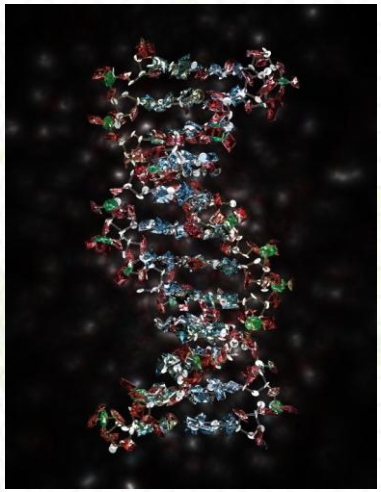


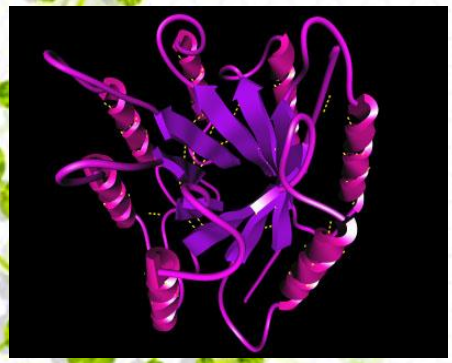
- یک گلبول قرمز داراي عرض تقريبي هفت هزار نانومتر است.

nanozoom.blog.ir

آیا می دانید؟



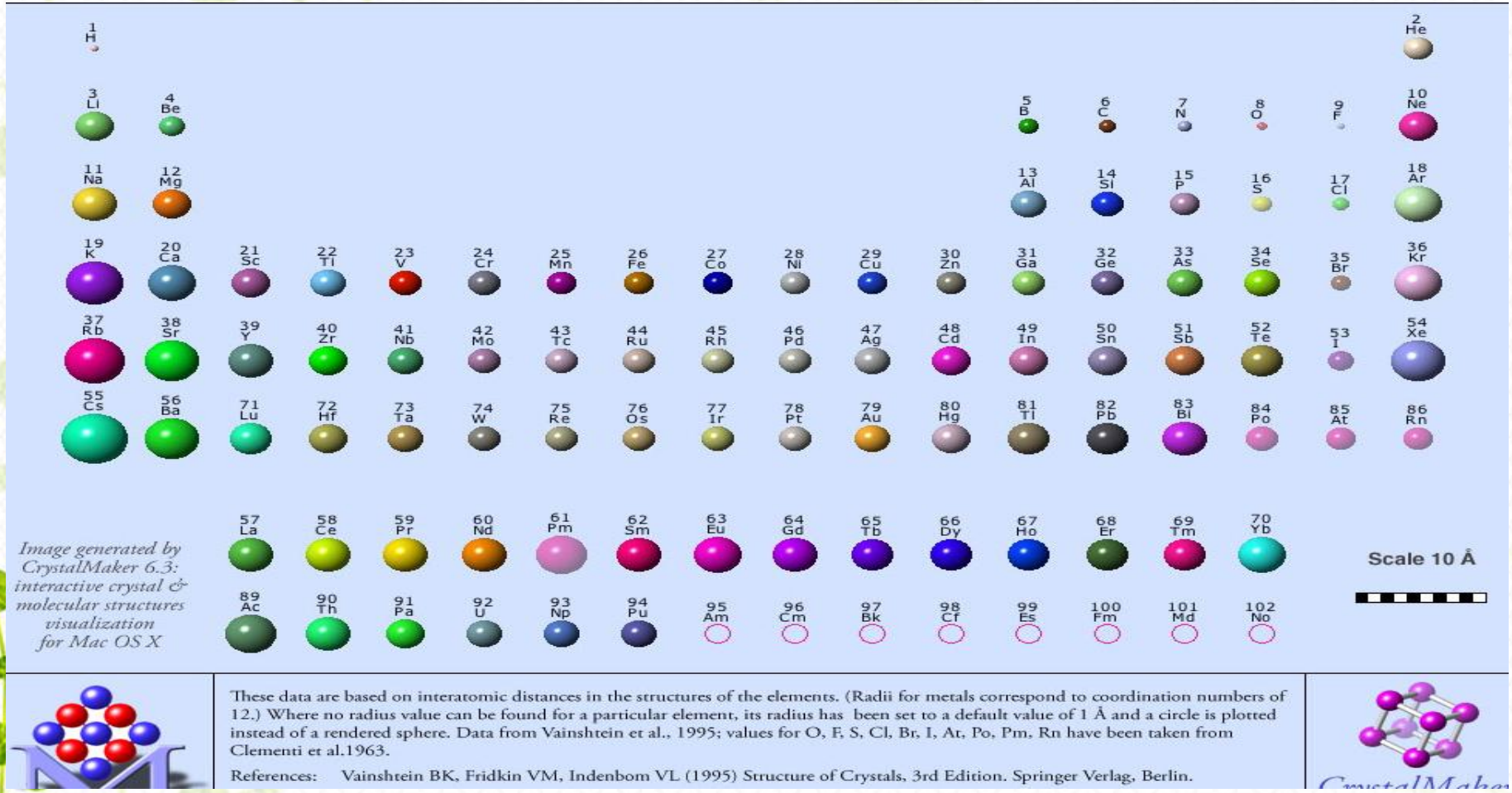




- يك مولكول قند داراي قطري حدود 1 نانومتر است.
- مولکول DNA ، 2.5 نانومتر پهنا دارند.
- پروتئین ها بین 1 تا 20 نانومتر هستند.

nanozoom.blog.ir

درک ابعاد نانو



قطر کوچکترین اتم یعنی هیدروژن، ۰.۰۷۴ نانومتر و قطر اتم بزرگی مانند سرب، ۰.۳۵ نانومتر است.
بنابراین می توان تخمین زد که یک ذره ۱ نانومتری، شامل ده ها تا صدها اتم باشد.

nanozoom.blog.ir

دوره پنجم

۱. ابعاد تقریبی یک باکتری، ویروس، پهنای رشته DNA و سلول حیوانی به‌ترتیب چقدر است؟

۱) ۱ میکرومتر - ۱۰۰ میکرومتر - ۲ نانومتر - ۵۰ نانومتر

۲) ۱ میکرومتر - ۵۰ نانومتر - ۲ نانومتر - ۱۰ میکرومتر

۳) ۱۰ میکرومتر - ۱۰۰ میکرومتر - ۲ نانومتر - ۵۰ نانومتر

۴) ۱ میکرومتر - ۵۰ نانومتر - ۲ میکرومتر - ۱۰ میکرومتر

گزینه (۲) پاسخ سوال می‌باشد.

nanozoom.blog.ir

خواص مواد به چه چیزهایی وابسته است؟

- 1- جنس ذرات
- 2- طرز کنار هم قرار گرفتن ذرات
- 3- اندازه ذرات

nanozoom.blog.ir

خواص مواد در اثر کوچک سازی تغییر می کند

nanozoom.blog.ir

تغییر خواص در مقیاس نانو

nanozoom.blog.ir

چه خواصی در مقیاس نانو تغییر می کنند؟

- خواص نوری (رنگ، شفافیت و ...)
- خواص الکتریکی (رسانایی و ...)
- خواص فیزیکی (سختی، نقطه ذوب و ...)
- خواص شیمیایی (واکنش پذیری، سرعت واکنش و ...)
- خواص مغناطیسی

خواص مواد معمولاً از روی توده ای از اتم ها و مولکول ها اندازه گیری می شود.(10^{23}~)

nanozoom.blog.ir

خواص وابسته به اندازه مواد

خواص چگونه در مقیاس نانو

تغییر می کنند؟

nanozoom.blog.ir

تغییر خواص در مقیاس نانو

- به چهار طریق مواد نانومقیاس با ماکرومقیاس متفاوتند:

1. در مقیاس نانو **نسبت سطح به حجم بیشتر** است.
2. نیروهای غالب در مقیاس نانو، **نیروهای الکترومغناطیسی** هستند و نیروهای گرانشی مقادیر ناچیزی دارند.
3. مدلهای **مکانیک کوانتومی** بجای مکانیک کلاسیک برای توصیف حرکت و انرژی در مقیاس نانو بکار می روند.
4. در مقیاس نانو، **حرکات تصادفی مولکولی** اهمیت بیشتری دارد.

nanozoom.blog.ir

افزایش سطح منشا تحولات در مقیاس نانو

- با ریزتر شدن مواد حجیم، سطوح افزایش می یابند و با افزایش خیلی زیاد این سطوح همزمان تغییرات زیادی در خصوصیات ظاهری نمایان می گردد.

چنین نسبتی برای ذرات نانومتری بسیار قابل توجه است.

- تغییر خواص ترمودینامیکی
- تغییر خواص شیمیایی مواد

nanozoom.blog.ir

افزایش سطح با افزایش تعداد دفعات تقسیم

دفعات تقسیم	تعداد تکه	ابعاد (متر)	سطح خارجی (متر مربع)
0	1	0.01	0.0006
1	8	0.005	0.0012
2	64	0.0025	0.0024
3	512	0.00125	0.0048
4	4096	0.000625	0.0096
5	32768	0.0003125	0.0192
6	262144	0.00015625	0.0384
7	2097152	0.000078125	0.0768
8	16777216	3.90625E-05	0.1536
9	134217728	1.95313E-05	0.3072
10	1073741824	9.76563E-06	0.6144
11	8589934592	4.88281E-06	1.2288
12	68719476736	2.44141E-06	2.4576
13	5.49756E+11	1.2207E-06	4.9152
14	4.39805E+12	6.10352E-07	9.8304
15	3.51844E+13	3.05176E-07	19.6608
16	2.81475E+14	1.52588E-07	39.3216
17	2.2518E+15	7.62939E-08	78.6432
18	1.80144E+16	3.8147E-08	157.2864
19	1.44115E+17	1.90735E-08	314.5728
20	1.15292E+18	9.53674E-09	629.1456
21	**9.22337E+18**	**4.76837E-09**	**1258.2912**
22	7.3787E+19	2.38419E-09	2516.5824
23	**5.90296E+20**	**1.19209E-09**	**5033.1648**

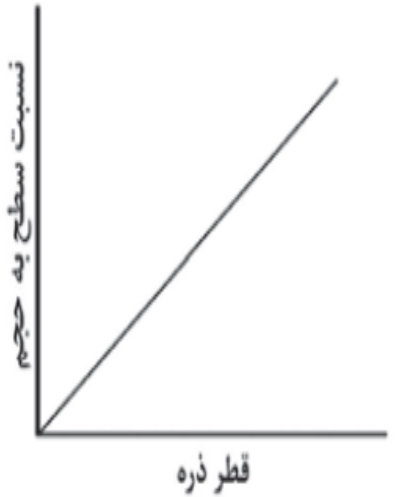
سطح یک میلیون بار بیشت

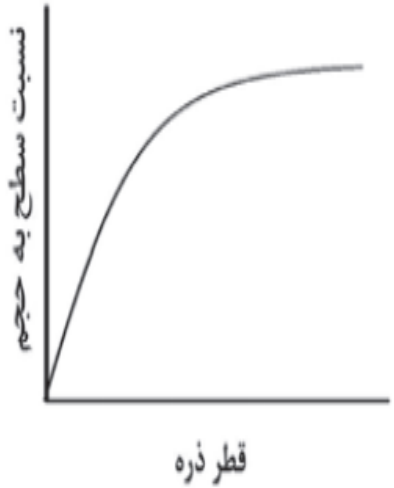
سطح 8 میلیون بار ب

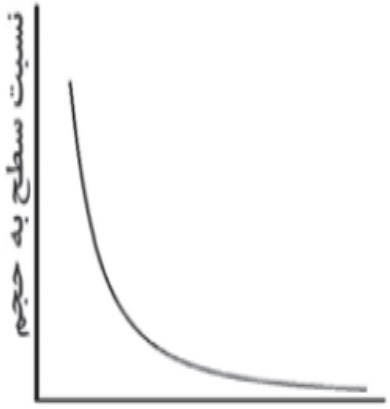
nanozoom.blog.ir

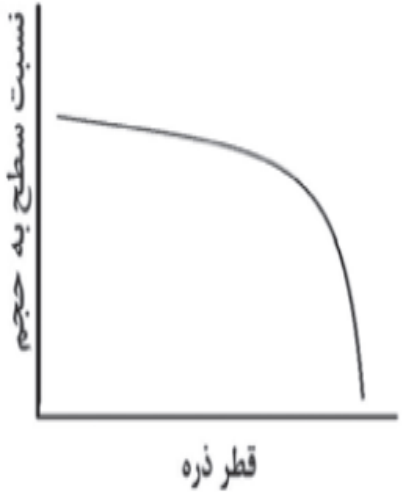
دوره ششم

۵. در نمودارهای زیر محور عمودی نسبت سطح به حجم ذرات و محور افقی قطر ذرات را نشان می‌دهد. در کدام نمودار رابطه این دو متغیر به درستی نشان داده شده است؟

۱)


۲)


۳


۴)


nanozoom.blog.ir

پاسخ

گزینه ۳ صحیح است. با کوچکتر شدن ذرات نسبت سطح به حجم افزایش می‌یابد. از اینرو منحنی که نشان دهنده تغییرات نسبت سطح به حجم، نسبت به تغییرات قطر ذره است، با کاهش اندازه ذرات رشد سریعی خواهد داشت.

nanozoom.blog.ir

دوره چهارم

۱۹. اگر یک مکعب به طول ضلع ۱cm را برش زده و از آن مکعب‌هایی با طول ضلع ۱۰nm بسازیم، مجموع سطوح مکعب‌های جدید چند برابر سطح مکعب اولی خواهد بود؟

۱) ۱۰۰۰۰

۲) ۱۰۰۰۰۰

۳) ۱۰۰۰۰۰۰

۴) ۱۰۰۰۰۰۰۰

nanozoom.blog.ir

پاسخ

گزینه ۳ صحیح است.

سطح مکعب اولی $=1cm \times 1cm \times 6 = 6cm^2$

تعداد نانو مکعب‌ها $=$ حجم مکعب اولی/حجم نانو مکعب‌ها $= 1cm^3/10^{-18}cm^3 = 10^{18}$

سطح نانو مکعب‌ها $= 10^{18} \times 10nm \times 10nm \times 6 = 6 \times 10^{20} nm^2 = 6{,}000{,}000\ cm^2$

سطح مکعب اولی/سطح نانو مکعب‌ها $= 1{,}000{,}000$

دوره ششم

۷. در یک فرایند کوچک سازی در هر مرحله اضلاع مکعبی را نصف می‌کنیم. پس از n مرحله، مجموع مساحت به دست آمده و نسبت سطح به حجم ایجاد شده به ترتیب چند برابر می‌شود؟

۱) $\frac{۱}{۲^{۳n}}$ و $۲^{۳n}$

۲) $\frac{۱}{۲^{۳n}}$ و ۶×۲^{n}

۳) ۶×۲^{n} و ۲^{n}

۴) ۲^{n} و ۲^{n}

nanozoom.blog.ir

پاسخ

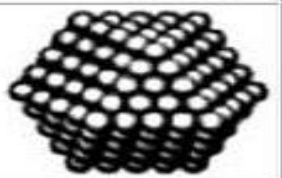
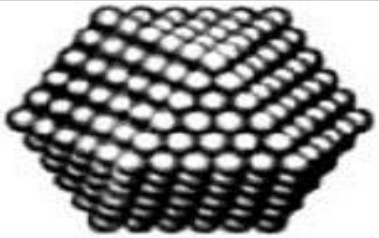
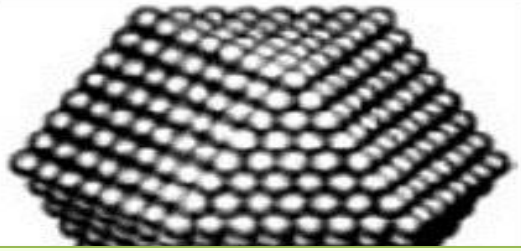
گزینه ۴ صحیح است. پس از n مرحله طول ضلع مکعب‌های حاصل به $\frac{a}{2^n}$ می‌رسد. تعداد مکعب‌ها در هر مرحله ۸ برابر شده و پس از n مرحله برابر 2^{3n} می‌شود. بنابراین مساحت کل برابر است با: $2^{3n} \times 6 \times \left(\frac{a}{2^n}\right)^2 = 6 \times 2^n a^2$

مساحت اولیه برابر با $6a^2$ است. بنابراین مساحت کل پس از n مرحله تقسیم، 2^n برابر می‌شود.

با توجه به اینکه حجم کل در این تغییرات ثابت است نسبت سطح به حجم نیز 2^n برابر خواهد شد.

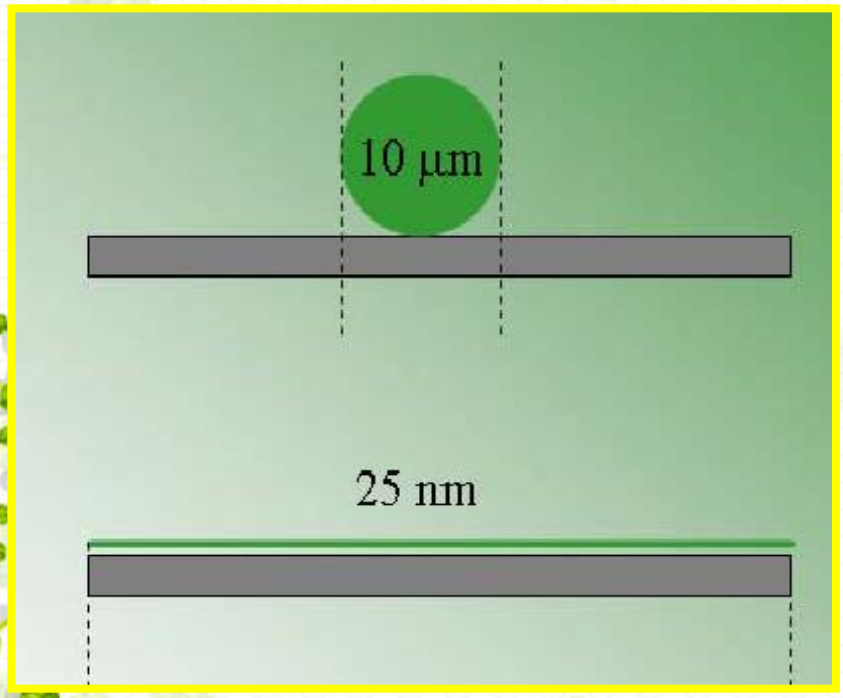
nanozoom.blog.ir

تغییر درصد اتم های سطحی

تعداد پوسته های خوشه	شکل خوشه	تعداد اتم‌های سطحی	تعداد کل اتم‌ها	درصد اتم‌های سطحی
یک پوسته		12	13	92
دو پوسته		42	55	76
سه پوسته		92	147	63
چهار پوسته		162	309	62
پنج پوسته		252	561	45
هفت پوسته		492	1415	35

nanozoom.blog.ir

افزایش سطح

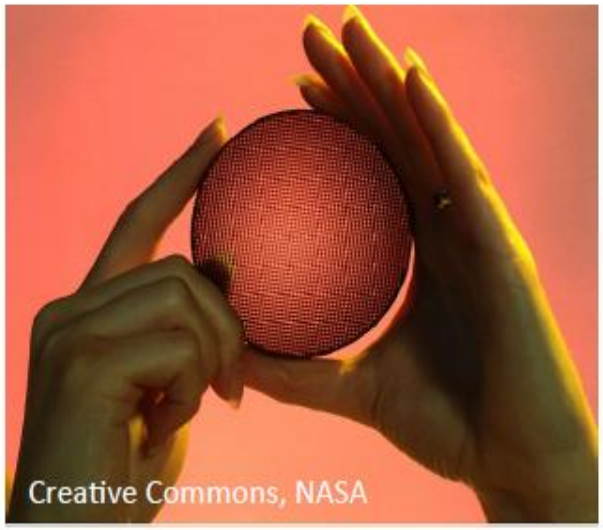


- با کوچک نمودن اندازه ذرات با استفاده از حجم کمی از مواد سطح بیشتری را می توان پوشاند.

nanozoom.blog.ir

خواص کاتالیزگری

- نانوذرات به دلیل سطح بالایی که دارند به عنوان کاتالیزگر استفاده می شوند.

