فصل ۲

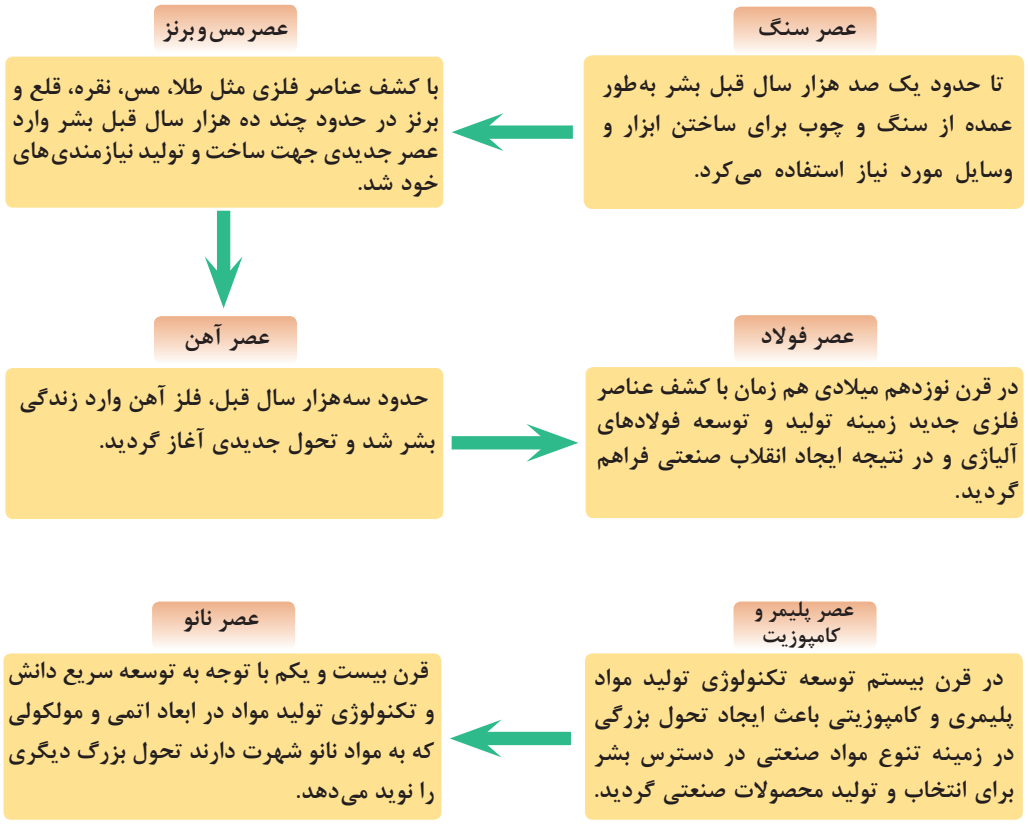
مواد و ویژگی آن

اهمیت شناخت انواع مواد

شایستگی شناخت مشخصات و ویژگی‌های مواد به طراحان این اجازه را می‌دهد که در راستای طراحی یک محصول صنعتی نه تنها بهترین انتخاب مواد را با توجه به کاربرد آن، داشته باشند، بلکه محدودیت‌های موجود در مسیر طراحی را نیز حل کنند. از این رو در این فصل ابتدا دسته‌بندی انواع مواد کاربردی ارائه شده و سپس ویژگی‌ها و مشخصات کلی مواد بیان شده است.

بدانیم

شناخت مواد چه اهمیتی دارد؟ و این شناخت برای چه کسانی ضروری است؟ تکنولوژی مواد، علم و فناوری است که درباره فرایندهای تولید، استخراج، تصفیه، آلیاژکردن، شکل دادن و نیز خواص فیزیکی، مکانیکی، تکنولوژیکی، شیمیایی و عملیات حرارتی بحث می‌کند و به بررسی ساختمان داخلی مواد از نظر ترکیب، ساختار و ریز ساختار آنها می‌پردازد. از زمانی که بشر به روش‌هایی برای تغییر مواد طبیعی و تولید مواد جدید دست یافت، تنوع مواد جدید به سرعت گسترش پیدا کرد و بحث انتخاب ماده مناسب از میان چند ماده مختلف براساس ویژگی‌های مورد انتظار مطرح بوده است. نمودار دوره‌های مهم ایجاد تحول اساسی در مواد را در طول تاریخ بشر نشان می‌دهد.



شکل ۱ـ۲ـ دوره‌های ایجاد تحول بزرگ صنعتی در طول تاریخ بشر

مواد به پنج گروه کلی تقسیم می‌شوند

روش‌های متفاوتی برای دسته‌بندی مواد وجود دارد که در جدول ۱-۲ یکی از این روش‌ها در پنج گروه شرح داده شده است. با توجه به جدول زیر برای هر یک از گروه‌ها کاربردهای دیگری را ارائه دهید.

جدول ۱ـ۲ـ دسته‌بندی مواد همراه با ویژگی و کاربرد هر گروه

گروه	نوع مواد	مثالی از کاربرد	ویژگی	تصویر
اول	**فلزات** مس چدن آلیاژهای فولادی	سیم برق موتور اتومبیل بدنه و شاسی خودرو	هدایت‌الکتریکی و شکل‌پذیری خوب قابلیت ریخته‌گری و ماشین‌کاری استحکام بالا	
دوم	**سرامیک و شیشه** SiO_2-Na_2O-CaO Al_2O_3, MgO تیتانات باریم	شیشه پنجره آجرهای نسوز خازن‌ها	شفافیت نوری، عایق حرارتی عایق حرارتی، مقاوم در دمای بالا ذخیره‌سازی جریان الکتریکی	
سوم	**پلیمر** پلی اورتان اپکسی	مواد بسته‌بندی غذا کپسوله کردن مدارها	شکل‌پذیری بالا، لایه مقاوم هوا عایق الکتریکی و مقاوم به رطوبت	
چهارم	**نیمه‌هادی** سیلیکون	ترانزیستور و مدار مجتمع	رفتار الکتریکی بی‌نظیر	
پنجم	**کامپوزیت** گرافیت ـ اپکسی فولادـ روکش تیتانیوم	اجزای هواپیما مخزن راکتور	نسبت استحکام به وزن بالا مقاومت خوردگی بالا تیتانیوم	

گروه اول: فلزات و آلیاژها

شکل ۱ـ۲ـ پل طبیعت در شهر تهران

فولاد، آلومینیوم، منیزیم، چدن، تیتانیوم، مس و نیکل مثالی از فلزات و آلیاژهای فلزی می‌باشند. آلیاژ مخلوط یا محلول جامد فلزی است که متشکل از یک فلز اصلی با یک یا چند عنصر فلزی و یا غیرفلزی است. به طور کلی فلزات هدایت حرارتی و الکتریکی بسیار خوبی دارند. همچنین فلزات و آلیاژهای فلزی شکل‌پذیر، چکش‌خوار و دارای استحکام و سفتی بالایی می‌باشند. از لحاظ کاربرد، فلزات برای سازه‌هایی که باید تحمل بار بالا داشته باشند، بسیار مفید می‌باشند(شکل ۱-۲).

گروه دوم: سرامیک و شیشه

سرامیک‌ها را می‌توان به عنوان مواد کریستالی غیرمعدنی تعریف کرد. ماسه‌ها و سنگ‌های ساحلی مثالی از سرامیک‌هایی هستند که طور طبیعی پدید می‌آیند. در حالی که سرامیک‌های پیشرفته توسط پلایش سرامیک‌های طبیعی پدید می‌آیند. سرامیک‌های پیشرفته به عنوان زیرلایه در تراشه‌های کامپیوترهای خانگی، آجرهای نسوز، خازن‌ها، سیستم‌های ارتباطی بی‌سیم (موبایل) و عایق‌های الکتریکی و حرارتی کاربرد دارند.

