فصل اول



تیوری انکشاف اتومی

اتـوم چیسـت؟کدام علمای سـاینس درمورد سـاختمان اتـوم تحقیق نموده و چـگونه گـی اتوم‌ها، فعل وانفعال وسـاختمان اتوم‌ها را توضیح نموده اند؟ اتوم‌ها از کدام ذرات اساسـی تشـکیل گردیده اند؟ وضعیت وحرکـت الکترون‌ها به دور هسـتهٔ اتوم به کدام شکل است؟ مشخصات الکترون‌ها را به دور هستهٔ اتوم به کدام نمبرهای کوانتم می‌توان توضیح کرد؟

با مطالعهٔ این فصل می‌توانید در بارهٔ اتوم وسـاختمان الکترونی اتوم معلومات حاصل و به حل سؤال‌های فوق نایل گردید.

۱ –۱: تاریخچهٔ انکشاف تیوری اتومی

یکـی از تیوری‌های قدیم در تاریخ علوم حاکی ازآن اسـت کـه: مواد تا حدودی به ذرات کوچک تقسیم شده می‌تواند که دیگر نمی‌توان آن‌ها را به ذرات کوچک‌تری تقسیم کرد.
این تیوری در سـال 400 ق،م توسط فیلسوف یونانی به نام دیموکراتس (Democritus) پیشنهاد گردید. عالم مذکور این ذرات را به نام اتوم‌ها (Atoms)[1] یاد نمود.

نظریـهٔ دموکراتـس در آن زمـان مورد قبول علمای دیگر قرار نگرفت، سـر انجام در قـرن 18 کیمیادان‌ها دوباره تیوری اتومی را مورد توجه قـرار دادند. علما در مورد توضیح نسـبت کتلوی مواد تعامـل کننده با هم‌دیگر در تحقیقات تجربـی خویش از تیوری اتومی اسـتفاده به عمل آوردند و طبق این تیوری هر یـک از عناصر کیمیاوی کتله اتومی معین را دارا می‌باشند.

در سـال 1803 م کیمیـادان انگلیسـی به نام دا لتن (Dalton) تیـوری اتومی را بنیان گذاری کرد، طبق این تیوری تمامی مواد از ذرات بسـیار کوچک به نام اتوم‌ها ساخته شده اسـت، این اتوم‌ها نمی‌توانند خلق شـوند و هم نمی‌توانند به کلی از بین بروند. نکات عمدهٔ تیوری دالتن قرار ذیل است:

1 - مواد از ذرات غیر قابل تقسیم به نام اتوم‌ها ساخته شده اند.
2 - تمامی اتوم‌های عناصر کیمیاوی با هم مشابه و یک سان اند.
3 - اتوم‌ها نه تشکیل شده و نه از بین می‌روند.
4 - اتوم‌های عناصر مختلف با هم یک‌جا شده، مالیکول‌های مرکبات را تشکیل می‌دهند.
5 - اتوم‌های عناصر مختلف کتله‌ها و خواص کیمیاوی مختلف را دارا اند.
6 - در هر مالیکول مرکب معین، انواع و تعداد نسـبتی اتوم‌های متشـکله آن‌ها یک سـان است.
7 - تعاملات کیمیاوی عبارت از استقرار اتوم‌ها و تشکیل روابط اتوم‌ها در مالیکول مرکبات بوده که در این تعاملات کیمیاوی اتوم‌های عناصر تغییر نمی‌نمایند.

بالاخـره کیمیادان‌هـا الی قرن 19 تیـوری اتومی دالتن را تحلیل نمـوده اند، با وجودی که بعضی از نکات تیوری اتومی دالتن؛ به طور مثال : غیر قابل تقسـیم بودن اتوم و یک سـان بودن اتوم‌های عین عنصر غیر مدلل ثابت گردید و امروز مورد تایید علما قرار نگرفته است؛ امـا با آن هم تیوری اتومی دالتـن در علم کیمیا مفید بوده و یک گام مثبت در عرصه کیمیا می‌باشد.

1- اتوم کلمه یونانی بوده، که از tom (قابل تقسیم) و A (نفی) گرفته شده است که به معنی غیر قابل تقسیم می باشد.

تیوری ساختمان اتومی ماده که به اساس تجارب علمی علمای کیمیا به میان آمده است، قرار ذیل است:

1 - تمام مواد از ذرات کوچک به نام اتوم‌ها تشکیل گردیده اند.

2 - اتوم‌ها ذرات کوچکی اند که توسط وسایل ساده کیمیاوی تجزیه نگردیده و هر یکی از اتوم‌های عناصر مختلف به نام عنصر کیمیاوی یاد می‌شوند.

3 - اتوم‌های عناصر کیمیاوی به طور دایم (همیشه) در حال حرکت بوده، با ازدیاد حرارت سرعت حرکت آن‌ها زیاد می‌گردد و این حرکت آن‌ها باعث تعامل بین آن‌ها می‌شود.

4 - اتوم‌های عناصر مختلف از لحاظ کتله، حجم و خواص از هم دیگر فرق دارند.

اندازهٔ اتوم

تحقیقاتی که در قرن 20 به اساس تشعشعات رونتگین صورت گرفت، دریافت گردید که قطر اتوم به صورت تقریبی $2 \cdot 10^{-10} m$ یا $(0.2nm)$ است.

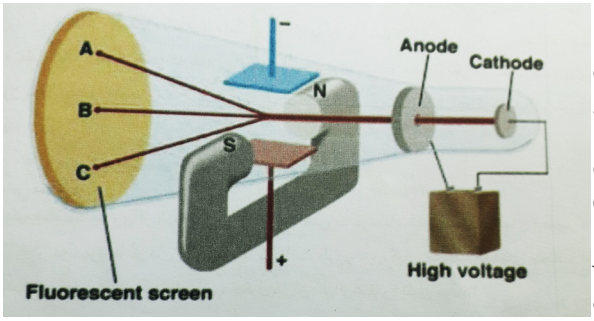
کتله اتوم‌ها بین $10^{-24} g - 10^{-22}$ و یا $10^{-25} - 10^{-27} kg$ قرار دارد، چون این کمیت کتلوی فوق العاده کوچک بوده، از این سبب کتلهٔ اتومی نسبتی را برای اتوم‌ها تعیین نموده اند که به اساس قیمت $(amu = 1.661 \cdot 10^{-27} kg) a\,m\,u$ مشخص گردیده است.

۱ - ۲ : ساختمان اتوم

در سال 1900 علمای فزیک به اثبات رسانیده اند که اتوم‌ها از ذرات کوچکتر ساخته شده اند.

مودل تامسن

فزیک‌دان انگلیسی به نام تامسن (J.J. Tomson) انحراف اشعه کتود را در ساحهٔ برقی و مقناطسی مطالعه نمود. در شکل(1-1) ساختمان دستگاه که تامسن در تحقیق خویش به کار برده است، نشان داده شده است.



شکل(1 – 1) دستگاه تحقیقاتی تامسن

توضیح دستگاه تامسن قرار ذیل است:

شکل (۱-۱): تیوب اشعهٔ کتودیک مرتب با ساحهٔ ایجاد شدهٔ برقی در داخل تیوب و ساحهٔ مقناطیسی در خارج تیوب. ساحات برقی و مقناطیس بالای مسیر حرکت اشعهٔ کتودیک به صورت عمود قرار دارد. سمبول‌های N و S قطب‌های شمال و جنوب مقناطیس را مشخص می‌سازند. اشعهٔ کتودیک با اعمال ساحهٔ مقناطیس بر نقطهٔ A با تطبیق ساحهٔ برقی بر نقطهٔ C و در نبود ساحات مقناطیسی و برقی (و یا خنثی شدن متقابل ساحهٔ برقی توسط ساحهٔ مقناطیسی) بر نقطهٔ B صفحهٔ تشخیص تیوب اصابت می کند.

تامسن درتحقیقات خویش نسبت $(\frac{e}{m})$ را محاسبه نمود که کمیت $1.76\cdot10^{11}\frac{C}{kg}$ را به دست آورد .در این جا (C) کولمب بوده که واحد بین المللی مقدار چارج است.
تامسن همچنان دریافت نمود که استعمال گاز در دستگاه و هم نوعیت الکترودها (انود و کتود) نمی‌توانند مشخص و معین باشد.

توجه نمایید

تامسن به این نتیجه رسید که این ذرات چارج دار منفی در تمام مواد محسوس بوده و این ذرات را به نام الکترون‌ها (Electrons) مسمی ساخت. این نام از کلمهٔ الکتریک گرفته شده و به ذراتی گفته می‌شود که در نتیجهٔ حرکت آن‌ها جریان برق به وجود می‌آید.

فعالیت

1 - اشعه که از کتود در تیوب تخلیهٔ تجزیهٔ تامسن خارج می گردد، به کدام سمت منحرف می گردد؟
2 - اشعهٔ کتود دارای کدام چارج است؟

نکتهٔ مهم

قیمت چارج برقی الکترون توسط عالم امریکایی به نام ملیکان (Millikan) مشخص گردید، موصوف این کمیت را در سال‌های 1917-1909 در قطرات تیل کشف کرد که مساوی به $1.602\cdot10^{-19}\,Cb$ است . این کمیت را به حیث واحد اولی چارج ذرات چارج دار قبول نموده اند. بدین اساس کتله الکترون عبارت است از:

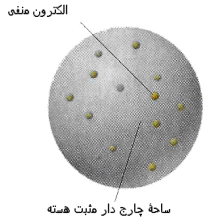
$$1.76\cdot10^{11}C/kg=\frac{e}{m}$$

$$m=\frac{e}{1.76\cdot10^{11}C/kg}=\frac{1.602\cdot10^{-19}C\cdot kg}{1.76\cdot10^{11}C}$$

$$\boxed{m=9.11\cdot10^{-31}kg}$$

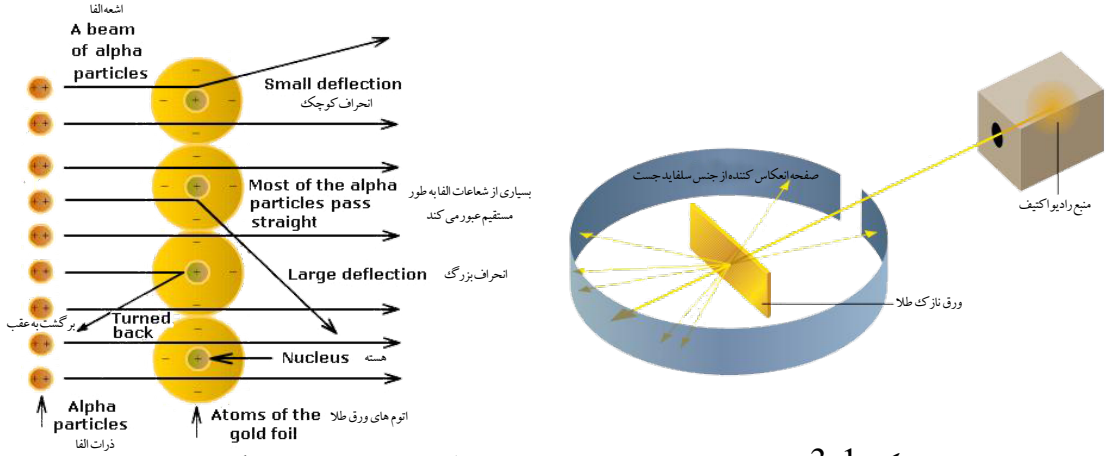
پـــس کتلهٔ یک الکترون مســـاوی بـــه $9.11\cdot10^{-31}kg$ یا $\frac{1}{1840}$ ام حصه کتلـــهٔ یک اتوم هایدروجن (پروتون) است.

در ســـال 1898 تامســـن در نتیجه تحقیقات ابراز نظر نمود: اتوم‌ها متشـــکل از یک هستهٔ چارج دار مثبت بوده که به اطراف آن الکترون‌ها دارای چارج منفی منتشر گردیده است. مودل اتومی تامسن مشابه به ساختمان کیک کشمش دار بوده که کشمش در کیک مانند الکترون‌ها در بین هسته‌های اتوم‌ها را نشان می‌دهد:



شکل (1 - 2) مودل اتومی تامسن

در سال 1909 همکاران رادرفورد، کایگر (Geuger) و مرسدین (Merssden) پیشنهاد تامسن را مورد مطالعه قرار داده اند و کشف کردند که ذرات از ورقه‌های نازک طلا عبور نموده؛ اما $\frac{1}{800}$ حصه آن‌ها دوباره بازگشت و یا منتشر می گردند.(شکل ذیل را ملاحظه نمایید)



شکل (1-3) : انتشارات ذرات α توسط ماده رادیو اکتیف و عبور از ورق نازک طلا

خلاصه نتیجه تجربه رادرفورد:

اگر ذرات الفا (α) که دارای چارج دو مثبت (۲+) است حین عبور از صفحه نازک طلا نزدیک به هسته قسماً انحراف می کند و اگر از هسته دورتر باشد مستقیم عبور می کند و اگر مقابل هسته قرار گیرد بازگشت می کند از این نتیجه می شود که هسته دارای چارج مثبت بوده و یک قسمت کوچکی از ساحه اتوم را تشکیل می دهد.

رادرفورد در این مورد ابراز نظر نموده اند«... تقریباً غیر قابل باور اســت که اگر ما مرمی را از فاصله 4,5m به ورق کاغذ قوطی ســگرت فیر نماییــم و این مرمی بعد از تصادم دوباره بازگشــت نموده و به شــما برخورد نماید.» رادرفورد دریافت کرد کــه کتله و چارج مثبت حتماً در یک قســمت کوچک حجم اتوم متراکم گردیده و به نام هسته یاد می‌شود. ذرات α زمانی بعد از تصادم دوباره بازگشــت می‌نمایند که با هســته اصابت نموده باشد. قسمت زیادی از ذرات α از طریق فضای بین هستهٔ اتوم‌ها عبور می‌نمایند . شکل فوق مودل اتومی بوده، شکل حقیقی اتوم نیست. در صورت که هستهٔ اتوم به اندازه (۰) باشد، اتوم دارای حجم مســاوی به حجم یک اطاق درســی خواهد بود . اتومی که قطر آن $10^{-8}\,m$ باشد، هسته آن قطر $10^{-15}\,m$ خواهد داشت.

رادرفورد در ســال 1911 مودلی را پیشــنهاد نمود که سیســتم نظام شمس را خاطر نشان می‌ســازد ؛ طوری که هســته مانند آفتاب در مرکز قرار داشته و الکترون‌ها مانند سیاره ها به دور هسته در مدارهای معین در حال حرکت است.

فکر کنید

1 - وقتی که شعاع الفا بالای ورق نازک طلا تصادم می کند، چی اتفاقی افتید؟
2 – چرا بعضی از ذرات بازگشت نموده اند؟
3 – چرا بعضی از ذرات الفا منحرف شده اند؟

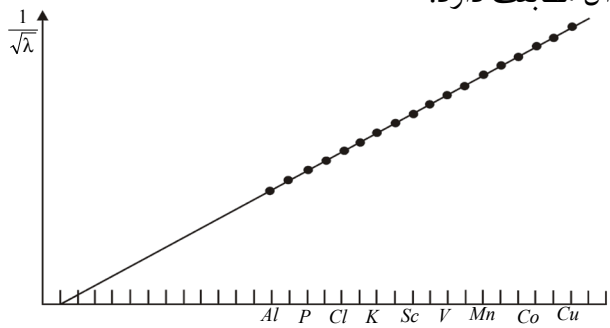
نمبر اتومی

در ســال 1913 فزیک دان انگلیسی به نام موزلی (G. Moseley) اشعه رونتگین را که از فلزات مختلف در تیوب کتودی منتشــر می گردد، مطالعه نمود، موصوف گراف وابسته گی کمیت معکوس جذر مربع طول موج اشــعه رونتگین $\frac{1}{\sqrt{\lambda}}$ را با نمبر ترتیبی عناصر در سیستم پریودیک ترسیم کرد (عناصری که نمبر اتومی آن زیاد بوده طول موج اشعه X آن کمتر می باشــد، انرژی بیشتر دارد) . شکل ذیل را ملاحظه نمایید . گراف داده شده نشان می‌دهد که نمبر اتومی عناصر کدام یکی از مشخصات مهم عناصر را انعکاس می دهد.

موزلی ابراز نظر نمود که این خاصیت را چارج هســتهٔ اتوم از خود نشــان می‌دهد و هم این ذرات در اثر عبور از یک عنصر به عنصر مابعد آن به اندازه یک واحد به شکل متناوب زیاد می گردد.

موقعیت عناصر در سیســتم پریودیک (محور افقی) تعداد پروتون‌ها را در هسته آن‌ها تعیین

می‌نماید موزلی نمبر ترتیبی عناصر را در سیستم پرویودیک به نام نمبر اتومی یاد کرد و به سمبول (Z) افاده نمود. بالاخره دانسته شد که نمبر ترتیبی عناصر با تعداد پروتون‌های آن عنصر در اتوم آن مطابقت دارد.



مطابق به اظهارات موزلی نمبر اتمی عناصر مساوی به چارج هستهٔ آن بوده و تعداد پروتون‌ها را در هسته نشان می‌دهد. «پروتون کلمهٔ لاتین بوده و به معنی اولی و یا سابقه ترین از همه می‌باشد»

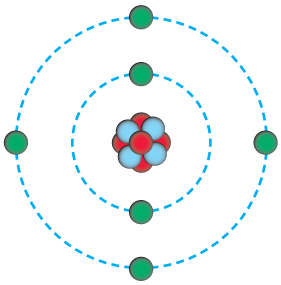
چون اتوم‌های عناصر کیمیاوی از لحاظ چارج برقی خنثی بوده؛ بنابراین تعداد پروتون‌ها مساوی به تعداد الکترون‌ها در اتوم‌های عناصر است.

نیوترون: کتله اتومی یک عنصر نسبت به کتله مجموعی پروتون‌های هستهٔ آن بزرگتر است، غرض توضیح این تفاوت کتله، رادرفورد پیش بینی کرد که در هسته اتوم ذرات خنثی نیز موجود بوده، کتله فی واحد آن‌ها معادل کتله پروتون است و از لحاظ چارج خنثی می‌باشند؛ از این سبب به نام نیوترون (Neutron) (خنثی) یاد شده اند. چادویک (Chadwick) در سال 1932 در نتیجه تعاملات هسته یی نیوترون را کشف کرد، موصوف هسته بیریلم را توسط ذرهٔ α بمباردمان کرد، در نتیجه نیوترون را به دست آورد. معادلهٔ تعامل آن قرار ذیل است:

$$^{9}_{4}\mathrm{Be} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}(\alpha) \longrightarrow {}^{12}_{6}\mathrm{C} + {}^{1}_{0}\mathrm{n}$$

در این معادله سمبول نیوترون $({}^{1}_{0}\mathrm{n})$، ${}^{9}_{4}Be$, ${}^{4}_{2}He$ و ${}^{12}_{6}C$ نوکلوییدهای (هسته) عناصر بیریلیم، هیلیم و کاربن را نشان می‌دهد.

ذرات اساسی اتوم: مجموعهٔ پروتون‌ها و نیوترون‌ها را به نام نویکلون یاد می‌نماید و به نام نمبر کتله نیز یاد می‌گردد.



$$\Sigma p + \Sigma n = \text{Nuclion}$$

جدول ذیل بعضی از خصوصیات فزیکی ذرات اساسی اتوم را نشان می‌دهند:

جدول (1-1) خصوصیات فزیکی ذرات اساسی اتوم

ذرات	کتله به کیلو گرام	چارج نسبتی	چارج به کولمب	کتله نسبتی
پروتون	$1.6726 \cdot 10^{-27}$	+1	$1.602 \cdot 10^{-19}$	1. 0073
نیوترون	$1.75 \cdot 10^{-27}$	0	-	1.0087
الکترون	$9.1 \cdot 10^{-31}$	-1	$1.602 \cdot 10^{-19}$	$5.4858 \cdot 10^{-4}$

نوکلیویدها و ایزوتوپ ها

نوکلیویدها هسته‌های اتوم‌ها را افاده نموده و توسط آن کتله هسته اتوم را نشان می‌دهند. نوکلیویدهای عناصر را طوری نشان می‌دهند که نوکلیون (کتله اتومی) را در قسمت بالای طرف چپ سمبول و نمبر اتومی (تعداد پروتون‌ها) را طرف چپ سمبول در قسمت پایانی آن می نویسند؛ به طور مثال: نمبر کتله سودیم ۲۳ آن و نمبر اتومی آن ۱۱ است.

$$^{1}_{1}H \quad , \quad ^{23}_{11}Na$$

ایزوتوپ‌ها (Isotops): عبارت از نوکلیویدهای (هسته) عین عنصر بوده که عین تعداد پروتون‌ها را دارا اند؛ اما تعداد نوکلیون‌های (نمبر کتله) آن‌ها از هم فرق دارند، یعنی این نوکلیویدها دارای تعداد نیوترون‌های مختلف می‌باشند. یا به عبارت دیگر اتوم های یک عنصر که نمبر اتومی یکسان و نمبر کتله آن فرق داشته باشد به نام ایزوتوپ یاد می‌شوند. چون خواص کیمیاوی عناصر مربوط به چارج مثبت هستهٔ اتوم عناصر و ساختمان الکترونی آن‌ها است؛ بنابراین خواص کیمیاوی ایزوتوپ‌های عناصر یک سان است؛ به طور مثال: ایزوتوپ‌های عنصر کلورین عبارت از $^{35}_{17}Cl$ و $^{37}_{17}Cl$ بوده که نمبر اتومی آن‌ها 17 و نوکلیون آن به ترتیب 35 و 37 می‌باشند و نیوترون‌های آن‌ها هم به ترتیب 18 و 20 است، تعاملات کیمیاوی هر دو اتوم کلورین یک سان است.

فعالیت

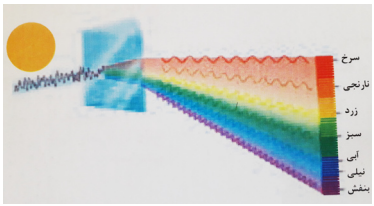
به نوکلیون‌های $^{20}_{10}Ne$، $^{21}_{10}Ne$ و $^{22}_{10}Ne$ توجه نموده و به پرسش‌های ذیل جواب ارائه نمایید.

الف – هر یک از نوکلیون‌های مذکور دارای چند نیوترون است؟

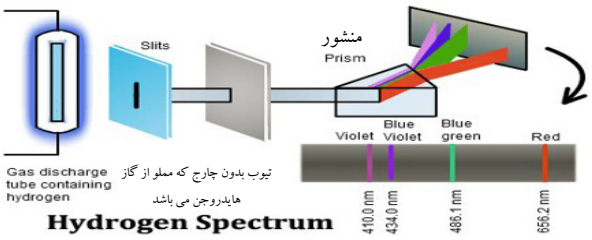
ب – این نوکلیون‌ها نسبت با هم دیگر به چی نام یاد می‌شوند؟

1 – 3 : طیف اتومی

پیدایش و ایجاد خصوصیات سپکتر اتومی (طیف اتومی) سؤال‌هایی را حل کرد که به کمک مودل اتومی رادرفورد حل آن امکان پذیر نبود.



اگر نور آفتاب و یا چراغ برقی از یک سوراخ عبور و روشنی آن بالای منشور بتابد و از منشور به پرده تاریک عبور نمایید ؛ در این صورت ساحه رنگین کمان (طیف نور افتاب) آشکار گردیده که متشکل از خطوط مجزا رنگه می‌باشد، دسته این رنگ‌ها با تشعشعات قابل دید تمام خطوط موجی مطابقت داشته و به نام سپکتر مسلسل یاد می گردد:

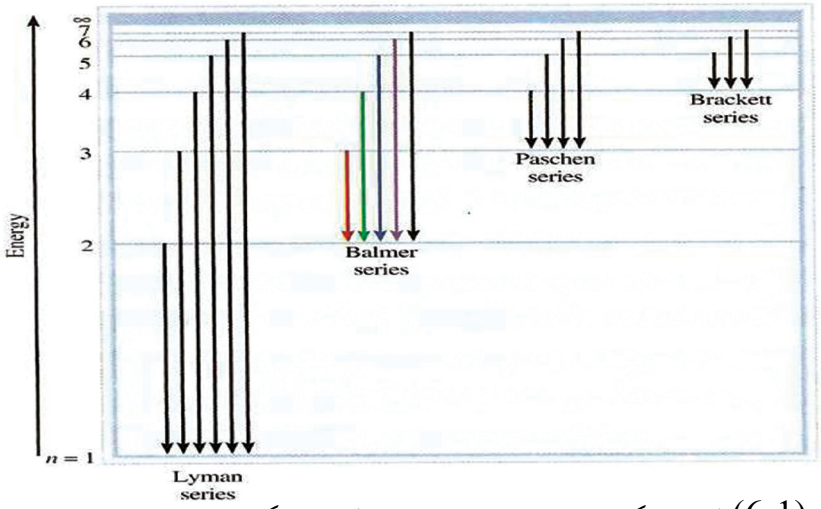


شکل(1 – 5) سپکتر اتومی

اگر منبع نور از تیوب تخلیهٔ ناشی گـردد کـه دارای عنصـر گازی باشـد مثـلاً گاز هایدروجـن، در این صورت سـپکتری را تشکیل می‌دهد که از خطوط رنگه مختلف مجزا تشـکیل گردیده است. این نوع سـپکترها به نام سپکتر اتومی خروجی(Emission) یا سپکتر خطی یاد می گردند، (شکل 1 - 6) اگر مواد کیمیاوی توسط کدام وسـیله تحریک گردد، سـپکتر خطی آن‌ها در منشور ملاحظه می‌شـود؛ به طور مثال: به کمـک جریان برق از تیوب‌های تخلیه و یا حرارت توسـط شـعلهٔ می‌توان مـواد را تحریک کرد. سـپکترهای اتومی خطی در سـاحه قابل دید و ما ورای بنفش سپکتر مشاهده می‌شود. در صورتی که بالای شـعله چراغ فلز سـودیم و یا مرکبات آن علاوه گردد، دراین صورت نور با خطوط موجی 590nm تشعشع نموده و شعله آن زرد رنگ می‌باشد. اگر در تیوب تخلیه گاز هایدروجن انداخته شود و توسط ولتاژ برقی تحریک گردد، در این صورت رنگ سرخ مایل به گلابی را در آن ملاحظه خواهیم کرد. سـپکتر جذبی را توسط عبور نور سفید از مواد به دست می‌آورند که شـامل تمام طول موج در سـاحه قابل دید می‌باشد. نوری دارای طول موج معین توسـط مواد جذب شـده و در این ساحه خطوط سـیاه ظاهر می گردد. به خاطر مطالعه سپکتر جذبی و خروجی، آلهٔ به نام سپکترو متر (Spectro meter) به کار برده می‌شود.

مشاهدات و تحقیقاتی توسط سپکترومتر نشان می‌دهد که سپکتر Emission هایدروجن از چندین گروپ خطوط مسلسـل تشکیل می گردد، این سلسله از خطوط به نام کاشفین شان مسمی می‌باشد؛ به طورمثال :سلسله بالمیر (Balmer ceriss) توسط عالمی به نام Balmer کشـف گردید که در سـاحه قابل دید سـپکتر به ملاحظه می‌رسـد. هر قدر که سویه انرژی بلنـد میرود سـویه های انرژی به هم نزدیک و بالاخره به شـکل یک خـط قرار می گیرند و یا به عبارت دیگر در هر یک از سلسـله‌ها در نتیجه حرکت به سـمت فریکونسی بلند سپکتر

ساحهٔ خطوط مجاور مواد به صورت کل تقلیل یافته و بالاخره با هم وصل گردیده و سپکتر مسلسل (Cantinum) را تولید می‌نمایید.



شکل (1-6) الف - سپکتر اتوم هایدروجن ب- سلسله بالمر در سپکتر اتومی هایدروجن

سلسله: L-Lyman ، B-Balmer ، Pa-Pachen ، Br-Bracket ، Pf-Pfond

سلسله برکیت توسط سلسله پفوند و پوشن پوشانده شده است.

توجه نمایید

1 - اگر الکترون‌ها از اقشار (n = 2,3,4) به قشر نزدیک هسته قشر اول منتقل گردد، انرژی آزاد شـده از اتوم زیاد بوده و خواص اشـعه x را دارا است و در ساحه ماؤرای بنفش به ملاحظه میرسد، این دسته را به نام لیمن یاد می‌نمایند، طول موج اشعه مذکور A^o 1216 – 973 است.

2 - اگر الکترون از اقشـار ($n = 3,4,5,6$) به قشـر دوم منتقل گردد. انرژی نوری آن ضعیف بوده و خواص نور مرئی را دارا اسـت که این دسـته اشـعه را به نام Balmyr یاد می‌نمایند طول موج اشعه مذکور بین $\overset{o}{A}$ 6563 – 410 است.

3 - اگر الکترون از سـویه‌های انرژیکی بلند (n=4,5,6) به سـویه انرژیکی سوم انتقال نماید، انرژی نوری و شعاع منتشرهٔ آن ضعیف بوده و مشخصات آن نزدیک به شعاع ما تحت سرخ قرار دارد. این سلسلهٔ نوری را به نام Poshen یاد می‌نمایید و طول موج شعاع منتشرهٔ آن بین A^o 17850 – 12820 قرار دارد.

4 - بالاخره اگر انتقال الکترون از سویه بلند تراز n = 4 به سویه‌های انرژیکی چهارم صورت گیرد ، انرژی منتشرهٔ اشعهٔ نوری آن بسیار ضعیف بوده و مشخصات آن پایین تر از ساحه ما تحت سرخ ملاحظه می گردد، این دسته تشعشعات نوری را به نام سلسله Brackett، Pfund یاد می‌نمایند. مشخصات سلسله‌های مذکور در شکل (1 - 6) ملاحظه می گردد.

۱–۴ : تیوری اتومی بور

تحقیقات بور در مورد ساختمان اتوم که با تیوری کوانتمی پلانک استوار است، در ابتدا به موفقیت‌های زیاد نایل گردید ؛ اما بعد از دوازده سال غیر مدلل ثابت گردید؛ لاکن موزلی (1889 - 1915) در تحقیقات خویش از فرضیهٔ بور در ساختمان اتوم استفاده به عمل آورد. نظریه بور در انتشار سپکتر اتوم کمک نمود.

مطابق به تیوری پلانک انرژی کوانتایزیشن (Quantization) می گردد. برای توضیح مشخصات خطی سپکترها عالم دنمارکی به نام بور Boher در سال 1913 مودل اتومی را پیشنهاد کرد، این مودل بور به فرضیهٔ کوانتی پلانک متکی بود، طبق تیوری پلانک: انرژی ممکنه که جذب و یا تشعشع می گردد، از قطعات معین متشکل است که به نام انرژی کوانتم (Quantum) یاد می‌شود.

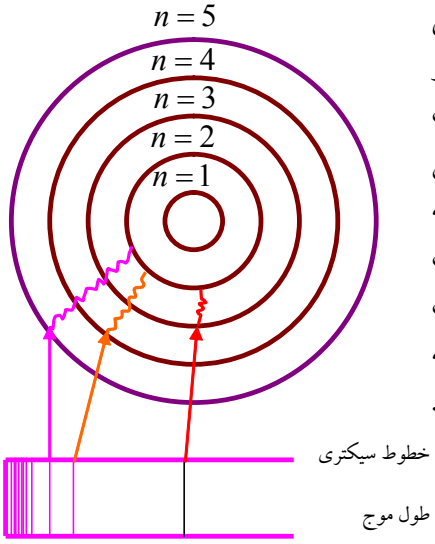
۱– بور ابراز نظر نمود: انرژی الکترون متحرک به دور هسته اتوم مشخص و معین بوده و این انرژی کوانتمی است، انرژی لازم الکترون‌ها برای حرکت معین در قشر (Orbite) اتوم مربوط به شعاع آن در قشر معین است.(کوانتم کلمهٔ لاتین بوده که معنای مقدار و یا کمیت را می‌رساند.)

الکترون‌های که دراقشار دور تر از هسته حرکت می‌نمایند، انرژی بیشتر را نسبت به الکترون‌های متحرک به نزدیک هسته دارا اند، چون انرژی الکترون کوانتمی است، از این سبب شعاع اوربیت آن نیز کوانتمی می‌باشد. شعاع اوربیت‌ها می توانند، تنها قیمت‌های معین را دارا باشد.

۲– موقعی که الکترون‌ها در اوربیت مشخص به دور هسته اتوم متحرک بوده باشد، نه انرژی کوانتمی را جذب و نه آزاد می‌سازد. در صورتی که الکترون از قشر نزدیک به هسته به قشر دور تر از هسته منتقل گردد،کوانت انرژی را جذب می‌نماید و بر عکس در صورتی که مقدار معین انرژی را آزاد نموده باشد، به قشر نزدیک هسته منتقل می گردد؛ اما به زودی کوانت انرژی جذب شده را آزاد و یا آزاد شده را دوباره جذب می‌نماید که این انرژی مساوی به تفاوت دو سویه انرژی است که از معادله بور محاسبه می گردد.

$$\Delta E = E_2 - E_1 = -RH\left(\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2}\right)$$

که در این فورمول RH ثابت رید برگ، اتوم هایدروجن n_1 , n_2 سویه انرژی اصلی است



شکل (1 – 8) مودل اتومی بور .

قیمت ثابت ریدبرگ $2,18\times10^{-18}\,J$ – است. از جذب فوتون‌های نوری به قدر کافی و اضافه تر از آن در سپکتر جذبی خطوط سیاه مشاهده می شود: فریکونسی سپکتر خطی توسط عالمی به نام Redberg توضیح می گردد.

$$\nu = R(\frac{1}{n_1^2}-\frac{1}{n_2^2})$$

در معادلهٔ فوق ν (نیو) فریکونسی، R ثابت ریدبرگ برای فریکونسی است که $R = 3.28\cdot10^{15}\,/\,s$ ، n_1 و n_2 اعداد تام کوانتی را افاده می کند.

سوال: فریکونسی نور حاصله از یک الکترون اتوم هایدروجن تحریک شده وقتی که از سویه انرژی سوم به سویه انرژی اول انتقال کند، چند است؟

حل:

$$\nu = R(\frac{1}{n_1^2}-\frac{1}{n_2^2}) = 3.28\cdot10^{15}(\frac{1}{1^2}-\frac{1}{3^2})$$

$$\nu = 3.28\cdot10^{15}(\frac{9-1}{9}) = 3.28\cdot10^{15}(\frac{8}{9}) = 2.91\cdot10^{15}\,Cycal\cdot s^{-} = 2.91\cdot10^{15}\,Hz$$

طبق تیوری کوانتم انرژی فوتون عبارت از کوانت نور مقدار معین نور با فریکونسی ν بوده و مساوی به $h\nu$ می‌باشد، یعنی: $\boxed{E = h\nu}$

در معادلهٔ فوق h ثابت پلانک بوده که مساوی به $h = 6.63\cdot10^{-34}\,J\cdot sec$ است. اگر الکترون از اوربیت/اوربیتال(ساحه موجودیت الکترون) دارای انرژی E_1 به اوربیت دارای انرژی E_2 منتقل گردد، مقدار انرژی را جذب و یا آزاد می‌سازد. مقدار انرژی مذکور عبارت است از: $E_1 - E_2 = h\nu$ $\Delta E = E_2 - E_1 = h\nu$

معلومات اضافی

حالت حرکی ممکنهٔ الکترون عبارت از همان حالتی است که مومنت مقدار حرکت زاویه وی آن را طبق قوانین حرکت دورانی یا زاویه وی مشخص می‌سازد. اندازه حرکت دایره وی مومنت مقدار حرکت آن بوده که عبارت از حاصل ضرب سرعت کتله و شعاع دایره ($P = m\,v\,r$) است، مومنت مقدار حرکت زاویه وی الکترون مساوی به مضروب صحیح تام بوده و ثابت می‌باشد. در این جا مضروب صحیح و تام نمبر کوانتم اصلی (n) است که قیمت‌های $1,2,3,.....$ و غیره به خود اختیار می کند: $\frac{nh}{2\pi}$

$$m\,v\,r = \frac{nh}{2\pi} \text{ ----------1}$$

از نظریات بور می‌توان دریافت کرد که الکترون به دور هستهٔ اتوم تحت دوقوه حرکت می‌نماید وآن عبارت از قوهٔ فرار از مرکز و قوهٔ جذب یا دفع الکتروستاتیکی بین ذرات چارج دار می‌باشد .

$$F = \frac{mv^2}{r} \text{ قوۀ فرار از مرکز} \quad \text{----------2}$$

$$F = \frac{kze^2}{r^2} \text{ قوه جذب یا قوه دفعه کولمب} \quad \text{----------3}$$

چون طرف چپ معادلۀ 2 و 3 باهم مساوی است، پس طرف راست آن‌ها نیزباهم مساوی می‌باشد.

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{kze^2}{r^2} \quad \text{----------4}$$

در فورمول فوق m کتله و v سرعت الکترون بوده، z چارج هسته و e چارج الکترون و r شعاع اتوم را افاده می کند.

در معادلۀ اول دو کمیت مجهول v و r موجود است، بر اساس حل معادلات درجه اول یک مجهوله، این کمیت مجهول را می‌توان قرار ذیل در یافت کرد. قمیت r را از معادله 4 به دست آورده و در معادله 1 معامله می‌نماییم:

$$r^2 \frac{mv^2}{r} = \frac{kze^2}{r^2} r^2$$

$$r\, mv^2 = k\, ze^2$$

$$r = \frac{kze^2}{mv^2} \quad \text{----------5}$$

$$mv\left(\frac{kze^2}{mv^2}\right) = \frac{nh}{2\pi} \Rightarrow \frac{kze^2}{V} = \frac{nh}{2\pi}$$

سرعت $vnh = kze^2 \cdot 2\pi \quad , \quad V = \frac{kze^2 2\pi}{nh}$ ---------6

قیمت V را از معادلۀ 6 در معادلۀ 5 معامله نموده، r را به دست می آوریم.

$$r = \frac{kze^2}{m\left(\frac{kze^2}{nh}\right)^2}, r = \frac{kze^2}{\underline{mk^2z^2e^2e^2 \cdot 4\pi^2}} \quad , r = \frac{k\,ze^2}{1} = \frac{n^2h^2}{mk^2z^2 \cdot 4\pi^2 \cdot e^2 \cdot e^2 \cdot 4\pi^2}$$

شعاع $r = \frac{n^2h^2}{mkze^2 4\pi^2}$ ----------7

اگر انرژی حرکی و پوتنشیال الکترون‌ها، یعنی $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ و $Ep = \frac{-kze^2}{r}$ را باهم جمع نمایم، انرژی مجموعی الکترون قرار ذیل به دست می آید :

$$E = E_K + E_P = \frac{1}{2}mv^2 + (-\frac{kze^2}{r})$$

$$E = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{Kze^2}{r} \text{----------8}$$

اگـر اطـراف معادلـه 4 را ضرب در $\frac{1}{2}r$ نماییـم، در این صـورت حاصل می‌شـود که:

یا

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{kze^2}{r^2}$$

$$\frac{1}{2}\frac{mv^2}{r} = \frac{kze^2}{r^2}\cdot\frac{1}{2}$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{kze^2}{2r} \text{----------9}$$

حال قیمت $\frac{1}{2}mV^2$ را در معادله 8 معامله نموده، حاصل می‌شود که:

$$E = \frac{kze^2}{2r} - \frac{kze^2}{r}$$

$$E = \frac{kze^2 - 2kze^2}{2r} = \frac{-kze^2}{2r}$$

$$E = -\frac{1}{2}\cdot(\frac{kze^2}{r}) \text{----------10}$$

قیمت r را از معادله 7 در معادله 10 معامله نموده، حاصل می‌شود که:

$$E = -\frac{1}{2}\frac{kze^2}{\frac{n^2h^2}{mkze^2 4\pi^2}}$$

$$E = \frac{-1(-kze^2)}{2}\cdot\frac{mkze^2 4\pi^2}{n^2h^2}$$

$$E = \frac{-(-k^2z^2e^4\cdot 2\pi^2\cdot m)}{n^2h^2} \text{----------11}$$

انرژی برای کوانتم اصلی

سوال: قیمت انرژی برای کوانتم نمبر $n=1$ اتوم هایدروجن را توسط معادله $E=\frac{-z^2\cdot e^4\cdot k^2\cdot 2\pi^2\cdot m}{n^2\cdot h^2}$ محاسبه کنید.

$$E=-\frac{(1)^2(1{,}62\cdot10^{-19}c)^4(9\cdot10^9\cdot c)^2\cdot(2)(3{,}14)^2(9{,}1\cdot10^{-31}kg)}{(1)^2(6{,}62\cdot10^{-34}J\cdot s)^2}$$

$$=-2{,}18\cdot10^{-18}J=2{,}18\cdot10^{-11}erg$$

فعالیت

به اساس معادلهٔ 6 دریافت گردیده است که سرعت الکترون اتوم هایدروجن $(n=1)$ مساوی $2200km/sec$ و به اساس معادل 7 محاسبه گردیده است که شعاع اتوم هایدروجن $0.053nm$ است $(n=1)$.

این عبارت درست است ویا غلط؟ در مورد فکر نموده وکمیت‌های فوق را به اساس محاسبه دریافت نمایید.

توجه نمایید

اگر مقدار برق یک کولمب و فاصله بین چارج‌ها $1m$ باشد، آن‌ها یک دیگر را به قوهٔ $9\cdot10^9\,N$ جذب و یا دفع می‌نمایند. بنابرآن قیمت k قرار ذیل محاسبه می گردد:

$$F=K\frac{q_1\cdot q_2}{r^2}$$

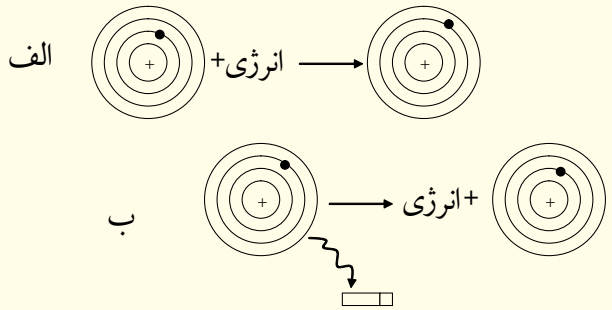
$$K=\frac{F\cdot r^2}{q_1\cdot q_2}=\frac{9\cdot10^9\,N.m^2}{C\cdot C}\quad\Rightarrow k=9\cdot10^9\frac{N\cdot m^2}{C^2}$$

به توضیحات زیر توجه کنید

به اساس قاعدهٔ اول بور می‌توان سرعت حرکی الکترون را توضیح نمود و به اساس قاعده دوم می‌توان توضیح کرد که الکترون در یک قشر بدون این که انرژی را جذب و آزاد سازد. در حال حرکت موجی بوده و اگر به الکترون انرژی داده شود از قشر نزدیک به هسته به قشر دور تر از هسته منتقل گردیده و اگر انرژی الکترون کم ساخته شود، به قشر پایین و نزدیک به هسته سقوط نموده، لاکن انرژی جذب شده را در مدت $10^{-8}-10^{-10}$ ثانیه دوباره آزاد ویا انرژی آزاد شده را دوباره جذب نموده به موقعیت اصلی خود بازگشت می‌نماید والکترون‌ها به مدارهای دایره وی به دور هسته در حال حرکت می‌باشند.

فعالیت

به شکل ذیل دقت نموده و در جمله‌های بعد از شکل در زیر کلمات نامناسب خط بکشید تا جمله‌های درست گردد.



شکل (1-9) اتوم‌ها با گرفتن ویا باختن الکترون ها

در شکل الف الکترون با (گرفتن انرژی / از دست دادن انرژی) سویهٔ انرژی (بلند / پایین) منتقل گردیده است .

در شکل ب الکترون با(گرفتن انرژی / از دست دادن انرژی) سویهٔ انرژی (بلند / پایین) منتقل گردیده است.

معلومات اضافی

تیوری بور را عالمی به نام زومیر فیلد در سال 1916 انکشاف داد. وی نظر داده است که: هر یک از نمبرهای کوانتم انرژی اوربیت‌های کروی را معین ساخته و هم بعضی از اقشار بیضوی را نیز می‌توان به اساس همین نمبرهای کوانتم اصلی مسمی ساخت که به حرف n نشان داده شده، نمبرهای کوانتم دومی را نیز شامل ساخت که شکل بیضوی اقشار (مختلف المرکز) را مشخص می‌سازد و آن را به l افاده کرد. راجع به تمام نمبرهای کوانتم معلومات ارائه خواهد شد.

فعالیت

الف – کمیت مقدار تغییر انرژی زمانی که یک الکترون ازسویهٔ انرژیکی اول به دوم انتقال می‌نمایید، چقدر است؟

ب – کمیت یا اندازه تغییرات انرژی موقعی که یک الکترون از سویهٔ دوم به سویهٔ اول سقوط می‌نمایید، چقدر خواهد بود؟

این تیوری‌ها راجع به ساختمان الکترونی اتوم معلومات لازمه را ارائه کرده نمی‌توانست، از این سبب تیوری‌های دیگر به وجود آمد که در صفحات بعدی مطالعه می گردد.

1 - 5 :تیوری معاصر اتومی (میخانیک کوانتمی)

ممکـــن حیـــرت انگیز باشـــد این که: (نظریه بور باوجـــود موفقیت‌های خویش بعد از زمان ده ســـال انتشار آن ردگردید) گرچه نظر بور توانست سپکتر اتوم‌های یک الکترونی را توضیح نماید؛ اما به توضیح ســـپکتر اتوم‌های چندین الکترونی قادر نبود. در ســـال‌های 1920-1930 در فزیک نظری دو پرسش به میان آمد:

1 - سؤال اول مربوط به دو نظر مختلف در مورد طبیعت نور (نظریه موجی و طبیعت فوتونی نور) بود.

2 - سؤال دوم عبارت از پدیده کوانتمی مقدار معین نور و انرژی که باید آن را به صورت یک مسأله فراموش شده میخانیک نیوتن دخیل ساخت.

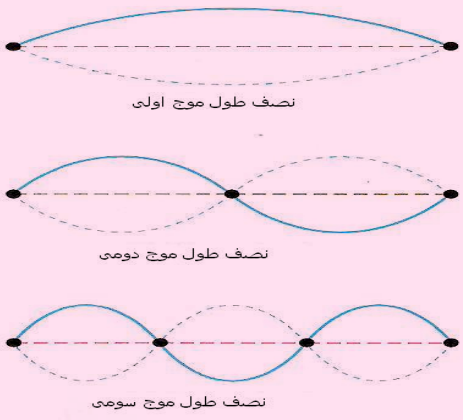
بنابر همین علت بود که تیوری میخانیک جدید و معاصر ایجاد گردد: مطابق به این تیوری: نور خواص موجی را دارا بوده و هم خواص ذره وی را دارا است.

طبیعت موجی و ذره وی

اولین کســـی که در مورد میخانیک موجی معاصر قدم مثبت نهاد، در ســـال 1924م عالمی به نام دی - بروگلی (De-Broglie) بود. در زمان‌های ســـابق علما نظر داشـــته اند که تشعشـــات الکترو مقناطیســـی عبارت از پدیده‌های موجی مطلق اســـت (با وجودی که انشـــتاین خاطر نشان ساخته بود « در بعضی تجارب آن موج‌های الکترومقناطیسی خاصیت ذره وی یا فوتونی را از خود نشان می‌دهند»).

متوجه باشید

پدیده‌هـــای موجـــی عبـــارت از انکســـار و تداخـــل مایکـــروذرات اســـت وبه خاطرآموزش تاثیر این دو پدیده لازم اســـت تا طول موج نسبت داده شده به هر ذره را آموخت.



شکل (1 – 10) تصویر سیستمی در حال اهتزازی .

دی- بروگلی با در نظر داشت معادلات انرژیکی انشتاین و فورمول پلانک طول موج فوتون‌ها را قرار ذیل به دست آورد:

$$E = h \cdot v \quad , \quad v = \frac{E}{h} \quad \text{یا} \quad \frac{E}{h} = \frac{C}{\lambda} \rightarrow \frac{E}{C} = \frac{h}{\lambda}$$

از نظر تیوری نسبیت انشتاین می‌توان رابطه بین مقدار حرکت نور، سرعت و انرژی را طبق معادلات ذیل محاسبه کرد:

$$E = mC^2 \qquad \frac{E}{C} = mC$$

چون مومنت مقدار حرکت عبارت از حاصل ضرب کتله و سرعت است،یعنی:

$$P = mc$$

از این جا $p = \frac{E}{C}$ نیز بوده و در این صورت می‌توان تحریر کرد که:

$$\frac{h}{\lambda} = \frac{E}{C} = p = m \cdot v$$

مقدار حرکت یک ذره با کتله m و سرعت v عبارت از p=mv است، پس:

$$\frac{h}{\lambda} = mv \qquad \lambda = \frac{h}{mv}$$

معادلهٔ اخیر رابطه بین کتله، طول موج و سرعت را افاده می‌کنید.

تمـام ذرات دارای مومنت مقدار حرکت p=mv بوده و طول موج شـان توسـط فورمول $\lambda = \frac{h}{mv}$ محاسبه شده می‌تواند.

سوال: طول موج رادیو را که فریکوینسی آن $v = 102,5MHZ$ است دریافت کنید؟

حل:

$$v = \frac{C}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{C}{v} = \frac{3 \cdot 10^8 m/s}{102,5 \cdot 10^6 HZ} = \frac{3 \cdot 10^8 m/s \cdot 10^{-6}}{102,5/s} = 2,9m$$



فعالیت

در جدول ذیل بعضی مشخصات ذرات ارایه گردیده است، طول موج ذرات مذکور نیز به اسـاس فورمول فوق دریافت و در جدول درج شـده اسـت، شـما بعد از محاسبه نتایج را به دست آورده و با نتایج درج شده در جدول مذکور مقایسه کنید.

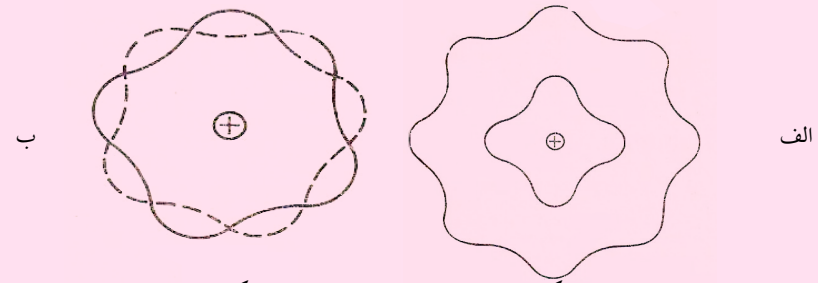
جدول، فعالیت

ذرات	کتله به گرام	سرعت $\frac{cm}{s}$	طول موج انگستروم	نتایج دریافت شده شاگردان
الکترون 300k	$9,1\cdot10^{-28}$	$1,2\cdot10^{7}$	$61\,\mathring{A}$	
الکترون با انرژی 1ev	$9,1\cdot10^{-28}$	$5,9\cdot10^{7}$	$12\,\mathring{A}$	
الکترون با انرژی 100ev	$9,1\cdot10^{-28}$	$5,9\cdot10^{7}$	$1,2\,\mathring{A}$	
اتوم هیلیوم، 300k	$6,6\cdot10^{-24}$	$1,4\cdot10^{5}$	$0,1\,\mathring{A}$	
اتوم ....، 300k	$2,2\cdot10^{-22}$	$2,4\cdot10^{4}$	$0,12\,\mathring{A}$	

به هر اندازه که کتله و سرعت ذره زیاد باشد، به همان اندازه طول موج آن کوتاه است؛ بنابرین زمانی که یک دسته الکترون به یک جسم کریستالی برخورد می‌نماید، دوباره منکسر گردیده و یا بازگشت می‌نماید.

توجه نمایید

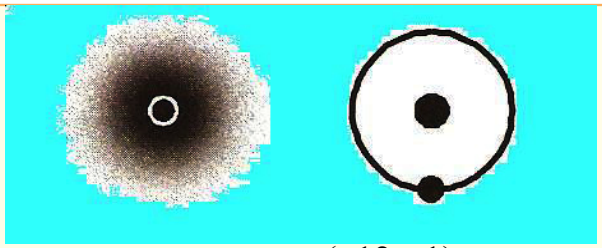
تاثیر ذرات کوچک (فوتون‌ها، الکترون‌ها، نیوترون‌ها... وغیره) دارای طبیعت دوگانه بوده، در بعضی از آزمایشات خواص ذره وی و در بعضی آزمایشات دیگر خواص موجی آن‌ها آشکار می‌گردد؛ پس ذرات کوچک دارای خواص ذره وی و موجی «هردو» می‌باشند.



شکل (1 - 11) طبیعت موجی الکترون

فعالیت

کدام یکی از اشکال ذیل برای الکترون مسیر خاصی را مشخص ساخته و کدام یک مسیر خاصی را مشخص نمی‌سازد؟



شکل (1 - 12) مسیر خاص الکترون‌ها

نمبرهای کوانتمی چهارگانه به شـکل یک نتیجهٔ ریاضیکی خـود را تبارز داده، وضعیت و انرژی الکترونی اتوم‌ها را مشخص می‌سازد،

1 - نمبر کوانتم اصلی (The principle Quantum Number)

نمبـر کوانتم اصلی جسـامت ابر الکترونی، شـعاع اتوم و انـرژی الکترون‌ها را نظر به هسـته، یعنی سطح انرژیکی الکترون هارا نظر به هسته مشخص می‌سازد که قیمت‌های کاملاً معیـن اعداد تام طبیعی (n=1,2,3,4,5,6,7...) را به خـود اختیار کرده می‌تواند و به n نشان داده می‌شود.

هر قدر که قیمت n کوچک باشد، به همان اندازه الکترون کم ترین انرژی را دارا بوده و به هسته نزدیک می‌باشد، نمبر کوانتم اصلی نسبت به دیگر نمبرهای کوانتم مهم بوده؛ زیرا که کمیـت انرژی الکترون اتوم هایدروجن و دیگر اتوم‌ها را افاده کرده وتوسـط فورمول ذیل محاسبه شده می‌تواند که در آن n نیزشامل است:

$$E = \frac{-2\pi^2 \cdot m \cdot e^4 z^2 \cdot k^2}{n^2 h^2}$$

2 - نمبـر کوانتـم فرعی یا حرکت زاویوی: مطابق بـه نظریه بور یک مدار اصلی یا قشـر الکترونی عبارت از دوره دایره وی حالت استثنای گردش الکترون به دوره هسته است و حالـت عمومی عبارت از بیضوی بوده که هسـته در یکی از محراق‌های آن قرار دارد. در یک مدار بیضوی شـکل، سـرعت الکترون ثابت و معین نه بوده، انرژی حرکی آن در تغییر است و در این تغییرات انرژی کوانتمی بوده ؛ بنابر این برای الکترون تنها بعضی از مدارهای بیضوی اسـتثنایی مجاز اسـت، بدین ترتیب دومین نمبر کوانتم اندازهٔ حرکت زاویه وی و یا مومنت مقدار حرکت زاویه وی را افاده می کند و به l نشان داده می‌شود و ضریب بیضوی بودن مدار را تعیین می‌نماید.

چـون الکترون دارای مقدار حرکت دورانی بوده؛ بنابرآن حتماً دارای انرژی حرکی حاصله از حرکت دورانی اسـت پس مومنـت مقدار حرکت (p=mv) محدود بوده و مسـاوی به مجموع انرژی الکترون اسـت؛ به این اسـاس حیرت انگیز نه خواهـد بود، اگر نظریهٔ مقدار مومنـت حرکت زاویه وی الکترون با مومنت مقدار حرکت اوربیتالی(l)را منحصر به مقدار

n دانسته شود، تیوری نظری و تجربی نشان می‌دهد که l می‌تواند تمام قیمت‌های اعداد تام بین صفر و $n-1$ به شمول صفر و $n-1$را به خود اختیار نمایند:

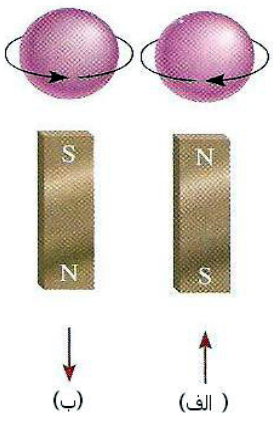
$$l = 0 - - - n-1$$

اگر $n=1$ باشد، lدارای یک قیمت بوده و آن صفر است. در صورتی که $n=2$ باشد، lنیز دارای دو قیمت بوده و آن 0 و 1 است..... و اگر $n-5$باشد، l نیز دارای 5 قیمت بوده و آن عبارت0, 1,2,3,4, است.