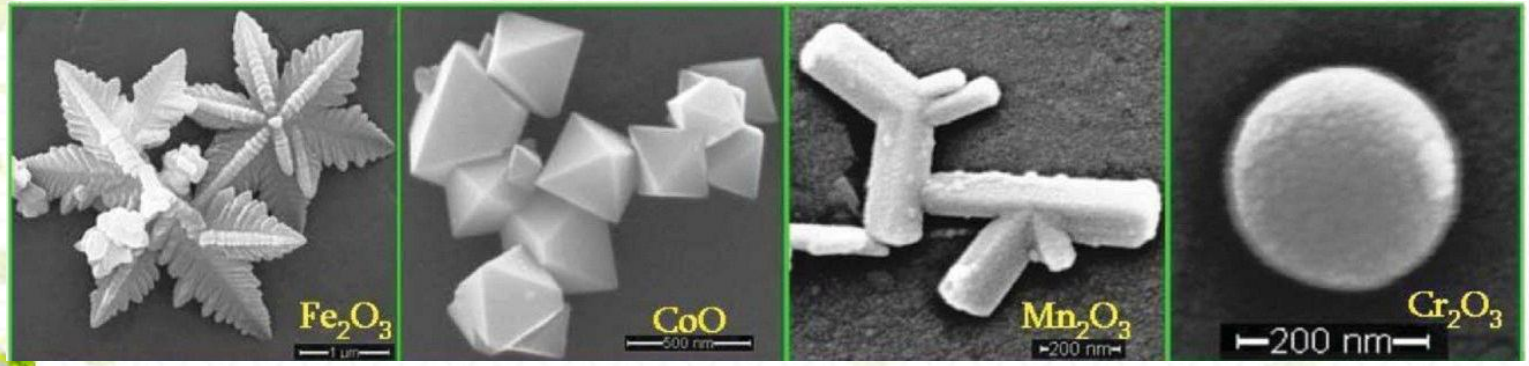


$$2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$$

nanozoom.blog.ir

خواص کاتالیزگری

- نانوذرات به دلیل سطح بالایی که دارند به عنوان کاتالیزگر استفاده می شوند.



nanozoom.blog.ir

دوره ششم

۶. از نانوذرات آلومینیوم می‌توان برای ساخت سوخت جامد در موشک‌ها استفاده است. در این نوع سوخت، واکنش شدید بین آلومینیوم و اکسیژن موجب آزاد شدن انرژی بسیار زیادی می‌شود. چهار نوع سوخت آلومینیوم با ساختارهای متفاوت در اختیار است به طوری که جرم تمام نانوذرات موجود در این نمونه‌ها با یکدیگر برابر است. کدام یک از این سوخت‌ها انرژی حرارتی بیشتری را تولید خواهند کرد؟ (چگالی تمام نمونه‌ها ثابت و ۲۷۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. $\pi=3$)

۱) نانوذره مکعبی

۲) نانوذره استوانه‌ای با نسبت ارتفاع به شعاع قاعده ۴

۳) نانوذره کروی

۴) اطلاعات کافی نمی‌باشد.

nanozoom.blog.ir

پاسخ

گزینه ۱ صحیح است. جرم و چگالی تمام این ذرات با یکدیگر برابر است. بنابراین حجم آن‌ها نیز یکسان است. هر نمونه‌ای که نسبت سطح به حجم بالاتری داشته باشد، مساحت بیشتر و واکنش بیشتری را در اختیار قرار می‌دهد.

نسبت سطح به حجم کره از تمام شکل‌های هندسی دیگر کمتر است. برای مقایسه دو نمونه مکعبی و استوانه‌ای به روش زیر عمل می‌کنیم:

$$V_{\text{مکعب}} = V_{\text{استوانه}} \Rightarrow a^3 = \pi r^2 h \overset{h=4r}{\Longrightarrow} a^3 = 4\pi r^3 \Rightarrow a = r\sqrt[3]{4\pi}$$

$$\begin{cases} S_{\text{مکعب}} = 6a^2 \\ S_{\text{استوانه}} = 2\pi r^2 + 2\pi rh = 10\pi r^2 \end{cases} \overset{a=r\sqrt[3]{4\pi}}{\Longrightarrow} \frac{S_{\text{مکعب}}}{S_{\text{استوانه}}} = \frac{6\left(\sqrt[3]{4\pi}\right)^2}{10\pi} = \frac{6}{10}\sqrt[3]{\frac{16}{\pi}} = 1.048 > 1$$

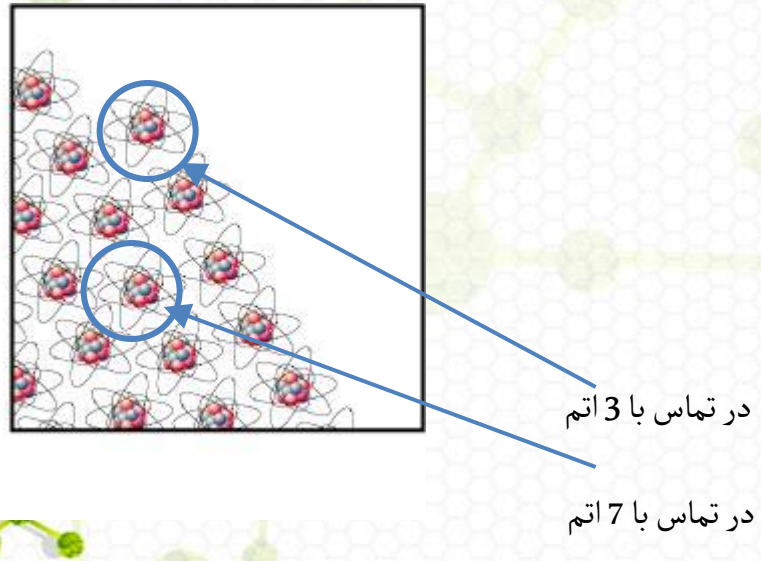
بنابراین سطحی که مکعب در اختیار قرار می‌دهد، بیشتر از سطح در دسترس در استوانه‌ای با نسبت ارتفاع به شعاع قاعده ۴ است.

لازم به ذکر است که رابطه محاسبه سطح و حجم موارد فوق در فصل آخر هندسه ۱ دوم دبیرستان وجود دارد.

nanozoom.blog.ir

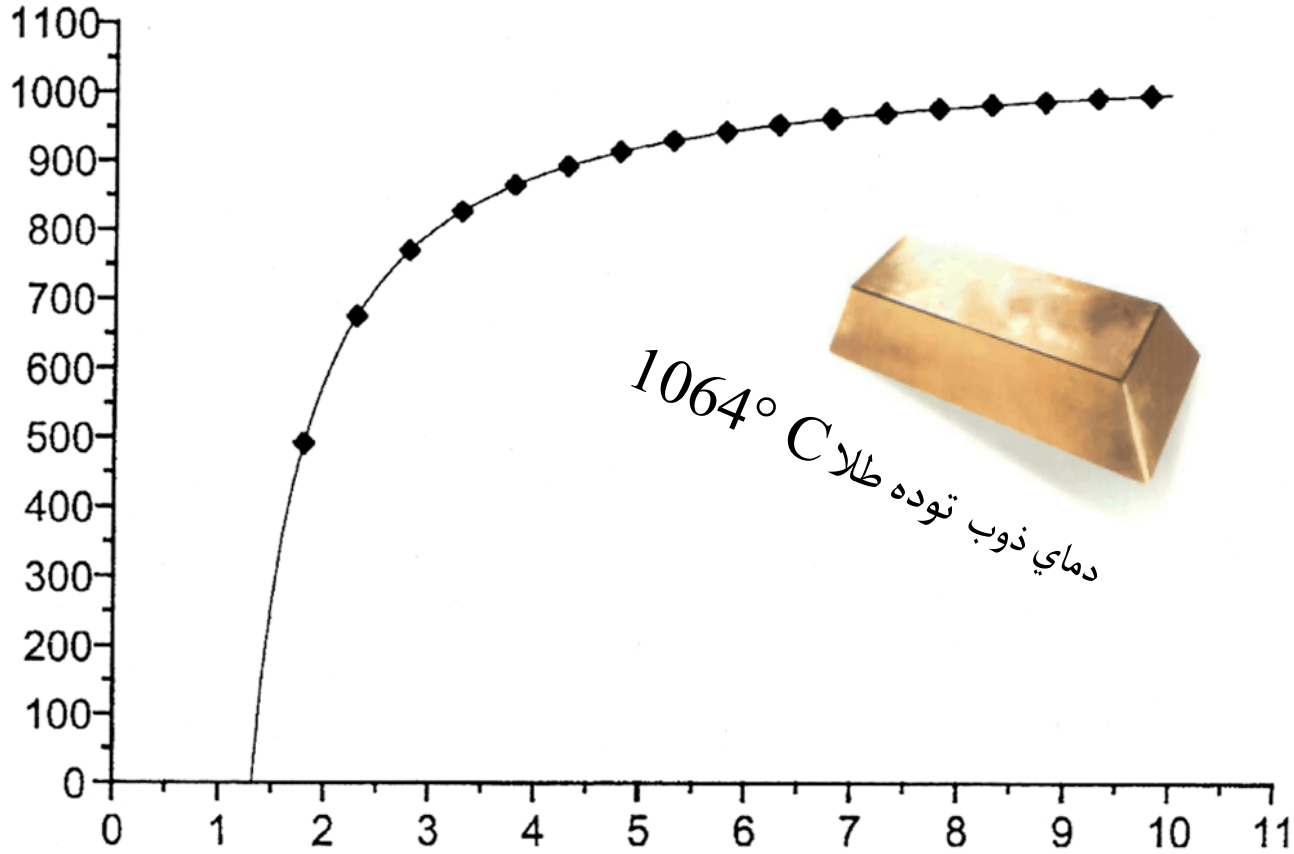
تغییر دمای ذوب

- نقطه ذوب دمایی است که در آن مولکولها ، اتمها و یونها در ماده انرژی لازم برای غلبه بر نیروهای درون مولکولی را بدست می آورند.
- اتمهای سطحی چون در تماس با اتمهای کمتری هستند انرژی کمتری نیاز دارند.



nanozoom.blog.ir

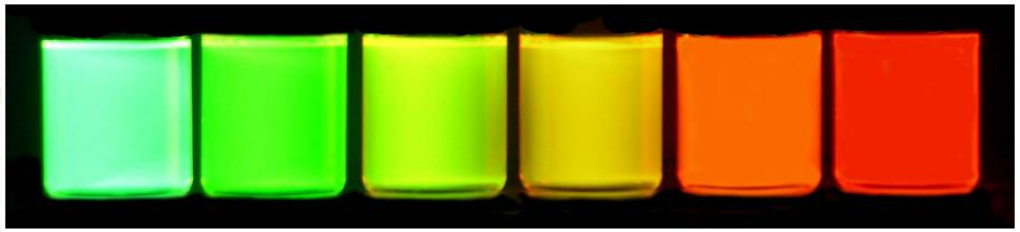
تغییر نقطه ذوب طلا با تغییر شعاع ذره



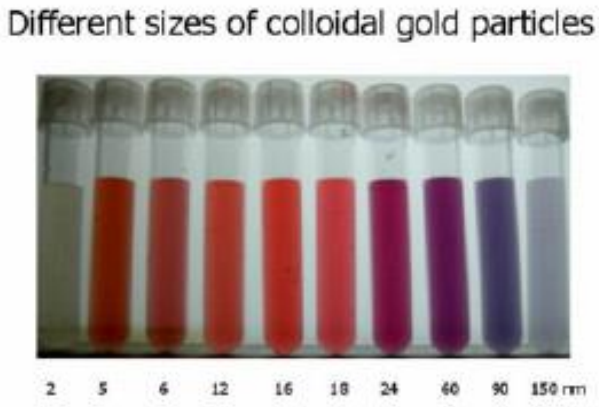
nanozoom.blog.ir

تغییر خواص نوری در مقیاس نانو

نانوذرات نیمه رسانا



3 nm 6 nm



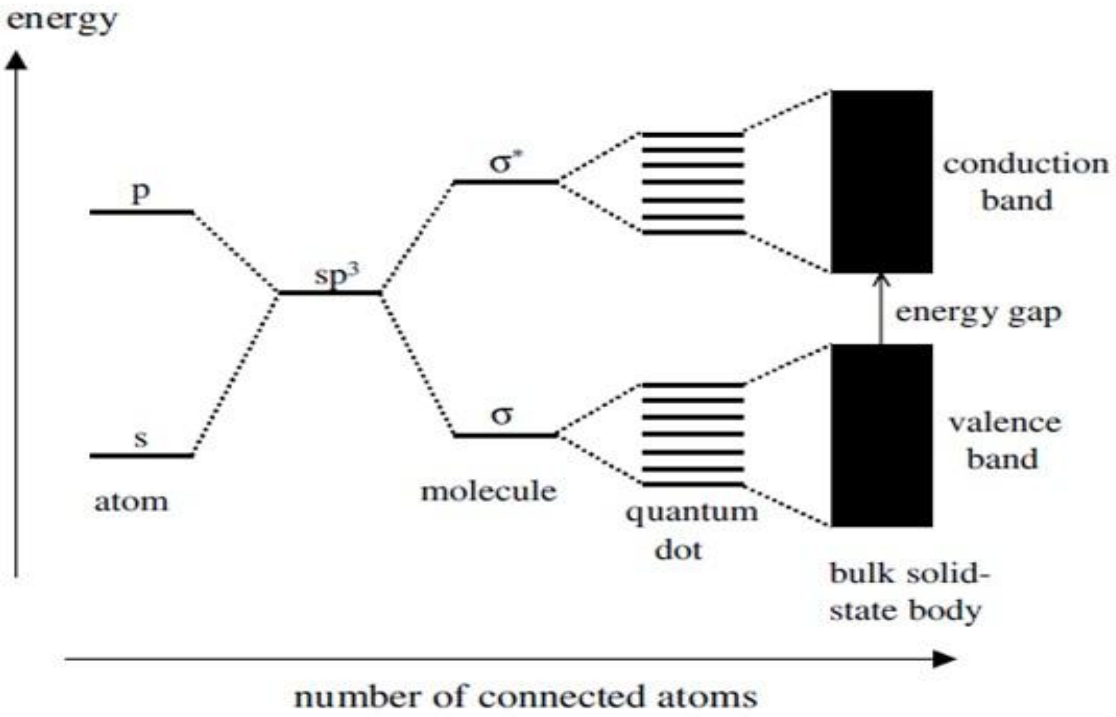
نانو ذرات فلزی

nanozoom.blog.ir

کوانتیزه شدن

- **کوانتیزه شدن ترازهای انرژی:**
- به تبدیل مقادیر پیوسته به یکسری حالات گسسته، کوانتیزه شدن گفته می شود. در یک جامد بالک، ترازهای انرژی در هم فشرده و به صورت یک نوار در می آیند. از دیدگاه عملی یک الکترون می تواند انرژیهای متفاوتی دریافت و به تراز انرژی بالاتر برود.

اما: در یک نانوساختار، الکترون باید دقیقاً مقدار مشخصی انرژی دریافت کند تا به تراز بالاتر صعود کند.

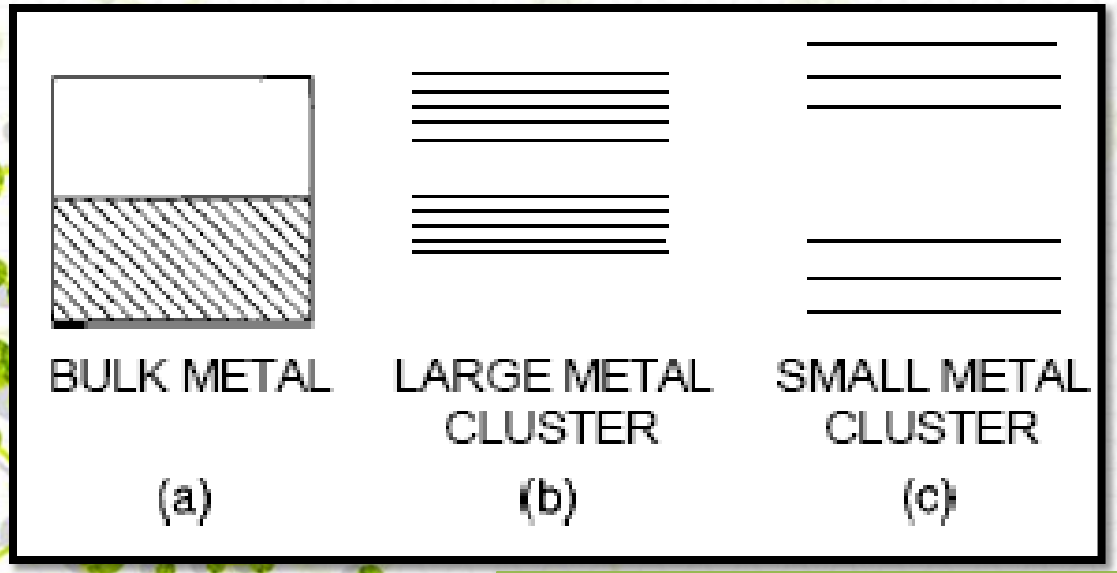


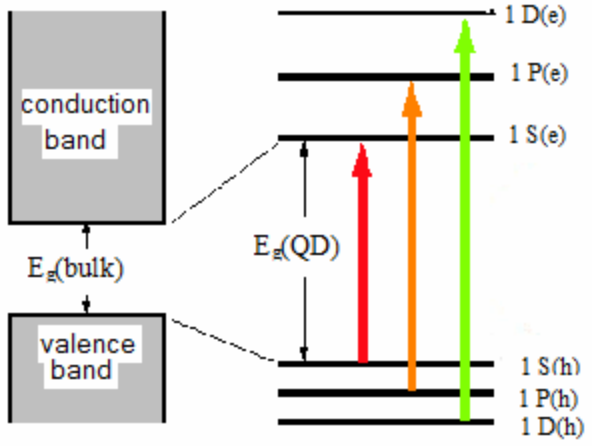
nanozoom.blog.ir

خواص نوری

- با تغییر اندازه نانوذرات فاصله ترازهای انرژی در آنها تغییر میکند

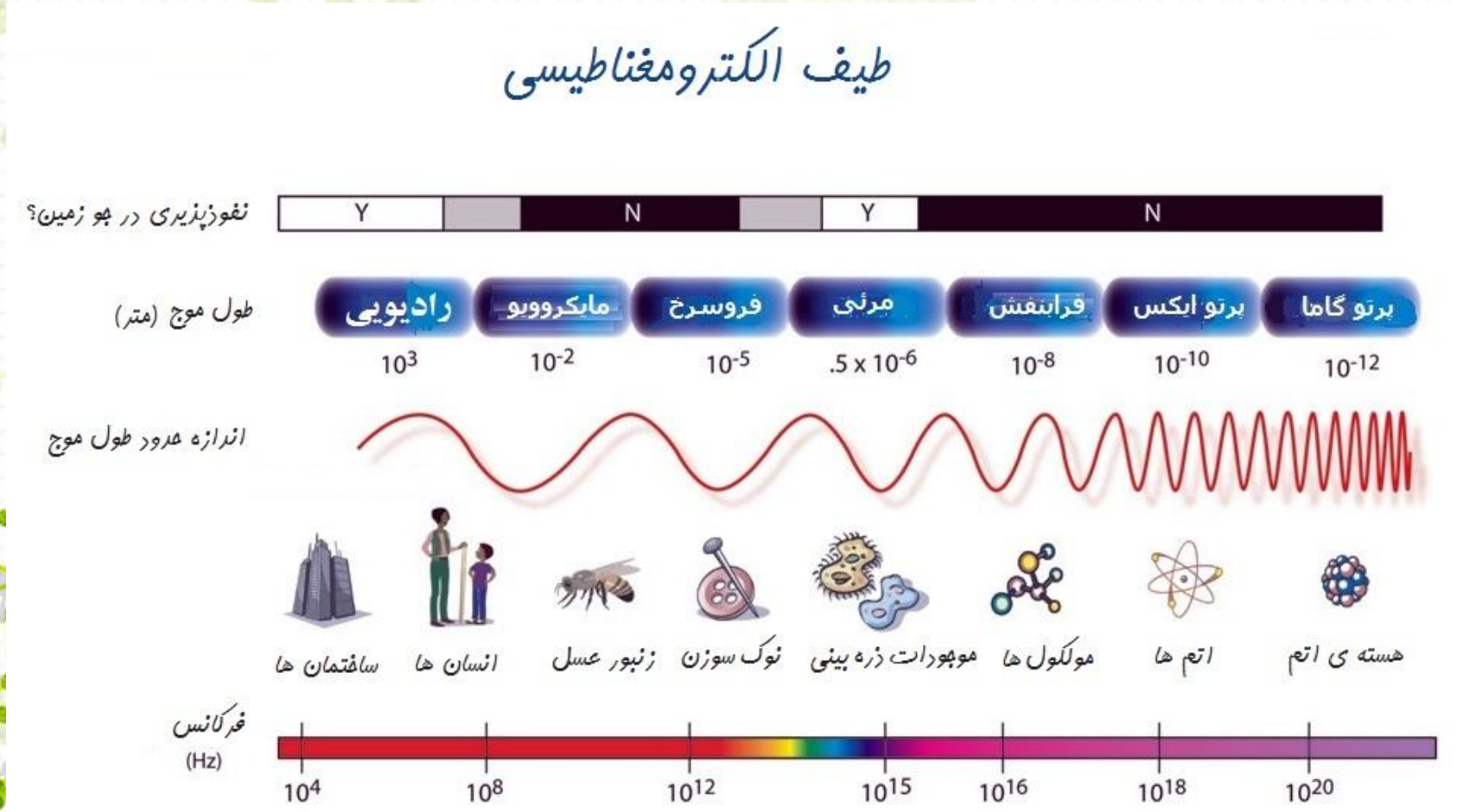
میتوان ابعاد نانوذرات از جنس مشخص را طوری تعیین کرد که امواج فروسرخ، فرابنفش ، رادیویی و.. را جذب کند.کاربرد در صنایع نظامی و الکترونیک