بعضی از سرامیک‌ها به عنوان پوشش‌های دما بالا برای محافظت از زیرلایه‌های فلزی در موتور توربین‌ها استفاده می‌شوند. همچنین در مواد مصرفی مانند رنگ، پلاستیک‌ها، در شاتل‌های فضایی به عنوان کاشی‌های مقاوم به حرارت و غیر از آنها استفاده می‌شوند. به طور کلی سرامیک‌ها به دلیل درصد کم تخلخل، حرارت را به خوبی هدایت نمی‌کنند، بر خلاف فلزات، سرامیک‌ها هدایت حرارتی و الکتریکی پایینی دارند. از لحاظ خواص مکانیکی، سرامیک‌ها سخت و محکم هستند، اما بسیار ترد و شکننده می‌باشند و در مقابل ضربه مقاومت پایینی دارند. سرامیک‌ها استحکام فشاری بسیار خوبی دارند.

شکل ۲ـ۲ـ دیسک ترمز سرامیکی

قطعات سرامیکی به کمک یک سری عملیات آماده‌سازی که بر روی پودرهای ریز صورت می‌گیرد، تولید می‌شوند. امروزه با کمک گرفتن از فرایندهای پیشرفته، متخصصان قادر به تولید سرامیک‌هایی با مقاومت به ضربه خوب شده‌اند. این پیشرفت موجب شده که از سرامیک‌ها بتوان در کاربردهایی که نیاز به تحمل نیرو است، استفاده کنند. به عنوان مثال دیسک‌های ترمز شکل(۲ـ۲).

گروه سوم: پلیمرها

پلیمرها به‌طور متداول جزء مواد آلی می‌باشند. مواد پلیمری پلاستیک‌ها و بسیاری از انواع چسب‌ها را شامل می‌شوند. آنها عایق الکتریکی و حرارتی بسیار خوبی هستند، اگرچه استثناء هم وجود دارد. به‌عنوان مثال پلیمرهای نیمه هادی. به‌طور کلی خواص پلیمرها به‌صورت زیر می‌باشند:

۱ عایق الکتریکی
۲ عایق حرارتی
۳ اگرچه استحکام پایینی دارند، اما نسبت استحکام به وزن بالا است.
۴ مقاوم خوردگی
۵ عدم مقاومت در دمای بالا

کاربرد مواد پلیمری بسیار وسیع می‌باشد، از دیسک‌های فشرده گرفته تا لباس و ظروف یک‌بار مصرف کاربردهای این گروه از مواد می‌باشند.

گروه چهارم: نیمه‌هادی‌ها

سیلیکون، ژرمانیوم و گالیوم آرسنیک که در قطعات الکتریکی رایانه‌ها به کار می‌روند، از جمله مواد نیمه‌هادی به شمار می‌روند. هدایت الکتریکی نیمه‌هادی تقریباً بین عایق‌های سرامیکی و هادی‌های فلزی می‌باشد.

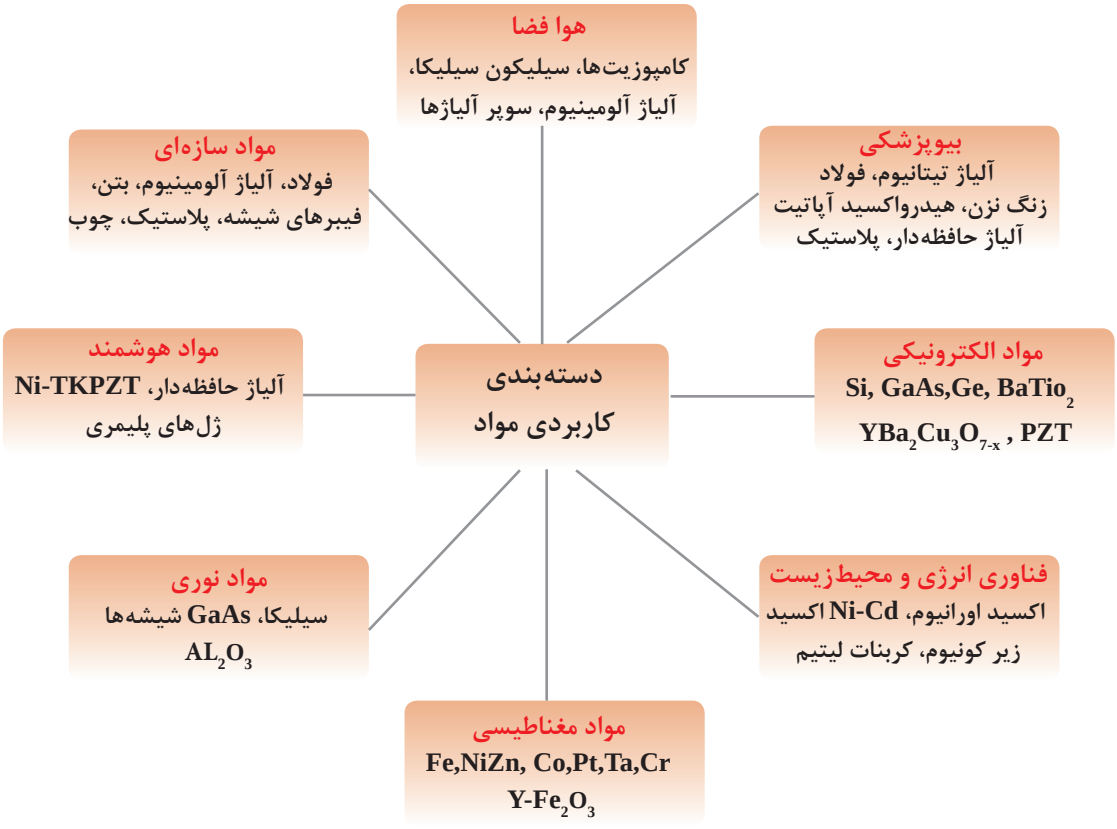
گروه پنجم: کامپوزیت‌ها

ایده اصلی در تولید و توسعه مواد کامپوزیتی، از ترکیب خواص مواد مختلف شکل گرفته است، این مواد از دو یا چند ماده تشکیل می‌شوند و یک خواص جدیدی را تولید می‌کنند که به تنهایی در مواد یافت نمی‌شود. کاه وگل و بتن مثال‌های معمولی از مواد کامپوزیتی می‌باشند. کاه را به صورت رشته‌ای در زمینه گل توزیع می‌کنند تا کامپوزیت کاه و گل را تولید کنند، هریک از این مواد نقشه خاص خود را دارا می‌باشند، در این کامپوزیت کاه موجب افزایش استحکام و مقاومت گل در برابر ترک می‌شود. یا همین‌طور در بتن، ذرات شن و ماسه که جزء سرامیک‌های طبیعی می‌باشند، وظیفه تحمل بار در زمینه نرم آهک را دارند.
با استفاده از مواد کامپوزیتی می‌توان قطعات با وزن کم، مستحکم، مقاوم در برابر حرارت، مقاوم در برابر شوک حرارتی و الکتریکی ساخت. هواپیماهای پیشرفته و وسایل و قطعات در عرضه هوافضا را از جنس مواد کامپوزیتی می‌سازند.

شکل ۳ـ۲ـ کاربرد مواد کامپوزیتی

مواد را چگونه از لحاظ کاربرد دسته‌بندی می‌کنند؟

مواد را می‌توان براساس کاربرد به‌دسته‌های مکانیکی، زیست‌محیطی، الکتریکی، مغناطیسی و نوری دسته‌بندی کرد. این دسته‌بندی در شکل ۴ـ۲ با مثال ذکر شده است.



شکل ۴ـ۲ـ دسته‌بندی مواد از لحاظ کاربرد

هوا فضا:

مواد سبک مانند آلومینیوم و آلیاژهای آلومینیوم برای کاربردهایی که نیاز به وزن پایین و استحکام خوب دارند به کار می‌روند. امروزه، در سفینه‌های فضایی از پودرهای آلومینیوم در تقویت کننده‌های موشک استفاده می‌کنند. آلیاژهای آلومینیوم، پلاستیک‌ها و سیلیکا به عنوان کاشی در جداره خارجی سفینه‌ها، در کاربردهای فضایی استفاده می‌شوند.

بیوپزشکی:

فکر می‌کنید جنس استخوان و دندان از چیست؟ امروزه بسیاری از اجزای بدن مانند مفاصل از مواد پلاستیکی، آلیاژهای تیتانیوم و سرامیک ساخته می‌شوند.