3 - نمبر کوانتم مقناطیسی: حرکت زاویه وی یا مومنت مقدار حرکت دورانی یک الکترون را در هر اتوم می‌توان به جریان برق سیستم دایره وی که در آن جریان دارد، تشبه نمود. چون جریان برق در داخل حلقه به وجود می‌آید و ساحه مقناطیسی را در داخل حلقه تولید می‌کند از این سبب گفته می‌توانیم که تحریک الکترون در یک مدار دایره وی نیز ساحه مقناطیسی را تولید می‌کند که نمبر کوانتم مقناطیسی ml آن را مشخص می‌سازد، از طرف دیگر mlاز مقدار مومنت حرکت زاویه وی حاصل می‌گردد، لذا مقدار آن مربوط به قیمت نمبر کوانتم اوربیتالی یا فرعی می‌باشد، تیوری و عمل توضیح می‌نمایند که ml می‌تواند تمام قیمت‌های عددی تام بین صفر و $+l$ و صفر، $-l$ را به شمول صفر $+l$ و $-l$ اختیار نماید و تعداد قیمت های ml عبارت از $ml = 2l+1$ است که مقدار این قیمت‌های ml تعداد اوربیتال‌ها را در سویه فرعی نیز افاده می‌کند:

$$ml = +l - - - 0 - - -l$$

٤ – نمبر کوانتم سپین: الکترون علاوه بر تشکیل ساحه مقناطیسی حاصله از حرکت دورانی خود مشابه به مقناطیسی کوچک عمل نموده، به این اساس گفته می‌توانیم که الکترون دارای spin بوده و کلمه spin به معنی چرخش می‌باشد و عبارت از مقدار حرکت دورانی یک ذره به دور محور خودش است، این مقدار برای ذرات اساسی کاملاً مشخص و معین است الکترون، پروتون و نیوترون دارای قیمت $\text{spin} = \pm\frac{1}{2}$ است.



شکل (1 -13): شکل سپین الکترون‌ها

توجه نمایید

چون قیمت ml را l مشخص می‌سازد؛ بنابرین روابط خاصی بین l, n ،و ml باید موجود باشد؛ به طور مثال: پایین ترین سویه انرژیکی اتوم هایدروجن در حالت اساسی و ثابت یعنی، $ml = 0, l = 0, n = 1$ بوده که یک قیمت را به خود گرفته می‌تواند ؛ به همین ترتیب قیمت های l تعیین کننده قیمت ml بوده، طوری که پیش از این یاد آوری گردید، قیمت $ml = 2l + 1$ است، یعنی:

$$ml = 2l + 1$$

$$l = 0$$

$$ml = 2 \cdot 0 + 1 = 1$$

$$ml = +1 - - - 0 - - - \ -1$$

$$ml = 0$$

بالاخره به هر قیمت n , l , ml قیمت spin عبارت از $+\frac{1}{2}$ و $-\frac{1}{2}$ است

$$S = +\frac{1}{2} \ , \ -\frac{1}{2}$$

اگر $l = 1$ باشد ml دارای سه قیمت بوده و آن‌ها عبارت از +1 , 0 , -1 است.

$l = 1$

$$ml = 2l + 1 \quad \Rightarrow \quad ml = 2 \cdot 1 + 1 = 3$$

$$ml = +1 - - - - - 0 - - - - - 1$$

$$ml = +1,0,-1 \quad \Rightarrow \quad ml = +1 - - - - - 0 - - - - - 1$$

برای آموزش بیشتر شما

Orbital کلمهٔ لاتین بوده و به معنی لانه یا آشیانه است، در این جا نیز به همین مفهوم به کار رفته و عبارت از آن قسمت اطراف هسته اتوم است که احتمال موجودیت الکترون در آن 95% است. احتمال آن موجود است که الکترون در یک لحظه زمانی خارج از حدود این ساحه فضای هسته قرار داشته باشد که 5% را احتوا می کند.

اقشار اصلی وفرعی

با هر نمبر کوانتم اصلی سویه انرژیکی اصلی معین مطابقت داشته که این سویه‌های اصلی به حروف بزرگ نشان داده می‌شود (قرار ذیل) :

n =	1	2	3	4	5	6	7
	K	L	M	N	O	P	Q

فعالیت با در نظر داشت مودل بور سلسلهٔ

n =	1	2	3	4	5	6	7
	K	L	M	N	O	P	Q

را رسم وتوضح نمایید .

با هر نمبر کوانتم فرعی سویه انرژیکی فرعی معین مطابقت دارد، این سویه‌های فرعی را به حروف قرار ذیل افاده می کند.

نمبر کوانتم فرعی	0	1	2	3	4
سویهٔ انرژیکی فرعی	s	p	d	f	g

تعداد اوربیتال‌های هر سویه فرعی به قیمت ml مربوطهٔ آن مطابقت داشته و حداعظمی گنجایش الکترون در یک اوربیتال صرف دو عدد با سپین مخالف الجهت است.

اگر چرخش الکترون به دور محور خودش مطابق به عقربهٔ ساعت بوده باشد، قیمت سپین آن $-\frac{1}{2}$ بوده و در صورتی که مخالف با عقربهٔ ساعت چرخش نماید، قیمت سپین آن $+\frac{1}{2}$ است .

اوربیتال هارا به صندوقچه نشان می‌دهند .تعداد اوربیتال‌ها در هرسویهٔ انرژیکی اصلی به n^2 مطابقت داشته وتعداد اعظمی الکترون‌ها در آن‌ها به $2n^2$ مطابقت دارد .

فعالیت

جاهای خالی جدول ذیل را تکمیل نمایید.

اقشار	نمبر کوانتم اصلی(n)	$2n^2$	تعداد مجموعی الکترون‌ها
K	n=1	$2(1)^2$	2
L	n=2	----------	----------
M	n=3	----------	----------
N	n=4	----------	----------
O	n=5	----------	----------

حالت انرژیکی الکترون‌ها را به اعداد وحروف نشان می‌دهند، طوری که نمبر کوانتم اصلی آن‌ها را به عدد افاده نموده واین عدد را به طرف چپ حرفی تحریر می‌نمایند که سویهٔ انرژیکی فرعی را نشان می‌دهد و به یک نمبر کوانتم فرعی معین مطابقت دارد؛ به طور مثال: 3p نشان می‌دهد که الکترون در سویهٔ اصلی سوم به سویه فرعی p قرار داشته

و شـــکل ابر الکترونی آن مانند « دمبل » می‌باشد . شکل ابر الکترونی اوربیتال s کروی بوده وشـــکل ابر الکترونی اوربیتال‌ها d وf مغلق اســـت که ماننـــد برگ‌های گل صد برگ ویا مرسل بالای همدیگر قرار دارند .

جدول ذیل ترتیب نمبر کوانتم چهارگانه واوربیتال‌های آن‌ها را افاده می کند:

جدول (1 – 3) ترتیب نمبرهای کوانتم چهار گانه واوربیتال‌های آن‌ها:

$n+l$	تعداد الکترون	تعداد اوربیتال	حالت انرژیکی	نمبرهای چهار گانه			
				s	ml	l	n
1	2	1	s	$+\frac{1}{2},-\frac{1}{2}$	0	0	1
2 3	2 6	1 3	s p	// // // //	0 +1 0 - 1	0 1	2
3 4 5	2 6 10	1 3 5	s p d	// // // // // //	0 +1,0,–1 +2,+1,0,–1,–2	0 1 2	3
4 5 6 7	2 6 10 14	1 3 5 7	s p d f	// // // // // // // //	0 +1,0,–1 +2,+1,0,–1,–2 +3,+2,+1,0,–1,–2,–3	0 1 2 3	4

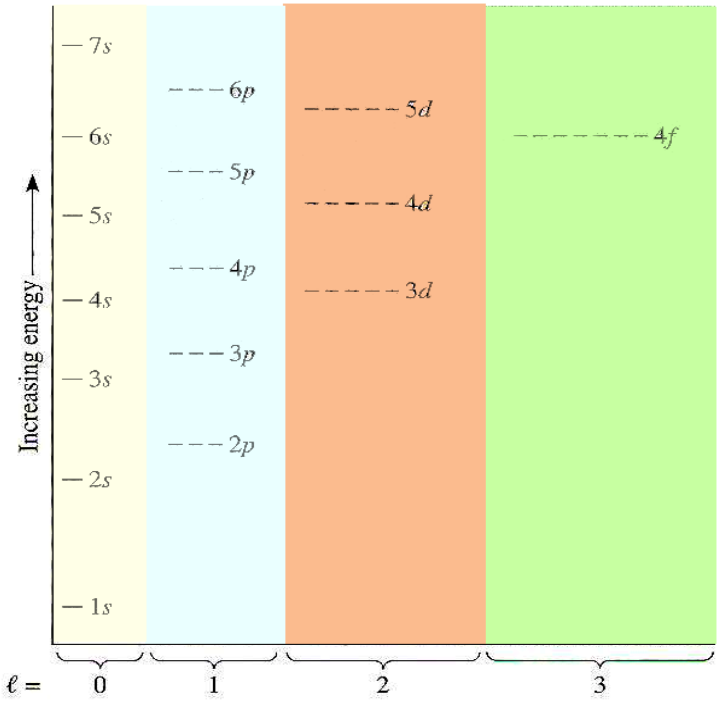
فعالیت

اگر $n=5$ باشـــد قیمت‌های ممکنهٔ l، ml، s،حالـــت انرژیکی، تعداد اوربیتال، تعداد الکترون و $n+l$قشر O (5) را در یافت و در یک جدول ترتیب نمایید.

1 -6 : ساختمان الکترونی اتوم‌های چندین الکترونی

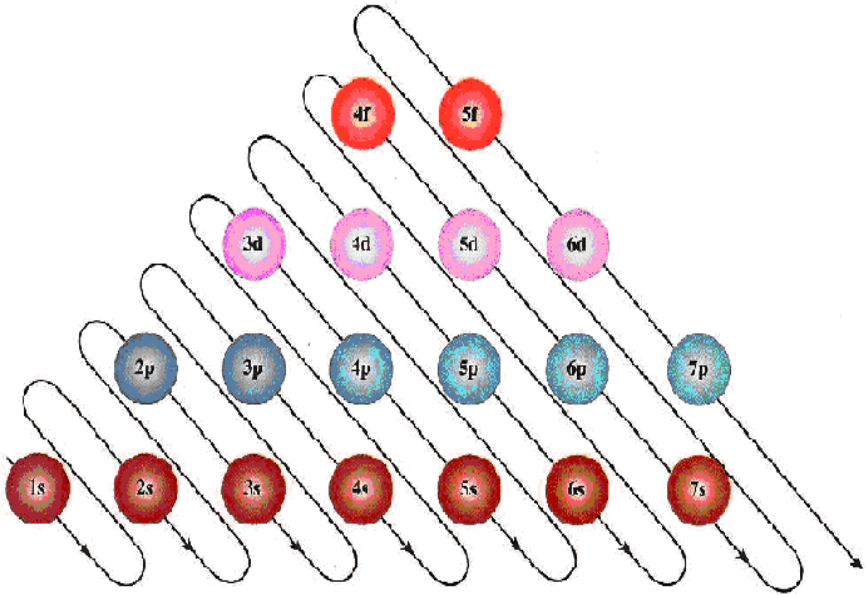
پر شدن اوربیتال‌های سویه‌های انرژیکی توسط الکترون‌ها

الکترون‌ها نخست اوربیتال‌های آن سویه‌های انرژیکی را اشغال می‌نمایند که در سطح پایین انرژیکی قرار داشته وبه هسته نزدیک باشند . دراین مورد قواعد وپرنسیب‌های زیاد موجود است که این قواعد با گراف‌های مربوطه قرار ذیل توضیح می گردد.



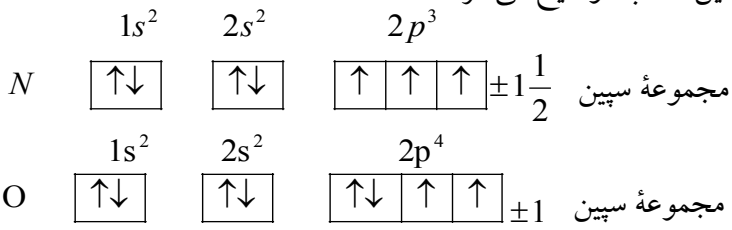
شکل (1- 7) گراف سویهٔ انرژی اوربیتال‌ها :

به اساس سلسلهٔ ذیل نیز می‌توان تقسیمات الکترون‌ها را در اوربیتال‌های سویه‌های انرژیکی تقسیمات کرد :



قاعده هوند (Hunds Rule)

الکترون‌ها اوربیتال عین سویه فرعی را طوری اشغال می‌نمایند که مجموعهٔ قیمت‌های عددی Spin آن‌ها اعظمی باشد، یا به عباره دیگر الکترون‌ها نخست اوربیتال‌های سویه فرعی را به شکل طاقه با Spin هم جهت پر نموده، درصورتی که الکترون‌های اضافی موجود باشد، جوره شدن آن‌ها با Spin مخالف الجهت آغاز می‌گردد؛ به طور مثال: درنایتروجن واکسیجن این مطلب توضیح می‌گردد:



فعالیت

ساختمان الکترونی عناصر ذیل را با اوربیتال‌های آن‌ها تحریر و مجموعهٔ سپین آن‌ها را دریافت نمایید.

$_{46}Pd, _{25}Mn, _{19}K, _{26}Fe$

قاعده کلچکو فسکی(Klechkows Skyis Rule)

در بعضی از اتوم‌های عناصر پر شدن سویه‌های الکترونی توسط الکترون‌ها طوری عملی می‌گردد که هنوز پرشدن سویه قبلی واوربیتال آن‌ها توسط الکترون‌ها صورت نگرفته، الکترون‌ها اوربیتال‌های سویه انرژیکی بعدی را اشغال می‌نمایید، به طور مثال: اوربیتال 4S زمانی توسط الکترون‌ها پر می‌گردد که هنوز 3d توسط الکترون‌ها اشغال نگردیده است. به همین ترتیب 5S قبل از 4d و 5p و هم 6S قبل از 4F و 5d توسط الکترون‌ها اشغال می‌گردد. دراین مورد کلچکوفسکی قاعدهٔ را وضع نمود که قرار ذیل است:

الکترون‌ها نخست اوربیتال‌های آ ن سو یهٔ انرژیکی را اشغال می‌نمایند که مجموعهٔ قیمت‌های عددی نمبر کوانتم اصلی n و فرعی l $(n+l)$ آن‌ها کوچک باشد، درصورتی که $(n+l)$ دو سویه با هم مساوی باشد، دراین صورت الکترون‌ها نخست اوربیتال‌های آن سویهٔ انرژیکی را اشغال می‌نمایند که قیمت عددی n آن کوچک باشد، یعنی $(l \le n-1)$ رعایت می‌کرد. سلسله ذیل را ملاحظه نمایید.

سویه انرژیکی	1s	2s	2p	3s	3p	4s	3d	4p	5s	4d	5p	6s	4f	5d	6p
n+l	1	2	3	3	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7

فعالیت اول

ساختمان الکترونی و اوربیتالی اتوم‌های عناصر ذیل را به اساس قاعدهٔ کلچکوفسکی تحریر وترتیب نمایید:

$$_{90}Th\ _{3}Li\ ,_{4}Be\ ,_{5}B,\ _{15}P$$

فعالیت دوم :

جاهای خالی جدول ذیل را با اعداد مناسب پر نما یید .

عنـــصر	تعداد الکترون ها	ســـــــــاخـــــــــتمان الکترونی		
		سویهٔ اول	سویهٔ دوم	سویهٔسوم
H		1	\\\\\\\\\\	\\\\\\\\\\\\\\\\\\
He	2	2	\\\\\\\\\\	\\\\\\\\\\\\\\\\\\
Li		2	1	\\\\\\\\\\\\\\\\\\
C	6	2	2	\\\\\\\\\\\\\\\\\\
Ne	10		8	\\\\\\\\\\\\\\\\\\
Mg	12	2	8	2
S	16	2	8	
Ar	18	2		8

خلاصهٔ فصل اول

* در سال‌های 400 ق. م. عالمی به نام دیموکراتس ابراز نمود : مواد را می‌توان به چنان ذرات کوچک تقسیم کرد که دیگر امکان تقسیم آن موجود نباشد، موصوف این ذرات را به نام اتوم یاد کرد .اتوم کلمهٔ یونانی بوده که از tom (تقسیم) و A (نفی) گرفته شده است.

* در سال 1808 دالتون تیوری اتومی را بنیان گذاشت، طبق این تیوری مواد از ذرات کوچک به نام اتوم‌ها ساخته شده است.

تیوری جدید اتومی ارائه می‌دارد این که:

* اتوم‌ها ذرات کوچک اند که توسط وسایل سادهٔ کیمیاوی تجزیه نشده و مجموعهٔ از اتوم‌های که دارای عین چارج هسته باشند، به نام عنصر کیمیاوی یاد می‌شوند.

* اتوم‌ها به طور دایمی در حال حرکت بوده، با ازدیاد حرارت، سرعت حرکت آن‌ها زیاد می‌گردد واین حرکت سبب تعامل آن‌ها با هم دیگر می‌گردد.

* اتوم‌های عناصر مختلف از لحاظ کتله ، حجم و خواص از هم دیگر فرق دارد.

* اتوم‌های عناصر از دوقسمت ساخته شده است که عبارت از هسته وقشر الکترونی می‌باشد

تامسن به اساس تجارب الکترون‌ها را در اتوم کشف کرد.

* رادر فورد به اساس تحقیقات چارج وکتلهٔ هستهٔ اتوم را محاسبه نموده ودریافت کرد که در هستهٔ اتوم ذرات چارج دار مثبت موجود است، موصوف این ذرات را به نام پروتون‌ها یاد کرد.

* چادویک نیوترون‌ها را در هستهٔ اتوم کشف کرد، موصوف طبق معادلهٔ هستوی ذیل، نیوترون‌ها را به دست آورد.

$$^{9}_{4}Be+^{4}_{2}He\longrightarrow^{12}_{6}C+^{1}_{0}n$$

* مجموعهٔ پروتون‌ها ونیوترون‌ها را به نام نوکلیون یاد نموده اند .

* سرعت الکترون‌ها را می‌توان توسط فورمول $v=\frac{kze^2 2\pi}{nh}$ محاسبه کرد و به اساس فورمول

$r=\frac{n^2h^2}{mkze^2 4\pi^2}$ می‌توان شعاع اتوم را به دست آورد.

* طول موج الکترون را می‌توان به اساس فورمول دی – بروگلی قرار ذیل به دست آورد.

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

* وضعیت وحالت الکترون‌ها را می‌توان به اساس چهار نمبر کوانتم مشخص کرد.

1 – نمبر کوانتم اصلی : این نمبر کوانتم جسامت ابر الکترونی، شعاع اتوم وسویهٔ انرژیکی الکترون‌ها را نظر به هسته در اقشار مختلف نشان می‌دهد.

2 – نمبر کوانتم فرعی : این نمبر کوانتم وضعیت الکترون هارا به دور هستهٔ اتوم در کواردینات‌ها مشخص می‌سازد . وقیمت‌های کاملاً معین اعداد تام بین، صفر و $n-1$ $(l = 0 - - - n-1)$ را به خود اختیار می‌نماید.

3 – نمبر کوانتم مقناطیسی : این نمبر کوانتم وضعیت وخاصیت مقناطیسی الکترون‌ها را به دور هستهٔ اتوم نشان می‌دهد وتعداد قیمت های $ml = 2l+1$ را دارا بوده و این قیمت‌ها عبارت از اعداد تام بین صفر و $+l - - - - 0, - - - - -l$ قرار دارد .

تحریک الکترون‌ها در مدارهای دایره وی ساحهٔ مقناطیسی را تولید می‌نماید که نمبر کوانتم مقناطیسی آن را مشخص می‌سازد.

4 - نمبر کوانتم سپین: سپین (Spin) کلمهٔ لاتین بوده وبه معنی چرخش است، درین جا نیز به همین مفهوم به کار رفته وچرخش الکترون‌ها را به دور محور خود شان افاده می کنند. چرخش الکترون‌ها را به دور محور خود شان، نمبر کوانتمی را مشخص می‌سازد که به نام نمبر کوانتم سپین یاد شده وبرای مایکرو ذرات قیمت های $-\frac{1}{2}$, $+\frac{1}{2}$ $ms =$ را به خود اختیار می نماید.

* اوربیتال (Orbital): کلمهٔ لاتین بوده و به معنای لانه می‌باشد که درین جا نیز به همین مفهوم به کار رفته و عبارت از آن قسمت فضای اطراف اتوم است که احتمال موجودیت الکترون در آن 95% است.

* قاعدهٔ پاولی : در یک اتوم دوالکترون نمی‌توانند که چهار نمبر کوانتم یک سان را دارا باشند.

* قاعدهٔ هوند : الکترون‌ها اوربیتال‌های عین سویه‌های انرژیکی فرعی را طوری اشغال می‌نمایند که مجموعهٔ قیمت‌های عددی سپین آن‌ها اعظمی باشد.

* قاعـدهٔ کلچکوفسـکی : الکترون‌هـا نخسـت اوربیتال‌های آن سـویه‌های انرژیکی را اشـغال می‌نماینـد که مجموعهٔ قیمت‌های عددی نمبرهای کوانتـم اصلی (n) ونمبر کوانتم فرعی (l) آن $(n+l)$ کوچک باشد . در صورتی که $(n+l)$ دویا چند سویه با هم مساوی باشد ، درین صورت اوربیتال‌های آن سویه توسط الکترون‌ها اشغال می گردد که قیمت n آن کوچک باشد .

سوال‌های فصل اول

سؤال‌های چهار جوابه : برای هر سؤال چهار جواب داده شده است که یکی آن درست است، شما درست آن را انتخاب نمایید.

1 – ذرهٔ کوچک یک ماده را برای اولین بار کدام عالم به نام اتوم یاد کرد؟

الف – دالتن ب – دیموکرات ج – ارسطو د – رادر فورد

2 – کلمهٔ اتوم از کدام کلمات ذیل اشتقاق یافته است؟

الـف – Tom (تقسـیم) ب – A (نفـی) ج – الـف و ب هـردو درسـت اسـت د – هیچکدام

3 – بنیان گذار تیوری اتومی کدام یکی از علمای ذیل است؟

الف – ارسطو ب - دیموکرات ج – رادر فورد د – تامسن

4 – کاشف هسته ومشخصات هستهٔ اتوم کدام یکی از علمای ذیل است؟

الف – موزلی ب – چادویک ج – رادر فورد د – سودی

5 – به اساس کدام فورمول‌ها می‌توان سرعت الکترون را به دور هستهٔ اتوم محاسبه کرد؟

الف – $v=\frac{kze2\pi}{nh}$، ب – $V=\frac{h}{mv}$، ج – $V=\frac{nh}{mKze^2 4\pi^2}$، د – هیچکدام

6 – اگر n=3 باشد، قیمت‌های ℓ عبارت اند از:

الف - سه قیمت ب – دوقیمت ج – یک قیمت د – تماماً غلط است.

7 – عنصری دارای نمبر اتومی 26 دارای کدام مجموعهٔ قیمت‌های عددی سپین است؟

الف – $-\frac{1}{2}$, $+\frac{1}{2}$ ب – 2 ج - 3 د - 1

8 - اگر $l=3$ باشد، قیمت‌های ml عبارت از ------ است

الف – سه قیمت ب - دوقیمت ج - هفت قیمت د – قیمت به r ارتباط ندارد

9 – طول موج لکترون را توسط کدام فورمول‌های ذیل می‌توان در یافت کرد؟

الف - $\lambda = \frac{Kze^2\pi}{nh}$ ب - $\lambda = \frac{h}{mv}$ ج - $\lambda = \frac{nh}{mKze^2 4\pi^2}$ د – تماماً

10 – پروتون‌ها کدام نوع ذرات اتوم اند ؟

الف – ذرهٔ منفی ب- ذرهٔ مثبت، ج – ذرهٔ خنثی، د- ذرهٔ چارج دارمثبت ومنفی

سـؤال‌های صحیح وغلط :جمله‌های صحیح ذیل را به (ص) وغلط ذیل را به (غ) نشانی کنید .

1– مواد از ذرات کوچک به نام اتوم‌ها ساخته شده است . ( )

2 - تامسـن در تحقیقات خویش نسـبت چارج را بر کتلـه مواد $(\frac{e}{m})$ دریافت نمود که کمیت $1.76\ C/kg$ را به دست آورد .( )

3 - چادویک (Chadwick) در سـال 1932 در نتیجهٔ تعاملات هسـتوی پروتون را کشـف کرد، ( )

4 - در یک اتوم دوالکترون می‌توانند که چهار نمبر کوانتم یک سان را دارا باشند ( )

5 - طبق تیوری کوانتم انرژی فوتون عبارت از کوانت نور با فریکونسـی r بوده و می‌باشـد. ( )

6 - مطابق به تیوری پلانک انرژی کوانتایزیشن (Cuentization) می گردد. ( )

7 - اتوم‌های عناصر مختلف از لحاظ کتله، حجم و خواص از هم دیگر فرق ندارند .( )

8 - آن قسـمت فضای اطراف اتوم که احتمال موجودیت الکترون در آن 95% اسـت به نام اوربیتال یاد می گردد . ( )

9 - نمبـر کوانتـم اصلـی وضعیت الکترون هـارا به دور هسـتهٔ اتوم در کواردینات مشـخص می‌سازد ( )

سؤال‌های تشریحی:

1 – ثبوت نمایید که $\lambda = \frac{h}{mv}$ است .

2 - نمبر کوانتم اصلی را به طور مختصر توضیح نمایید.

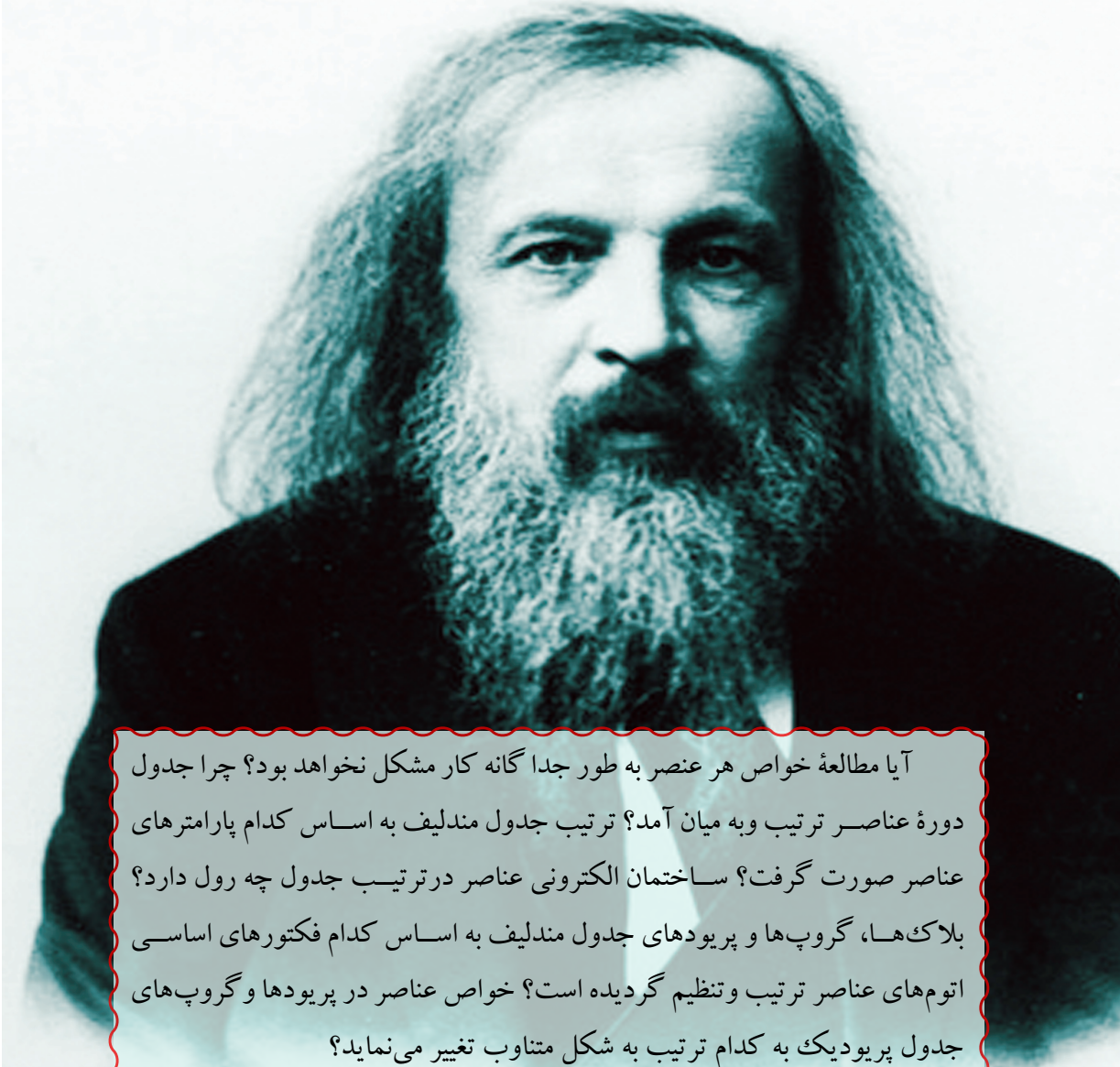
3 - ثبوت کنید که $r = \frac{n^2h^2}{mkze^2 4\pi^2}$ است .

4 – اگر نمبراتومی یک عنصر 82 باشد، ساختمان الکترونی آن را تحریر وموقعیت عنصر را در پریود وگروپ مشخص سازید .

5 – طول موج الکترون اتوم هایدروجن را محاسبه نمایید، درصورتی که سرعت آن $V = 2200 km/\sec$ باشد . (n=1)

فصل دوم

ترتیب الکترونی و خواص دوره یی عناصر



آیا مطالعهٔ خواص هر عنصر به طور جدا گانه کار مشکل نخواهد بود؟ چرا جدول دورهٔ عناصر ترتیب وبه میان آمد؟ ترتیب جدول مندلیف به اساس کدام پارامترهای عناصر صورت گرفت؟ ساختمان الکترونی عناصر درترتیب جدول چه رول دارد؟ بلاک‌ها، گروپ‌ها و پریودهای جدول مندلیف به اساس کدام فکتورهای اساسی اتوم‌های عناصر ترتیب وتنظیم گردیده است؟ خواص عناصر در پریودها وگروپ‌های جدول پریودیک به کدام ترتیب به شکل متناوب تغییر می‌نماید؟

برای دریافت حل سؤال‌های فوق وامثال آن‌ها و هم درباره تغییر متناوب خواص عناصر می‌توان دراین فصل معلومات به دست آورد.
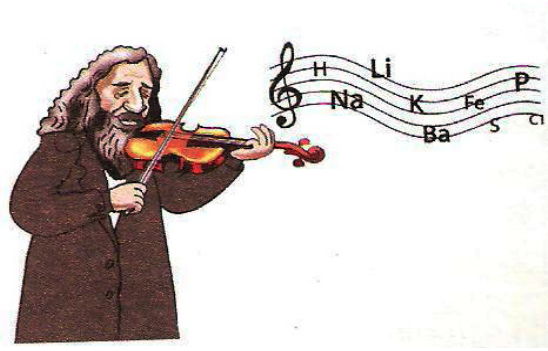
2 – 1 : تاریخچهٔ ساختمان سیستم پریودیک

در طبیعت 92 عنصر طبیعی و متباقی مصنوعی بوده که توسط انسان‌ها کشف گردیده است، دانستن خواص ومشخصات عناصربه طورجداگانه کار مشکل است، ازاین سبب علمای کیمیا سعی به عمل آورده اند تا این عناصر را طوری در یک جدول واحد تنظیم نمایند که با دانستن خواص یکی از آن‌ها، خواص عدهٔ دیگر آن‌ها را نیز دانسته باشند .

در سال 1865 کیمیادان انگلیسی به نام نیولیندز(Newlands) عناصر کشف شدهٔ ز مان خویش را به اساس ازدیاد متناوب کتله اتومی نسبتی شان در قطارهای افقی ترتیب کرد و درین صورت دیده شد که عنصر نمبر هشتم تحت عنصرشماره اول که مشابه آن است قرار گرفته و به همین ترتیب عنصر شماره نهم تحت عنصر شماره دوم و غیره قرار گرفت. دراین صورت عناصرمشابه را دریک ستون عمودی قرار داد (که فعلاً این سیستم به نام اوکتای نیولندز یاد می گردد). جدول آن قرار ذیل است:

جدول (2 – 1) اوکتای نیولیندز

1	2	3	4	5	6	7
H	Li	Be	B	C	N	O
F	Na	Mg	Al	Si	P	S
Cl	K	Ca	Cr	Ti	Mn	Fe



نیولندز اوکتای کیمیاوی خود را با اوکتایدهای موزیک مقایسه نمود و آن را به نام قانونمندی توضیح شده قانون (Octave) یاد نمود . مقایسهٔ نیولندز غیر مدلل و نا موفق دریافت گردید و از تیوری عالم مذکور صرف نظر گردید .

در سال 1869 عالم روسی D. M. Mendelev مفکورهٔ مشابه را پیشنها د کرد[1]، موصوف نیز عناصر کشف شده زمان خود را به اساس ازدیاد متناوب کتلهٔ اتومی نسبتی شان در قطارهای افقی (Period) ترتیب و درستون‌های عمودی متحد ساخت،موصوف این نوع ساختمان ترتیب

۱- عالم جرمنی به نام L.Moier در سال 1864، 27 عنصر را به اساس ازدیاد کتله اتومی شان ترتیب کرد و بعداً آن‌ها را به اساس ازدیادکتلهٔ متناوب شان به 9 گروپ تقسیم کرد. که هر یک 3 عنصر را احتوا می‌نماید و در سال 1870 ادعا کرد که جدول مشابه به مندلیف را ترتیب کرده است.

شـــده خودرا به نام سیستم پریودیک عناصر یاد کرد. این سیســـتم ترتیب شدهٔ مندلیف نسبت به سیستم ترتیب شده نیولندز تکمیل شده بوده که قسمت آن در ذیل ملاحظه می گردد:
(این جدول در سال 1871 ترتیب گردیده است).

جدول (2 – 2) سیستم پریودیک مندلیف :

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	H 1							
2	Li 7	Be 9.4	B 11	C 12	N 14	O 16	F 19	
3	Na 23	Mg 24	Al 27.3	Si 28	P 31	S 32	Cl 35 5	
4	K 39	Ca 40	–44	Ti 48	V 51	Cr 52	Mn 55	Fe 56, Co 59 Ni 59, Cu 63
5	(Cu 63)	Zn 65	–68	–72	As 75	Se 78	Br 80	
6	Rb 85	Sr 87	?Yt 88	Zr 90	Nb 94	Mo 96	–100	Ru 104, Rh 104 Pd 105, Ag 108
7	(Ag 108)	Cd 112	In 113	Sn 118	Sb 122	Te 125	I 127	
8	Cs 133	Ba 137	?Di 138	?Ce 140	—	—	—	— —
9	—	—	—	—	—	—	—	
10	—	—	?Er 178	?La 180	Ta 182	W 184	—	Os 195, Ir 517 Pt 198, Au 199
11	(Au 199)	Hg 200	Tl 204	Pb 207	Bi 208	—		
12	—	—	—	Th 231	—	U 240	—	— — — —

دوره ها

ابتکار مندلیف در ترتیب جدول دوره یی

1 – مند لیف سلســله‌های طویــل و یا پریودهای بزرگ را در جــدول خویش برای عناصری برگزیــده که فعــلاً به نام عناصر انتقالی (Transational) یاد می‌شــوند، علت آن این بود که عناصر Fe، Mn , Ti به طور اضافی تحت عناصر غیر فلزات Si, P, S تنظیم شــده نمی‌تواند. (جدول 2 - 1 اوکتای نیولیندز را ملاحظه نمایید).

2 - مندلیف در جدول ترتیب شدهٔ خود حجره‌های خالی را برای عناصر کشف نا شده طبیعت باقی گذاشــت، دراین صورت متوجه شد که ارســنیک As به شکل طبیعی به گروپ V تعلق گرفت. عالم مذکور دو حجره خالی را بین جست Zn و ارسنیک As باقی گذاشته بود.

3 - در صورتی که موقعیت عناصر در سیستم پریودیک به اساس کتله اتومی شان در گروپ‌ها به خواص عناصر کتلهٔ هم گروپ شــان مطابقت نمی کــرد، دراین صورت مندلیف برای همچو عناصر کتلهٔ اتومی نسبتی جدیدی را پیشنهاد می کرد. در مورد (Cr, In, Pt, Au) کمیت‌های جد ید کتلهٔ اتومی نسبتی ارائه شده، صحت استقرار عناصر را در جدول مندلیف تایید می‌نماید.

4 - مندلیف کشــف عناصری را پیشــگویی نموده بود که بعد از کشف بعضی از جاهای

خالی جدول مندلیف را نظر به خواص کیمیاوی شان اشغال نمود ند؛ دراین صورت اعتماد بالای جدول پریود یک مندلیف زیاد و به ترتیب آن صحه گذاشته شد.

فعالیت

چطور جدول سه بعدی عناصر را ساخته می‌توانیم؟

مرحلـه اول : ابتدا عناصر گروپ‌هـای اصلی را به روی کاغذ مقوا تحریر دارید، و هر گروپ عناصر را از مقوا جدا سازید.

	IA							VIIIA
1	H	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	He
2	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	Ti	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra						

مرحلۀ دوم: قسـمت حاشیۀ گروپ اول را با حاشیۀ گروپ هشتم وصل نمایید و یک ساختمان هشـت ضلعی را به دسـت آورید؛ حتی می‌توانید خانۀ هر عنصر را بارنگ‌های مختلف مزین سازید.

مرحلۀ سـوم: عناصر گروپ‌های فرعی را نیز درگروپ‌ها وپریودها در یک مقوا تحریر داشته و مانند مرحلۀ دوم عمل نمایید، دراین صورت ده ضلعی را حاصل خواهید کرد.

IIIB	IVB	VB	VIB	VIIB	VIIIB			IB	IIB
Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd
La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg

مرحلۀ چهارم: عناصر سلسلۀ لنتنایدها واکتینایدها را به صفحۀ مقوا تحریر نماید.

مواد آماده شدۀ مرحله‌های فوق الذ کر را به ترتیب در تختۀ شیشه یی قراردهید، ترتیب حاصله را توضیح کنید.

مطابق به قانون پریودیک مندلیف: خواص عناصر و تغییر متناوب آن‌ها در پریودها با کتلۀ اتومی نسبتی آن‌ها ارتباط داشته و موقعیت آن‌ها را در پریودها تعیین می‌نمایند.

زمانـی که گازات نجیب (عناصر گروپ VIII اصلی) کشـف گردیـد، دراین وقت اختلاف اسـتقرار عناصر در سیسـتم پریودیک با در نظر داشـت ازدیاد متناوب کتلۀ اتومی آن‌ها از میان

برداشــته شد. گازات نجیبه از جمل G کشفیات جدید و بعد از ترتیب جدول مندلیف بوده، این عناصر را بین هلوجن‌ها و فلزات فعال (فلزات القلی) گروپ I اصلی قرار داده اند.

به طرف راســت جدول که گروپ جداگانه صفری (VIII اصلی) علاوه گردیده اســت، کتله اتومی نسبتی Ar همین گروپ علاوه شده، نسبت به عنصربعدی آن که پوتاشیم بوده و به گروپ I اصلــی قرار دارد، بزرگ اســت، (K=39amu, Ar = 40 amu) ؛بنابراین باید ارگون در حجره پوتاشــیم قرار می‌داشت و برعکس K در گروپ صفری با گازات نجیبه قرار می گرفت؛ اما دراین صورت مندلیف از ازدیاد کتله اتومی نسبتی در ترتیب جدول خویش استفاده به عمل نیآورده، بلکه تشابه خواص کیمیاوی و فزیکی آن‌ها را در نظر گرفته، عناصر را در عین گروپ قرار داده اســت، چنانچه K را در گروپ اول اصلی و Ar را در گروپ صفر(VIII اصلی) با گازات نجیبــه قــرار داد که خود نیز به ترتیب، فلز فعــال و گاز نجیبه اند ، مثال د یگر این تنظیم سلسله عبارت از موقعیت ایودین و تلوریم بوده ، اگر معیار قراردادن عناصر در سیستم پریودیک کتله اتومی نســبتی عناصر بوده باشــد ، درایــن صورت باید تلوریم تحــت برومین با هلوجن‌ها وآیودین تحت ســلفر وسلینیم قرار می گرفت ، خواص کیمیاوی استقرار تلوریم و آیودین را به طور معکوس آن‌ها حکم می‌نماید.

توجه نمایید

پرابلم‌های فوق الذکر را در جدول مندلیف عالمی به نام موزلی Moseley درسال 1916 حل کرد. موصوف نشــان داد که مفهوم عالی را نمبر اتومی (تعداد پروتون‌ها) نسبت به کتلهٔ اتومی نســبتی در ترتیب متناوب عناصر به شــکل دوره یــی دارا بوده و عالم مذکور رابطه بین کمیت معکوس جذر مربع طول موج اشــعهٔ رونتیگیــن را با نمبر ترتیبی عناصر در سیســتم پریودیک به شکل گراف توضیح کرد و ابراز نظر نمود که نمبر ترتیبی عناصر یکی از مشــخصات مهم عناصر را منعکس ســاخته که این خاصیت را چارج هســتهٔ اتوم از خود تبارز می‌دهد و هم این ذرات با عبور از یک عنصر به عنصر ما بعد در پریود جدول مندلیف به اندازهٔ یک واحد به شــکل متناوب افزایش می‌یابد. این کشــف موزلی در مراحل بعدی ترتیب جدول مندلیف و در اثبات سیستم پریودیک عناصر خدمت بزرگی نمود و در سیستم پریودیک عناصر به اساس ازدیاد متناوب نمبر اتومی شان مستقر گردیده اند.

در سیســتم پریودیک عناصر یکی تحت دیگر به شــکل عمودی در ســتون قرار داشــته و دراین ســتون‌های عمودی عناصری دارای خواص کیمیاوی مشــابه قرار دارند ، ستون‌های عمودی عناصر جدول مندلیف را به نام گروپ (Group) و قطارهای افقی آن را به نام پریودها

(Periods) یاد می‌نمایند.

در پریودهای طویل جدول عناصر فلزات انتقالی (Transitional Elements) شـامل است. در سلسـله عناصر جدول مندلیف خواص کیمیاوی مشـابه عناصر بعد از چندین انتروال تکرار می گردد؛ به طور مثال: نمبرهای اتومی گازات نجیبه 2,10,18,36,54,86 بوده؛ بنابراین خواص کیمیاوی مشابه به انتروال ارقام داده شده به مشاهده می‌رسد. بعد از گازات نجیبه ، فلزات فعال کیمیـاوی (گروپ اول) قرار دارند که آیون‌های را تشـکیل می‌دهند و عبارت از عناصرالقلی (Fr و Cs, Rb, K, Na, Li) می‌باشـند. قبـل از هـر یک از گازات نجیبـه عناصر فعال غیر فلزی قرار دارند که آیون را تشکیل می‌دهند، این‌ها عبارت از(At, I_2, Br_2, Cl_2, F_2)؛ یعنی هلوجن‌ها می‌باشـند. بعد از فلزات فعال القلـی، فلزات القلی زمینی Be, Mg, Ca, Sr, Ba و Ra قرار دارند که گروپ IIA را تشکیل داده اند، به همین ترتیب قبل از هلوجن‌ها (VIIA) عناصر گروپ Te, Se, S, O, VIA و Po) قرار دارند که ولانس آن‌ها ۲ می‌باشد و خواص آن‌ها ازغیر فلزات الی فلزات (از بالا به طرف پایین به شکل متناوب) تغییر می‌نماید.

در گروپ‌ها IVA, IIIA و VA عناصر شـامل اند که کمتر با یکد یگر خواص مشـابه را دارا بوده ، آن‌ها دارای ولانس مشخص مربوط به گروپ خود بوده و از طرف بالا به طرف پایین خاصیت فلزی آن‌ها زیاد می گردد.

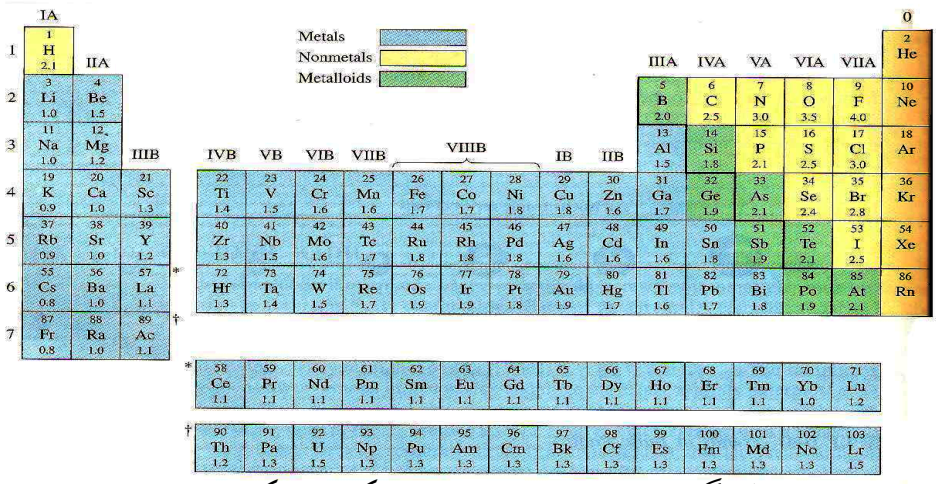
عناصر با در نظر داشت خواص کیمیاوی و تغییرات آن به هفت پریود یا سلسله(Period) تقسیم گردیده اند که در پریود اول دو عنصر، پریود دوم و سوم هر یک 8،8 عنصر ، در پریود چهار و پنجم هر یک 18 ، 18 عنصر، در پریود ششم 32 عنصر و در پریود هفتم نیز 32 عنصر موجود اسـت. تعداد عناصر در پریودها به اساس تفاوت نمبر اتومی گازات نجیبه (بعد ی منفی قبلی) و یا توسط فورمول‌های ذیل دریافت شده می‌تواند.

$$\text{تعداد عناصر در پریود طاق} = \frac{(n+1)^2}{2}$$

$$\text{تعداد عناصر در پریود جفت} = \frac{\mathbf{(n+2)^2}}{\mathbf{2}}$$

در پریـود چهـارم و پنجـم بین گـروپ IIA و IIIA (بین عناصر بـلاک S و P) در هر پریود به تعداد ده، ده عنصر قرار دارد که فلزات اند، تقریباً دارای خواص مشـابه با یک د یگر بوده و به نام عناصر انتقالی (Transational) یاد می‌شـوند . در پریود ششـم و هفتم علاوه از فلزات انتقالی عناصرf نیز موجود بوده که سلسـله خاصی به نام سلسـله Lanthanides و Actinoides را تشکیل داده اند ، عناصر این سلسله‌ها دارای خواص فوق العاده مشابه با یک دیگر بوده و هر یک دارای 14 ، 14 عنصر می‌باشند .

جدول (2-3) آخرین و جدید ترین جدول دوره ئی عناصر



عناصر فلزی انتقالی گروپ‌های فرعی جدول پریودیک را تشکیل می‌دهند.

۲ - ۲ : ساختمان الکترونی عناصر

هایدروجن دارای یک الکترون، هیلیم دارای دو الکترون بوده که پریود اول جدول مندلیف را تشکیل می‌دهند ، الکترون‌های عناصر مذکور سویهٔ پایین انرژیکی را اشغال می‌نمایند و ساختمان الکترونی آن‌ها قرار ذیل است:

$H \quad 1S^1$ ↑

$He \quad 1S^2$ ↑↓

در این‌جا رقم طرف چپ سویه انرژیکی فرعی نمبر کوانتم اصلی و ارقام فوقانی سویه انرژیکی فرعی تعداد الکترون‌ها را در اوربیتال‌های سویه انرژیکی فرعی افاده می کند.

لیتیم (Li) دارای سه الکترون ، بیریلیوم (Be) دارای 4 الکترون و بورون (B) دارای 5 الکترون بوده که ساختمان الکترونی عناصر مذکور قرار ذیل است:

$Li \quad 1S^2\ 2S^1$ ↑↓ ↑

Be $\quad 1S^2\ 2S^2$ ↑↓ ↑↓

B $\quad 1S^2\ 2S^2\ 2P^1$

$1S^2$	$2S^2$	$2P^1$		
↑↓	↑↓	↑		

کاربن دارای 6 الکترون بوده که الکترون پنجم و ششم آن طبق قاعده هوند دو اوربیتال p را به شکل طاقه باسپین‌های هم جهت (مجموعه سپین آن‌ها ± 1) اشغال نموده و ساختمان الکترونی آن قرار ذیل است:

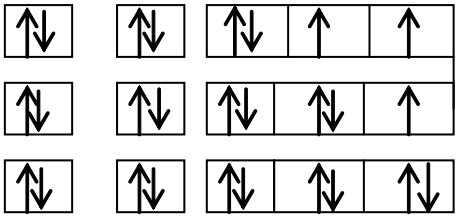
$C \quad 1S^2 \; 2S^2 2P^2$ 

به همین ترتیب ساختمان الکترون اکسیجن (Z=8)، فلورین (Z=9) و نیون (Z=10) قرار ذیل است:

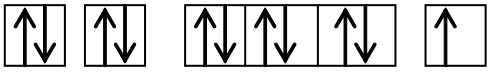
$O \quad 1S^2 \; 2S^2 2P^4$

$F \quad 1S^2 \; 2S^2 2P^5$

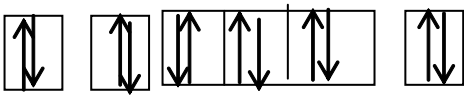
$Ne \quad 1S^2 \; 2S^2 2P^6$



عنصر Ne دارای قشر مشبوع (L-Shell) است.عنصر بعدی Ne عبارت Na بوده که عنصر اول پریود سوم جدول مندلیف است و ساختمان الکترون آن قرار ذیل است:

$Na \quad 1S^2 \; 2S^2 2P^6 \; 3S^1$ 

طوری که دیده می‌شود، سودیم حتماً سویه M را به کار برده و سویه فرعی 3S آن شروع به پرشدن توسط الکترون‌ها می‌نمایند. عنصر بعدی سودیم (Mg) Z=12 بوده که ساختمان الکترونی آن قرار ذیل است:

$Mg(Z=12) \quad 1S^2 \; 2S^2 2P^6 \; 3S^2$ 

الکترون‌های شش عنصر ذیل در قشر فرعی 3p (3p – Sub Shell) ظاهر گردیده که ساختمان الکترونی عنصر مذکور قرار ذیل است:

$S(Z=16)(Ne)3S^2 3P^4$

$Cl(z=17) \; (Ne) \; 3S^2 3P^5$

$Ar(Z=18)(Ne) \; 3S^2 3P^6$

$Al \; (Z=13) \; (Ne) \; 3S^2 3p^1$

$Si(Z=14) \quad (Ne)3S^2 3p^2$

$P(Z=15) \; (Ne)3S^2 3p^3$

در ساختمان الکترونی فوق ، چون $1s^2\ \ 2s^2 2p^6$ معادل ساختمان الکترون Ne است، از این سبب به Ne افاده شده است:

پریود چهار با Ca (Z=20) و K (Z=19) آغاز و به Kr (Z=36) ختم می گردد، ساختمان الکترونی K و Ca قرار ذیل است.

$$K(Z=19\ \ (Ar)\ \ 4S^1$$

$$Ca(Z=20)(Ar)4S^2$$

پس از این که سویه فرعی $4s$ (4S-Sub Shell) توسط الکترون‌ها پر گردید، اشغال سویۀ فرعی 3d آغاز می گردد و عبارت از سویه فرعی 3d عنصر Sc (Z=21) است، اوربیتال‌های ده عنصر 3d (به شمول Sc) توسط الکترون‌ها اشغال می گردد که عنصر آخری آن Zn (Z=30) می باشد . زمانی که پر شدن سویۀ 3d عناصر به وقوع می‌پیوندد، خواص کیمیاوی همچو عناصر به اندازۀ قابل ملاحظه تغییر نمی‌نمایند. عناصر ده گانۀ که اوربیتال‌های سویۀ فرعی 3d آن‌ها توسط الکترون‌ها در حالت پر شدن است، دارای خواص کیمیاوی مشابه با هم د یگر بوده و به نام عناصر انتقالی یاد می‌شوند. 6 عنصر از گالیم (Z=31) الی Kr (Z=36) اوربیتال‌های سویۀ فرعی P آن‌ها توسط الکترون‌ها در حالت پرشدن بوده و قشر اصلی M آن‌ها توسط الکترون‌ها در حالت پر شدن می‌باشد.

پریود پنجم عبارت از پریود دوم طویل بوده وبه $Rb\ (Z=37)$ اغاز و با عنصر Xe (Z=54) ختم می گردد. سلسله دومی عناصر انتقالی دراین پریود قرار دارد.

پریود ششم با Cs (Z=55) آغاز گردیده و با عنصر Rn (Z=86) ختم می گردد درین پریود 14 عنصر f قرار داشته که از Ce (Z=58) آغاز و تا Lu (Z=71) ادامه پیدا می کند، این‌ها عناصری اند که اوربیتال‌های سویه فرعی 4F شان توسط الکترون در حالت پر شدن بوده و از جملۀعناصر نادرۀ زمین می‌باشند ،این عناصر از لحاظ خواص کیمیاوی به یک دیگر فوق العاده مشابه نسبت به عناصر انتقالی d بوده چون بعد از La در پریود قرار دارند از این سبب به نام سلسله Lanthanoides یاد شده اند. عناصری از Lu (Z=71) الی Hg (Z=80) سلسله سوم عناصر انتقالی را تشکیل داده اند که اوربیتال‌های سویه فرعی 5d آن‌ها توسط الکترون‌ها در حالت پر شدن است.

پریود هفتم که اکنون پریود اخری عنصری جدول مندلیف است با $Fr\ (Z=78)$ آغاز می‌یابد، عنصر آخری طبیعی یورانیم نیز دراین پریود موقعیت دارد .14 عنصر f فلزی درین پریود قرار داشته که اوربیتال‌های سویۀ فرعی 5f آن‌ها توسط الکترون‌ها در حالت پر شدن می‌باشد، این عناصر با Th (Z=90) آغاز و با عنصر مصنوعی Lr (Z=103) ختم می‌شوند. چون این

عناصر در پریود به ادامه عنصر Ac (Z=89) قرار دارند ، از این سبب عناصر این سلسله را که خصوصیات مشابه با یک دیگر دارند، به نام سلسله Actinoides یاد می گردد.

نوت: عناصربعد از یورانیم مصنوعی بوده و رادیو اکتیف می‌باشند.

2 – 3 :خواص عناصر و تغییر متناوب آن در جدول دوره یی عناصر

بعضی از خواص مهم اتوم‌های عناصر در پریودها و گروپ‌ها نظر به یک د یگر متناوباً تغییر می‌نمایند که این عناصر وتغییر تناوب خواص آن‌ها در جدول مندلیف ذیل توضیح می گردد.

2 - 3 – 1 : انرژی آیونایزیشن و تغییر متناوب آن در جدول مندلیف

انرژی آیونایزیشن: عبارت از مقدار انرژی است که برای دور نمودن یک الکترون از یک اتوم- گرام به فضای لایتناهی ضرورت می‌باشد . مقدار انرژی آیونایزیشن مساوی به تفاوت انرژی الکترون جدا شده و انرژی الکترون آزاد است (انرژی الکترون آزاد صفر فرض گردیده است.) در عمل آیونایزیش اصطلاح انرژی الکترون اولی، دومی، سومی وغیره را به کار می‌برند. طوری که انرژی آیونایزیشن الکترون اولی عبارت از همان مقدار انرژی است که برای جدا نمودن الکترون اولی ضرورت بوده و این الکترون خود در سطح بلند انرژی نسبت به دیگر الکترون‌ها قرار داشته باشد. الکترون اول اتوم‌ها نسبت به دومی و دومی نسبت به سومی ... با انرژی کمتر جدا گردیده، پس انرژی آیونایزیشن آن کمتر میباشد؛ یعنی:

جدول ذیل انرژی ایونایزیشن اولی، دومی ... را افاده می کند.

