

دانشکده مهندسی معدن و متالورژی

خواص فیزیکی مواد ۱

گردآورنده:
سید محمد موسوی خوئی

پاییز ۱۳۷۴

فصل اول

۱	مقدمه
۲	متالورژی شیمیایی
۲	متالورژی مکانیکی
۲	متالورژی فیزیکی

فصل دوم

۴	ساختار اتم و پیوندهای اتمی
۵	باند های هسته ای
۵	ساختمان الکترونی اتم
۱۱	تشکیل پیوندها در ساختمان های بلوری
۱۲	پیوندهای اتمی
۱۳	پیوند یونی
۱۴	پیوند کووالانسی
۱۵	پیوند واندروالس
۱۷	شبکه های فضائی و سیستم های کریستالی
۱۷	صفحات کریستالی - اندیس میلر
۲۱	جهات کریستالی و اندیس میلر
۲۱	فواصل سن صفحه ای
۲۲	بررسی ساختمان اتمی شبکه جامد
۲۳	ضریب تراکم
۲۴	ضریب تراکم در bcc
۲۴	ضریب تراکم در fcc

فصل سوم

۲۸	عیوب شبکه کریستالی
۲۸	محلول های جامد در فلزات
۲۹	محلولهای جامد منظم
۲۹	محلولهای جامد بین نشین
۲۹	محلولهای جامد در مواد مرکب
۳۰	عیوب نقطه ای

۳۰	عیوب جای خالی
۳۳	عیوب شوتکی
۳۳	عیوب بین نشینی
۳۴	عیوب فرنکل
۳۶	ناپجائی لبه‌ای یا خطی
۳۷	ناپجائی پیچی
۳۸	ناپجائی مختلط
۳۹	عیوب سطحی
۳۹	عیوب لایه‌ای
۳۹	مرز دانه‌ها
۴۰	عیوب فضائی

فصل چهارم

۴۱	فازها در سیستم های فلزی
۴۱	جوانه زنی
۴۱	رشد جوانه
۴۳	سیستم های یک جزئی
۴۴	دیاگرام تعادلی
۴۵	قانون فازها
۴۶	فاز بخار
۴۶	فشار بخار
۴۷	تئوری کینتیک
۴۹	فاز مذاب
۵۰	خواص فلزات مذاب
۵۲	فازهای جامد
۵۴	مرز دانه یا کریستالها
۵۹	انواع فاز جامد
۵۹	محلولهای جامد جانشینی
۶۰	فاکتور میل ترکیبی شیمیایی
۶۰	فاکتور ظرفیت نسبی
۶۰	فاکتور نوع شبکه



۹۱	انرژی آزاد فازهای آلیاژی
۹۴	دیاگرام تعادلی یوتکتیک
۹۸	آلومینیوم - سیلیسیم : نمونه از یک سیستم یوتکتیک
۹۹	تعیین فازها
۱۰۱	تغییرات خواص در سیستم های یوتکتیکی
۱۰۳	انجماد در حالت غیر تعادلی در سیستم های یوتکتیکی
۱۰۵	سیستم های پرتکتیک
۱۰۵	دیاگرام تعادلی پرتکتیک
۱۰۹	انجماد غیر تعادلی در سیستم های یوتکتیکی
۱۰۹	انجماد غیر تعادلی
۱۱۰	جدایش در انجماد معمولی
۱۱۱	ذوب منطقه ای
۱۱۴	فازهای میانی
۱۱۶	ترکیبات پیوندی
۱۱۶	ترکیبات الکترونی
۱۱۷	ترکیبات بین نشین
۱۱۷	واکنشهای حالت جامد
۱۱۸	واکنشهای یوتکتوئیدی
۱۲۱	رسوب از محلول جامد
۱۲۳	دیاگرامهای سه تایی
۱۲۳	طرز نشان دادن سیستم های سه تایی
۱۲۵	آنالیز فازها در سیستم های سه تایی
۱۲۸	دیاگرامهای تعادلی مهم صنعتی
۱۲۹	سیستم آهن - کربن
۱۲۹	فولادها
۱۳۲	فولادهای ریختگی
۱۳۳	فولادهای کار مکانیکی شده
۱۳۵	فولادهای آلیاژی
۱۳۸	چدن‌ها
۱۳۹	انجماد آلیاژهای یوتکتیک در سیستم آهن - سمیتیت

۱۴۰	چدن سفید
۱۴۱	انجماد آلیاژهای یرتکتیک در سیستم آهن - گرافیت
۱۴۱	چدن خاکستری
۱۴۶	چدن با گرافیت فشرده
۱۴۶	آلیاژهای مس
۱۴۶	برنجها
۱۵۰	برنزها

"تکنیک هر قرن با مواد مورد مصرف محدود شده است"

J.D. BERNAL

مقدمه:

علم و بخصوص مهندسی مواد در ۲۵ سال گذشته زمینه تحقیقات بسیاری را به خود اختصاص داده است. خواص و رفتار مواد به ساختار داخلی آنها بستگی دارد در نتیجه برای بهبود خواص باید تغییراتی در ساختار داخلی فراهم گردد، تا مشخصات مواد تغییر کند.

یکی از میدانهای گسترده مهندسی مواد، متالورژی می باشد که در جهان از دیرباز به عنوان صنعت مادر شناخته شده و با پیشرفت روزافزون تکنولوژی نقش آن آشکارتر می گردد. کشف آتش، سرآغاز صنعتی شدن جامعه بشری است. شاید شخصی که آتش تهیه می کرد از مشاهده قطرات فلزی که از سنگهای ملتهب اجاق سرازیر شده بود، غرق تعجب گردید. شاید این مشاهده ساده زمانهای طولانی انسانهای نخستین را دچار شگفتی کرده، تا بفهمند که در داخل بعضی از سنگها قطعات فلزی وجود دارد. عده ای از محققان تصور می کنند که در حدود ۶ تا ۷ هزار سال پیش از میلاد مسیح ساحل نشینان نیل توانستند از سنگهای معدنی شبه جزیره سینا فلز استخراج کنند. از سوی دیگر شواهد باستان شناسی نشان میدهد که حدود ۱۵۰۰ سال قبل از میلاد مسیح شمال و مرکز ایران قدیمی ترین مناطق متالورژی محسوب میشوند باز در شواهد اقوامی را می بینیم در مابین دریای خزر و دریای سیاه یک صنعت آهن، بصورت ساخت ابزار و سلاح جنگی داشتند. شمشیرهای دمشقی که در قرون وسطی از زیباترین نمونه های هنر فولادسازی اولیه است، به روش سنتی بالای های متناوب از آهن کم کربن و پرکربن که آهنگری شده، حکایت از علم فلزشناسی از دیرباز را دارد. علم فلزشناسی یعنی متالورژی، دانش و فن ساخت فلزات و آلیاژها، با خواص و کاربردهای مختلف است. بیشتر مردم آثرا به عنوان یک هنر و فن باستانی می شناسند. این علم در تاریخ باستانی جایی و مکانی دارد که از عصر حجر به عصر برنز و سپس به دوره آهن رسیده است. تهیه فلز از سنگها، اساس و راز کیمیاگری محسوب می شده و سینه به سینه انتقال پیدامی کرده است. این حالت مرموز و افسانه ای که از دیرباز ادامه داشته، بطور ناخود آگاه سهم مهمی در پیشرفت علم متالورژی داشته که اگر این مهم ها نبودند، تولید فلزات و آلیاژهای جدید برای موتورهای جت، راکتورهای هسته ای... میسر نمی شد. پس این همه موفقیت در اثر کیمیاگری نبوده و از تحقیق و کاربرد روشن علوم و فنون حاصل گشته است. متالورژی بعنوان علم به سه قسمت عمده تقسیم بندی شده است: متالورژی شیمیایی، متالورژی مکانیکی، متالورژی فیزیکی.