شکل ۵ـ۲ـ کاربرد مواد بیوپزشکی در بدن انسان

مواد الکترونیکی:

نیمه‌هادی همانند سیلیکون برای ساخت مدار مجتمع الکتریکی در تراشه‌های رایانه‌ای استفاده می‌شود. سرامیک $BaTiO_3$ و بسیاری دیگر از مواد دی الکتریک در خازن‌ها و دیگر وسایل الکترونیکی به کار می‌روند. همچنین ابر رساناها برای ایجاد میدان مغناطیسی قوی استفاده می‌شوند و این مواد قادرند چند برابر سیم‌های مسی جریان الکتریسته را از خود عبور دهند. عبور جریان بسیار بالا موجب ایجاد میدان مغناطیسی شدیدی می‌شود که از این میدان می‌توان در مونو ریل‌ها برای حرکت قطارها با سرعت بالا استفاده کرد. شکل ۶ـ۲ کاربرد ابر رساناها در مونو ریل را نشان می‌دهد.

شکل ۶ـ۲ـ مونوریل

فناوری انرژی و محیط زیست:

در صنعت هسته‌ای از موادی همانند اکسید اورانیوم و پلاتیوم به عنوان سوخت استفاده می‌کنند. بسیاری دیگر از مواد مانند شیشه و فولاد زنگ نزن در حمل و نقل مواد هسته‌ای به کار می‌روند. در فناوری‌های جدید مرتبط با باتری‌ها و پیل‌های سوختی از مواد سرامیکی مانند اکسید زیرکونیا به عنوان الکترولیت استفاده می‌شود. در حفظ محیط زیست و تولید انرژی‌های پایدار مواد نقش کلیدی دارند.

مواد مغناطیسی:

بسیاری از سرامیک‌ها و آلیاژهای پایه کروم، کبالت و تانتالیوم برای تولید حافظه‌های جانبی رایانه‌ها به‌کار می‌روند.

سؤال

به نظر شما از مواد مغناطیسی می‌توان برای چه کاربردهای دیگری استفاده کرد.

مواد نوری:

سیلیکا به طور گسترده برای تولید فیبرهای نوری استفاده می‌شود. بیشتر از ده‌ها میلیون کیلومتر در سراسر جهان فیبرهای نوری جهت انتقال اطلاعات مخابراتی نصب شده است. مواد نوری برای ساخت آشکارسازهای نیمه‌هادی و لیزرها نیز استفاده می‌شوند. همچنین از سیلیکون‌های آمورِف برای ساخت سلول‌های خورشیدی استفاده می‌کنند.

مواد هوشمند:

مواد هوشمند موادی هستند که می‌توانند تغییرات محیطی را حس کنند و در مقابل تحریک‌های خارجی مانند تغییر درجه حرارت، اعمال تنش، تغییر رطوبت محیط و تغییرات شیمیایی واکنش نشان می‌دهند. یکی از مثال‌های ساده ماده هوشمند شیشه‌های فتوکرومیک عینک‌های طبی است.

شکل ۷ ـ۲ـ تغییرات رنگ عینک‌های فتوکرومیک در شرایط آب و هوایی

سؤال

آیا می‌توان از این مواد (شیشه‌های فتوکرومیک) برای شیشه‌های اتومبیل استفاده کرد.

مواد سازه‌ای:

این دسته از مواد جهت تحمل بار و تنش طراحی می‌شوند، فولاد، بتن و کامپوزیت‌ها برای این منظور استفاده می‌شوند. از فولاد برای ساخت سازه‌های پل و ساختمان استفاده می‌کنند. همچنین از فولاد، پلاستیک و کامپوزیت‌ها به‌طور گسترده در ساخت خودرو استفاده می‌شوند. اغلب در این کاربردها، ترکیبی از استحکام، سفتی و چقرمگی تحت شرایط بارگذاری و دمایی متفاوت نیاز است.

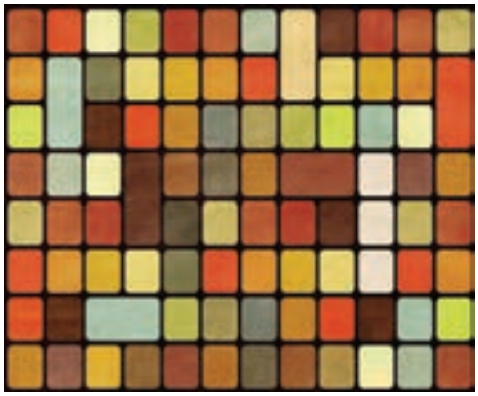
دسته‌بندی مواد بر اساس ساختار

ساختار به معنی آرایش اتم‌های یک ماده در موقعیت‌های مشخص می‌باشد. ساختار در مقیاس میکروسکوپی به‌عنوان ریز ساختار بیان می‌شود. این آرایش‌ها در مقیاس‌های مختلف از کوچک‌ترین واحد در حد آنگستروم(A) تا مقیاس‌های بزرگ‌تر در حد میلی‌متر (mm) قابل مشاهده هستند که در ادامه همین فصل ارائه خواهد شد.
مواد به صورت کریستالی و آمورف وجود دارند.؛
کریستالی: اگر آرایش اتم‌ها در مواد به صورت منظم از نوع بلند برد باشد، به این مواد کریستالی گویند. همانند بسیاری از فلزات
آمورف: اگر آرایش اتم‌ها به صورت منظم اما از نوع کوتاه برد باشد، به این مواد **آمورف** می‌گویند. همانند شیشه
برخی از مواد کریستالی ممکن است به صورت چند کریستالی (پلی کریستال) یا تک کریستالی باشند.

سؤال

تفاوت بین مواد پلی کریستال و تک کریستال در چیست؟

به شکل‌های زیر نگاه کنید چه تفاوتی بین آنها وجود دارد؟


(الف)

(ب)

شکل ۸ـ۲ـ (الف) پلی‌کریستال (ب) تک کریستال

شکل راست از مربع و مستطیل‌های کوچک در اندازه‌های مختلف تشکیل شده است که هریک از آنها به واسطه یک مرز از هم جدا شده‌اند. درحالی که شکل چپ یکی از آن مستطیل‌هاست که بدون مرز کل فضاهای مربوط را پوشانده است. به نظر شما کدام یک از شکل‌های بالا نشان‌دهنده یک‌ماده پلی‌کریستال و تک کریستال است؟
کریستال و دانه: به هر یک از مربع‌ها و مستطیل‌های شکل سمت راست دانه یا کریستال می‌گویند.
مرز دانه: خطوطی که مربع و مستطیل‌ها را از هم جدا کرده است اصطلاحاً مرز دانه می‌گویند.
ریز ساختار: به مجموعه دانه و مرز دانه ریز ساختار که با چشم غیرمسلح قابل رؤیت نیست می‌گویند. با استفاده از میکروسکوپ می‌توان ریز ساختار مواد را مشاهده کرد.
توجه داشته باشید از واژه‌های کریستال، آمورف، پلی‌کریستال، تک کریستال، مرز دانه و دانه به‌طور مکرر در ادامه برای بررسی ساختار و ریز ساختار مواد مختلف استفاده می‌شود.

آرایش اتمی و یونی مواد

شاید تا به حال از خود پرسیده باشید که چرا مواد مختلف با هم متفاوت‌اند؟ چرا برخی از آنها محکم‌تر از سایرین هستند؟ چرا برخی از مواد رسانا و برخی نارسانا می‌باشند؟ چرا نور می‌تواند از بعضی از مواد عبور کند و از بعضی دیگر نه؟ سؤال‌هایی از این دست ذهن را متوجه تفاوت‌های مواد از نظر خواص می‌کند و ما را در رابطه با علت این تفاوت‌ها، به تفکر بیشتر وادار می‌کند. با اطلاعاتی که ما از ساختمان عناصر و تفاوت‌های موجود در آنها داریم شاید گمان کنیم که تفاوت‌های موجود در مواد مختلف حاصل تفاوت‌های عناصر تشکیل دهنده آنها است. با این تفکر خواص مواد تنها متأثر از تنوع عناصر تشکیل‌دهنده آنها خواهد بود و تمامی ویژگی‌های رفتاری مواد باید با شناخت عناصر تشکیل دهنده آنها روشن شده و همه اسرار مربوط به خصوصیات مواد آشکار گردد. آیا دانستن ترکیب شیمیایی، خواص مواد معلوم می‌شود؟

با کمی‌دقت و توجه به ترکیبات شیمیایی مواد پیرامون خود در می‌یابیم که بسیاری از آنها با وجود اینکه در رفتار و ویژگی با یکدیگر تفاوت دارند ولی دارای عناصر تشکیل دهنده و ترکیب شیمیایی یکسان می‌باشند و برخی دیگر از مواد با داشتن عناصر تشکیل دهنده متفاوت، دارای ویژگی و رفتار مشابهی هستند. پس چه چیزی به جز ترکیب شیمیایی موجب تفاوت در رفتار و خواص مواد می‌شود؟ برای جواب این سؤال لازم است کمی بیشتر با ساختار مواد آشنا شویم.