جدول (2–4)اندازۀانرژی ایونایزیشن آ یون اولی ، دومی.... اتم‌های عناصر گروپ‌های اصلی:

گروپ I اصلی	11 Na	5.1 ev	47 ev	72 ev	99 ev
گروپ II اصلی	12 Mg	7.6 ev	15 ev	80 ev	109 ev
گروپ III اصلی	13 Al	6.0 ev	18.8 ev	28.14*ev*	120 ev

الکترون اولی سودیم، الکترون اولی و دومی Mg و سه الکترون المونیم به آسانی جدا می گردد.

معلومات ضروری

انرژی آیونایزیشن اتوم هایدروجن 13,6ev بوده و این انرژی به خاطر طور نسبی زیاد است که الکترون به هسته نزدیک بوده وقوۀ کشش هسته بالای آن تأثیر می‌نماید.

معلومات اضافی

در محدودۀ گروپ‌ها انرژی آیونایزیشن از بالا به طرف پایین کم شده ، برعکس از پایین به طرف بالا زیاد می‌شود؛ علت آن این است که : الکترون‌ها در عناصر عین گروپ از هسته دور گردیده؛ بنابراین با انرژی کمتر از هستۀ اتوم جدا و اتوم به آیون

مبدل می گردد ؛ به طورمثال: در گروپ اول اصلی انرژی ایوتایزیشـن از بالا به طرف پایین گروپ کم شده و برعکس ازپایین به طرف بالا زیاد می گردد:

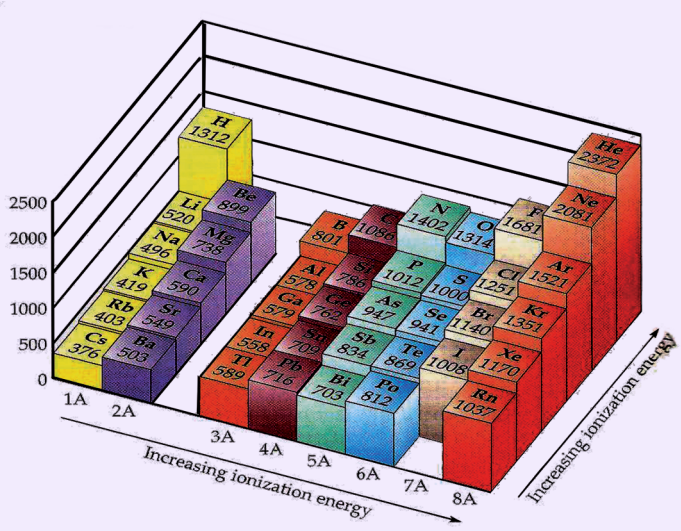
جدول (2 –5) مقایسه انرژی آیونایزیشن عناصر گروپ اول اصلی

سمبول عنصر	انرژی ایونایزیشن Ev
1 H	13.6 ev
3 Li	5.4 ev
11 Na	5.1 ev
19 K	4.3 ev
37 Rb	4.2 ev
55*Cs*	3.9*ev*

در محـدودهٔ پریودها انرژی آیونایزیشـن با ازدیاد نمبر اتومـی تزاید حاصل می‌نماید؛ زیرا در پریودها با ازدیاد نمبر اتومی تعداد اقشار زیاد نشده؛ بلکه چارج هسته بزرگ شده و الکترون‌هـا را به طرف خود کش نموده به دور خود متراکم سـاخته ، در نتیجه حجم و شعاع اتوم کوچک شده، تاثیر چارج مثبت هسته بالای الکترون‌ها زیاد تر گردیده وآن را به طرف خود می کشـاند. به این اساس ضرورت انرژی آیوتایزیشن بیشتر شده و به انرژی زیاد الکترون را می‌توان از هسته مجزا ساخت:

$$H + EI(13{,}6) \longrightarrow H^{+} + e^{-}$$

جدول (2 - 6) انرژی آیونایزیشن اتوم‌های عناصر:

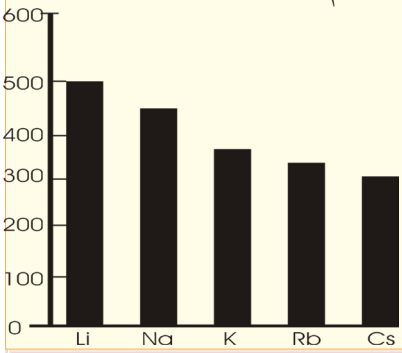


طـوری کـه در جدول فـوق ملاحظه می گردد. هر قدر که قشـر خارجـی الکترونی اتوم‌های عناصر زیادتر توسـط الکترون اشـغال گردد. به همان اندازۀ ثبات و پایداری اتوم عنصر بیشـتر گردیده؛ از همین لحاظ اسـت که گازات نجیبه کمتر آیونایزیشن گردیده و انرژی آیونایزیشن آن‌ها زیادتر است.

فعالیت

گراف ذیل را ملاحظه نموده و به سؤال‌های ذیل جواب ارائه نمایید:

کدام عنصر بیشـترین انـرژی آیونایزیشـن را دارد ؟ وکدام آن انرژی آیونایزیشـن کمتر دارد؟



معلومات ضروری

پیش گویی ساختمان الکترونی ودریافت نمبر اتومی با استفاده از انرژی آیونایزیشن متوالی عنصر شده می‌تواند.

در جدول ذیل انرژی متوالی یک عنصر به کیلوژول فی مول ارائه شده است:

جدول 2 – 7 انرژی متوالی یک عنصر به کیلوژول فی مول:

E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
1402	2856	4578	7475	9444	53266	64359

طوری که در جدول دیده می‌شود ، انرژی آیونایزیشن عنصر مذکور از E_5 به E_6 به کمیت بسیار زیاد جهش نموده است؛ پس:

جهش بزرگ در تمامی انرژی آیونایزیشن اتوم عنصر + 1 = پریود عنصر

پریود عنصر X = 1+1= 2

چون جهش ازدیاد انرژی آیونایزیشن عنصر در ششمین مرحله ملاحظه می گردد ؛ بنابر این عنصر در قشـر خارجی خود صرف پنج الکترون را دارا می‌باشـد و در گروپ پنجم جدول مندلیف قرار دارد؛ پس عنصر مذکور نایتروجن بوده ونمبر اتومی آن 7وساختمان الکترونی آن قرار ذیل است:

$$_{7}N\ 1S^2\ 2S^2\ 2P^3$$

2 - 3 – 2 : خاصیت الکترون خواهی(Electron Affinity) عناصر و تناوب آن

یکــی از خــواص دیگر اتوم‌های عناصر که به ســاختمان الکترونی وابســته اســت، عبارت از میل الکترون گیری آن‌ها می‌باشــد . طوری که پیش از این گفته شد، برای جدا نمودن یک الکترون از اتوم باید به اتوم انرژی داده شــود تا از قوهٔ جاذبه هسته جدا گردد. در صورتی کــه یــک الکترون به اتوم اضافه گــردد، تا به ایون منفــی (Anions) تبدیل گردد،الکترون علاوه شده توسط قوه هسته جذب گردیده و انرژی آن به مقدار معین آزاد می گــردد. همین انرژی را به نام انرژی الکتــرون خواهی (Electron affainity) یاد مینمایند ومعادل انرژی است که بعد از جدا شدن الکترون از آیون منفی جذب می گردد. تقریبــاً برای تمــام عناصر عملیهٔ الکترون خواهی یک نــوع تعامل Exothermic بوده؛ بنابراین علامهٔ گرمای آزاد شده منفی میباشد . البته موضوع فوق عمومی نبوده به طور مثال: زمانــی که الکترون دیگری به انیون یک چارجهٔ آکســیجن عــلاوه می گردد تاآیون $2-$ آکسیجن تشکیل شود ، لازم است تا یک مقدار انرژی به ایون یک چارجهٔ آکسیجن داده شــود که دراین صورت الکترون به آن می‌پیوندد، مقدار انرژی مســاوی $+844k/mol$ بوده در حالی که انرژی آزاد شــده در تشکیل ایون O^{1-} مساوی به $\frac{-142kj}{mol}$ است. جدول ذیل Electron affinity بعضی از عناصر را نشان می‌دهد:

جدول (2 - 8) مقدار انرژی الکترون خواهی بعضی از عناصر:

عنصر	انرژی Electron affinity	محصولات
فلورین	-344 KJ/mol	$F+1e^- \longrightarrow F^-$
کلورین	-349 KJ/mol	$Cl+1e^- \longrightarrow Cl^-$
برومین	-325 KJ/mol	$Br+1e^- \longrightarrow Br^-$
اکسیجن	-142 KJ/mol	$O+1e^- \longrightarrow O^-$
ایون O^{1-}	+844 KJ/mol	$O^{1-}+1e^- \longrightarrow O^{2-}$
هایدروجن	-72 KJ/mol	$H+1e^- \longrightarrow H^-$
سودیم	-50 KJ/mol	$Na+1e^- \longrightarrow Na^-$

الکتــرون خواهی عناصر در پریودها و گروپ‌ها به شــکل متناوب تغییر می‌نمایند؛ طوری که: در محدودهٔ یک گروپ Electric affinity عناصر از بالا به طرف پایین کم شده و

در محدودهٔ (حدود) پریودها انرژی و میل الکترون گیرنده‌گی از چپ به طرف راست زیاد می‌گردد و با انرژی آیونایزیشن رابطهٔ مستقیم دارد.

2 - 3 – 3 : خاصیت الکترونیگاتیوتی و الکتروپوزیتیوتی

عناصری که میل الکترون گیرنده را دارا بوده و الکترون‌ها را به خود جذب می‌نمایند به نام الکترونیگاتیف Electro negative یاد شده و میل الکترون گیرنده گی آن‌ها را به نام الکترونیگاتیویتی (Electro negative) یاد مینمایند، برعکس عناصری که میل از دست دادن الکترون‌ها را دارا باشند، به نام عناصر الکترون دهنده (Electro positive) یاد می گردند.

مشخصات عناصر الکتروپوزیتیف مربوط به انرژی آیونایزیشن آن‌ها بوده ، طوری که: اگر انرژی آیونایزیشن عنصر کم باشد ، عنصر مذکور الکتروپوزیتیف بوده واگر انرژی آیونایزیشن آن زیاد باشد ، برعکس الکتروپوزیتیوتی آن نیز کم است و خاصیت الکترونیگاتیف آن زیاد می شود.

معلومات اضافی

در محدودهٔ یک پریود الکتروپوزیتیوتی عناصر از چپ به طرف راست کم شده ، برعکس از راست به طرف چپ زیاد می گردد . به همین ترتیب در محدودهٔ یک گروپ الکتروپوزیتوتی عناصر از بالا به طرف پایین زیاد شده؛ برعکس از پایین به طرف بالا کم می‌شود.

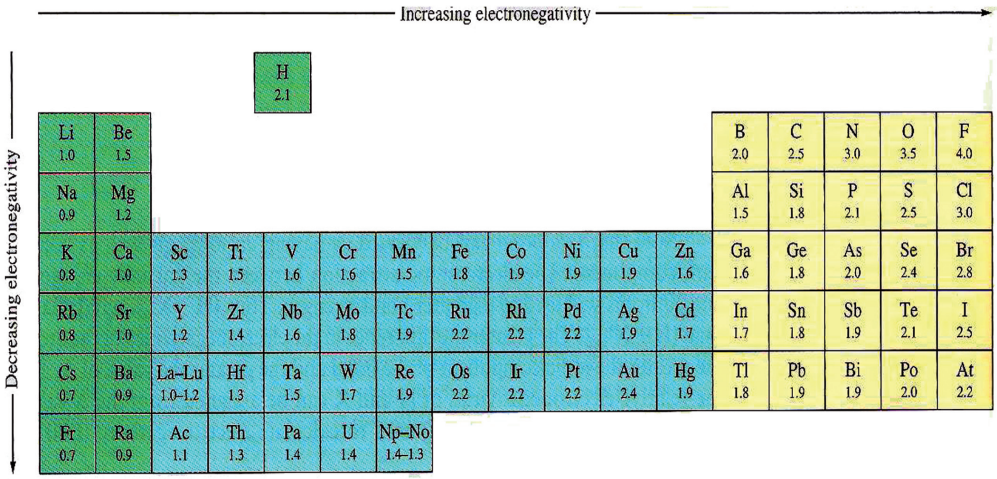
به همین ترتیب خاصیت الکترونیگاتیویتی عناصر در گروپ و پریود نیز به شکل متناوب تغییر می نماید، طوری که در محدودهٔ یک پریود EN عناصر از چپ به طرف راست متناوباً زیاد شده ، برعکس از راست به طرف چپ کم میشود، به همین ترتیب در محدودهٔ یک گروپ الکترونیگاتیوتی عناصر از بالا به طرف پایین متناوباً کم شده و برعکس از پایین به طرف بالا متناوباً زیاد می‌شود، از این جا معلوم می‌شود که EN عناصر با شعاع اتومی رابطهٔ معکوس را دارا است ؛ بنابرین فلورین الکترونیگاتیف ترین عنصر طبیعت بوده و Cs و Fr الکتروپوزیتیف ترین عناصر طبیعت می‌باشند.

در سال 1939 عالمی به نام پاولینگ (Linus Cart Paiuling) واحد نسبتی را برای الکترونیگاتیویتی عناصر مشخص ساخته که برای سیزیم و فرانشینیم EN=0.7 ev و برای فلورین $EN = 4.1ev$ تعیین شده است.

به صورت عموم اگر انرژی آیونایزیشن با انرژی Electro Affinity جمع گردد الکترونیگاتیویتی عنصر حاصل می‌شود. جدول (2 - 9) الکترونیگاتیویتی پاولینگ را نشان می‌دهد. جدول مذکور عبارت از همان جدول دوره یی عناصر است که صرف در آن عناصر گازات نجیبه موجود نبوده زیرا الکترونیگاتیوتی آن‌ها صفر است ، طوری که از جدول معلوم می‌شود، عناصری که به طرف راست و قسمت فوقانی آن مستقر اند ، الکترونیگاتیف

بوده و الکترونیگاتیویتی آن‌ها تقریبی است، این عناصر غیر فلزات (Non metals) نامیده می‌شوند و عناصر متباقی فلزات و یا شبه فلزات اند، در قسمت پایین طرف چپ جدول فلزات مستقر بوده که خیلی الکتروپوزیتف می‌باشند.

جدول (2 –9) الکترونیگاتیوتی عناصر



(a)

ناگفته نباید گذاشت این که ارقام الکترونیگاتیویتی به طریقه‌های مختلف محاسبه گردیده است، ارقام تحت سمبول اولی عبارت از نتایج حاصل طریقهٔ پاولنک می‌باشد.

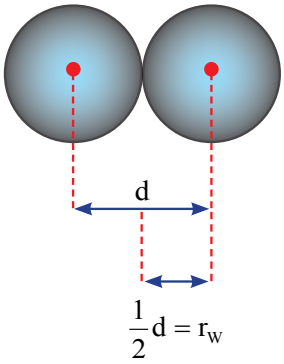
2 – 3 – 4 : تناوب شعاع اتومی و شعاع ایونی (Atomic & Ionic Radius)

شعاع اتومی عناصر عبارت از فاصله بین هسته اتوم و آخرین الکترون قشر خارجی اتوم بوده و یکی از پارامترهای هندسی اتوم می‌باشد.

بور برای اولین بار شعاع اتومی هایدروجن را با فرض نمودن حرکت الکترون در قشر دایره وی شکل با معادلهٔ ریاضیکی محاسبه کرد که کمیت 52,9 پیکامتر می‌باشد

طوری که در ساختمان اتوم مطالعه نمودید، اوربیتال (Orbital) به معنی لانه می‌باشد که دراین جا نیز عبارت از آن قسمت فضای اطراف هسته اتوم است که احتمال موجودیت الکترون در آن 95% است . این اوربیتال‌ها می‌تواند کروی (اوربیتال s) دمبل مانند (اوربیتالp) ... باشند، پس می‌توان به طریقه‌های مختلف شعاع اتومی را دریافت کرد.

1 - به اساس شعاع واندروالس می‌توان شعاع اتومی عنصر مطلوب را حاصل کرد. شعاع واندر والس نصف فاصله بین دوهستهٔ دو اتوم مجاور است.



شعاع و اندروالس = نصف فاصله بین دو هسته مجاور

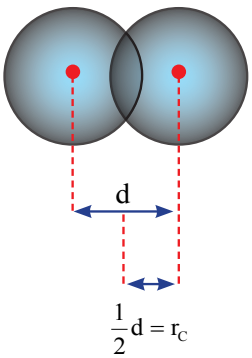
به طور مثال، فاصله بین دو اتوم مجاور آهن در شبکهٔ فلزی $2.48\,\mathring{A}$ است؛ بنابراین شعاع اتومی آهن $\frac{2.48\,\mathring{A}}{2} = 1.24\,\mathring{A}$ است .

2 - اگر فاصله بین دوهسته در مالیکول دو اتومی (تداخل شده) بر دو تقسیم گردد، شعاع کوولانسی (rco)اتومی حاصل می گردد.

مثال: فاصله‌های هسته‌های اتوم‌های آیودین در مالیکول آن مساوی به $2.66\,\mathring{A}$ است، شعاع کولانس یا شعاع اتومی آن را در یافت نمایید.

حل :

$$r_{co} = \frac{1}{2}d = \frac{2.66\,\mathring{A}}{2} = 1.33\,\mathring{A}$$



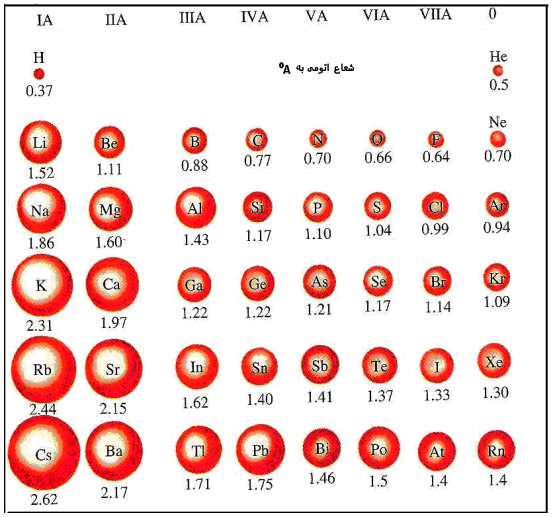
شعاع کولانسی= نصف فاصله بین دوهسته در مالیکول ها

شعاع اتوم عناصر بنابر داشتن ساختمان الکترونی خاص شان از هم دیگر فرق داشته و این تفاوت‌ها متناوب است ، طوری که:
در محدودهٔ یک گروپ عناصر شعاع اتومی از بالا به طرف پایین بزرگ شده و برعکس از

پایین به طرف بالا به صورت متناوب کو چک می‌شود ، علت آن این است که نمبر اتومی عناصر به کمیت‌های معین و قابل ملاحظه از بالا به طرف پایین بزرگ شده و تعداد اقشار الکترونی نیز به اندازه یک واحد زیاد شده در نتیجه حجم اتوم‌های عناصر از بالا به طرف پایین در گروپ‌ها بزرگ شده و شعاع اتومی نیز بزرگ می گردد.

در محدودهٔ پریودها شعاع اتومی عناصر از طرف چپ به طرف راست کوچک شده و برعکس از راست به طرف چپ به شکل متناوب بزرگ می‌شود؛ علت آن این است که چارج مثبت هسته از طرف چپ به طرف راست زیاد شده ، در نتیجهٔ ازدیاد چارج درهسته ، تاثیر چارج مثبت هسته بالای قشر الکترونی زیاد شده و الکترون‌ها را به د ور هسته متراکم ساخته ، به این اساس حجم اتوم وشعاع آن نیز کوچک می گردد. جدول (2 - 10) را مشاهده نمایید تا تنقیص وازدیاد شعاع اتومی عناصر را در پریودها وگروپ‌ها بدانید.

جدول(2 –10) شعاع اتوم‌های عناصر کیمیاوی:



فعالیت

1 - ساختمان الکترونی عناصر Na_{11} ،Al_{13} و P_{15} را تحریر دارید و هم شعاع اتومی آن‌ها را ازجدول (2 - 10) به دست آورده و به ترتیب ازدیاد شعاع آن‌ها را ترتیب نمایید .

ساختمان الکترونی چهار اتوم ذیل را تحریر وشعاع اتومی آن‌ها را ازجدول (2 - 10) به دست آورده وبه ترتیب افزایش آن تنظیم نمایید.

$$_{37}Rb, _{19}k, _{11}Na, _{3}Li$$

شعاع ایونی و تغییر متناوب آن در جدول مندلیف:

عناصـر میل دارند مدار خارجی خود را به هشـت الکترون بالـغ گردانند تا اکتیت خود را تکمیل وسـاختمان باثبات گازات نجیبه را اختیار می‌نمایند؛ ازاین سبب فلزات الکترون‌های قشـر خارجی خود را از دسـت داده و غیر فلزات الکترون‌ها را اخذ می‌نمایند و به آیون‌ها مبدل می گردند.

عملیهٔ آیونایزیشن تغییرات مهمی را در شعاع اتومی عناصر وارد می‌نماید؛ طوری که شعاع کتیون‌های عناصر کوچک از شـعاع اتومی آن‌ها بوده و شـعاع انیون‌های عناصر بزرگتر از شـعاع اتومی آن‌ها می‌باشـد؛ اما تغییرات آن در سیسـتم پریود مانند تغییرات متناوب شعاع اتومی در محدودهٔ پریودها و گروپ‌ها اسـت. جدول ذیل مشـخص کنندهٔ شعاع انیون‌ها و کتیون‌های عناصر است:

جدول (2 – 11) مقایسه شعاع انیونی وکتیونی:

شعاع اتوم		شعاع انیون		شعاع اتوم		شعاع کتیون	
Cl	1 Å	Cl^-	1,8 Å	Li	1.5 Å	Li^+	0,8 Å
O	o, 78 Å	O^{2-}	1,4 Å	Na	1,9 Å	Na^+	1 Å
S	1, 27 Å	S^{2-}	1,84 Å	K	2,3 Å	K^+	1,3 Å
N	0,92 Å	N^{3-}	1,7 Å	Rb	2,4 Å	Rb^+	1,5 Å
O	o, 92 Å	N^{5+}	0,11 Å	Cs	2,6 Å	Cs^+	1,6 Å
				Ca	1,7 Å	Ca^{2+}	1,0 Å
				Fe	1,2 Å	Fe^{2+}	0,7 Å
				Fe	1,2 Å	Fe^{3+}	0,6 Å

فعالیت

جـدول (2 –11) را با دقت مطالعه نموده، مطالب ذیل را به شـکل گروپی در صنف مباحثه نمایید.

1 – چرا شعاع اتومی عناصر نسبت به شعاع آیونی انیون‌های شان کوچک است ؟

2 - چرا شعاع اتومی عناصر نسبت به شعاع کتیون‌های مربوطهٔ شان بزرگ است ؟

3 – تغییرات متناوب شعاع اتومی و آیونی عناصر در گروپ‌ها وپریودها چی نوع است؟

4 – عناصـری که در جدول مندلیـف در حالت دیاگونال (کنجـی یا زایوی) قرار دارد،شعاع اتومی وآیونی شان باهم کدام نسبت دارد ؟

بیاموزید

ذراتـی کـه دارای الکترون‌هـای مسـاوی انـد ، بـه نـام ایزوالکترونیـک (isoelectronic) یادمی شوند.

عناصری کـه درجدول مندلیف در حالت دیاگونال قرار دارند ، شـعاع اتومی وآیونی آن‌ها مشابه است.

تغییرات متناوب خاصیت اکسیدیشنی وارجاعی را در پریودها درصنف بحث نمایید

مطالب فوق را به اساس چارت پریودها وگروپ‌ها توضیح کنید.

۲ - ۳ : خواص عناصرانتقالی (d–Elements)

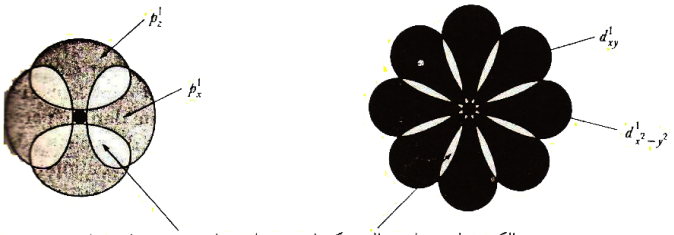
عناصر انتقالی زیادتر فلزات سـخت بوده ومورد استعمال زیاد درکارهای ساختمانی دارند. آهن به شـکل فلزی، مـس، ونادیم، نکل و منگانیم درتهیه الیاژها رول اساسـی را دارا انـد. فلزات مذکورتمدن امروزی بشـر را باعث گردیده اسـت. دربین عناصر انتقالی فلزات دیگری موجود اسـت که درصنایع مدرن امروزی رول اساسـی را بازی نموده؛ به طـور مثـال : ازفلز تیتـان (Ti) درصنعت طیاره سـازی و ونادیم (V) به حیث کتلسـت درتعاملات کیمیاوی استفاده می گردد وهم دربین این نوع عناصر فلزات قیمتی که پشتیبانهٔ پول اکثرممالک جهان اند، موجود بوده و عبارت ازپلاتین، طلا ونقره می‌باشـد، ازفلزات مذکور به علت زیبایی سـطح ومقاومت درمقابل فرسـایش (زنگ زدن) ازآن‌ها به حیث فلزات زینتی اسـتفاده به عمل می آیـد. تمام این عناصر فلزی بوده وهـادی برق اند. نقره درشرایط عادی هادی درجه اول برق بوده، این فلزات جلا داربوده قابلیت چکش خوردن را دارا وبه اوراق نازک مبدل شـده وسـیم‌ها ازآن ساخته می‌شـود. رنگ اکثرآن‌ها سفید بـوده ودرجهٔ غلیان آن‌ها ازفلزات گروپ اول ودوم اصلی بلند اسـت؛ اما اسـتثنای نیزدر رنـگ آن‌ها موجود اسـت، به طورمثال: مس رنگ سـرخ مایل به قهـوه یی، طلای زرد وسیماب درشرایط STP به حالت مایع یافت می‌شود.

۲ - ۳ - ۱ : تاثیراوربیتال‌های d درخواص عناصر انتقالی

طوری که درفصل اول مطالعه گردید، پرشدن اوربیتال‌ها توسط الکترون‌ها طبق قانون نظری برحسب ازدیاد انرژی صعودی شان صورت می گیرد والکترون‌ها ابتداء اوربیتال آن سویه انرژیکی را اشغال می کند که درسطح پایین انرژیکی قرارداشته باشد، انرژی اوربیتال d به طور قاعده بالاترازاوربیتال S قرار داشته ؛ بنابراین الکترون‌ها نخست دراوربیتال S اخذ موقعیت نموده و الکترون‌های اضافی دراوربیتال‌های d جاگزین می‌شوند، دراین صورت باید الکترون‌های موجود دراوربیتال‌های d بی ثبات ترازS باشند ؛ اما درعمل چنین نبوده ، درعناصرانتقالی الکترون‌های d نسبت به الکترون‌های S بعدی مستحکم ترپیوسته ، درصورت تبدیل شدن اتوم‌های این عناصر به کتیون‌ها، برخلاف پیشبینی‌های نظری الکترون‌های s خود را اول‌تر از دست داده ودرصورت ضرورت الکترون‌های اوربیتال d خود را بعداز s از دست می‌دهد؛ به طور مثال : ساختمان الکترونی اتوم آهن $(Ar)3d^6 4s^2$بوده وساختمان الکترونی Fe^{2+} آن $(Ar)3d^6 4s^0$است و کتیون Fe^{3+} آن دارای ساختمان الکترونی $(Ar)3d^5 4S^0$ می‌باشد. خواص کیمیاوی فوق العاده متنوع فلزات d را می توان به دلیل ساختمان فضای جهت یابی اوربیتال‌های d درآن‌ها درک کرد؛ زیرا الکترون‌ها دراوربیتال‌های مختلف d موقعیت های کاملاً معین را درفضای اطراف هسته اتوم به خود اختیار نموده وقوهٔ دافعهٔ آن‌ها بین هم بسیارکم بوده ، تاثیردوالکترون d بالای یک دیگردرعین اوربیتال کمترازتاثیر دوالکترون دراوربیتال s وp بالای هم دیگراست. فاصلهٔ اوربیتال‌های d بیست مراتبه زیادتر ازفاصله بین اوربیتال‌های p بایک دیگراست.

اشکال ذیل این مطلب را به خوبی توضیح می‌نمایند.

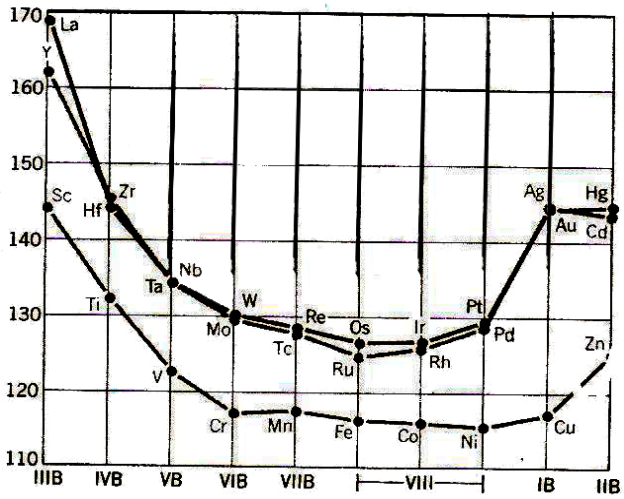
در شکل (2 - 1) دوالکترون اوربیتال d به خوبی ازهم فاصله داشته وعمل متقابل بین آن‌ها کمتربوده، درحالیکه الکترون‌های اوربیتال p باهم نزدیک بوده وتاثیر متقابل دربین آن‌ها زیاد تراست.



الکترونهای دو اوربیتال ممکن است در این نواحی وجود داشته باشند
شکل (2 - 1) دوالکترون اوربیتال d

فعالیت

فعالیت کیمیاوی فوق العاده متنوع عناصر انتقالی مربوط به کدام ساختمان این عنصر است ؟ این ساختمان عناصر مذکور را بر اساس دلایل به شکل گروپی بین هم توضیح نموده وآن را در صنف ارائه بدارید.



شکل (2 - 2) تغییرات شعاع اتومی عناصرانتقالی درپریودهای چهارم ، پنجم و ششم.

نمبراکسیدیشن عناصر انتقالی

یکی ازمشـــخصات مهم عناصرانتقالی همانا تمایل آن‌ها به تشکیل مرکبات کامپلکس مختلف می‌باشـــد . این عناصردارای نمبراکسیدیشـــن مختلف ومتحول است. جدول ذیل نمبراکسیدیشن بعضی ازعناصر انتقالی را ارائه می‌نمایند:

جدول (2 – 12) نمبر اکسیدیشن عناصر انتقالی

Group Number									
IIIB	IVB	VB	VIB	VIIB	VIII			IB	IIB
Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
+3	+2 +3 +4	+1 +2 +3 +4 +5	+2 +3 +6	+2 +3 +4 +6 +7	+2 +3 +4 +6	+1 +2 +3	+2 +3	+1 +2	+2
Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd
+3	+2 +3 +4	+2 +3 +4 +5	+2 +3 +4 +5 +6 +8	+2 +3 +4 +5 +6 +7	+2 +3 +4 +5 +6 +7 +8	+1 +2 +3 +4 +5 +6	+2 +3 +4	+1 +2 +3	+2
La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg
+3	+3 +4	+2 +3 +4 +5	+2 +3 +4 +5 +6	+3 +4 +5 +6 +7	+2 +3 +4 +5 +6 +8	+1 +2 +3 +4 +5 +6	+2 +3 +4 +5 +6	+1 +3	+1 +2

نمبراکسیدیشـــن عادی مس $1+$ بوده؛ به طور مثال: درمرکب $(CuCl)$ و $2+$ در $CuCl_2$ است ، بعضی اوقات نمبراکسیدیشن $3+$ را نیزاختیارکرده می‌تواند.

عناصروســـط پریودهای طویل نمبرهای اکسیدیشـــن متحول را دارا اندکه از $1+$ الی

8 + می‌باشند؛ به طورمثال Mn : نمبرهای اکسیدیشن مختلف را دارا بوده وبه همین ترتیب عناصر گروپ فرعی پلاتین ($Ru.Rh$ ،Ir ،Os ،pd و pt) دارای نمبرهای اکسیدیشن متحول اند.پریود که درجه اکسیدیشن عناصر d آن بزرگ باشد، قابلیت اکسیدی کنندهٔ آیون آن بزرگ است؛ به طور مثال : Mn بانمبراکسیدیشن 7+ ، اکسیدی کنندهٔ بسیار قوی است.

$$Mn\overset{1-}{O}_4(aq)+8\,H_3\overset{+}{O}(aq)+5\bar{e}\rightarrow Mn^{2+}(aq)+\quad 12H_2O\quad ,\ \sum_{\circ}=+1{,}5v$$

عناصر d اکسایدهای مختلف را با نمبرهای اکسیدیشن مختلف تشکیل می‌نمایند. طوری که اکسایدهای شان با نمبراکسیدیشن کوچک خاصیت القلی داشته ، متوسط امفوتریک وبزرگ خاصیت تیزابی را دارا است؛ به طور مثال: عناصر گروپ فرعی کرومیم این خاصیت‌ها را دارا اند CrO نمبراکسید یشن کرومیم مساوی به 2+خاصیت القلی Cr_2O_3 ، خاصیت امفوتریک و CrO_3 خاصیت تیزآبی را ازخود نشان می‌دهد.

عناصر d که به طرف چپ جدول قراردارند، با بلاک S شباهت دارند. بعضی از آن‌ها الکتروپوزتیویتی زیاد را دارا است ، این عناصرمرکبات زیاد را دارا بوده و استخراج آن‌ها ازمعادن به مشکل صورت می گیرد.

فعالیت اول

سؤال‌های ذیل را به شکل گروپی بعد از مباحثه بین هم در صنف توسط نمایندهٔ گروپ جواب بدهید.

1 - چرا اتوم آهن الکترون‌های اوربیتال 4s خود را نسبت به 3d اول تر از دست می‌دهد ، باوجودی که اوربیتال S نسبت به اوربیتال‌های 3d در سطح پایان انرژیکی قرار دارد ؟

2 - خواص متنوع عناصر d را چطور می‌توانید توضیح نمایید؟ دراین مورد به شکل گروپی بحث نموده و نمایندهٔ گروپ آن را در صنف با ارائهٔ دلایل قناعت بخش توضیح نمایید .

فعالیت دوم

اکسایدهای Mn_2O_7, MnO_3, MnO_2 و MnO را بر اساس ازدیاد خواص اکسیدیشنی شان در جدول ترتیب نموده و بر اساس دلایل این خاصیت مرکبات عنصر منگان راتوضیح نمایید.

خلاصهٔ فصل

* دانشمندان علوم کیمیا تلاش کرده اند تا عناصر کشف شدهٔ زمان خویش را طوری در یک جدول واحد تنظیم نمایند که با دانستن خواص یکی از آن‌ها ، خواص عدهٔ دیگر آن‌ها را نیز دانسته باشند . در سال 1865 کیمیادان انگلیسی به نام نیولندز(Newlands) عناصر کشـف شدهٔ ز مان خویش را بر اساس ازدیاد متناوب کتلهٔ اتومی نسبتی شان در قطارهای افقی ترتیب کرد

*در سال 1869 عالم روسی D.M. Mendelev عناصر کشف شدهٔ زمان خود را بر اسـاس ازدیاد متناوب کتله اتومی نسبتی شان در قطارهای افقی (Period) ترتیب و در ستون‌های عمودی متحد ساخت و موصوف این نوع ساختمان ترتیب شدهٔ خود را به نام سیستم پریودیک عناصر یاد کرد.

* خواص عناصر و تغییر متناوب آن‌ها در پریودها با کتلهٔ اتومی نسـبتی آن‌ها مطابقت داشته و موقعیت آن‌ها را در پریودها تعیین می‌نمایند.

تعداد عناصر در پریودها به اسـاس تفاوت نمبر اتومی گازات نجیبه (بعد ی منفی قبلی) و یا توسط فورمول‌های ذیل دریافت شده می‌تواند:

$$\text{تعداد عناصر در پریود طاق} = \frac{(n+1)^2}{2}$$

$$\text{تعداد عناصر در پریود جفت} = \frac{(n+2)^2}{2}$$

*انرژی ایونایزیشن: عبارت از مقدار انرژی است که برای دور نمودن یک الکترون از یک اتوم گرام به فضای بی نهایت ضرورت می‌باشد.

*در محدودهٔ گروپ‌ها انرژی آیونایزیشن از بالا به طرف پایین کم شده ، برعکس از پایین به طرف بالا زیاد می‌شود.

*در محدودهٔ پریودها انرژی آیونایزیشـن با ازد یاد نمبر اتومی تزاید حاصل می‌نماید؛ زیرا در پریودها با ازدیاد نمبر اتومی تعداد اقشـار زیاد نشـده؛ بلکه چارج هسـته بزرگ شـده، الکترون‌ها را به طرف خود کش نموده به د ور خود متراکم ساخته ، در نتیجه حجم و شعاع اتوم کوچک شده، تاثیر چارج مثبت هسته بالای الکترون‌ها زیاد تر گردیده و آن‌را به طرف خود می کشاند.

در صورتی کـه یک الکترون به اتوم اضافـه گردد، تا به آیون منفی (Anion) تبد یل گردد، الکترون علاوه شده توسط قوۀ هسته جذب گردیده و انرژی آن به مقدار معین آزاد می گردد. همین انرژی را به نام انرژی الکترون خواهی(Electron affainity) یاد می‌نمایند.

* در محدودۀ یک پریود الکتروپوزیتویتی عناصر از چپ به طرف راست کم شده ، برعکس از راست به طرف چپ زیاد می گردد . به همین ترتیب در محدودۀ یک گروپ الکتروپوزیتوتی عناصر از بالا به طرف پایین زیاد شده برعکس از پایین به طرف بالاکم می‌شود.

*در محدودۀ یک پریود EN عناصر از چپ به طرف راست به طور متناوب زیاد شده، برعکـس از راسـت به طرف چپ کم می‌شـود. به همیـن ترتیب در محـدودۀ یک گروپ الکترونیگاتیویتی عناصر از بالا به طرف پایین به صورت متناوب کم شـده و برعکس از پایین به طرف بالا به صورت متناوب زیاد می‌شـود از این جا معلوم می‌شود که EN عناصر با شعاع اتومی رابطۀ برعکس را دارا اسـت؛ بنابرین فلورین الکترونیگاتیف ترین عنصر طبیعت بوده و Cs و Fr الکتروپوزیتیف‌ترین عناصر طبیعت می‌باشند.

*شعاع اتومی عناصر عبارت از فاصله بین هستۀ اتوم و آخرین الکترون قشر خارجی اتوم بوده و یکی از پارامترهای هندسی اتوم می‌باشد.

*در محدودۀ یک گروپ عناصر شعاع اتومی از بالا به طرف پایین بزرگ شده و برعکس از پایین به طرف بالا به صورت متناوب کو چک می‌شود.

*در محدودۀ پریودها شـعاع اتومی عناصر از طرف چپ به طرف راسـت کوچک شده و برعکس از راست به طرف چپ به شکل متناوب بزرگ می‌شود .

*عناصر d اکسایدهای مختلف را بانمبرهای اکسید یشن مختلف تشکیل می‌نمایند.

*عناصـر d که به طرف چپ جدول قراردارند، باعناصر گروپ S شـباهت دارند. بعضی از آن‌ها الکتروپوزتیویتی زیاد را دارا اسـت ، این عناصرمرکبات زیا د رادارا بوده و استخراج آن‌ها ازمعادن به مشـکل صورت می گیرد.تمام عناصر d فلزات بوده وها دی برق اند . نقره درشـرایط عادی هادی درجه اول برق بوده ، این فلزات جلا داربوده قابلیت چکش خوردن را دارا وبه اوراق نازک مبدل شده وسیم‌ها ازآن ساخته می‌شود.

تمرین فصل دوم

سـؤال‌های انتخابی: برای هر سؤال چهار جواب داده شده است ، شما جواب درست آن را در یافت وانتخاب نمایید.

1 – عنصـر در پریود چهارم و گـروپ چهارم اصلی موقعیـت دارد ، نمبر اتومی آن مساوی به..... است.

الف – 31 ب – 32 ج – 33 د – 14

2 – کدام نمبر اتومی ذیل مربوط به عنصری اسـت که بیشـترین تعداد الکترون‌های ولانسی در آن موجود است؟

الف – 13 ب – 14 ج – 15 د – 19

3 – ارایهٔ درست قانون متناوب این است که هرگاه عناصر براساس افزایش ------- تنظیم گردند ، خواص فزیکی وکیمیاوی آن‌ها به طور متناوب -----

الف – کتلهٔ اتومی – تکرار می گردد . ب – کتلهٔ اتومی – تغییر می کند.

ج – نمبر اتومی – تکرار می گردد . د – نمبر اتومی – تغییر می کند .

4 – مندلیف در تنظیم جدول دوره یی عناصر به دو اصل توجه مبذول داشته است: قرار دادن عناصر به اسـاس افزایش تدریجـی ----- آن‌ها در هر ------در پهلوی یک دیگر ودر نظر گرفتن تشابه خواص کیمیاوی عناصر در هر ------

الف – کتلهٔ اتومی – گروپ‌ها – پریودها ب – کتلهٔ اتوم – دوره – گروپ

ج – نمبر اتومی – پریود – گروپ د – نمبر اتومی – گروپ – پریود

5 – کدام یک از موارد ذیل ابتکار مندلیف نیست؟

الف – قراردادن بعضی از عناصرسنگین تر قبل از عناصر سبک تر

ب – خالی گذاشتن برخی از خانه‌های خالی در جدول . ج – تقسیم عناصر به فلزات وغیر فلزات د – پیشگویی خواص عناصرناشناخته شده .هـ– تمامی

6 – عناصر شـامل یک پریود جدول مندلیف نظر به کدام مشخصات ذیل با هم مشا به می‌باشند ؟

الف – نمبر اکسیدیشن بلند ، ب ـ ساختمان الکترونی قشر ولانسی ج – تعداد سویه‌های الکترونی اشغال شده توسط الکترون‌ها د – تعداد سویه‌های اصلی الکترونی

7 – نمبـر اتومی یک عنصر 21 اسـت ، موقعیت عنصرمذکـوررا در پریود و گروپ مشخص سازید:

الف – گروپ سـوم اصلی پریود 4، ب – گروپ سوم فرعی پریود 4 ج – گروپ

اول اصلی پریود 3 ، د – گروپ دوم اصلی پریود 4

8 – ساختمان الکترونی قشر آخری یک عنصر $3s^2 3p^4$ است ،عنصرمذکور در کدام پریود قرار دارد؟

الف – پریود سوم ب – پریود دوم ج – پریود ششم د – پریود چهارم

9 – شعاع اتومی کدام عنصر ذیل بزرگ است ؟

الف – سترانیشیم ب – الومینیم ج – روبیدیم د – سلفر

10 – اکتینایدها در کدام حجرهٔ جدول مندلیف قرار دارد ؟

الف – خانهٔ نمبر 64 ب – خانهٔ نمبر57 ج – خانهٔ نمبر 89 د – خانهٔ نمبر 72

11 – دانستن موقعیت یک عنصر در جدول پریودیک کدام مطالبی را در مورد عناصر به طور دقیق در اختیار قرار می‌دهد ؟

الف – خواص کیمیاوی ب – خواص فزیکی ج – الف وب هردو د – هیچ کدام

سؤال‌های تشریحی:

1 – چرا جدول مندلیف را به نام جدول پریودیک یاد می‌نمایند؟

2 – قانون مندلیف را در مورد جدول مندلیف تحریر دارید.

3 – طویل ترین پریود وکوتاه ترین پریود جدول مندلیف کدام‌ها اند ؟ معلومات ارائه نمایید .

4 – عنصر M در گروپ اول اصلی و پریود ششم قرار دارد ، ساختمان الکترونی آن را تحریر دارید.

5 – چرا عناصر عین گروپ دارای خواص مشابه اند ؟ در باره معلومات ارائه بدارید.
جدول دوره یی عناصر دارای چند گروپ ودارای چند پریود است؟

6 – تعداد عناصر فلزی زیاد است ویا این که تعداد عناصر غیر فلزی زیاد می‌باشد.

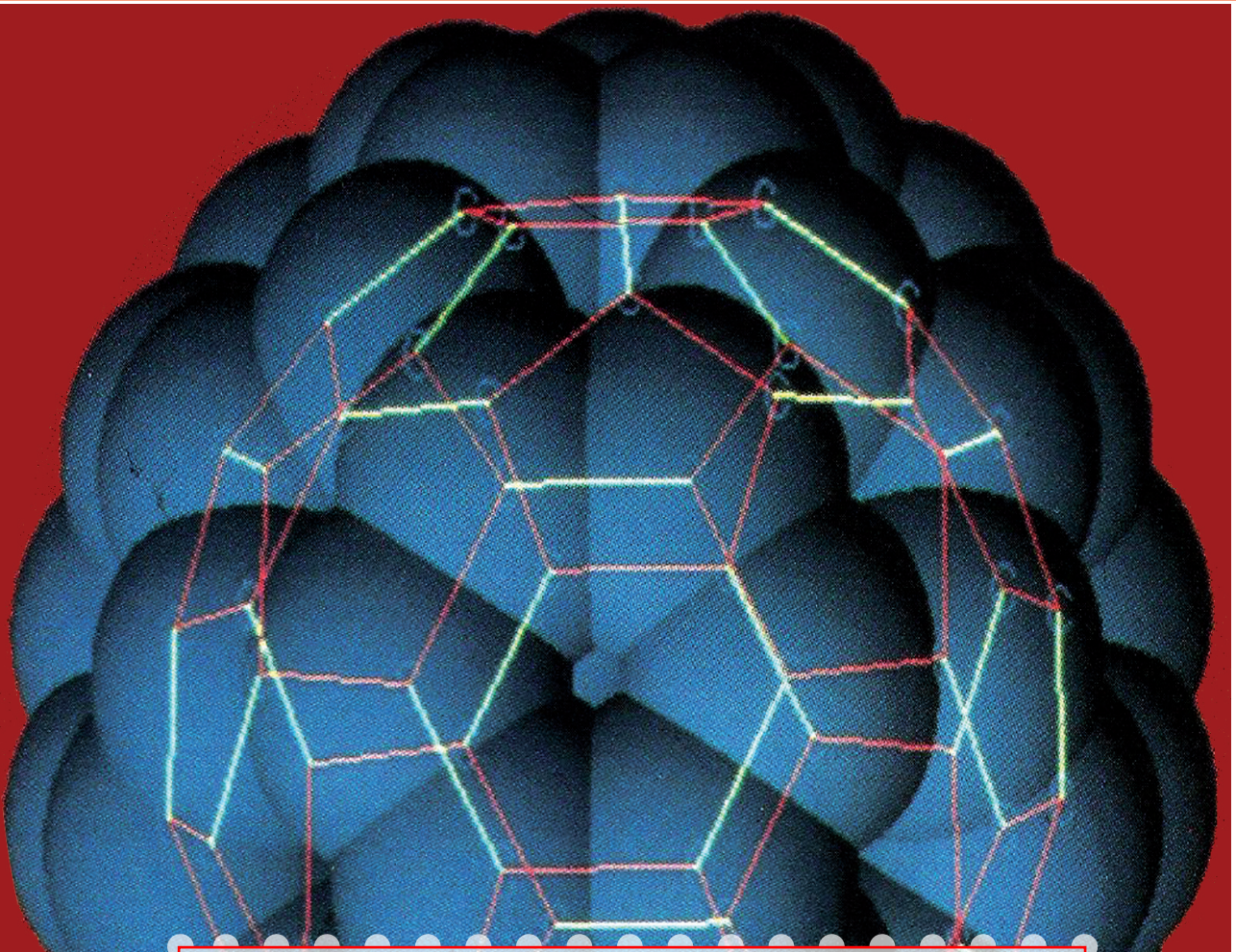
7 – انرژی ایونایزیشن چیست وتناوب آن در جدول مندلیف به کدام منوال است؟

8 – شعاع اتومی چیست؟ تغییرمتناوب آن در جدول مندلیف چطور است؟

9 – الکترون خواهی عناصر وتناوب آن در جدول مندلیف چی مفهوم را ارائه می‌نماید؟

10 – ترتیب وتنظیم عناصر در جدول مندلیف از لحاظ خواص فلزی وغیر فلزی به کدام منوال است ؟ در باره معلومات ارائه بدارید.

فصل سوم



روابط کیمیاوی (Chemical Bonds)

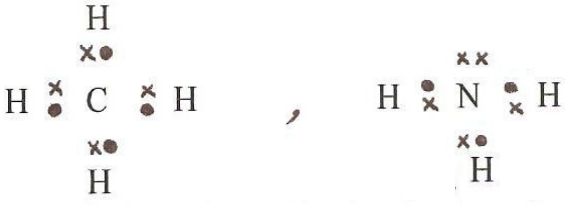
آیا گاهی هم به این مطلب متوجه شده اید که چرا ذرات کوچک مواد باهم وصل گردیده ، اجسام بزرگ را تشکیل می‌دهند ؟ مالیکول‌ها چطورتشکیل می گردند ؟ مواد چطور و بر اساس کدام قوه در یکدیگر حل می‌شود؟ به همین ترتیب رابطه چیست ؟ کدام قوه‌ها باعث اتصال ذرات با هم دیگر می گردد؟ انواع روابط کدام‌ها اند ؟ چرا رابطه بین اتوم‌های مواد تشکیل می گردد؟ طرز تشکیل روابط به کدام منوال است ؟ درین فصل راجع به مشخصات روابط، طرز تشکیل روابط، انواع روابط ودیگر خصوصیات روابط معلومات ارائه شده وتمام فعل وانفعال مواد که باعث تشکیل روابط می گردد ، توضیح گردیده است.

۳ – ۱ : مشخصات روابط کیمیاوی وسمبول‌های لیویس

قـوهٔ جاذبه بیـن اتوم‌ها را دریک مالیکول به نام رابطهٔ کیمیـاوی(Chemical bond) یاد می‌نمایند . موجودیت مواد دارای چندین اتومی این واقعیت را برملا سـاخت که اتوم‌ها بالای یک دیگر تأ ثیرانداخته، مرکبات را به وجود می‌آورد که نسبت به اتوم‌های آن دارای سـطح پایین انرژیکی می‌باشند. درصـورتی که مقـدارمقـاومت انرژی بیـن اتوم‌ها ومالیکول‌های مربوط 10 Calory/mo1 باشد، رابطه تشکیل می گردد.

موضوع رابطهٔ کیمیاوی بخش عمدهٔ کیمیای نظری را تشـکیل می‌دهد . در نتیجهٔ اسـتقرار روابـط بین اتوم‌ها، ذرات مغلـق از قبیل مالیکول‌ها، رادیکال‌ها ،کریسـتال‌های مواد وغیره تشـکیل می گردد. رابطه کیمیاوی در نتیجهٔ عمل متقابل دو یا بیشـتر از دو عناصر تشـکیل گردیده وتوأم با آزاد شدن انرژی می‌باشد.

قبل ازایجاد تیوری کوانت ،درمورد تشکیل روابط کیمیاوی نظریه لیویس حکم فرمایی داشـت . درسـال 1916 عالمی به نام لیویس (Liwes) نظریه تشکیل روابط کیمیاوی را انکشـاف داد کـه طبق ایـن نظریه « رابطـهٔ کیمیاوی »در نتیجهٔ مشـترک قراردادن جـوره الکترون‌ها بین دواتوم برقرار می گردد ، در ایـن صورت هریک ازاتوم‌ها یک، یک الکترون را باهم شـریک می‌سـازندکه ایـن نوع رابطه را به نـام رابطهٔ کوولانس یاد می‌نمایند ، ذیلاً روابـط بین اتوم‌ها درمالیکول‌های H_2 ، F_2، NH_3 و CH_4 ارائه گردیده که الکترون‌های اتوم‌های عناصر به (×) ویا (●) ارائه شده است:



$H:H$ ، $:\ddot{F}:\ \ddot{F}:$

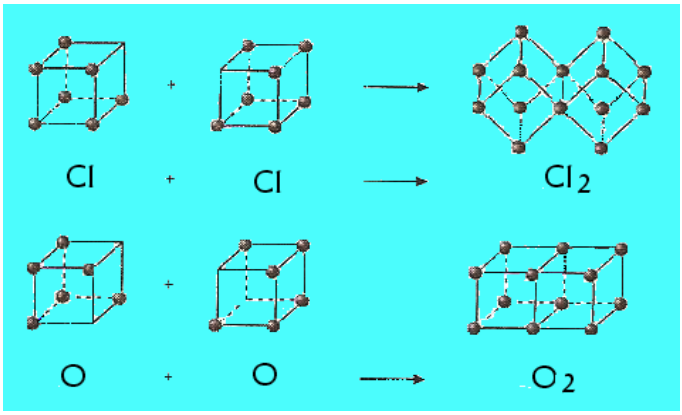
درنتیجـهٔ اسـتقرار روابط بین اتوم‌ها درتشـکیل مالیکول مرکب اتوم‌هـا ومالیکول‌ها سـاختمان الکترونی باثبات را حاصل وقشـر خارجی خود را بـه 2 و 8 الکترون بالغ می‌سازد.

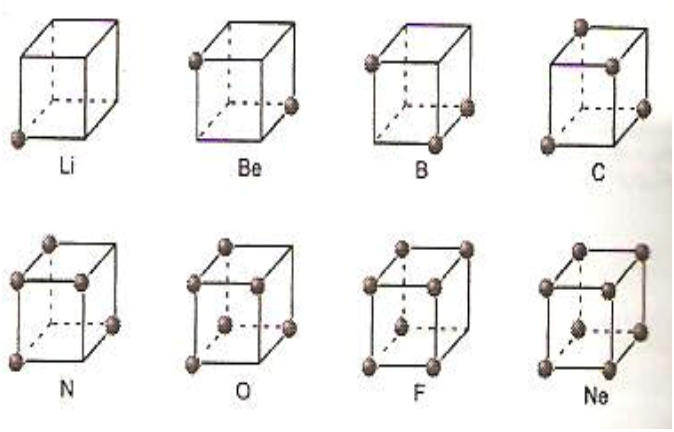
جملهٔ ذیل را به خاطر داشته باشید.

قاعده اکتیت یا قاعدهٔ هشتای

تعداد روابط تشـکیل شـدهٔ اتوم‌ها با یک دیگر باعث مشـبوع شـدن قشـر الکترونی خارجی ولانسی آن‌ها توسط هشت الکترون می گردد.

در ابتدا لیویس برای نمایش چگونه گی تشـکیل روابط اتوم‌ها به اسـاس قاعدهٔ اکتیت، الکترون‌های ولانس هر اتوم را در رأس هر مکعب تصور کرد که هستهٔ اتوم در مرکز آن قـرار دارد وتازمانی که دراین رأس‌های مکعب الکترون‌ها قـرار نگیرد، آن اتوم می‌تواند رابطه بر قرار نماید . این اشکال قرار ذیل است:





شکل (3 – 1) ساختمان لیویس

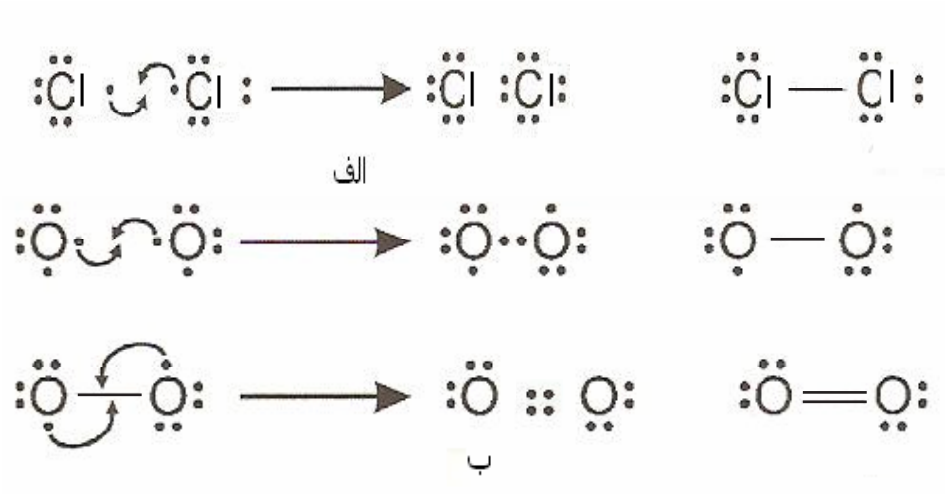
۳–۲ : قانون اوکتیت وساختمان لیویس

طریقـهٔ نمایـش اتوم‌هـا و مالیکول‌ها که در آن الکترون‌های قشـر ولانسـی با نقطه وجوره‌های الکترون‌های مشـترک رابطه توسـط نقطه‌ها ویا به خط (–) بین دو اتوم قرار می‌گیرد، به نام ساختار نقطه یی ویا ساختمان لیویس یاد می‌گردد.