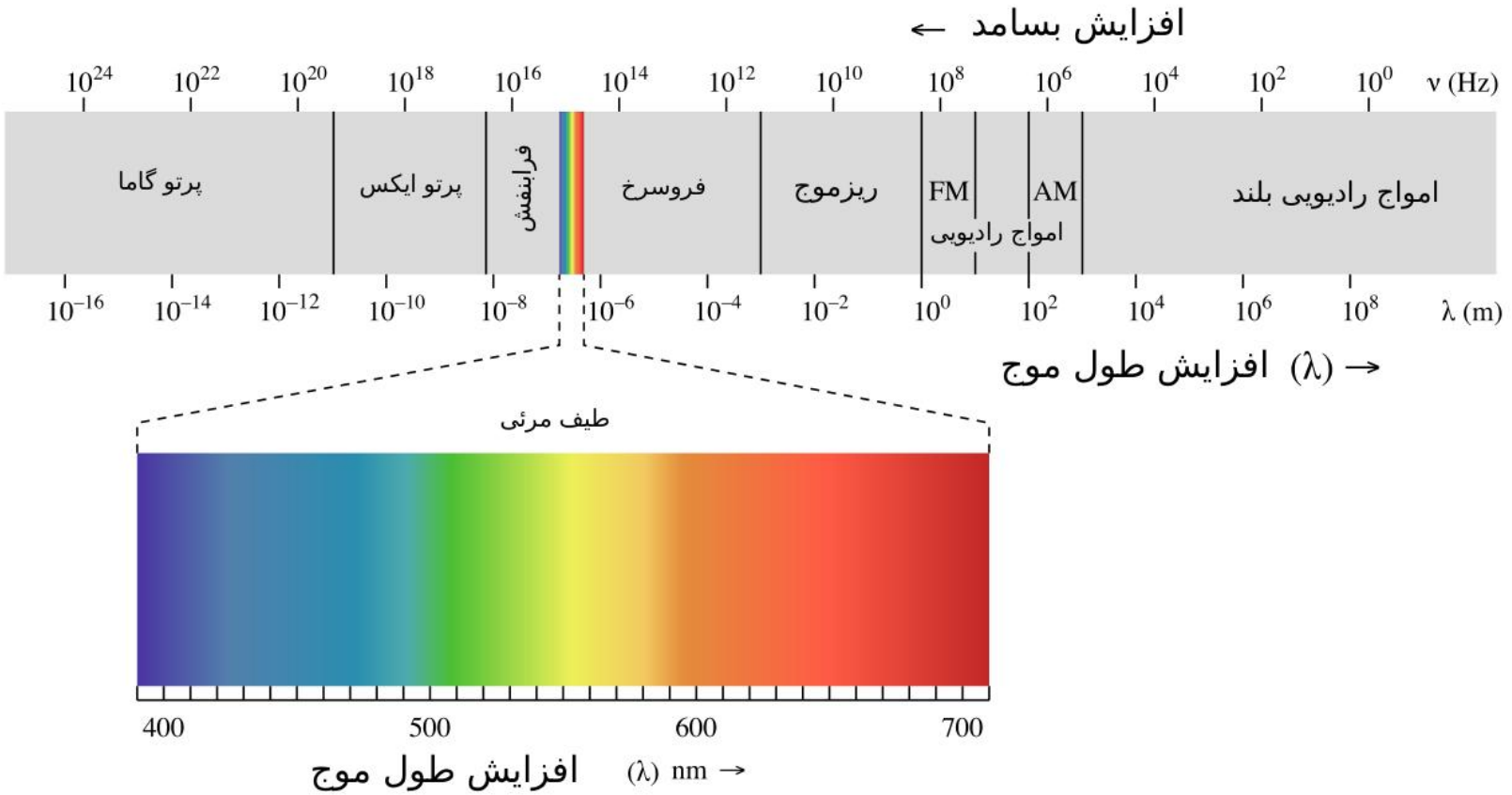
nanozoom.blog.ir

طیف الکترومغناطیسی



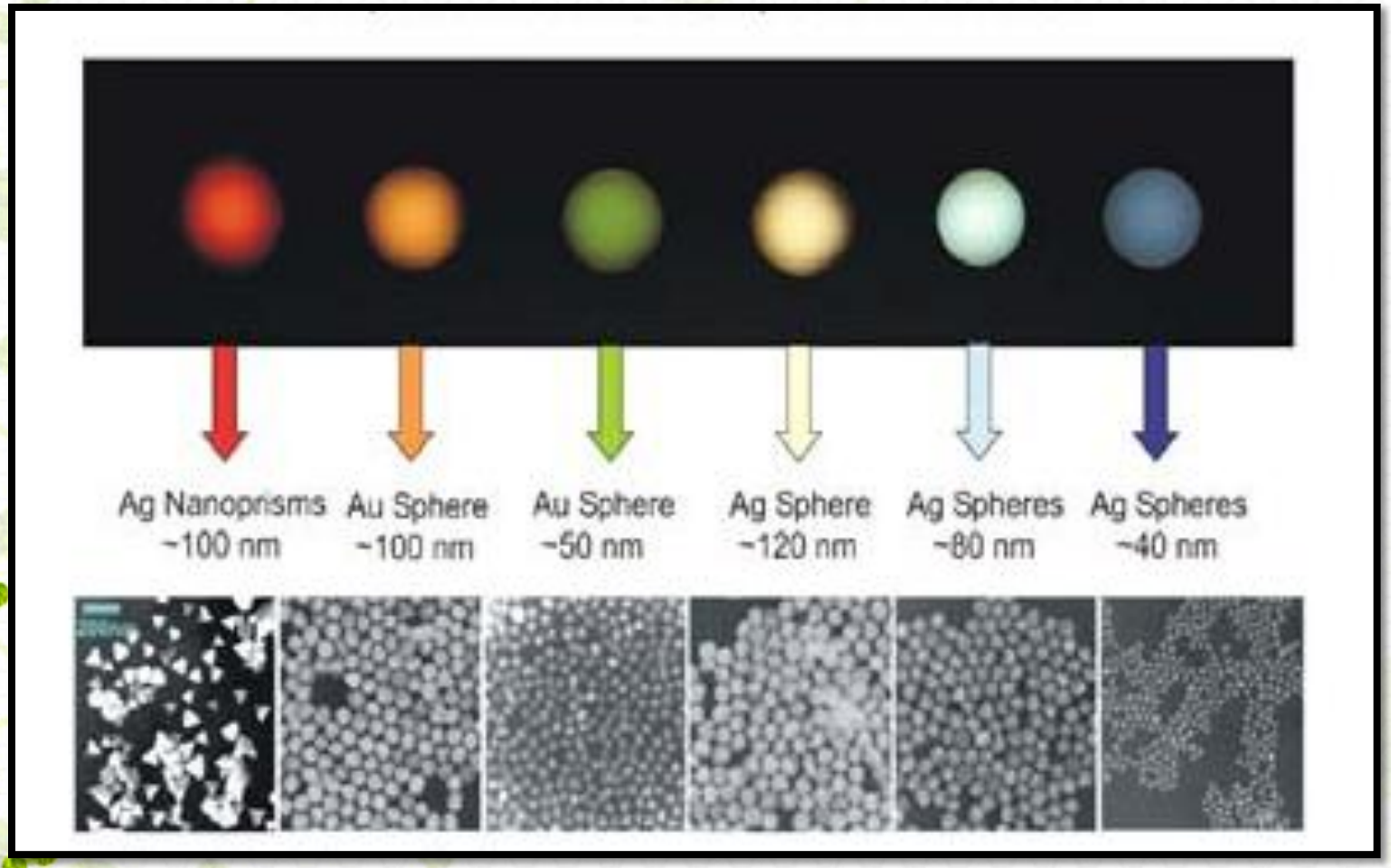
nanozoom.blog.ir

طیف نور مرئی



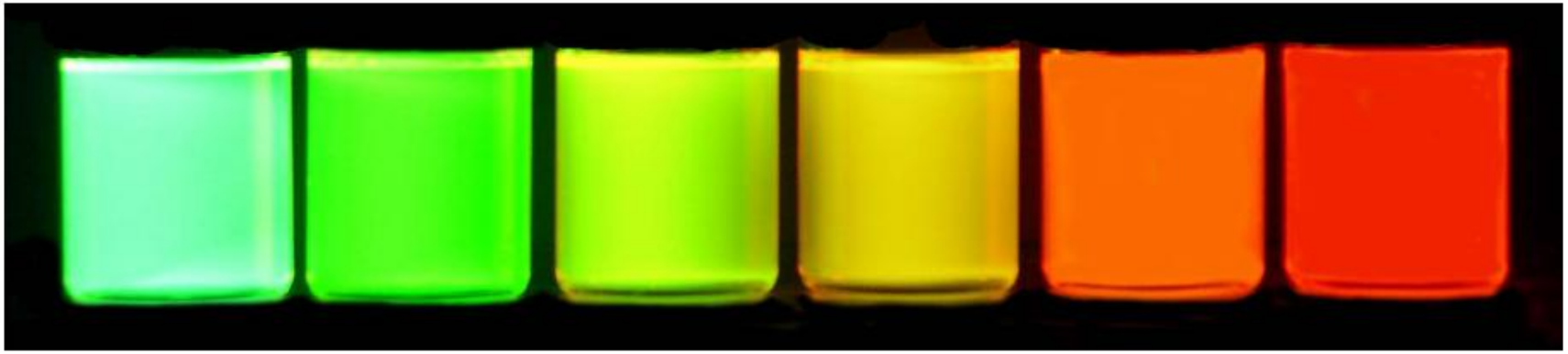
nanozoom.blog.ir

رابطه اندازه و شکل بر رنگ نانوذرات



nanozoom.blog.ir

تغییر رنگ نانو ذرات نیمه رسانا با تغییر اندازه

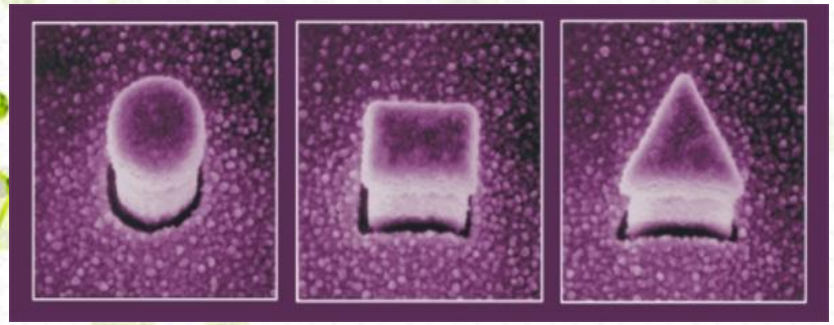


نقاط کوانتومی

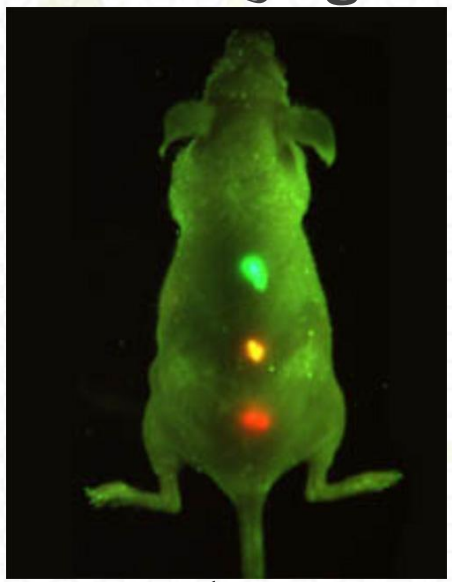
nanozoom.blog.ir

کاربرد نقاط کوانتومي در تشخيص سرطان

- نقاط کوانتومي در نور ماوراي بنفش (UV) مي درخشند.
  - به موش ها تزريق مي شود ، در تومورها تجمع مي يابد.
  - حتي در تعداد کمي سلول سرطاني در حد 10 الي 100سلول نيز جمع می شوند.



نقاط کوانتومي : بلور هاي نانومتري که حاوي الکترون هاي آزاد بوده و در مقابل تابش UV فوتون نشر مي کنند

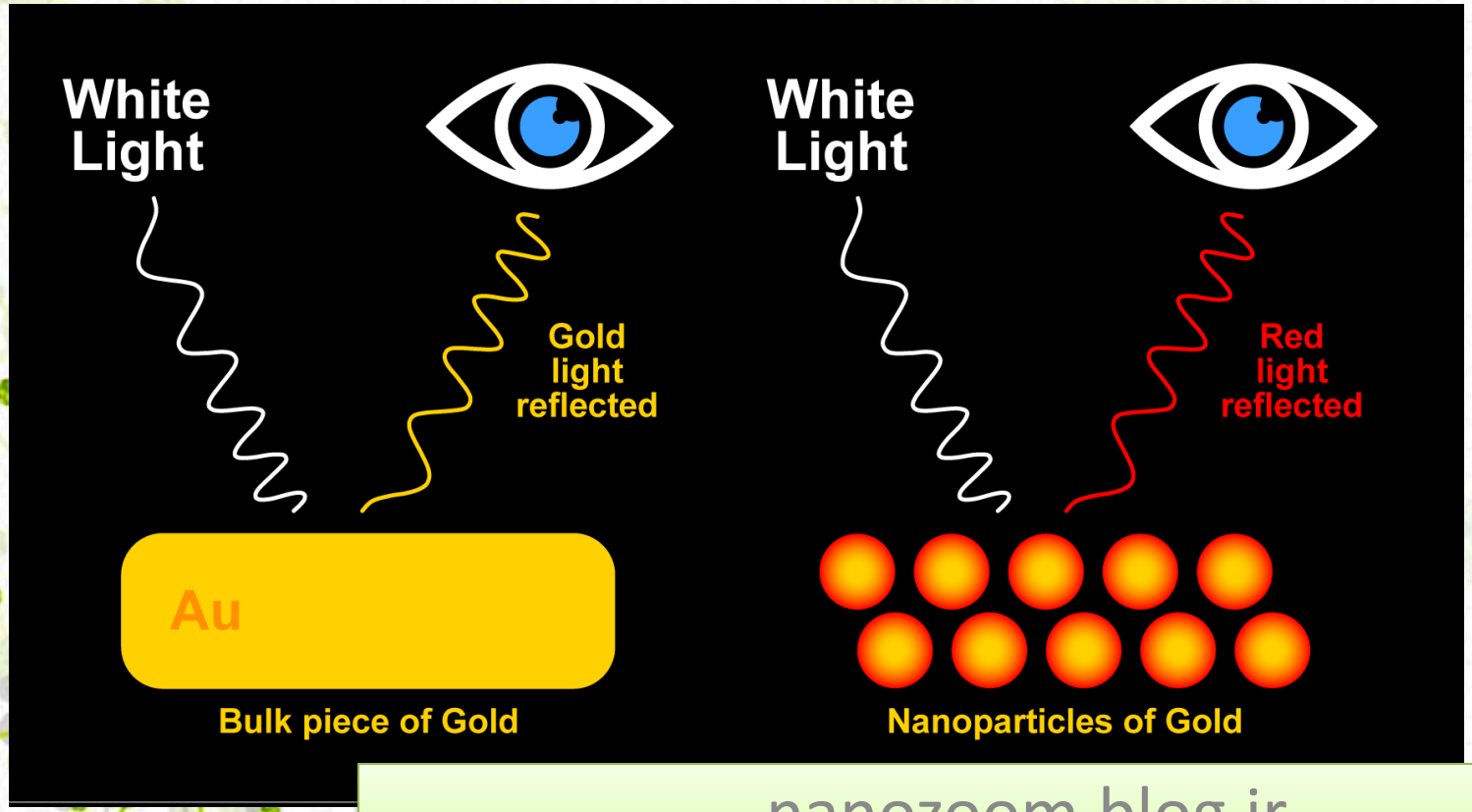


تشخيص زودهنگام تومور ، مطالعه شده در مو ش ها

nanozoom.blog.ir

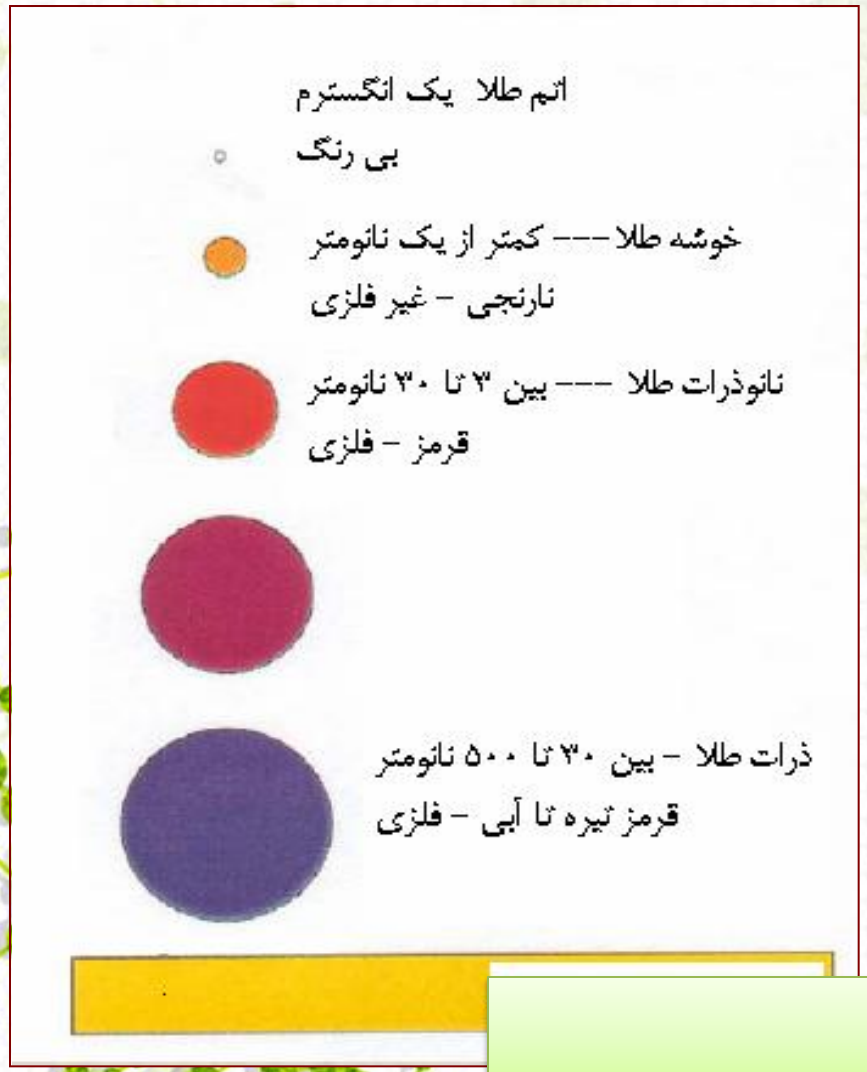
تفاوت رنگ نانوذرات

رنگ نور منعکس شده از نانوذرات طلا متفاوت است از رنگ نور منعکس شده از توده طلا.



nanozoom.blog.ir

تغییر رنگ نانوذرات طلا با اندازه آنها



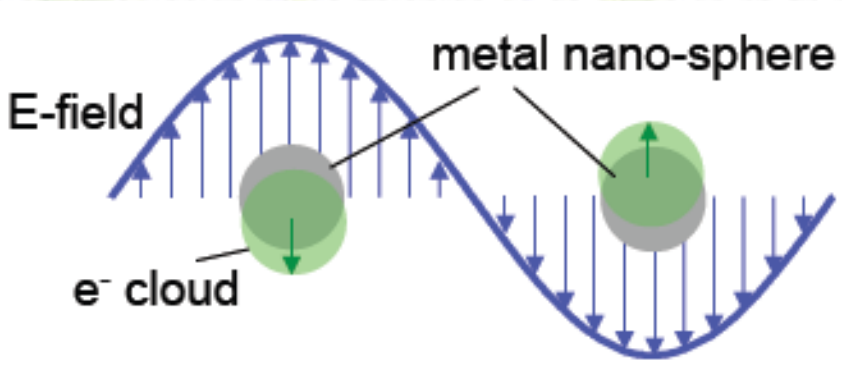
نانوذرات طلا با قطرهای متفاوت در برابر نور سفید با توجه به کوچکی آنها نسبت به طول موج نور به رنگهای متفاوتی دیده می شوند.