متالورژی شیمیایی

متالورژی شیمیایی درباره خواص شیمیایی فلزات و آلیاژسازی است. قسمت عمده متالورژی شیمیایی در زمینه واکنشهای اکسیداسیون و احیاء است. علت اصلی این است که اکثر فلزات بصورت اکسیدها و سولفیدها، کلورورها، کربناتها و غیره در طبیعت یافت می شود. قدم اول تبدیل این سنگها به فلزها؛ یعنی متالورژی استخراجی است که با پروسس اکسیداسیون و احیاء ممکن است. وقتی فلزی در محیط قرار می گیرد، واکنش ها عکس زمان استخراج جریان پیدا کرده و فلز به حالت اکسیدی قبلی برمی گردد. یعنی زنگ می زند. واکنش اساسی غالباً هم ساده هستند، یک زیان عظیم اقتصادی را به همراه می آورد. پس یک شیمی متالورژیست باید هدفش استخراج فلز و نگهداری آن در همان حالت باشد.

متالورژی مکانیکی

اهمیت فلزات مرهون خواص مکانیکی منحصر به فرد آنهاست. بخاطر اهمیت ویژه و برجسته فلزات بعنوان یکی از مواد مهم مورد استفاده فراوان دارند. زندگی در اجتماع کنونی بدون فلزات کاملاً غیر ممکن است. در هر کشور مدرن صنعتی، تولید فلزات و کالاهای فلزی به تولید ناخالص ملی راتشکیل می دهد. چرا فلزات این چنین نقشی در زندگی ما دارند؟ تنها بعلمت خواص مکانیکی آنها می باشد. استحکام بالا و قابلیت تغییر شکل پلاستیکی به فلزات اجازه می دهند که در شکل دادن به طریق کشش، فورج، تبدیل شکل بدهند مانند قوطی مواد غذایی، بدنه اتومبیل و غیره در مواقعی از خاصیت چقرمگی (تافنسی) مانند محور چرخ هواپیما که باید توانائی تحمل تمام برخوردها و ضربه های شدید را بمدت طولانی داشته باشد. متالورژی مکانیکی درباره تمام خواص مکانیکی و رابطه بین این خواص، و طراحی مهندسی و انتخاب مواد و کارآئی در هنگام کار را مورد بررسی قرار می دهد. متالورژی مکانیکی یکی از قدیمی ترین قسمتهای متالورژی می باشد. انسانهای اولیه بعد از یافتن فلز، توانستند بوسیله آهنگری، لوازم مورد نیاز خود را تهیه کنند و در طول قسمت عمده تولیدات فلزی بصورت مکانیکی تولید شده و می شود.

متالورژی فیزیکی

قطعه فلزی مسطح و براق را که تصویر خود را در آن می بینیم، در نظر بگیریم. آیا از دنیای پرتلاطم آن اطلاعاتی داریم؟ الکترونها یا سرعتهای سرسام آور در حرکت هستند. خود اتم ها نیز در حرکت هستند و دائماً مکان خود را تغییر می دهند. حتی اگر جامد هم باشند، تغییرات درجه حرارت در طرز قرار گرفتن اتم هائش موثر دارد. برای تغییر ساختار اتمی، از درجه حرارت های بالا، در چند صدم ثانیه فولادی را سریع سرد می کنیم. طرز قرار گرفتن اتم ها تغییر می کند. تغییر پلاستیکی مواد از طریق حرکت نابجائی ها، که درون فلز در حال حرکت است، باعث لغزش اتم ها می گردد که در صورت عدم امکان حرکت نابجائی ها، پایان تغییر شکل پلاستیکی و سخت شدن فلز می باشد. این عمل را کار سختی می نامند. حرارت دادن فلز ابتدا خلاصی از دست نابجائی ها و نظم مجدد اتمی را پدیدار می کند بوجود آوردن نظم و ترتیب جدید اتمی با ساختن آلیاژها امکان می یابد، سرد کردن سریع آلیاژ

آلومینیم و سپس نگهداری آلیاژ در درجه حرارت متوسط باعث حرکت اتم‌های آلیاژ در فاز جامد آلومینیم شده و بصورت خوشه‌هایی در نقاط مختلف زمینه تجمع می‌کند که مانعی بر سر راه حرکت نابجائی (سختی رسوبی) می‌باشد. بررسی این قبیل موضوعات با متالورژی فیزیکی در ارتباط می‌باشد. قسمتی از آن که با خواص مکانیکی فلزات، آلیاژها، طراحی و تولید می‌باشد با متالورژی مکانیکی و در زمینه ریخته‌گری آلیاژسازی، خوردگی و اثرات ناخالصی‌ها بر ساختار فلزات و آلیاژها با متالورژی شیمیایی در ارتباط می‌باشد. با اینکه متالورژی فیزیکی جدیدتر از دوتای دیگر است، ولی آب دادن، تمپر کردن، کارسختی، آنیل کردن و غیره از دوره‌های باستانی کشف و اجرا می‌شده است. حرکت و تکامل متالورژی فیزیکی در نیمه دوم قرن نوزدهم بوسیله سوربی (Sorby) که با ابداع میکروسکوپ نوری برای بررسی متالوگرافی و مشاهده ساختار فلزات و آلیاژ ارائه نمود. دانه‌ها، فازها و تغییرات ساختاری در اثر عملیات حرارتی با بررسی میکروسکوپی امکان پذیر می‌باشد. درست در همان زمان بوسیله علم ترمودینامیک بسیاری از مفاهیم قابل درک و بررسی شده و تحقیقات جدید با کمک متالوگرافی آغاز شده و باعث پیشرفت و تکامل متالورژی فیزیکی گردید. میکروسکوپ متالورژیکی یکی از مفیدترین وسیله در تحقیقات متالورژی می‌باشد با کشف اشعه X در دهه ۱۹۲۰ میلادی تک کریستالهای فلزات ساخته شد و خواص آن مورد بررسی قرار گرفت پیشرفت بعدی در اوایل ۱۹۳۰ء تئوری کوانتم بود که توانست فلز را بشناساند.

تحرك اتمها و شكل پذیری با استفاده از نواقص شبکه‌ای بیان گردید. در سالهای جنگ جهانی دوم و بعد از آن نیاز به فلزات و آلیاژهایی که در درجه حرارت‌های بالا بتوانند مقاومت کنند و همچنین احتیاج صنایع به مواد پیشرفته، همه در پیشرفت متالورژی فیزیکی مؤثر بودند. میکروسکوپیهای الکترونی را هم نباید فراموش کنیم. چونکه ارتباط ما با دنیای درون فلز با این دستگاهها امکان پذیر است. پس در راه پیشرفت متالورژی فیزیکی نقش دستگاههای پیشرفته بسیار عظیم می‌باشد. امروزه متالورژی یک علم عملی و کاربردی است. ولی برای بهتر استفاده کردن از مواد مهندسی تا آنجا که قوانین طبیعی و ذخیره‌ها به همراه تکنیک قرن ما اجازه می‌دهد می‌توانیم استفاده کنیم. متالورژی پلی است مابین صنایع فلزی و مصرف‌کننده، این ارتباط وقتی به نحو احسن برقرار می‌شود که در کنار صنعت، علم و متالورژی دست در دست هم بگذارند تا بتواند بر مشکلاتی که در سر راه قرار دارند فائق شوند. بنابراین اصل آموزش متالورژی باید تربیت افرادی با چنین خصوصیتی باشد که بتواند با شناخت و درک واقعیات علمی و صنعتی این پل ارتباطی را برقرار کنند و برای نسل امروزه و آینده مفید باشند.