۳ –۲ – ۱ : روش تعیین ساختار الکترون – نقطه یی مالیکول‌ها

الف – روش امتحان وخطا

دراین روش الکترون‌های طاقهٔ هر اتوم تشـکیل دهندهٔ رابطه را درسـاختار الکترون نقطه یی دربین سمبول هردو اتوم تحریر می‌نمایند؛ به طور مثال:



شکل (3 – 2) ساختار الکترونی نقطه یی .

ب - روش سیستماتیک

دراین روش منشـأ الکترون‌هادر نظر گرفته نشده ؛بلکه چگونه‌گی توزیع الکترون‌ها در اتوم‌ها مورد توجه قرار می‌گیـرد . مراحل این روش برای آیون‌های CO_3^{2-} ومالیکول NO_2 قرار ذیل است:

مرحلهٔ اول : محاسبهٔ مجموعی الکترون‌های ولانسی و تشکیل روابط ساده

مجموعـهٔ الکترون‌های ولانسـی تمامی اتوم ها$N(v)$ را در مالیکول به دسـت میآوریم و موقعیـت اتوم‌هـا را درمالیکول تثبیت نموده، بین دو اتوم یک‌جـوره الکترون را به حیث رابطه سـاده قرار می‌دهیم . به اسـاس هر یک رابطه دو الکترون ولانسی، از هر مالیکول کم می‌شود.

در مورد آیون‌ها به تعداد چارج منفی بالای$N(v)$ زیاد گردیده وبه تعداد چارج مثبت از آن کم می‌گردد . اکثر اتوم‌های عناصری که تعداد آن‌ها در مالیکول کم اسـت ، در مرکز قرار داده می‌شود واتوم‌های عناصر دیگر به اطراف آن قرار می‌گیرند. رابطهٔ اولی بین دواتوم در مالیکول‌ها نوع رابطهٔ سگما (σ)بوده ورابطهٔ دومی به نام رابطهٔ پای (π) یاد می‌گردد.

$$CO_3^{2-}$$

$$N(v) = 4e^-(C \quad \text{برای}) + 3\cdot 6e^-(O) + 2e^-(anion)$$

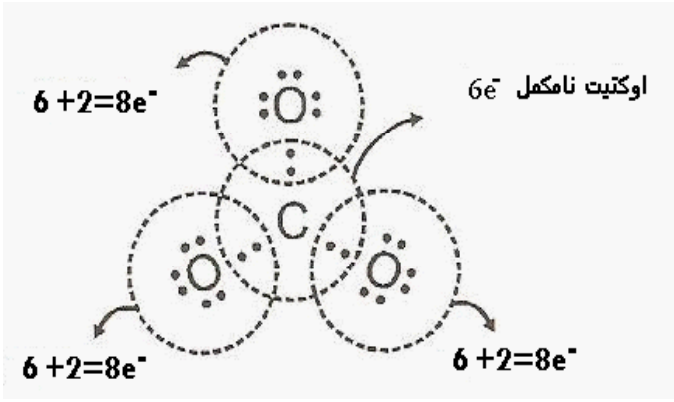
$$N(v) = 24e^-$$

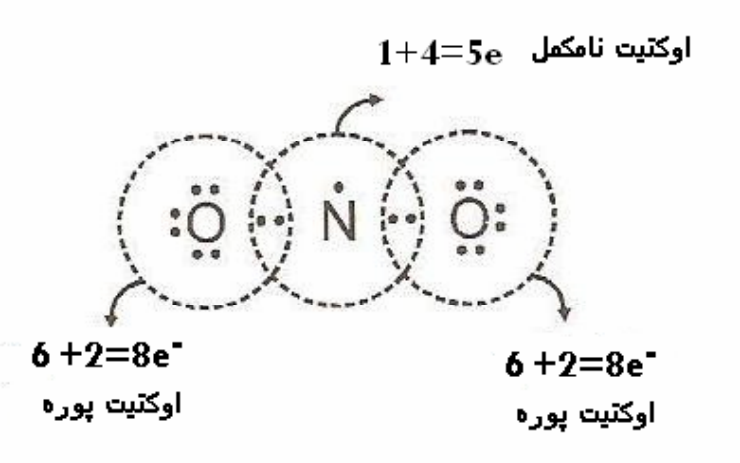
$$O---N---O \quad \text{یا} \quad O-N-O$$

الکترون‌های باقی مانده $N(v) 17e^- - 4e^- = 13e^-$

مرحلهٔ دوم : توزیع الکترون‌های باقی مانده بر اساس قاعدهٔ اوکتیت

الکترون‌های ولانسی باقی مانده بالای اتوم‌ها طوری تقسیم می گردد که اکتیت هر اتوم بر اساس آن تکمیل گردد. ابتدا اکتیت اتوم‌های عناصری را در یافت می‌دارند که دارای روابط کمتر بوده واز جملهٔ عناصر الکترونیگاتیف باشد.





شکل(3 – 3) ساختمان الکترونی در مالیکول‌ها و ایون‌ها

مرحلهٔ سوم : تشکیل روابط پای (π) ومحاسبهٔ نمبر اکسیدیشن

اگر اوکتیت اتوم‌های عناصر درمالیکول مرکب تکمیل نشده باشد ، جوره الکترون‌های آزاد اتوم همجوار طوری جابجا ساخته می‌شود که بین شان مشترک واقع شده و رابطهٔ (π) تشکل می گردد؛ بنابراین نمبر اکسیدیشن هر اتوم در مالیکول قرار ذیل محاسبه می گردد:

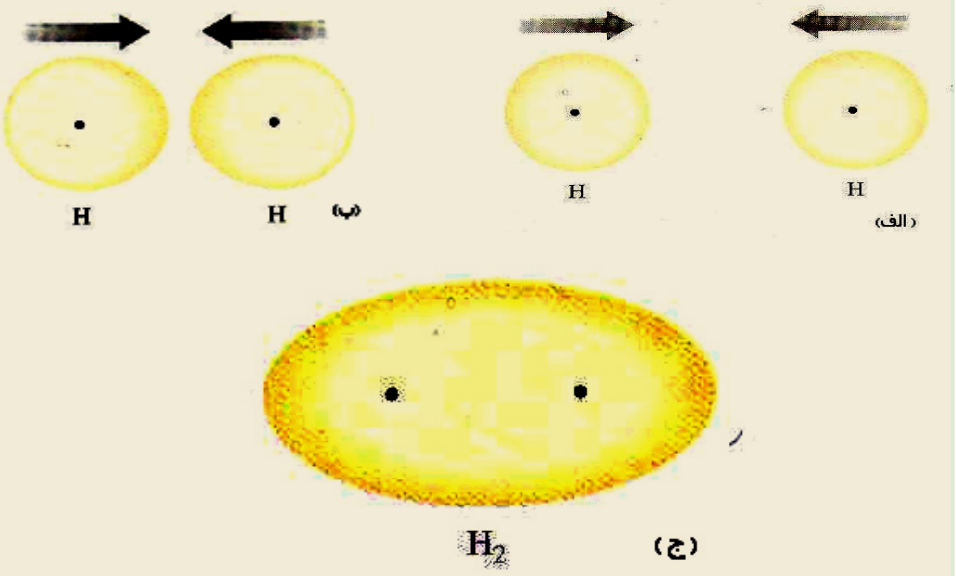
(تعداد روابط بین اتوم‌ها) = (تعداد الکترون‌های آزاد)- (تعداد الکترون‌های ولانسی قبل از رابطه) نمبر گروپ = نمبر اکسیدیشن اتوم

به این اساس مجموعهٔ الجبری نمبرهای اکسیدیشن اتوم‌های عناصر متشکله مالیکول مرکب مساوی به صفر است و در آیون‌ها مساوی به چارج آیون‌ها می‌باشد.

معلومات اضافی

ممکـن بعضی از اتوم‌ها (مانند نایتروجن در NO_2) اکتیت خود را پوره نکرده باشـد واین یک اسـتثنا بوده که در مالیکول NO_2 دیده می‌شود ، دراین مالیکول به خاطر طاقه بودن الکترون، در مجموع الکترون‌های ولانسـی هیـچ امکان برای پوره کردن اکتیت اتوم‌های آن موجود نیست .

مفکوره لیویس بعضی از حقایق را درمورد رابطه ارائه داشته؛ اما علت تشکیل روابط را توضیح کرده نمی‌توانست . باانکشـاف نظریات میخانیک کوانت علت تشکیل روابط واضیح ساخته شد. درصورتی که الکترون یک حالت ابرالکترونی را دارا است ، دراین صورت تشـکیل همچو رابطه توسط جفتی از الکترونی درنتیجهٔ تداخل ابرالکترونی دو اتوم تصورشده می‌تواند:



S – S Orbital

شکل (3 – 4) شیمای تشکیل رابطه کیمیاوی بین دو اتوم وتداخل ابرالکترونیs – s طـوری کـه در شـکل (3 – 4) دیده می‌شـود ، کثافت ابرالکترونی دربین دوهسـته

اتوم‌های هایدروجن در مالیکول آن‌ها بیشتر می‌باشد . علت آن این است که این ساحه بیشتر تحت تأثیر هسته‌ها قرارداشته والکترون‌ها توسط این دو هسته کش و در این محل متراکم می گردد . از اینجا گفته می‌توانیم : قوه که باعث تشکیل رابطه کیمیاوی می گردد، دارای خاصیت الکتروستاتیکی است.

نظریات لیویس درمورد مشترک بودن دو الکترون دررابطه از نظر میخانیک یک مفهوم عمومی بوده ، قرار پرنسیپ پاولی این دو الکترون باید توسط یکی ازنمبرهای کوانتم خویش ازهم دیگر فرق داشته باشند (نمبرسپین شان) درصورت اتوم هایدروجن وتشکیل مالیکول اوربیتال ، درمالیکول اوربیتال S باید جهت سپین (Spin) الکترون‌ها مخالف یک دیگر باشد .

طریقه که درآن الکترون‌ها بین دو اتوم مشترک قرار می گیرد وسبب تشکیل رابطه می گردد ، به نام میتود ولانسی روابط کیمیاوی (MVB) یاد می‌شود .

عموماً رابطه کیمیاوی را توسط (—) افاده می‌نمایند ودرانجام‌های این خط تصور یک ، یک الکترون موجود است .

۳ –۲ –۲ : ولانس (Valance)

ولانس نوع از خاصیت اتوم‌های عناصر بوده که تعداد معین اتوم‌های د یگررا نصب ویا تعویض می‌نمایند ؛ یا به عباره دیگر: قوه اتحاد اتوم‌های عناصر کیمیاوی را درتعاملات به نام ولانس اتوم همان عنصر یاد می‌نمایند . کلمهٔ ولانس از اصطلاح لاتین (Valantia) گرفته شده است که به معنی ظرفیت می‌باشد .

کوسیل (Kossel) در اولین مقالهٔ علمی خود توضیح نمود که رابطه‌ها در نتیجه انتقال کامل الکترون‌ها از یک اتوم به اتوم دیگر تشکیل می گردد تا تعداد الکترون‌های قشر خارجی اتوم‌های عناصر به هشت الکترون بالغ گردد. الکترون‌های گرفته شده و باخته شده هر اتوم ولانس آن را مشخص می‌سازد .

۳–۳انواع روابط کیمیاوی:

۳–۳– ۱: رابطه آیونی (Electro Volant bond)

مطالعات ساختمان اتوم خاصتاً ساختمان الکترونی اتوم نشان می‌دهد که ساختمان ns^2np^6 به گازات نجیبه مطابقت دارد ، این گازات عبارت از Rn, Xe, Kr, Ar, Ne, He است، ولی $He(1S^2)$ است، درنتیجهٔ تحقیقات دریافت نمودند که گازات مذکوردرتعاملات کیمیاوی سهم نمی گیرند وباثبات می‌باشند. ثبات کیمیاوی گازات نجیبه مربوط به مشبوع بودن قشر آخری آن‌ها توسط هشت الکترون است.

درسال 1916 م علما هریک : (کوسیل Kossel) و(لیویس Liwes) مستقل ازهم دیگر تیوری روابط کیمیاوی را ارائه داشته ، آن‌ها تشکیل روابط را همانا باختن و گرفتن الکترون‌ها توسط اتوم هاغرض تکمیل هشت الکترون مدارآخری دانسته تا ثبات لازمه را حاصل نمایند .

تسلسل عناصررا درسیستم پریودیک که از نیون (Ne) آغاز یافته است ، ملاحظه می‌نماییم.

(درقوس تعداد الکترون‌های قشر L,K ویا M عناصر نشان داده شده است .)

$$N(2,5), O(2,6), F(2,7), Ne(2,8), Na(2,8,1), Mg(2,8,2), Al(2,8,3)$$

اتوم Na می‌تواند درنتیجه باختن یک الکترون ساختمان گاز نجیبه Ne را اختیار کند و ساختمان الکترونی باثبات را حاصل نماید :

$$Na(2,8,1) \rightleftharpoons Na^{+}(2,8) + 1e^{-}$$

موجودیت 10 الکترون و 11 پروتون در اتوم سودیم باعث آن گردیده است تاسود یم چارج مثبت داشته وبه ذرهٔ چارجدار Na^{+} مبدل شود که به نام کتیون (Cathion) یاد می گردد.

فلورین درساختمان الکترونی خود نسبت به عنصر Ne یک الکترون کمتر داشته وبا گرفتن یک الکترون ساختمان الکترونی با ثبات گاز نجیب Ne را حاصل واکتیت خودرا تکمیل می‌سازد:

$$F(2,7) + 1e^{-} \rightleftharpoons F^{-}(2,8)$$

ذرهٔ که متشکل از 10 الکترون و 9 پروتون است عبارت از آیون چارجدار منفی فلورین (F^{-}) است . بین ذرات چارجدار مثبت (Na^{+}) وآیون منفی (F^{-}) قوهٔ جاذبهٔ الکتروستاتیکی عمل می‌نماید ودرنتیجهٔ این جذب رابطه کیمیاوی برقرار می گردد، این نوع رابطه را به نام رابطه آیونی یا برقی (Electro valente bond) یاد می‌نمایند:

$$Na^{+} + F^{-} \longrightarrow NaF$$

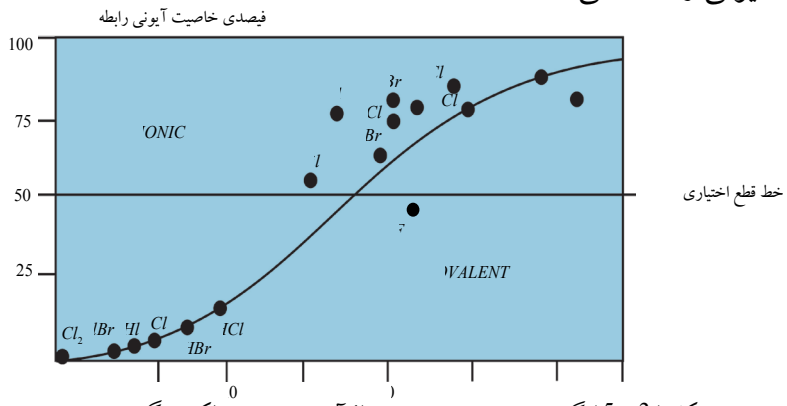
رابطه آیونی نوع ازرابطه کیمیاوی است که درنتیجه قوه جذ ب الکتروستاتیکی بین ذرات چارج‌دار که دارای علامه مخالف باشد، برقرار می گردد.

خاصیت آیونی در روابط کوولانسی

رابطه اشتراکی قطبی ، سرحد بین رابطه اشتراکی کامل (غیر قطبی) و آیونی را تشکیل می‌دهد ؛ زیرا دراین رابطه ابر الکترون‌ها به طور قسمی از یک اتوم به اتوم دیگر منتقل می گردد . اگر الکترون‌ها به طور کامل از یک آیون به آیون دیگر منتقل گرد د ، رابطهٔ آیونی برقرار می گردد.

معیارهای تفاوت بین رابطه قطبی و آیونی قرار ذیل است:

بـــه هر اندازه که تفـــاوت الکترونیگاتیویتی بین دو اتوم عناصر زیاد باشـــد، به همان اندازه رابطـــه بین آن‌ها قطبی می‌باشـــد . گراف ذیـــل فیصدی خاصیت رابطـــهٔ آیونی و تفاوت الکترونیگاتیوتی را نشان می‌دهد .



شکل (3 – 5) گراف فیصدی خاصیت رابطهٔ آیونی و تفاوت الکترونیگاتیویتی

به اســـاس گراف فوق می‌توان گفت که رابطه بین دو اتوم زمانی برقی یا الکترولنیت است که تفاوت الکترونیگاتیویتی بین این دو اتوم (1.7) وبالاتر از آن باشـــد. مرکبات آیونی ویامرکبات الکتروولنت متشکل ازآیون‌ها می‌باشد . درصورتی که الکترونیگاتیویتی بین دو اتوم 1 الی 1,7 باشد رابطه بین آن‌ها 50% آیونی و 50% اشتراکی قطبی است.

مرکبات آیونی و خواص آن‌ها

کرستل ها مرکباتی اند که رابطه آیونی دارد.

آیا راجع به نمک طعام معلومات دارید ؟ میدانید که نمک طعام از کدام عناصر تشکیل گردیده است؟

نمک طعام عبارت از ســـودیم کلوراید است که در طبیعت یافت می گردد و فورمول آن $NaCl$ است.

فورمول نشان می‌دهد که نمک طعام از عنصر سودیم وکلورین تشـــکیل گردیده است . سودیم فلز نرم وفعال کیمیاوی بوده و کلورین عنصر گازی است که به شکل مالیکولی یافت شـــده وفعال می‌باشد وگاز زهری است . در نتیجهٔ تعامل این دو عنصر قرار شکل ذیل نمک طعام تشکیل می گردد که رنگ سفید را دارا است.

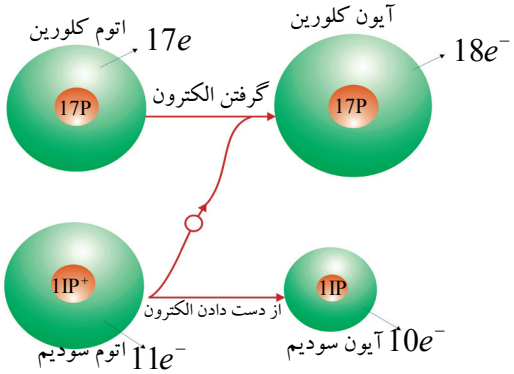


شکل (3- 6) تعامل گاز کلورین با سودیم.

کرستل: مواد معدنی جامدی اند که اجزای آن سازنده آن ها در سه جهت فضایی به صورت منظم کنار همدیگر قرار گرفته باشند.

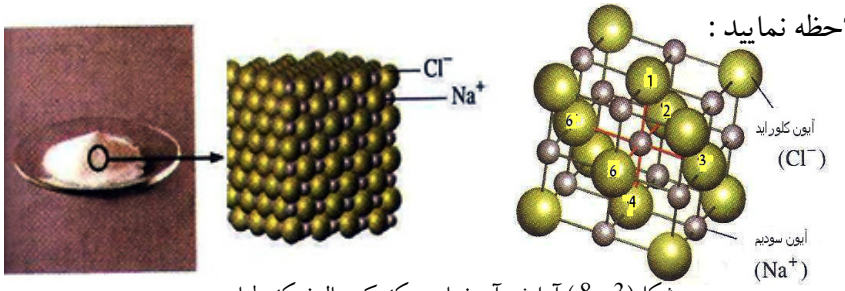
تمام نمک‌ها از جمله نمک طعام مرکبات آیونی بوده واز آیون‌های مثبت ومنفی تشکیل گردیده اند. در مالیکول سودیم کلوراید بین اتوم سودیم وکلورین رابطه ایونی برقرار بوده ، طوری که اتوم سودیم با از دست دادن یک الکترون چارج مثبت یک وکلورین با گرفتن یک الکترون چارج منفی یک را به خود اختیار نموده ، این‌ها به اساس قوه الکتروستاتیک یک دیگر را جذب نموده ومالیکول سودیم کلوراید را تشکیل می‌دهند. خواص نمک طعام مربوط به ماهیت همین رابطه است. بلورهای مکعبی نمک طعام سخت وشکننده بوده و به حرارت 801^0C ذوب شده و به حرارت 1413^0C غلیان می‌نماید .

سودیم کلوراید در آب حل شده وبه شکل محلول ویا مذابه هادی خوب برق می‌باشد .



شکل (3 – 7) نمایش انتقال الکترون‌ها در هنگام تشکیل سودیم کلوراید.

خواص سودیم کلوراید مربوط به ذرات تشکیل دهندهٔ آن است ، بین سودیم وکلورین در سودیم کلوراید قوهٔ جاذبهٔ قوی موجود است که آن‌ها را باهم مستحکم نگاه داشته و این قوه را به نام رابطهٔ ایونی یاد می‌نمایند . این نوع رابطه در تمام نمک‌ها موجود است ، این نوع رابطه تنها مربوط به یک کتیون سودیم و یک انیون کلوراید نبوده ، بلکه بین تمامی انیون‌ها وکتیون‌های همجوار برقرار شده و نظم ذرات را به وجود آورده است ، هر کتیون توسط چندین انیون ویک انیون توسط چندین کتیون احاطه می گردد . اشکال ذیل را ملاحظه نمایید :

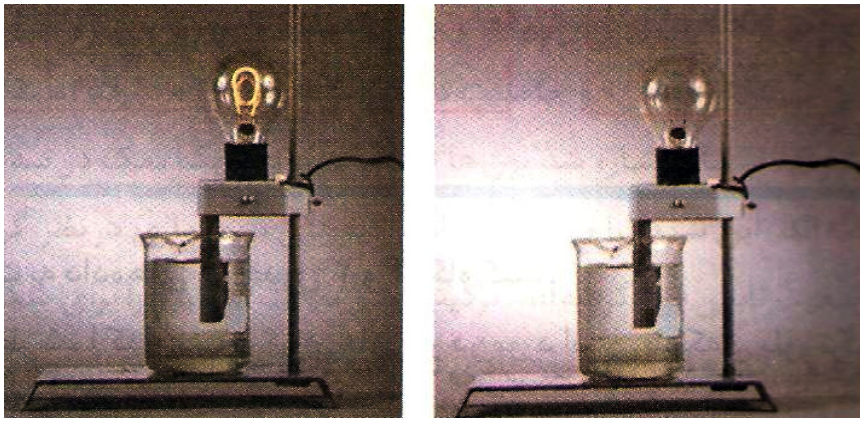


شکل(3 – 8) آرایش آیون‌ها در یک کرستال نمک طعام

شکل فوق نشان می‌دهد که هر آیون سودیم توسط شش آیون کلوراید وهر آیون کلوراید توسط شش آیون سودیم احاطه ونظم ذرات را به وجود آورده است. قرار قانون کولمب ذرات چارج دار هم نوع یک دیگر را دفع ومخالف نوع یک دیگر را جذب می‌نماید، قوه جذب بین ذرات چارج دار مخالف علامه نسبت به قوۀ دفع ذرات هم علامه بیشتر است. در مرکبات آیونی تعداد چارج‌های مثبت ومنفی با هم مساوی بوده؛ ازین سبب این نوع مرکبات از لحاظ چارج برقی خنثی می‌باشد.

خواص مرکبات آیونی

محلول آبی ویا مذابۀ مرکبات آیونی هادی برق بوده ؛ زیرا دراین مرکبات آیون‌ها در حالت آزادانه حرکت می‌نمایند؛ اما درحالت جامد این مرکبات هادی برق نبوده؛ زیرا ایون‌های نمک‌ها در حالت جامد به جز حرکت اهتزازی دیگر حرکات را دارا نمی‌باشند . اگر چند کرستال نمک طعام در آب خالص انداخته شود، آیون‌های نمک بین مالیکول‌های آب پراگنده شده وآزادانه حرکت نموده ، جریان برق را از خود عبور می‌دهند ، شکل ذیل را ملاحظه نمایید:



شکل (3 – 9) جریان برق در محلول نمک طعام .

بیشتر بیاموزید

آیون‌ها در نمک‌ها ساختمان وتنظیم منظم را دارا است

ساختار آیون‌ها در کرستال‌ها به شکل مسلسل بوده وهر آیون توسط آیون‌های مخالف چارج خود احاطه گردیده ، نظم را ایجاد وروابط را بر قرار می‌نمایند . ساختار تنظیمی آیون‌ها در شبکۀ کرستالی به جسامت نسبی انیون‌ها وکتیون‌ها از ترتیب خاص پیروی می‌نماید واین ترتیب در تمامی قسمت‌های کرستال تکرار می گردد . ساختاری که در اثر انبار ذره‌های سازندۀ یک جسم (کتیون‌ها و انیون‌ها) در سه بعدی به وجود میآید ، به نام شبکۀ بلوری یاد می‌شود . شکل (3 – 8) را ملاحظه نمایید .

تشکیل شبکه‌های کرستالی توأم با آزاد شدن انرژی صورت می گیرد.
انرژی شبکهٔ کرستالی عبارت از مقدار انرژی است که در هنگام تشکیل یک مول مادهٔ کرستالی از آیون‌های مثبت ومنفی گازی آن آزاد می گردد ؛ به طورمثال :

$$Na^{+}(g) + Cl^{-}(g) \longrightarrow NaCl(s) + 787.5kJ/mol$$

جدول‌های ذیل انرژی شبکه‌های کرستالی بعضی مواد را به kJ / mol نشان می‌دهد.

جدول(3 – 1) انرژی شبکه‌های کرستالی هلایدهای فلزات القلی

آیون ها / کتیونها	F^-	Cl^-	Br^-	I^-
Li^+	1036	853	807	757
Na^+	923	787	747	704
K^+	821	715	682	649
Rb^+	785	689	660	630
Cs^+	740	659	631	604

جدول (3 – 2) مقایسهٔ انرژی شبکهٔ مرکبات کتیون‌های دارنده چارج 1+، 2+ و3+

انیون / کتیون	F^-	O^{2-}
Na^+	923	2481
Mg^{2+}	2957	3791
Al^{3+}	5492	15916

فعالیت

به جدول 1 و2 با دقت نظر ا ندازید:

الف – به نظر شما کدام نتیجه گیری‌های ذیل در مورد انرژی شبکهٔ کرستالی درست خواهد بود و چرا؟

1 – هرقدر که کتیون کوچک باشد انرژی شبکهٔ کرستالی آن بیشتر است.

2 – هر قدر که چارج انیون بزرگ باشد ، انرژی شبکه کمتر است.

3 – هر قدر که شعاع انیون بزرگ باشد ، انرژی شبکه زیاد است.

4 – انرژی شبکه با چارج کتیون رابطهٔ مستقیم و با شعاع آن رابطهٔ معکوس دارد.

ب – پیش بینی کنید که کدام مرکب آیونی ذیل زیاد ترین انرژی شبکه را دارا است؟

MgO ویا CaO

ج – آیا میتوان بین انرژی شبکه ودرجهٔ ذوبان مرکبات آیونی ارتباطی در نظرگرفت؟

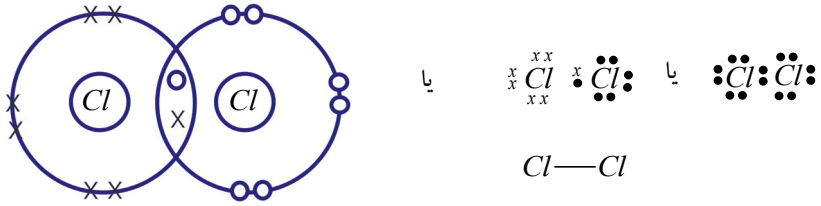
چون قوه جذب بین ذرات مرکبات آیونی قوی است ؛ ازین سبب خواص آن‌ها با هم مشابه است ؛ به طور مثال : درجهٔ ذوبان وغلیان آن‌ها با هم مشابه است .جدول ذیل را ملاحظه نمایید :

جدول (3-3) درجه ذوبان وغلیان با هم مشابه

مرکب آیونی	نقطه ذوب ^0C	نقطه غلیان ^0C
$NaCl$	801	1413
$RbCl$	715	1390
KF	858	1505
KBr	734	1435

۳–۳ –۲: رابطه اشتراکی (Covalent bond)

تیوری روابط کوولنت : رابطهٔ آیونی یگانه شکل روابط کیمیاوی نبوده ، درمالیکول‌ها روابط مختلف موجود است ؛ به طور مثال : در مالیکول Cl_2 رابطهٔ خاصی موجود است که دراین مورد لیویس پیشنهاد کرد : هریک از دو اتوم کلورین یکی از الکترون‌های قشرخارجی خود را بین هم مشترک قرارمی‌دهد . غرض تداخل اوربیتال‌ها هریک از اتوم‌های کلورین تا حد امکان با همدیگر نزدیک شده وجوره الکترون‌های مشترک رابطه کوولنت را تشکیل می‌دهد ، این الکترون‌ها صرف یک اوربیتال را اشغال نموده و Spin آن‌ها مختلف می‌باشد . شکل ذیل را ملاحظه نمائید:



شکل (3 – 10) طرزارایهٔ روابط کیمیاوی درمالیکول کلورین

درمیتود روابط کوولانسی اوربیتال‌های اتومی تداخل نموده واشتراک جوره الکترون‌ها به ملاحظه میرسد. میتود ملاحظه شدهٔ توصیف مالیکول را به نام میتود روابط ولانسی یاد می‌نمایند. هریک از اتوم‌ها خاصیت خود را در مالیکول حفظ می‌نماید؛ لاکن یک ویاچندین الکترون قشر خارجی هریک از اتوم‌ها غرض تداخل اوربیتال‌ها درقشرخارجی اتوم دیگر نفوذ می‌نماید .

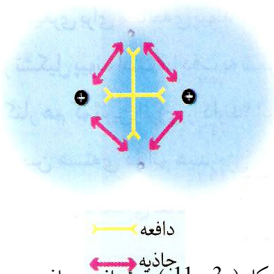
کثافت ابر الکترونی راتوسط ارقام الکترون‌ها به یک مکعب واحد طول اتومی (طول واحد اتومی مساوی به شعاع اوربیتال اولی اتوم هایدروجن ازنظر Bhor است .) به د ست می‌آورند.

توجه نمایید

کوولانس در لغت به معنی ولانس مشترک است واشاره به نوع رابطه‌ی است که در آن اتوم‌ها از قشر ولانسی یکدیگر وبه صورت مشخص از الکترون‌های قشر ولانسی یکدیگر به طور اشتراکی استفاده می‌نمایند ، رابطهٔ که در آن الکترون‌های قشر ولانسی مشترک قرار داده می‌شود به نام رابطهٔ اشتراکی یاد می گردد

چطور رابطهٔ کوولانس تشکیل می‌گردد ؟

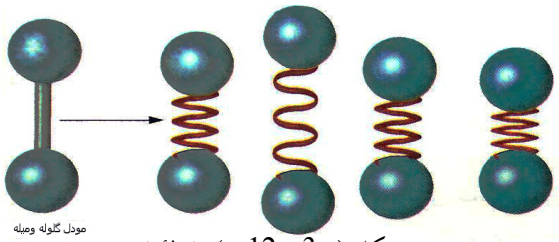
برای ارائهٔ جواب به این سؤال ، رابطهٔ سادهٔ کوولانسی را در مالیکول‌های هایدروجن بین دو اتوم آن تحت مطالعه قرار میدهیم. دو اتوم هایدروجن باهم دیگر نزدیک شده، بین الکترون یک اتوم وهستهٔ اتوم دیگرآن قوهٔ جذب قوی عمل نموده و از طرف دیگر بین هر یک از الکترون‌های متعلق به هراتوم هایدروجن و هسته‌های شان قوهٔ دفع عمل می کند؛ در ابتدا ممکن تصور شود که این قوه‌های جذب و دفع بالای یک دیگر عمل می‌نماید و باعث آن می گردد تا اتوم‌های هایدروجن از هم مجزا باشند؛ اما طوری که معلوم است، هایدروجن به شکل مالیکولی موجود است. در موقع تشکیل رابطه قوهٔ جذبه نسبت به قوهٔ دافعه فوق الذکر زیاد بوده و اتوم‌های هایدروجن را باهم مرتبط ساخته،



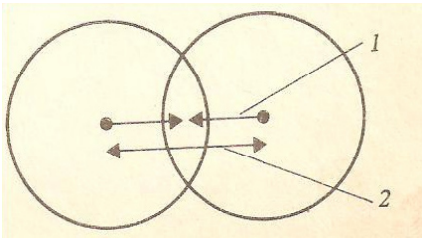
شکل (3 – 11) قوهٔ دافعه وجاذبه بین اتوم‌های هایدروجن در تشکیل مالیکول آن.

مالیکو ل تشـکیل می گردد، دراین صورت بعد از تشـکیل رابطه قـوۀ جاذبه ودافعه با هم مساوی می گردد.

روابط کوولانسـی را می توان به شـکل یک فنر تصور کرد . شـکل زیر را ملاحظه نمایید، زمانی که دو اتوم هایدروجن از هم دور می گردد، آن‌ها را قوۀ جاذبه بین هسـته والکترون دوبـاره نزدیک سـاخته وبه حالت اولی بـر می گرداند، از طرف دیگر قـوۀ دافعه آن‌ها را دوباره ازهم دور می‌سـازد، دراین صورت اتوم‌های هایدروجـن در امتداد محور رابطه در حال نوسان قرار میداشته باشد، لاکن این نوسان‌ها طوری است که همیشه هسته‌های آن‌ها دریک فاصلۀ تعادلی ازهم دیگر قرار دارند، این فاصله را به نام طول رابطه یاد می‌نمایند:



شکل (3 – 12) رابطۀ فنری



شکل (3 - 13) قوۀکشش وقوۀ دفع درمالیکول هایدروجن

1 – قوۀ کشش بین هسته‌ها و ابرالکترونی درفضا بین هسته‌ها.

2 – قوۀ دفع بین دو هسته

شعاع کوولنت

فاصله بین هسته‌های اتوم‌های که به اساس روابط کوولانسی مرتبط شده اند، مساوی به مجموعۀ شـعاع ولانسـی این اتوم‌ها می‌باشد ، شـعاعات کوولانت عبارت از مجموعه شعاعات اتوم‌های تشکیل دهنده روابط کوولنت است. مجموعۀ شعاعات کوولنت کلورین وهایدروجن مساوی به فاصله روابط کوولنت هایدروجن کلوراید می‌باشد.

۳ - ۲ – ۲ :طول رابطه کیمیاوی

فاصله بین هسته‌های اتوم‌های که باهم مرتبط اند، عبارت از طول رابطه است. به صورت عموم طول رابطه دربین اتوم های عناصردرمرکبات مختلف درحدود $\frac{1}{10}$ ام حصه یک نانو متراست. با

تزاید تعداد روابط بین دو اتوم در مالیکول مرکب ، طول رابطه کم و کوچک می گردد.

در مالیکـــول های $N-N, N=N, N\equiv N$ طول رابطه‌ها بین اتوم‌های نایتروجن به ترتیب $0.147nm,\ 0.124nm,\ 0.110nm$ اســت و طــول روابــط $C-C, C=C, C\equiv C$ به ترتیب $0.154nm$ ، $0.134\ nm$ ، $0.120nm$ می‌باشد.

طول رابطه با انرژی ایونایزیشن تناسب برعکس دارد.

اتوم‌های هایدروجن در فاصلهٔ دور تر از فاصله تعادلی نســبت موجودیت قوهٔ جاذبه ، میل دارندتا باهم نزدیک شــوند؛ امادر فاصلهٔ کمتر از قوهٔ تعادلی قوهٔ دافعه قوی شــده وتمایل دارند تا به حالت تعادلی برگردند.

دو اتوم متوصل شــده باهم دیگر به طور دایم در حال نوســان بوده؛ اما به خاطر داشتن سطح انرژی کمتر رابطهٔ کوولانسی را بین هم بر قرار می‌نمایند.

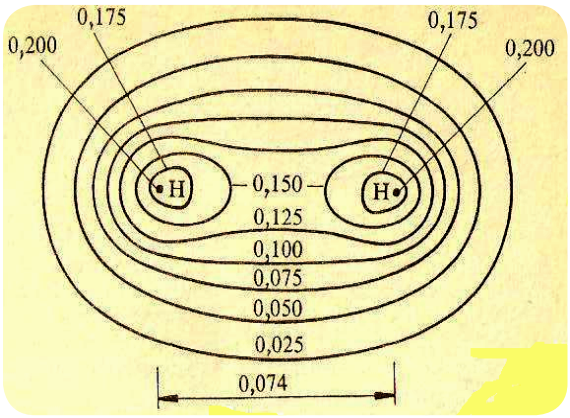
از این جا نتیجه گیری می‌شــود که اتوم‌های هایدروجن متوصل شده نسبت به اتوم‌های مجزا پایدار می‌باشــند؛ یا به عبار ۀ دیگر هایدروجن مالیکولی نسبت به هایدروجن اتومی در سطح پایین انرژیکی قــرار دارد ؛ بنابراین زمانی که بین دواتوم رابطه برقرارمی گردد، دراین صورت انرژی آزاد می گردد. جدول ذیل طول وانرژی رابطه کوولانسی را نشان می‌دهد و برای قطع رابطه وایجاد اتوم‌ها همان مقدار انرژی ضرورت است که در تشکیل آن آزاد می گردد.

جدول (3 – 4) طول وانرژی رابطه کوولانسی

رابطه	طول (pm)	انرژی kJ / mol	رابطه	طول (pm)	انرژی kJ / mol
H - H	75	436	H - I	161	298
H - C	109	412	C - Cl	177	338
H - Cl	127	432	H - Br	194	276
H - Br	142	366	Cl - Cl	199	243
C - O	143	360	Br - Br	229	193
C - C	154	348	I - I	266	151

الکترونیگاتیویتی و روابط اشتراکی غیر قطبی و قطبی

درروابط بین دو اتوم همنوع کثافت الکترونی اوربیتال‌های تشکیل دهندهٔ رابطه‌ها (σ – bonding) به طور متناظرنسبی بین این دو اتوم‌ها قراردارد؛ به طور مثال: در مالیکول H_2 که درشکل (14 – 3) ملاحظه می گردد :

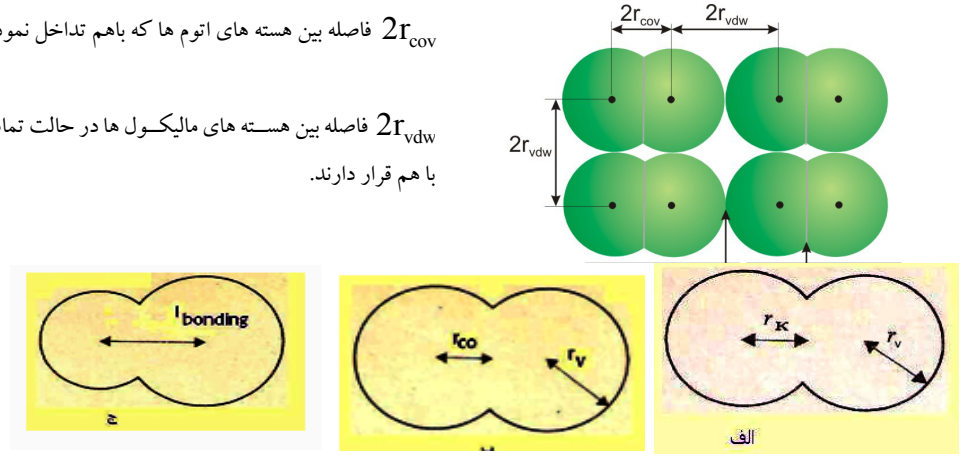


شکل (3 – 14) : شیمای کثافت الکترونی مالیکول هایدروجن

درصورتی که اتوم‌های مرتبط شده ازعناصر مختلف بوده باشد، روابط قطبی بوده و الکترون‌ها به طرف یکی از اتوم‌ها انحراف می‌نماید ؛ بطور مثال: در مالیکول HF کثافت ابر الکترونی درساحهٔ روابط به اتوم فلورین نزدیک نسبت به اتوم هایدروجن است؛ زیرا قابلیت الکترونیگاتیویتی فلورین نسبت به هایدروجن بیشتراست (EN فلورین 4 وازهایدروجن 2.1 است)؛ بدین اساس رابطه بین اتوم هایدروجن وفلورین قطبی است. مرکز ثقل چارج منفی الکترون‌ها بامرکز ثقل چارج مثبت هسته منطبق نمی‌باشد. اکثر مالیکول‌های مرکبات قطبی بوده، سرحد جدایی معین بین رابطهٔ اشتراکی ورابطهٔ آیونی تعیین شده نمی‌تواند.

$2r_{cov}$ فاصله بین هسته های اتوم ها که باهم تداخل نموده.

$2r_{vdw}$ فاصله بین هسته های مالیکول ها در حالت تماس با هم قرار دارند.



شکل (3 – 15) شعاعات روابط کوولانت وواندروا لس برای هایدروجن وکلورین

الف – r_V شعاع واندروالس: H_2 0,12nm، r_{CO} شعاع کوولنت 0,017nm طول رابطه مساوی به(2nm) است

ب – مالیکول Cl_2 : $r_v = 0.1nm, r_{co} = 0.104nm$

ج – مالیکول Cl_2: طول رابطه مساوی به 0.141nm است .

بیشتر بدانید

اگر تفاوت الکترونیگاتیویتی بین دو اتوم صفر ویا کمتراز 0.5 باشد ، رابطه بین این دو اتوم غیر قطبی (Non polar bond) بوده وبالاتراز0.5 الی یک رابطه قطبی است ، درصورتی که تفاوت الکترونیگاتیویتی بین دو اتوم عناصر (1 الی 1.7) باشد ، رابطه بین آن‌ها تقریباً (50 %) قطبی و (50 %) آیونی بوده واگر بالاتر از 1.7 باشد رابطه آیونی است؛ به طور مثال : سیزیم فلوراید (CsF) را در نظر می گیریم ، الکترونیگاتیوتی سزیم مساوی به 0.7 و فلورین 4.0 است ، بنابر این تفاوت الکترونیگاتیویتی آن‌ها مساوی به 3.3 می‌باشد، پس خواص این رابطه به رابطهٔ آیونی فوق العاده زیادمطابقت دارد.

خود را آزمایش کنید

الکترونیگاتیویتی آکسیجن 3.5 والکترونیگاتیویتی سلیکان 1.8 است که تفاوت الکترونیگاتیویتی آن‌ها 1.7 می‌باشد . نوع رابطهٔ سلیکان وآکسیجن را در سلیکان دای اکساید به اساس دلایل منطقی توضح نمایید .

توجه کنید:

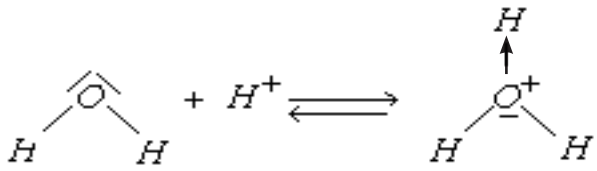
در بعضی موارد اگر تفاوت الکترونیگاتیویتی بین اتوم‌های دو عنصر کمتر از 0.4 غیرقطبی در نظر گرفته می‌شود؛ به طور مثال: رابطه $C-H$ که یک رابطه مهم در کیمیای عضوی است، غیر قطبی در نظر گرفته می‌شود.

۳ – ۳ – ۳: رابطهٔ کواردینیشن (Coordination bond)

رابطهٔ کواردینیشن نوع رابطهٔ کوولنت بوده که درآن جوره‌های الکترون مشترک تنها ازطرف یکی از اتوم‌ها که دررابطه سهم می گیرد ، دراختیار اتوم د یگرقرارداده می‌شود، یکی از اتوم‌ها به شکل دهنده ((Donar تبارزیافته ودیگر آن گیرنده (Acceptor) تبارز می‌نماید که این نوع رابطه را بعضاً به نام رابطه دونار – اکسپتور (Donor – Acceptor) نیز یاد می‌نمایند.

اتوم‌های عناصرالکترون دهنده (Donar) دارای یک‌جوره الکترون آزاد درقشر خارجی خود می‌باشد واکسپتورها اوربیتال‌های خالی را درقشرخارجی خود دارا اند. کتیون‌های فلزات انتقالی می‌تواند به حیث اکسپتور عمل نمایند . درمالیکول آب اتوم آکسیجن دارای دوجوره الکترون آزاد بوده ، این اتوم جوره الکترون‌های آزاد خود را به د سترس ذرات دارای خلأ الکترونی غرض تکمیل اکتیت شان قرار می‌دهند ، به طور مثال: H^+ دارای خلای الکترونی بوده و اوربیتال s آن خالی است که این اوربیتال خالی توسط جوره الکترون‌های

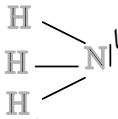
آزادآکسیجن مشبوع گردیده ودرنتیجه رابطهٔ اشتراکی کوارد ینت بر قرار می گردد :

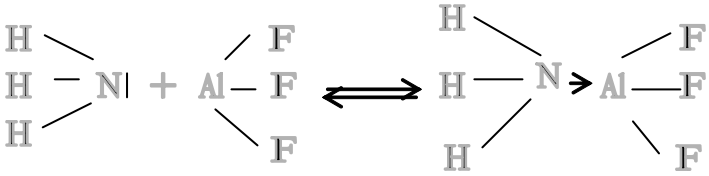


پس گفته می‌توانیم که (H_3O^+) درنتیجهٔ رابطهٔ کواردینیشـــن حاصل می گردد وچارج مثبـــت پروتون درتمام آیون توزیـــع می گردد ؛ به همین ترتیب آب بـــا آیون‌های فلزات کواردینیشن می گردد؛ به طورمثال : $[Cu(H_2O)_6]^{2+}$

انحلالیت اکثریت نمک‌ها مربوط به تشـــکیل روابط بیـــن آیون‌های فلزات ومالیکول‌های آب اســـت ، برای قطع روابط بین آیون‌های شبکه‌های کرستال‌ها انرژی به مصرف رسیده ودرموقع تشکیل رابطه‌ها درآیون‌های کرستال‌ها انرژی آزاد می گردد.

اگر دراثر تشکیل روابط کواردینیشن بین اتوم‌های فلزات وآب انرژی آزاد گردد، دراین صـــورت ممکن تعادل به طرف پروســـس حل شـــدن ادامه پیدانمایـــد وآیون‌های فلزات هایدریـشن (Hydration) گردند: $Cu^{2+} + 6H_2O \longrightarrow [Cu(H_2O)_6]^{2+}$

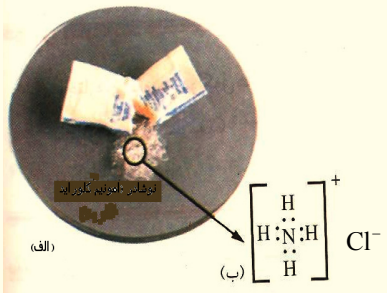
اتوم نایتروجن درمالیکول امونیا  جوره الکترون‌های آزاد خود را به اتوم المونیم درمالیکول AlF_3 داده و درنتیجه بین اتوم نایتروجن والمونیم رابطه کواردینیشـــن برقرار می گردید؛ دراین صورت قشر الکترونی هریک ازاتوم نایتروجن والمونیم حاوی هشت – هشت الکترون بوده وازمشبوعیت الکترونی قشر آخری برخوردارمی‌باشند.



رابطه کواردینیشن را توسط خط تیر افاده می‌نمایند ($\rightarrow$) که سمت تیر ازطرف دونار به طرف اکسپتورمتمایل می‌باشد.

فعالیت

شکل داده شده مالیکول نوشادر (امونیم کلوراید) را نشان می‌دهد ، بادر نظر داشت این شکل انواع روابط را درآن به شکل گروپی مشخص ساخته و در صنف ارائه بدارید.



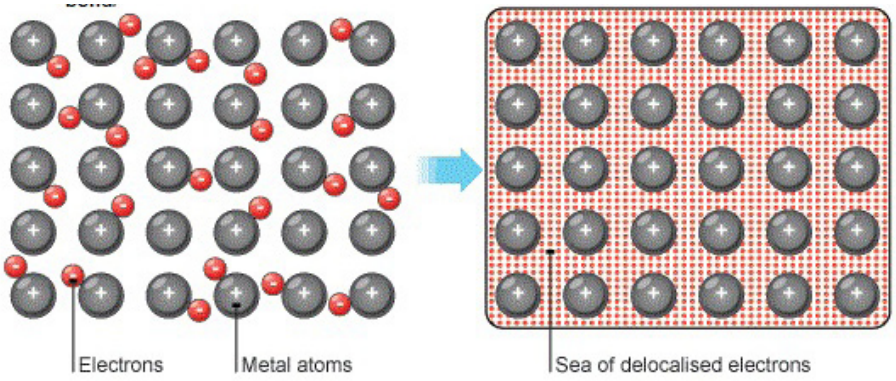
شکل (3 - 16) رابطهٔ کواردینیشن در امونیم کلوراید

توجه کنید:

تداخل دو اوربیتال یک الکترونی را با یک دیگر به نام رابطه اشتراکی ساده و تداخل یک اوربیتال دو الکترونی با یک اوربیتال خالی را به نام رابطه اشتراکی کواردینیشن ویا رابطه یک طرفه یاد می‌نمایند.

۳ - ۳ - ۴ : رابطهٔ فلزی

انرژی آیونایزیشن والکترونیگاتیویتی فلزات پایین بوده واتصال الکترون‌های قشر خارجی آن‌ها نسبتاً سست است.



به یاد داشته باشید که :

قوهٔ جذب بین الکترون‌های ابر الکترونی تشکیل شده وآیون‌های مثبت فلزات را به نام رابطهٔ فلزی یاد می‌نمایند.

قوهٔ جذب بین آیون‌های مثبت وابر الکترونی تشکیل شده در فلزات به اندازهٔ قوی است که باعث تراکم ذرات آن‌ها گردیده واز همین سبب است که فلزات سخت بوده وقابلیت چکش خوردن وتورق رادارا اند ؛به طور مثال : تشکیل سیم وتخته‌های مسی ،المونیمی وغیره نمایان‌گر روابط ذرات فلزی در اجسام فلزی می‌باشند.

۳ – ۳ –۵: خواص فزیکی روابط کیمیاوی

انواع روابط مالیکول‌ها، صفات مالیکول‌ها را مشـــخص می‌سازد. نقطهٔ غلیان و نقطهٔ ذوبان طور مستقیم به روابط اتوم‌ها در مالیکول‌ها مربوط است؛ به طور مثال: سه مالیکول F_2 ، HF و NaF را از نقطهٔ نظر درجهٔ غلیان و ذوبان باهم مقایسه می‌نماییم.

جدول (3 – 5): مقایسه درجهٔ غلیان وذوبان سه مالیکول HF ، F2 و NaF :

مالیکول	درجه غلیان	درجه ذوبان
F_2	$-187\,^{o}C$	$-218\,^{o}C$
HF	$+20\,^{o}C$	$-83\,^{o}C$
NaF	$1707\,^{o}C$	$995\,^{o}C$

طـوری که دیده می‌شـود ، NaF مالیکول آیونی بـوده نقطهٔ ذوبان وغلیان آن بلند اسـت، درحالی کـه HF یـک مالیکول قطبی بوده ویا نیمه آیونی می‌باشـد، درجهٔ غلیان وذوبان آن خیلی‌ها پایین است وبالاخره F_2 که یک مالیکول غیرقطبی است.

درجهٔ ذوبان وغلیان آن به مراتب کوچکتر ازدومالیکول قبلی می‌باشد.

درجهٔ غلیان وذوبان ودرجهٔ تفکیک یک مالیکول علاوه ازاین که به نوع رابطهٔ اتوم‌های آن وابسته بوده ، به رابطه‌های دومی وقوهٔ بین مالیکولی آن‌ها نیز رابطه دارد.

۳–۳ –۶ : قطع هومولیتکی وهترولیتکی روابط کیمیاوی

بـرای قطـع روابـط کیمیـاوی همان قدر انرژی ضرورت اسـت که در زمان تشـکیل آن آزاد گردیده اسـت . رابطـهٔ کیمیاوی به دو میخانیکیت قطع می گـردد ، یکی عبارت از قطـع هومولتیکی (Hemolytic) ودیگر قطع هترولیتکی(Hetrolytic) اسـت . درقطع هومولتیکی هر اتوم الکترون خودرا که درتشکیل رابطه سهیم بوده، دوباره اخذ نموده وهرذره دارای الکترون طاقه بوده که همچو ذرات را به نام رادیکال (Radical) یاد می‌نمایند.

$$H - H \rightleftarrows H\cdot + \cdot H$$

قطـع رابطـهٔ که درآن جـوره الکترون‌های رابطه به یک اتـوم الکترونیگاتیف تعلق می گیرد وآیون‌های دارای چارج مختلف تولید می گردند ، به نام قطع هترولیتکی یاد می‌شود .

به طور مثال :انفکاک مالیکول HCl :

$$H - Cl \rightleftarrows H^{+} + Cl^{-}$$

نوت: قطع هومولتیکی رابطه توسط نور یاحرارت ویا تشعشع صورت می گیرد.

۳ - ۳ –۷: اشکال روابط

به صورت عموم رابطه دارای دوشکل است:

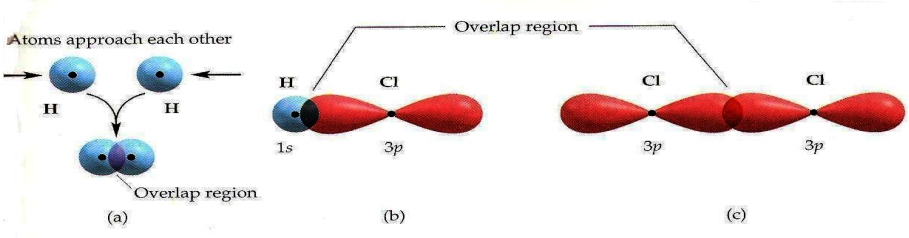
۱ - رابطهٔ سگما (σ): روابط کیمیاوی به اساس پوشش و تداخل اوربیتال‌ها تشکیل می گردد . اگرپوشش ابرهای الکترونی به امتداد خطی که هسته‌های دو اتوم را وصل می‌سازد، صورت بگیرد، یعنی تداخل اوربیتال‌ها مستقیم واعظمی باشد، رابطه مستحکم بوده و به نام رابطهٔ سگما (σ) یاد می‌شود که این رابطه می تواند از تداخل دواوربیتال S ویا یک اوربیتال S ویک اوربیتال P ویا دواوربیتال P بطورمستقیم تشکیل گردد.شکل (3 - 17) .

رابطهٔ کیمیاوی که به اساس مشترک ساختن یک‌جوره الکترون‌ها بین دو اتوم تشکیل گردیده باشد ، به نام رابطهٔ یگانه یاد می‌شود . اوربیتال‌ها درنتیجهٔ تداخل مستقیم خود صرف رابطهٔ (σ) راتشکیل می‌دهد.

۲ - رابطهٔ π : رابطه اشتراکی بین دو اتوم درمالیکول‌ها می تواند دوگانه ویا سه گانه باشد . این نوع رابطه توسط بیشتر از یک جوره الکترون‌ها تشکیل می گردد؛به طورمثال: در مالیکول آکسیجن O_2 رابطه بین دو اتوم آکسیجن دوگانه ودرمالیکول نایتروجن (N_2) رابطه بین دو اتوم نایتروجن سه گانه است.

اگر تداخل اوربیتال‌های اتومی جانبی باشد، یعنی پوشش ابرالکترونی اوربیتال‌های p جانبی بوده باشد وبالای محور X عمود قرار گیرد ، این رابطهٔ تشکیل شده به نام رابطه π یاد می‌شود .