ساختار ماده چگونگی ارتباط بین اتم‌ها، یون‌ها و مولکول‌های تشکیل دهنده آن ماده را مشخص می‌کند. با پیوندهای شیمیایی که نحوه اتصال میان اتم‌ها و یون‌ها را مشخص می‌کنند، در درس‌های گذشته آشنا شده‌اید. در اینجا برای روشن شدن تأثیر ساختار روی خواص مواد مثال معروفی را ارائه می‌کنیم. همان طور که می‌دانید گرافیت و الماس هر دو از اتم‌های کربن تشکیل شده‌اند. اما چرا خواص گرافیت و الماس خیلی با یکدیگر متفاوت است؟ الماس به عنوان سخت‌ترین ماده طبیعی معرفی می‌گردد و گرافیت به دلیل نرمی بسیار، به عنوان ماده روانساز به کار گرفته می‌شود. تفاوت خواص گرافیت و الماس مربوط به نحوه اتصال و آرایش فضایی اتم‌های کربن در ساختار آنها بستگی دارد.

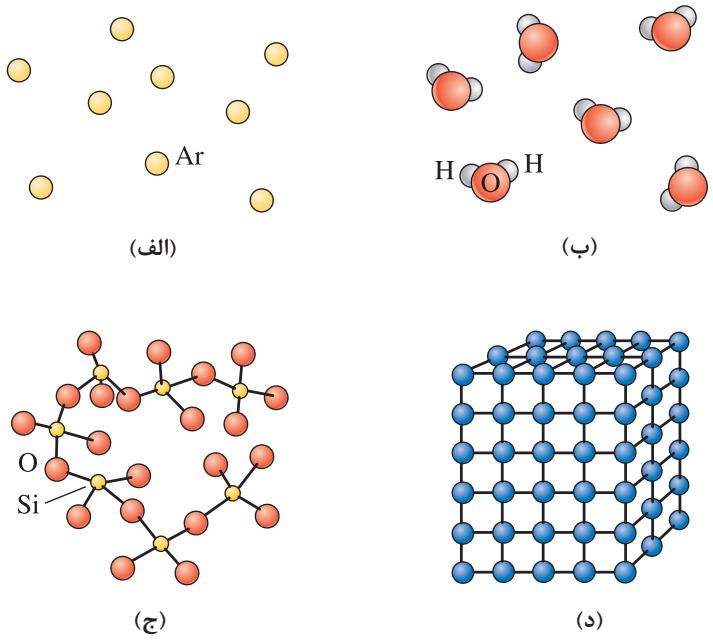
شکل ۹ ـ۲ـ (آلوتروپی) چندشکلی بودن کربن

منظور از نظم بلند برد در مقابل نظم کوتاه برد

در حالت‌های مختلف ماده، چهار نوع آرایش اتمی و یونی را می‌توان یافت.

بی‌نظم:

در گازهای تک اتمی همانند آرگون و پلاسما ایجاد شده در لامپ فلورسنت، اتم‌ها یا یون‌ها آرایش منظمی ندارند.

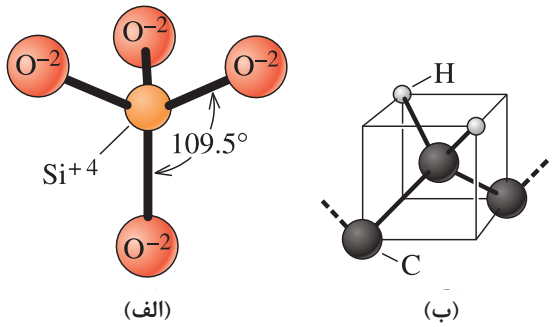


(الف) (ب) (ج) (د)

شکل ۱۰ ـ۲ـ (الف) بی‌نظم، (ب) نظم کوتاه‌برد، (ج) نظم بلندبرد

نظم کوتاه برد:

وقتی یک ماده نظم کوتاه برد نشان می‌دهد که آرایش اتمی آن تنها به نزدیک‌ترین همسایگی آن ختم شود. هر مولکول بخار آب دارای یک نظم کوتاه برد است که به دلیل پیوند کوالانت بین اتم‌های هیدروژن و اکسیژن است. هر اتم اکسیژن به دو اتم هیدروژن متصل می‌شود. در بین موادی که در جدول ۱ـ۲ بیان شد، شیشه‌ها و بسیاری از پلیمرهایی که ساختاری شبیه شیشه دارند، دارای نظم کوتاه برد هستند.

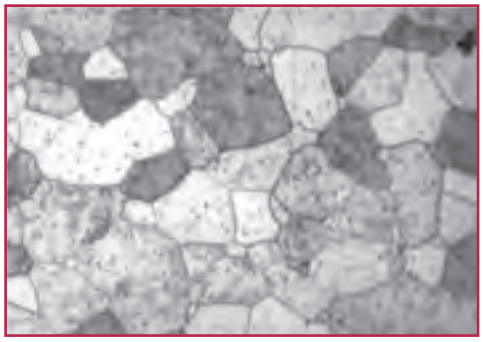


(الف) (ب)

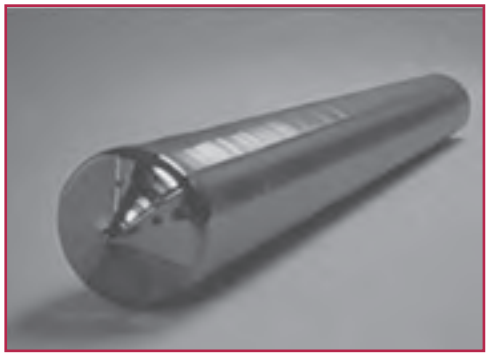
شکل ۱۱ـ۲ـ ساختار شیشه (Sio_2)

نظم بلند برد:

اکثر فلزات و آلیاژهای فلزی، نیمه‌هادی‌ها، سرامیک‌ها و برخی از پلیمرها که ساختار کریستالی دارند، نظم بلند برد در ساختارشان دارند. وسعت این نظم در بین اتم‌ها یا یون‌ها بیشتر از ۱۰۰ نانومتر باشد. اتم‌ها یا یون‌ها در سه بعد به طور منظم تکرار می‌شوند. مواد با نظم بلند برد را مواد کریستالی می‌نامند. اگر موادی دارای یک کریستال بزرگ باشد، به آنها مواد تک‌کریستال می‌گویند. مواد تک‌کریستال در بسیار زیاد از کاربردهای الکترونیکی و نوری مناسب می‌باشند، به طور مثال تراشه‌های کامپیوتر از سیلیکون تک‌کریستال ساخته می‌شود. مواد پلی‌کریستال از کریستال‌های کوچک بسیار زیاد در سه بعد تشکیل می‌شود. شکل۱۲ـ۲ ریز ساختار فولاد زنگ نزن پلی‌کریستال را نشان می‌دهد.