فصل دوم

ساختار اتم و پیوندهای اتمی

هر ماده‌ای از تعدادی اتم تشکیل شده است و خواص یک ماده تابع نیروی اتصال بین اتمهای آن است. این نیروی اتصال به ساختار اتم مربوط می‌گردد. پیوندها در جامدات تأمین کننده استحکام و خواص الکتریکی و گرمایی مربوطه می‌باشند. پیوندهای قوی سبب ایجاد نقطه ذوب بالا، مدول کشسانی بالا، فاصله بین اتمی کوتاهتر و ضریب انبساط گرمایی کمتر می‌شود.

با تصویر کلی اتم امروزه آشنا هستیم. در مرکز هسته‌ای به شعاع 10^{-14} تا 10^{-15} متر وجود دارد. به دور آن الکترونها با شعاع 10^{-10} متر و سرعت 10^6 m/s (سرعت نور $c = 3 \times 10^8$ m/s) در محوطه‌ای به شعاع $(1A) = 10^{-10}$ m به دور هسته در حال حرکت می‌باشند. جرم الکترونها در حالت سکون 9.1×10^{-31} kg می‌باشد. وزن هسته تقریباً 1840 بار سنگین تر از وزن یک الکترون می‌باشد. بنابراین عملاً تمام جرم یک اتم در هسته آن متمرکز است. هسته از مجموع پروتونها و نوترونها تشکیل یافته است. عدد اتمی Z و تعداد نوترونها N به ترتیب تعداد پروتونها و نوترونهای هسته بوده، خواص شیمیایی یک اتم به عدد اتمی (تعداد پروتونها) وابسته می‌باشد و هر عنصر دارای یک عدد اتمی مخصوص به خود است و عدد جرمی اتم برابر است با:

$$A = Z + N \quad (2.1)$$

عناصر در حالت طبیعی خود مخلوطی از ایزوتوپها، یعنی مخلوطی از هسته‌هایی با Z یکسان و N مختلف می‌باشند. جرم اتمی تقریباً برابر است با عدد جرم اتمی. واحد جرم اتمی $\frac{1}{12}$ جرم اتمی کربن 12، معمولی ترین ایزوتوپ کربن، است. [در بعضی مراجع بر حسب اکسیژن $A = 16$ که متداولترین آن می‌باشد محاسبه میکنند.] برای مثال $\frac{1}{16}$ جرم اتم اکسیژن برابر است با $1M = 1.66 \times 10^{-27}$ kg که عکس این عدد 6.023×10^{23} می‌باشد که تعداد اتمها در یک مول بوده و به عدد آووگادرو معروف می‌باشد.

$\frac{1}{12}$ جرم اتمی کربن 12، واحد جرم اتمی است. در هر گرم 6.02×10^{23} واحد جرم اتمی وجود دارد. عدد آووگادرو عبارتست از تعداد اتمها در یک مول. جرمهای پروتون، نوترون و الکترون به ترتیب عبارتند از: 1.00758 ، 1.00897 ، 0.00055 مره از واحد جرم اتمی.

برای مثال:

$$H = 1.0079 \text{ واحد جرم اتمی یا } [1.0079 \text{ گرم بر } (6.022 \times 10^{23} \text{ اتم})]$$

$$C = 12.011$$

$$O = 15.9994$$

$$Cl = 35.453$$

$$Fe = 55.847 \text{ گرم اتمی}$$

در محاسبات عموماً 1، 12، 16، 5، 35، 56 و یا 55.8 [محاسبه می‌شود. ساده ترین هسته هیدروژن است که یک پروتون دارد $A = Z = 1$ ایزوتوپهای آن عبارتند: دتریوم $Z = 1$ و $N = 1$ و تری تیم $Z = 1$ و $N = 2$ عنصر بعدی هلیم است $Z = 2$ و معمولاً $N = 2$ و عناصر بعدی یک پروتون

و یا دو نوترون از اتم قبلی بیشتر دارند. برای مثال ایزوتوپ اصلی اورانیم ($Z=92$ و $A=238$) بصورت ^{238}U نشان داده می شود که برای توصیف واکنشهای هسته ای مفید است. پروتون ها دارای بار مثبت، نوترون ها بدون بار الکتریکی و الکترون ها دارای بار منفی که از نظر مقدار برابر پروتون ها است، هستند. عدد اتمی نشان دهنده تعداد الکترون های یک اتم خنثی (تعداد پروتون های هسته) است. عدد اتمی یا تعداد الکترون ها در ارتباط است. به ویژه الکترون هایی که در مدار آخر قرار دارند، بیشتر بر خواص مورد نظر اثر می گذارند، برای مثال: (۱) خواص شیمیایی را تعیین می کنند. (۲) پیوندهای بین اتمی و در نتیجه خواص مکانیکی را تغییر می دهند. (۳) بر هدایت الکتریکی مواد اثر می کنند (۴) بر خواص نوری اثر می کنند. بعنوان مثال فلزات، الکترون های آخرین مدار خود را از دست می دهند ولی غیر فلزات به آسانی الکترون اضافی را پذیرفته و بابه اشتراک می گذارند.

باند های هسته ای

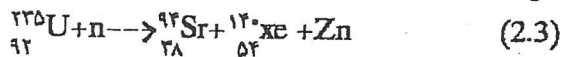
جرم هسته و ذرات هسته ای را می توان با وسایلی مانند اسپکترومتر جرمی اندازه گیری کرد. معمولاً وزن هسته اندکی کمتر از مجموع تک تک اجزاء هسته [پروتون ها و نوترون ها] می باشد علت این امر انرژی آزاد شده در هنگام تشکیل هسته می باشد. ضمناً انرژی باند های هسته باعث بوجود آمدن فشرده ای از ذرات بشکل هسته نیز می باشد. رابطه انرژی آزاد شده باند و از دست دادن جرم بوسیله فرمول اینشتین محاسبه میشود.

$$E = mc^2 \quad (2.2)$$

که عبارتست از جرم ضربدر مجذور سرعت نور ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$) مجذور c^2 آنقدر بزرگ است که حتی درواکنش های شیمیایی هم کم شدن جرم ناچیز است؛ برای مثال از سوختن یک کیلوگرم زغال سنگ حدود $33/5 \times 10^6 \text{ J}$ انرژی آزاد می شود. برای محاسبه مقدار جرم از دست رفته بصورت زیر عمل می کنیم:

$$m = \frac{E}{c^2} = \frac{33/5 \times 10^6}{(3 \times 10^8)^2} \text{ kg} \Rightarrow m = 3/7 \times 10^{-11} \text{ kg}$$

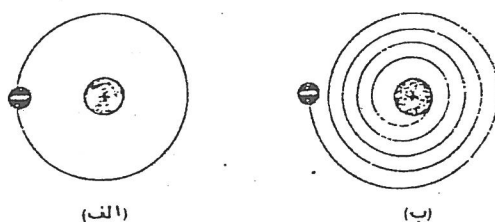
همانگونه که ملاحظه می شود جرم بسیار اندک، ولی انرژی آزاد شده تقریباً بسیار بزرگ است. معمولاً این فرم انرژی را با الکترون ولت ($1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV}$) عبارتست از کار انجام شده هنگام حرکت الکترون از میان یک میدان الکتریکی بقدرت یک ولت ($1 \text{ eV} = 1/6 \times 10^{-19} \text{ J}$). هسته های خیلی بزرگ بخاطر نیروی دافعه الکترواستاتیکی بین پروتون های خود، ناپایدار هستند. پایدارترین هسته ها، هسته های متوسط می باشند مانند آهن. ولی در هسته های کوچک $N=Z$. و در هسته های بزرگتر تعداد پروتون ها نسبتاً کمتر است یعنی $N=1/5Z$ هسته هایی که خیلی بزرگ هستند مثل اورانیم و عناصر شبیه به آن میل به شکسته شدن (فیزیون) دارند؛ یعنی با جذب نوترون شکسته می شوند. انرژی آزاد شده در هر واکنش برابر 200 MeV است و این اساس انرژی هسته ای است.