درمالیکول نایتروجن اوربیتال های P دواتوم نایتروجن تداخل مستقیم را متقبل شده، یک رابطه (σ) را تشکیل می‌دهند، رابطه که از تداخل Pz اوربیتال‌های دو اتوم نایتروجن تشکیل می گردد، چون این تداخل اوربیتال‌ها جانبی بوده که بین دو ساحه پوشش به وجود می‌آید واین دو ساحه دربالاوپایین محور x قرار دارند، رابطهٔ تشکیل شده به نام π یاد می‌شود، رابطه‌ی دومی مالیکول نا یتروجن از تداخل جانبی اوربیتال‌های Py دواتوم نایتروجن به وجود آمده و طوری که گفته شد، درتشکیل رابطهٔ تداخل اتوم اوربیتال‌ها جانبی وسست بوده؛ بنابراین رابطه سست ونسبت به رابطهٔ (σ) غیر مستحکم است. اوربیتال‌های نوع p می‌تواند هم رابطه π وهم رابطه σ را تشکیل دهند. دررابطه‌های چند گانه حتمی یک رابطه (σ) بوده و رابطهٔ دیگر π است. اشکال ذیل تداخل وپوشش اتوم اوربیتال P_X را در تشکیل روابط مالیکولی افاده می کند.



شکل (3 - 17) : تداخل اوربیتال‌ها وپوشش آن‌هادر مالیکول‌های هایدروجن ، کلورین وHCl

فعالیت

نوع روابط بین اتوم‌ها را درمرکبات بعد از ترسیم ساختمان مالیکول‌های ذیل مشخص سازید :

الف- KNO_3 ب- H_2SO_4 ج- $NaCl$

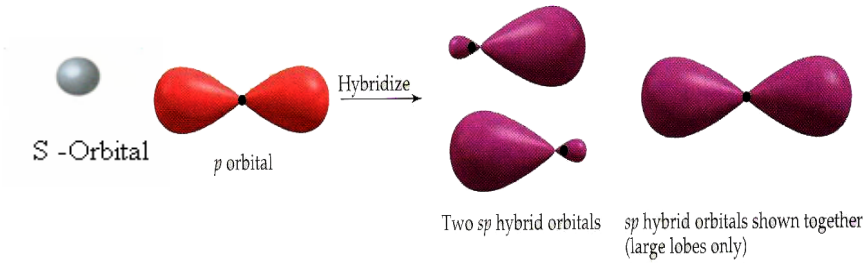
۳-۴-۱:هایبریدیزیشن (Hybridization) وزاویه بین روابط

Hybridization : کلمه Hybrid دریونانی به معنی اختلاط خون بوده، یعنی نسلی که ازدونسل مختلف حاصل شده باشد که مفهوم امتزاج ویا اختلاط را میرساند . در این‌جا منظـور ازاختلاط دوویا چندیـن اوربیتال اتومی مختلف بوده کـه دو ویا چندین اوربیتال هایبریدی جدید را به میان می‌آورد.

الکترون‌های ولانسـی اتوم‌های عناصر کیمیاوی می‌تواند دراوربیتال s, p, d, f وغیره موجود باشد که دراین صورت تمام اوربیتال‌های ذکرشده از لحاظ انرژی هم ارزش نبوده و روابط آن‌ها نیز هم ارزش نمی‌باشـد؛ لاکن تجربه به اثبات رسانیده که در مالیکول‌های که اتوم مرکزی آن‌ها دارای اوربیتال‌های مختلف ولانسـی (s , p , d .....) اند، ازلحاظ رابطـه هم ارزش می‌باشـند، این مطلب توسـط علما هریـک Cleyster و Pamling توضیح گردید . علمای مذکور ارائه داشته اند که اوربیتال‌های که ازلحاظ انرژی اختلاف زیادی نداشـته ودرعین قشر اصلی واقشـار اخیر اتوم قرارداشته باشند مطابق به تعداد اولی شان با هم Hybridization نموده به تعداد اولی خود اوربیتال‌های هایبرید شده را تولید می‌نماید که دریک سـطح انرژی قراردارند وعین ساختمان ابر الکترونی را دارا می‌باشند، این اوربیتال‌ها به سـمت تشکیل رابطه کش شده وتداخل آن‌ها اعظمی بوده، زمینهٔ تشکیل روابط مساعد می گردد.

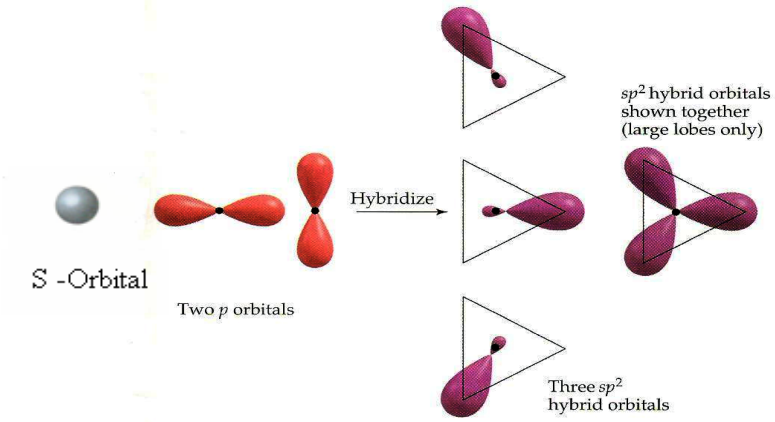
درهایبرید یزیشـن اوربیتال‌های اتومی یک مقدار انرژی به مصرف رسـیده ، بنابر آن این اوربیـتال‌ها بی ثبات به نظرمیرسـند ؛ اما دراثنای تشـکیل رابطه انرژی را ازدست داده ، ثبات لازمه را حاصل می‌نمایند

sp هایبریـد: دراین نـوع هایبریـد یـک اوربیـتال S ویک اوربیتـال P با هم امتـزاج نموده ، درنتیجه هایبرید $(sp-hybrid)$ تشـکیل می گردد که زاویه ولانسـی روابط 180درجه بوده ، مثال آن را می توان هایبرید sp عناصر Be, Cd, Hg درمرکبات هلوجنیدها ارائه کرد . نتایج تجربی نشـان می‌دهد که Be, Zn, Cd, Hg هایبرید sp را درهلوجنیدها دارا بوده، مرکبات آن‌ها دارای سـاختمان هندسی خطی می‌باشد . سهم s و p هر یک $\frac{1}{2}$ (یکسان) است.



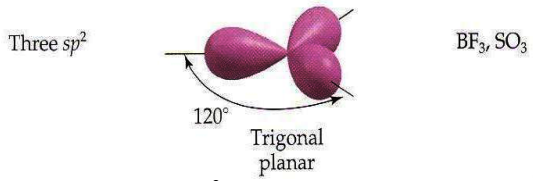
شکل (3 – 18) هایبرید SP :

Sp^2ها ییرید یزیشــن : در این نوع‌ها یبرید یک اوربیتال s ودو اوربیتا ل p با هم امتزاج حاصل نموده ، درنتیجه سه اوربیتال هایبرید شدهٔ Sp^2را تشکیل می‌دهند، این اور بیتال‌ها در یک سطح به زاویهٔ 120 درجه نسبت به یک دیگر قرار داشته که سهم s درهراوربیتال Sp^2 مساوی به $\frac{1}{3}$واز P ، $\frac{2}{3}$می‌باشد و زاویهٔ ولانسی دربین این اوربیتال‌ها 120 درجه است:



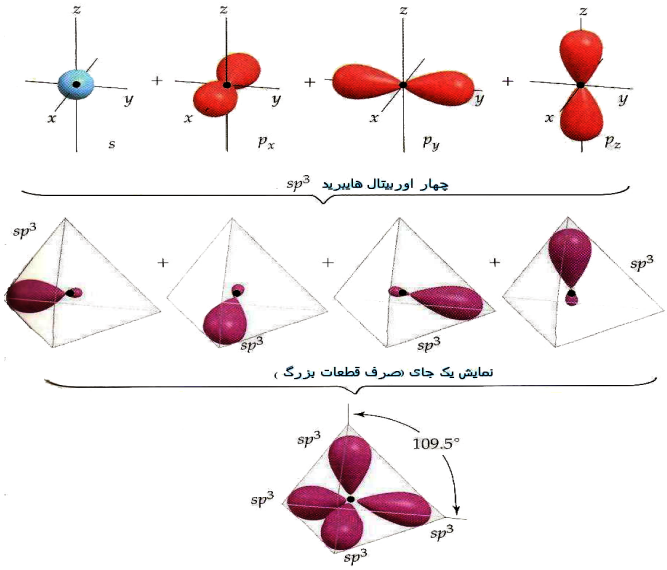
شکل (3 – 19) هایبرید Sp^2:

هایبرید Sp^2را اتوم‌های کاربن درهایدروکاربن‌های غیرمشبوع فامیل ایتلین دارا اند . درمالیکول BF_3 بورون هایبرید Sp^2 را دارا است:



شکل (3 – 20) هایبرید Sp^2 BF_3:

هایبریدیزیشن SP^3: این نوع هایبرید یزیشن را اتوم‌های کا ربن در هاید روکاربن‌ها ی مشـبوع دارا بوده وطوری اسـت که یک اور بیتال S با سـه اوربیتال P درنتیجهٔ جذب انـرژی باهم مختلـط گردیده وچهاراوربیتال هایبرید شـدهٔ SP^3 را تشـکیل می‌دهندکه مواجـه بـه رأس‌هـای چهار وجهـی بوده وزاویـه بین آن‌هـا 109.5 درجه اسـت . این هایبریدیزیشن را می‌توان در مالیکول CH_4, CF_4وغیره ملاحظه کرد . سهم S در SP^3 $\frac{1}{4}$وسهمP درآن $\frac{3}{4}$است .



شکل (3 – 21) هایبرید SP^3 :

درهایبریدیزیشـن اوربیتال‌های نیمه پرشـده ویا اوربیتال‌های پرشـده مکمل سهم داشته، مالیکول اوربیتال راتشکیل می‌دهد؛ به طور مثال : در اتوم نایتروجن اوربیتال‌های 2P باداشتن یک الکترون و2S با داشتن دو الکترون سهم گرفته اند .

در هایبرید یزیشـن نه تنها اوربیتال‌های S و P سـهم گرفته ؛ بلکه اوربیتال‌های f , d نیز سهیم می‌باشند . درجدول ذیل اشـکال مختلف مالیکول‌ها وآیون‌های که از اوربیتال‌های خالص و اوربیتال‌های هایبرید شده تشکیل گردیده اند ، ارائه شده است.

معلومات اضافی

جدول (3 – 6) ساختمان فضای مالیکول‌ها و آیون‌ها و هایبرید در آن‌ها :

تعداد زوج الکترون روی A	اندیس کوردیناسیون	ساختار هیبریدی	L پیوندی NL غیرپیوندی	فرمول	شکل مولکول	شکل هندسی مولکول	نمونه
2	خطی sp	2	2 L	AX_2	خطی		$HgCl_2$, CdI_2, $Ag(CN)_2^-$
3 (+ 1 électron برای NO_2)	مثلثی واقع در صفحه sp^2	3	3 L	AX_3	مثلث متساوالاضلاع		BF_3, CO_3^{2-}, ClO_3^-, NO_3^-
		2	2 L-1 NL	AX_2	شکل V		$SnCl_2$, $PbCl_2$, SO_2 NO_2
4 (+ 1 électron برای ClO_2)	چهاروجهی منظم sp^3	4	4 L	AX_4	چهاروجهی		P_4, CH_4, NH_4^+, $Ni(CO)_4$
		3	3 L-1 NL	AX_3	هرمی مثلثی		NH_3, H_3O^+, PH_3
		2	2 L-2 NL	AX_2	شکل V		H_2O, H_2S, ClO_2, SCl_2
5	دوهرمی مثلثی منظم sp^3d ou dsp^3	5	5 L	AX_5	دوهرمی مثلثی		PCl_5, $SbCl_5$, $Fe(CO)_5$
		4	4 L-1 NL	AX_4	چهاروجهی نامنظم		SF_4, $TeCl_4$
		3	3 L-2 NL	AX_3	شکل T		ClF_3, BrF_3
		2	2 L-3 NL	AX_2	خطی		ICl_2^-, I_3^-
6	هشت وجهی منظم sp^3d^2 ou d^2sp^3	6	6 L	AX_6	هشت وجهی		SF_6, $PtCl_6^{2-}$, FeF_6^{3-} SiF_6^{4-}, AlF_6^{3-} $Fe(CN)_6^{4-}$, $Cr(CO)_6$
		5	5 L-1 NL	AX_5	هرمی به قاعده مربع		ClF_5, BrF_5, IF_5
		4	4 L-2 NL	AX_4	مربع در سطح		ICl_4^-, BrF_4^-

فعالیت

بادرنظرداشت ساختمان مالیکولی مرکبات وترسیم آن‌ها ، هایبریدیزیشن آکسیجن را درمالیکول آب وهایبریدیزیشن اتوم‌های کاربن شماره 1–4 را درمالیکول $\overset{4}{C}H_3-\overset{3}{C}H=\overset{2}{C}=\overset{1}{C}H_2$ مشخص سازید .

خلاصهٔ فصل سوم

*قــوهٔ جاذبه بین اتوم هارا دریک مالیکول به نام رابطهٔ کیمیاوی (Chemical bond) یاد می‌نمایند.

*ولانس نوعی از خاصیت اتوم‌های عناصر بوده که تعداد معین اتوم‌های دیگررا نصب ویا تعویض می‌نمایند، یابه عبــارهٔ دیگر: قوهٔ اتحاد اتوم‌های عناصر کیمیاوی را درتعاملات به نام ولانس اتوم همان عنصر یاد می‌نمایند.

*انرژی یک رابطهٔ کیمیاوی عبارت ازهمان مقدار انرژی است که دراثنای تشکیل مالیکول ازدو اتوم آزاد می گردد.

*قابلیت کشش ابر الکترونی جوره‌های الکترونی را توسط اتوم به نام الکترونیگاتیوتیی یاد می‌نمایند که به EN افاده می گردد.

*انــواع روابط مالیکول‌ها، صفات مالیکول هارا مشـــخص می‌ســازد . نقطهٔ غلیان ونقطهٔ ذوبان طور مستقیم به روابط اتوم‌ها در مالیکول‌ها مربوط است .

*درقطع هومولتیکی هر اتوم الکترون خودرا که درتشــکیل رابطه سهیم بوده ، دوباره اخذ نمــوده وهرذره دارای الکترون طاقه بــوده که این ذرات را به نام رادیکال (Radical) یاد می‌نمایند .

قطع رابطه‌ای که درآن جوره الکترون‌های رابطه به یک اتوم الکترونیگاتیف تعلق می گیرد وآیون‌های دارای چارج مختلف تولید می گردد ، به نام قطع هترولیتکی یاد می‌شود .

* اگرپوشــش ابرهای الکترونی به امتداد خطی که هسته‌های دو اتوم را وصل می‌سازد ، صورت بگیرد ؛ یعنی تداخل اوربیتال‌ها مســتقیم واعظمی باشــد ، رابطه مستحکم بوده وبه نام رابطهٔ سگما (σ) یاد می‌شود،

اگرتداخل اوربیتال‌های اتومی جانبی باشــد ؛ یعنی پوشــش ابرالکترونــی اوربیتال‌های P جانبی بوده باشــد وبالای محور X عمود قرارگیرد ، این رابطهٔ تشــکیل شــده به نام رابطه π یاد می‌شود

* هایبریدیزیشن (Hybridization): عبارت ازاختلاط دوویا چندین اوربیتال اتومی مختلف بوده که دو ویا چندین اوربیتال هایبریدی جدید را به میان می‌آورد .

*رابطه آیونی: رابطهٔ آیونی نوعی ازرابطهٔ کیمیاوی است که درنتیجهٔ قوه جذب الکتروستاتیکی، بین ذرات چارج دار مخالف العلا مه برقرارمی گردد . رابطه بین دو اتوم زمانی برقی یا الکتروولنت است که تفاوت الکترونیگاتیویتی بین این دو اتوم(1.7) وبالاتر از آن باشد. مرکبات آیونی ویامرکبات الکتروولنت متشکل ازآیون‌ها می‌باشد .

*اگر تفاوت الکترونیگاتیوتی بین دو اتوم صفر ویا کمتراز 0,5 باشد ، رابطه بین این دو اتوم غیر قطبی (Non polar bond) بوده وبالاتراز 0.5 الی یک رابطه قطبی است . درصورتی که تفاوت الکترونیگاتیویتی بین دو اتوم عناصر 1 الی 1.7 باشد، رابطه بین آن‌ها تقریباً 50 % قطبی و 50 % آیونی بوده واگر بالاتر از 1.7 باشد رابطه آیونی است.

تمرین فصل سوم

سؤال‌های چهار جوابه:

1 – روابط کیمیاوی بر اساس کدام فکتورهای اتوم‌ها بر قرار می گردد؟

الف – قوهٔ واندر – والس ب – قوهٔ ولانسی ج – به واسطهٔ الکترون‌های داخلی د – هیچکدام

2 – قوه جذب بین اتوم ها را در یک مالیکول به نام -------- یاد می‌نمایند.

الف – ولانس ب – رابطه ج – الکترونیگاتیویتی د – سمبول

3 – در موقع تشکیل رابطه انرژی ------- می گردد .

الف – جذب ب – آزاد ج – تشکیل د – رابطه به انرژی احتیاج ندارد.

4 – از اختلاط یک اوربیتال s و دواوربتال p کدام هایبرید ذیل تشکیل می گردد؟

الف – $sp3$ ب – sp ج – sp^2 د – sdp^2

5 – از قطع رابطه به شکل هومولیتکی کدام یکی از ذرات ذیل تشکیل می گردد؟

الف – کتیون ب – انیون ج – رادیکال د – الف وب هردو

6 – اگر تفاوت الکترونیگاتیویتی بین دواتوم 1.4 باشد، رابطه ------ است.

الف - 50% قطبی و50% ایونی ب- ایونی ج – اشتراکی قطبی د – غیر قطبی

7 - اگر جوره‌های الکترون‌های مشترک تنها ازطرف یکی از اتوم‌ها که دررابطه سهم می‌گیرند، تهیه شده باشد ،این رابطه به نام ------ یاد می‌شود

الف – رابطه کواردینیشن ب – اشتراکی یک طرفه ج – کواردینت کولنت، د- تماماً صحت است.

8 – اگر تداخل اوربیتال‌های اتومی جانبی باشد ، یعنی پوشش ابرالکترونی اوربیتال‌های P جانبی بوده باشد وبالای محور X عمود قرارگیرد ، این رابطهٔ تشکیل شده به نام رابطهٔ---- یاد می‌شود .

الف – سگما ب - پای ج – یگانه د – دوگانه ویا چهارگانه

9 - اگر تفاوت الکترونیگاتیویتی بین دو اتوم صفر ویا کمتراز ۰,۵ باشد ، رابطه بین این دو اتوم ----- است .

الف – غیر قطبی ب – Non polar bond ج - ایونی د – الف و ب

10 - زاویه روابط کیمیاوی عبارت از زاویه داخلی حاصل ازتقاطع دوخط است که ازهسته اتوم مرکزی به هسته‌های دو اتوم مرتبط شده ، به ----- ترسیم می گردد

الف – دو اتوم ب - مرکزی ج – بین اتوم‌ها د – بین دو آیون

11 – کدام یک از علما ی ذیل مستقل ازهم د یگر تیوری روابط کیمیاوی را ارائه کرد؟

الف – (کوسیل Kocell) و(لیویس Liwes) ب - سودی وفاینس ج – نیوتن وفارادی د – هایزنبرگ و ایوانکه

سؤال‌های تشریحی:

1 - تشکیل روابط یک پروسهٔ گرما زا است ویا جذب کنندهٔ گرما می‌باشد ؟ در مورد معلومات ارائه نمایید.

2 – دریک رابطه اشتراکی کدام عوامل باعث نزدیکی دو هسته می‌شود ؟

3 – چرا دوعنصر غیر فلز رابطه آیونی را بر قرار کرده نمی‌توانند؟ در باره معلومات ارائه بدارید.

4 – بادر نظر داشت قاعدهٔ اوکتیت، فورمول مرکباتی را که از عناصر ذیل تشکیل

گردیده اند ، تحریر دارید.

الف – هایدروجن وسلفر ، ب – هایدروجن وفاسفورس ، ج – سلفر وفلورین .

5 – چرا عناصر پریود دوم نمی‌توانند بیشتر از چهار رابطه را بر قرار نمایند؟

6 – فرق بین رابطه سگما وپای را توضیح دهید.

7 – کدام یک از مرکبات ذیل انحلالیت بیشتر را در آب دارا است؟

الف – MgF_2 ویا BaF_2 ب – $MgCl_2$ ویا MgF_2

8 – رابطهٔ کدام یک از مرکبات ذیل بیشتر قطبی است ؟ با دلایل علمی معلومات ارائه نمایید.

الف – $Hg-I$ ، ب – $P-Cl$ ، ج – $Si-F$ ، د – $Mg-N$

10 – تعامل ذیل را ملاحظه نمایید:

$$2HF + SbF_5 \longrightarrow [H_2F]^+ + [SbF_6]^-$$

الف – هایبرید را در مواد تعامل کننده ومحصول تعامل در یافت نمایید.

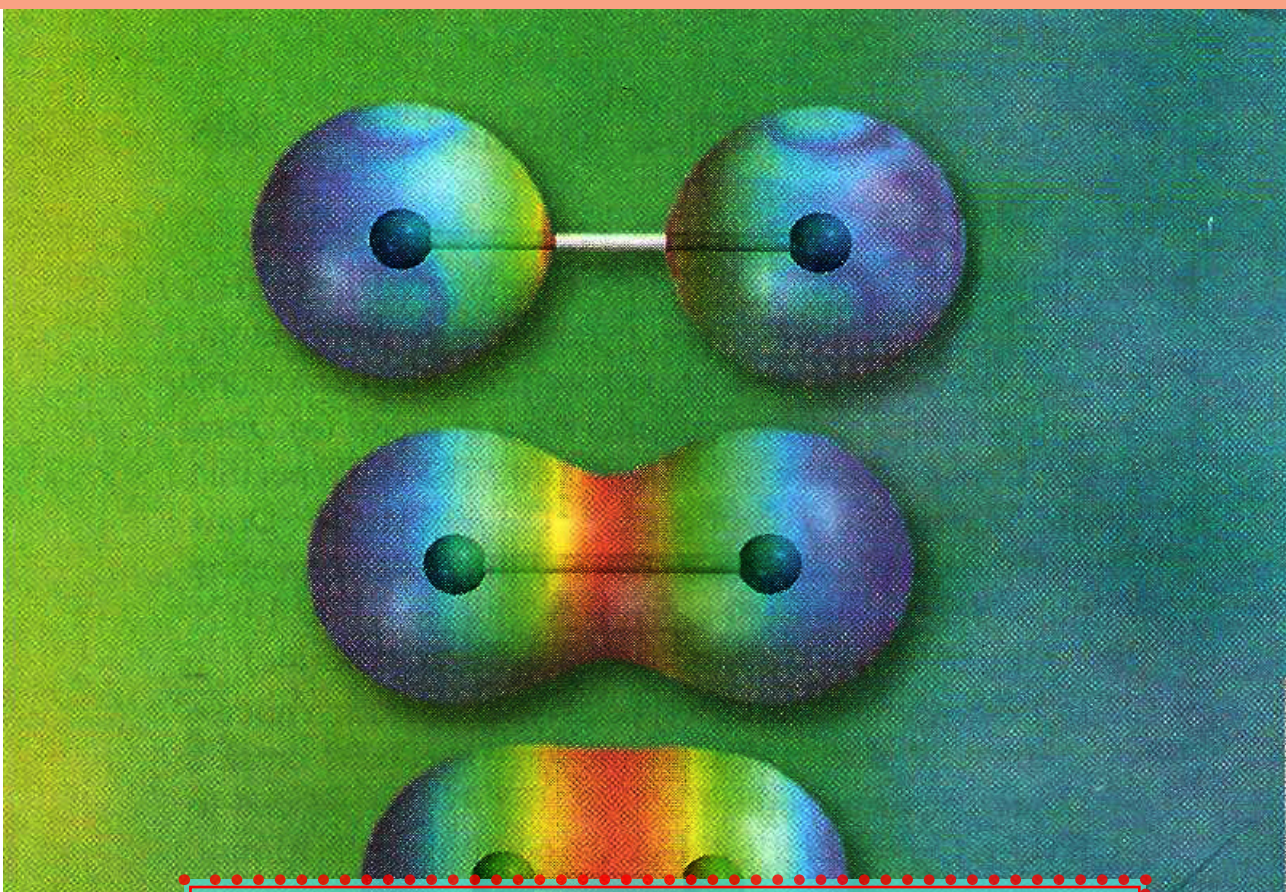
ب – هایبرید فلورین را در $[H_2F]^+$ توضیح نمایید.

11– رابطه کواردینیشن را توضیح نماید .

12 – هایبرید SP^2 را با یک مثال توضیح نماید.

13 – المونیم کلوراید در حالت گازی به کدام شکل موجود بوده، علت آن چیست؟

فصل چهارم



ساختمان مالیکول‌ها و قطبیت آن ها

آیا می‌دانید که مالیکول‌ها چطور تشکیل گردیده اند؟ از اتحاد اتوم‌های عناصر به اساس قوهٔ ولانسی شان کدام ذرات تشکیل می گردد ؟ چرا اتوم‌ها می‌توانند مالیکول‌ها را تشکیل دهند ؟ الکترون‌های ولانسی چیست؟ آیا اتوم‌ها ومالیکول‌های تشکیل شدهٔ آن‌ها از لحاظ انرژی از هم فرق دارند یا خیر؟ ساختمان واشکال هندسی مالیکول‌ها را چطور می‌توانیم توضیح کنیم؟ چه وقت مالیکول‌ها قطبی بوده و مالیکول‌های کدام مواد قطبی شده می‌توانند؟ با مطالعهٔ مطالب این فصل خواهیم توانست تابه سؤال‌های فوق جواب ارائه کرد و راجع به تشکیل مالیکول‌ها ، ساختمان وشکل هندسی آن‌ها معلومات کافی به دست آورد، چگونه‌گی عوامل تشکیل دهندهٔ مالیکول‌ها را از اتوم‌های تشکیل دهندهٔ شان دانست.

۴ - ۱ : قشر ولانسی اتوم مرکزی مالیکول‌ها

چه فکر می کنید؟ اتوم مرکزی در مالیکول‌ها چه نوع اتوم‌ها اند؟

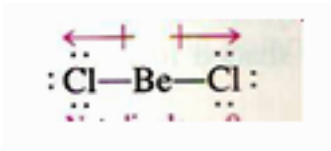
اتوم‌های مرکزی در مالیکول‌ها عبارت از همان اتوم‌هایی اند که بلند ترین نمبر اکسیدیشن مثبت و ولانس را در مالیکول‌های مرکبات دارا باشند . این اتوم‌ها می توانند رابطهٔ آیونی، اشتراکی ویا اشتراکی یک طرفه را بااتوم‌های عناصر دیگر برقرارنمایند؛ تشکیل همچو روابط مربوط به ساختمان قشر ولانسی؛ یعنی قشر خارجی اتوم‌های این نوع عناصر بوده که الکترون‌های ولانسی در آن‌ها قرار دارند . رابطه بین اتوم‌ها در مالیکول‌ها می تواند آیونی و یا اشتراکی باشد. در تشکیل رابطهٔ آیونی، بین آیون‌های چارج دار مخالف العلامه قوهٔ جذب الکتروستاتیکی موجود بوده و ساحهٔ برقی را که آیون‌ها تشکیل می‌دهند، دارای تناظر کروی می‌باشد؛ از این سبب رابطهٔ آیونی بدون جهت است.

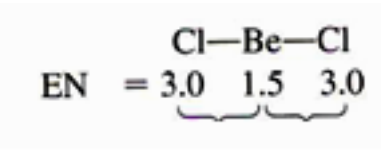
زمانی که اتوم‌ها با هم نزدیک می گردند ، اتوم اوربیتال‌های آن‌ها با هم تداخل نموده و مالیکول اوربیتال‌ها را تشکیل می‌دهند . اگر جوره الکترون رابطه وی مالیکول اوربیتالی را باداشتن انرژی پایین اشغال نمایند ، دراین صورت رابطهٔ کوولنت را تشکیل می‌دهند. به اساس قاعدهٔ هوند سپین‌های این دو الکترون حتماً مخالف الجهت می‌باشند. به هر اندازه که تداخل اوربیتال‌های اتومی مستقیم وعمیق باشد ، به همان اندازه کرکتر ومشخصات مالیکول اوربیتال‌های آن‌ها عالی بوده و رابطه بین دو اتوم زمانی مستحکم می‌باشد که تداخل اوربیتال‌های اتومی مستقیم و پوشش اتوم اوربیتال‌ها بین هم اعظمی باشد، دراین صورت سمت یابی فضایی رابطهٔ کوولنت عالی می‌باشد. شکل مالیکول‌های دارندهٔ رابطهٔ کوولنت توسط زاویه بین روابط اتوم‌های تشکیل دهندهٔ آن‌ها مشخص می گردد . مالیکول‌های BCl_3 و NH_3 دارای اشکال مختلف مالیکولی است.

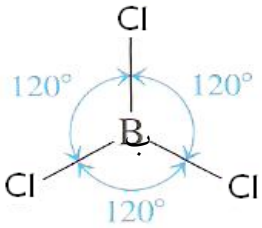
کدام علتی موجود است که مالیکول بیریلیم کلورايد ($BeCl_2$) خطی بوده ودای پول مومنت آن مساوی به صفر است؟ در حالی که مالیکول $SnCl_2$ ساختمان مالیکولی زاویوی مسطح را دارا است و دای پول مومنت آن خلاف صفر می‌باشد. چی علتی موجود خواهد بود؟ که در BCl_3 شکل (۴-۱) هر چهار اتوم در یک سطح قرار داشته باشد به همین ترتیب اتوم نایتروجن در امونیا در رأس هرم و سه اتوم‌های هایدروجن در کنج‌های هرم قرار دارند . اشکال ساختمانی ذیل را ملاحظه نمایید :

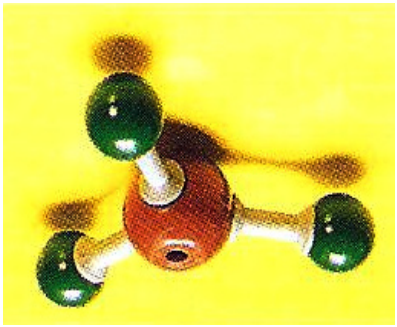
الف

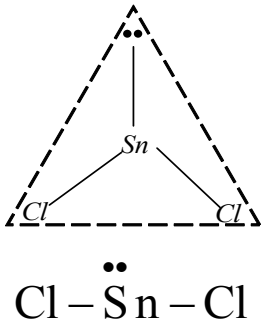




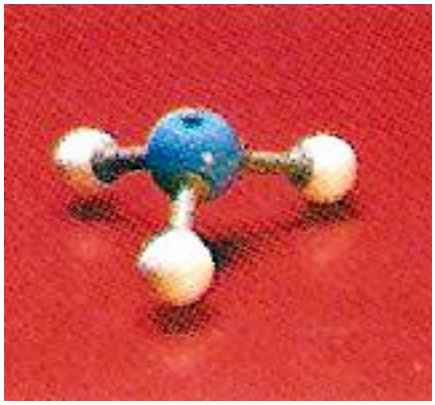


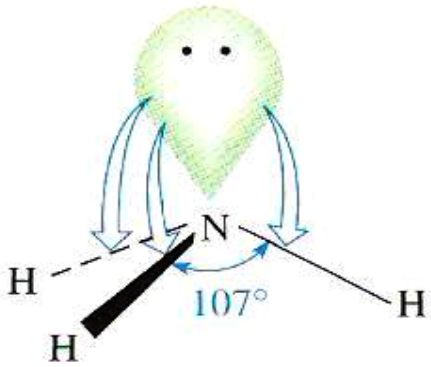






$$Cl - \ddot{S}n - Cl$$





شکل (4 - 1) شکل مالیکولی مرکب بیریلیم کلوراید، بورون کلوراید و امونیا

فعالیت

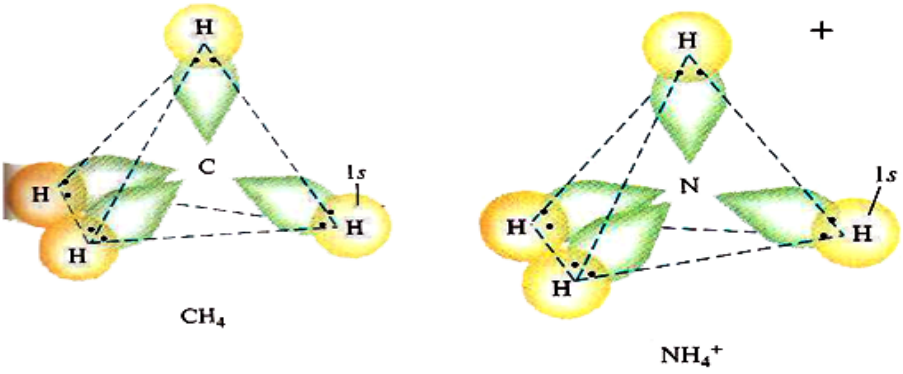
شکل فضایی مالیکول SO_3 تحریر وبه سؤال‌های ذیل جواب ارائه نمایید.

1 - چند جوره‌های الکترونی اتوم سلفر را احاطه می‌نماید؟

2 - تنظیم فضایی روابط را ترسیم نمایید.

تیوری ساختمان هند سی مالیکول‌ها ی ساد ه وکمتر دقیق در سال 1940 توسط دانشمندان به نام سژویک و پاولی پیشنهاد گردید، این تیوری مانند تیوری دفع جوره های الکترونی ولانسی آشکار گردیده است . علمای طرح کنند ۀ این تیوری ساختمان هندسی مالیکول‌های ساده وآیون‌های ساده را ازقبیل: $BeCl_2$ ، BCl_3 ، NH_3 ، NH_4^+ و CH_4 تحلیل نموده اند . علمای مذکور دریافت نمودندکه موجودیت جوره الکترون‌های آزاد اطراف اتوم‌های مرکزی در مالیکول‌ها ی مرکبات با عث دفع جوره‌های الکترونی راطه‌یی متقابل مالیکول‌ها گردیده وبین آن‌ها قوۀ دفع الکتروستاتیکی موجود است، این قوه اوربیتال‌های مالیکولی را تاحد معین از هم دور ساخته و هر یک از جوره‌های آزاد الکترونی اتوم مرکزی اوربیتال خود را در مالیکول اشغال می‌نماید واین الکترون‌ها نیز جوره‌های الکترونی دیگر را از خود دفع می‌نمایند وبه صورت عموم بالای ساختمان مالیکول‌ها تأثیرات خود را تبارز می‌دهند .

اشکال فضایی مالیکول CH_4 وآیون NH_4^+ قرار ذیل است:



شکل (4 - 2) : رسم ساختمان فضایی آیون امونیم و مالیکول میتان .

فعالیت

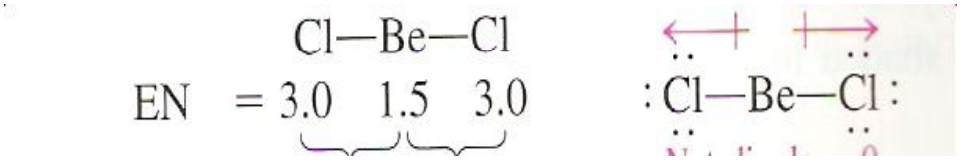
1 – چند الکترون را اتوم زینون برای تشکیل روابط در مالیکول XeF_4 به کار می‌برد ؟ وچند جوره الکترون بالای اتوم زینون درمالیکول مذکور موجود خواهد بود ؟ کدام شکل هندسی را مالیکول دارا خواهد بود ؟

2– طرز روابط را در مالیکول XeF_2 ، XeF_3 و XeF_6 توسط شکل توضیح وتحریر دارید.

۴ –۲ : مالیکول‌های خطی (دو جوره الکترونی)

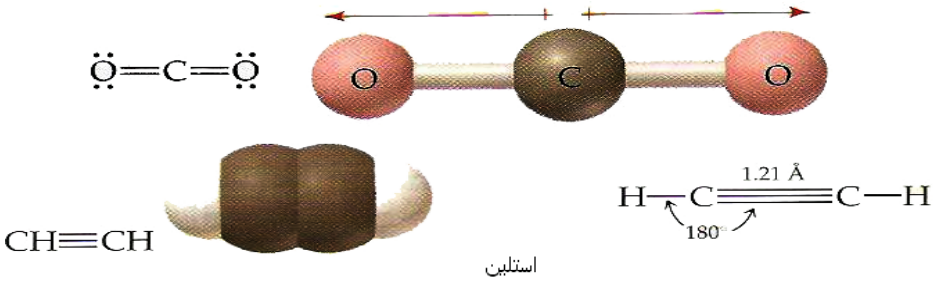
کـدام نوع مالیکول هارا به نام مالیکول هاخطی یـاد می‌نمایند؟ مالیکول‌های خطی چه مفهوم را ارائه میدارد ؟

مالیکول گازی بیریلیم کلورايد ($BeCl_2$) خطی است . بیریلیم در گروپ (II) اصلی قرار داشته ودر قشر ولانسی آن دو الکترون موجود است که می‌تواند دو رابطهٔ کوولانت را تشکیل دهد. تنظیم خطی اتوم‌ها در مالیکول‌ها تجرید اعظمی دو جورهٔ الکترونی را از یک دیگر تأمین می‌نمایید.



شکل (4 – 3) ساختمان خطی مالیکول بیریلیم کلورايد

مثال دیگر مالیکول‌های خطی عبارت از مالیکول اسـیتلین، کاربن دای اکسـاید و غیره بوده که اشکال آن‌ها قرار ذیل است:



شکل (4 – 4) ساختمان خطی مالیکول‌ها

فعالیت :

1 - سه پوقانه را پر از هوا نموده ،آن‌هارا به شکل خطی باهم قرار دهید ، به قسمت بالای انجام وانتهای پوقانه‌های کروی فشار وارد نمایید ، تنظیم کره‌ها را مشاهده نموده، چشم دید تان را در کتابچه‌های تان تحریر کنید.

2 – اگر پوقانهٔ چهارمی به آن‌ها علاوه گردد ، دراین صورت تنظیم آن‌ها چگونه خواهد بود؟

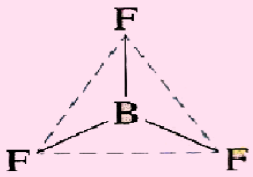
۴ –۳ : مالیکول‌های مسطح (سه جوره الکترونی)

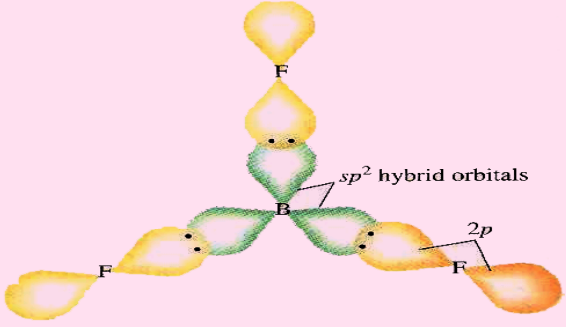
چه فکر می کنید؟ آیا مالیکول‌های دارای شکل مسطح مرکبا ت موجود خواهد بود؟

درین نوع مالیکول‌ها سه جوره الکترون‌ها در یک سطح واقع بوده و به رأس‌های مثلث سمت دهی گردیده اند.

توجه نمایید .

اگر به اطراف اتوم مرکزی مالیکول مرکبات سه جوره الکترون قرار داشته باشد ، درین صورت روابط در یک سطح قرار داشته وزاویه بین آن‌ها 120 درجه بوده و سه اتوم در رأ س مثلث به اطراف اتوم مرکزی قرار دارند ، چنین نوع ساختمان مالیکولی را به نام مستوی مثلثی یاد می‌نمایند؛ مثال این نوع مالیکول هارا می‌توان ساختمان مالیکول BF_3 ارائه کرد. اشکال ذیل را ملاحظه نمایید:



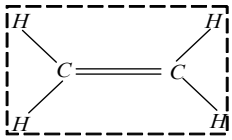


شکل (4 – 5) ساختمان مثلثی مالیکول بورون فلوراید.

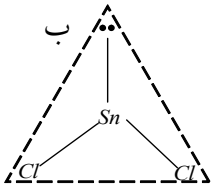
بورون عنصری است که در گروپ III اصلی جدول پریودیک موقعیت دارد ، این عنصر دارای سه الکترون ولانسی بوده و سه رابطه اشتراکی را با اتوم‌های عناصر دیگر برقرار می‌نمایید .

دای پول مومنت مرکب $SnCl_2$ خلاف صفر اســت که دلالت بر غیر خطی بودن مالیکول‌های آن می‌نماید ، علت آن این اســت که قلعی (عنصر قلعی در گروپ IV سیستم پریودیک قرار دارد) غــرض تشــکیل روابط تنهــا دو الکترون را از جملهٔ چهار الکترون بــه کار میبرد ، جوره الکترون‌هــای آزاد و جوره الکترون‌های رابطه وی ازهم دورشــده و مالیکول دارای ســاختمان مسطح سه کنجی (مثلثی) را تشکیل می‌دهد . به اساس این تنظیم الکترونی، زاویه بین جوره‌های الکترونی رابطوی خورد و زاویه بین الکترون های آزاد و جوره رابطوی اعظمی بوده و قوهٔ دفع بین آن‌ها اصغری می‌باشد. اشکال ذیل را ملاحظه نمایید.

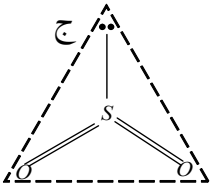
الف



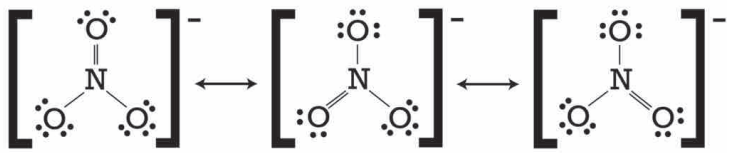
ب



ج



د



شکل (4 - 6) ساختمان مالیکول $CH_2 = CH_2$ ، $SnCl_2$ ، SO_2 و آیون NO^-_3

فعالیت

ســاختمان هندســی مالیکول BrF_3 را ترسیم نموده وبه اســاس آن به سؤالات ذیل جواب بگویید.

1 – اتوم برومین چند الکترون را در تشــکیل روابط در مالیکول مرکب مذکور به مصرف رسانیده است ؟

2 – چند جوره از الکترون‌های آزاد در اتوم برومین موجود است ؟

3 – مجموع جوره‌های الکترونی اتوم برومین چقدر خواهد بود ؟

4 – تنظیم روابط را در مالیکول مذکور ترسیم نموده و نام این ساختمان را بگوید .

۴ – ۴ : مالیکول‌های چهار سطحی (چهار جوره الکترون)

در بارهٔ مالیکول‌های خطی ومسطح معلومات حاصل نمودید ، چه فکر می کنید که آیا مالیکول‌های چهار سطحی نیز موجود خواهد بود؟ در این نوع مالیکول‌ها اتوم مرکزی کدام نوع ساختمان الکترون را دارا خواهد بود ؟

درمالیکول‌های چهار وجهی، چهار جورهٔ الکترونی به رأس‌های چهار سطحی سمت دهی گردیده است.

مالیکول های CH_4 ، NH_3 ، H_2O وآیون NH_4^+ دارای چهار جورهٔ الکترونی به دور اتوم مرکزی خود می‌باشند این جوره‌های الکترونی به شکل مستقل از هم دیگر یا به شکل جوره‌های آزاد ویا به شکل جوره‌های الکترونی در تشکیل روابط موجود اند . بین این جوره‌ها قوهٔ دفع موجود است ؛ برای این که این قوهٔ دفع اصغری بوده باشد ، اوربیتال‌های مالیکولی آن‌ها طوری تنظیم می گردند که زاویه بین آن‌ها بزرگ بوده واتوم‌ها ی مرتبط شده با اتوم مرکزی از هم دور قرار می گیرند . جوره‌های الکترونی تشکیل دهندهٔ روابط و جوره‌های آزاد الکترونی در رأس‌های چهار سطحی توجه گردیده است ، شکل 4 – 6 را ملاحظه نمایید .

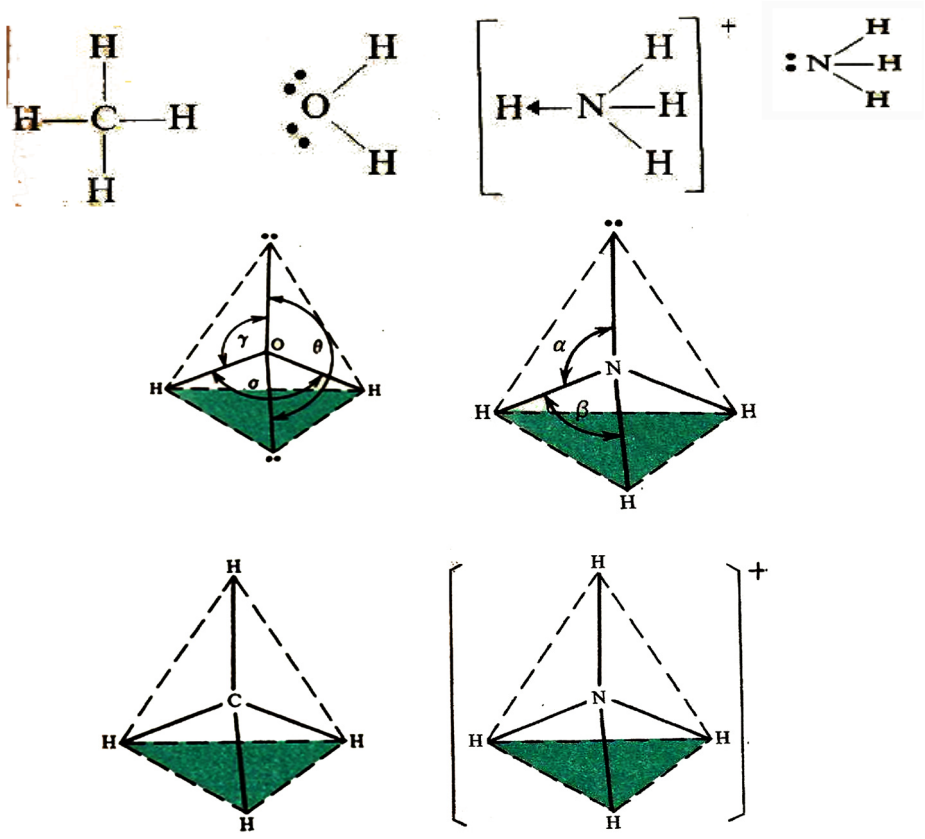
در تمام مالیکول‌ها ، اتوم‌ها در رأس چهار سطحی قرار نمی گیرد . در CH_4 و آیون NH_4^+ اتوم‌ها مالیکول چهار سطحی را تشکیل داده ، اما مالیکول NH_3 شکل ترای گونال پیرامید را دارا است . مالیکول آب ساختمان زاویوی را دارا می‌باشد . در مالیکول CH_4 وآیون NH_4^+ تمامی روابط بین اتوم‌ها یک سان است .

علاوه از روابط کوولانسی ، روابط دیگری نیز بین اتوم‌ها در مالیکول‌ها موجود است که به نام روابط کواردینیشن یاد می گردد ، این روابط با روابط کولانسی فرقی نداشته وعین ارزش را دارا است . درمالیکول‌های که روابط کواردینیشن بین اتوم‌های آن موجود است ، همچو مالیکول‌ها ساختمان چهار سطحی را دارا بوده و زاویهٔ روابط اتوم‌ها در همچو مالیکول‌ها 109.5 درجه زاویهٔ تترا هایدرال ولانسی است . در امونیا زاویه بین روابط مساوی به 107 درجه ودر آب 104.5 درجه است . برای این نوع انحرافات خارج از انتظار نظریهٔ زوایای ولانسی ، علما هریک ژیلیسپی (Jillespi) و نایهولم (niholm) تیوری دفع جوره‌های الکترونی ولانس را پیشنهاد کرد . چون جوره‌های آزاد الکترونی اتوم‌ها نسبت به جوره الکترون‌های تشکیل دهندهٔ رابطه به هسته نزدیک است ، ازاین سبب این جوره‌های الکترونی به شکل قوی از جوره‌های دیگر دفع می گردند .

دفع بین جوره‌های الکترونی قرار سلسلهٔ ذیل تغییر می‌نماید :

جورهٔ رابطه وی / جورهٔ رابطه وی < جورهٔ رابطه وی / جورهٔ آزاد < جورهٔ آزاد/جورهٔآزاد

قوهٔ دفع بین جوره‌های آزاد الکترونی وجوره‌های الکترونی روابط در امونیا NH_3 سبب می‌شود تا زاویهٔ αنسبت به زاویهٔ چهار سطحی (109.5درجه) بزرگ بوده و زاویهٔ β کوچک‌تر از زاویهٔ چهار سطحی باشد. اشکال ذیل را ملاحظه نمایید.

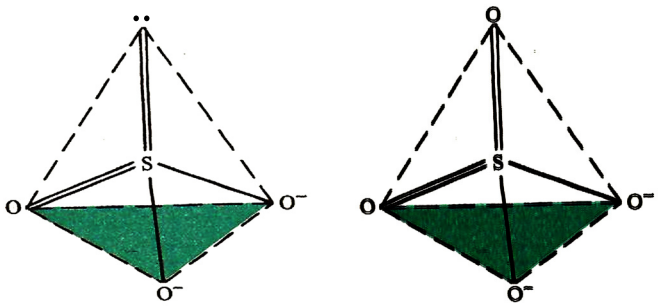


شکل (4 - 7) روابط کیمیاوی در مالیکول CH_4 ، NH_3 ، H_2O وآیون NH_4^+

ترتیب جوره‌های الکترونی ولانسی در چهار سطحی

مطابق به توضیحات فوق ، در مالیکول آب زاویه های γو ϕنسبت به 109.5 درجه بزرگتر بوده و زاویهٔ αبین روابط $H-O-H$ مساوی به 104.5^0است .

ساختمان آیون های SO_4^{2-}، SO_3^{2-} نیز تتراهایدرال (Tetrahydral) بوده که در شکل ذیل ملاحظه می گردد:



شکل (4 - 8) ساختمان آیون‌های های. SO_4^{2-} و SO_3^{2-}.

فعالیت

تنظیم روابط را با ترسیم اشکال در مرکبات ذیل با توضیحات لازمه عملی نمایید :

الف - XeF_2 ب XeF_6^- ج XeO_3 -

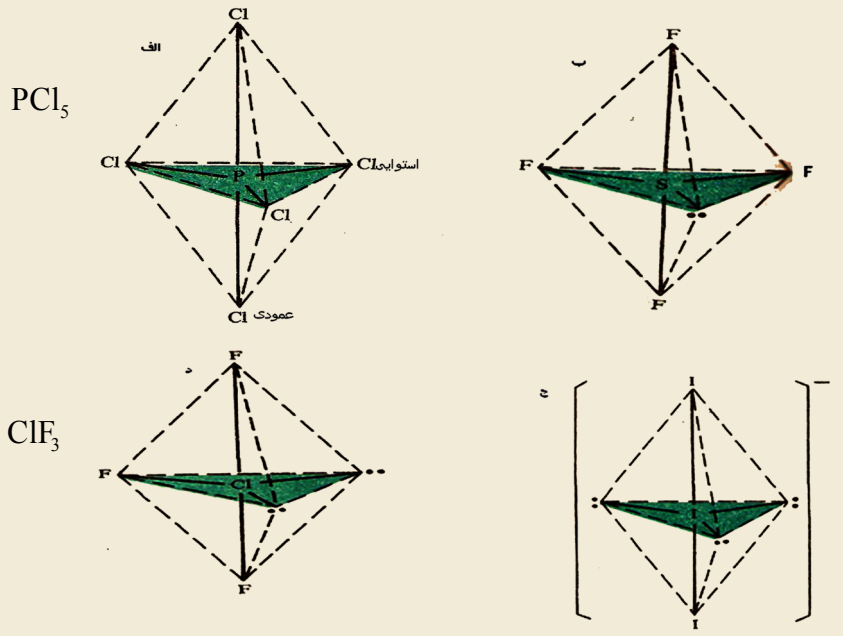
معلومات اضافی

ساختمان مالیکول‌های دارندهٔ چندین(5 ، 6 و 7) جوره‌های الکترونی ولانسی نیز موجود بوده ، این نوع ساختمان را مالیکول‌های دارا اند که اتوم مرکزی آن‌ها عناصر پریود کوتای دوم وسوم اند ، دراین مورد راجع به پوره نمودن اوکتیت سخن زده می‌شود .

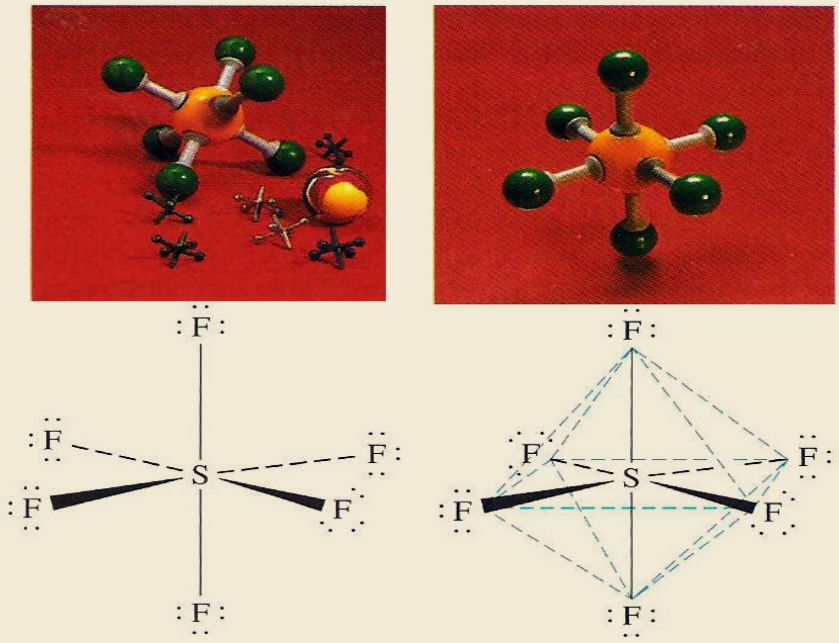
مالیکول مرکب PCl_5 با داشتن پنج جورهٔ الکترونی رابطه وی دارای ساختمان ترای گونال پیرامید می‌باشد . زاویه بین روابط 90^0 و 120^0 بوده ودو اتوم کلورین در مالیکول در میانهٔ پیرامید اخذ موقعیت نموده وسه اتوم دیگر آن موقعیت استوایی بی پیرامید را اشغال نموده است .

به همین ترتیب جوره الکترونی در SF_4 نیز تنظیم گردید است . شکل (4-9) را ملاحظه نمایید.

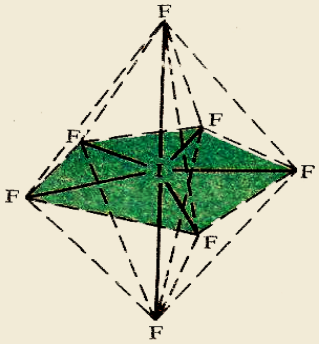
سلفر عنصری است که در گروپ VI اصلی قرار دارد ، از جملهٔ شش الکترون ولانسی چهار الکترون را برای تشکیل روابط به کار برده واز آن یک جورهٔ الکترونی آزاد باقی می‌ماند، این جوره الکترونی آزاد ممکن در موقعیت میانهٔ عمودی قرار داشته و یا این که موقعیت استوایی را اشغال می‌نمایید ، استقرار آن‌ها در موقعیت استوایی با تیوری ژیلیسپی (Jillespi) و نایهولم (niholm) مطابقت دارد، که اوربیتال جوره الکترون‌های آزاد نسبت به اوربیتال‌های رابطه‌وی نزدیک تر به هسته متمرکز گردیده اند . جوره الکترونی در این تنظیم زاویه 120^0 با دو اوربیتال وتحت زاویهٔ 90^0 بادوی دیگر قرار دارد .



شکل (4– 9) تنظیم Trigonal Bipyramid جوره های الکترونی ولانسی در بعضی مرکبات .