nanozoom.blog.ir

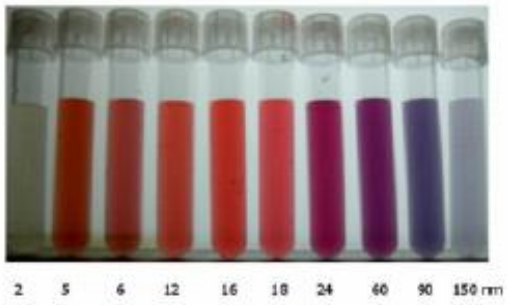
نور و نانو ذرات فلزی

پلاسمون های سطحی

= نوسانات الکترون های آزاد روی سطح

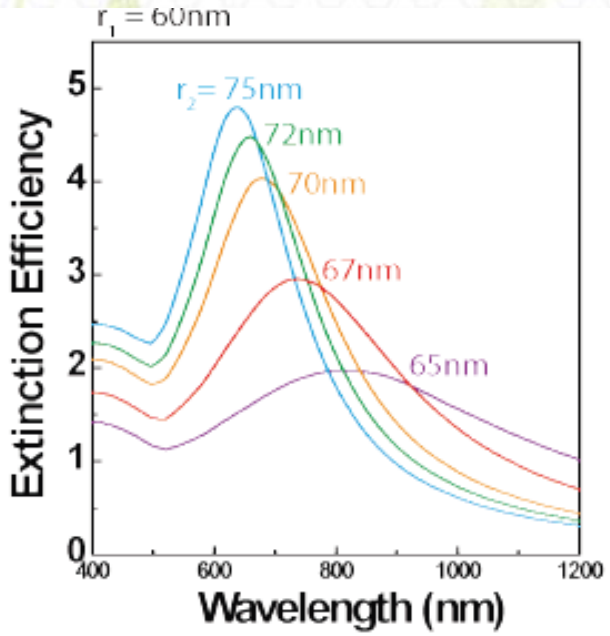


in reflected light in transmitted light



nanozoom.blog.ir

تغییر خواص نوری نانو پوسته طلا



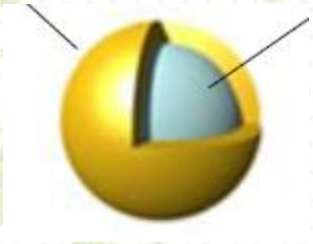
تغییر طیف جذبی با ضخامت پوسته طلا

کاهش ضخامت پوسته طلا

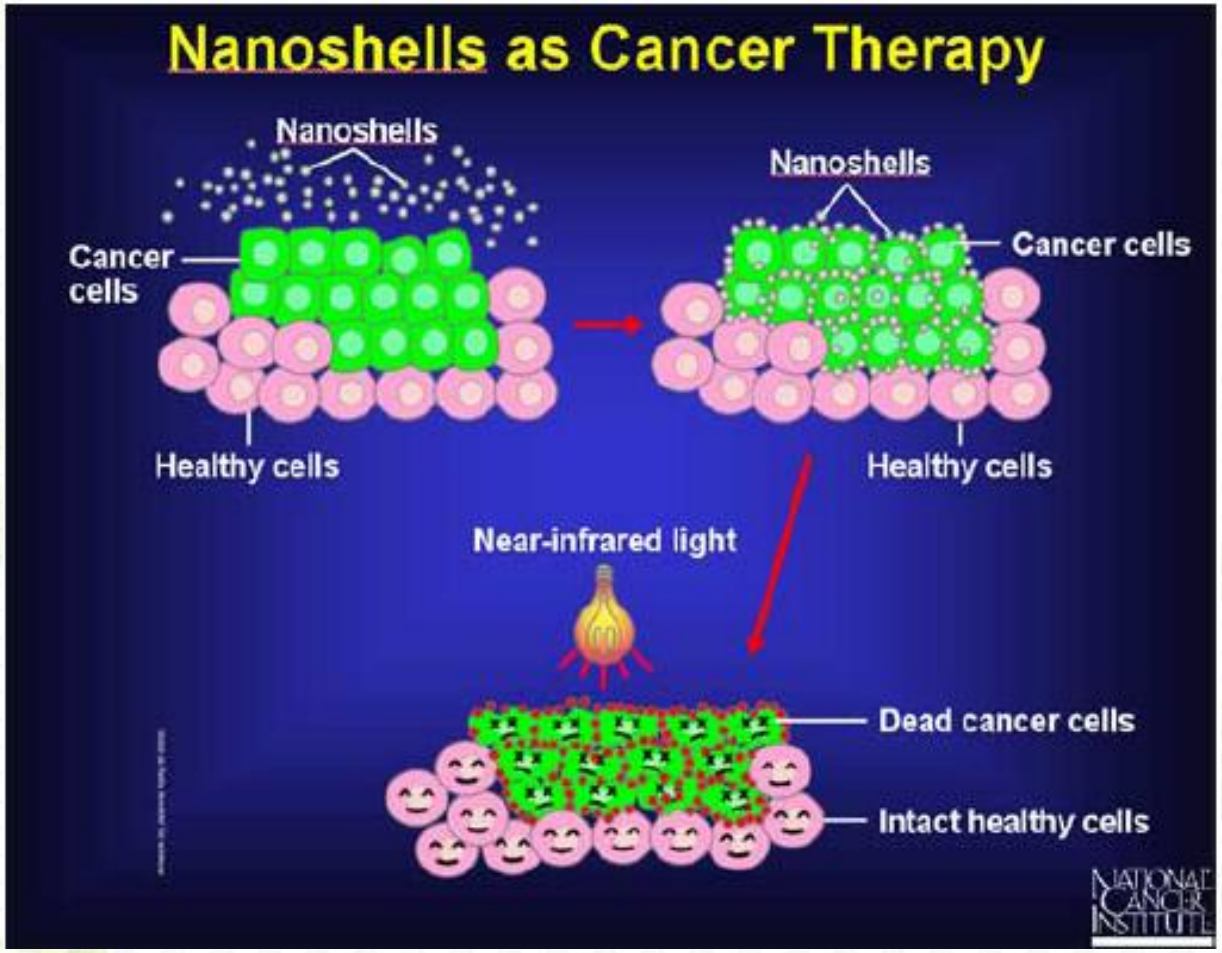
نانوذرات کروی طلا

nanozoom.blog.ir

کاربرد نانو پوسته طلا در درمان سرطان



نانو پوسته طلا



nanozoom.blog.ir

دوره چهارم

۲۸. همان‌طور که می‌دانید با تغییر ابعاد نقاط کوانتومی، شکاف انرژی آن‌ها تغییر خواهد کرد و به این ترتیب خواص الکتریکی و اپتیکی آن‌ها نیز دچار دگرگونی می‌شود. در یک آزمایش تعدادی نانوذره نیمه‌رسانا از یک جنس و با ابعاد مختلف ۲ نانومتر، ۵ نانومتر و ۱۰ نانومتر ساخته‌ایم و می‌خواهیم از آن‌ها در بارکد استفاده کنیم. فرض کنید تعدادی نانوذره مطابق شکل زیر به عنوان یک بارکد قرار گرفته‌اند. با تابش نور ماوراءبنفش و اندازه‌گیری رخشایی (نورتابی) بارکد می‌توان کد مورد نظر را ثبت کرد. با توجه به توضیحات بالا در بارکد شکل زیر از کدام نانوذرات استفاده شده است؟

۱) ۵ نانومتر، ۵ نانومتر، ۲ نانومتر، ۱۰ نانومتر

۲) ۲ نانومتر، ۱۰ نانومتر، ۱۰ نانومتر، ۵ نانومتر

۳) ۲ نانومتر، ۲ نانومتر، ۵ نانومتر، ۱۰ نانومتر

۴) برای مشخص نمودن پاسخ، باید از طول موج نور ماوراءبنفش تابیده شده اطلاع داشت.

گزینه ۳ صحیح است. با توجه به اینکه نانوذرات با کوچتر شدن گاف انرژی بزگتری خواهند داشت، لذا رخشایی به سمت طول موج های کوچکتر خواهد رفت. میدانیم از نظر رنگ، طول موج‌های کوچکتر به سمت نور آبی و طول موج‌های بزرگتر به سمت نور قرمز می روند. لذا گزینه سوم که دو نانوذره ۲ نانومتری دارد و این دو ذره می‌توانند آبی رنگ باشند صحیح است.

nanozoom.blog.ir

دوره سوم

۴. تغییر رنگ نانوذرات با کاهش اندازه ذرات، ناشی از کدامیک از پدیده‌های زیر است؟

۱) کاهش چگالی ابر الکترونی

۲) کاهش ثابت شبکه و تغییر ساختار بلوری

۳) افزایش نسبت سطح به حجم ذره

۴) شکافته شدن و تغییر ساختار نوارهای انرژی

تغییر ساختار نواری انرژی، موجب تغییر در خواص اپتیکی نانوذرات می‌شود. لذا گزینه ۴ صحیح است.

nanozoom.blog.ir

دوره ششم

۳. نقاط کوانتومی ..... گاف انرژی ..... دارند و پرتوی نور مرئی منتشر شده از آن‌ها در اثر تاباندن پرتوی فرابنفش متمایل به رنگ ..... است.

۱) کوچک‌تر - بزرگ‌تر - آبی

۲) کوچک‌تر - بزرگ‌تر - قرمز

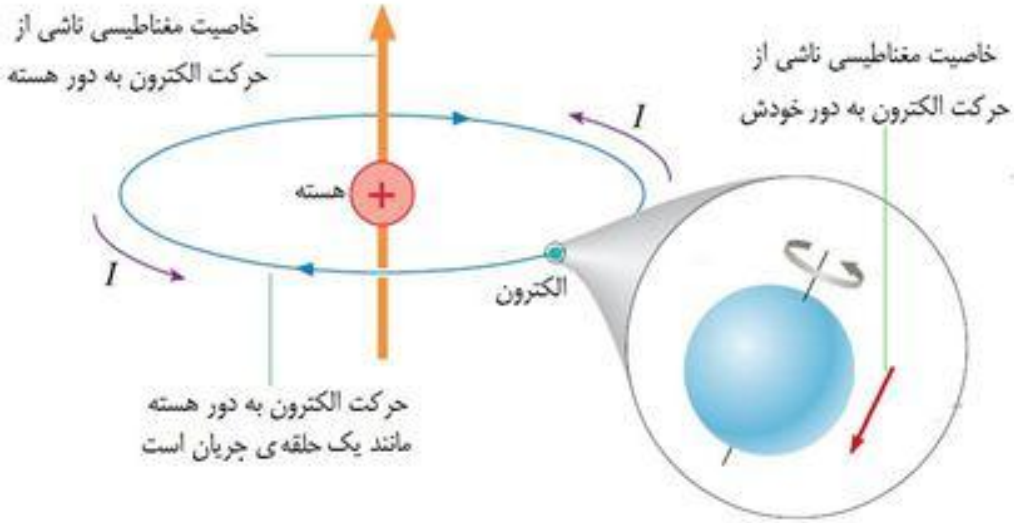
۳) بزرگ‌تر - کوچک‌تر - آبی

۴) کوچک‌تر - کوچک‌تر - آبی

گزینه ۱ صحیح است. در نقاط کوانتومی کوچک‌تر، گاف انرژی بزرگ‌تر است و در نقاط کوانتومی بزرگ‌تر، گاف انرژی کوچک‌تر. بنابراین، با تاباندن پرتوی فرا بنفش به نقاط کوانتومی کوچک‌تر، الکترون‌هایی که به نوار انرژی بالاتر می‌روند، هنگام از دست دادن انرژی اضافی و بازگشت به حالت پایدار، گاف انرژی بزرگ‌تری را طی می‌کنند و لذا پرتوی نور مرئی‌ای که ساطع می‌کنند دارای انرژی بیش‌تر، و متمایل به رنگ آبی است.

nanozoom.blog.ir

چرا مواد خاصیت مغناطیسی دارند؟



nanozoom.blog.ir

انواع مواد مغناطیسی

Bismuth

دیا مغناطیس

پارامغناطیس

فرومغناطیس

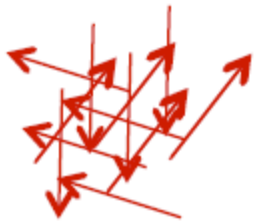
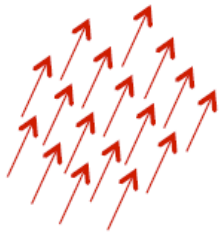
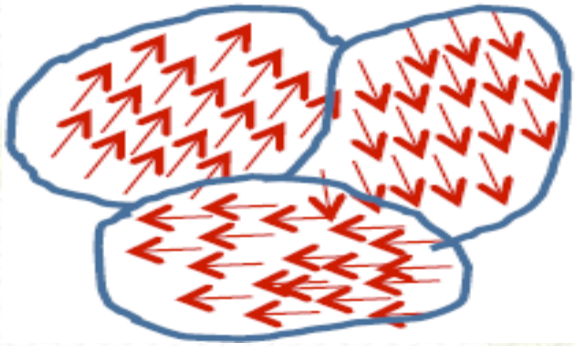
nanozoom.blog.ir

خواص مغناطیسی نانو مواد

- بسیاری از مواد که در ابعاد معمولی خواص مغناطیسی ندارند ، زیر یک اندازه مشخص در فناوری نانو می توانند خواص مغناطیسی داشته باشند.
- علت ایجاد این حالت افزایش بسیار زیاد سطح و ایجاد پیوندهای شکسته روی سطح است.

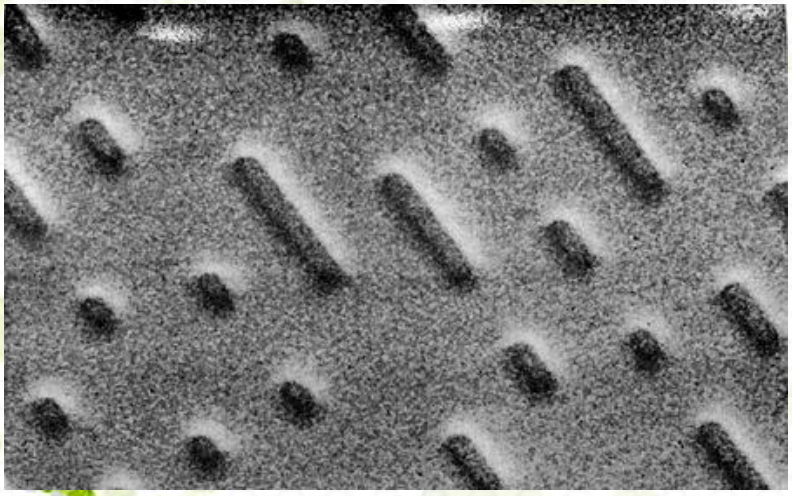
nanozoom.blog.ir

خواص مغناطیسی و کوچک سازی

nanozoom.blog.ir

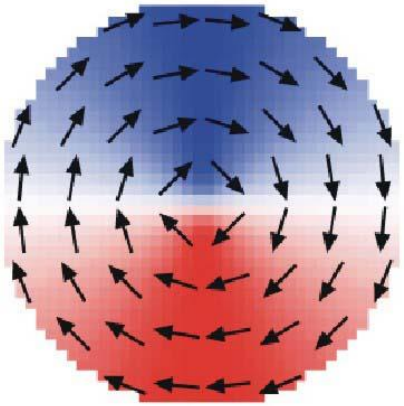
رفتارهاي مغناطيسي با كاهش اندازه ذرات

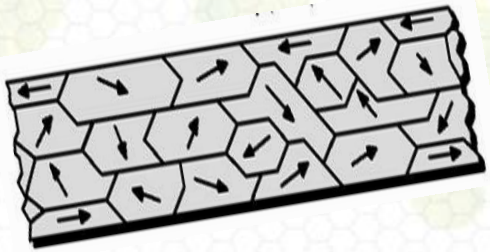


ثبت اطلاعات مغناطيسي در گستره

100 Gb/in2 و 1 Tb/in2

- ✓ ذخيره سازي اطلاعات با حجم بالا
- ✓ كاتاليست ها
- ✓ مواد زيستی
- ✓ قطعات الكترونيكي