ساختمان الکترونی اتم

برای مثال هیدروژن که یک الکترون و یک پروتون دارد را در نظر می گیریم. بر اساس قوانین فیزیک کلاسیک این الکترون باید دائماً از خود تشعشع داشته باشد. اگر این پدیده اتفاق می افتاد اصل بقا

انرژی حکم می‌کرد که فاصله الکترون و پروتون بطور پیوسته کم شود. مطابق این الگو، حرکت الکترون باید به صورت مارپیچ بوده، در نهایت با هم یکی می‌شدند که در عمل مشاهده نشد.



شکل ۲.۱ حرکت الکترون دور هسته الف- مدار دایره‌ای ب- مدار مارپیچی

در اوایل قرن بیستم (۱۹۰۹-۱۹۱۱) رادرفورد "Rutherford" فرضیه خود را در مورد ساختمان الکترونی اتمها طبق مدلی که هسته در مرکز اتم قرار داشته، الکترونها بدور هسته دوران می‌نمایند، ارائه نمود که این مدل را به علت شباهت به منظومه شمسی، مدل منظومه شمسی نامیدند. در سال ۱۹۰۰ ماکس پلانک دریافت که تشعشع امواج به صورت بسته‌های کوچک یا کوانتوم است این کشف مبنای نظریه کوانتوم قرار گرفت و در نتیجه الگوی اتم تا حدودی تغییر یافت. بعداً در سال ۱۹۱۳ نیلزبر "Neils Bohr" با چهار فرضیه طرز قرار گرفتن الکترونها در اطراف هسته را بیان نمود. فرضیه اول: الکترونها مجاز هستند بر روی سطوحی با انرژی مشخصی در اطراف هسته حرکت نمایند.

فرضیه دوم: الکترونهایی که بر روی یکی از این سطوح انرژی قرار گیرند هیچ گونه انرژی از خود منتشر نمی‌کنند. زمانی که الکترونی تغییر مکان داده و از یک سطح انرژی به سطح بالایی و یا پائینی برود، اختلاف انرژی دو سطح بصورت ذره (کوانتوم) نور، آزاد می‌شود. مقدار انرژی از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$E = h\nu \quad (2.4)$$

ν ، فرکانس یک فوتون از نور و h ضریب ثابت پلانک برابر است با $6.62 \times 10^{-27} \text{ erg}\cdot\text{s}$. فرکانس نور بستگی به سرعت چرخش الکترون ندارد. فرکانس، طول موج و سرعت نور طبق رابطه

$$v\lambda = c \quad \text{یا} \quad v = \frac{c}{\lambda} \quad (2.5)$$

با جایگذاری رابطه (2.5) در (2.4) انرژی فوتون برابر خواهد بود با،

$$E = \frac{hc}{\lambda} \quad (2.6)$$

همانگونه که می‌دانیم h ، c اعداد ثابتی هستند و طول موج نور آزاد شده، مربوط به یک انرژی فوتون مشخصی می‌باشند. و هر الکترونی از یک سطح انرژی به سطح انرژی پائین تر سقوط کند، نوری با طول موج مشخصی از خود ساطع می‌کند. در هر اتم برای هر الکترون، چندین انتقال سطوح انرژی می‌تواند بوقوع بپیوندد. هر یک از این انتقالها سبب ایجاد یک ذره فوتون با طول موج معین می‌شود. به عبارتی هر طول موج مانند λ یک اختلاف انرژی کوانتومی ΔE را پدیدار می‌کند. فرضیه سوم: الکترونها در هر سطح انرژی بر روی مدار دایره‌ای شکل معینی بدور هسته در حال چرخش هستند.

فرضیه چهارم: سطوح مجاز الکترون سطوحی است که در آنها ممنتیم زاویه ای الکترون (mvr) مضرب صحیحی از $\frac{h}{2\pi}$ می باشد.