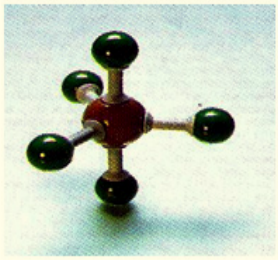
مالیکول های IF_7 دارای هفت اوربیتال به اطراف اتوم مرکزی بوده و تنظیم روابط به شکل پنتاگونال بی پرامید می‌باشد . شکل ذیل را ملاحظه نمایید:

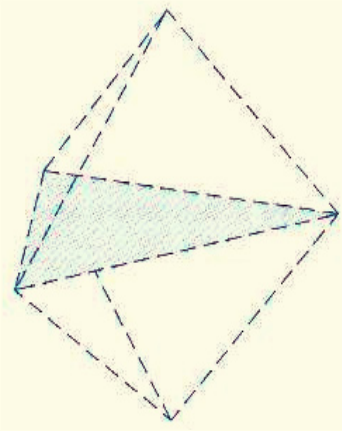


شکل (4 – 11) ساختمان پنج کنجی - منشوری

فعالیت

اشکال ذیل را با دقت ملاحظه نموده به سؤالات تحریر شدهٔ زیر جواب ارائه بدارید:







شکل (4 - 12) فورمول و ساختمان فضایی پنتافلورو فاسفیت

1 – ساختمان مالیکول مرکب مذکور به کدام ساختمان هندسی مطابقت دارد؟

2 – هایبرید فاسفورس در این مرکب کدام است؟

3 – زاویهٔ ولانسی بین روابط فلورین به کدام اندازه خواهد بود ؟ فلورین در تشکیل روابط کدام نوع اوربیتال‌ها را به کار برده است؟

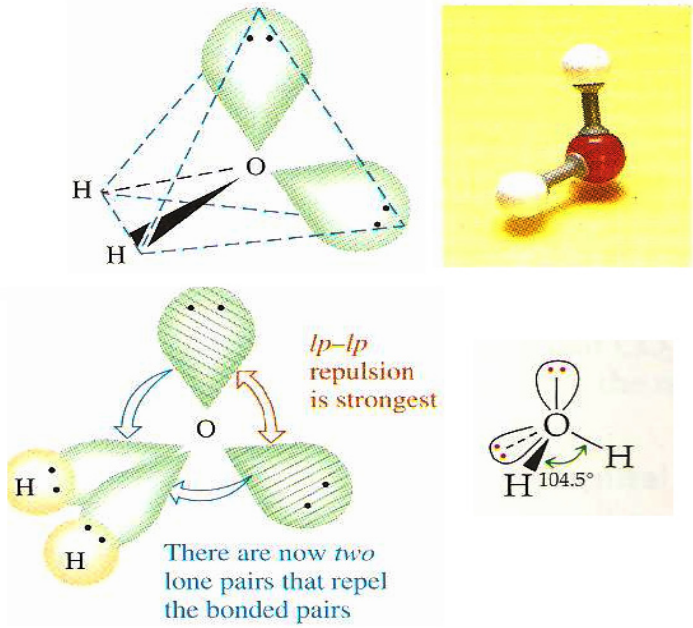
۴ –۵ : ساختمان مالیکول آب

مالیکول آب غیر خطی است.

مالیکول آب دارای دای پول مومنت بوده، اگر مالیکول آب خطی می‌بود ، درین صورت دای پول مومنت روابط O- H متقابلا" بایک دیگر تلافی می‌شد، دای پول مومنت مالیکول آب مساوی به صفر می‌بود و مالیکول آن قطبی نمی‌بود . پدیدهٔ دای پول مومنت توسط اوربیتال اتومی مشخص می گردد که در تشکیل رابطه سهیم می‌باشد.

اگر آکسیجن برای تشکیل روابط دو اوربیتال p را به کار برده باشد، باید زاویهٔ روابط آن با هاید روجن در مالیکول آب 90^0 باشد. مطا لعات و تحقیقات علمی نشان می‌دهد که عملاً زاویهٔ مذکور مساوی به 104.5^0 درجه است. در مالیکول آب اتوم آکسیجن دارای حالت sp^3 هایبرید بوده که در آن دو جوره الکترون رابطه وی ودوجوره الکترون آزاد موجود می‌باشد

. (شکل 4 –13) را ملاحظه نمایید:



شکل(4 – 13) –sp^3 hybridization اوربیتال در مالیکول آب .

تفاوت بین کمیت زاویهٔ ولانسی آب (104.5) و زاویهٔ ترا هایدری (109.5°)طوری توضیح می گردد که قوهٔ دفع بین جوره‌های الکترونی آزاد نسبت به جوره‌های الکترونی رابطه وی اوربیتال‌ها بزرگ بوده ؛ ازاین سبب این زاویه‌ها از هم فرق دارند.

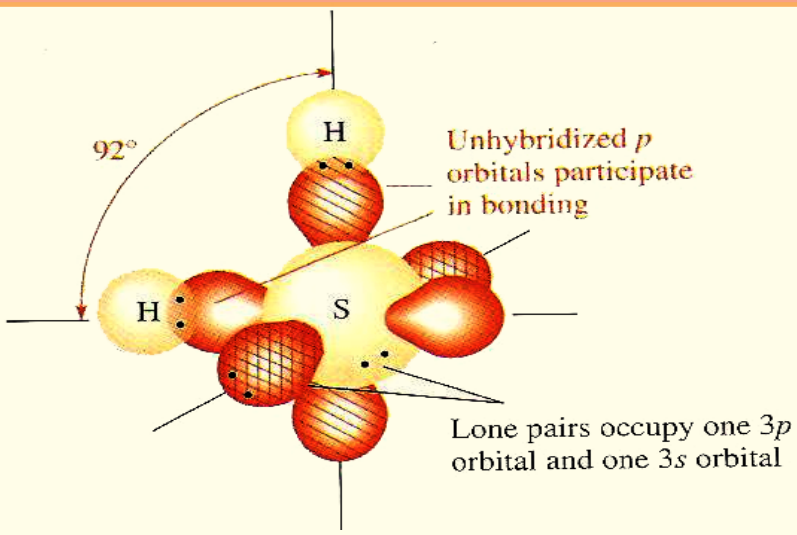
فعالیت اول

تنظیم روابط وساختمان مالیکول‌ها را در مرکبات ذیل توضیح نموده شکل هندسی مالیکول‌ها را تحریر دارید .

الف – F_2O ب – $SeCl_4$ ج – ICl_3 د – $COCl_2$

فعالیت دوم

شکل ذیل را ملاحظه نموده، به سؤالات مربوط آن که در زیر تحریر شده است، جواب ارائه بدارید .



شکل (4 - 14) اشکال اوربیتالی سلفر وهایدروجن در هایدروجن سلفاید

1 - اتوم سلفر در مرکب مذکور کدام هایبرید را دارا خواهد بود؟

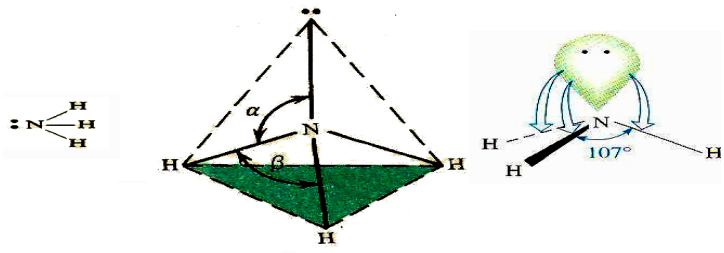
2 - چرا زاویهٔ روابط مرکب مذکور نسبت به زاویهٔ روابط مالیکول آب کوچک‌تر است؟

3 – ساختمان هندسی مرکب مذکور را توضیح نمایید .

۴ –۶: ساختمان مالیکول امونیا

نایتروجن غرض تشکیل روابط سه الکترون طاقهٔ اوربیتال‌های 2p را به کار میبرد که در بالای سطح عمودی قرار دارند .

تحقیقات نشان داده است که زاویه بین روابط در مالیکول امونیا مساوی به 107 درجه بوده و اتوم نایتروجن حالت sp^3 هایبرید را دارا می‌باشـد که از جملهٔ چهار اوربیتال sp^3 یک اوربیتال آن توسط جوره الکترون‌های آزاد اشغال گردیده است ؛ اما سه اوربیتال دیگر آن توسط جوره الکترون‌های رابطه وی پر گردیده است .



شکل (4 - 15) ساختمان مالیکول امونیا .

قیمت زاویهٔ ولانسی بین روابط 107 درجه از حالت ترا هایدر (109.5 درجه) فرق دارد؛ زیرا قوهٔ دفع بین جوره الکترون‌های آزاد و جوره الکترون‌های رابطه وی نسبت به بین جوره‌های دوگانه اوربیتالی که رابطه برقرارنموده اند ، قوی می‌باشد . شکل (4 - 15) را ملاحظه نمایید .

فعالیت

در مرکب $\overline{NF_3}$ کدام نوع روابط را اتوم هایِ فلورین با اتوم مرکزی (نایتروجن) بر قرار کرده است ؟ ساختمان هندسی مالیکول آن به امونیا شباهت دارد ویا خیر ؟ به اساس دلیل منطقی در باره توضیحات ارائه بدارید.

۴ - ۷ : انواع مالیکول‌ها (قطبی ،غیر قطبی وآیونی)

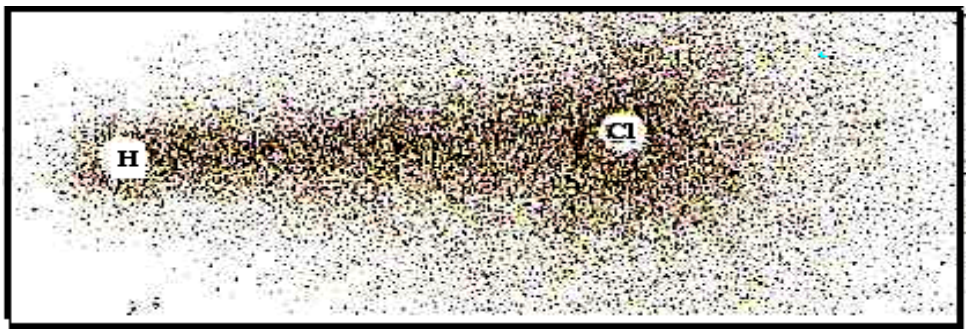
مالیکول‌های قطبی کدام نوع مالیکول‌ها را گویند ؟ کدام عوامل باعث تبارز قطبیت مالیکول‌های مرکبات می‌شوند ؟ اصطلاح قطب (Polar)چه مفهوم را ارایه می‌نماید ؟

قطبیت مالیکول‌های مرکبات به طرز روابط اتوم‌های متشکل وخاصیت الکترونیگاتیویتی همچو اتوم‌ها مربوط است . الکترونیگاتیویتی اتوم‌های عناصر سبب تشکیل روابط قطبی در مالیکول‌هاشده، طوری که یک قسمت مالیکول چارج منفی قسمی وطرف دیگر آن چارج مثبت قسمی را حاصل نموده ومالیکول دوقطبی را تشکیل می‌دهند .

زمانی که دو اتوم عین عنصر یک رابطه کوولانسی را تشکیل می‌دهند؛ به طور مثال: $\mathbf{H_2}$ و $\mathbf{Cl_2}$ هر یکی از اتوم‌ها عین سهم الکترونی را درتشکیل رابطه دارا اند . کثافت ابر الکترونی در دو اتوم این رابطه یک‌سان می‌باشد؛ زیرا الکترون‌ها به طور مساوی توسط هر دو هسته‌های اتوم‌ها جذب می‌گردند ، این نوع رابطه غیر قطبی (Non polar) بوده ومالیکول غیر قطبی است.

موقع که دواتوم عناصرمختلف باهم مرتبط می‌گردند؛ به طور مثال: در مالیکول HCl در این صورت قوه جاذبه هردوهسته‌ها یک‌سان نبوده ویکی ازهسته بنابرداشتن قوهٔ جاذبهٔ مثبت الکترون‌ها را به طرف خود کشیده و کثافت ابر الکترونی بالای آن زیاد شده ، در نتیجه چارج منفی قسمی ($\delta -$)راحاصل نموده و اتوم دیگری که الکترون‌های آن کش گردیده ، باالمقابل چارج مثبت قسمی($\delta +$) راحایزمی‌گردد ؛ به طور مثال: در مالیکول (HCl) هایدروجن چارج قسمی مثبت وکلورین چارج قسمی منفی را دارا است که به شکل $H^{+\delta} - Cl^{-\delta}$ تحریر می‌گردد. رابط که در دو انجام آن چارج‌های قسمی مثبت و منفی وجود دارد ، به نام رابطه قطبی (Polar

bond) یاد می‌شود و مالیکول‌های دارای روابط قطبی به نام مالیکول دوقطبی (Dipole) یاد می گردد . طوریکه قبلاً ارائه شـد، چارج قســـمی ر ا(δ) افاده می‌نمایند وفاصله را به (L) نشان می‌دهند ؛به طور مثال: $\overset{\delta+}{H} - \overset{\delta-}{Cl}$



شکل (4 – 16) کشش ابرالکترونی وقطبیت در مالیکول هایدروجن کلوراید

اتوم هایدروجن چارج قســمی (Particle Charges) مثبت(+0,17) و اتوم کلورین چارج منفی قسمی (-0,17) را دارا است .

به طور عموم دای پول مؤمنت قطبی را به μ افاده می‌نمایند ، پس دای پول مومنت دوقطبی عبارت از حاصل ضرب چارج قسمی و فاصله چارج‌های قسمی از هم دیگر است:

$$\mu = \delta \cdot l \quad \text{یا} \quad \mu = q \cdot l$$

درحقیقــت دای پــول مؤمنــت یک مالیکــول کمیت مقداری عدم تشــابه چارج‌ها درآن مالیکول است . دوچارج مخالف با کمیت چارج $\delta = e = 4.81 \cdot 10^{-10} esu = 1.6 \cdot 10^{-19} C$ که به فاصلهٔ $1A^\circ$ ازیکدیگر قراردارند ، دارای دای پول مؤمنت ذیل است :

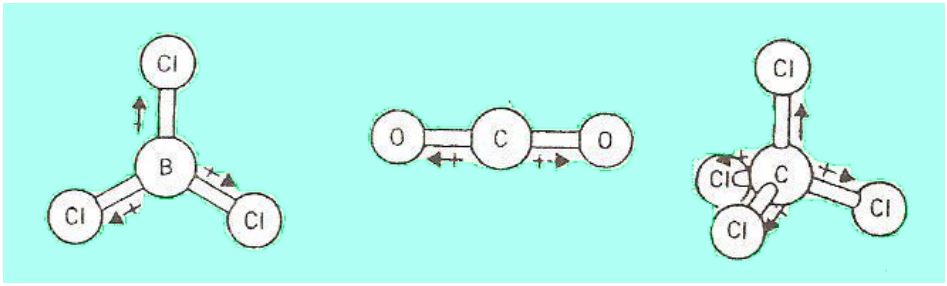
$$\mu = q \cdot l = 4{,}81 \cdot 10^{-10} esu \cdot 10^{-8} cm = 4{,}8 \cdot 10^{-18} esu \cdot cm$$

$$\mu = q \cdot l = 1{,}6 \cdot 10^{-19} C \cdot 10^{-10} m(\mathring{A}) = 1{,}6 \cdot 10^{-29} C\ m$$

$4{,}8 \cdot 10^{-18} esu \cdot cm$ یــک دبای (D) (Debye) تعریف نمــوده اند؛ به طور مثال :طول رابطه درمالیکول HCl مساوی به ($1 \cdot 27 \mathring{A}$) است ، دای پول مؤمنت آن مساوی (2.03D) است.

مالیکول HCl یک رابطه دارد و این رابطه قطبی اســت، پس مالیکول دارای یک رابطه قطبی اســت. مالیکول‌های که مشابه بوده وبیشتر ازیک رابطه خطی را دارا اند، این رابطه‌ها عمل قطبی یک دیگررا خنثی ساخته بد ین ملحوظ با وجودیکه رابطه‌ها قطبی بوده اما؛ مالیکول به صورت کل غیرقطبی است که مثال آنرا می‌توان در CCl_4, BCl_3, CO_2 مالیکول‌های مشابه ارائه کرد.

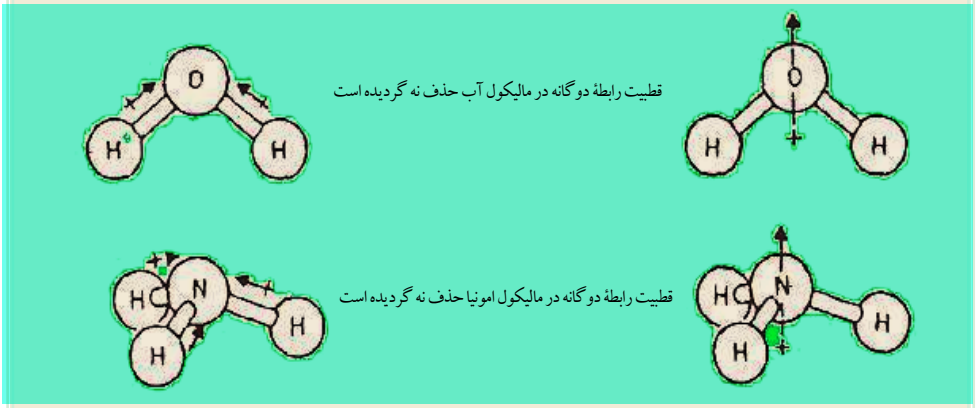
که در شـکل های داده شده مالیکول های نشان داده شـد که چطور دای پول مؤمنت رابطه‌های خطی خنثی شـده ودای پول مؤمنت عمومی مالیکول صفر می‌باشـد ، ایـن دای پول مؤمنت‌ها به (⟶+) افاده شده است که سمت تیر به انجام منفی دای پول توجه می‌باشد:



شکل(4 – 17) دای پول مؤمنت روابط حذ ف شده ومالیکول‌ها به صورت غیر قطبی

معلومات ضروری

شـکل فضایی مالیکول درسـویهٔ قطبی بودن آن بسـیار تأثیردارد ؛به طور مثال : به طورعموم مالیکـول MXn رادرنظربگیریـد که درآن M اتـوم مرکزی وX عبـارت از اتوم ویاگروپ ازاتوم‌های باشـدکه به آن مرتبط اسـت، درصورتی که تمام اتوم‌های X یکسـانی باشند (به طور مثال: در مالیکول CCl_4, BCl_3, CO_2) واتوم مرکزی M دارای جوره الکترون‌ها آزاد نباشـد، مالیکول حاصل غیرقطبی اسـت، درصورتی که اتوم مرکزی دارای جوره الکترون‌های آزاد باشد، معمـولاً دای پول‌هـای رابطوی حذ ف نگردیـده ومالیکول قطبی می‌باشـد ، گرچه مطلب فوق عمومـی نبوده ، این پدیده برای مالیکول‌های آب وامونیا که هردوی آن قطبی اسـت . درشـکل ذیل ارائه گردیده است:



شکل (4– 18): دای پول مؤمنت روابط حذف نه شده ومالیکول‌ها ی قطبی .

به طور مثال : در مالیکول HF کثافت ابر الکترونی در ساحهٔ روابط به اتوم فلورین نزدیک تر از اتوم هایدروجن بوده ، زیرا الکترونیگاتیویتی اتوم فلورین نسبت به اتوم هایدروجن بیشتر است، درین مالیکول مرکز ثقل چارج منفی (که با الکترون رابطه دارد) با مرکز ثقل چارج مثبت (که مربوط به هسته است) مطابقت ندارد .

فعالیت

فورمول‌های $\overset{\delta+}{C}-\overset{\delta-}{Cl}$ و $\overset{\delta+}{C}-\overset{\delta-}{O}$ را با دقت ملاحظه نموده وبه سؤالات ذیل جواب دهید:

1 - در فورمول‌های فوق رابطه بین کاربن وکلورین ورابطه بین کاربن وآکسیجن کدام نوع رابطه است ؟

2 - آیا مالیکول‌ها قطبی است ویاخیر ؟ زاویه روابط بین اتوم‌ها چقدر است ؟ ساختمان فضای آن‌ها را رسم نموده ، باهم‌صنفان خود در مورد مناقشه نمایید .

خلاصهٔ فصل چهارم

*اتوم مرکزی در مالیکول‌ها عبارت از همان اتوم‌های اند که بلند ترین نمبر اکسیدیشن و ولانس را در مالیکول مرکب دارا باشند .

*تشکیل روابط مربوط به ساختمان قشر ولانسی یعنی قشر خارجی اتوم‌های عناصر بوده که الکترون‌های ولانسی در آن‌ها قرار دارند .

زمانی که اتوم‌ها با هم نزدیک می گردد ، اتوم اوربیتال‌های آن‌ها با هم تداخل نموده و مالیکول اوربیتال‌ها را تشکیل می‌دهند. اگر جوره الکترون رابطه وی مالیکول اوربیتال‌ها را باداشتن انرژی پایین اشغال نمایند ، دراین صورت رابطهٔ کوولنت را تشکیل می‌دهند.

* مالیکول‌های خطی : تنظیم خطی اتوم‌ها در مالیکول‌ها تجرید اعظمی دو جورهٔ الکترونی را از یک دیگر تأمین می‌نماید.

*مالیکول‌های مسطح : اگر به اطراف اتوم مرکزی مالیکول‌های مرکبات سه جوره الکترون قرار داشته باشد، دراین صورت روابط در یک سطح قرار داشته وزاویه بین آن‌ها 120 درجه بوده و سه اتوم در رأس مثلث به اطراف اتوم مرکزی قرار دارند .

* در مالیکول‌هـای چهار وجهی، چهار جورهٔ الکترونی به رأس‌های چهار سـطحی سـمت دهی گردیده است.

* مالیکول آب دارای دای پول مومنت بوده ، اگر مالیکول آب خطی می‌بود ، درین صورت دای پـول مومنت روابط O- H متقابلا" با یک دیگر جبران شـده ، دای پول مومنت مالیکول آب مسـاوی به صفر بوده و مالیکول آن قطبی نمی‌بود . پدیدهٔ دای پول مومنت توسط اوربیتال اتومی مشخص می گردد که در تشکیل رابطه سهیم می‌باشد .

* تحقیقات نشـان داده اسـت که زاویه بین روابط در مالیکول امونیا مساوی به 107 درجه بوده و اتوم نایتروجن حالت sp^3 هایبرید را دارا می‌باشـد که از جملهٔ چهار اوربیتال sp^3 یک اوربیتال آن توسـط جوره الکترون‌های آزاد اشغال گردیده اسـت؛ اما سه اوربیتال دیگر آن توسط جوره الکترون‌های رابطوی اشغال گردیده است .

* رابطهٔ که دردوانجام آن چـارج‌های قسـمی مثبت ومنفی وجود دارد ، به نام رابـطه قطبی (Polar bond) یاد می‌شـود ومالیکول‌های دارای روابـط قطبی به نام مالیکول دوقطبی (Dipole) یاد می گردند .

دای پول مومنت دوقطبی عبارت از حاصل ضرب چارج قسـمی وفاصله چارج‌های قسـمی ازهم دیگر است . $\mu = q \cdot L$

تمرین فصل چهارم

سؤال‌های چهار جوابه

1 – اتوم مرکزی در مالیکول‌های مرکبات عبارت از همان اتوم‌های اند که ----- را داشته باشد .

الف - نمبر اکسیدشن منفی ب - نمبراکسیدیشن مثبت بزرگ ج – نمبر اکسیدیشن منفی بزرگ د – هیچکدام

2 - تشکیل روابط مربوط به کدام ساختمان اتوم بوده است ؟

الف – هسته ب – قشر خارجی الکترونی ج – تمام اقشار د – همه جوابات درست است.

3 - اگر جوره الکترون رابطه وی مالیکول اوربیتال‌ها را باداشتن انرژی پایین اشغال نمایند ، دراین صورت ------- را تشکیل می‌دهند .

الف – عنصر ، ب – رابطهٔ کوولنت ج – رابطهٔ آیونی د – رابطهٔ کواردینیشن

4 – در ما لیکول‌های چهار وجهی ---------- به رأس‌های چهار سطحی سمت دهی گردیده است

الف – چهارجورهٔ الکترونی، ب– دوجوره هالکترونی ، ج – سه جورهٔ الکترونی، د – یک جورهٔ الکترونی

5 – زمانیکه اتوم‌ها با هم نزدیک می گردند ، اتوم اوربیتال‌های آن‌ها با هم تداخل نموده و ---را تشکیل می‌دهند .

الف – مرکبات آیونی ، ب – مرکبات غیر عضوی ، ج – اتوم اوربیتال ، د– مالیکول اوربیتال

6 – کدام یک از شکل ذیل رابطه‌های قطبی را نشان می‌دهند ؟

الف – $C^{\delta+} - Cl^{\delta-}$ ب– $C^{\delta+} - O^{\delta-}$ ج – الف وب هردو د – هیچ کدام

7 – یک دبای (Debye) (D) عبارت است از:

الف – $4{,}8 \cdot 10^{-18}\,\text{esu} \cdot \text{cm}$ ب– $\mathbf{10^{-28}\,esu \cdot cm}$ ج $10^{-20}\,esu.cm$ د – هیچ کدام

8 – پدیدهٔ دای پول مومنت توسط -------- مشخص می گردد که در تشکیل رابطه سهیم می‌باشد .

الف – قوهٔ دافعه ب – قوای جاذبه ج – اوربیتال اتومی د – ساختمان مالیکولی

9 – رابطهٔ که در دو انجام آن چارجهای قسمی مثبت و منفی وجود دارد ، به نام -- یاد می‌شود. الف – رابطه قطبی ب– polar bond ج – الف وب هردو د – هیچکدام

10 – مالیکول مرکب PCl_5 با داشتن پنج جورهٔ الکترونی رابطه وی دارای ساختمان---- می‌باشد.

الف – مسطح، ب – خطی، ج – ترا هایدرال، د – ترای گونال پیرامید

11 – زاویه بین روابط در مالیکول امونیا مساوی به ---- درجه بوده و اتوم نایتروجن حالت هایبرید --- را دارا می‌باشد.

الف – 120° و $sp2$ ب – 107 و sp^3 ج – 180° و sp د– 90° و p

سؤال‌های تشریحی

1 – فورمول مالیکولی اتوم‌های را تحریر دارید که ساختمان هندسی ذیل را تشکیل می‌دهد:

الف – خطی ب – مسطح مثلثی ج – چهار وجهی د – اوکتایدری

2 – کدام علت برای مطالب ذیل موجود است؟

الف– دو مرکب مختلف با فورمول مالیکولی یکسان.

ب – موقعیت فضایی اتوم‌ها در BF_3 و NH_3 می باشد.

ج – چرا زاویه در NH_3 نسبت به آب بزرگ است؟

3 – طبیعت روابط و موقعیت فضایی آن‌ها را در مرکبات ذیل تحریر دارید .

الف – CO_2 ب – HCN ج – NO_3^-

4 – ساختمان مالیکولی هندسی مرکبات ذیل را نشان دهید:

الف – CO_3^{2-} ب – PCl_6 ج – NO_2

5 – انواع مالیکول‌ها را توضیح نمایید .

فصل پنجم



قوای بین مالیکولی

در بارهٔ مالیکول‌های مرکبات کیمیاوی در دروس گذشته معلومات حاصل نمودید، آیا میدانید ، بین مالیکول‌های مرکبات کدام قوه‌ها موجود است که آن‌ها را باهم متحد ساخته اند؟ قوهٔ واندر والس چیست؟ رابطهٔ هایدروجنی چه نوع رابطه است؟ بین مالیکول‌های قطبی چه نوع رابطه موجود است؟ اگر مرکبات حالت مایع را داشته باشد ، بین مالیکول‌های آن‌ها کدام نوع قوه موجود بوده؟ واین قوه چه تأثیری بالای خواص فزیکی آ نها وارد می‌نمایید؟

معلوماتی که در این فصل ارائه می گردد، به سؤالات فوق الذکر جوابات قناعت بخش ومقتضی داده وهم مالیکول‌ها را با تمام مشخصات رابطه وی ، ساختمانی وخواص فزیکی توضیح می‌نمایید.

۵ –۱ : تفاوت‌ها بین روابط کیمیاوی وقوهٔ بین مالیکولی

اتوم‌ها به اســاس روابط آیونی ویا روابط کوولانســی با هم متصل گردیده و مالیکول‌های مرکبات کیمیاوی را تشــکیل می‌دهند. اکثر مرکبــات دارای روابط آیونی ، در آب منحل بوده و محلول‌هــای آن‌هــا دارای آیون‌های آزاد می‌باشــند و تحت عملیهٔ الکترولیــز قرار می گیرند. مالیکول‌هــای مرکباتی کــه رابطهٔ کوولانســی را دارا اند، اکثراً در آب منحل نمی‌باشــند و در صورتی که حل گردند، به شــکل مالیکولی از کتلهٔ بزرگ جدا شــده ودرمحلول‌ها مالیکول‌های آن‌ها به ملاحظه میرســند . زیادتر از مرکبات کوولانت در محلل‌های عضوی مانند پروپانون و کاربن تترا کلوراید منحل میبا شند.

طــوری که در مبحث روابط کیمیاوی مطالعه گردید، اتوم هادر تشــکیل مالیکول‌های مرکبات کیمیاوی، رابطه‌های آیونی، کوولانســی ویا کواردینیشن را بر قرار نموده ، مالیکول‌ها را تشکیل می‌دهنــد که به این اســاس ما لیکول‌ها ی مرکبات از لحاظ خــواص مختلف بوده ؛ زیرا روابط اتوم‌ها در مالیکول‌های مرکبات مختلف، دارای اشــکال مختلف می‌باشند؛بنابراین مالیکول‌های مرکبات مختلف دارای خواص وســاختمان مختلف بوده واجســام مختلف را با اشکال مختلف تشــکیل می‌دهند، در همچو اجسام مالیکول‌ها به اساس یک قوه با هم متحد گردیده و اجسامی دارای حالت‌های مختلف را تشکیل می‌دهند.

تفاوت‌های عمده بین روابط کیمیاوی وقوهٔ بین مالیکولی را می‌توان قرار ذیل توضیح کرد:

روابط کیمیاوی به اســاس الکترون‌های ولانسی اتوم‌ها بر قرار می گردد که این روابط بین اتوم‌ها می‌توانند آیونی، کوولانسی و یا اشتراکی یک طرفه بوده باشند، در مالیکول‌های که رابطه بین اتوم‌ها آیونی باشد، مالیکول‌ها به شکل آیونی وقطبی موجود بوده وبه اساس قوهٔ جذب بین این مالیکول‌ها اجســام کرستالی بزرگ حاصل می‌شــوند، در صورتی که رابطهٔ اتوم‌ها در مالیکول‌ها کوولانسی باشــد، این نوع مالیکول‌ها به اســاس قــوهٔ دای پول– دای پول مومنت، قــوهٔ واندر والس و رابطهٔ هایدروجنی باهم متحد گردیده، اجسام مکرومالیکولی (مالیکول های بزرگ) ویا مایکرومالیکولی (مالیکول های خورد) را تشکیل می‌دهند.

به عبارت ذیل توجه نمایید

درروابط کیمیاوی الکترون‌های ولانســی اتوم‌ها ســهیم بــوده ، مالیکول‌ها ، آیون‌ها ویا رادیکالها را تشکیل داده؛ اما مالیکول‌ها به اساس قوه‌های مختلف با هم متحد گردیده اجسام بزرگ را تشکیل می‌دهد و این قوه‌هارا در زیر مطالعه می‌نماییم:

۵ - ۲ : انواع قوهٔ جذب بین مالیکولی

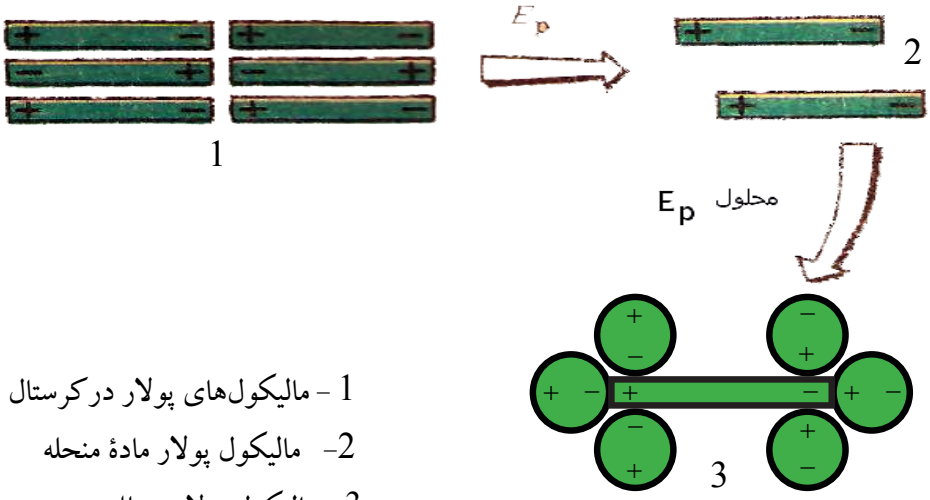
در فصل چهارم روابط کیمیاوی (مبحث رابطهٔ کوولنت) درمورد جذب بین مالیکول‌ها دارندهٔ روابط کوولنت بحث گردید، انواع مختلف قوهٔ جذب بین مالیکول‌ها موجود است که در ذیل این قوه‌های جذب را مطالعه می‌نماییم.

اشکال مختلف عمل متقابل بین اتوم‌ها ومالیکول‌ها موجود است که سبب تشکیل روابط بین آن‌ها می گردد ، ازجمله عمل متقابل دای پول – دای پول ، عمل متقابل قوهٔ واندر – والس و رابطهٔ هایدروجنی می‌باشد.

۵ –۲ –۱ : عمل متقابل دای پول - دای پولی

دراجسام جامد ، مالیکول‌های قطبی غرض تشکیل ساختمان‌های منظم عمل متقابل راانجام داده وعمل متقابل دایپول – دایپولی بین مالیکول‌ها زمانی انجام می‌پذیرد که مالیکول‌ها با هم نزدیک شده ،دراین صورت این مالیکول‌ها چارج قسمی مثبت ومنفی را دارا بوده ویک دیگر راجذب واجسام جامد راتشکیل می‌دهند.

کرستال‌های قطبی درمحلل‌های قطبی به خوبی حل می گردند، انرژی ضروری برای جدا کردن روابط درشبکه کرستالی توسط آن مقدارانرژی تأمین می گردد که این انرژی درنتیجهٔ عمل متقابل بین مالیکول‌های قطبی مادهٔ منحله با مالیکول‌های محلل قطبی آزاد می گردد.



1 - مالیکول‌های پولار درکرستال

2- مالیکول پولار مادهٔ منحله

3 - مالیکول پولار محلل .

شکل (5-1) پروسس (عملیه) حل شدن

انرژی ضروری برای تخریب شبکه کرستالی

$$(E\ Solvatation)\ E\ Solve = E\ Solution$$

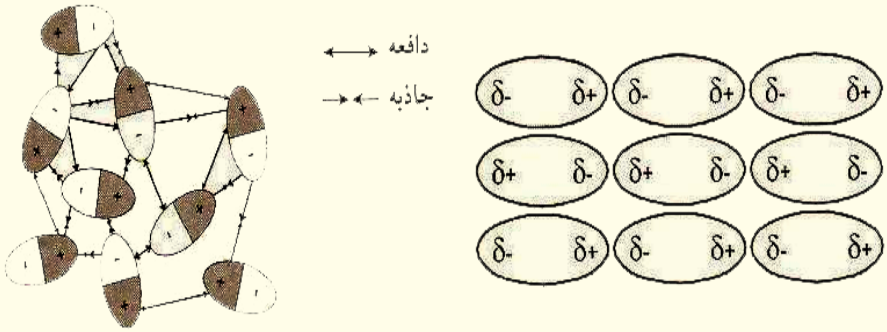
چنین نوع عمل متقابل رابه نام solvation یاد می‌نمایند، درصورتی که محلل آب باشـد، به نام Hydration یاد می گردد

فعالیت

اشکال ذیل را به دقت مطالعه نموده وبه سؤالات مربوط به آن‌ها جواب لازمه ارائه بدارید.

1 - کدام مواد این شکل رادارد؟ به کمک استاد، سیت این نوع مواد ترتیب گردد.

2 – قوای دافعه و جاذبه را در اشکال مذکور ملاحظه نموده علت آن را توضیح نمایید.



۵– ۲ –۲: قوه‌های واندر – والس (Vander - Walls Forces) ولندن

برای نزدیک شد ن مالیکول‌ها در ایجاد حالت مایع ویا جامد مواد بین آن‌ها حتمی قوه‌های جذب عمل می‌نماید. مطالعهٔ خواص گازها، واندروالس را در سـال (1873) به نتایج راجع به موجودیت قوهٔ دفع وجذب بین مالیکول‌ها با درنظرداشت خواص غیرآیونی وغیر الکتروولانسی ایشـان نایل ساخت ؛ از این نوع قوه‌ها می توان برداشت مختلف راداشته باشیم؛ لاکن به صورت عموم این‌ها کنیهٔ (اساس) قوهٔ واندر- والس را دارا اند.

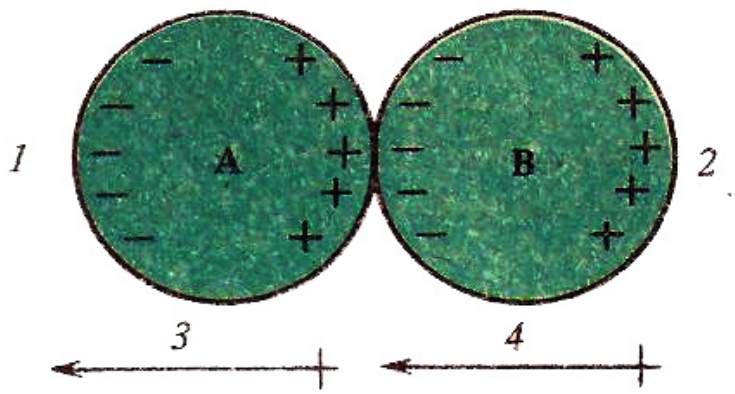
بین مالیکول‌های غیرقطبی قوهٔ جذب موجود است . مطابق به تیوری لندن این قوه‌ها مربوط به پولاریزیشن لحظوی مالیکول‌ها می‌باشد که سبب عمل متقابل ثابت قوه‌های جذ ب می‌شوند.

یکی از اشـکال قـوهٔ واند روالس همان عمـل متقابل دایپول- دایپولی بیـن مالیکول‌های قطبی می‌باشـد. قوه‌های جذب بیـن مالیکول‌های غیر قطبی نیز موجود بـوده؛ حتی اتوم‌های گازات

نجیب بسیار ضعیف با یکدیگر جذب می‌شوند؛ ازین سبب به طور مشخص آن‌ها می‌توانند حالت مایع را اختیار نمایند.

بین مالیکول‌های غیرقطبی قوۀ خاص واندر – والس عمل می‌نماید و آن عبارت از قوه‌های Dispersion یا قوۀ لندن می‌باشد؛ علت به وجود آمدن این قوه‌ها توسط تیوری فزیک‌دان به نام لندن (درسال 1930) به ترتیب ذیل توضیح شده است:

قرار گرفتن دومالیکول غیرقطبی بسیار نزدیک به یک دیگر را ملاحظه می‌نماییم؛ چون این مالیکول‌ها غیر قطبی هستند ؛ بنابرآن تقسیم شدن کثافات ابر الکترونی به طور اوسط متناظر می‌باشد؛ امادر هرمومنت مشخص زمانی تقسیم الکترون هادریکی ازمالیکول‌ها ممکن غیر متناظر باشد ؛ طورمثال : درلحظۀ برای این نوع مالیکول‌ها مومنت دای پولی ظاهر می‌شود. درشکل (5 – 2) نشان داده شده است که چطور این نوع دایپول زمانی دریکی از مالیکول‌ها (A) می‌تواند ابر الکترونی مالیکول‌های همجوار (B) راجذب نماید ؛ بنا براین هردو مالیکول‌ها مومنت دایپولی داشته وسمت آن طوری است که مالیکول‌ها جذب شد ن یک دیگر را آغاز می‌نمایند، چون الکترون‌ها باسرعت زیاد حرکت می‌نماید این جذ ب مؤقتی می‌باشد:



شکل (5 – 2)جذب بین دایپول‌های زمانی

1 - ابر الکترونی مؤمنت مشخص جابه جا شده به طرف چپ .

2 - جذب ابر الکترونی را نشان می‌دهد که به طرف چپ حرکت می‌نماید .

3 - سمت دایپول لحظوی.

4 - سمت دایپول قیاس شده.

هم‌چنان دایپول مومنت بعدی مالیکول A ممکن به سمت مخالف ارسال شده باشد و دای پول مومنت‌های جدید قیاس شده (هدایت شده) رادرمالیکول B طوری برقرار می‌سازد که بین مالیکول‌ها جذب بوجود می‌آید وخود دایپول مومنت تنها درلحظهٔ به وجود آمده؛ اما تأثیر مجموعی آن‌ها عمل متقابل داشته وآن عبارت از قوه جذ ب عمل کننده دایمی است.

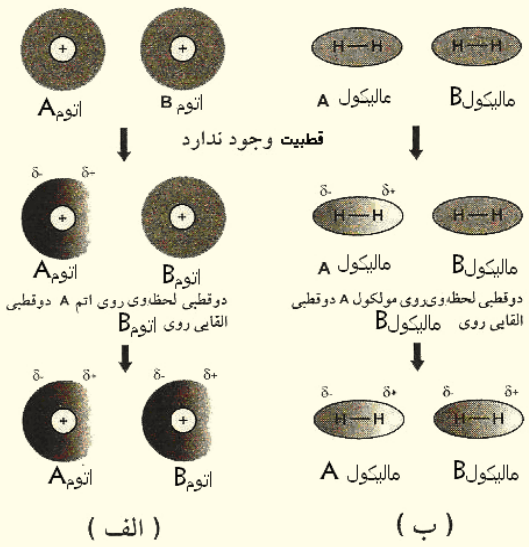
فعالیت

اشکال زیر را مشاهده نموده و به سؤال‌های ذیل به شکل گروپی جواب بدهید:

1 - در صورتی که قوهٔ لندن دراثر به وجود آمدن دای پول مومنت ایجاد می‌شود، پس عامل که به وجود آمدن این دای پول مومنت‌ها می گردد، چیست؟

2 – به اساس تبارز کدام خواص ماده، می‌توان این دای پول مومنت را درک کرد؟

3 – بین مالیکول‌ها واتوم‌های A و B شکل الف وب ذیل کدام مناسبات ملاحظه می گردد ؟ دراین باره به شکل گروپی معلومات ارائه بدارید:



شکل (5 – 3) چگونگی ایجاد دوقطبی لحظه وی بین دو مالیکول‌ها و دو اتوم‌ها

عوامل مؤثر بالای قوت قوه‌های لندن

چـون قوه‌های لندن در نتیجهٔ به وجود آمدن دای پـول مومنت ایجاد می‌گردد وهر عاملی که پراگنده گی ابر الکترونی را در مالیکول بیشـتر سازد، این دای پول را بیشتر ساخته و این عامل عبارت اند از :

الف - حجم مالیکول‌ها

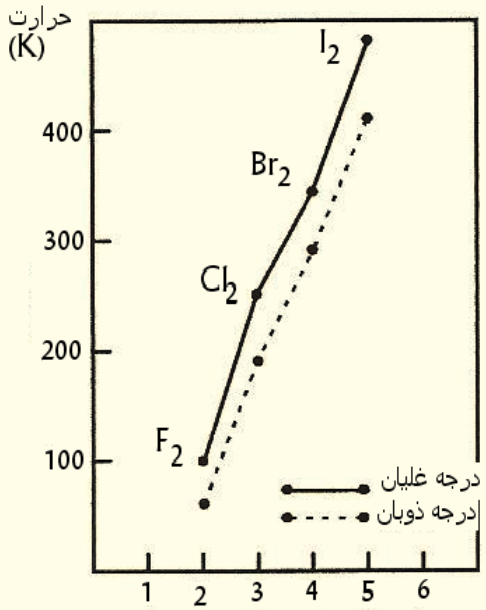
با افزایش تعداد الکترون‌ها در مالیکول‌ها وقشـرهای الکترونی به اطراف هر اتوم ویا با افزایش تعداد اتوم‌ها در یک مالیکول ، حجم واندازهٔ ابر الکترونی آن بزرگ می‌شود .به هر اندازه که ابرالکترونی بیشتر و از هسته دور واقع باشد ، پراگنده گی الکترون‌ها بیشتر و قوهٔ لندن نیز زیاد به وجود می‌آید. افزایش قوت قوهٔ لندن وازدیاد حجم مالیکول‌ها رامی‌توان درمقایسـه نمودن نقطهٔ ذوبان و غلیان بعضی از مالیکول‌ها به اساس گراف فعالیت ذیل دریافت کرد:

فعالیت

گراف ذیل را به دقت ملاحظه نموده به سؤال‌های زیر جواب ارائه بدارید:

1 – درجهٔ غلیان مالیکول‌های کدام عنصر هلوجن بلند است؟ علت آن را توضیح نمایید.

2 – درجهٔ ذوبان مالیکول‌های کدام عنصر هلوجن بلند است؟ علت آن را توضیح نمایید.



شکل (5 – 4): گراف مقایسهٔ درجهٔ غلیان هلوجن‌ها

ب - کتلهٔ مالیکول

مالیکول‌های هایدروجن عادی (^1_1H)، دیتریم (^2_1D) وتریشیم (^3_1T) هرسه غیر قطبی اند.حجم مالیکول و طول رابطه در مالیکول‌های هر سه ایزوتوپ هایدروجن مساوی است؛ اما کتله هرسه آن‌ها از هم فرق دارد، دراین صورت این کمیت بالای درجهٔ غلیان وذوبان آن‌ها تأثیر دارد که در جدول ذیل دیده می‌شود؛ پس نتیجه گیری می‌شود که کتلهٔ مالیکول هانیز در قدرت قوهٔ لندن تأثیر دارد . جدول ذیل را ملاحظه نمایید:

جدول (5 – 1): بعضی ویژه‌گی‌های ایزوتوپ‌های هایدروجن

فورمول	فورمول مالیکولی	طول رابطه (pm)	کتلهٔ مالیکولی	نقطهٔ ذوب(K)	نقطهٔ جوش (K)
(^1_1H)	H_2	74.14	2.00	13.957	20,39
(^2_1D)	D_2	74.14	4.03	18.73	23.67
(^3_1T)	T_2	74.14	6.03	20.62	25.04

ج - شکل مالیکول وسطح تماس

مالیکول‌های دارندهٔ سطح تماس بیشتر با هم دیگر نزدیک شده و قوهٔ لندن زیاد تر قوی می‌شود. مالیکول‌های مسطح وخطی نسبت به مالیکول‌های هرمی و خمیده ومالیکول‌های زنجیری نسبت به مالیکول‌های منشعب وشاخه دار سطح تماس بیشتر را دارا بوده و قوهٔ لندن دربین مالیکول‌های آن‌ها بیشترمی‌باشد. جدول ذیل را ملاحظه نمایید:

جدول (5 - 2): تأثیر شکل مالیکول‌ها بالای قوهٔ لندن

فورمول مالیکولی	فورمول ساختمانی	نقطهٔ ذوب (^0C)	نقطهٔ غلیان (^0C)
C_4H_{10}	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$	-138	0
C_4H_{10}	$CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle \vert}{CH}}-CH_3$	-159	-12

فعالیت

در جدول ذیل بعضی از خواص فزیکی آب سبک وسنگین داده شده است ، شما تفاوت خواص آب‌های مذکور را در یافت ودر کتابچه‌های تان یادداشت وعلت این تفاوت‌ها را توضیح دهید.

جدول (5 –3): خواص انواع آب‌ها

فورمول مالیکولی	μ بالاتر از (D)	کتله مالیکولی	نقطهٔ ذوب (^0C)	نقطهٔ غلیان (^0C)
H_2O	1،84	18.0151	0	100
D_2O	1،84	20،0276	3.81	101.42

معلومات اضافی

قوهٔ لندن نه تنها در مالیکول‌های غیر قطبی بلکه در مالیکول‌های قطبی نیز موجود بوده ؛ اما این قوه به مراتب کمتر از تأثیر دای پول – دای پولی است.

۵–۲–۳ : رابطهٔ هایدروجنی (Hydrogen Bond)

روابط هایدروجنی یک‌نوع رابطهٔ خاص کیمیاوی بوده که بین هایدروجن وعناصر الکترونیگاتیف (F ، O، N) درصورتی برقرارمی گردد که اتوم هایدروجن به همین عناصرالکترونیگاتیف رابطه داشته باشد، این رابطه بین مالیکول‌ها تشکیل گردیده ویا این که بین اتوم‌های هایدروجن واتوم‌های عناصرالکترونگاتیف عین مالیکول‌ها (رابطه داخلی مالیکولی) برقرارمی گردد .

طوری که معلوم است ، مرکبات هایدروجن دار که درترکیب مالیکولی شان عناصر غیر فلزی الکترونگا تیف موجودباشد (F, N,O)، دارای خواص کاذب ودرجه غلیان بلند می‌باشند.

جدول (5 –4): درجه غلیان سلسله‌یی مرکبات دارنده عناصر اکسیجن ، نایتروجن وفلورین:

مرکبات	درجه غلیان	مرکبات	درجه غلیان
H_2O	$100°C$	HF	$19°C$
H_2S	$-60°C$	HCl	$-84°C$
H_2Se	$-41°C$	HBr	$-57°C$
H_2Te	$-2°C$	HI	$-53°C$

طوری که درسلسله مرکبات فوق دیده می‌شود، درجهٔ غلیان آب 100^0C بوده ومرکبات دیگرسلسلهٔ عناصرهم گروپ آکسیجن(O_2) پایین است، درسلسلهٔ دیگر مرکبات درجهٔ غلیان (HF) بلند ومرکبات د یگرعناصر گروپ فلورین(F_2) پایین است. علت آن موجودیت عمل متقابل بین هایدروجن وآکسیجن مالیکول‌های مختلف آب بوده وهم در HF عمل متقابل بین اتوم هایدروجن یک مالیکولHF یا اتوم فلورین مالیکول دیگر آن می‌باشد . این عمل متقابل بین مالیکولی قطع آن‌هارا ازهم د یگر مشکل ساخته، مفریت آن‌ها کم شده ودرجه غلیان مرکبات مربوطه آن‌ها بلند میرود.

درنتیجهٔ تفاوت الکترونیگاتیوتی زیاد اتوم‌ها، روابط کیمیاوی بین $H-F, H-O, H-N$ فوق العاده زیاد قطبی بوده؛بنابرین اتوم هایدروجن قسماً چارج مثبت و اتوم‌های فلورین، آکسیجن ونایتروجن قسماً چارج منفی را حاصل نموده و قوهٔ کولمب بین چارج‌های مخالف عمل نموده، اتوم هایدروجن دارای چارج قسمی مثبت یک مالیکول توسط اتوم الکترونیگاتیف مالیکول دیگر کش گردیده ،رابطهٔ جدید برقرار می‌گردد و مالیکول‌ها مرتبط می‌شوند:



شکل (5 – 5): رابطه هایدروجنی ، الف – HF ، ب – امونیا ، ج – یخ

۵ –۲ –۳ –۱ : ماهیت رابطهٔ هایدروجنی

گرچــه توافقــی در مــورد ماهیت رابطهٔ هایدروجنی موجود نیســت؛ اما دراین جا بعضی از مشــخصاتی را مــورد بحث قرار می‌دهیم؛ تا ویژه‌گی‌های مختلفــی را در مورد این قوه بهتر بشناسید . در جدول ذیل خواص چند مالیکول مرکبات مختلف باداشتن این رابطه و ویژه گی قوه بین آن‌ها به طور مقایسوی ارائه شده است:

جدول (5 – 5): خواص فزیکی بعضی مالیکول‌ها

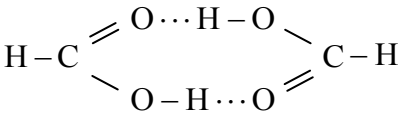
مالیکول	نوع رابطه بین مالیکول	طول رابطهٔ هایدروجنی pm	طول رابطهٔ اتوم‌ها درمالیکول pm	انرژی رابطهٔ هایدروجنی	دای پول مومنت مالیکول μ	دای پول مومنت رابطه μ
HF	$F-H...F$	120	120	- 1 9 k j / mol	1.8D	1.9D
H_2O	$O-H...O$	170	100	- 2 2 k j / mol	1.82D	1.5D
NH_3	$N-H...N$	220	90	- 1 7 k j / mol	1.47D	1.4D

مقایســهٔ دای پول مومنت روابط نشــان می‌دهد که با ازدیاد قطبیت رابطه وازدیاد چارج‌های قســمی بالای هر اتوم قابلیت رابطهٔ هایدروجنی را بیشــتر می‌سازد، به این اساس می‌توان رابطهٔ هایدروجنــی را مشــابه به قوه ای دای پــول – دای پولی دارای اهمیت الکتروســتاتیکی قبول نمود.

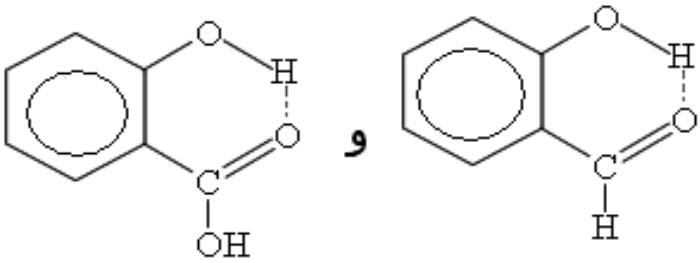
ویژه‌گی خاص رابطهٔ هایدروجنی در این اســت که با قرار گرفتن ســه اتوم $(X-H...Y)$ در یک خط مستقیم قدرت این رابطه را بیشتر می‌سازد و رابطهٔ هایدروجنی جهت دار می گردد. جهت دار بودن آن مربوط به رابطهٔ کوولانســی بوده و رابطهٔ آیونی هم این خاصیت را دارا نمی‌باشــد؛ زیرا قوه بین آیون‌ها در تمام سمت‌ها یکسان می‌باشد؛ اما باآنهم رابطهٔ هایدروجنی را نمی‌توان کولانســی یا آیونی فرض کرد؛ زیــرا در قدم اول اتوم هایدروجن دارای اوربیتال s در قشــر اولی وولانسی خود بوده ونمی تواند بیشتر از یک رابطهٔ کو ولانسی را بر قرار نماید واز طرف دیگر انرژی رابطهٔ کو ولانسی وآیونی اکثراً بیش از 100kJ/mol است ، نتیجه این که رابطهٔ

هایدروجنی باوجودی که با قوه‌های دای پول – دای پولی وروابط کیمیاوی شباهتی دارد؛ اما با هیچ یک از آن‌ها یک‌سان نمی‌باشد .

انرژی رابطه هایدروجنی $21-29 Kjoul/mol$ بوده و (10) الی 20)) مراتبه نسبت به روابط کوولنت ضعیف می‌باشد؛ اما به مراتب نسبت به قوه واندروالس قوی تراست . رابطهٔ هایدروجنی باعث تشکیل دایمیرها $(HF)_2$ و $(H_2O)_2$ در حالت بخار می گردد . به همین ترتیب درفارمیک اسید دایمیرقرار ذیل است :



رابطهٔ هایدروجنی رابه (...) افاده می‌نمایند. رابطهٔ هایدروجنی درداخل عین مالیکول نیز تشکیل می گردد ؛ به طور مثال: در مالیکول هایدروکسی بنزالدیهاید، رابطه بین گروپ – OH و گروپ کاربوتیل موجود می‌باشد :



از این سبب درجهٔ غلیان اورتوهایدروکسی بنزالدیهاید نسبت به پارا هایدروکسی بنز الدیهاید به اندازه $1.6°C$ زیاد است ؛ زیرا در مرکب پارا هایدروکسی بنزالدیهاید رابطه هایدروجنی بین مالیکولی موجود نیست.