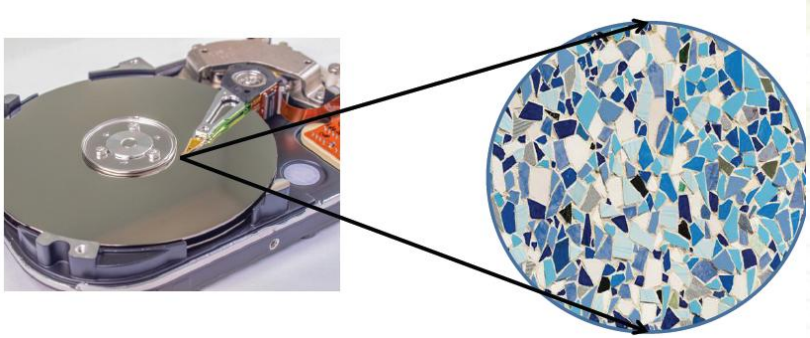


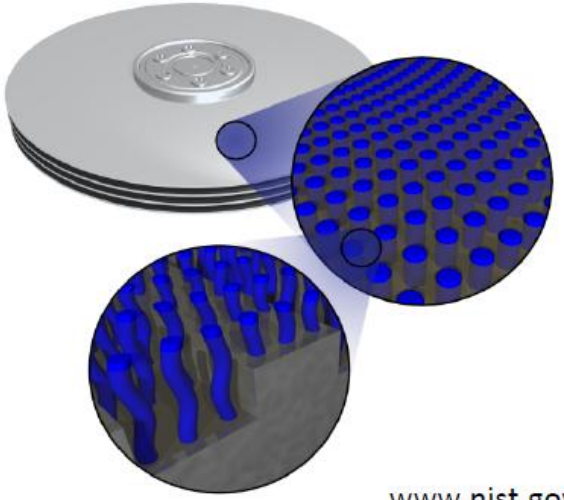


بهينه شدن خواص مغناطيسي با همسو شدن اسپين هاي الكتروني در نانوذرات مغناطيسي

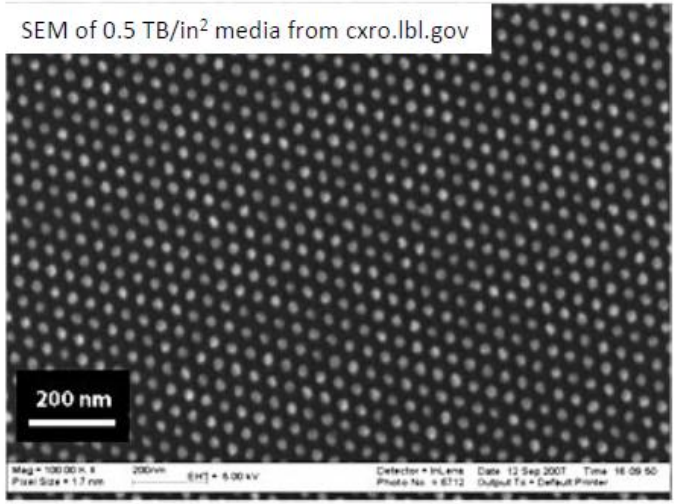
nanozoom.blog.ir

کاربرد نانو ذرات مغناطیسی در حافظه های مغناطیسی



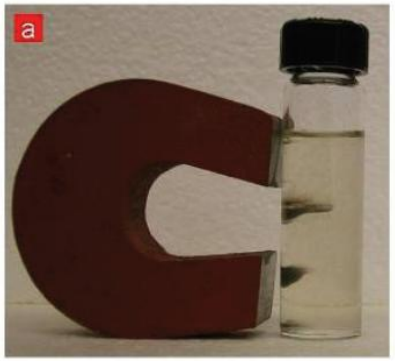


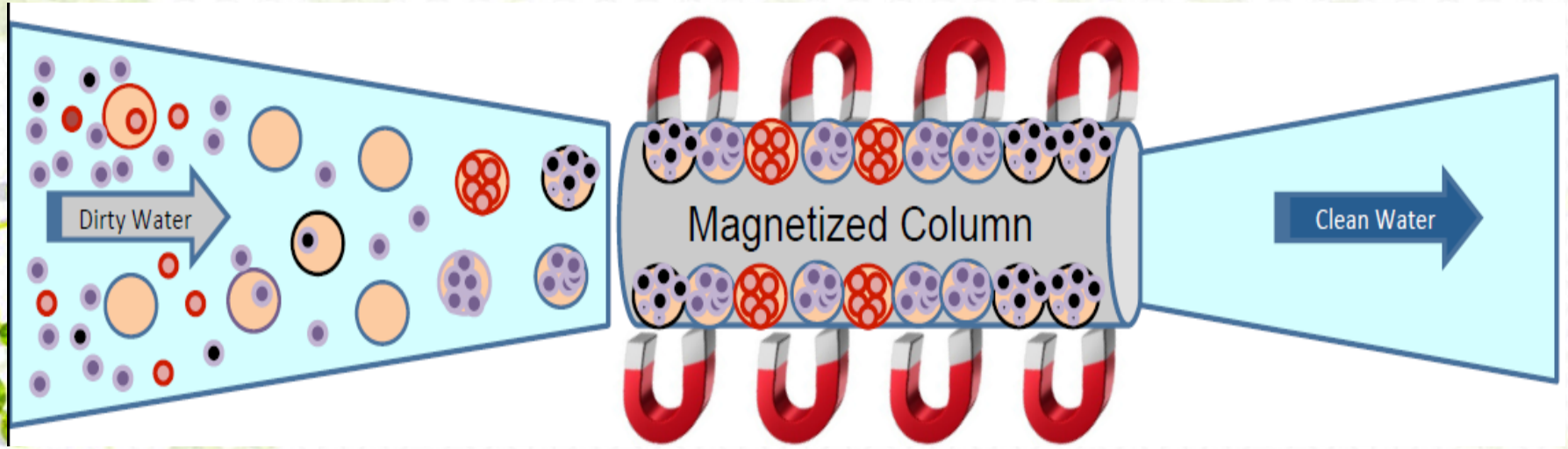
www.nist.gov



nanozoom.blog.ir

کاربرد نانوذرات مغناطیسی در تصفیه آب

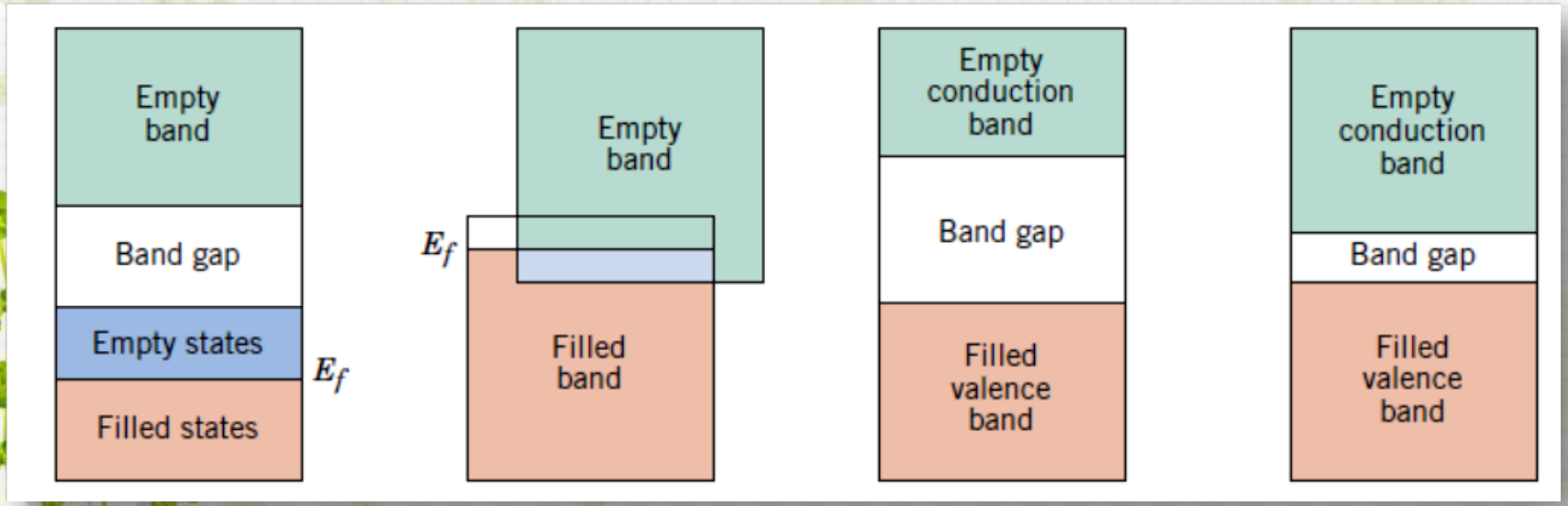




nanozoom.blog.ir

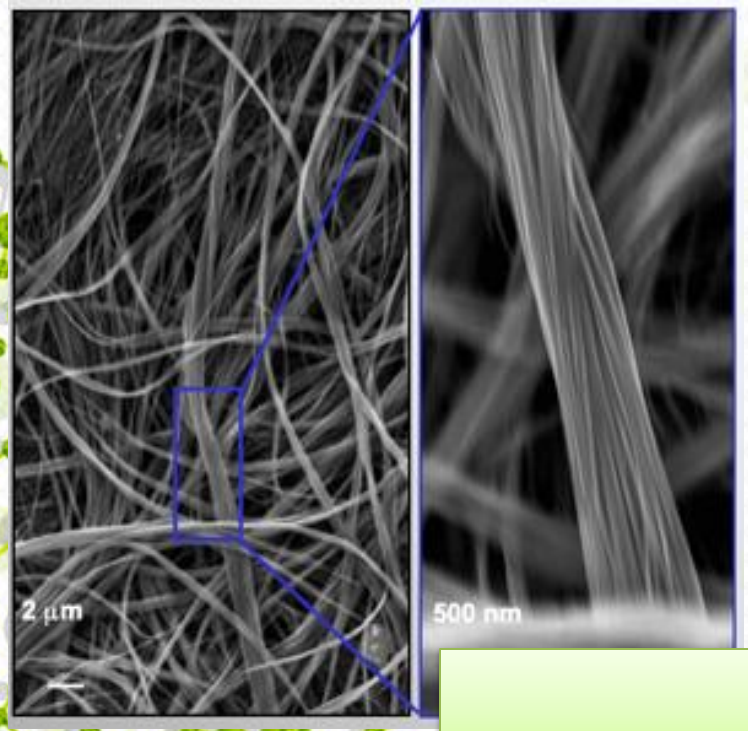
خواص الکتریکی

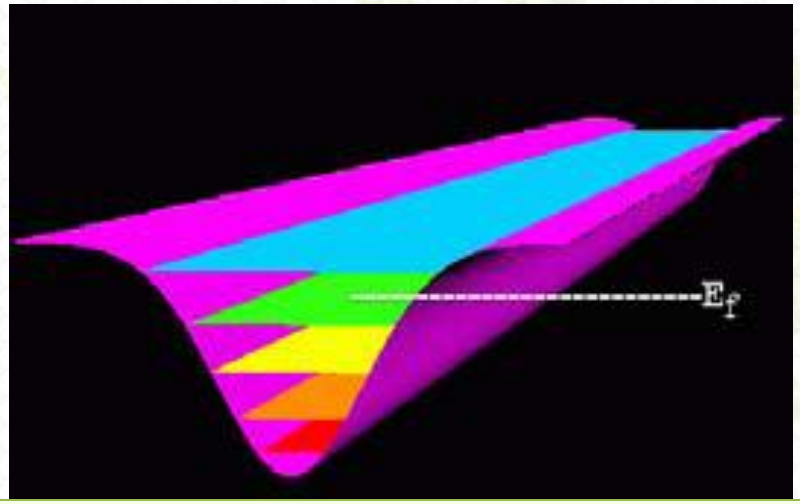
- تفاوت بین مواد رسانا و نیمه‌رسانا در مقدار انرژی گپ انرژی است.
  - مقدار انرژی گپ انرژی در مورد مواد نیمه رسانا کمتر از ۲ الکترون ولت و در مورد مواد عایق بزرگتر از ۲ الکترون ولت می‌باشد.



نانو سیم ها

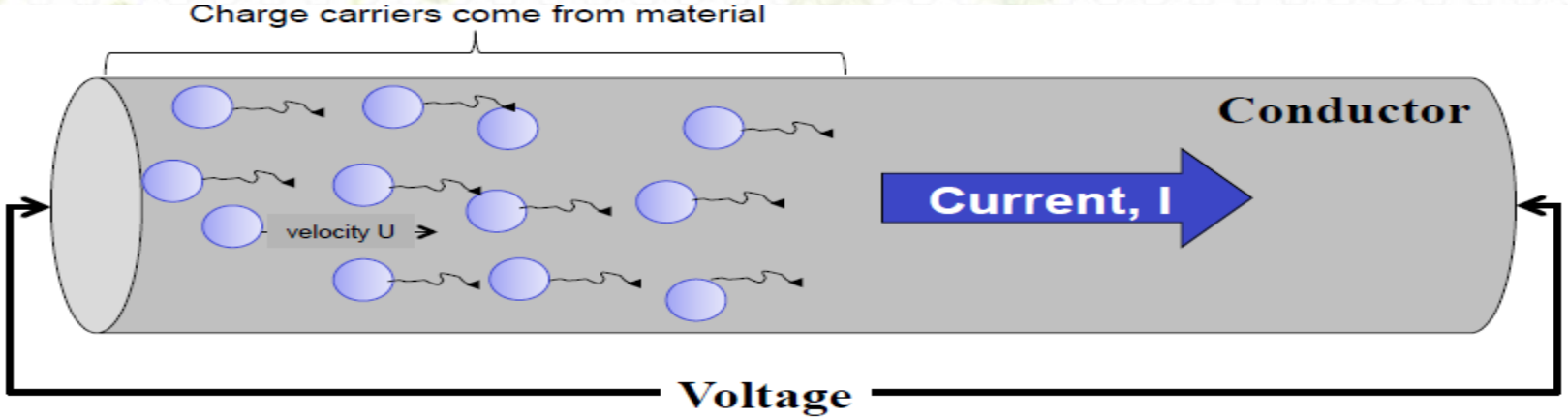
- نانو ساختارهای تک بعدی تحت عناوین ویسکرزها، نانوالیاف، نانوسیم ها و نانومیله ها شناخته می شوند.
- یکی از خصوصیات بارز نانوسیم ها، انتقال جریان الکتریکی موازی با محور سیم است.
- به دلیل سطح مقطع بسیار کوچک، کمترین مانع در مسیر حرکت الکترون ها وجود دارد.

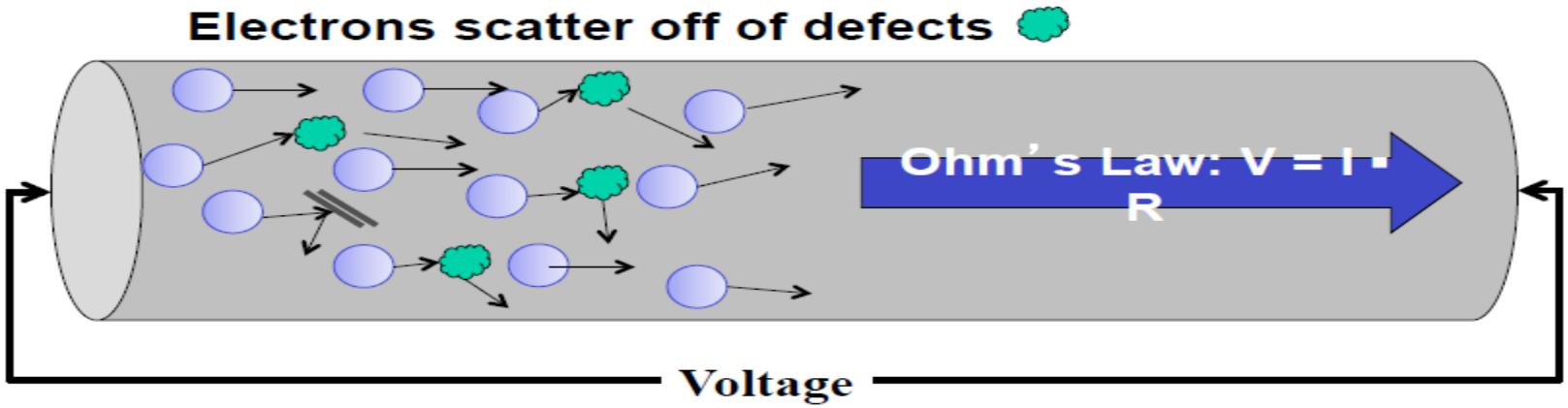




nanozoom.blog.ir

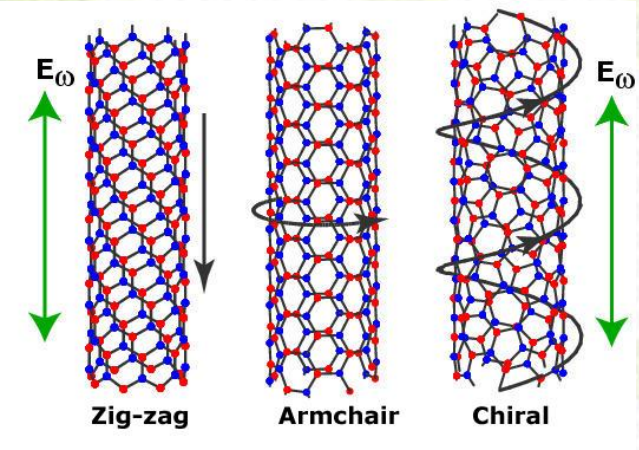
خواص الکتریکی سیم ها



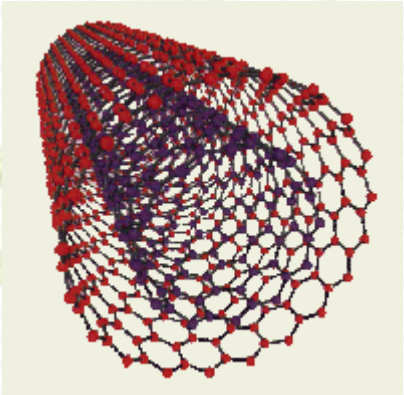


nanozoom.blog.ir

تغییر خواص الکتریکی

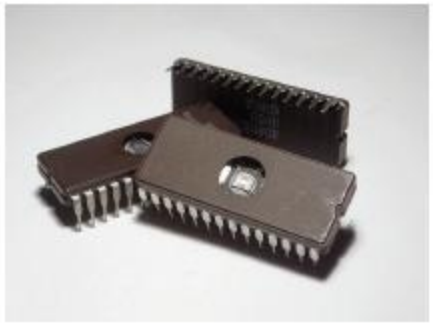


- خواص الکتریکی و رسانایی نانولوله های کربنی با تغییر قطر و تعداد دیواره های آن تغییر می کند. نوع ساختار نانولوله ها نیز بر نحوه جریان الکتریکی آنها اثرگذار است.

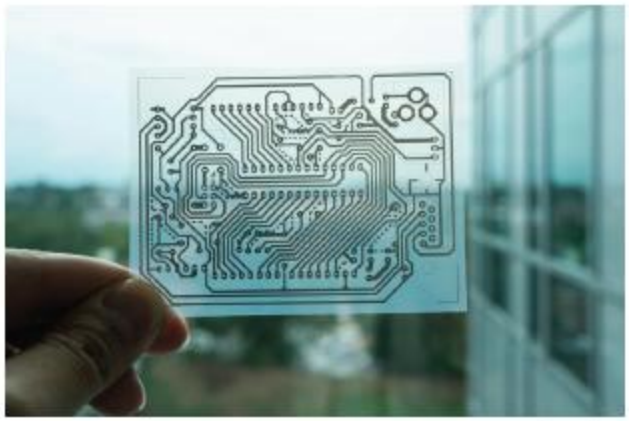


nanozoom.blog.ir

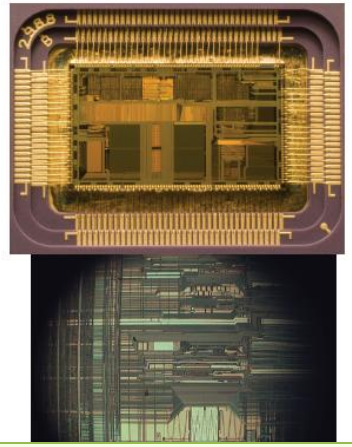
کاربرد نانو سیم ها در وسایل الکترونیکی



Wikimedia Commons



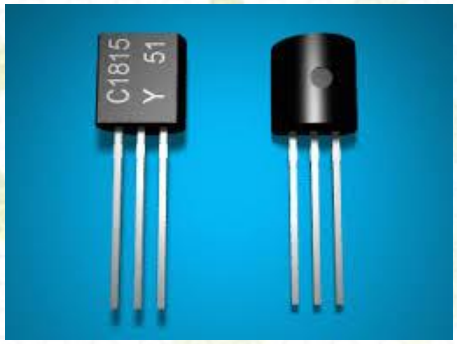
www.news.gatech.edu



یک قطعه با 486 چیپ

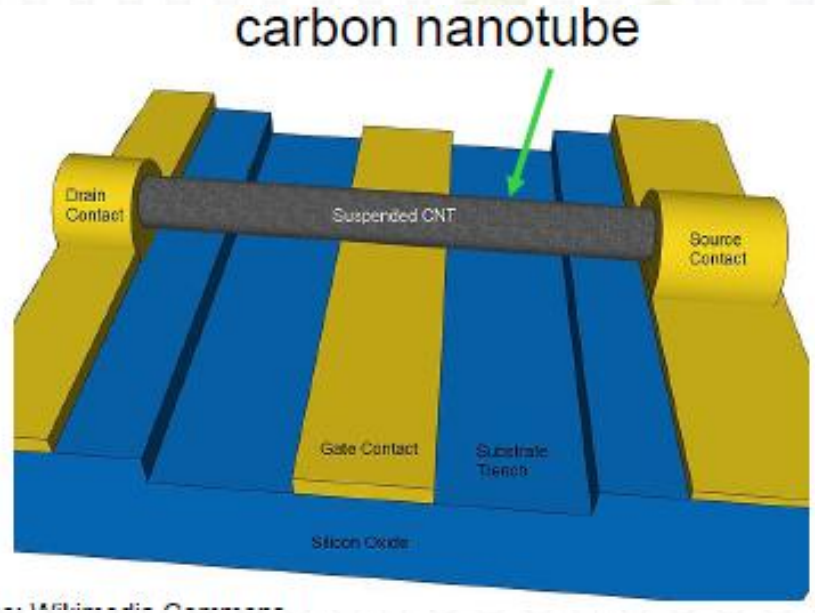
nanozoom.blog.ir

کاربرد در ترانزیستورها



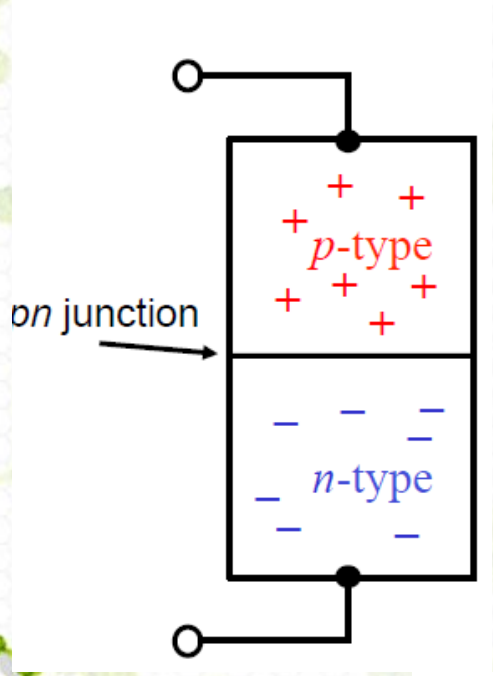
تقویت کننده

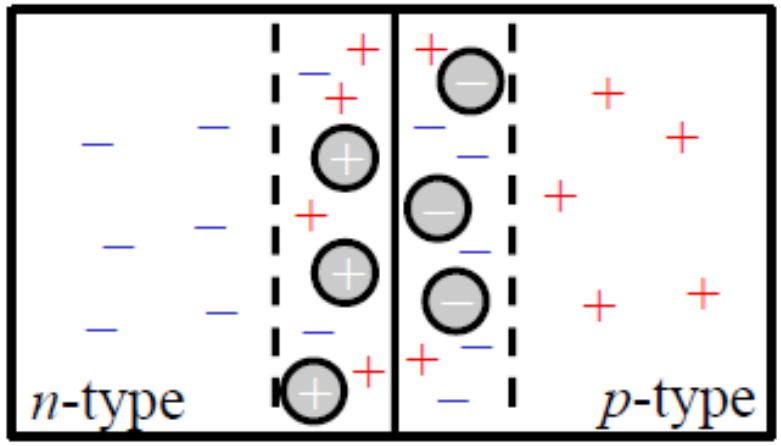
سوییچ

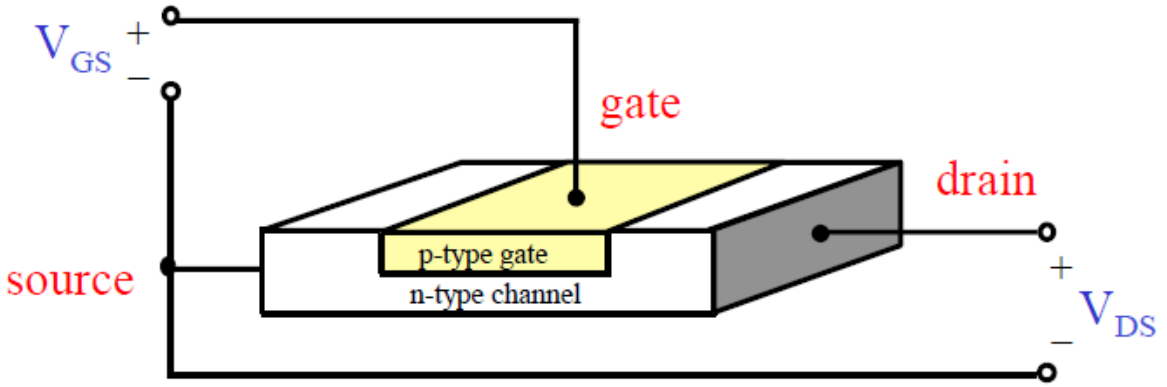


nanozoom.blog.ir

ترانزیستور

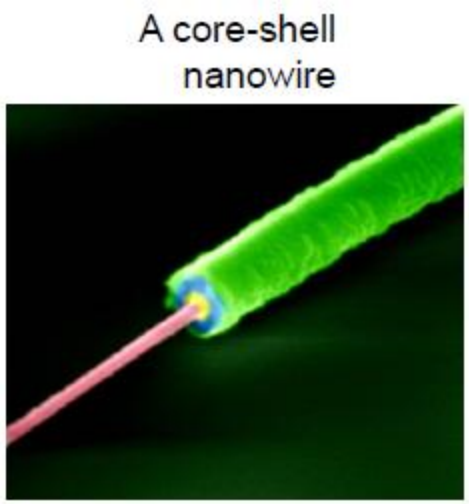




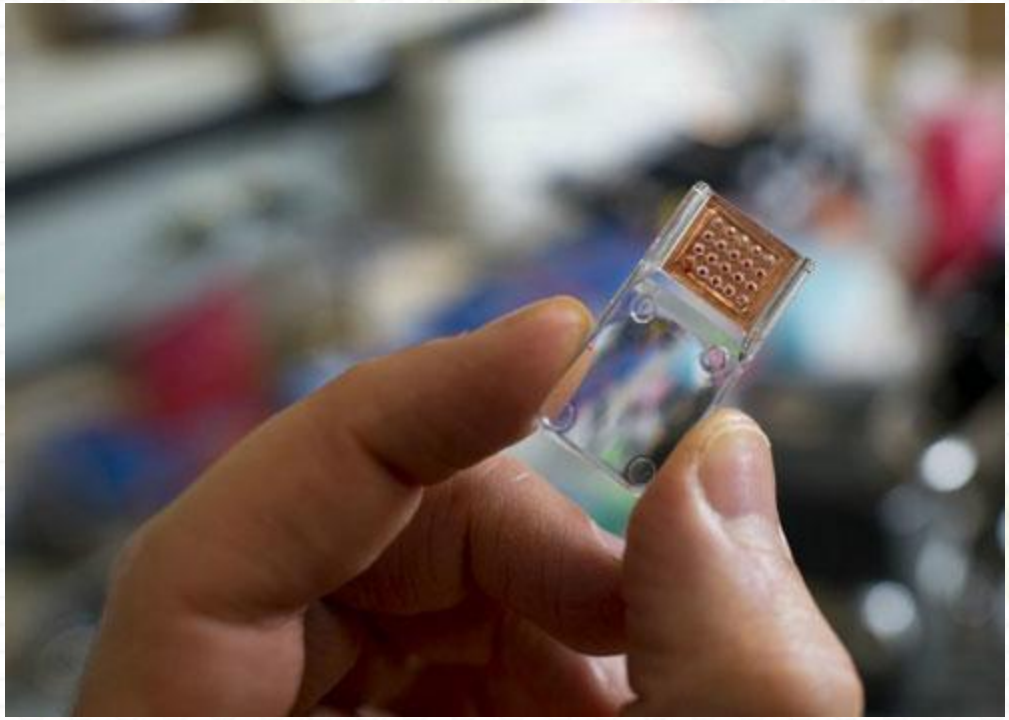


nanozoom.blog.ir

کاربرد نانو سیم ها در قطعات الکترونیکی



- آزمایشگاهی روی تراشه



nanozoom.blog.ir

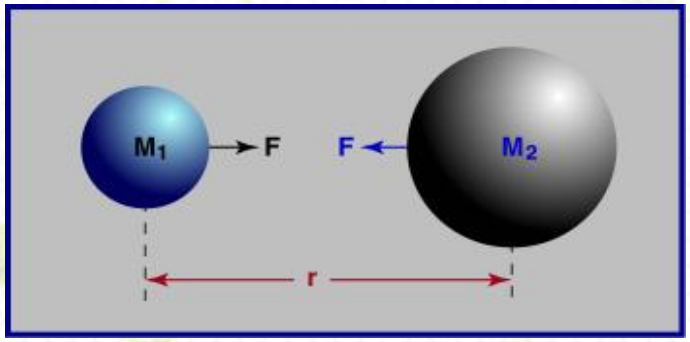
خواص آنتی باکتریال

- برخی از نانوذرات مانند نقره و طلا دارای خواص آنتی باکتریال هستند.بدین معنی که میکروب ها نمیتوانند روی آنها رشد کنند.