(الف)



(ب)

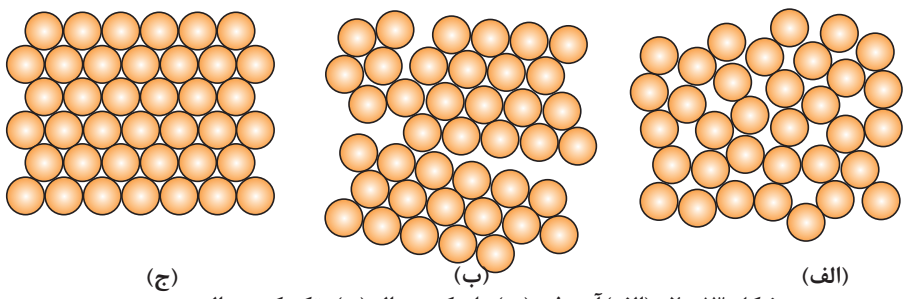
شکل ۱۲ ـ۲ـ (الف) ریز ساختار یک فولاد زنگ نزن (ب)یک میله از جنس فولاد زنگ نزن

تحقیق

به نظر شما با چه ابزارهایی می‌توان ریزساختار میله فوق را مشاهده کرد؟

مواد آمورف:

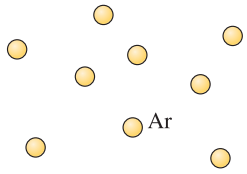
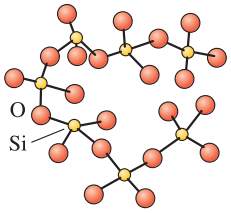
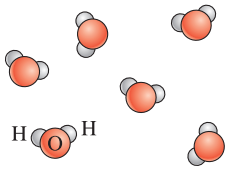
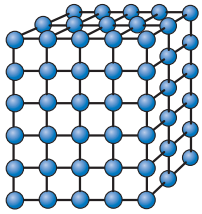
هر ماده‌ای که تنها یک نظم کوتاه برد از اتم‌ها و یون‌ها از خود نمایش دهد، مواد آمورف می‌نامند. مواد آمورف غیر کریستالی هستند. به طور کلی اکثر مواد تمایل دارند یک آرایش منظم و تکراری تشکیل دهند، به خاطر این حالت آرایش پایداری بالایی از لحاظ ترمودینامیکی دارند. شیشه یک مثال شناخته شده از مواد آمورف می‌باشد. به شکل ۱۳ـ۲ نگاه کنید، اگر دایره‌ها را اتم فرض کنیم، تفاوت بین مواد آمورف، کریستالی و تک کریستال قابل درک است.



شکل ۱۳ ـ۲ـ (الف) آمورف، (ب) پلی‌کریستال،(ج)، تک کریستال

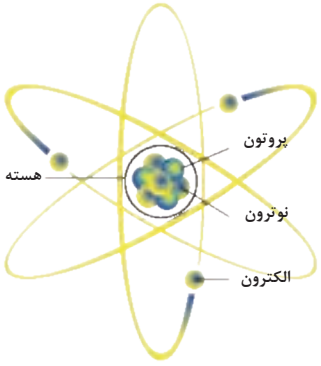
از جمله دسته‌بندی‌های دیگر که می‌توان برای مواد در نظر گرفت، دسته‌بندی جدول زیر این نوع دسته‌بندی از مواد را نشان می‌دهد.

جدول ۲ـ۲

نوع مواد	نوع نظم	مثال	شکل نظم ساختاری
گازهای تک اتمی	بی‌نظم	گاز آرگون	
آمورف	نظم کوتاه برد	شیشه آمورف، پلاستیک	
کریستال مایع	نظم کوتاه برد	پلیمر LCD	
کریستال جامد	نظم بلند برد	فلز، آلیاژ فلزی، سرامیک	

شبکه، سلول واحد و ساختارهای کریستالی

یک جامد کریستالی به طور معمول دارای $۱۰^{۲۳}$ اتم در هر سانتی‌متر مکعب ($Cm^{۳}$) می‌باشد. به منظور بررسی آرایش فضایی اتم‌ها نیاز نیست به طور واضح موقعیت هر اتم را مشخص کنیم. همانطور که قبلاً در درس علوم آموخته‌اید، اتم از یک هسته تشکیل شده است که داخل هسته پروتون و نوترون و اطراف هسته الکترون در حال چرخش می‌باشد.

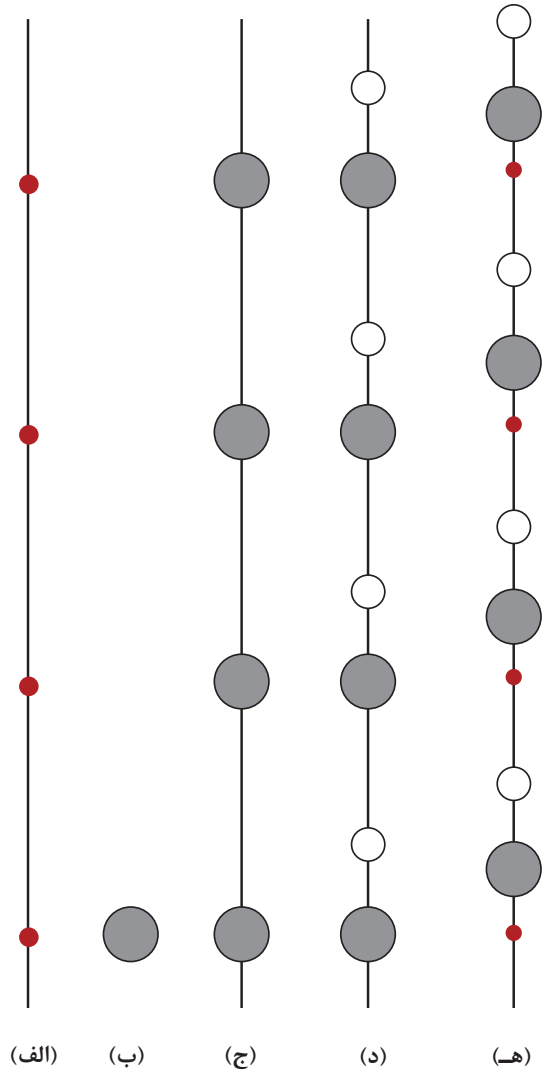


شکل ۱۴ـ۲ـ آرایش اتمی

برای بررسی آرایش اتمی و یونی در جامدات فرض می‌کنیم اتم یا یون همانند یک کره جامد هستند. مانند توپ پینگ پونگ. قبل از بررسی آرایش اتمی و یونی، بحث را با ارائه تعریفی از شبکه شروع می‌کنیم.

شبکه چیست؟ شبکه یک مجموعه از نقاط خالی است که به نقاط شبکه معروف می‌باشند. آرایش نقاط شبکه از یک الگوی تکراری پیروی می‌کند. به عبارت دیگر این نقاط در شبکه به طور مکرر تکرار می‌شوند. هر نقطه‌ای در همسایگی خود چندین نقطه شبیه به خود دارد. اگر از لحاظ ریاضی بخواهیم به شبکه نگاه کنیم، شبکه ثابت است و از لحاظ وسعت، بی‌نهایت می‌باشد. شبکه ممکن است یک بعدی، دو بعدی و سه بعدی باشند.