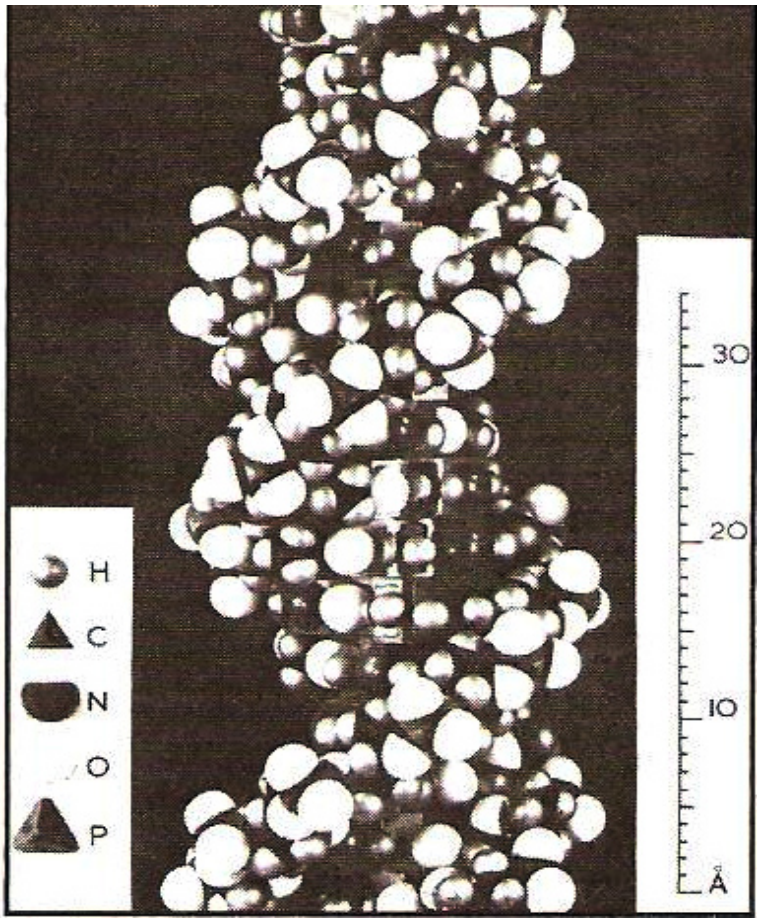
فعالیت اول

با در نظرداشت جدول (5 – 5) بگویید که طول رابطهٔ هایدروجنی بزرگ است ویا این‌که طول رابطهٔ کو ولانسی بزرگ می‌باشد ؟ آیا بین طول رابطه به شکل $(X-H...Y)$ و الکترونیگاتیویتی کدام وابستگی موجود است و یاخیر؟

فعالیت دوم

شعاع واندر- والس اتوم‌های هایدروجن 120pm، فلورین 147pm ، آکسیجن 152pm و نایتروجن 155pm اســت، مجموعهٔ شــعاع وانــدر والس بین اتوم‌هــا را در رابطه های $H...F$ ، $H...O$ ، $H...N$ محاســبه نماید و هم آن را با طول واقعی این رابطهٔ هایدروجنی مقایسه نموده ، تفاوت‌ها را چگونه توضیح می‌نمایید.

رابطهٔ هایدروجنی نه تنها درکیمیا رول اساســی را بازی نموده ، بلکه دربیولوژی نیز رول اساســی را دارا است؛به طور مثال: رابطهٔ هایدروجنی باعث تشکیل فنردوگانه نوکلیک اسیدها شده وانتقال معلومات ارثی را دراورگانیزم حیه تأمین می کند.



شکل (5 –6): مالیکول DNA.

۵ - ۳ : تأثیر قوه‌ها بالای خواص فزیکی مواد

قوه بین ذرات مواد (مالیکول‌ها ، اتوم‌ها و آیون‌ها) بالای خواص فزیکی آن‌ها تأثیر برازنده را دارا است که در این بخش، این تأثیرات را بالای بعضی از خواص فزیکی مواد مطالعه می‌نماییم.

۵– ۳ - ۱ : تأثیر قوه‌های جذب بین مالیکولی بالای نقطهٔ ذوبان وانجماد مواد

عملیهٔ ذوبان وغلیان مواد عبارت از دادن انرژی حرارتی به بلورهای مواد غرض مغلوب ساختن انرژی پوتنسیال مواد است که آن‌ها را باهم چسپانده است.

قابل یاد آوری است این که: عملیهٔ ذوب وتبخیر مواد بلوری منجر به تجزیهٔ مواد به اتوم‌ها ویا آیون‌ها واز بین بردن کامل تمامی قوه‌های کیمیاوی نمی گردد . درمورد درک رابطه بین قوه‌های کیمیاوی وخواص فزیکی مواد؛ به طور مثال: نقطهٔ ذوبان وغلیان، لازم است تا انرژی اتصال اجزای متشکل مواد در حالت‌های سه گانهٔ مواد با هم مقایسه گردد . برای تبخیر یک جسم جامد صرف باید مقدار انرژی معادل؛ یعنی اختلاف این دوحالت را به این جسم داد.

مواد بلوری که صرف توسط قوهٔ لندون باهم متراکم شده اند ، به حرارت پائین ذوب شده ومایع حاصله از آن به آسانی غلیان می‌نماید، مثال آن را می توان گازات نجیبه که منجمد گردیده باشد، ارایه کرد. گاز هیلیم به حرارت 269^0C – ورادون به حرارت 62^oC – غلیان می‌نماید.

اکثر مالیکول‌های مرکبات عضوی وغیر عضوی که مومنت قطبیت برقی آن‌ها ضعیف باشد، به صورت مستقیم تصعید می‌نماید؛ به طور مثال : $CH_4(s)$ در 262^0C – ، BF_3 در 101^0C – و SF_6 در 64^0C – تصعید می‌نمایید.

از آن جایی که قوهٔ لندون به اساس ازدیاد قطبیت مالیکول‌ها افزایش حاصل می‌نماید ، اکثر مواد دارندهٔ مالیکول‌های بزرگ، به اساس قوهٔ لندن باهم متراکم گردیده اند، به حرارت عادی حالت مایع را دارا بوده که مثال آن‌را می‌توان $Ni(CO)_4$ نقطهٔ غلیان 43^0C ، CCl_4 نقطهٔ غلیان، $N_3H_6, 77^0C$ با درجهٔ غلیان 53^0C ارائه نمود.

مالیکول‌ها در مایعات قطبی توسط عمل متقابل دای پول – دای پولی و رابطهٔ هایدروجنی باهم مرتبط و متراکم گردیده اند که این نوع ارتباط به مراتب مستحکم تر از ارتباط به اساس قوهٔ لندن و واندر والس بوده؛ ازین سبب نقطهٔ غلیان این نوع مواد بلند تر است ؛ به طور مثال: آب، امونیای مایع ، سلفوریک اسید ، کلوروفارم وغیره بنابر داشتن روابط دای پول – دای پولی

ورابطهٔ هایدروجنی دارای درجهٔ غلیان بلند اند.

مالیکول‌های سبک تر از قبیل H_2O , H_2S , H_2Se, PH_3 و HI نوع مالیکول‌های قوی قطبی نبوده (الکترونیگاتیویتی این عناصر غیر فلزی مشابه به هایدروجن می‌باشد)؛ ازین سبب نقطهٔ غلیان این نوع مرکبات پایین است، با ازدیاد کتلهٔ مالیکولی شان، درجهٔ غلیان آن‌ها نیز افزایش حاصل می‌نمایند. اولین عضوسردستهٔ این مرکبات فوق الذکر عناصرگروپ های Vالی VII (NH_3، H_2O و HF)در حالت مایع بین مالیکول‌های خود رابطهٔ هایدروجنی را بر قرار می‌نمایند ؛ بنابر این درجهٔ غلیان آن‌ها بلند می‌باشد؛ اما در مرکبات دیگر این سلسله رابطهٔ هایدروجنی موجود نبوده ودرجهٔ غلیان پایین را دارا اند.

مرکبات آیونی توسط قوهٔ بسیار قوی الکتروستاتیکی بین آیون‌های مخالف چارج شان باهم متراکم گردیده اند؛ ازین سبب آیون‌های آن‌ها را نمی‌توان به انرژی کم از هم دور نمود که همچو مواد دارای درجهٔ ذوبان وغلیان بلند می‌باشند. زمانی که به این مواد حرارت داده شود روابط شبکهٔ کرستالی آن‌ها قطع ودر نتیجه ذوب و بلاخره غلیان می‌نمایند.

ازدیاد چارج‌های برقی آیون‌های متشکل مواد بلوری باعث افزایش انرژی شبکهٔ کرستالی گردیده ودرجهٔ ذوبان وغلیان آن‌ها افزایش می‌نماید؛ به طور مثال: درجهٔ غلیان NaF مساوی به 997^0C واز MgO مساوی به 2800^0C می‌باشد.

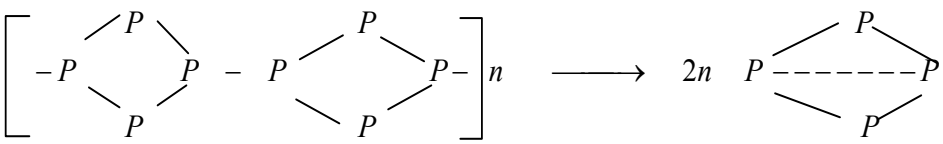
اجسامی که در حالت جامد روابط کولانسی مستحکم داشته و در حالت گاز روابط کولانسی ضعیف دارند، درجهٔ ذوبان وغلیان آن‌ها بلند بوده می‌تواند؛ به طور مثال: کاربن به شکل الماس وگرافیت به حرارت $3700°C$ تصعید می‌نماید و سلیکان دای اکساید که به $1710°C$ ذوب می‌گردد، به حرارت بالاتر از 2200^0C غلیان می‌نماید.

روابط چهار گانهٔ اتوم‌های کاربن در الماس که به حالت جامد قرار داشته باشد ، نوع رابطهٔ سگما بوده؛ اما اگر حالت گاز را داشته باشد، دو رابطهٔ σ آن به رابطهٔ π تبدیل گردیده و نوع رابطهٔ ضعیف می‌باشد:

جدول (5 – 6): انرژی تفکیک هلایدهای فلزات القلی در فاز جامد، مایع و گاز به KJ/mol

مرکب	$M-X(g)$ $M^+(g)+X^-(g)$ KJ/mol	$M-X(s)$ $M^+(g)+X^-(g)$ KJ/mol	تصعید ^0C	نسبت
LiF	766	1033	268	
$LiCl$	636	845	209	
$LiBr$	615	799	184	
LiI	573	741	167	
$NaCl$	644	916	272	
$NaBr$	556	778	222	
NaI	536	741	205	
KF	506	690	184	
KBr	582	812	230	
KI	494	707	213	
RbF	477	678	201	
$RbCl$	498	686	192	
$RbBr$	463	661	213	

اگر تعداد روابط کوولانسی در مالیکول‌های فاز گاز مساوی به تعداد روابط به حالت جامد آن‌ها بوده باشـد وعین ثبات را با آن‌ها داشته باشد، عمل تبخیر آن‌ها سریع و ساده صورت می گیرد، مثـال آن را می‌توان روابط پولی میرها که در صدها درجهٔ حرارت بر قرار می گردد، ارایه کرد؛ به طور مثال: فاسفورس سرخ در $280°C$ تصعید نموده ، دوباره به شکل فاسفورس سفید منجمد می گردد.



جدول (5 – 7): درجهٔ ذوبان هلایدهای پوتاشیم و نقره

مرکب	درجهٔ ذوبان	مرکب	درجهٔ ذوبان
KF	880^0C	AgF	435^0C
KCl	776^0C	$AgCl$	455^0C
KBr	730^0C	$AgBr$	434^0C

فعالیت

جدول (5 – 8) را با دقت مطالعه نموده، درجهٔ ذوبان مرکبات درج شده را باهم مقایسه نمایید، علت تنقیص وازدیاد آن‌هارا توضیح و هم چگونه‌گی تفاوت آن‌هارا به اساس دلایل ارایه بدارید.

جدول (5 – 8): درجهٔ ذوبان وغلیان هلایدهای القلی‌ها والقلی‌های زمینی

مرکب	درجهٔ ذوبان	درجهٔ غلیان	مرکب	درجهٔ ذوبان	درجهٔ غلیان
KBr	730^0C	1380^0C	$CaBr_2$	765^0C	812^0C
CsF	684^0C	1250^0C	BaF_2	1280^0C	2137^0C

۵–۳–۲ : تأثیر قوه‌ها بالای انحلالیت

انحلالیت و خصلت‌های دیگر اجسام حل شده موضوع پیچیده بوده ، درین جا صرف توضیحات مختصر ارائه می گردد.

محلول‌های اجسام غیر قطبی در محلل‌های غیر قطبی ساده ترین نوع محلول‌ها بوده ، قوه‌های که بین مادهٔ منحله ومحلل در محلول‌ها موجود است، نوع قوهٔ لندن بوده و نوع قوهٔ ضعیف می‌باشد. موجودیت این قوه‌ها بین ذرات مادهٔ منحله ومحلل که منجر به انحلالیت وچسپش این دو مواد می گردد، تفاوت همچو محلول‌ها را با مخلوط گازات آیدیال افاده می‌نمایید.

در محلول‌های آیدیال اجسامی دارای مالیکول‌های غیر قطبی، مرکبات آیونی محلل‌های بسیار قطبی مانند آب موجود اند، برای این که یک مرکب آیونی در محلل خوب حل گردد،

باید بالای قوهٔ جذب بین ذرات آیونی در شبکهٔ کرستالی غلبه حاصل نمایید و انرژی جاذبهٔ الکتروستاتیکی بین آیون‌ها باید مغلوب گردد . در محلول‌های که آیون‌های مادهٔ منحله توسط محللی دارای ثابت دای الکتریک بلند ، (به طور مثال: $\overset{o}{\varepsilon}H_2O = 87$) تجرید می گردد . قوهٔ جاذبه بین این آیون‌ها کم بوده وبه آسانی یک دیگر را جذب کرده نتوانسته ورسوب تشکیل نمی گردد. قوهٔ مذکور را میتون توسط قانون کولب توضیح کرد :

$$F = K\frac{q_1 \cdot q_2}{{}^{o}\varepsilon \cdot r^2}$$

دراین فورمول F قوهٔ جذب بین ذرات آیونی مخالف العلامه ،K ثابت، q_1 و q_2 مقدار چارج‌ها ، r فاصلهٔ دوچارج و $\overset{o}{\varepsilon}$ ثابت دای الکتریک محلل را افاده می‌نمایید.

یکی از عوامل قابلیت انحلالیت محلل‌ها عبارت از کواردینیشن آن‌ها با اتوم‌های مرکزی مالیکول‌های مادهٔ منحله می‌باشد . محلل‌های قطبی با کتیون‌های ماده منحله به خوبی کواردینیشن گردیده وعوامل دیگر آن نوعیت آیون‌های شامل محلول‌ها؛ مانند: اندازه، قابلیت تشکیل روابط بین مالیکول‌های محلل وآیون‌ها به جسامت آیون‌های این ماده وابستگی دارد و انرژی شبکهٔ کرستالی نیز به جسامت آیون مرکزی رابطه دارد . قوه‌های موجود در شبکهٔ کرستالی (آیون – آیون) از قوهٔ بین مالیکول‌های محلل در مجاور آیون (آیون – دای پولی) قوی تر است. اگر انرژی شبکهٔ کرستالی نسبت به سلویشن(Solvation) بزرگ باشد، محیط همچو محلول‌ها سرد بوده، در صورتی که انرژی شبکهٔ کرستالی نسبت به انرژی سلویشن (Solvation) در محلول ها کمتر باشد ، محیط محلول‌ها گرم است.

خلاصهٔ فصل پنجم

* مالیکول‌های مرکبات مختلف دارای خواص وساختمان مختلف بوده واجسام مختلف را با اشکال مختلف تشکیل می‌دهند. در همچو اجسام مالیکول‌ها به اساس یک قوه با هم متحد گردیده و اجسام دارای حالت‌های مختلف را تشکیل می‌دهند.

* درروابط کیمیاوی الکترون‌های ولانسی اتوم‌ها سهیم بوده، مالیکول‌ها، آیون‌ها ویا رادیکال‌ها را تشکیل داده؛ اما مالیکول‌ها به اساس قوه‌های مختلف با هم متحد گردیده اجسام بزرگ را تشکیل می‌دهد.

* اشکال مختلف عمل متقابل بین اتوم‌ها ومالیکول‌ها موجود است که سبب تشکیل روابط بین آن‌ها می گردد، ازجمله عمل متقابل دای پول – دای پولی، عمل متقابل قوهٔ واندرس – والس، لندون و رابطه هایدروجنی می‌باشد.

* دراجسام جامد ، مالیکول‌های قطبی غرض تشکیل ساختمان‌های منظم ، عمل متقابل را انجام داده ، عمل متقابل دایپول – دای پولی بین مالیکول‌ها زمانی انجام می‌پذیرد که مالیکول‌ها با هم نزدیک شده ، دراین صورت این‌ها یک دیگر راجذب واجسام جامد راتشکیل می‌دهند.

*انرژی ضروری برای جدا کردن روابط درشبکه کرستالی توسط آن مقدار انرژی تأمین می گردد که این انرژی درنتیجه عمل متقابل بین مالیکول‌های قطبی مادهٔ منحله با مالیکول‌های محلل قطبی آزاد می گردد.

*بین مالیکول‌های غیرقطبی قوهٔ جذب موجوداست . مطابق به تیوری لندون این قوه‌ها مربوط به پولاریزیشن لحظوی مالیکول‌ها می‌باشد که سبب عمل متقابل ثابت قوه‌های جذب می‌شوند.

*رابطهٔ هایدروجنی یک نوع رابطه خاص کیمیاوی بوده که بین هایدروجن وعناصرالکترونیگاتیف (N , O , F) درصورتی برقرارمی گردد که اتوم هایدروجن به همین عناصرالکترونیگاتیف رابطه داشته باشد.

*مواد بلوری که صرف توسط قوهٔ لندون باهم متراکم شده اند ، به حرارت پایین ذوب شده ومایع حاصله از آن به آسانی غلیان می‌نماید.

*قوهٔ جاذبه بین آیون‌های مواد در محلول‌ها زمانی کم بوده وبه آسانی یک دیگر را جذب

کرده نتوانسته و رسوب تشکیل نمی گردد که ثابت دای الکتریک محلل بزرگ باشد. قوهٔ مذکور را می‌توان توسط قانون کولب توضیح کرد :

$$F = K \frac{q_1 \cdot q_2}{{}^{o}\varepsilon \cdot r^2}$$

*ازدیاد چارج‌های برقی آیون‌های متشکلهٔ مواد بلوری باعث افزایش انرژی شبکهٔ کرستالی گردیده ودرجهٔ ذوبان وغلیان آن‌ها افزایش می‌یابد .

سؤالات فصل پنجم

سؤال‌های چهار جوابه

1 – مالیکول‌های اجسام به اساس یک ---- با هم متحد گردیده و اجسام دارای ------ را تشکیل می‌دهند.

الف) قوه ، حالت‌های مختلف ب) رابطه ، حالت‌های مختلف ج) الف و ب هردو

د) هیچکدام

2 – مالیکول‌ها به اساس قوه‌های مختلف باهم متحد گردیده ----- را تشکیل می‌دهند .

الف) مواد کوچک ب) اجسام بزرگ ج) ایون‌ها د) تماماً در ست است .

3 – موجودیت کدام عناصر در مالیکول‌های مرکبات باعث رابطهٔ هایدروجنی بین مالیکول‌ها می گردد ؟

الف) نایتروجن ، آکسیجن ، فلورین وهایدروجن ب) تنها آکسیجن ج) تنها فلورین

د) هایدروجن

4 – شرط حتمی تشکیل رابطهٔ هایدروجنی کدام یک از موارد ذیل خواهد بود ؟

الف) موجودیت هایدروجن، ب) موجودیت سه عنصرالکترونیگاتیف (فلورین ، آکسیجن ونایتروجن) ورابطهٔ هایدروجن به همین عنصر در مالیکول‌های مرکبات

ج) الف وب هردو، د) هیچکدام

5 – مواد بلوری که صرف توسط قوهٔ لندون باهم متراکم شده اند ، به حرارت--- ذوب شده ومایع حاصله از آن ------ غلیان می‌نمایند .

الف) پایین، به آسانی ب) بلند ، به مشکل ج) متوسط ، بطی د) بسیار بلند ، ساده

6 - انرژی ضروری برای جدا کردن روابط درشبکه کرستالی توسط آن مقدار انرژی تأمین می گردد که این انرژی در نتیجهٔ عمل متقابل بین مالیکول‌های قطبی مادهٔ منحله با مالیکول‌های محلل قطبی ---- می گردد .

الف) آزاد ب) جذب ج)خنثی د) الف وب هردو

7 - اکثر مواد دارندهٔ مالیکول‌های بزرگ که به اساس قوهٔ لندون باهم متراکم گردیده اند ، به حرارت عادی ----- را دارا بوده

الف) حالت جامد ب) حالت گاز ج) حالت مایع د) حالت پلازما

8 - اجسامی که در حالت جامد روابط کولانسی مستحکم داشته؛ اما در حالت گاز روابط کولانسی ضعیف دارند؛ درجهٔ ذوبان وغلیان آن‌ها ----- بوده می تواند

الف) بلند ب) پائین ج) متوسط د) بسیار پائین

9 - ازدیاد چارج‌های برقی آیون‌های متشکل مواد بلوری باعث افزایش انرژی شبکهٔ کرستالی گردیده ودرجهٔ ذوبان وغلیان آن‌ها ---- می‌نماید .

الف) تنزیل ب) افزایش ج) تغییر نمی‌نماید د) فوق العاده تنزیل

10 - اگر روابط کوولانسی در مالیکول‌های فاز گاز مساوی به تعداد روابط به حالت جامد آن‌ها بوده باشد وعین ثبات را به آن‌ها داشته باشد ، عمل تبخیر آن‌ها -------- و ساده صورت می گیرد .

الف) سریع ب) بطی ج) کمتر د) هیچکدام

سؤال‌های تشریحی

1 - کدام شرایط برای تشکیل رابطهٔ هایدروجنی لازم است ؟ درباره معلومات ارایه دهید.

2 - کدام اشکال قوه‌های بین مالیکولی در مواد ذیل ملاحظه می گردد؟

الف- $HBr(g)$ ب - $Br_2(g)$ ج - $ICl(g)$ د - $HF(l)$

3 - درجهٔ غلیان آب $100°C$ بوده ومرکبات دیگرسلسلهٔ عناصرهم گروپ آکسیجن (O_2) پایین بوده ودرسلسله دیگر مرکبات درجهٔ غلیان HF (19^0C) بلند ومرکبات دیگرعناصر گروپ فلورین (F_2) پایین است ، علت آن را توضیح کنید.

4 - مرکبات ذیل را به اساس ازدیاد درجهٔ غلیان تنظیم نموده وحل خود را توضیح دهید.

الف) C_4H_9-OH ب) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$ ج) $(CH_3)_3CCH_3$

د) N_2

5 – قـوۀ جـذب بین ذرات مواد بالای درجـۀ ذوبان وغلیان آن‌ها چه تأثیـر دارد ؟ معلومات دهید.

6 – در انحلالیت مواد کدام قوه‌ها تأثیر دارد ؟ معلومات ارائه دهید.

7 – کدام فکتورها در انحلالیت آیون‌ها مؤثر اسـت ؟ ثابت دای الکتریک چیسـت؟ در مورد معلومات دهید.

8 – در مورد فرق بین روابط کیمیاوی وقوۀ بین مالیکولی معلومات ارائه دهید.

فصل ششم



حالات ماده

بـه اطراف خویش مـواد مختلف را بـه حالت‌های مختلف مشـاهده می‌نمایید، آیا میدانیـد که مـاده در طبیعت به چند حالت یافت می‌شـود؟ حالت‌های ماده مربوط به کدام شرایط است؟ ماده در حالت‌های مختلف دارای کدام خصوصیات است؟ حالت گاز ، مایع و جامد ماده را چطور می‌توان به یک دیگر تبدیل کرد؟ کدام شـرایط در تغییرات حالت‌های ماده به یک دیگر رول اساسی را دارا اند؟

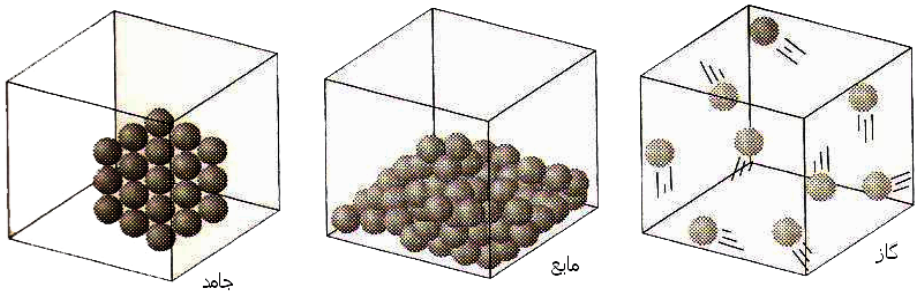
بـا مطالعهٔ این فصل می‌توان راجع به حالت‌های ماده معلومات حاصل وبه سـؤال‌های فوق جواب ارائه کرد وهم مانند این نوع سؤال‌های را حل کرد.

۶ - ۱ – جامدات، مایعات و گازات

هر ماده می‌تواند نظر به شـرایط محیطی سه حالت « جامد، مایع و گاز » را داشته باشد. گرچه در حالـت عادی مواد به حالت گاز کمتر یافت می‌گردد ؛ امـا گازات از اهمیت خاصی برخوردار انـد؛ به طور مثال: موجودات حیه از جمله انسـان‌ها در داخل محلول گازی زنده گی می‌نمایند. اتموسـفیر زمین مخلوطی از گازها اسـت که قسـمت زیاد آن از نایتروجن و آکسیجن تشکیل گردیده است.

گازات موادی اند که ذرات تشـکیل دهندهٔ آن‌ها بالای یک دیگر تأثیر کمتر داشته وقوهٔ جذب ذرات آن‌ها باهم کمتر است وحرکت نامنظم را دارا اند. به حرارت بلند وفشار کم حرکت ذرات گازات سریع است. خواص جامدات از خواص گازات فرق داشته ، گازات دارای کثافت کمتر بـوده، در حالیکـه جامدات کثافت بزرگ را دارا اند. گازات در نتیجهٔ فشـار متراکم شـده؛ اما جامدات کمتر خاصیت تراکم شـدن را دارا اند؛ زیرا قوهٔ جذب بین ذرات آن‌ها به مراتب بیشتر از قوهٔ جذب بین ذرات گازات می‌باشد. جامدات سخت وشکننده بوده؛ در حالی که گازات این خواص را دارا نیستند.

مایعات خاصیت خاصی را نسـبت به جامدات وگازات دارا بـوده؛ به طور مثال: قوهٔ جذب بین ذرات مواد به حالت مایع بیشـتر بوده؛ اما نسبت به جامدات ضعیف می‌باشد . اشکال ذیل ذرات مواد را در سه حالت آن‌ها نشان می‌دهند:



شکل (6 - 1): حالت جامد، مایع وگاز

موادی دارای حالت جامد ومایع تقریباً دارای عین کثافت می‌باشند که مثال آن را می‌توان کثافت آب جامد، مایع وگاز (بخارات آب) ارائه کرد. جدول ذیل را ملاحظه نمایید:

.

جدول (6 - 1): سه حالت آب به حرارت‌های مختلف.

حالت / مشخصات	مایع آب	جامد آب	گاز (بخارات) آب
کثافت	$0.997 g/cm^3$	$0.9168 g/cm^3$	$0.326 g/cm^3$
درجهٔ حرارت	$25^0 C$	$0^0 C$	$400^0 C$

۶ –۱ –۱ : بعضی مشاهدات اولیهٔ جامدات

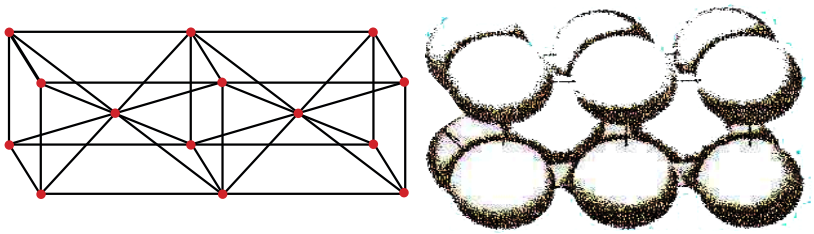
تعریف مادهٔ جامد: ماده جامد، کتله، حجم و شکل معین را دارا است، یا تعریف جامع مواد جامد این است که اجزای تشکیل دهندهٔ مواد جامد بانظم خاص و متواتر در کنار هم دیگر قرار دارند.

۶ - ۱ - ۲ : بلورها(Crystal)

یکی از خصوصیات برازندهٔ جامدات شکل کرستالی آن‌ها بوده که ساختمان بلوری را دارند. در مباحث مختلف راجع به نظام اتوم‌ها یک ساختمان سه بعدی از اتوم‌ها در یک جامد صحبت به عمل آمده است ، این ساختمان سه بعدی را یک شبکه بلوری می‌نامند . انواع و اشکال شبکه‌های بلوری قرار ذیل است:

۶ – ۱ - ۲ - ۱ : شبکه فضایی

ساختمان منظم هندسی نقاط را در فضا به نام شبکه فضایی یاد می‌نمایند . در شکل (6 - 2) یک نوع شبکه فضایی به ملاحظه می‌رسد که توسط خطوط با یک دیگر وصل گردیده اند، اگر تصور گردد که توصل اتوم‌ها ی آهن در چنین شبکه‌ها قرار دارد، طوری که مرکز هر اتوم آهن بالای یک نقط در چنین شبکه واقع باشد، دراین صورت قسمتی از شبکه بلور آهن دیده می‌شود که آن را در سمت راست همین شکل ملاحظه می‌توان کرد.



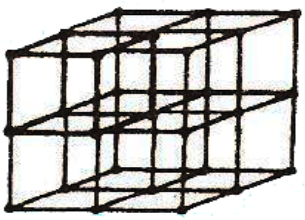
شبکهٔ بلوری　　شبکهٔ فضایی

شکل (6 – 2): شبکه فضایی بلوری .

یک شبکه بلوری ممکن به شکل یک شبکه فضایی تصور گردد که در آن نقاط مختلف را اتوم‌ها، آیون ها و یا مالیکول‌ها و یا گروپی از آن‌ها اشغال کرده باشد. ساختمان ذرات دریک شبکهٔ بلوری به طور متوالی در سه بعد تکرار می‌شود تا سرحدهای فزیکی هر بلور واحد حاصل گردد.

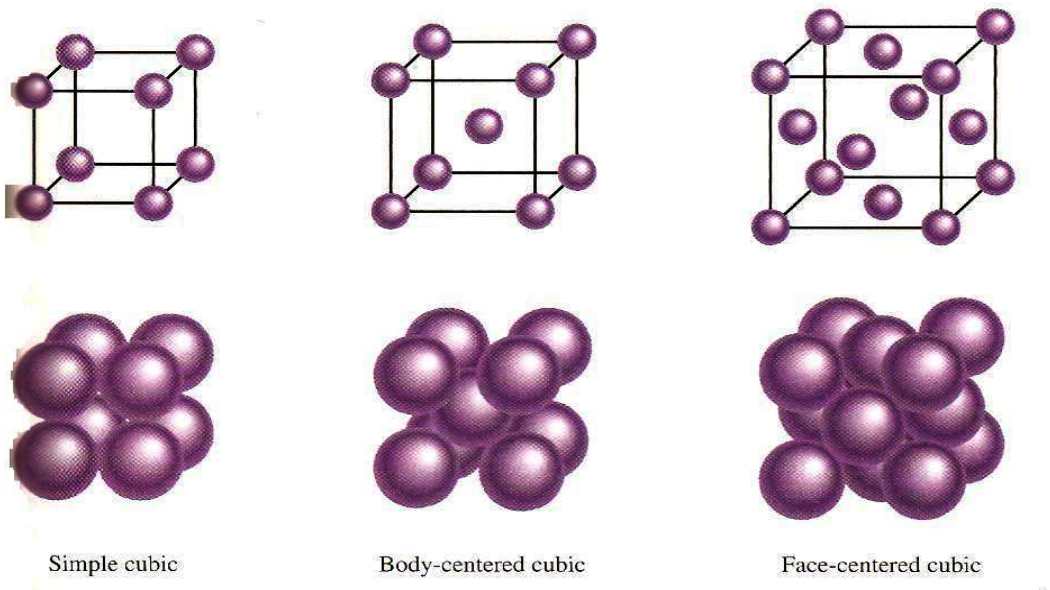
غرض توصیف یک شبکهٔ بلوری لازم است تا سلول و یاحجرهٔ واحد را تعریف نماییم، یک حجره واحد قسمتی از شبکه بلوری بوده که با حرکت دادن آن مطابق به قواعد معین می‌توان شبکهٔ کامل بلوری را حاصل کرد .

حجرهٔ واحدی که به طور معمول برای شبکه فضایی انتخاب می گردد ، دارای شکل مشخص است، این حجرهٔ واحد دارای شش وجه بوده که هر وجه آن یک متوازی الاضلاع است . شکل (6 – 3) یک شبکه مکعبی ساده و یک حجرهٔ واحد را نشان می‌دهد و دراین حجرهٔ واحد مکعبی در هر کنج آن تنها یک نقطه موجود است که به نام حجره واحد مکعبی ساده یاد می‌شود، در ضمن این حجرهٔ واحد مکعبی یک حجرهٔ واحد اساسی است.

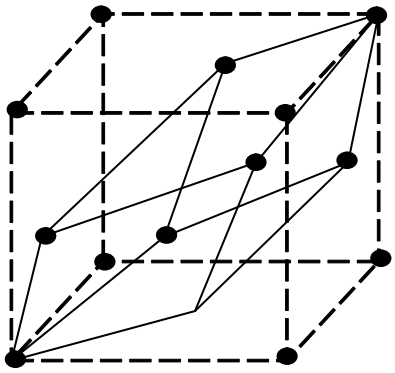


شکل (6 – 3): یک شبکهٔ فضایی مکعبی ساده و واحد حجروی آن .

دو نوع دیگر شبکه‌های فضایی مکعبی نیز موجود است که حجرات واحدی آن‌ها معمولاً دارای مرکـز ویا غیر متناظر می‌باشـد (مانند شـکل (6 – 4) . حجـرهٔ واحد مکعبی دارندهٔ مرکـز علاوه بر هشـت نقطهٔ که در کنج‌هـای مکعب قرار دارند ، دارای یـک نقطهٔ دیگر در مرکز مکعب نیز می‌باشـد و هم در هر وجه آن نیز یک نقطه موجود است. برای هر یک ازاین واحدهای حجروی دو مودل ارائه گردیده است، یکی مودل توپ و میله و دیگر آن کره‌های بزرگ است.



شکل (6 – 4): سه واحد حجروی مکعبی توپ ، میله و کره‌های بزرگ



شکل (6 – 5): شبکهٔ فضایی مکعبی ساده و واحد حجروی آن

در شـکل (6 - 5) یک حجره واحد مکعبی با وجوه مرکز دار (غیر اصلی) ملاحظه می گردد و هم یک حجره واحد به ملاحظه می‌رسد که نوع اصلی می‌باشد.

فعالیت

با استفاده از چند گلولهٔ پلاستیکی وسرش مناسب هریک از حجرهٔ های مکعبی، ساده، مرکز وجوه پررا آماده ساخته وآن را نمایش دهید.

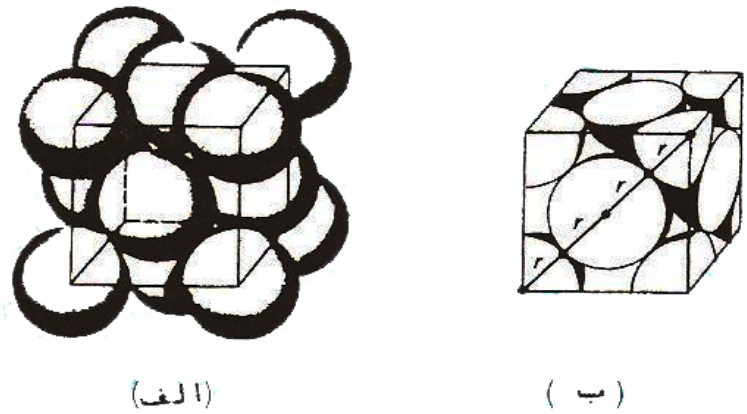
مشق و تمرین

هر سلول واحد مکعبی از چندین اتوم پر خواهد بود ،این سلول را توضیح نمایید.

اتصال متراکم ذرات در کرستال‌ها

در اکثری از شـبکه‌های بلوری ترتیب اتوم‌ها به شـکل اتصال متراکم است، یا به عبارت دیگر سطح اتصالی اتوم‌ها در شبکهٔ بلوری اعظمی می‌باشد؛ به طور مثال: حجم حجرهٔ واحد که توسط اتوم‌ها اشغال گردیده است ، مشخص می گردد.

مثال : ارگون در ساختمان مشابه شکل (6 – 6) تبلور حاصل می‌نماید ، سویهٔ اتصال ذرات اتوم‌ها را در ارگون جامد محاسبه نماید.



شکل (6 - 6): ارگون با یک ساختمان مکعبی با وجه مرکز دار.

الـف – مـودل کره‌های بزرگ ، ب – این مودل قسـمی از اتوم‌هـا را در حجرهٔ واحد مکعبی نشان می‌دهد.

حل: نخست حجمی را که اتوم‌ها ی کروی جامد در یک حجرهٔ واحد اساسی اشغال می‌نمایند،

محاسبه می‌نماییم . برای این منظور لازم است تا دریافت نماییم که چند اتوم ارگون به هر حجرهٔ واحد قرار دارد. هر حجره هشت اتوم را در رأس‌ها، شش اتوم را در مرکزهای سطح خود دارد ؛ اما هر یک از رأس‌ها ی یک حجرهٔ واحد، رأس‌های برای هفت حجرهٔ واحد دیگر نیز می‌باشد ؛ بنابراین تنها $\frac{1}{8}$ حصهٔ رأس هر اتوم به یک حجرهٔ واحد تعلق می گیرد؛ هم چنان هر یک از شش اتوم موجود در مرکز سطح بین دو حجرهٔ واحد مجاور مشترک بوده، صرف نصف هریکی از اتوم‌های مشترک به هر حجره تعلق می گیرد.

چون هشت اتوم در رأس‌ها و شش اتوم در مراکز سطح حجرهٔ واحد موجود است، تعداد مجموعی اتوم‌های ارگون که به هر حجره واحد تعلق دارد، عبارت است از اتوم‌های رأس‌ها بوده که قرار ذیل محاسبه می گردد:

اتوم‌ها ی رأس: $8 \cdot 1/8 = 1$

اتوم‌ها ی مرکزسطح : $6 \cdot 1/2 = 3$

تعداد مجموعی اتوم‌ها درفی واحد حجره واحد: $1 + 3 = 4$

(حجم کره) $V = \frac{4}{3}\pi r^3$

در ارگون جامد ویا مرکباتی که دارای ساختمان مکعبی با وجه مرکز دار اند ، به هر حجرهٔ واحد چهاراتوم تعلق دارد .

حجم چهاراتوم کروی $V = \frac{4}{3}\pi r^3 = 4 \cdot \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{16}{3}\pi r^3$

حال حجم حجرهٔ واحد را بر حسب r دریافت می‌نماییم ، قرار شکل (6 – 6) می‌توان دریافت کرد که قطر یک وجه حجرهٔ واحد مساوی به $4r$ بوده ؛ بنابراین با استفاده از فورمول‌های ریاضیکی می‌توان طول یک یال (e – فصل مشترک دو مستوی یا دو وجه در منشور متوازی السطوح و هرم را یال می‌نامند) را به دست آورد.

$$(4r)^2 = e^2 + e^2 \text{ پس } 2e^2 = 16r^2$$

$$e^2 = 8r^2 \text{ و } e = 2r\sqrt{2}$$

چون حجم حجرهٔ واحد (Vcell) $\text{Vcell} = e^3$ است؛ پس حاصل می‌شود که:

$$V = [2r\sqrt{2}]^3 = 16r^3\sqrt{2}$$

نسبت حجمی حجره واحد را که اتوم‌ها ی ارگون اشغال کرده عبارت است از:

$$\frac{V}{V_{Cell}} = \frac{16/3\pi r^3}{16r^3\sqrt{2}} = \frac{\pi}{3\sqrt{2}} = 0.74$$

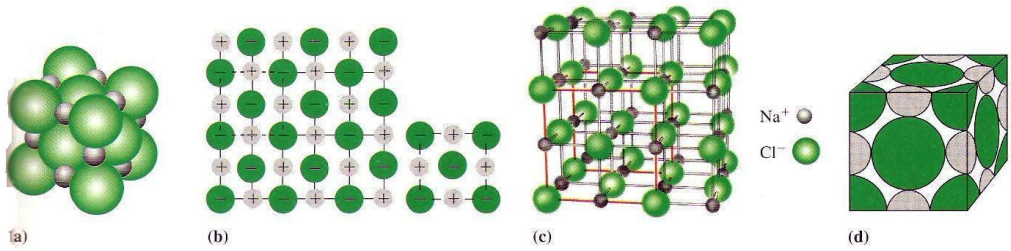
$$\text{فیصدی اتصالات} = 0.74 \cdot 100 = 74\%$$

عناصری که در ساختمان‌های با اتصال متراکم متبلور می‌گردند ، عبارت از تمام گازات نجیبه و اضافه تر از 40 عنصر فلزی است. بعضی از اجسام مالیکولی مانند H_2، CH_4 و غیره نیز دارای ساختمان بلوری با اتصال متراکم اعظمی ذرات می‌باشند.

سودیم کلوراید

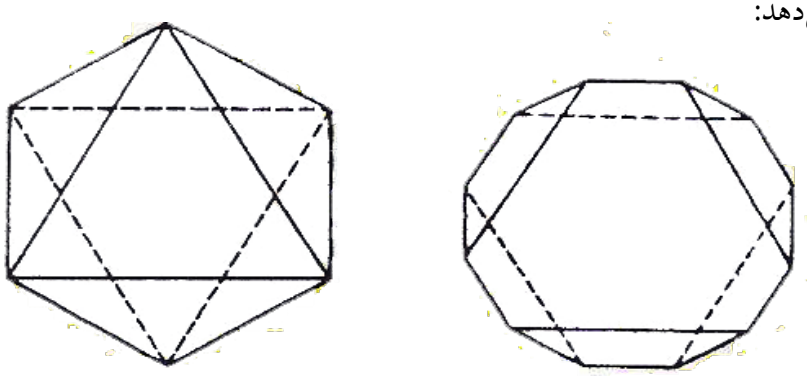
ساختمان بلوری $NaCl$ به صورت مکعب با سطوح مرکز دار بوده که آیون های Cl^- کنج‌ها و وسط آن‌ها را اشغال می‌نماید؛ اما طوری که در شکل دیده می‌شود، آیون های Na^+ وسط مکعب و وسط وجوه را نیز اشغال کرده اند.

در صورتی که در مقابل هر Na^+ یک Cl^- موجود باشد، دراین صورت وضعیت روشن خواهد بود. با در نظر داشت این که در یک شبکه سه بعدی آیون‌های کلوراید Cl^- که در کنج‌های سیستم قرار دارند، به هشت مکعب تعلق دارند، دراین صورت از 8 آیون کلوراید موجود در کنج‌ها فقط یکی $(8 \cdot \frac{1}{8} = 1)$ به هر حجره واحد تعلق می گیرد و در ضمن تمام سطوح در مرکز خود دارای یک آیون کلوراید می‌باشند. چون هر یک از سطوح به دو مکعب تعلق دارد؛ بنابراین از مجموعهٔ شش آیون کلوراید موجود در وسط سطح، سه آن $(6 \cdot \frac{1}{2} = 3)$ به هر سلول واحد اساسی مربوط می‌باشد. پس در مجموع در شش عدد حجره واحد، چهار واحد کلوراید Cl^- موجود می‌باشد؛ به همین ترتیب در فی عدد حجره واحد چهار آیون Na^+ نیز موجود است، یعنی یک آیون کلوراید بایک آیون سودیم در حجره واحد مطابقت دارد ،پس فورمول سودیم کلوراید $NaCl$ است.



شکل (6 – 7): حجره واحد $NaCl$ مودل توپ و میله .

هر قدر که سرعت رشد و تشکیل بلورها بطی باشد ، به همان انداز کرستال‌های باکیفیت و خوب تشکیل می گردد. شکل (6 – 8) کرستال کامل طبیعی مرکب زمچ $KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ را نشان می‌دهد:

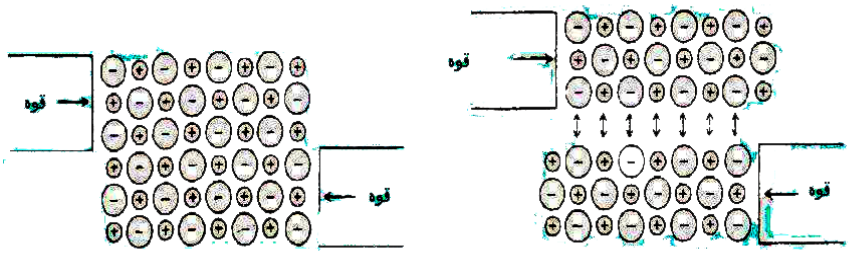


شکل (6 – 8): بلورهای کامل و از شکل طبیعی کامل خارج شدهٔ $KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$

۶ - ۱ - ۳ : انواع جامدات

خواص جامدات تا حدی به اشکال هند سی شبکه‌های بلوری آن‌ها، خاصیت واحدهای قرارداده شدهٔ، یعنی اتوم‌ها، آیون ها و مالیکول‌ها در نقاط شبکه و قوه بین آن‌ها مربوطه می‌باشد، به این اساس می توان جامدات را به چهار نوع ملاحظه کرد که عبارت از آیونی، مالیکولی، کولانسی و فلزی می‌باشند.

۱ – جامدات آیونی : در شبکهٔ جامدا ت آیونی، آیون‌های مثبت و منفی موجود است، چون قوه‌های الکتروستاتیکی (روابط آیونی) بین آن‌ها قوی بوده و بی ترتیب ساختن این نوع شبکه‌ها امکان ناپذیر است؛ ازاین سبب جامدات متشکل از آیون‌های سخت اند ؛ اما این نوع جامدات شکننده بوده؛ به طور مثال: یک بلور $NaCl$ در مقابل شکننده گی مقاومت شدید نموده ؛ اما در صورتی که بشکنند، به پودر مبدل می گردد.



شکل (6 – 9): شکننده گی جامدات آیونی .

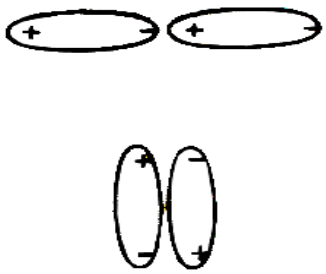
جامدا ت آیونی دارای نقط ذوبان بلند بوده و توام به شکستن شبکه بلوری می‌باشند . چون روابط آیونی فوق العاده مستحکم بوده؛ بنابرآن ذوب آن‌ها به حرارت بلند صورت می گیرد؛ به طور مثال : $NaCl$ بـه حرارت $800°C$ذوب می گردد. هدایت برقی جامدات آیونی ضعیف بوده؛زیرا آیون‌های آن‌ها آزادانه حرکت کرده نتوانسته؛ اما درحالت مذابه دارای هدایت برقی بلند می‌باشند.

فکر کنید :

شعاع آیونی، آیون‌های Na و Cl بترتیب 116pm و 167pm است، حجم Na و Cl را به متر مکعب وسانتی متر مکعب وکثافت مولی آن را در یافت نمایید.

۲ – جامـدات مالیکولـی : درجامدات مالیکولی واحدهای که نقاط یک شبکه را تشکیل می‌دهد ، مالیکول‌ها اسـت و در هر مالیکول اتوم‌ها به اسـاس قوۀ کوولانسـی ترکیب شده اند، رابطه اشـتراکی بین آن‌ها موجود می‌باشـد، بین مالیکول‌ها در اجسام جامد مالیکول قوۀ ضعیف واندر– والس موجود است . قوه واندر– والس انواع مختلف را دارا است که مهم ترین آن‌ها قوۀ دای پول – دای پولی (Dipol –Dipoly) و قوۀ لندن (London) است.

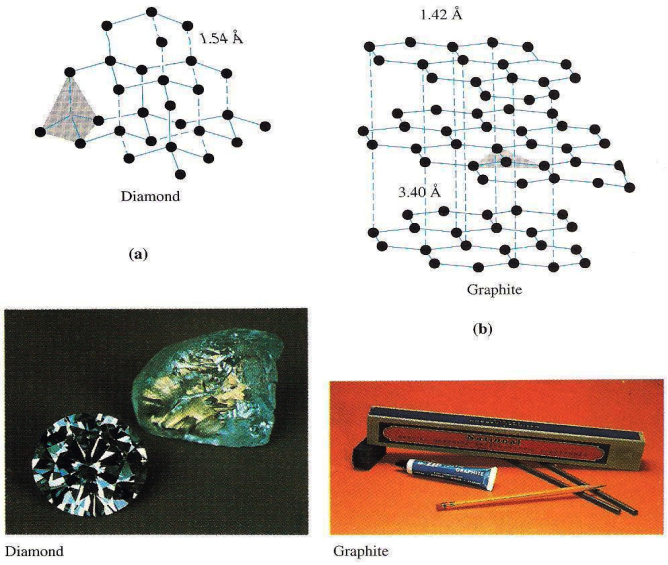
قوۀ دای پول – دای پولی عمل متقابل الکتریکی بین مالیکول‌های پولار Polar اسـت ، شکل ذیل به طور شیماتیک یک جوره مالیکول‌های دوقطبی مجاور یک دیگر را در یک شبکه نشان می‌دهد. قوۀ دای پول – دای پولی نسبت به قوۀ آیونی کوولانسی ضعیف است.



شکل (6 – 10): قوه‌های دای پول – دای پولی

۳ - جامدات کوولا نسی

جامدات کوولانسی را بعضاً به نام جامدات اتومی نیز یاد می‌نمایند . درین نوع جامدات واحدی‌های تشکیل دهنده در نقاط شبکه توسط رابطهٔ کوولنت با یک دیگر وصل گردیده اند. اتوم‌ها شبکهٔ سه بعدی را ایجاد می کنند که حدود فزیکی بلور گسترده وتوسعه شده می‌باشند. مثال ساده جامد کوولانسی سلیکان کار باید SiC است . در شبکهٔ این ماده هر اتوم Si در ترتیب چهار وجهی با چهار اتوم کاربن را بطه داشته وهر اتوم کاربن با چهار اتوم Si رابط برقرار نموده ودر نتیجه مادهٔ سخت جامد بلوری را تشکیل داده است، در جهٔ ذوبان این نوع جامدات بلند بوده ؛ زیرا اتوم‌ها با روابط قوی در شبکه با هم قرار داشته و چون دراین نوع جامدات آیون ها والکترون‌های متحرک موجود نیست؛ از این سبب هادی برقی نمی‌باشند . الماس نیز از جملهٔ نوع جامدات کوولانسی بوده که هر اتوم کاربن با چهار اتوم دیگر آن رابطه دارد.



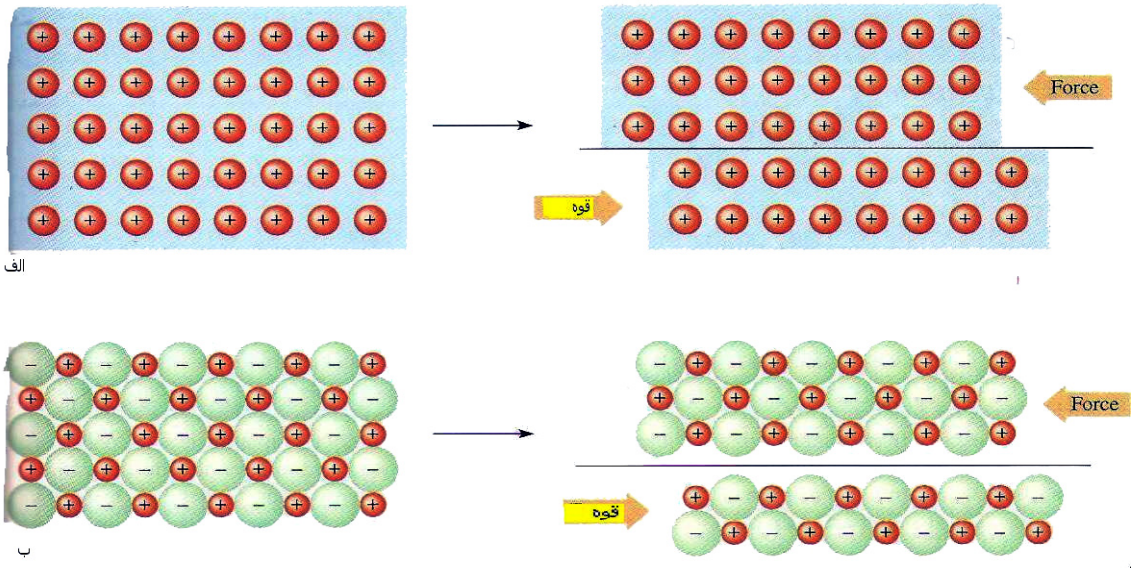
شکل (6 – 11): ساختمان جامد گرافیت و الماس .

۴ – جامدات فلزی

در یک جامد فلزی، واحدهای که نقاط شبکه را اشغال می‌نمایند ، آیون‌های مثبت بوده که مثال آن را می‌توان جامد سودیم ارایه کرد. آیون های Na^+ نقاط یک شبکه مکعبی مرکز دار را اشغال کرده اند.

سودیم (Na) یک الکترون خود را غرض تشکیل ابر الکترونی مجموعی شبکه از دست داده و الکترون‌های از دست داده شده در اختیار یک و یا دو اتوم نبوده؛ بلکه در تمام شبکه در حال شنا و حرکت می باشند و غیر مستقر اند. این نوع الکترون‌ها را به نام الکترون‌های آزاد یاد می کنند. بین آیون‌ها و ابر الکترونی یک قوۀ جاذبه خوبی موجود است که این قوۀ جاذبۀ ساختمان شبکه را ثابت و پایدار می‌سازد و هم زمان اجازه می‌دهد که بدون فرو پاشی شبکه تغییر شکل نماید؛ از این سبب سودیم و بعضی فلزات دیگر نرم می‌باشد و به ساده‌گی تغییر شکل می‌نماید. بعضی فلزات بسیار سخت بوده که مثال آن را می توان ولفرام (w) و کرومیم(Cr) ارائه کرد، در این نوع فلزات رابطه قطبی بوده، ازین سبب تمایل دارند تا انعطاف ساختمان را کمتر و از تغییر شکل آن جلوگیری نمایند. درجۀ ذوبان فلزات بنابر دلایل فوق در انتروال وسیع قرار دارد؛ به طور مثال: درجۀ غلیان کرومیم 89^0C؛ اما از ولفرام 3415^0Cاست.

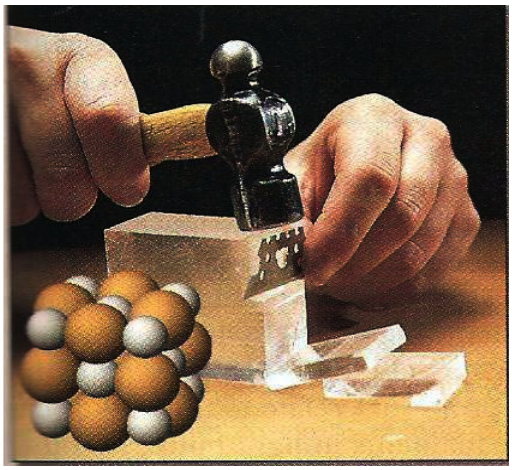
الکترون‌های آزاد فلزات سبب هدایت حرارتی و برقی آن‌ها شده، الکترون‌ها می‌تواند از یک قسمت فلز به قسمت دیگر آن حرکت نمایند که بدین اساس هدایت الکتریکی و حرارتی را سبب می گردند. الکترون‌های متحرک و آزاد در فلزات سبب جلای آن‌ها نیز شده، الکترون، نوری را که به سطح فلز بر خورد می‌نمایند ، جذب نموده و دوباره به اطراف منتشر می‌سازد، این عمل طوری اتفاق می‌افتد که یک سطح فلزی نور را در تمام جهت‌ها منتشر می‌سازد:

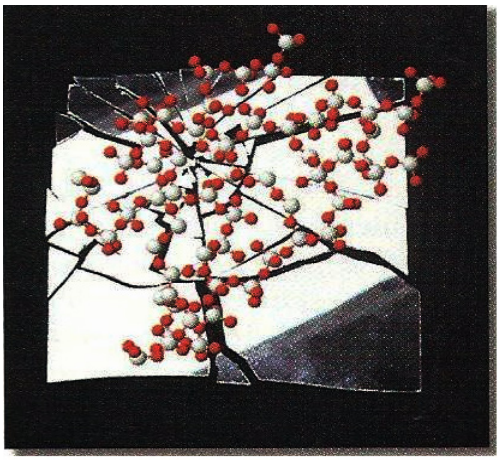


شکل (6 – 12): شبکۀ فلزی در فلز جامد .