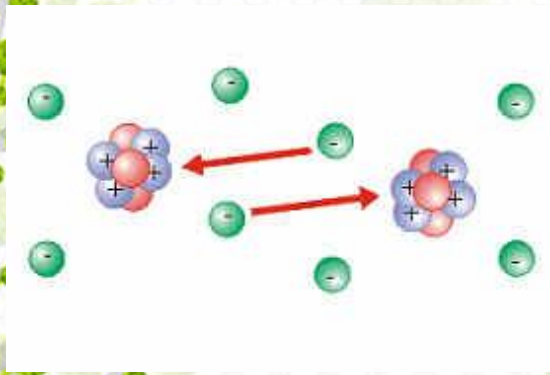
- برخی از نانوذرات مانند اکسید روی و یا اکسید تیتانیوم خواص فتوکاتالیستی دارند
- .با برخورد نور به این ذرات الکترون موجود در نوار ظرفیت به نوار هدایت می رود.
- در آنجا الکترون به الاینده منتقل شده و باعث از بین رفتن آن می شود.

nanozoom.blog.ir

غلبه نیروهای الکترومغناطیسی



- نیروهای گرانشی تابعی از جرم و فاصله بین ذرات نانومتری است.
- نیروهای الکترومغناطیسی تابعی از بار الکتریکی ذرات هستند.



جرم ذرات نانومتری قابل صرف نظر است ، بنابراین نیروهای غالب در چنین سیستم هایی نیروهای الکترومغناطیسی است.

nanozoom.blog.ir

اهمیت حرکت تصادفی مولکولی

- در مقیاس ماکرو جابجایی ها دیده می شوند اما علت آن مشاهده نمی شود. مثل حرکت ذرات گرد و غبار در هوا
- اما در مقیاس نانو ، ذرات حرکت گسترده ای دارند و برخورد آنها با ذرات کوچکتر حائز اهمیت می شود.

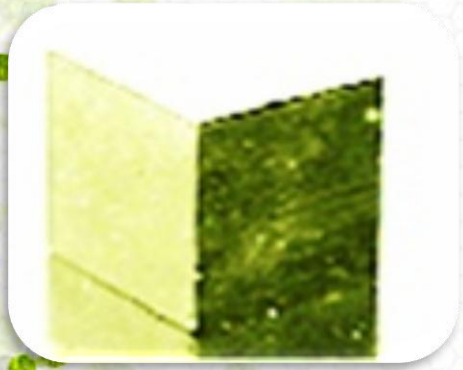
The random path of a dust particle in air

nanozoom.blog.ir

دسته بندی مواد جامد

SOLID METERIALS

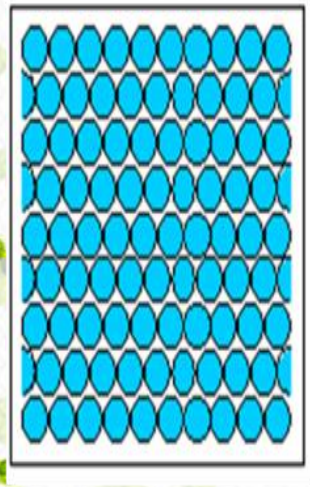
- تک کریستالی
- چند کریستالی
- آمورف

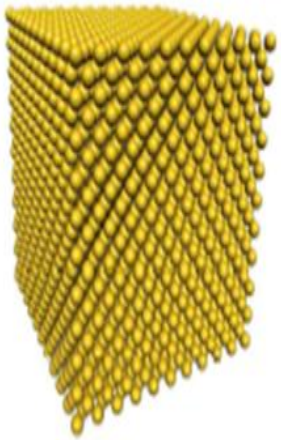


nanozoom.blog.ir

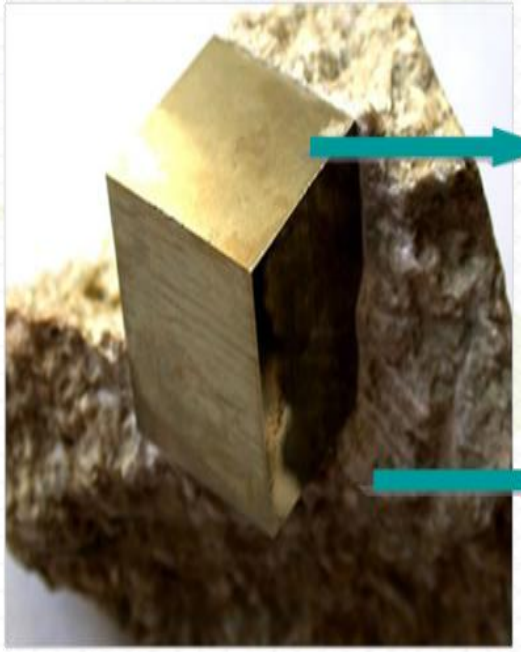
تک کریستال

- تک کریستالها در بهترین حالت ممکن هستند و درجه نظم بالایی دارند
- و تکرار هندسی منظم آنها در تمامی حجم ماده دیده می شود.





Single Crystal

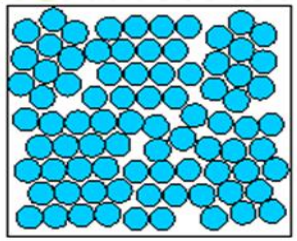


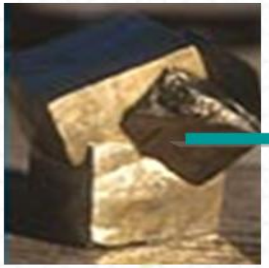
nanozoom.blog.ir

پلی کریستال

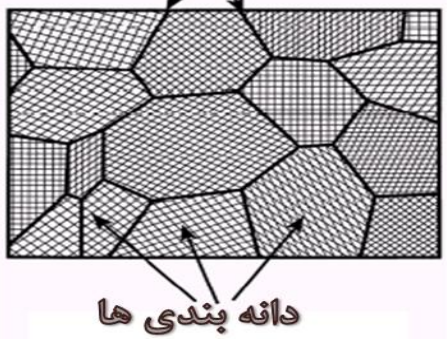
جامد چند کریستالی ماده ای است که از کنار هم قرار گرفتن تعداد زیادی تک کریستال متفاوت به نام کریستالیت(Grain) ایجاد شده است. مواد چند کریستالی در سراسر ابعاد اتمی یا مولکولی درجه بالایی از نظم دارند. این نواحی منظم یا نواحی تک کریستال از نظر ابعاد و شکل مرتب شدن درکنار هم با یکدیگر متفاوتندو از طریق مرزهایی از هم جدا شده اند. نظم اتمی از یک حوزه به حوزه دیگر تغییر می کند.

جامدات پلی نانومترتا ۱۰۰میکرومتراست. قطر متوسط کرسیتالیت ها، معمولاً۱۰۰ شوند. با متوسط قطردانه بندی کمتر از۱۰ نانومتر-نانوکریستال نامیده می کریستال-





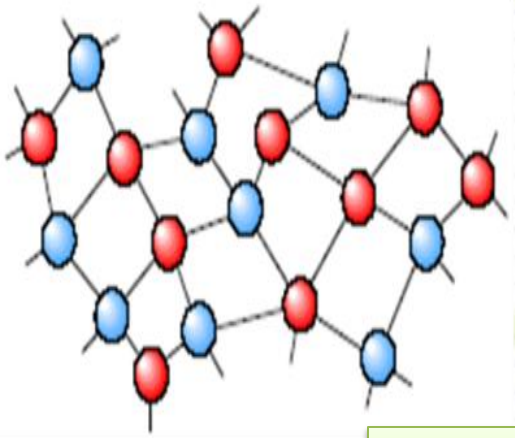
پلی کریستال
Polycrystalline
Pyrite form
(Grain)

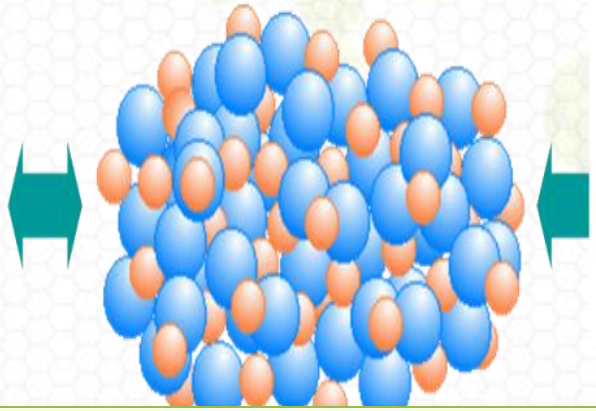


nanozoom.blog.ir

آمورف

جامدات غیرکریستالی یا آمورف از اتمها، یونها، یا مولکولهایی که به شکل تصادفی در کنار هم قرار گرفته اند تشکیل شده اند که هیچ طرح منظم یا ساختار شبکه ای معینی را ایجاد نمی کنند. مواد آمورف تنها در ابعاد تعداد کمی از اتمها یا مولکولها و نظم ابعاد مولکولی و اتمی نظم دارند. آنها هیچ نظمی در محدوده بزرگتر ندارند آنها دائم از یک نقطه به نقطه دیگر تغییر می کند. پلاستیک و شیشه و سیلیکون آمورف نمونه هایی از موادی با ساختار بی شکل هستند.





nanozoom.blog.ir

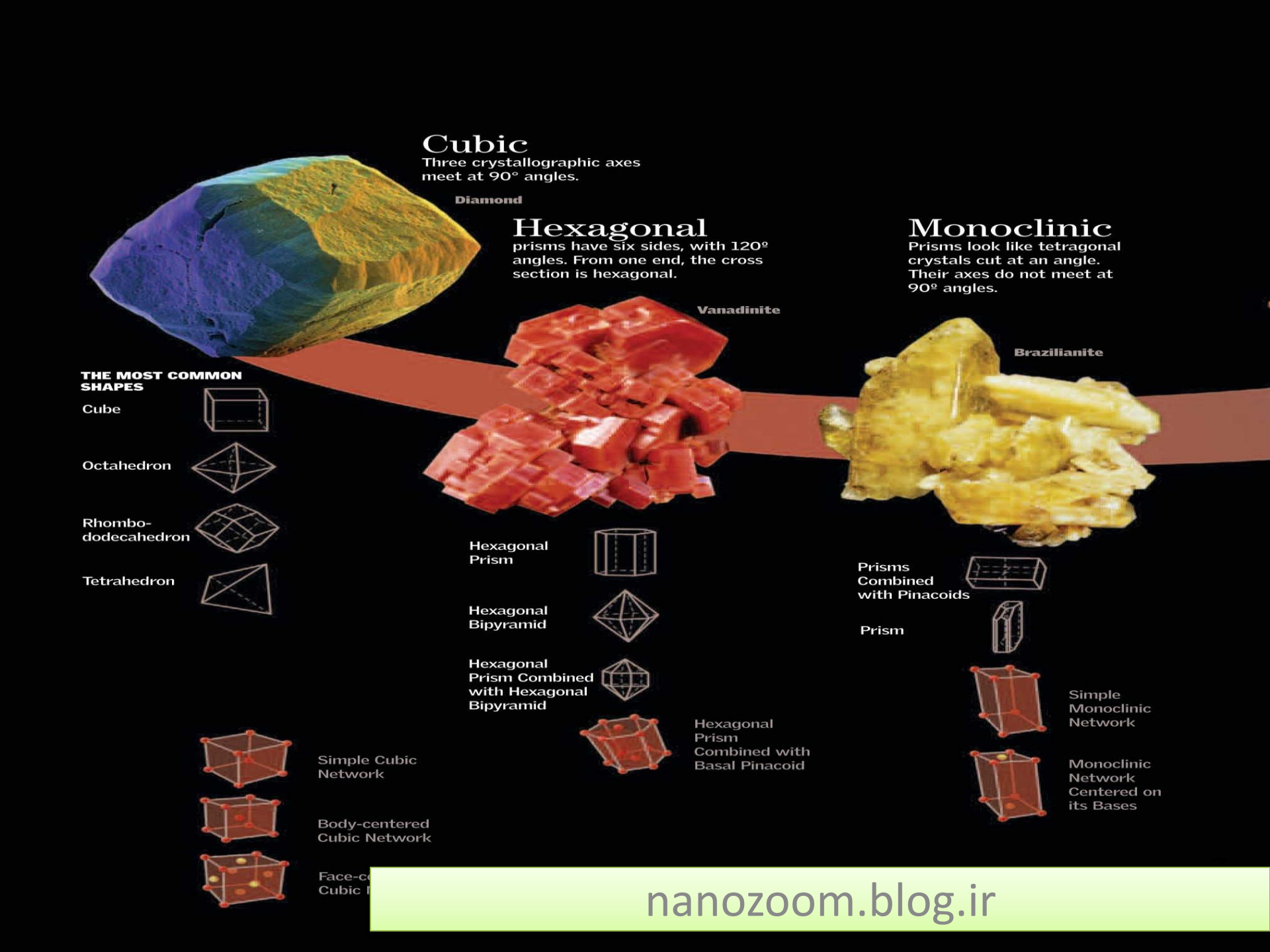
کریستالوگرافی

کریستالوگرافی شاخه ای از علم است که با شرح هندسی کریستالها و آرایش درونی آنها سر و کار دارد.

در کریستالوگرافی تنها خواص هندسی کریستال مورد توجه قرار می گیرند، بنابراین جای هر اتم یا مولکول با یک نقطه هندسی در محل تعادلی آن اتم یا مولکول قرار می گیرد.

جامد کریستالی: شکل جامدی از ماده است که که در آن اتمها یا مولکولها در یک طرح تکرار شونده معین در سه بعد مرتب شده اند. در واقع تکرار منظم است که کریستالها را می سازد. در کریستال اتمها با الگویی که در سه بعد تکرار می شود کنار هم قرار می گیرند.

nanozoom.blog.ir



nanozoom.blog.ir

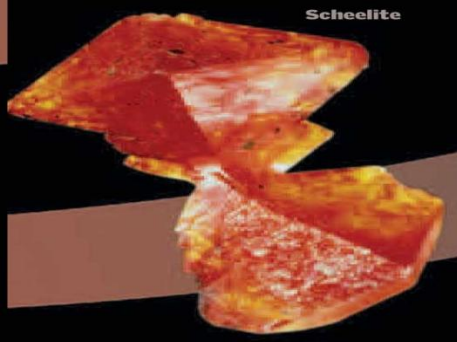
There are seven crystalline systems.

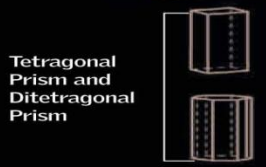
The 32 existing crystal classes are grouped into these crystalline systems.

Tetragonal

These crystals are shaped like cubes, but one of their facets is longer than the others. All three axes meet at 90º angles, but one axis is longer than the other two.

Scheelite

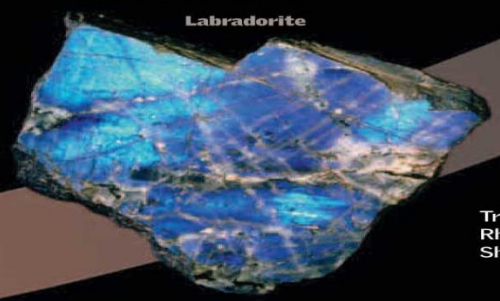


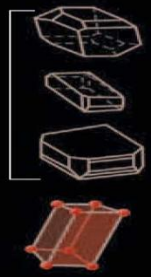


Triclinic

These crystals have very odd shapes. They are not symmetrical from one end to the other. None of their three axes meet at 90º angles.

Labradorite

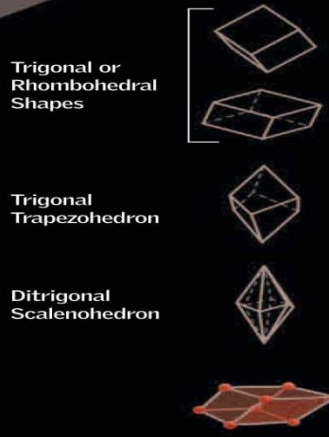


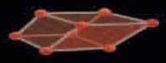


Trigonal

This system includes the most characteristic rhombohedrons, as well as hexagonal prisms and pyramids. Three equal axes meet at 120º, with one axis meeting at 90º to the center.

Rhodochrosite

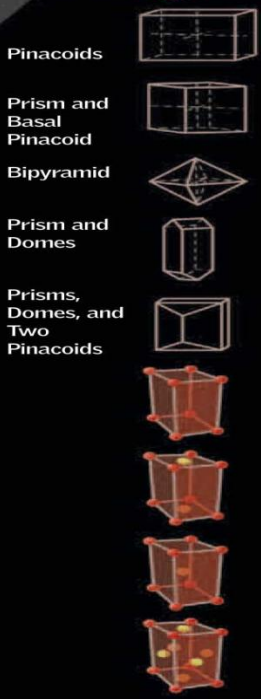




Rhombic

Three nonequivalent crystallographic axes meet at 90º angles.

Topaz



nanozoom.blog.ir

دوره دوم

۱۳. به نظر شما دانشمندان نخستین بار چگونه پی بردند که برخی از مواد بلوری هستند.

۱) دانشمندان زمانی توانستند به ساختار بلوری مواد پی ببرند که توانستند، نمونه‌های میکروسکوپی از مواد تهیه کنند.

۲) دانشمندان پس از توسعه روش‌های پیشرفته‌ای مانند پراش اشعه ایکس توانستند بلوری بودن برخی مواد را تشخیص دهند.

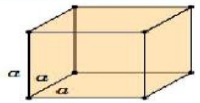
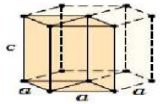
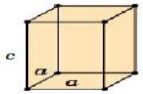
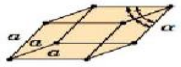
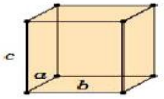
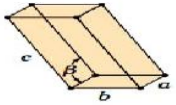
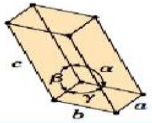
۳) به آسانی می‌توان از نظم بیرونی بلورها، پی به نظم داخلی‌شان برد.

۴) پس از اختراع میکروسکوپ‌ها، دانشمندان توانستند ساختار بلورین برخی مواد را مشاهده کنند.