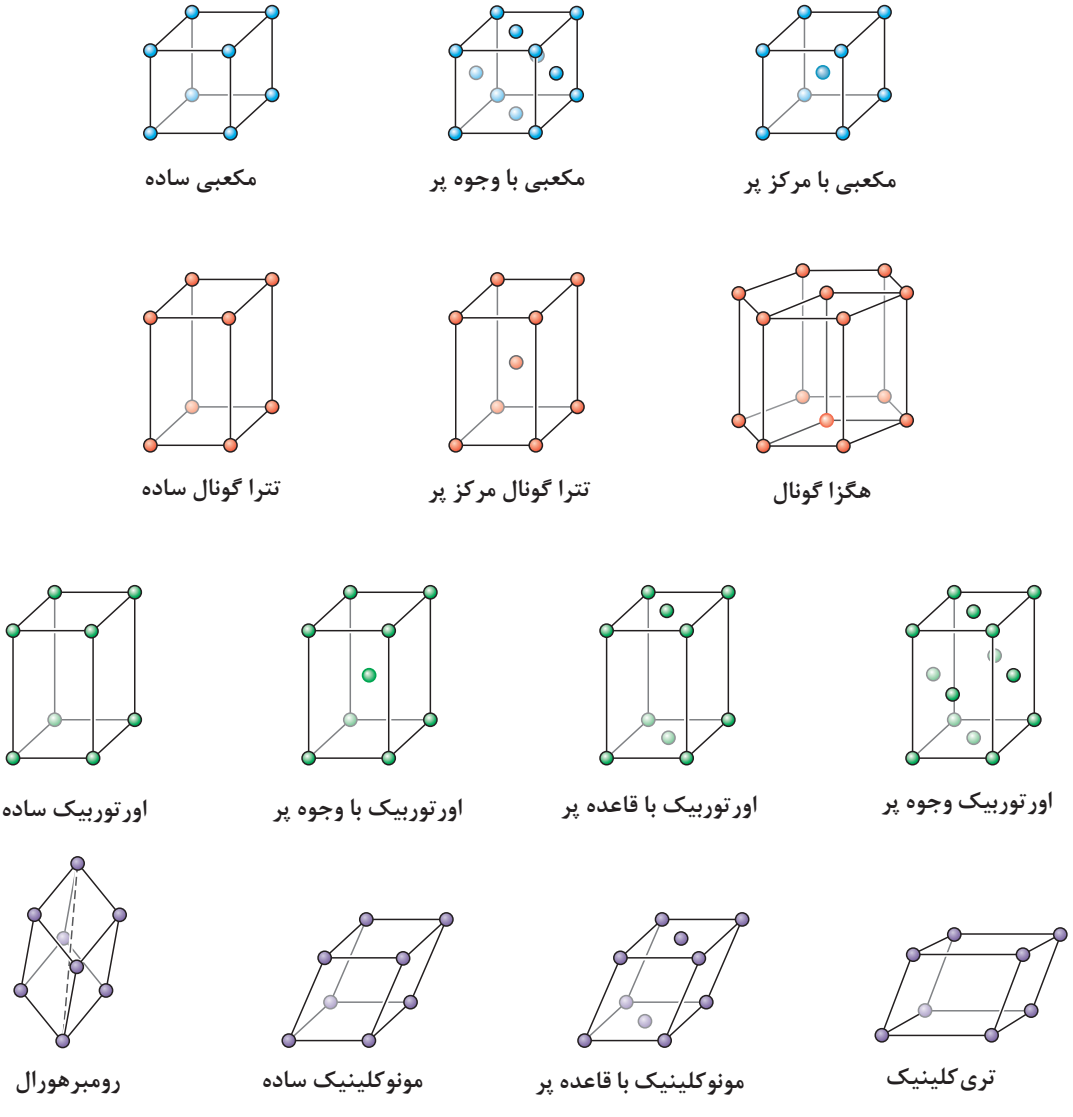
در حالت یک بعدی تنها یک شبکه وجود دارد که به صورت یک خطی است که یک سری نقاط جدا از هم برروی آن قرار دارد. این نقاط با یک فاصله برابر از یکدیگر جدا شده‌اند (شکل ۱۵ـ۲ الف). یک گروهی از یک یا چند اتم که در یک جهت مشخص نسبت به یکدیگر قرار دارند که وابسته به هر نقطه شبکه می‌باشند، مبنا شبکه نام دارند. مبنا باید حداقل محتوی یک اتم باشد اما ممکن است تعداد زیادی از یک یا چند نوع اتم باشد. (شکل ۱۵ـ۲ ب) یک اتم مبنا را نشان می‌دهد. ساختار کریستالی با قرار دادن اتم مبنا در هر نقطه شبکه ایجاد می‌شود. یا به عبارت دیگر، ساختار کریستالی به مجموعه شبکه و مبنا گفته می‌شود (شکل ۱۵ـ۲ج). کریستال فرضی یک بعدی که از دو نوع اتم تشکیل شده است را نشان می‌دهد. اتم‌های بزرگ در نقاط شبکه و اتم‌های کوچک در یک فاصله مشخص در بالای هر نقطه شبکه قرار دارند. (شکل۱۵ـ۲ج) نشان می‌دهد که اتم‌های مبنا که در نقاط شبکه قرار دارند، به طور نسبی جابه‌جا می‌شوند، اما این جابه‌جایی هیچ تأثیری روی آرایش اتمی ندارد. در حالت یک بعدی، تنها یک روش برای آرایش



شکل ۱۵ـ۲

نقاط شبکه وجود دارد، به طوری که هر نقطه با نقاط اطراف و همسایگی خود یکسان است. شبکه یک‌بعدی مجموعه‌ای از نقاط می‌باشند که در یک فاصله برابر از یکدیگر جدا شده‌اند. اما در حالت دو بعدی، پنج روش متفاوت برای آرایش نقاط شبکه (نقاط یکسان هستند) وجود دارد. بنابراین می‌توان گفت که پنج شبکه دو بعدی در این حالت وجود دارد.

در حالت سه‌بعدی چهارده روش جهت آرایش نقاط شبکه در سه بعد وجود دارد. این آرایش بی نظیر نقاط شبکه در سه بعد به عنوان شبکه‌های براوه معروف است که شبکه‌های چهارده‌گانه براوه در شکل ۱۶ـ۲ نشان داده شده است.

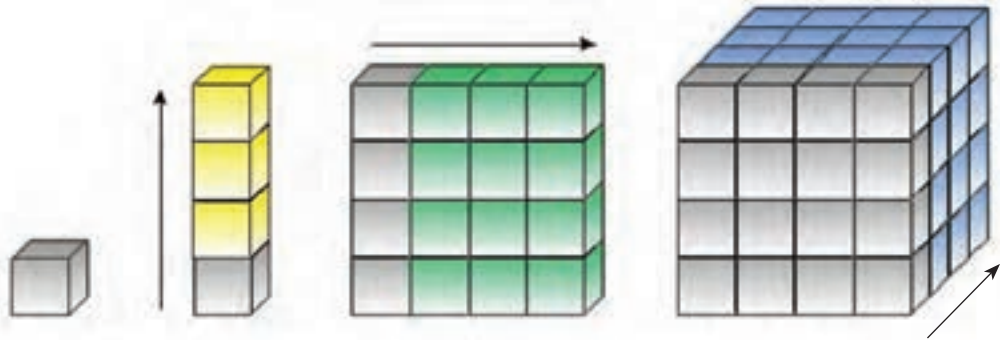


شکل ۱۶ ـ۲ـ شبکه‌های کریستالی

همان‌طور که قبلاً بیان شد، شبکه از لحاظ گستردگی بی نهایت می‌باشد، بنابراین برای بررسی هر شبکه کریستالی یک سلول واحد را در نظر می‌گیریم. سلول واحد یک زیر مجموعه‌ای از یک شبکه کریستالی است که مشخصه‌ای کلی از یک کریستال را داراست. به عبارت دیگر یک کریستال ممکن است از میلیون‌ها سلول واحد تشکیل شده باشد. به شکل ۱۷ـ۲ نگاه کنید، یک جورچین می‌باشد که در آن از کنار هم قرار دادن مکعب‌های کوچک در سه بعد یک مکعب بسیار بزرگ ایجاد شده است، اگر بخواهیم از جورچین برای تشریح یک کریستال استفاده کنیم، به هر یک از این مکعب‌های کوچک سلول واحد می‌گویند و به کل جورچین کریستال می‌گویند.

شکل ۱۷ـ۲ـ جورچین

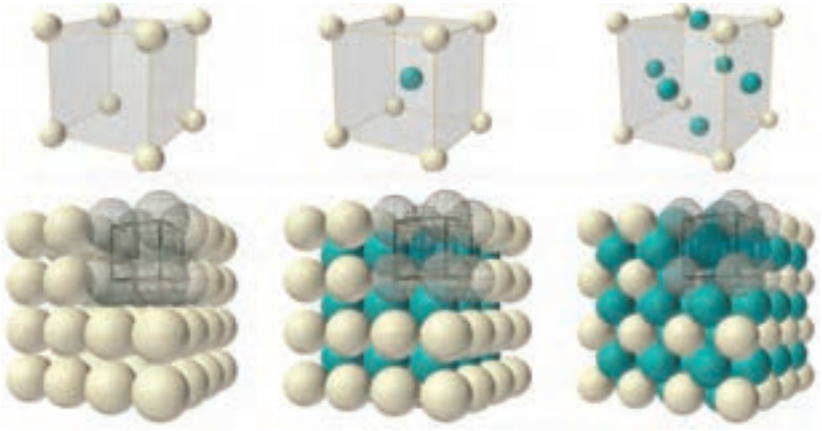
شکل ۱۸ـ۲ نحوهٔ تشکیل شدن یک کریستال را توسط یک سلول واحد را نشان می‌دهد.