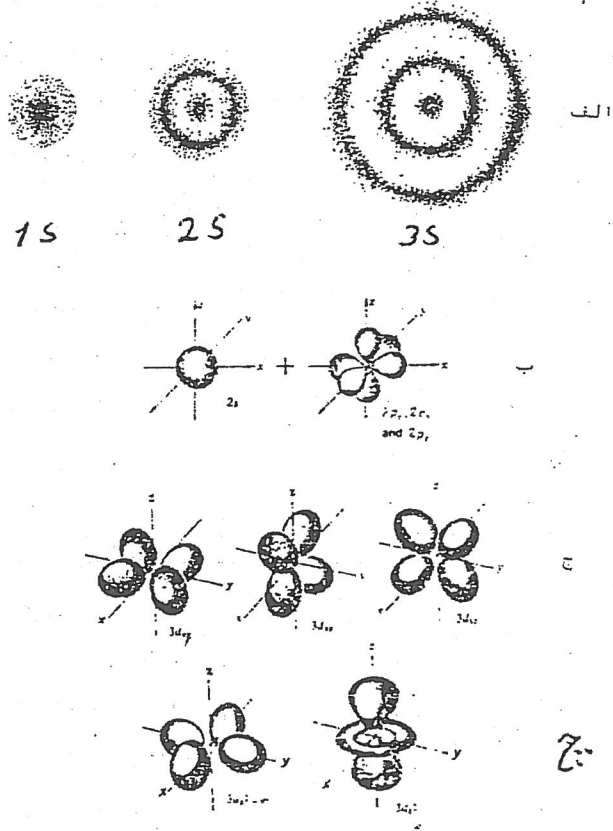
$$mvr = n \frac{h}{2\pi} \quad (2.7)$$

در رابطه (2.7) عدد صحیح n سطوح انرژی را مشخص کرده، عدد کوانتومی نامیده میشود. از چهار فرضیه که بر Bohr درینا کردن تئوری خود استفاده کرده است، دو فرضیه اول و دوم بر مبنای اصل مکانیک کوانتومی که در شرح ساختمان اتمی امروزه هم مورد استفاده قرار می گیرد، مورد قبول است. فرضیه سوم غلط می باشد؛ زیرا الکترون خاصیت موجی دارد و نمی تواند روی مداری بصورت ساکن قرار گیرد. بر طبق قوانین الکترو دینامیک می بایست به تدریج انرژی خود را در اثر نیروی جاذبه هسته والکترون، از دست داده، بر روی هسته سقوط می کرد که چنین نیست. و برای اینکه الکترون بر روی مدار معینی بصورت پایدار باقی بماند، باید با سرعت زیادی در مدار در حال چرخش باشد و این سرعت بگونه ای باشد که نیروی جاذبه بین الکترون و هسته معادل بانروی گریز از مرکز باشد. اما فرضیه چهارم قسمتی از آن صحیح است، ممنتیم زاویه ای الکترون ثابت است، اما نه به طریقی که بر در نظر داشته اما در رابطه (2.7) عدد کوانتومی است. برای هیدروژن $n=1$ که پائین ترین سطح انرژی الکترون در حال چرخش است. طبق نظریه بر الکترونها در اطراف هسته اتم دارای موقعیت هایی با سطوح انرژی مجاز می باشند و انرژی الکترونها با زیاد شدن فاصله الکترونی از هسته افزایش می یابد و به همین جهت ابتدا مدارهای نزدیک به هسته پر می شوند. در هر قشر، $Z = 2n^2$ الکترون وجود دارد برای مثال در لایه k ، ۲ الکترون، لایه L ، ۸ الکترون، لایه M ، ۱۸ الکترون و لایه N ، ۳۲ الکترون دارد. اتمهایی که لایه های خارجی آنها از لحاظ تعداد الکترونها کامل است از لحاظ شیمیایی بسیار پایدار اند، یعنی کمتر میل به واکنش شیمیایی با اتمهای دیگر دارند. خلاصه بر (Bohr) فرض کرد که مدارات الکترون مشخص و محدود است والکترونها که در مدار مجاز می چرخند از خود تشعشعی ندارند. ولی اگر الکترون از یک مدار مجاز به مدار مجاز دیگری برود مقدار معینی انرژی از آن خارج شده، یا جذب می شود. نظریه بر در عمل تأیید شده، در مورد اتم هیدروژن انطباق خوبی داشت. دیری نگذشت که در سال ۱۹۲۶ شرودینگر با پیش بینی معادله موج تئوری کوانتوم رابه شکل ریاضی بیان کرد. یعنی الکترون را در نقطه خاصی از فضا فرض نکرد. بلکه مبنای خود را احتمال وجود الکترون در موقعیت های خاصی از فضا قرار داد. این احتمال بصورت تابع موج بیان شده است. این الگوی اتم با الگویی که الکترون به دور هسته می چرخد، تفاوت اساسی دارد. تابع موج چیست؟ همان ارتعاش سینم را در نظر مجسم کنید مگر نه اینکه:

$$\text{انرژی پتانسیل} + \text{انرژی جنبشی} = \text{انرژی اتم}$$

شرودینگر حرکت موجی شکل الکترون و انرژی موجود در اتم ها، را با روابط ریاضی که به معادلات شرودینگر معروف است بیان کرد. وقتی تابع موجی، متعلق به حرکت موجی یک الکترون از اتمی باشد مجذور قدر مطلق ψ^2 یعنی احتمال پیدا کردن الکترون، در اطراف هسته اتم در واحد حجم را توصیف می کند. هایزنبرگ "Heisenberg" فیزیکدان آلمانی با روابط ریاضی نشان داد که تعیین مکان و سرعت یک الکترون در اطراف هسته، بطور همزمان امکان ندارد که به اصل عدم قطعیت هایزنبرگ معروف است. شرودینگر باری بر دن به رابطه بین سطوح انرژی و خواص

موجی الکترون، گفت: اگر دو الکترون دارای موقعیت انرژی یکسانی باشند ولی در طول یک محور در خلاف یکدیگر حرکت کنند، اسپین نامیده و علامت و رفتار مغناطیسی الکترون را تعیین میکند. دیگر نظریه بره که الکترون در فاصله مشخصی از هسته حرکت میکند، کنار گذاشته شد و منطقه‌ای از فضای اطراف هسته که احتمال پیدا کردن الکترون در آن ماکزیمم است، مورد توجه قرار گرفت. یعنی، حرکت الکترون به صورت حرکت ابری در اطراف هسته تصور شد. ابرها زمانی بصورت کره و گاهی کشیده هستند. اگر بصورت کره باشد مدار s و اگر کشیده باشد، مدار p و یا d را خواهیم داشت. بطور کلی مکان یک الکترون را نمی‌توانیم پیدا کنیم. ولی مکان حجمی کوچکی را می‌توانیم در نظر بگیریم که ۹۰ درصد وقت الکترون در آن مکان می‌گذرد. شکل ۲.۲ وضعیت مکانی الکترونها و اشکال مربوط به اربیتالهای s و p و d را نشان می‌دهد.



شکل ۲.۲ - وضعیت مکانی الکترونها و موقعیت و اشکال هندسی اربیتالها
 الف - موقعیت اربیتال s ب - موقعیت اربیتال p ج - موقعیت اربیتال d

اگرچه موقعیت الکترون را نمی توان دقیقاً تعیین نمود، ولی انرژی الکترون را با اسپکترومتری می توان تعیین نمود. موقعیت انرژی یک الکترون در اتم بوسیله چهار عدد کوانتومی مشخص می شود. عدد کوانتومی اصلی (n)، عدد کوانتومی فرعی (l)، عدد کوانتومی مغناطیسی (m)، و عدد کوانتومی اسپین که با (m_s) نشان داده می شود.

عدد کوانتومی اصلی (n)، فاصله اربیتالهای مختلف را از هسته اتم مشخص می کند و عدد صحیح مثبت از $n=1$ تا $n=\infty$ تغییر می کند. $n=1$ موقعیت الکترونها در قشر K را مشخص می کند و الی آخر. هر قدر عدد n بزرگتر باشد فاصله متوسط الکترون از هسته بیشتر است. عدد n تعیین کننده انرژی اربیتال می باشد و با افزایش n انرژی اربیتال افزایش می یابد. عدد کوانتومی فرعی l ، قشرهای فرعی الکترون را مشخص می کند. فاصله تغییرات l از صفر الی $n-1$ می باشد. برای مثال هرگاه $n=4$ باشد l می تواند ۰، ۱، ۲، ۳ باشد یعنی s, p, d, f اگر خلاصه کنیم: $l=0$ الکترونهای s ، $l=1$ الکترونهای p ، $l=2$ الکترونهای d و $l=3$ الکترونهای f نامیده میشود. سومین عدد کوانتومی بنام عدد کوانتومی مغناطیسی که با حرف m مشخص می شود عدد صحیح بین $(-l)$ تا l می باشد. صفر هم جزء اعداد قرار می گیرد. عدد کوانتومی اسپین m_s مقدار انرژی که یک الکترون را حول محور خودش می چرخاند مشخص می کند با توجه به جهت چرخش $\pm \frac{1}{2}$ را می تواند داشته باشد.

هر اتم با چهار عدد کوانتومی مشخص می شود طبق نظریه پائولی (pauli) در یک اتم تنها یک الکترون می تواند موقعیت معینی از انرژی را دارا باشد در یک اتم هیچ دو الکترونی پیدا نمی شوند، که از نظر هر چهار عدد کوانتومی برابر باشند. اگر سه عدد هم برابر باشد m_s باهمدیگر فرق خواهد کرد. اصل پائولی حداکثر تعداد الکترون ها را در یک اربیتال به دو الکترون محدود می کند. جدول ۱-۲ و ۲-۲ بترتیب مشخصات اعداد کوانتومی در چهار قشر اولیه و آرایش الکترونی عناصر را نشان می دهد.