گزینه 3

• nanozoom.blog.ir

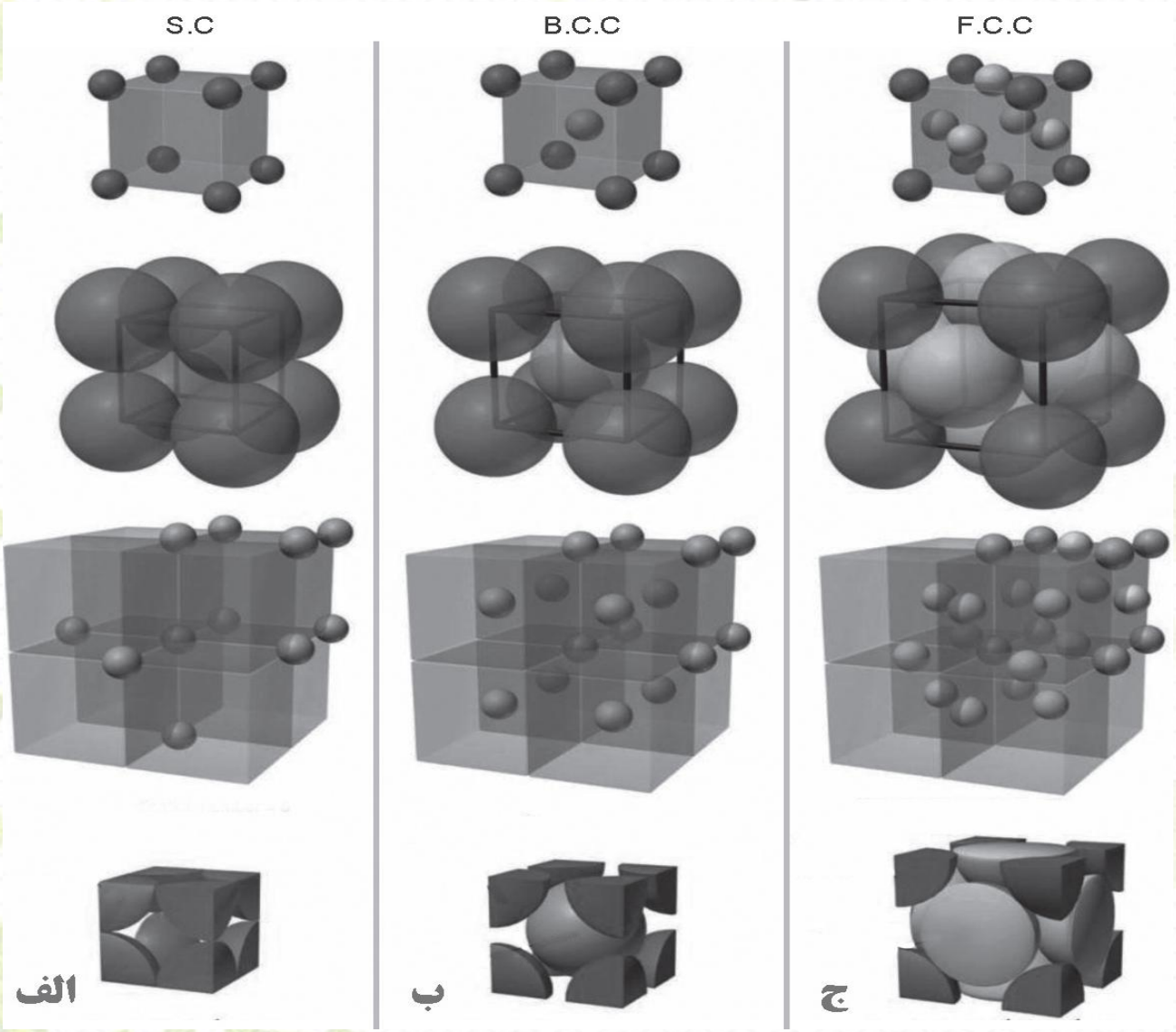
شبکه براوه

Crystal System	Axial Relationships	Interaxial Angles	Unit Cell Geometry
Cubic	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90°$	
Hexagonal	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = 90°, \gamma = 120°$	
Tetragonal	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90°$	
Rhombohedral (Trigonal)	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma \neq 90°$	
Orthorhombic	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90°$	
Monoclinic	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \gamma = 90° \neq \beta$	
Triclinic	$a \neq b \neq c$	$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90°$	

- هفت ساختار کریستالی پایه و چهارده شبکه براوه

nanozoom.blog.ir

انواع ساختارهای کریستالی



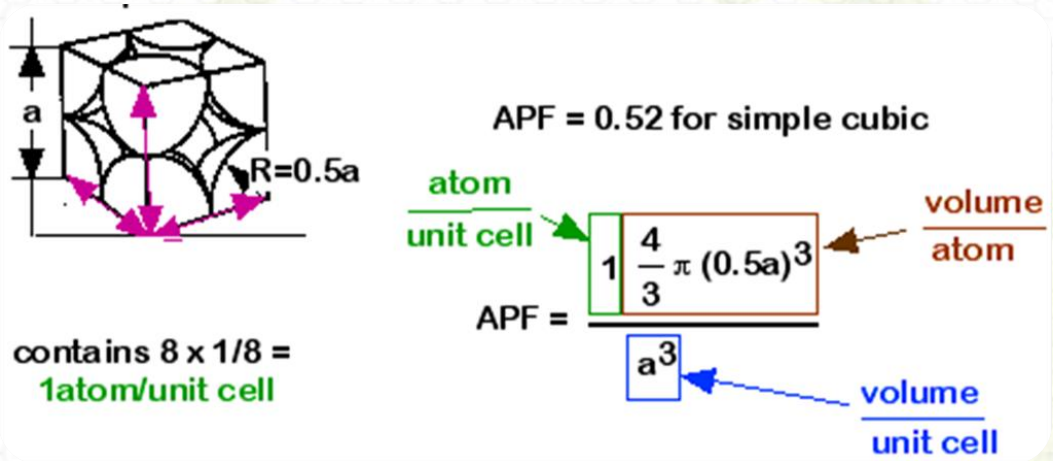
nanozoom.blog.ir

ساختار مکعبی ساده (SC)

- ساختار مکعبی ساده:

در این ساختار اتم‌ها تنها در گوشه‌ها قرار دارند، بنابراین عدد همسایگی این ساختار شش است. به دلیل اینکه که هر اتم در گوشه متعلق به هشت واحد شبکه است، یک اتم در ساختار مکعبی در هر واحد شبکه قرار می‌گیرد.

ساختار شبکه‌ای مکعبی ساده

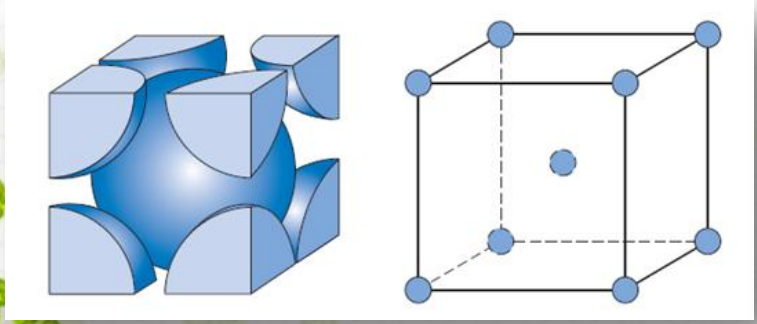


محاسبات مربوط به فاکتور فشردگی اتمها در ساختار مکعبی ساده

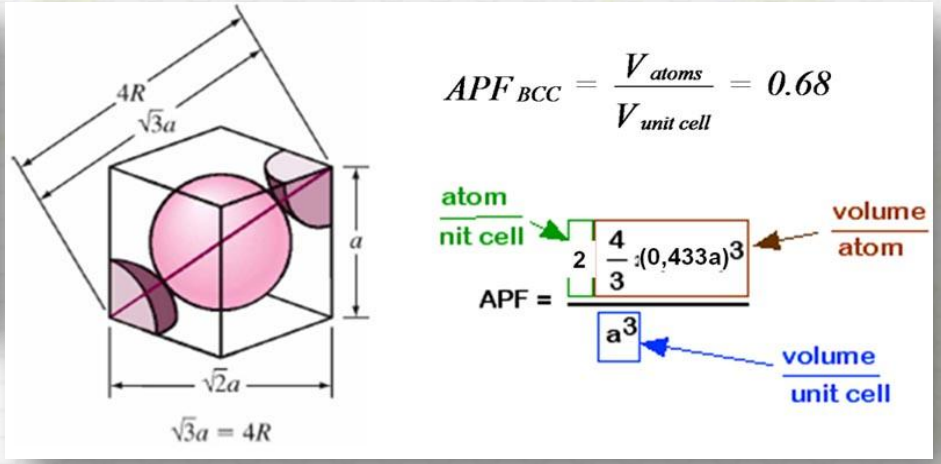
nanozoom.blog.ir •

BCC)ساختار مکعبی مرکزپر (

- در این ساختار اتم‌ها در گوشه‌ها و مرکز مکعب قرار دارند، بنابراین عدد همسایگی این ساختار هشت است. به همین دلیل نیز در هر واحد شبکه دو اتم؛ یک اتم در مرکز مکعب و یک اتم در گوشه‌ها؛ موجود است.
- بسیاری از فلزات شامل فلزات قلیایی، مانند سدیم، و بسیاری از عناصر واسطه، مانند آهن .را انتخاب می کنند BCC در دمای محیط، ساختار



ساختار شبکه‌ای مکعبی مرکزپر



محاسبات مربوط به فاکتور فشردگی اتمها در ساختار مکعبی مرکزپر

nanozoom.blog.ir •

دوره دوم

۱۴. فرض کنید که اتم‌ها، کره‌هایی سخت هستند که می‌توانند به طور کامل روی هم مماس شوند. اگر اندازه شعاع هر اتم برابر r باشد، طول ضلع یک سلول واحد B.C.C برابر است با:

۱) $a = \frac{۴r}{\sqrt{۳}}$

۲) $a = \frac{۴r}{\sqrt{۲}}$

۳) $a = \frac{۴r}{۲}$

۴) $a = \frac{r}{\sqrt{۳}}$

nanozoom.blog.ir

دوره چهارم

۲۱. سدیم به صورت سلول واحد مکعبی مرکز پر (BCC) با طول هر یک از اضلاع برابر با ۴۳۰pm متبلور می‌شود. شعاع اتمی Na برابر با چند پیکومتر است؟

۱) ۷۴۵

۲) ۳۷۲/۵

۳) ۲۴۸/۳۳

۴) ۱۸۶

nanozoom.blog.ir

دوره چهارم

گزینه ۴ صحیح است. قطر مکعب سلول واحد برابر است با:

$$\left(\text{قطر مکعب}\right) = a\sqrt{3} = (430pm)\sqrt{3} = 745pm$$

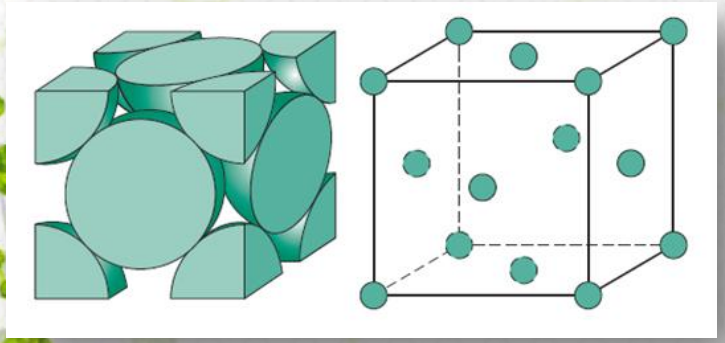
در سلول مکعبی مرکز پر ۲ اتم در گوشه قطری با اتم مرکزی به هم متصل هستند به طوری که قطر مکعب چهار برابر شعاع اتمی است، در نتیجه:

$$4r=745\ pm$$
$$r=186pm$$

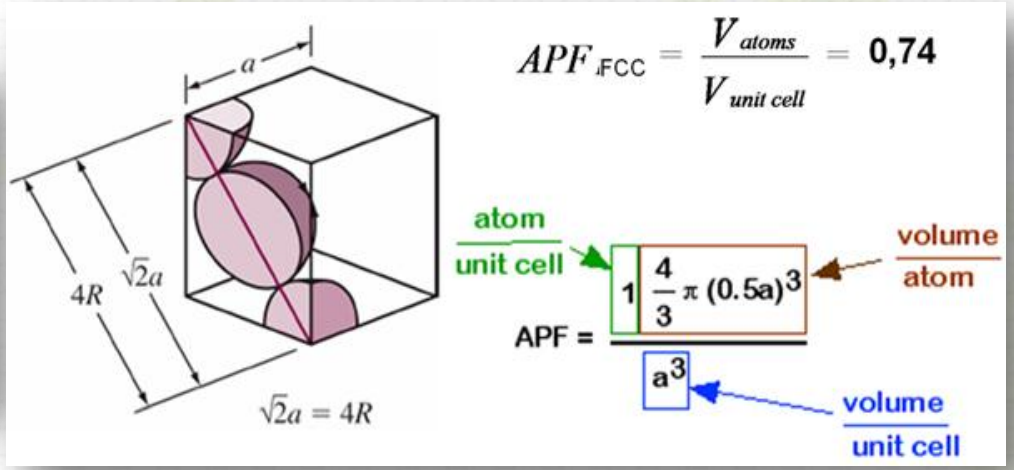
nanozoom.blog.ir

)FCCساختار مکعبی با وجوه پر (

- در این ساختار اتم‌ها در گوشه‌ها و مرکز وجوه قرار دارند، بنابراین عدد همسایگی این ساختار دوازده است. به همین دلیل نیز در هر واحد شبکه چهار اتم؛ سه اتم در مرکز وجوه و یک اتم در گوشه‌ها؛ موجود است. تماس هر اتم با همسایه هایش از مسیر قطر وجوه واحد شبکه است و بر این اساس محاسبات صورت می‌پذیرد.
- شکل می گیرند. FCC بسیاری از فلزات معمول مانند مس، نیکل، سرب در ساختار



ساختار شبکه‌ای مکعبی با وجوه پر



محاسبات مربوط به فاکتور فشردگی اتمها در ساختار مکعبی با وجوه پر

دوره پنجم

۲۴. صفحات مختلف بلوری بر اساس میزان فشردگی انرژی متفاوتی دارند. این تفاوت در تعیین شکل هندسی نانوذرات سنتز شده در روش‌های شیمیایی بسیار مهم است. بر اساس تعریف، ضریب فشردگی صفحات اتمی برابر است با کسری از صفحه که توسط اتم‌ها اشغال شده است. ضریب فشردگی هر یک از وجوه ساختار مکعبی مرکز سطحی (FCC) چقدر است؟ ($\pi=3$)

۱) ٪۷۵

۲) ٪۳۷

۳) ٪۶۵

۴) بستگی به شعاع اتم‌ها دارد.

nanozoom.blog.ir •

پاسخ

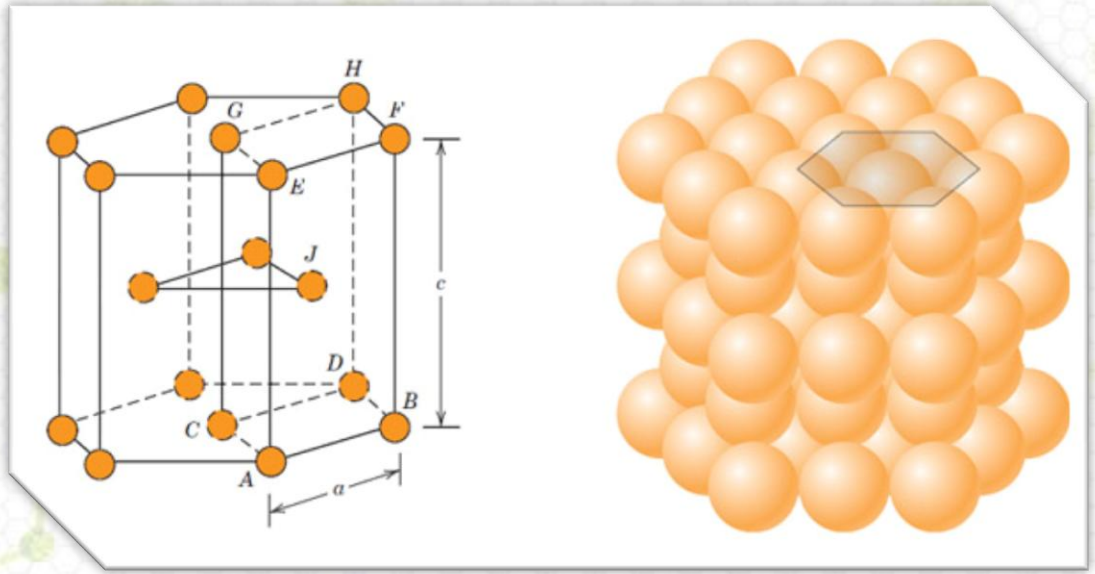
در هر کدام از وجه‌های ساختار بلوری FCC دو اتم وجود دارد که در مجموع سطحی برابر $2\pi r^2$ را اشغال کرده‌اند. مساحت کل سطح هر وجه با توجه به رابطه $\sqrt{2}a^2$ برابر $8r^2$ است. با تقسیم مقدار مساحت اشغال شده توسط اتم‌ها بر مساحت هر وجه، ضریب فشردگی این صفحات برابر با ۷۵ ٪ به دست می‌آید.

بنابراین گزینه (۱) پاسخ سوال می‌باشد.

nanozoom.blog.ir

HCP)شبکه کریستالی هگزاگونال فشرده (

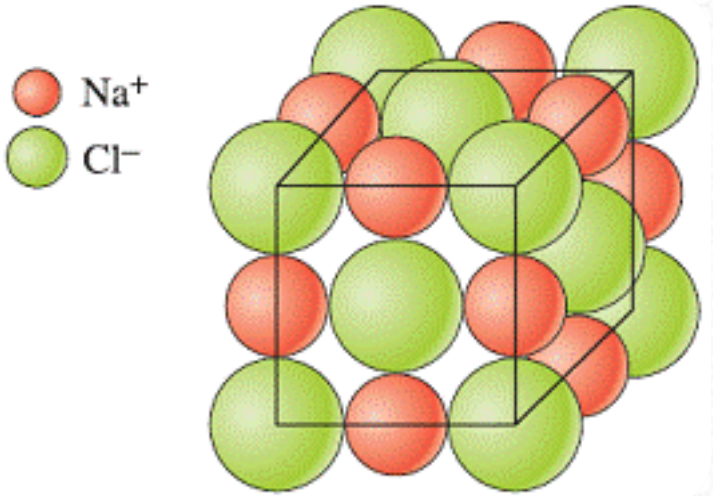
- مهمترین ساختار کریستالی، ساختار کریستالی هگزاگونال فشرده می‌باشد. عدد همسایگی این ساختار دوازده است و در هر واحد شبکه شش اتم؛ سه اتم در مرکز شش‌وجهی و سه اتم در دو صفحه قاعده؛ موجود است. فاکتور فشردگی شبیه fccمی باشد.
- HCPتعدادی از فلزات معمول مانند منیزیم و تیتانیم در ساختار شکل می گیرند.



ساختار شبکه‌ای هگزاگونال فشرده

ساختار کلرید سدیم

- کلرید سدیم، فلورید لیتیم و تعدادی دیگر از ترکیبات یونی دیگر در شبکه کریستال مکعبی به نام ساختار کلرید سدیم متبلور می شوند.
- ساختار کلرید سدیم شامل تعداد برابری یون سدیم و کلر است که در نقاط یکی در میان یک شبکه کریستالی قرار گرفته اند، بنابراین هر یون با شش نوع یون دیگر همسایه است.
- ساختار کلرید سدیم ترکیبی از دو ساختار FCC است.

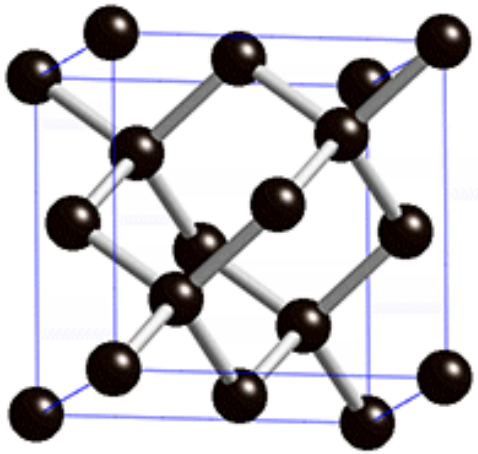


ساختار کلرید سدیم

nanozoom.blog.ir

ساختار الماس

- شبکه الماس شامل دو شبکه با وجوه مرکز پر است که به داخل یکدیگر نفوذ کرده‌اند. ۸ اتم در ساختار الماس وجود دارد و هر اتم کربن در این ساختار با چهار اتم دیگر پیوند برقرار کرده است.
- سیلیسیم و ژرمانیم نیز با این ساختار بلوری متبلور می‌شوند.

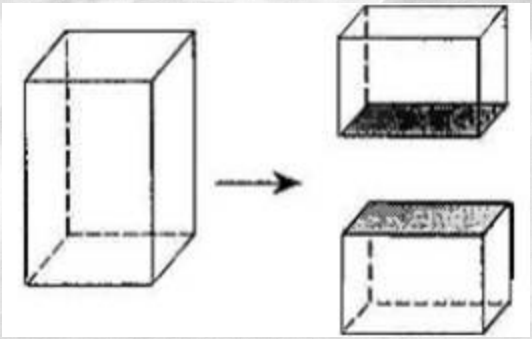


nanozoom.blog.ir

۷ انرژی سطح

- **میزانی از انرژی که برای ایجاد سطح جدیدی به اندازه واحد اندازه‌گیری لازم است.**

برش دادن یک مکعب مستطیل و تبدیل آن به دو مکعب مستطیل دیگر را در نظر بگیریم.



محاسبه انرژی سطحی

$$E=Nt.\varepsilon$$

- E: انرژی سطح
- Nt: تعداد کل پیوندهای موجود روی سطح
- ε: مقدار انرژی لازم برای غلبه بر هر پیوند

$$Nt=Na.Nb$$

- Nt: تعداد کل پیوندهای موجود روی سطح
- Na: تعداد اتم‌های موجود در سطح مورد نظر
- Nb: تعداد پیوندهایی که هر اتم بر اثر ایجاد سطح جدید از دست می‌دهد

nanozoom.blog.ir

محاسبات

- ✓ انرژی سطحی یک ماده، برای واحد سطح ماده تعریف می‌شود.
- ✓ تقسیم نمود.)Aباید انرژی محاسبه شده را بر سطح مورد نظر(
- ✓ ایجاد Aبا برش دادن این قطعه مکعب مستطیلی، دو سطح جدید و هر یک به مساحت می‌شود.

- $\gamma=E/2A=Na.Nb.\varepsilon/2A$

✓ تعداد اتم‌ها بر واحد سطح = با چگالی سطحی اتمی

- $\rho a=Na/A$ و $\gamma=Nb.\varepsilon.\rho a/2$

nanozoom.blog.ir

دوره پنجم

۲۵. تک بلوری از آهن خالص در دمای اتاق موجود است. یکی از وجوه این تک بلور با صفحه‌ای از سلول واحد که دارای ضریب فشردگی $\frac{۳\pi}{۱۶}$ می‌باشد، موازی است. انرژی سطحی این وجه از تک بلور چقدر است؟ (انرژی پیوند اتم‌های آهن را ε و طول ضلع سلول واحد آن را a در نظر بگیرید.)