شکل ۱۸ـ۲ـ تشکیل یک کریستال

فعالیت

به شکل‌های زیر نگاه کنید و بگویید نقاط شبکه (نقاط مربوط به اتم یا یون) در کدام قسمت از سلول‌های واحد قرار می‌گیرند؟



(ج) **(ب)** **(الف)**

شکل ۱۹ـ۲ـ سلول واحدهای مکعبی

فعالیت

تفاوت بین سلول واحد (الف) ، (ب) و (ج) در چیست؟

شبکه‌های چهارده‌گانه براوه در هفت سیستم کریستالی دسته‌بندی می‌شوند. این سیستم‌های کریستالی شامل: مکعبی، تتراگونال، اورتورهومبیک، هگزاگونال، مونوکلینیک، تری‌کلینیک و رومبوهرال می‌باشند. که در شکل ۱۶ـ۲ به طور کامل نشان داده شده‌اند.

ویژگی‌های مواد

به ندرت ماده‌ای پیدا می‌شود که مجموعه ایده‌آلی از خواص مورد نظر را توأم با هم داشته باشد. به طور مثال کمتر ماده‌ای را می‌توان یافت که هم استحکام بالا و هم انعطاف‌پذیری خوبی داشته باشد. به طور معمول مواد مستحکم، انعطاف پذیری کمی دارند و برعکس. بنابراین شناخت خواص مواد و تغییر آنها در شرایط مختلف کاری، نکته مهمی است که می‌بایست به آن توجه شود. از این رو آشنایی با خواص فیزیکی، مکانیکی و تکنولوژیکی مواد نقش مهمی در شناسایی و انتخاب مواد به خصوص فلزات و آلیاژها که بیشترین کاربرد را در ساخت قطعات و انواع سازه‌های صنعتی دارند ایفا می‌کند.

ویژگی‌های فیزیکی مواد

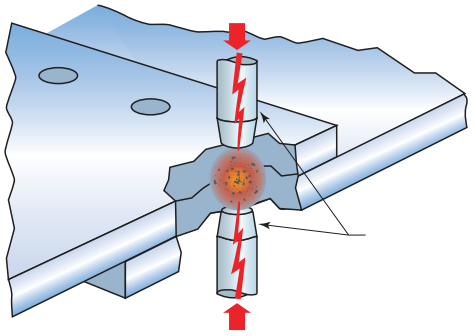
منظور از ویژگی فیزیکی، ویژگی‌هایی هستند که باعث تغییر در ترکیب شیمیایی ماده نمی‌شوند.

هدایت الکتریکی مواد:

این ویژگی عبارت است از قدرت هدایت واحد طول جسم بر واحد سطح مقطع آنکه نشان‌دهندهٔ توانمندی ماده در انتقال بار الکتریکی از یک محل به محل دیگر می‌باشد. از جمله مواد رسانای بسیار معروف فلزات هستند. ویژگی عمده فلزات از نظر خصوصیت الکتریکی این است که این مواد دارای الکترون‌های آزاد هستند، این الکترون‌ها را اصطلاحاً حاملین بار الکتریکی می‌گویند. زمانی‌که در جسمی جابه‌جایی بار صورت می‌گیرد، می‌گویند از جسم جریان الکتریکی می‌گذرد. بنابراین اگر فلزی را در مسیر جریان الکتریکی قرار دهیم، این جریان توسط الکترون‌های آزاد منتقل می‌شود و از این رو خاصیت رسانایی بیشتر به سرعت و تعداد الکترون‌های آزاد بستگی دارد. البته غیر از فلزات رساناهای دیگری نیز وجود دارند. از این جمله می‌توان به محلول‌های آبی، نمک‌ها و اسیدها اشاره کرد البته در این مواد بار الکتریکی توسط یون‌ها حمل می‌شود.

سؤال

نقش این ویژگی در فرایندهای جوش کاری چیست؟ به‌عنوان مثال فرایند نقطه‌جوش.



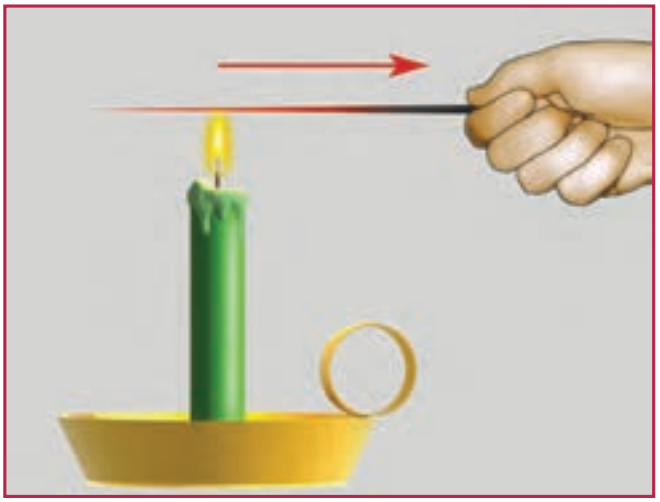
شکل ۲۰ـ۲ـ شماتیک فرایند نقطه جوش

هدایت حرارتی مواد:

با توجه به شکل زیر، یک میلهٔ فلزی را به روی شعله شمع نگه‌دارید، پس از گذشت زمان می‌بینید دست‌هایتان گرم می‌شود. به این ویژگی هدایت حرارتی می‌گویند. اما آیا هدایت حرارتی همه مواد یکسان است؟

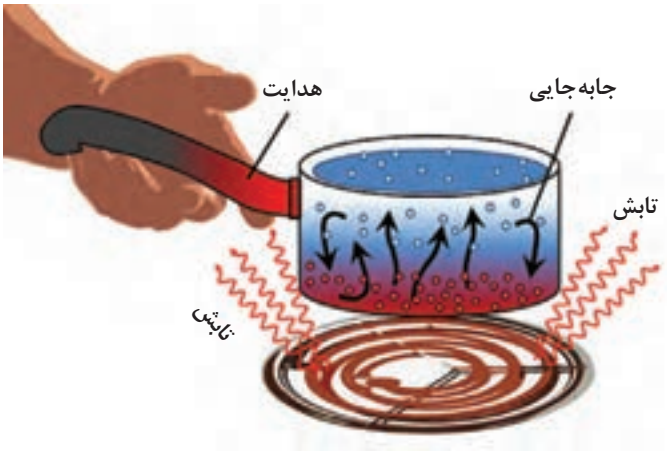
سؤال

به‌نظر شما بین چوب، شیشه و فلز کدام‌یک هدایت حرارتی بیشتری دارند؟ و چرا؟



شکل ۲۱ـ۲ـ آزمایش هدایت حرارتی با میلهٔ فلزی و شعله شمع

روش‌های انتقال حرارت به سه روش هدایت، جابه‌جایی و تابش می‌باشند که در شکل زیر این سه روش مشخص شده است.



شکل ۲۲ـ۲ـ روش‌های انتقال حرارتی

سؤال

به‌نظر شما در جوش‌کاری و لحیم‌کاری کدام‌یک از روش‌های هدایت، رسانش و تابش در انتقال حرارت به قطعه کار نقش دارند؟

نقطه ذوب:

دمایی است که ماده جامد در آن درجه حرارت به حالت مایع تبدیل می‌شود. برای مثال این دما در فشار یک آتمسفر برای یخ، صفر درجه سانتی‌گراد است. مواد و عناصر به‌صورت خالص دمای ذوب ثابتی دارند.