جدول ۲.۱ مشخصات اعداد کوانتومی در چهار قشر اولیه

عدد کوانتومی اصلی (n)	مدارات اصلی فرعی (l)	موقعیت ها یا سطوح انرژی پایین	عدد کوانتومی مغناطیسی (m)	عدد کوانتومی اسپین (m_s)	تعداد الکترونها در سطوح انرژی مختلف
1	K	s	0	0	2
2	L	s, p	0, -1, 1	$+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$	8
3	M	s, p, d	0, -1, 1, -2, 2	" "	18
4	N	s, p, d, f	0, -1, 1, -2, 2, -3, 3	" "	32

جدول ۲.۲ آرایش الکترونی عناصر

عدد اتمی عناصر	عدد اتمی کبی (لایه) و بیسین (زیر لایه)												
	n =	1			2			3			4		
		l =	s	p	d	f	g	s	p	d	f	g	
۱ H		۱											
۲ He		۲											
۳ Li		۲	۱										
۴ Be		۲	۲										
۵ B		۲	۲	۱									
۶ C		۲	۲	۲									
۷ N		۲	۲	۲	۱								
۸ O		۲	۲	۲									
۹ F		۲	۲	۲	۱								
۱۰ Ne		۲	۲	۲									
۱۱ Na		۲	۲	۲	۱								
۱۲ Mg		۲	۲	۲	۲								
۱۳ Al		۲	۲	۲	۲	۱							
۱۴ Si		۲	۲	۲	۲	۲							
۱۵ P		۲	۲	۲	۲	۲							
۱۶ S		۲	۲	۲	۲	۲							
۱۷ Cl		۲	۲	۲	۲	۲							
۱۸ Ar		۲	۲	۲	۲	۲							
۱۹ K		۲	۲	۲	۲	۲	۱						
۲۰ Ca		۲	۲	۲	۲	۲	۲						
۲۱ Sc		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۱					
۲۲ Ti		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲					
۲۳ V		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۱				
۲۴ Cr		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۱			
۲۵ Mn		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲			
۲۶ Fe		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲			
۲۷ Co		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲			
۲۸ Ni		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲			
۲۹ Cu		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۱		
۳۰ Zn		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲		
۳۱ Ga		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۱	
۳۲ Ge		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۳۳ As		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۳۴ Se		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۳۵ Br		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۳۶ Kr		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۳۷ Rb		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۳۸ Sr		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۳۹ Y		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۴۰ Zr		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۴۱ Nb		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۴۲ Mo		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۴۳ Tc		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۴۴ Ru		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۴۵ Rh		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۴۶ Pd		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۴۷ Ag		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۴۸ Cd		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۴۹ In		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۵۰ Sn		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۵۱ Sb		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۵۲ Te		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۵۳ I		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۵۴ Xe		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	

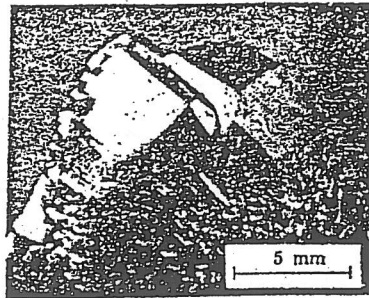
عدد اتمی عناصر	عدد اتمی کبی (لایه) و بیسین (زیر لایه)												
	n =	1			2			3			4		
		l =	s	p	d	f	g	s	p	d	f	g	
۵۵ Cs		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۵۶ Ba		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۵۷ La		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۵۸ Ce		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۵۹ Pr		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۶۰ Nd		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۶۱ Pm		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۶۲ Sm		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۶۳ Eu		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۶۴ Gd		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۶۵ Tb		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۶۶ Dy		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۶۷ Ho		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۶۸ Er		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۶۹ Tm		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۷۰ Yb		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۷۱ Lu		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۷۲ Hf		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۷۳ Ta		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۷۴ W		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۷۵ Re		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۷۶ Os		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۷۷ Ir		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۷۸ Pt		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۷۹ Au		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۸۰ Hg		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۸۱ Tl		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۸۲ Pb		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۸۳ Bi		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۸۴ Po		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۸۵ At		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۸۶ Rn		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۸۷ Fr		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۸۸ Ra		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۸۹ Ac		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۹۰ Th		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۹۱ Pa		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۹۲ U		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۹۳ Np		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۹۴ Pu		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۹۵ Am		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۹۶ Cm		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۹۷ Bk		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۹۸ Cf		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۹۹ Es		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۱۰۰ Fm		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۱۰۱ Md		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۱۰۲ No		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۱۰۳ Lr		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
۱۰۴ Rf		۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	

تشکیل پیوندها در ساختمان های بلوری

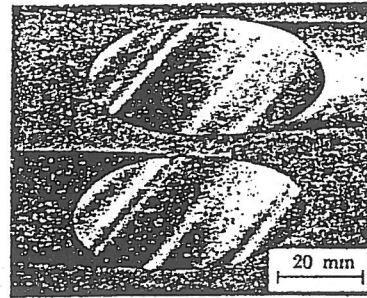
برای بهتر روشن شدن مطالعه جاذبه ای که اتمها را کنار هم نگه می دارد لازم است، قطعه ای از یک سیم مسی را در نظر بگیرید هر گرم از سیم شامل $\frac{6.022 \times 10^{23}}{63.54}$ اتم است. از طرفی هم، وزن مخصوص مس 8.96 g/cm^3 است، که با یک محاسبه ساده برابر با 8.96×10^{22} اتم می باشد در این شرایط نیروی جاذبه ای که اتمها را به یکدیگر پیوند می دهد قوی است. اگر اینطور نمی بود اتمها به آسانی از یکدیگر جدا می شدند. برای مثال فلزات تحت بارهای کوچک تغییر شکل می دادند و انرژی گرمائی که از ارتعاشات اتمی پدیدار می شد موجب گازی شدن اتمها در دمای پائین می گشت. بنابراین خواص ماده به نیروی اتمی یعنی به نیروهای بین اتمی موجود در آن وابسته است و این جاذبه اتمی به دلیل ساختار الکترونی اتمها است. عناصری که مدار ظرفیتی یا اربیتال الکترونی خارجی آنها پایدار باشد، یعنی هشت الکترون داشته باشند (بجز هلیم که ۲ الکترون دارد) و از طرفی عدم توازن نداشته باشند، (از نظر تعداد پروتونها و الکترونها). مثل گازهای بی اثر، از نظر فعالیت های شیمیایی غیر فعال می باشند و برعکس سایر عناصر باید به یکی از روشهای زیر الکترونیهای، اربیتالهای خارجی خود را به هشت برسانند: (۱) گرفتن الکترون اضافی، (۲) ازدست دادن الکترون، (۳) به اشتراک گذاردن الکترون که به وسیله این سه روش پیوندهای قوی به وجود می آورند و برای شکستن این پیوندها گاهی 50 kJ/mol (ژول بر مول) انرژی لازم است. فلزها مجموعه ای از اتمها هستند که معمولاً در یک ساختار بلوری قرار دارند بنابراین خواص فلزی نه تنها به ماهیت اتمهای تشکیل دهنده بلکه به نحوه و طرز قرار گرفتن اتمها نیز بستگی دارد. بطور کلی مجموعه های اتمی (فلزات) در سه حالت جامد، مذاب و گازی می توانند واقع شوند. در حال حاضر خصوصیات کریستالی فلزات جامد مورد بررسی قرار می گیرد.