۱) $\frac{۴\varepsilon}{a^۲}$

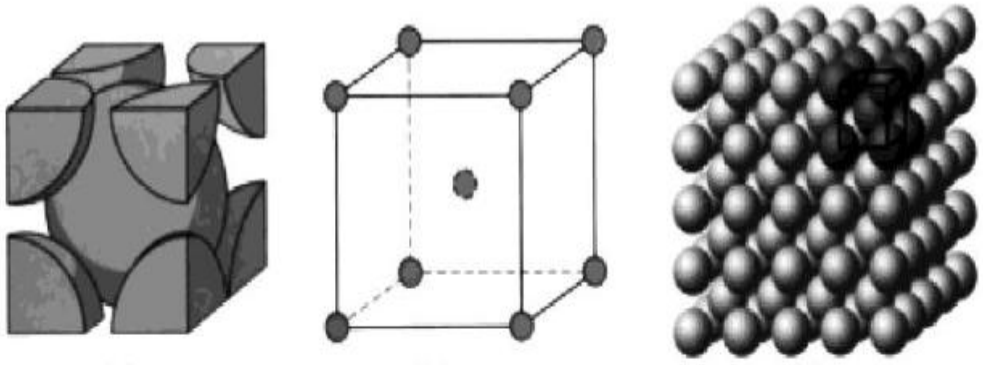
۲) $\frac{۳\varepsilon}{۲a^۲}$

۳) $\frac{۲\varepsilon}{a^۲}$

۴) $\frac{\varepsilon}{a^۲}$

nanozoom.blog.ir

پاسخ



نماهای مختلف از ساختار بلوری BCC

آهن خالص در دمای اتاق در ساختار BCC پایدار است. در ساختار BCC صفحه (۱۰۰) یعنی وجه سلول واحد دارای ضریب فشردگی اتمی برابر با $\frac{3\pi}{16}$ می‌باشد. (صفحه مورد نظر سوال) این صفحه دارای چگالی اتمی $\frac{1}{a^2}$ است. اتم‌های قرار گرفته روی این سطح چهار همسایه خود را (در مقایسه با اتم‌های درونی) از دست داده‌اند. بنابراین براساس رابطه درج شده در مقاله پنجم اثر سطح در نانوفناوری داریم:

$$\gamma = \frac{1}{2} N_b . \varepsilon . \rho_a = \frac{1}{2} \times 4 \times \frac{1}{a^2} = \frac{2\varepsilon}{a^2}$$

بنابراین گزینه (۳) پاسخ سوال می‌باشد.

nanozoom.blog.ir

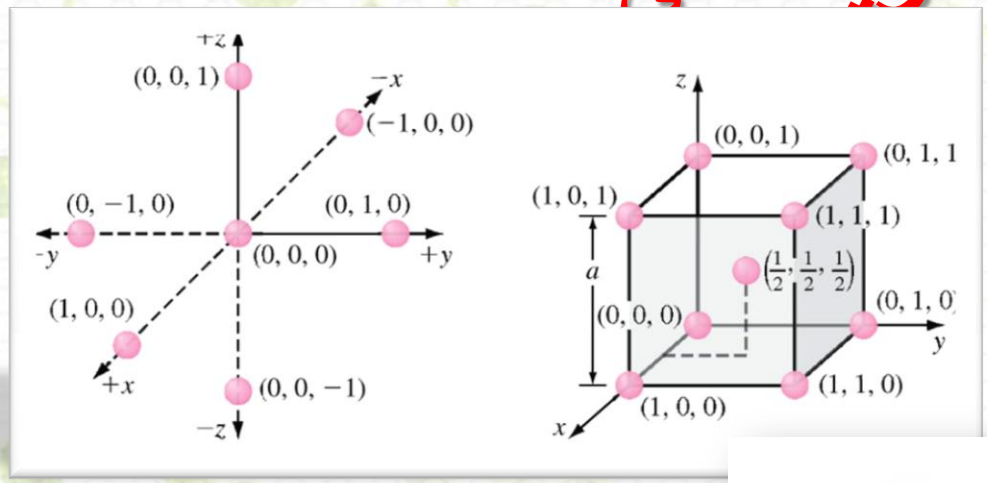
جهات کریستالی

- تعیین جهات شبکه‌ای:
- یک نقطه شبکه را به عنوان مبداء در نظر گرفته و اسم آن را مبدا (Origin) می گذاریم. انتخاب مبداء کاملاً دلخواه است زیرا نقاط شبکه با هم تفاوتی ندارند.
- سپس نقطه‌ای از شبکه را انتخاب کرده و آن را T می نامیم.
- نقطه O را با یک خط به نقطه Tوصل می کنیم و با کم کردن مولفه‌های این دو نقطه، بردار شبکه را می توان به شکل زیر نوشت:
- $R = n_1x + n_2y + n_3z$

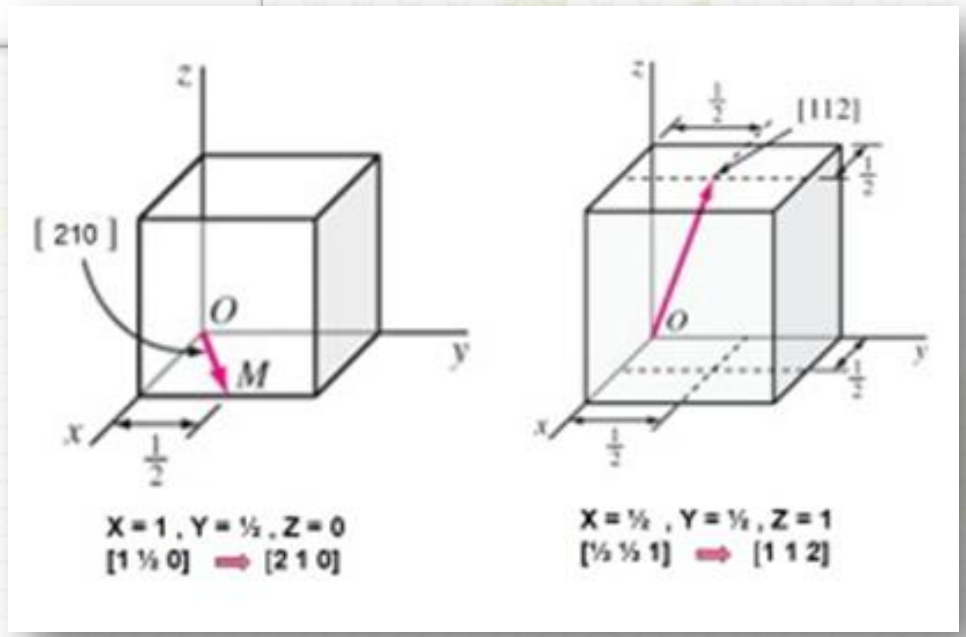
- برای نگارش جهت شبکه‌ای، سه مولفه فضایی n_1,n_2,n_3 را به گونه‌ای مرتب می‌کنیم تا به صورت کوچکترین اعداد صحیح تبدیل شوند.
- سپس آن‌ها را در داخل براکت [...] قرار می دهیم. این سه عدد به صورت $[u_1\ u_2u_3]$ نوشته می شوند.

nanozoom.blog.ir

جهات کریستالی



مکان‌ها شبکه‌ای در یک سلول واحد مکعبی

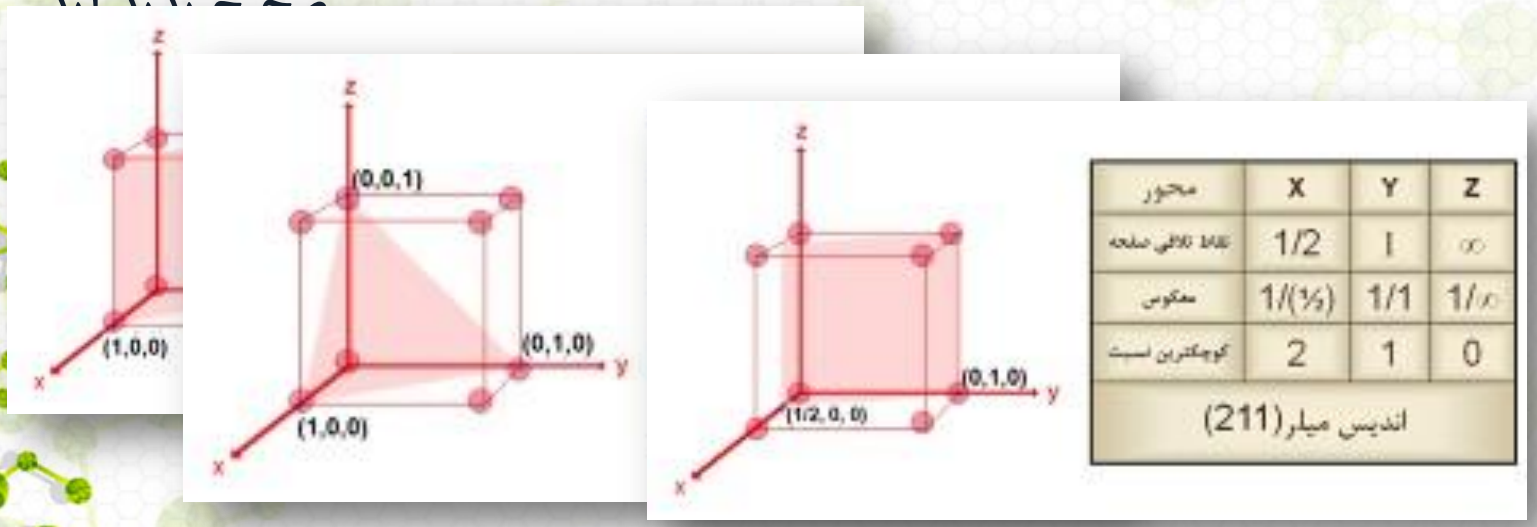


نمونه‌هایی از جهات شبکه‌ای

nanozoom.blog.ir

صفحات کریستالی

- تعیین اندیسهای میلر یک صفحه:
- محل تقاطع صفحه را با سه محور کریستالوگرافی تعیین می کنیم.
- کسر معکوس هر نقطه را ترسیم می نماییم.
- کسر معکوس را در کوچکترین ضریب ضرب می نماییم به گونه‌ای که کوچکترین اعداد



محور	X	Y	Z
نقاط تلاقی صفحه	1/2	1	∞
معکوس	1/(½)	1/1	1/∞
کوچکترین نسبت	2	1	0
اندیس میلر (211)			

nanozoom.blog.ir

دوره اول

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

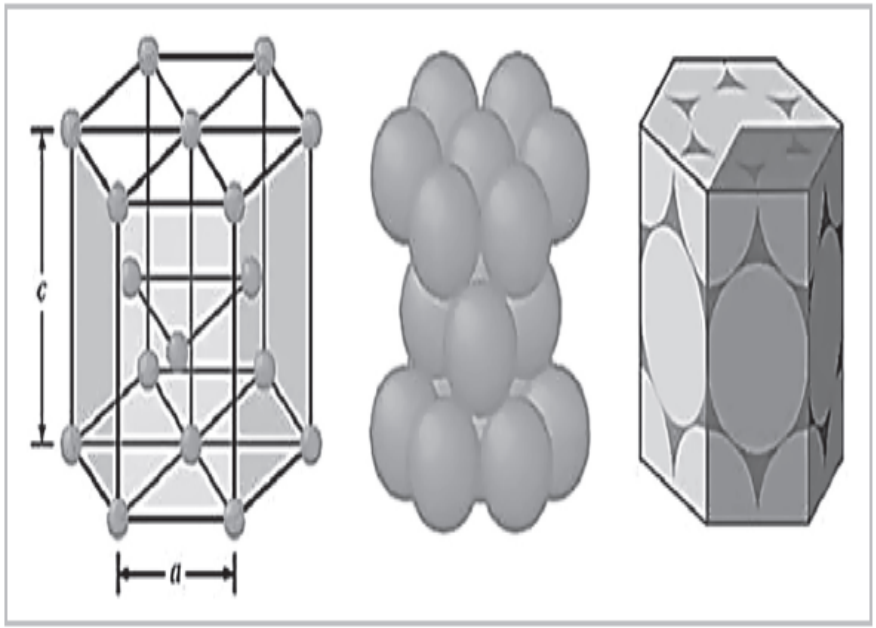
گزینه د) صحیح است.

nanozoom.blog.ir

دوره چهارم

۲۴. ضریب چیدمان اتمی در یک ساختار کریستالی به صورت نسبت حجم اتم‌های متعلق به یک سلول واحد به حجم کل سلول واحد تعریف می‌شود. با توجه به شکل زیر ضریب چیدمان اتمی برای یک ساختار هگزاگونال (شش وجهی) فشرده چقدر است؟

(راهنمایی: $c = \sqrt{\frac{8}{3}}\, a$)



۱) ۰/۵۲

۲) ۰/۷۴

۳) ۰/۶۸

۴) ۰/۴۸

nanozoom.blog.ir

پاسخ

گزینه ۲ صحیح است. برای محاسبه ضریب چیدمان باید حجم اتم های داخل شبکه را بر حجم سلول واحد تقسیم نماییم:

$$PF = \frac{6 \times \frac{4}{3} \times \pi \times r^3}{6 \times \frac{\sqrt{3}}{4} a^2 \times c}$$

$$c = \sqrt{\frac{8}{3}}\, a$$

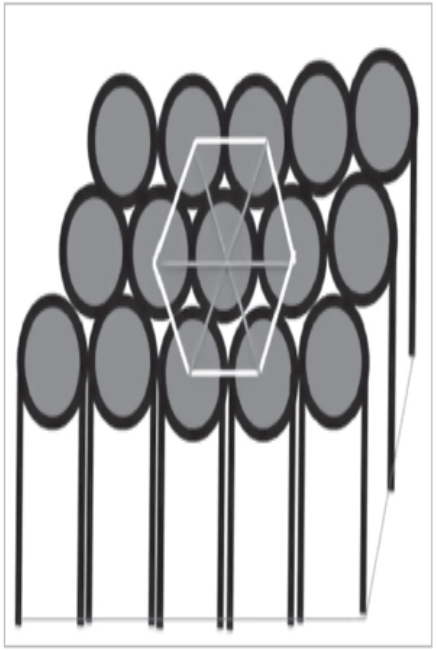
$$a = 2r$$

$$PF = \frac{\pi}{3\sqrt{2}} = 0.74$$

nanozoom.blog.ir

دوره چهارم

۲۲. فرض کنید آرایه منظم نانوسیم‌های اکسید مس به روش حرارتی بر روی یک فویل مسی مطابق شکل ساخته شده است. نانوسیم‌ها عمود بر فویل و با نظم شش‌گوش در کنار یک‌دیگر قرار گرفته‌اند. یعنی اگر مطابق شکل با رسم خطوط فرضی مراکز نانوسیم‌های مجاور را به یک‌دیگر وصل کنیم، الگوهای شش‌ضلعی تشکیل می‌شود. با این توصیف درصد تخلخل در این ساختار چقدر خواهد بود؟



۱) $\frac{۲\sqrt{۳}}{\pi}$

۲) $۱ - \frac{۲\sqrt{۳}}{\pi}$

۳) $\frac{\pi}{۲\sqrt{۳}}$

۴) $۱ - \frac{\pi}{۲\sqrt{۳}}$

nanozoom.blog.ir

دوره چهارم

گزینه ۴ صحیح است.

مساحت یک شش ضلعی: $6\sqrt{3}\,r^2$

مساحت نواحی پر در شش ضلعی: $3\pi r^2$

درصد تخلخل:حجم کل/ (حجم کل –حجم ناحیه خالی)

درصد تخلخل= $(6\sqrt{3}\,r^2 - 3\pi r^2)/6\sqrt{3}r^2 = 1 - \frac{\pi}{2\sqrt{3}}$

nanozoom.blog.ir

دوره چهارم

۲۳. ساختارهایی که تعداد اتم‌های تشکیل دهنده آن‌ها منطبق بر اعداد جادویی است، چه ویژگی‌هایی دارند؟

۱) بیشترین حجم، به هم فشرده، کمترین چگالی ممکن با اتم‌های غیر کروی

۲) بیشترین حجم، بیشترین فضای خالی، کمترین چگالی ممکن با اتم‌های کروی

۳) کمترین حجم، به هم فشرده، بیشترین چگالی ممکن با اتم‌های کروی

۴) کمترین حجم، بیشترین فضای خالی، بیشترین چگالی ممکن با اتم‌های غیر کروی

گزینه ۳ صحیح است. ساختارهایی که براساس اعداد جادویی ساخته میشوند دارای کمترین حجم، بیشترین چگالی ممکن با اتمهای کروی و به هم فشرده هستند.

nanozoom.blog.ir

دوره پنجم

۱۱. کدام گزینه در مورد مقایسه یک نانوذره با ماده مشابه توده‌ای آن نادرست است؟

۱) ساختار بلوری نانوذره می‌تواند مشابه حالت توده‌ای آن شود.

۲) انرژی پیوستگی بین اتم‌های نانوذره در مقایسه با مشابه توده‌ای آن کمتر است.

۳) رفتار الکترون‌های نانوذره با ماده مشابه توده‌ای آن متفاوت است.

۴) خواص شدتی نانوذره و ماده توده‌ای مشابه آن همواره یکسان است.

مثال‌های معروف زیادی از خواص شدتی مواد همچون رنگ و دمای ذوب وجود دارد که در ابعاد نانومتری دچار تحول می‌شوند.

بنابراین گزینه (۴) پاسخ سوال می‌باشد.

nanozoom.blog.ir

دوره پنجم

۲۲. جعبه‌ای مکعبی پر از گلوله‌هایی کروی در اختیار است؛ به‌گونه‌ای که چینش گلوله‌ها در آن همانند نظم ساختار بلوری مکعبی مرکز سطحی (FCC) باشد. گلوله‌ها را خارج کرده و آن‌ها را با گلوله‌های کوچکتر که با شعاع ۵۰ نانومتر جایگزین می‌کنیم، به طوری که جعبه با همان نظم اولیه پر شود. میزان درصدی از فضای داخل جعبه که با گلوله‌ها اشغال نشده است، با تغییر گلوله‌ها چه تغییری کرده است؟

۱) افزایش یافته است.

۲) کاهش یافته است.

۳) تفاوتی نکرده است.

۴) بستگی به شعاع گلوله‌های اولیه دارد.

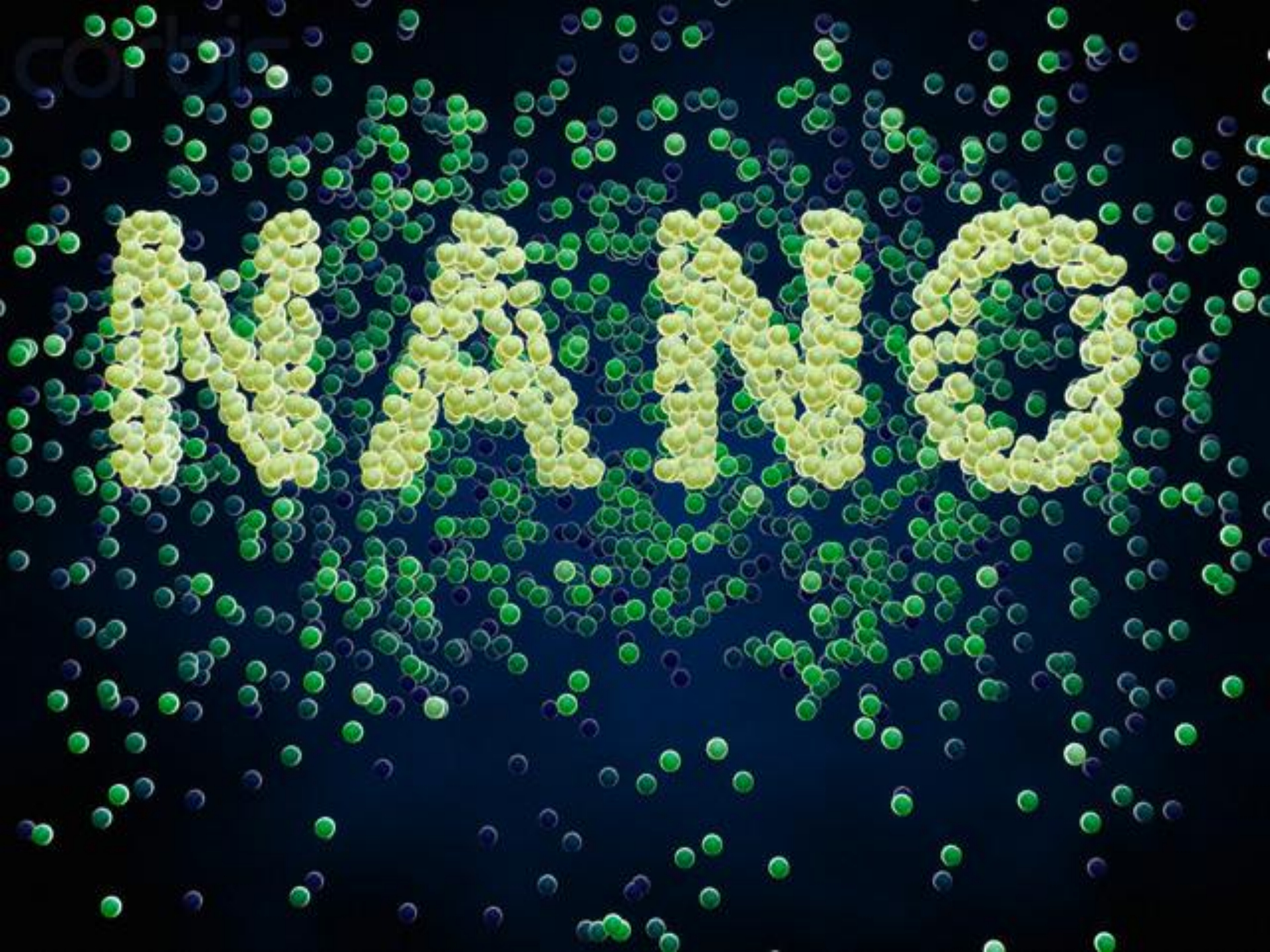
در یک ساختار بلوری، میزان فضای خالی به شعاع اتم‌ها وابسته نیست!

بنابراین گزینه (۳) پاسخ سوال می‌باشد.

nanozoom.blog.ir

منابع

- سایت آموزش ستاد نانو : edu.nano.ir
- سایت باشگاه نانو : nanoclub.ir


KAIKO