سؤال

چرا مواد نقطه‌ذوب متفاوتی دارند؟

انبساط حرارتی:

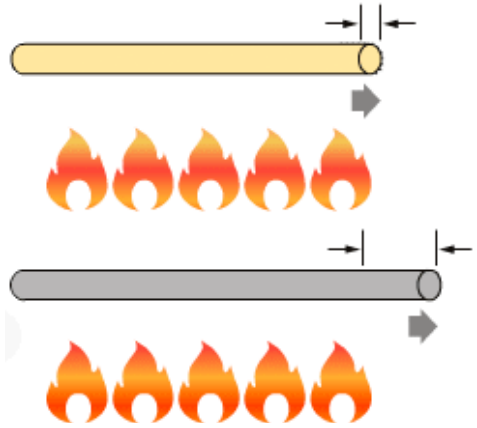
وقتی به یک جسم گرما می‌دهیم افزایش انرژی جنبشی ذرات سازنده باعث افزایش فاصله تعادلی اتم‌های پیوندی و در نتیجه افزایش طول پیوندهای شیمیایی می‌شود. افزایش طول این پیوندها موجب افزایش طول جامدات و افزایش حجم آنها می‌شود.

شکل ۲۳ـ۲ـ فاصله دندانه‌ای شکل بین دو قسمت پل

سؤال

در شکل بالا بین دو قسمت یک پل فاصله قرار داده شده است، دلیل این فاصله چیست؟

به جز تعداد محدودی از مواد، بیشتر مواد جامد با افزایش درجه حرارت، افزایش ابعاد (طول، عرض و ارتفاع) می‌دهند و با کاهش درجه حرارت (سرد شدن) ابعاد آنها کاهش می‌یابد. به‌عبارت دیگر مقدار ضریب انبساط حرارتی مواد متفاوت است، به‌عنوان مثال شکل روبه‌رو تغییرات دو میله در اثر حرارت، (الف) از جنس فلز و (ب) از جنس سرامیک را نشان می‌دهد.



شکل ۲۴ـ۲

سؤال

چرا تغییرات ناشی از حرارت در فلز (شکل ب) بیشتر بوده است؟

ویژگی مکانیکی مواد

ویژگی مکانیکی مانند ویژگی فیزیکی کمک می‌کنند تا بتوانیم انواع مواد را بشناسیم و آنها را دسته‌بندی کنیم. برخی از این ویژگی شامل: استحکام، سختی، شکل‌پذیری، تردی، چقرمگی.

استحکام

استحکام میزان مقاومت یک جسم در برابر تغییر شکل دائمی، در اثر اعمال نیروی خارجی است. در این رابطه استحکام فشاری و کششی از مهم‌ترین مفاهیمی هستند که مورد بررسی قرار می‌گیرند.

استحکام کششی: مقدار مقاومت یا توانایی جسم در تحمل نیروهای کششی، بدون آنکه گسستگی یا شکست در آن رخ دهد، گفته می‌شود.

استحکام فشاری: مقدار توانایی یک جسم در تحمل نیروهای فشاری، بدون آن‌که گسستگی یا شکست در آن رخ دهد، گفته می‌شود. استحکام مواد در مقابل نیروی فشاری و کششی متفاوت می‌باشد، به‌عنوان مثال سرامیک‌ها استحکام فشاری خوبی دارند، اما استحکام کششی آنها پایین است.

سختی:

مقدار مقاومت یک ماده در برابر نفوذ اجسام خارجی را سختی آن می‌نامند، هرچقدر سختی یک ماده بیشتر باشد، مقاومت به نفوذ آن نیز بیشتر خواهد بود. به شکل زیر نگاه کنید، کدام یک از دو ماده سختی بیشتری دارند؟جسمی که روی آن خط ایجاد شده است یا جسمی که این خط را ایجاد کرده است؟

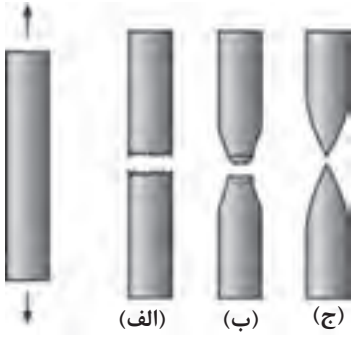
شکل ۲ـ۲۵

سؤال

به‌نظر شما سخت‌ترین و نرم‌ترین مواد در طبیعت کدام‌اند؟

شکل‌پذیری عکس ترددی است

به شکل زیر نگاه کنید، سه میلهٔ فلزی در ابعاد یکسان از جنس‌های مختلف تحت نیروی کشش قرار می‌دهیم، تفاوت بین این سه میله پس از اعمال نیرو چیست؟ کدام‌یک از سه میله (الف)،(ب) و(ج) شکل‌پذیری بیشتری دارد؟ و کدام‌یک تردی بیشتری دارد؟



شکل ۲۶ـ۲

سؤال

شیشه یک مادهٔ ترد است یا شکل‌پذیر؟

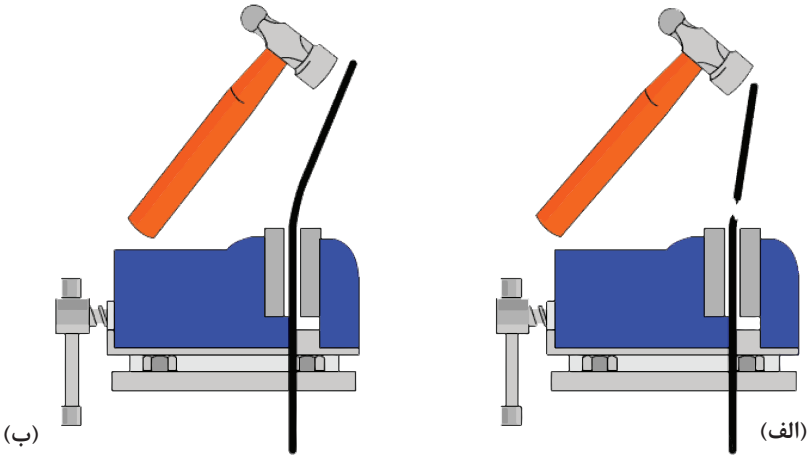
چقرمگی:

به قابلیت جذب انرژی و تغییر شکل پلاستیک بدون شکست چقرمگی گفته می‌شود، به‌عبارت دیگر ماده را تحت کشش قرار می‌دهیم و بدون آنکه شکست در آن رخ دهد، تا جایی که امکان دارد تغییر شکل پلاستیک می دهد.

شکل ۲۷ـ۲ـ مادهٔ چقرمه

سؤال

به شکل زیر نگاه کنید و بگویید کدام‌یک از آنها یک مادهٔ چقرمه را نشان می‌دهد؟



شکل ۲۸ـ۲ـ (الف) ماده‌ای که تحت ضربه می‌شکند.(ب) ماده‌ای که تحت ضربه تغییرشکل می‌دهد.

ارزشیابی

۱ تحقیق کنید و ببینید فرق بین اتم‌ها و یون‌ها در چیست؟

۲ کاربرد کریستال‌های مایع (پلیمر LCD) چیست و در چه صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد؟

۳ در جدول ۱-۲ کتاب درسی پنج گرده از مواد معرفی شده‌اند، برای هر کدام کاربردهای دیگری را بیان کنید. جدولی همانند جدولی ۱-۲ تهیه کنید و مجدداً آنها را دسته‌بندی نمایید.

۴ تفاوت بین مواد آمورف، پلی کریستال و تک کریستالی در چیست و آیا کریستالی بودن یا آمورف بودن مواد بر روی ویژگی مواد تأثیرگذار است؟

۵ تفاوت بین سلول واحد و کریستال چیست؟

۶ ویژگی مکانیکی و فیزیکی مواد را نام ببرید و هر یک از آن را شرح دهید.

۷ در شکل ۱۶-۲ انواع شبکه‌های کریستالی نشان داده شده است، فکر می‌کنید تفاوت بین این شبکه‌ها در چیست؟ آیا می‌توانید طول اتم‌ها را بر روی این شکل‌های هندسی چینش کنید که متفاوت از چهارده شبکه شود؟

۸ به نظر شما چیدمان اتم‌ها در شبکه کریستالی، آمورف یا کریستالی بودن تأثیری بر ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی مواد دارد؟