طبیعت کریستالی فلزات بندرت در قطعات فلزی مثل اسکلت های فلزی، قطعات ماشین آلات و غیره در حالت عادی قابل رویت می باشد. لکن خواص تک تک کریستالها در یک فلز تعیین کننده خواص مهندسی بوده، و قویاً در مراحل تولید نقش اساسی به عهده دارد. تصاویر شکل ۲.۳ اثرات مشخصی که ناشی از کریستالی بودن فلزات را نشان می دهد. سطوح خارجی کریستالی شبیه نمونه های معدنی مثل کوارتز، گالنا و غیره تحت شرایط خاصی در فلزات نیز بوجود می آید.

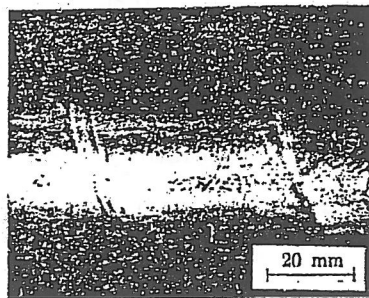
شکل ۲.۳ الف کریستال منیزیم را که بطرز خاصی رشد یافته است، نشان می دهد. کریستال منیزیم با ازدست دادن بخار در یک فرآیند تصعید تجارّتی به آهستگی رشد یافته است. موقعیکه صفحات کریستالی را نتوان روی سطح یک کریستال فلزی مشاهده کرد، گاهی اوقات با شکستن کریستال در طول یک صفحه کریستالی مشخص می شود. در شکل ۲.۳ (ب) می توان آنرا بوضوح ملاحظه کرد. تأثیر این صفحات کریستالی خاص را می توان در پروسس لغزشی در اثر تغییر شکل مکانیکی شکل ۲.۳ (پ) مشاهده نمود. شکل های ۲.۳ (الف) و (ب) و (پ) مربوط به تک بلورها می باشند ولی نمونه ۲.۳ (ت) یک نمونه دقیق در مورد یک آلیاژ چند کریستالی را نشان می دهد.



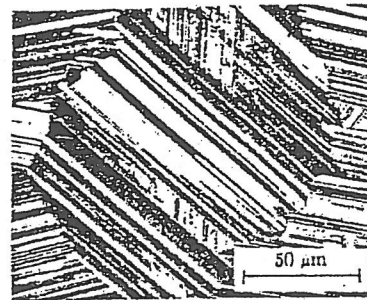
(الف) پلورهای فلز منیزیم



(ب) شکاف بلور روی در یک صفحه بلوری



(پ) تغییر شکل بلور روی در صفحه‌های بلوری موازی

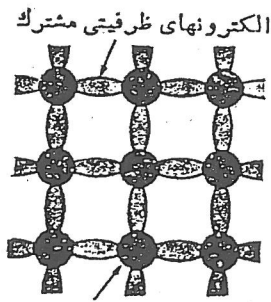


(ت) نشانه صفحه‌های بلور در دانه‌های آلایز مس سیلیسیم

شکل ۲.۳ - نشانه‌های ماهیت بلوری فلزها

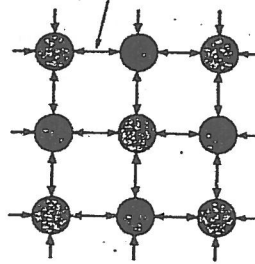
پیوندهای اتمی

بیشتر مایعات در اثر سرد شدن سیالیت خود را از دست می‌دهند و به سختی یک قطعه شیشه می‌شوند. در این نوع جامدات پخش نامنظم اتمی که ویژگی حالت مایع یا مذاب است وجود دارد. اینگونه مذابها در اثر سرد شدن سیالیت خود را از دست داده، به موادی بی شکل یا آمورف تبدیل و از جامدات واقعی متمایز می‌شوند. ضمن آنکه از نظر سختی به مانند جامدات واقعی می‌باشند. بطور عمومی اتمهای جامدات در ساختمان سه بعدی یک ساختمان کریستالی دارند. تغییرات خواص جامدات بی اندازه وسیع است و این وسعت تغییرات به علت پیوندهای اتمی متفاوت می‌باشد. چهار نوع پیوند را مورد بررسی قرار می‌دهیم که بصورت شماتیک در شکل ۲.۴ دیده می‌شود.



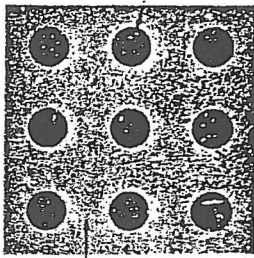
پیوند (مثبت) پیوند کووالانس (الماس)

نیروهای جاذبه (مولی) بین یونهاى مثبت و منفی



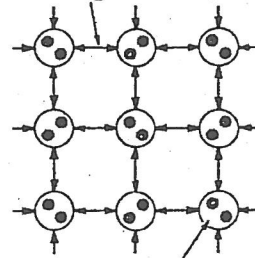
پیوند یونی

یون فلزی (مثبت)



ایرالکترونی (منفی)
پیوند فلزی (سدیم)

نیروهای جاذبه (ضعیف) بین اتمهای قطبی شده

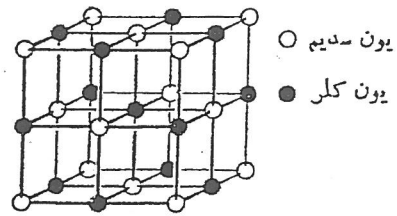
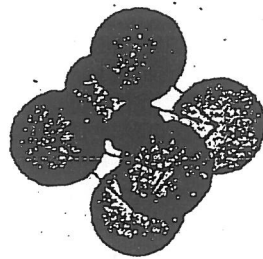


مراکز بارهای الکتریکی مثبت و منفی جدا شده درهر اتم پیوند واندروالس (آرگون)

شکل ۲.۴ نمایش شماتیکی چهار پیوند اصلی

پیوند یونی

پیوند یونی ساده ترین نوع پیوند می باشد، که در نتیجه جاذبه بین بارهای مثبت و منفی بوجود می آید اتمهای عناصری مثل سدیم و کلسیم که به ترتیب یک و دو الکترون در ارییتال ظرفیتی دارند، این الکترون را به آسانی رها می کنند و به صورت یون مثبت درمی آیند. و به همین ترتیب کلرواکسیژن به راحتی الکترونهاى ارییتالهای ظرفیتی خود را افزایش داده، با پذیرفتن یک و یا دو الکترون مدار خارجی خود را به هشت الکترون رسانده، و به صورت یون منفی درمی آیند. و بین بارهای مثبت و منفی همواره یک جاذبه کولنی وجود دارد، که در شکل ۲.۴ دیده می شود. هر بار منفی نسبت به تمام ذراتی که بار مثبت دارای جاذبه است و به عکس. هر یون بیشترین تعداد یونهاى با بار مخالف را به دور خود جذب می کند، برای مثال یون مثبت سدیم با شش یون کلر احاطه شده است. شکل ۲.۵ ساختار کلرید سدیم را به صورت شماتیکی و اتمی نشان می دهد.

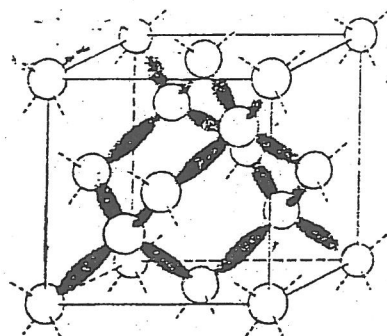


شکل ۲.۵ ساختار شماتیکی واتمی کلرید سدیم

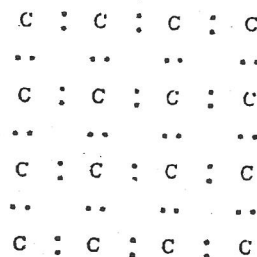
در کریستالهایی که پیوند یونی دارند هیچ گونه هدایت الکتریکی به نوعی که در فلزات وجود دارد، اتفاق نمی افتد. هدایت یونی ضعیفی در اثر حرکت یونها اتفاق می افتد. بر اثر تنش، کریستالهای یونی برخلاف تغییر فرم انعطاف پذیر فلزات، در طول بعضی صفحات اتمی شکسته می شوند.

پیوند کووالانسی (پیوند اشتراکی)

اکثر عناصری که دارای سه الکترون ظرفیتی و یا بیشتر باشند، در اثر نیروی حاصل از به اشتراک گذاشتن این الکترونها تشکیل ساختمانهای کریستالی می دهند که در شکل ۲.۶ بصورت شماتیک نشان داده شده است. برای کامل شدن مدار الکترون باید $8-N$ عدد، از الکترونهای خود را به اشتراک بگذارند. N تعداد الکترونهای ظرفیتی می باشد. در شکل ۲.۶ ساختار الماس در نمایش دوبعدی و سه بعدی نشان داده شده است.



(ب)

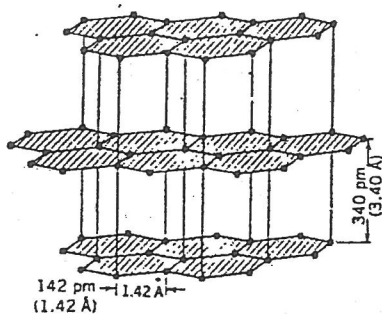


(الف)

شکل ۲.۶ ساختار الماس الف-نمایش دوبعدی ب-نمایش سه بعدی که پیوند کووالانسی را نشان میدهد.

در اینگونه پیوندها اتصال اتمی بسیار محکم، سبب سختی بسیار زیاد و نقطه ذوب بالا می گردد. این گونه پیوندها در مواد سرامیکی هم دیده شده، خواص ویژه ای برای سرامیکها بوجود می آورند. پیوندهای کووالانسی، در مواد پلیمری تا حدودی وجود دارد. ضمن آنکه پیوند کووالانسی سبب

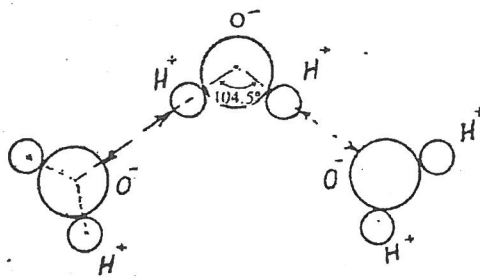
کاهش هدایت الکتریکی می‌گردد. الماس دارای پیوند کووالانسی می‌باشد. کربن بیشتر بصورت گرافیت یافت می‌شود و سه اتم کربن با پیوند کووالانسی با زاویه 120° درجه در یک صفحه قرار گرفته‌اند. ساختار شش ضلعی بیانگر زاویه 120° است و کربن چهارم در صفحات اتمها توسط پیوندهای واندروالس که بعداً مورد بحث قرار خواهد گرفت، به همدیگر اتصال می‌یابند. به علت همین پیوند ضعیف لغزش لایه‌ای گرافیتی بر روی یکدیگر انجام می‌گیرد. در نتیجه همین ساختار است که قابلیت هدایت الکتریکی وجود دارد. در صورتی که الماس هادی الکتریسته نمی‌باشد. ساختار کریستالی گرافیت در شکل ۲.۷ دیده می‌شود.



شکل ۲.۷ ساختار کریستالی گرافیت

پیوند واندروالس (پیوند ثانویه)

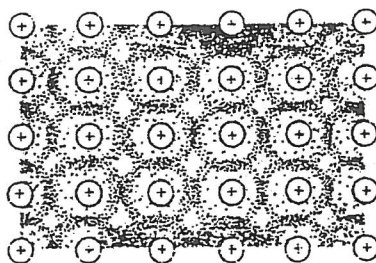
پیوندهایی هستند که هیچ الکترون ظرفیت برای تشکیل پیوندهای کریستالی آنها شرکت ندارد، در نتیجه پیوندهای ضعیفی می‌باشند. مبنای این پیوندها تأثیر متقابل گشتاورهای دو قطبی الکتریکی و گشتاور زمانی است، که دوباره الکتریکی از هم فاصله داشته و مخالف یکدیگر می‌باشند (شکل ۲.۴). جاذبه الکتریکی ضعیف حاصل بین اتمها یا مولکولهای مجاور را نیروی واندروالس می‌نامند. این نیرو در دمای پائین، می‌تواند ظاهر شود. به همین جهت گازهای خنثی فقط در درجه حرارت‌های بسیار پائین بحالت مایع یا جامد درمی‌آیند. استحکام این نوع پیوند را از پائین بودن نقطه ذوب و تبخیر گاز خنثی می‌توان دریافت، اصولاً مولکولها از لحاظ الکتریکی خنثی می‌باشند. و اگر مرکز بارهای مثبت و منفی آنها بر یکدیگر منطبق نباشد، می‌توانند دو قطبی‌های دائمی باشند. این امر در مورد مولکول آب شکل ۲.۸ دیده می‌شود. الکترونها بیشتر اوقات در فضای بین اتمهای هیدروژن و اکسیژن، می‌گذارند. در نتیجه، اتمهای اکسیژن بار منفی و اتمهای هیدروژن بار مثبت پیدا می‌کنند. انتهای مثبت یک مولکول آب، انتهای منفی مولکول دیگر آب را جذب می‌کند.



شکل ۲.۸ پیوند واندروالس بین مولکولهای آب

پیوندهای فلزی

چنانچه از نام آن برداشت می شود، این نوع پیوند در فلزات و آلیاژها دیده می شود. این پیوند بسیار شبیه پیوند کووالانس می باشد. انگوری این نوع پیوند، اولین بار در سال ۱۹۰۰ توسط درود پیشنهاد شد. هر یک از اتمهای فلز یا آلیاژ، الکترونهاي ظرفیت خود را، برای تشکیل یک ابر الکترونی مشترک بین تمام اتمهای فلز جامد، به اشتراک می گذارند. این پیوند بصورت شماتیک در شکل ۲.۴ و ۲.۹ نشان داده شده است.



شکل ۲.۹ شمای پیوند فلزی با ابر الکترونی

هدایت الکتریسته و حرارت در اثر حرکت آزادانه این الکترونها، در داخل فلز می باشد. ابر الکترونی، با بار منفی و یونها با بار مثبت، تشکیل یک ساختمان کریستالی سه بعدی منظم را می دهند. یکی از مشخصه های پیوند فلزی، معادل بودن تمام یونهاي فلزی است؛ یعنی فلز تحت اعمال تنش می تواند انعطاف پذیری داشته باشد، زیرا گروهی از یونهاي مثبت، پیوند خود را در یک محل می شکنند و لغزیده و در مکان جدید پیوند مجددی بوجود می آورند در شکل (الف) ۲.۱۰ ساختمان کریستالی مس بصورت کره های در تماس با یکدیگر نشان داده شده است. ساختمان کریستالی از تکرار یک شبکه واحد تشکیل شده، که در شکل (ب) ۲.۱۰ و (پ) ۲.۱۰ بصورت شماتیک نشان داده شده است. همه فلزها ساختار ساده ای مانند مس ندارند وجود ساختارهای