۵- جامدات امورف

به حرارت‌های پایین مایعات فوق العاده سرد شده ، این حالت مایع را به نام مـــایع سرد شده یـاد میکننـد، هر قدر که حرارت ماده کم شـود ، به همان اندازه مایع حالت سـیال خود را از دست داده وبه حالت جامد نزدیک شده تا این که حالت جامد را اختیار نموده، دراین صورت ماده حالت سـخت را به خود حاصل ،حجم وشـکل معین را دارا می‌باشد؛ اما ازنظر ساختمان داخلی، اجزای متشـکلهٔ آن‌ها به شکل نا منظم قرار داشـته، این نوع جامدات را به نام امورف (Amorph) (بدون شـکل) یاد می‌نمایـد وجامـــــدات دارای سـاختمان منظم را به نام جـــامدات بلـوری (Crystal)یاد می‌نمایند.





الف ب

شکل (6 -13): الف - کرستال، ب - امورف.

دراین جا سـؤال پیدا می‌شـود که جامدات امورف را می‌توان جامد گفت؟ لاکن باید گفت که هرشـی دارای حجم وشـکل معین را می‌توان جامد گفت؛ اما جامـدات امورف از لحاظ ساختمان داخلی به مایعات شباهت دارند. شیشه نیز از جمله جامدات امورف است.

۶-۱-۱ : خواص جامدات

جامدات دارای حجم و شـکل معین بوده؛ اما اگر حرارت آن‌ها بلند برده شـود ،کمتر منبسط می‌گردند. ضریب انبسـاط حرارتی (تغیرنسـبتی حجم برافزایش حرارت به اندازه یک درجه) جامدات نسـبت به گازات بسـیار کوچک است، تأثیر فشـار بالای جامدات بسیار کم است .

جامـدات تقریبـاً غیر قابل انقباض اند ؛ به طورمثال : اگر خواسـته باشـیم که حجم یک مقدار نمونه نقره را به نصف برسـانیم، باید بالای آن $5\cdot10^5\,atm$ فشار وارد گردد. وابسطه گی حجم جامدات با فشار وحرارت مربوط به ساختمان آن‌ها می‌باشد . فاصله بین اتوم‌ها و مالیکول‌ها در جامدات بسـیار کم بوده؛ اما در گازات این فاصله زیاد است. برعلاوه ساختمان، تقریباًغیر قابل تغییر، یک مادۀجامد نشـان می‌دهد که در سـاختمان جامدات مالیکول‌هـا و اتوم‌ها با هم دیگر رابطۀ مستحکم بر قرار نموده و حرکت ما لیکول‌ها در جامدات بطی و حتی به ملاحظه نمی‌رسد. مایعات به سرعت زیاد جاری شده و چون در مایعات مالیکول‌ها به آسانی یکی بالای سطح دیگر لغزیده و روی همین علت اسـت که مایعات شکل ظروفی را به خود اختیارمی نمایند که در آن قرار داشـته باشـند، از طرف دیگر قوۀجذب بین مالیکولی در مایعات نسبت به گازات بیشتر و قوی تر بوده، این عامل سـبب می‌شـود تا مقاومت داخلی در مقابل جاری شدن یک مایع نسبت به گازات بیشتر باشد.

۶ -۲ : مایعات

مایعات را می‌توان به دو طریقه بدست آورد:

1 - طریقه ذوب جامدات

2 - طریقه مایع ساختن گازات

در طریقۀ اول مادۀ جامد انرژی را جذب نموده و این انرژی به ازدیاد انرژی حرکی ذرات آن به مصرف می‌رسد. در طریقۀ دوم قوۀ جاذبه بین مالیکول‌های مواد در فاز گازی زیاد شده و سیستم به محیط ماحول انرژی داده و به مایع تبدیل می‌گردد ؛ چون ذرات تشـکیل دهندۀ مـایعات با هم خیلی نزدیک اسـت؛ از این سبب مایعات مشـابه به جامدات بوده می‌تواند و از طرف دیگر چـون مالیکول‌ها و ذرات مایعات آزادانه حرکت کرده می‌تواند؛ بنابراین مشـابه به گازات نیز بوده می‌تواند .

۶ –۲ – ۱ : خواص عمومی مایعات

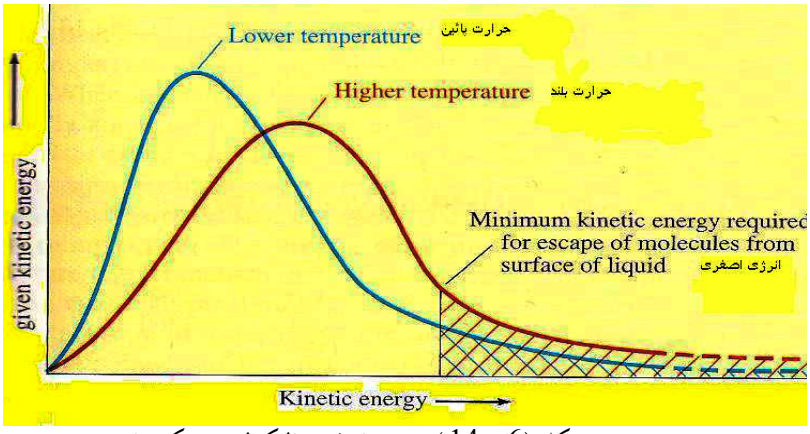
مایعات به سـرعت زیاد جاری شـده و چون در مایعات مالیکول‌ها به آسـانی یکی بالای سطح دیگر لغزیده و روی همین علت است که مایعات شکل ظروفی را به خود اختیارمی نمایند که در آن قرار داشته باشند، از طرف دیگر قوۀ جذب بین مالیکولی در مایعات نسبت به گازات بیشتر و قوی تر بوده، این عامل سبب می‌شود تا مقاومت داخلی در مقابل جاری شدن یک مایع نسبت به گازات بیشتر باشد.

۶ –۲ - ۱ –۱ : مقایسه انتشار مایعات با گازات

چون حجم گازات را اکثراً فضای خالی تشکیل داده و تصادم مالیکول‌ها در آن‌ها کـم است؛ اما این مطلب در مایعات کمتر موجود بوده؛ بنابراین گفته می‌توانیم که انتشار مایعات نسبت به گازات سریع بوده و برخورد مالیکلول‌ها در مایعات زیاد تر است؛ ازین سبب حرکت آن‌ها به سمت معین صورت نمی‌گیرد؛ به طور مثال: اگر یک قطره رنگ مایع را در آب علاوه نماییم، دیده خواهد شـد که رنگ درآب به آهسته‌گی منتشر می‌گردد و تمام حجم ظرف پراز آب را احتوا می‌کند، قابلیت تراکم پذ یری مایعات نسـبت به گازات کمتر است، مایعات دارای حجم خاص مربوط به خود بوده، گرچه شـکل مایع تابع شـکل ظرف است؛ اما یک مایع برخلاف گازات تمامی حجم ظرف را اشـغال نمی‌کند. قوۀ جاذبه مالیکول‌ها باعث تراکم نسـبی آن‌ها نسبت به گازات می‌گردد.

مایعات دارای کشش سطحی بوده ، کشش سطحی عبارت از میل یک مایع جهت کاهش سطح خود می‌باشد که آن را تبارز می‌دهد و ناشی از عدم توازن قوه‌ها در سطح مایع است ، طوری‌که مالیکول‌هـای داخلی باعث کشـش مالیکول‌های خارجی به داخل می‌گـردد ، دراین صورت بالای مالیکول‌های سطحی قوه موثری جهت خنثی نمودن قوه داخلی موجود نمی‌باشد.

۶ –۲ –۱ –۲ : تبخیر و فشار بخار مایعات



شکل (6 – 14): توزیع انرژی مالیکولی در یک مایع .

یکی از خواص مهم مایعات عبار ت از تبخیر آن‌ها اسـت، سـرعت مالیکول‌های مایع، مانند سرعت مالیکول‌های جامد و گازات مختلف بوده و در مقابل، انرژی حرکی مالیکول‌های مایع

نیز مختلف بوده و در هر لحظه بعضی از مالیکول‌ها سریع حرکت نموده و در آن محیط بعضی از مالیکول‌ها حرکت بطی را دارا اند. گراف فوق مطلب را به وضاحت توضیح می‌نماید.

گـراف انرژیکی مالیکول‌ها در یک مایع و توزیع آن قرارشـکل فـوق توضیح می‌نمایند که در حـرارت بلنـد اکثر مالیکول‌ها بـا انرژی حرکی بیشـتر در محیط موجود می‌باشـند. آن عده از مالیکول‌های که در سطح یک مایع قرار دارند ، در صورتی که خود را از قوۀ جاذبۀ مالیکول‌های دیگر نجات دهند، به بخار تبدیل می‌شـوند که این عملیه را تبخیر می‌نامند ، عملیه تبخیر در هر لحظه امکان پذیر اسـت . ازدیاد حرارت باعث از دیاد انرژی حرکی مالیکول‌های مایع شـده، عملیه تبخیر سریع می گردد.

۶ –۲ –۱ –۳ : درجه غلیان مایعات

اگـر مایـع دریک ظرف سـر باز حرارت داده شـود گرمای (حرارت) آن زیاد شـده ،غلیان می‌نماید. در موقع جوش یک مایع به فشار ثابت نقطۀ جوش آن ثابت می‌ماند. در حقیقت به فشار ثابت حرارتیکه مایع در آن غلیان می‌نماید به نام نقطۀ جوش همان مایع یاد می گردد. در صورت غلیان یک مایع، فشار بخار یک مایع مساوی به فشار خارجی وارده یا اتموسفیر می‌باشد.

پروسۀ غلیان مایعات در ظروف سرباز رونما شده؛ اما در ظروف سربسته صورت نمی گیرد. در ظروف سرباز فشار وارده خارجی بالای مایع ثابت بوده و با تغییر فشار خارجی درجۀ غلیان نیز تغییر می‌نماید، طوری که با ازدیاد فشار درجۀ غلیان مایعات زیاد شده؛ اما باکاهش فشار حرارت غلیان مایع کم می‌شـود؛ به طور مثال: درجۀ غلیان آب در یک اتموسفیر فشار 100^0C بوده؛ اما در مناطق مرتفع که فشار $650mmHg$ باشد، آب در 95^0C غلیان می‌نماید.

فعالیت

الف – حرارت غلیان آب در بلندی کوه زیاد است و یا در قسمت پایین آن، چرا ؟

ب - پختن کچالو در آب در بلندی کوه زمان بیشتر را در بر می گیرد ویا درقسمت پایین آن؟

ج – آیا آبی که در بالای کوه می‌جوشـد، دسـت را بیشتر می‌سوزاند و یا آبی که در پایین کوه می‌جوشد، دست را بیشتر می‌سوزاند؟

پروسـۀ غلیان در ظروف سربسته عملا"به وقوع نمی‌پیوندد ؛ زیرا در ظرف سربسته بخارات جمع شـده وسـطح مایع را بخار احاطه نموده و فشار سـطح مایع را افزایش بخشیده و مانع غلیان مایع می گردد، درین صورت هر قدر که حرارت بالای آن زیاد گردد، به همان اندازه

فشـار مجموعی درسـطح مایع در ظرف سربسته زیاد شـده و عملاً پدیدهٔ غلیان به وقوع نمی‌پیوندد و تمام مایع ظرف سربسته به بخار تبدیل می‌شود.

فکر کنید

الف – آیا عملیهٔ جوشـاندن در دیگ بخار سربسته بالای شعلهٔ آتش قرار گرفته، صورت می گیرد؟

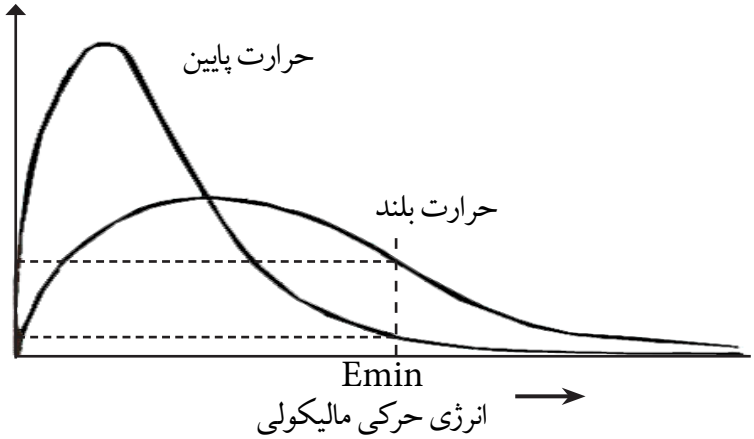
ب – چرا در بالای دیگ‌های بخار سوراخ هارا به وجود می‌آورند تادر موقع مناسب باز وبخار خارج گردد؟

ج – حرارت آب در دیگ بخار بیشتر است و یا این که در دیگ‌های سر باز، آب در کدام دیگ در حالت جوش بیشتر می‌باشد؟

خلاصه این که حالت جامد و مایع ماده تقریباً مشابه بوده و از حالت گاز ماده فرق دارد.

۶-۲ – ۱–۴: حرارت وتغییرات ماده

اگر یک مادهٔ جامد حرارت داده شـود ،کدام پدیده دیده خواهد شـد؟ به صورت عموم مادهٔ جامد ذوب شـده به مایع تبدیـل می گردد، اگر مایع حاصله هنوز حرارت داده شـود به یک درجهٔ معین حرارت غلیان می‌نماید و فاز گاز را تشـکیل می‌دهد. منحنی گرما و زمان تغییرات سه حالت (جامد، مایع و گاز) آب را قرار ذیل ملاحظه می‌نماییم:



شکل (6 – 15): گراف منحنی وابستگی گرما و زمان تغییرات سه حالت آب .

انـرژی که به داخل یخ می گردد ، اهتزازات حرکی مالیکول‌های آب را زیاد سـاخته، در نتیجه مالیکول‌ها از هم جداشـده وشـبکه‌های کرسـتالی از هم مجزا می گردد که دراین صورت مادهٔ جامـد به مایع تبدیل می‌شـود وانرژی مالیکول‌ها به اندازه یی زیاد می گـردد که این مالیکول‌ها موقعیت خود را در شبکه از دست داده ومادهٔ جامد به مایع تبدیل می گردد.

حرارت جامدات در ذوب شـدن تا هنـگامی ثابت باقـی می‌ماند که به طور کامل، مادهٔ جامد بـه مایع تبـدیل نگردیده باشـد. بعد از ذوب درجهٔ حرارت الی درجـهٔ غلیان بلند می‌رود (در صـورت آب به $100^0 C$ بلند مـی‌رود) واین درجهٔ حرارت الی تبخیر شـدن کامـل ثابت باقی می‌ماند. زمانی که مایع کاملاً تبخیر گردد، درجهٔ حرارت بلند می‌رود.

فعالیت

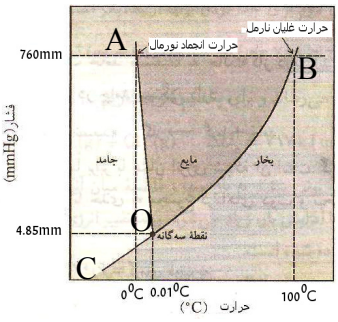
تحقیـق نمایید که چرا مواد جامد در اثـر ازدیاد حرارت ذوب می گردد ؟ چرا در اثر ازدیاد حـرارت مایعات به بخار ویاگاز تبدیل می گردند ؟ اشـکال ذیل را ملاحظه نموده، جواب ارایه کنید:



شکل (6 – 16): حالت‌های آب در حرارت‌های مختلف

نقطـهٔ ذوبان وغلیان یک ماده توسـط فشـاربخار حالت‌های جامـد ومایع تعیین می گردد .

گراف ذیل فشار بخار جامد ومایع آب را نشان می‌دهد:



شکل (6 – 17): وابسته‌گی فشار بخار آب با حرارت

خط OA: در فشار یک اتموسفیر سرحد بین جامد و مایع را نشان می‌دهد که در فشار ثابت به تغییر درجه حرارت جامد به مایع تبدیل می‌شود.

خط OC: اگر فشـار از نقطهٔ سـه گانه کم باشد فاز جامد به فاز بخار تبدیل می شود، (تصعید).

خط OB: سرحد بین مایع و بخار بوده که به هر فشار و درجه حرارت، تعادل بین مایع و بخار را نشان می دهد. اگر فشار ثابت باشد به ازدیاد درجه حرارت مایع به بخار تبدیل می شود.

۶-۲-۱-۷: انجماد مایعات

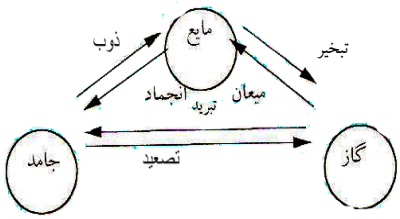
زمانی که از یک مایع حرارت گرفته شـود؛ دراین صورت انرژی حرکی مالیکول‌ها کم شده، حرارت مایع پایین آمده ، بالآخره حالت ثابت را به خود اختیار نموده و هم زمان به آن بلورهای جامد مواد حاصل می‌شود. درجهٔ انجماد یک مایع عبارت از همان مقدار درجهٔ حرارت است که فاز جامد و مایع یک ماده در حال تعادل با یک دیگر قرار دارند.

جامد ⇌ مایع

واضح است که اگر حرارت از یک مایع گرفته شود ، سمت پروسه به طرف راست ادامه پیدا می‌نماید، این حالت را انجماد می‌نامند . در صورتی که به مواد جامد حرارت داده شود، جریان پروسه قرار معادلهٔ فوق به طرف چپ ادامه پیدا می‌نماید، این پروسه را ذوب می‌نامند. سرعت انجماد معادل سـرعت ذوب می‌باشد، طوری که سیسـتم نه حرارت جذب و نه آزاد می‌نماید. چون پروسـهٔ رفت وبازگشت دراین سیستم در عین درجهٔ حرارت اتفاق می‌افتد؛ بنابراین نقطهٔ ذوب و انجماد یک مادهٔ خالص یکسان است.

تبدیل حالت جامد اجسام را به طور مستقیم به حالت گاز به نام عملیهٔ تصعید(Sublimation) یـاد می‌نمایند. حالت جامد مواد مانند حالت مایع وگاز دارای فشـار بخـار بوده و چون قوهٔ کشش بین مالیکولی درجامدات قوی بوده؛ بنابراین فشار بخار جامدات کمتر می‌باشد.

در حالت تعادل فشـار بخار جامد و گاز با هم مسـاوی بوده و درجهٔ حرارت سیستم در حالت تعـادل ثابت می‌باشـد . اگر حرارت مـادهٔ گازی کم گردد و بدون این که مایع شـود ، جامد می‌گردد، این پدیده را تبرید (سـرد سـاختن) می‌نامند، بعضی از مواد را می‌توان در شـرایط عادی به طریقهٔ تصعید و تبرید خالص کرد که مثال آن‌را می‌توان آیودین و نفتالین $(C_{10}H_8)$ ارائه کرد.



بـه صورت عمـوم یک مـاده نظر به شـرایط می‌تواند به سه حالت (جامد، مایع، گاز) ملاحظه شـود که تبدیل این سـه حالت را به یک دیگر شیمای ذیل ارائه می‌دارد.

شکل (6 – 18): تبدیل سه حالت ماده به یک دیگر

۶– ۳ :گـازات

۶ – ۳ – ۱ : صفات گازات

طبیعت گازات به اندازهٔ قابل ملاحظه با هم مشابه بوده و این تشابه به ما امکان آن را میسر می‌سازد تا گاز ایدیال را تعریف نماییم و سـپس خواص گازات حقیقی را با خواص گازات ایدیال مقایسـه کرده، درین صورت خواهیم یافت که گازات حقیقی و گازات اید یال طبیعت مشـابه را در بعضی موارد خواهد داشت. (در صورتی که فشار زیاد نباشد و هم حرارت وارده بالای آن‌ها نیز پایین باشد) خواص گازات از جملهٔ فکتورهای مواد گازی اسـت که می‌توان آن را توسـط قوانین ساده توضیح کرد؛ دراین جا اول لازم است تا فکتورهای را مورد بحث قرار دهیم که بالای گازات تاثیر دارند، آن‌ها عبارت از حجم، فشار، مقدار گاز و حرارت بوده و این‌ها از جملهٔ فکتورهای اند که در مباحث بعدی این فصل کمک شایانی را در مورد قوانین آزمایشی خواهد نمود.

حجم

چون گازات به طور آنی منبسط شده و ظرف مربوط خود را پر می‌نمایند، پس حجم گازات بـه طور عموم معاد ل حجم ظرف آن‌ها اسـت؛ اما امروز توصیه گردیده اسـت که کمیت‌های اندازه گیری حجم گازات باید مطابق به سیسـتم بین المللی به شکل واحد تعیین گردد. چون در سیسـتم بین المللی (SI) واحد فاصله متر (m) اسـت. بنابر آن واحد حجم در (SI) متر مکعب (m^3)بوده و عمدتاً بحیث واحد حجم decm^3 (دیسی متر مکعب) انتخاب می گردد که حجم یک دیسی متر مکعب را به نام لیتر (Liter) یاد میکنند. برای اندازه گیری احجام مواد از اجزا و اضعاف استفاده می‌نمایند که بطور عمده cm^3 است و $1\mathrm{cc} = \mathrm{cc} = 1\mathrm{cm}^3 = 1\mathrm{mL}$ است.

فشار

قوه وارده فی واحد سطح عبارت از فشار است

$$P = \frac{F}{S}$$

واحد فشار در سیستم cgs عبارت از Bary، در سیستم MKS، پاسکال و در سیستم FPS پوند (Lb) تقسیم بر In^2 بوده که $1atm = 14.7lb/In^2$ است که به نام پیسی Psi نیز یاد می‌شود. $1atm = 14.7Lb \cdot Inch^{-2} = Psi = 760mmHg$ است . واحدات فشار در کیمیا اتموسفیر و ملی مترستون سیماب است.

$$1atm = 760mmHg = 760torr$$
$$1atm = 14.1b/inch^2 = 101.3Kpa$$

مقدار مادۀ گازی

بــه صــورت عمــوم مقدارمواد به مول اندازه می‌شــود که به (n) افـاده می گردد. مقدار مول‌های ماده را می‌توان از تقســیم نمودن گرام‌هــا ماده مطلوب بر کتله مالیکولی یا اتومی آن به دست آورد:

$$n = \frac{m}{M}$$

حرارت گازات

حــرارت گازهــا به صورت عموم به کالوین اندازه می گردد که کالوین را به نام حرارت مطلقه نیز یاد می‌نمایند:

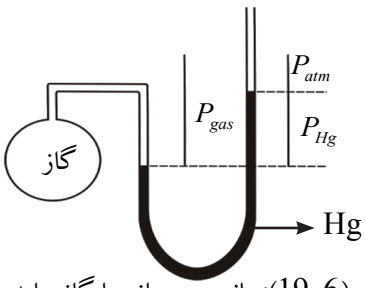
$$TK = {}^{0}C + 273$$

۶-۳-۲ : قانون بایل (Boyls Law)

در سال 1662 م رابرت بایل و آدام ماریوت دو فزیکدان فرانسوی مستقل از یک دیگر رابطه بین حجم و فشــار گازات را به حــرارت ثابت مطالعه نموده اند، در نتیجه دریافت نموده اند که به حرارت ثابت (T= constant) حجم گازات به مقدار معین آن، معکوســاً متناســب به فشار است.

$$V \approx {}^{1}/_{P} \text{----------1}$$

علمای مذکور از دستگاهی استفاده نموده اند که در آن یک نمونۀ گاز در قسمت تحتانی بسته شــدۀ مانو متر درجه دار قرار داشت. با علاوه نمودن سیماب به انجام باز مانو متر می‌توان فشار گاز را افزایش داد وبا ازدیاد فشار حجم گاز را در مراحل مختلف اندازه گیری کرد:



شکل (6-19): مانومتر سرباز با گاز هایدروجن:

$$P_{atm} + P_{Hg} = P_{gas}$$

نتایــج یــک عده از اندازه گیری‌های فشــار- حجم گاز هایدروجــن مورد تجزیه که به

حرارت $25°C$ انجام گردیده است، در جدول ذیل تحریر شده است:

جدول(6 – 1): تراکم گاز هایدروجن در حرارت $25^{\circ}C$

نمبر تجارب	فشار به mm Hg	حجم به ml	حجم ضرب فشار
I	760	25	$\mathbf{1.75 \cdot 10^2}$
II	830	21.1	$\mathbf{1.75 \cdot 10^2}$
III	890	19.7	$\mathbf{1.75 \cdot 10^2}$
IV	1060	16.5	$\mathbf{1.75 \cdot 10^2}$
V	1240	14.1	$\mathbf{1.75 \cdot 10^2}$
VI	1510	11.6	$\mathbf{1.75 \cdot 10^2}$

دراین نتایج دو نکته مهم نهفته اســت: اول این که با ازدیاد فشار حجم گاز هایدروجن کم شده و دوم اینکه ازدیاد فشــار و تنقیص حجم طوری است که حاصل ضرب فشار و حجم ثابت باقی می‌مانــد و ایــن فکتور (PV) توجه بایل و ماریوت را به خود جلب نمود که معادلۀ آن قرار ذیل است:

$$PV = K \text{ ---------- } 2$$

در رابطۀ فوق P فشار V حجم گاز و K ثابت بوده و مقدار آن به حرارت و مقدار گاز مربوط است . به این اساس معادلۀ I را می‌توان به طورمکمل قرار ذیل نیز تحریر کرد:

T= Constant ، n= Constant

$$PV = K \text{ ---------- } 3$$

معادله 1 و 2 را به نام قانون بایل و ماریوت یاد می‌نمایند؛ این معادله را می‌توان قرار ذیل تحریر کرد:

$$V = \frac{K}{P} \text{ ---------- } 4$$

به صورت خلاصه گفته می‌توانیم که به حرارت ثابت حجم یک مقدار معین گاز معکوساً متناسب به فشار است.

مثــال: یک گاز آیدیال در دســتگاه انداره گیــری بایل قرار دارد، طــــــــوری که به فشــار $625mmHg$ حجم آن $247mL$ است . در صورتی که فشار به $825mmHg$ تغییر

نموده باشد، حجم گازرا دراین تغییر فشار محاسبه نمایند(T= Constant).

حل: طبق قانون بایل $P_1 V_1 = K, P_2 V_2 = K$ است ، پس $P_1 V_1 = P_2 V_2$ شده می‌تواند:

$$V_1 = 247mL$$
$$P_1 = 625mmHg$$
$$P_2 = 825mmHg$$
$$V_2 = ?$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1}$$
$$V_2 = \frac{V_1 P_1}{P_2}$$
$$V_2 \frac{247mL \cdot 625mmHg}{825mmHg} = 187mL$$

مشق و تمرین کنید

به فشار $1.23atm$ حجم گاز آیدیال 4.63 لیتر است در صورتیکه فشار $4.14 \cdot 10^{-2} atm$ تغییر نماید، حجم گاز را دریافت نمایید. (T= constant) .

فعالیت

در معادلهٔ $K, PV = K$ به نام ثابت بایل یاد می گردد، مقدار این ثابت را برای گازات در شرایط ستندرد به $atm \cdot L, mmHg \cdot L, pa \cdot m^3$ دریافت نمایید.

۶ - ۳ – ۳ : قانون چارلس (تاثیر حرارت بالای گازات)

در سال 1787 م فزیکدان فرانسوی به نام ج . چارلس تغییرات حجم گازات را با تغییرات حرارت به فشار ثابت دریافت کرد. عالم مذکور ملاحظه نمود که در فشار ثابت (P=con) اگر حرارت وارده را بالای گازات از $0^0 C$ الی $80^0 C$ تغییر دهیم، تغییرات حجم گازات، معادل یک دیگر خواهد بود. در سال‌های 1806 تا 1808 گیلو سگ توانست فهرست گازات چارلس را کامل سازد و در ضمن نام برده نشان داد که به فشار ثابت ازدیاد یک درجه سانتی گراد حرارت، از هر درجهٔ سانتی گراد حجم گاز $\frac{1}{273}$ حجم اولی انبساط حاصل مینماید . نتایج سه نمونه از مطالعات چارلس و کیلو سک در گراف شکل (6 - 20) قرار ذیل ارایه گردیده است، دراین گراف برای سه نمونه با کتله‌های مختلف از هایدروجن رابطه بین حرارت و حجم توضیح گردیده است، دراین تجربه فشار ثابت بوده، اگر این خطوط

گراف وابسته گی حرارت و حجم ادامه داده شود، محور افقی درجهٔ حرارت را در یک نقطه مشخص که دراین نقطه $V=0$ است ، قطع خواهد کرد . از تجربه‌های ذکر شده نتیجه گیری میشود که در صورت تنزیل حرارت به -273^0C (0^0C) حجم گازات مساوی به صفر است، ظاهراً به حرارت -273^0C گاز باید از بین رود.

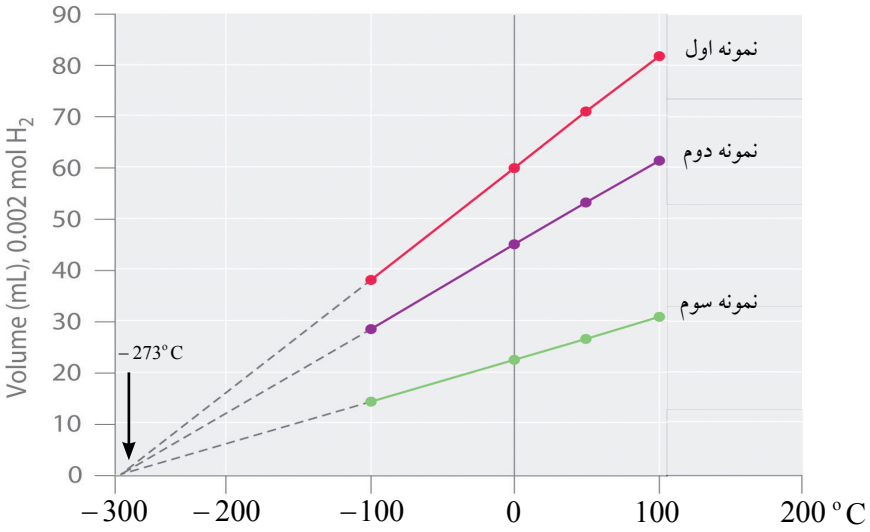
از تجارب اجرا شدهٔ لازمهٔ بالای گازات مختلف، نتیجه گیری گردیده است که از رسم گرافیکی آن‌ها خطوط مستقیمی حاصل می گردد وآن‌ها تماماً محور افقی حرارت را در یک نقطهٔ معین (-273^0C) قطع می‌نمایند. چون حجم کمتر از صفر موجود بوده نمی‌تواند، پس حرارت (-273^0C) کمترین حرارت بوده از این سبب آن را صفر مطلق قبول نموده اند (رقم دقیق آن (-273.15^0C) است. معادلهٔ عمومی خطوط مستقیم(شکل (6 – 20) عبارت است از :

$$V = a(t + 273) \text{----------1}$$

در معادلهٔ یک V حجم گاز t درجه حرارت به ^0C و a میل خط مستقیم است.مقیاس درجهٔ سانتی گراد را می‌توان چنین تحریر کرد $Tk = °C + 273$

پس:

$$V/T = a\ (n.p) \text{.....II}$$



شکل (6 - 20): رابطه بین فشار وحرار ت

به فشار ثابت (P=constant) حجم گازات به مقدار معین، تناسب مستقیم به حرارت دارد. قضیهٔ فوق مربوط به چارلس و به قانون کیلوسک ارتباط دارد.

اگر به فشار ثابت حجم یک مقدار معین گاز V_1 باشد؛ دراین صورت حرارت وارده اولی گاز مذکور T_1 بوده، در صورتی که حرارت به T_2 تغییر نمایند، حجم گاز V_2 اســت؛ بدین اساس نوشته کرده می‌توانیم که:

$$V = KT \quad ----------3$$

$$\frac{V_1}{T_1} = K \quad ----------4$$

$$\frac{V_2}{T_2} = K \quad ----------5$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad ----------6$$

مثال: یک گاز ایدیال در 25^0C به اندازه $1.28L$ حجم را اشغال می کند. در صورتی که حرارت به 50^0C تغییر نماید ، حجم گاز مذکور چقدر خواهد بود؟ (در فشار ثابت)

حل:

$V_1 = 1.28L$

$t_1 = 25\ ^oC \qquad T_1 = 25\ ^oC + 273\ ^oC = 298\,K$

$t_2 = 50\ ^oC \qquad T_2 = 50\ ^oC + 273\ ^oC = 323\,K$

$V_2\ ?$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$V_2 = \frac{V_1 T_2}{T_1} = \frac{1.28L \cdot 323K}{298K} = 1.39L$$

فکر کنید

به فشــار ثابت و حرارت 27^0C یک گاز آید یال $128cm^3$ حجم را اشــغال نموده است، در صورتی که حجم گاز مذکور به $214cm^3$ تغییر نموده باشد، حرارت وارده چقدر خواهد بود؟

مثال: به حرارت 25^0C و فشـار $1atm$ یک گاز ایدیال $2.65L$ حجم را اشـغال نموده اسـت. اگر هم زمان حرارت 75^0C و فشـار به $2atm$ بلند برود، دراین صورت حجم گاز مذکور چقدر خواهد بود؟

حل:

1 - قرار قانون بایل (n و T ثابت (: $V \approx \frac{1}{P}$

2 - قرار قانون چارلس (n و p ثابت):

$$V \approx T$$

از ترکیب معادلهٔ بایل و چارلس می‌توان تحریر کرد که

(n ثابت)

$$V = \frac{CT}{P}$$

درین جا C ثابت تناسب بوده که تناسب را به مساوات تبدیل نموده است ؛پس:

$$\frac{PV}{T} = C$$

رابطهٔ فوق را به نام قانون ترکیب گازات یاد می کنند که آن را می‌توان به دو حالت مختلف گازات قرار ذیل تحریر کرد:

$$\left.\begin{array}{l} \frac{P_1V_1}{T_1} = C \\ \frac{P_2V_2}{T_2} = C \\ \frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} \end{array}\right\} \quad V_2 = \frac{P_1V_1T_2}{P_2T_1} = \frac{1atm \cdot 2.65L \cdot 348K}{2atm \cdot 298K} = 1.55L$$

۶ – ۳ – ۴ : اصل اوگدرو

قرار قانون گیلوسـک: نسبت حجم‌های گازات تعامل کننده در یک تعامل کیمیاوی تحت عین شـرایط فشـار و حرارت اعداد تام و کوچک اسـت؛ به طور مثال: نایتروجن و هایدروجن تحت فشارو حرارت زیاد با هم تعامل نموده امونیا را تشکیل می‌دهد، نسبت حجمی نایتروجن و هایدروجن درتشکیل امونیا $1:3$ و همچنان برعکس آن $3:1 = N_2 : H_2$ است؛ یعنی:

$$3H_2 + N_2 \longrightarrow 2NH_3$$

دو حجم ⟵ یک حجم + سه

دراین مورد سـؤال مطرح می گردد، این که: چرا رابطه بین حجم‌ها د قیقاً همان رابط است که بین تعداد مالیکول‌های مواد تعامل کننده در تعامل کیمیاوی موجود است؟

جواب این سـؤال طوری است که حجم‌های مساوی گازات مختلف تحت عین شرایط فشار و حرارت تعداد مسـاوی مالیکول‌ها را دارا اسـت (قانون اول اوگد رو). تعداد مساوی ذرات (مالیکول‌ها ، اتوم‌ها ویا ایون‌ها) گازات مختلف تحت عین شـرایط فشار و حرارت حجم‌های مساوی را اشغال می‌نماید. (قانون دوم اوگد رو).

به اسـاس اصل اوگدرو حرارت و فشـار ثابت ، حجم گازات مسـتقیماً متناسب به تعداد مول همان گاز است:

T=constant

P=constant

$$V \approx n \text{----------1}$$

$$\frac{n}{V} = K \text{----------2}$$

مشق و تمرین کنید

الف – حجم اشـغالی $3.011 \cdot 10^{23}$ مالیکول گاز نایتروجن در شـرایط STP چند لیتر خواهد بود؟

ب – حجم مولی گازات مربوط به کدام عامل است؟ بادر نظر داشت حجم مولی در شرایط سـتندرد، حجم مولی گازات را درفشار یک اتموسفیر وحرارت 127^0C محاسبه نماید.

۶– ۳ –۵ : قوانین گازات ایدیال

قانون بایل، قانون چارلس و اصل اوگدرو هر سه بیان کننده تناسبی اند که گازات اید یال را توصیف می‌نمایند، تناسب علمای مذکور را قرار ذیل خلاصه می‌توانیم:

(n و T ثابت) $V \approx \frac{1}{P}$ (قانون بایل)

(n و P ثابت) $V \approx T$ (قانون چارلس)

(P و T ثابت) $V \approx n$ (اصل اوگدرو)

از این سه تناسب می‌توان تحریر کرد که:

$$V \approx \frac{1}{P} nT \text{ ----------3}$$

اگر تناسب معادله 3 را به مساوات تبدیل نماییم، R راکه به نام ثابت گازات یاد می‌شود، به طرف راست معادله معامله نموده، حاصل می‌شود که:

$$V = RTn\frac{1}{P}$$

$$V = \frac{nRT}{P}$$

$$PV = nRT \text{ ----------4}$$

رابطۀ 4 رابه نام معادلۀعمومی حالت گازات آیدیال یاکامل یاد می‌نمایند ، قیمت R مربوط به حجم ، حرارت وفشارومقدار گازات بوده ونظربه شرایط ، مقدار گاز قیمت آن فرق دارد.

درشرایط STP یک مول هرگاز 22.4L حجم رااشغال می‌نمایند. به این اساس اگرقیمت‌های n,T,P و V گازات آید یال درمعادله عمومی حالت گازات معامله گردد ، قیمت‌های مختلف R نظربه قیمت‌های پارا مترهای فوق الذکر حاصل می گردد:

$T = 0^0 C = 273K$

$P = 1atm = 101.3KPa$

$n = 1mol$

$V = 22.4L = 22.4 \cdot 10^{-3} m^3$

$R = ?$

$PV = nRT$

$R = \frac{PV}{nT}$

$R = \frac{101.3KPa \cdot 22.4 \cdot 10^{-3} m^3}{1mol \cdot 273K} = 8.31 \frac{J}{mol \cdot K}$

مثال : به فشار 0.432atm یک گاز آید یال 8.64L. حجم رااشغال نموده است. مقدار آن 0,176 مول است حرارت وارده بالای گازمذکور رادریافت نما یید.

حل :

$T = ?$ $\quad P = 0.432$ $\quad n = 0.176mol$ $\quad V = 8.64L = 8.64 \cdot 10^{-3} m^3$ $\quad R = 0.0802atm \cdot L \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$

$PV = nRT$

$$T = \frac{PV}{nR} = \frac{0.432atm \cdot 8.64 \cdot L}{o.176mol \cdot 0.0802atm \cdot L \cdot mol^{-1}K^{-1}} = 258K$$

خود را آزمایش کنید

$5g$ گاز آکسیجن در حرارت $35°C$ به اندازه $6L$ حجم رااشغال نموده است . فشاروارده بالای گازمذکورچقدرخواهدبود ؟

کثافت گازات

کتلهٔ مولی گاز تقسیم بر حجم یک مول گاز در شرایط ستندرد را به نام کثافت مولی گاز یاد می‌نمایند:

$$D_{mol} = \frac{m(mol)}{V_{STP}}$$

مثال :

$5g$ گاز هایدروجن به حرارت 22^0C وفشار یک اتموسفیر (101,3KPa) 61,5 لیتر حجم دارد. کثافت مولی آن را در یافت نمایید.

حل:

چون $n = \frac{m}{M}$ است ، اگر قیمت n را در معادلهٔ $PV = nRT$ معامله نماییم، داریم که:

$PV = nRT$ یا $PV = \frac{m}{M}RT$ یا $PM = \frac{m}{V}RT$ یا $PM = dRT$

$$d = \frac{PM}{RT}$$

$$d = \frac{101.3KPa \cdot 2.016g/mol}{8.31J \cdot mol^{-1} \cdot 295K} = 0.09g/L$$

یا

$$d = \frac{1at \cdot 2.016g/mol}{0.082L \cdot at/mol \cdot K \cdot 295} = 0.09g/L$$

مثال

کثافت گاز آکسیجن را به حرارت 350K و فشار 2.5atm دریافت نمایید ، کتلهٔ مالیکولی گاز آکسیجن 32amu است .

حل : $D = \frac{PM}{RT}$

$$D = \frac{2.5atm \cdot 32g \cdot mol^{-1}}{0.082L \cdot atm \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1} \cdot 350K} = 2.79g \cdot L^{-1}$$

مشق و تمرین کنید

فشار یک نمونهٔ گاز نایتروجن را که کثافت آن به حرارت 300K مساوی به $2.0g/L$ باشد، دریافت نمایید ،کتلهٔ یک مول نایتروجن مساوی به $28g/mol$ است .

۶ – ۳ - ۶ : محاسبه حجم مولی یک گاز آیدیال درشرایط STP

محاسبات نشان داده است که حجم یک مول گاز آیدیال درشرایط STP مساوی به 22.4L است.

$$PV = nRT$$

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{1mol \cdot 0.0802atm \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1} \cdot 273K}{1atm} = 22.4L$$

$$V = 22.4L$$

به این اساس در شرایط STP یک مول هر گاز 22.4L حجم را اشغال می‌نماید.

۶ – ۳ – ۷ : دریافت کتله مالیکولی گازات به اساس معادلهٔ عمومی گازات و کثافت گازات

معادلهٔ عمومی گازات را در نظر گرفته، به اساس آن می‌توان کتلهٔ مالیکولی گازات را دریافت کرد:

$$PV = nRT \text{ ----------1}$$

$$n = \frac{m}{M} \text{ ----------2}$$

$$PV = \frac{m}{M}RT \qquad M = \frac{mRT}{PV}$$

مثال: کثافت گاز فاسفین به حرارت 50^0C و فشار $732mm\ Hg$ مساوی به $1.26g/L$ است، گاز مذکور آیدیال بوده کتلهٔ مالیکولی آن را محاسبه نمایید.

حل:

$$P = 732\,mmHg$$
$$d = 1{,}26g$$
$$V = 1L = 10^{-3}m^3$$
$$T = 50^0C = 323K$$
$$R = 62{,}36mmHg \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$$
$$M = ?$$

$$M = \frac{mRT}{PV}$$
$$M = \frac{1.26g \cdot 62.36\,mmHg \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1} \cdot 323K}{732\,mmHg \cdot 10^{-3}m^3}$$
$$M = 34g/mol$$

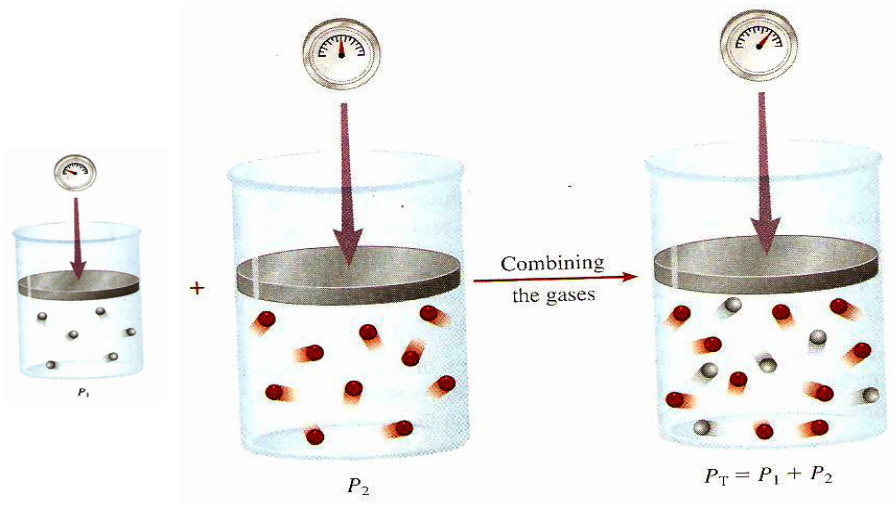
مشق وتمرین کنید

به حرارت صفر درجه سانتی گراد و فشار $0{,}1\mu\ Pa$ یک لیتر گاز هایدروکاربن مشبوع $1.96g$ کتله دارد، کتلهٔ مالیکولی و فورمول آن را دریافت نمایید.

۶ –۳ - ۸ : مخلوط گازات (فشار قسمی یا جزیی دالتن)

جان دالتن در سال 1801 به اساس یک سلسله تجارب عملی نتیجه گرفت که فشار وارده بالای جدار ظرف پر از مخلوط گازات، عبارت از مجموعهٔ فشارهای وارده هر یک از گازات اجزای متشکلهٔ مخلوط گازی است، بنابرین فشار اندازه شده یک مخلوط گازی باید مساوی به حاصل جمع فشار گازهای باشد که اگر هر یکی از اجزای مخلوط ظرف را به تنهایی اشغال کند و فشار را بالای د یوار ظرف وارد نموده باشد؛ پس مطابق به فشارهای جزیی دالتن می توان گفت: فشار مجموعی وارد شده توسط یک مخلوط گازی مساوی به حاصل جمع فشارهای هر یک از اجزای مخلوط گازات است، فشار جزیی یا قسمی را طوری تعریف می‌نمایند که: اگر یک گاز به تنهایی ظرف را اشغال نماید، فشار معادل ، فشار جزیی خود را بر دیوار ظرف وارد کند. اشکال ذیل فشار جزیی دالتن و فشار مجموعی گازات مخلوط را نشان می‌دهند؛ به طورمثال: اگرفشار جزیی هیلیم $100mm\ Hg$ و فشار جزیی هایدروجن $300mm\ Hg$ باشد؛ بنابراین فشار مجموعی یا فشار کلی $400mm\ Hg$ است. تقریباً اکثر مخلوط‌های گازات، از قانون فشارهای جزیی دالتن پیروی می‌نمایند و شرط اساسی این است

که گازات مخلوط شده با هم دیگر تعامل نمی کنند.



شکل (6 - 21): قانون فشارهای قسمی دالتن در حرارت ثابت

به اســاس رابطهٔ عمومی حالت گازات(PV = n RT) میتوان فشــار کلی و فشــارهای جزیی هر گاز را بدست آورد.

$$P_{Total} = \frac{n_{Total} RT}{V} \text{ ---------- 1}$$

فشارجریی $P_i = \frac{n_i RT}{V}$ ---------- 2

$$\frac{P_i}{P_{Total}} = \frac{\frac{n_i RT}{V}}{\frac{n_{Total} RT}{V}} = \frac{n_i RT}{n_{Total} RT} \text{ ---------- 3}$$

$$\frac{P_i}{P_{Total}} = \frac{n_i}{n_{Total}} \text{ ---------- 4}$$

چون نسبت مولی یک جز مواد تقسیم بر مجموعهٔ مول‌های اجزای متشکل مخلوط مواد مساوی به کسر مولی است، اگر کسر مولی یک جز را به X_i افاده نماییم ، در این صورت داریم که:

$$\frac{P_i}{P_{Total}} = X_i \text{ ---------- 5}$$

$$P_i = P_{Total} \cdot X_i \text{ ---------- 6}$$

مثال: یک گرام هریک از گاز هـای O_2 ، N_2 و H_2 را داخل یک بالون 10 لیتره نموده، گازهـای مذکـور نوع از گازهای ایده یـال بوده ، در صورتی که حـرارت مخلوط گازها 125^0C باشـد ، فشـار کلی یا مجموعی (Total) را دریافت نمایید. (به واحد atm دریافت نمایید).

حل:

$$n_{H_2} = \frac{m_{H_2}}{M} = \frac{1g}{2g/mol} = 0.5mol$$

$$n_{O_2} = \frac{m_{O_2}}{M} = \frac{1g}{16g/mol} = 0,0625mol$$

$$n_{N_2} = \frac{m_{N_2}}{M} = \frac{1g}{14g/mol} = 0,0714mol$$

$$P_{H_2} = \frac{nRT}{V} = \frac{0.5mol \cdot 0.082atm \cdot L \cdot 398K}{10L \cdot mol \cdot K} = 1.63atm$$

$$P_{O_2} = \frac{nRT}{V} = \frac{0,0625mol \cdot 0.082atm \cdot L \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1} \cdot 398K}{10L} = 0,203atm$$

$$P_{N_2} = \frac{n_{N_2}RT}{V} = \frac{0,0714\,mol \cdot 0.082\,atm \cdot L \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1} \cdot 398K}{10L} = 0,233atm$$

$$P_{Total} = P_{H_2} + P_{O_2} + P_{N_2} = 1.63atm + 0,203atm + 0,233atm = 2,66atm$$

به صورت عموم فشـار کل سیسـتم مخلوط گازات را می‌توان توسط فورمول ذیل نیز محاسبه نمود:

$$P_{Total} = \frac{n_{Total}RT}{V}$$

۶ –۳ - ۹ : قوانین گراهام در مورد انتشار و نفوذ مالیکول‌های گازات

توماس گراهام (Tomas Graham) عالم انگلیسـی در سـال 1829 تحقیقات لازمه را در مورد سـرعت انتشـار (Diffusion) و نفوذ (Effusion) گازات مختلف انجام داد. انتشـار

اصطلاحی است که در مورد حرکت توده‌های مواد از یک محیط به محیط دیگر استعمال می‌گردد. به طور مثال: زمانی که غذا در حال پختن باشد، گازات از ظرف پختن غذا خارج و به محیط ماحول پخش و منتشر گردیده و ما توسط حس شامهٔ خود بوی غذا را حس می‌نماییم.

گراهام در یافت نموده که: سرعت نفوذ گازات در محیط گازی د یگر معکوساً متناسب به جذر مربع کثافت گازات است:

سرعت پخش گاز $V = \frac{K}{\sqrt{D}}$ ----------1

نسبت نفوذ دوگاز A و B را می‌توان چنین در یافت کرد:

A سرعت پخش گاز: $V = \frac{K}{\sqrt{D_A}}$ ----------2

B سرعت پخش گاز: $V = \frac{K}{\sqrt{D_B}}$ ----------3

$\frac{V_A}{V_B} = \frac{\sqrt{D_B}}{\sqrt{D_A}}$ ----------4

معادله 1 و 4 به نام معادلهٔ قانون پخش گراهام یاد می‌گردد.

به حرارت و فشار معین، کثافت مالیکولی گازات و کتله مالیکول گازات با همدیگر رابطه مستقیم را دارا می‌باشند.

$D = \frac{m}{V}$ ----------5

$V = \frac{nRT}{P}$ ----------6

قیمت V را از معادله 6 در معادله 5 معامله نموده، حاصل می‌گردد که

$D = \frac{m}{\frac{nRT}{P}} = \frac{mP}{nRT}$ ----------7

$n = \frac{m}{M}$ ----------8

$D = \frac{mP}{\frac{mRT}{M}} = \frac{mP}{1} \cdot \frac{M}{mRT}$

$D = \frac{PM}{RT}$ ----------9

حاصل ضرب و حاصل تقسیم دو ثابت مساوی به ثابت سومی بوده؛ یعنی:

$$\frac{P}{RT} = K$$

$$D = MK \text{ ----------10}$$

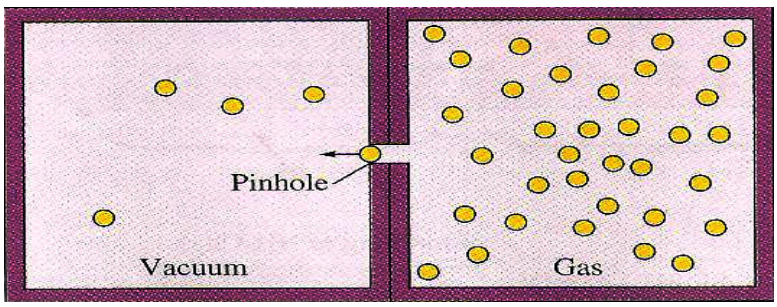
$$D \approx M \text{ ----------11}$$

چون کتلهٔ مالیکولی گازات و کثافت مالیکولی گازات با هم رابط مستقیم دارند؛ پس قانون پخش مالیکولی گراهام را میتوان برای دوگاز قرار ذیل تحریر کرد:

$$\frac{V_A(Diffusion)}{V_B(Diffusion)} = \frac{\sqrt{M_B}}{\sqrt{M_A}}$$

گراهام در سال 1826 م مقاله دیگر را منتشر ساخت که در آن در مورد نفوذ گازات از دیوارهای منفذ دار کوچک (سوراخ‌های کوچک) مطالب علمی ارائه گردیده است، نفوذ مالیکولی یک گاز عبارت از حرکت مالیکولی آن از میان خالیگاه‌های دیوار است. قانون نفوذ مالیکول مشابه قانون پخش مالیکولی بوده، سرعت نفوذ گازات از دیوار و غشاهای نیمه قابل نفوذ با جذر مربع کثافت مالیکولی و جذر مربع کتله مالیکول آن‌ها تناسب معکوس را دارا است؛ یعنی:

$$\frac{V_A(Effusion)}{V_B(effusion)} = \frac{\sqrt{D_B}}{\sqrt{D_A}} \text{ یا } \frac{V_A(Effusion)}{V_B(Effusion)} = \frac{\sqrt{M_B}}{\sqrt{M_A}}$$



شکل (6 – 22): سرعت نفوذ گازات .

مثـال: سـرعت نفوذ یک گاز مجهول X از سـوراخ‌های د یوار تخلخـل دار 0.279برابر سـرعت نفوذ گاز هایدروجن از دیوار مذکور اسـت (در صورتی که شرایط STP باشد). کتله مالیکول گاز مجهول را دریافت نمایید. کتله مالیکول هایدروجن 2.016 است.

حل:

$$\frac{V_X(Effusion)}{V_{H_2}(effusion)}=\frac{\sqrt{M_{H_2}}}{\sqrt{M_X}} \qquad 0{,}279=\frac{\sqrt{2{,}016}}{\sqrt{M_X}}$$

$$M_x=\left(\frac{\sqrt{2.02}}{0.279}\right)^2 \quad \text{یا} \quad \sqrt{M_x}=\frac{\sqrt{2.016}}{0.279}$$

جواب $M_X=26$

مثال: از احتراق ایتان در موجودیت آکسیجن H_2O و CO_2 حاصل می گردد. اگر 1.26L ایتان با 4.50L آکسـیجن سوختانده شود. چند لیتر CO_2 و چند لیتر بخارات آب تولید خواهد شد؟ در صورتی که حرارت 400^0C و فشار 4.00atm باشد.

حل:

$$2C_2H_6(g)+7O_2(g)\longrightarrow 4CO_2(g)+6H_2O(l)$$

$2L \qquad 7L \qquad 4L \qquad 6L$

$2L \quad - \quad 7L$

$1.26L \quad - \quad X_1 \qquad X_1=\frac{1.26L\cdot 7L}{2L}=4.41L$

$2L \quad - \quad 4L$

$1.26L \quad - \quad X_2 \qquad X_2=\frac{1.26L\cdot 4L}{2L}=2.52L\ CO_2$

$2LC_2H_6-6LH_2O$

$1.26LC_2H_6-X_3 \qquad X_3=\frac{1.26L\cdot 6L}{2L}=3.78L$

مقدار اکسیجن موجود 4.50L بوده ،آکسیجن معادل C_2H_6 1.26L مساوی به 4.41 لیتر اسـت که به مقدار 0.094L آکسـیجن بدون تعامل باقی مانده ، پس مقدار CO_2 و H_2O را میتوان قرار فوق از مقدار حجمی ایتان بدست آورد.

مشق وتمرین کنید

پروپان C_3H_8 با آکسیجن احتراق نموده، کاربن دای اکساید و به آب مبدل شده است. یک لیتر پروپان به حرارت 12^0C و فشار $8.44atm$ با مقدار اضافی اکسیجن سوختانده شده است ، حجم CO_2 تولید شده را به حرارت 925^0C و فشار یک اتموسفیر به لیتر محاسبه نمایید.

۶ –۳- ۱۰ : نظریه جنبشی (حرکی) گازات

تا حال خواص مهم گازات ایدیال را تحت عناوین قوانین گازات؛ از قبیل قانون بایل، قانون دالتن، قوانین گراهام... مطالعه نمودیم، ازاین مطالعات سؤال خلق می‌شود که چرا خواص ذکر شده را گازها از خود نشان می‌دهند؟ گذشته نشان می‌دهد که علوم با مشاهدات و تجارب آغاز یافته است ،نظریات یا مودل‌ها بر پایهٔ همین مشاهدات و تجارب استوار می‌باشد، از این جا گفته می‌توانیم که نظریه بر پایهٔ مودل استوار است و به اساس مودل میتوان فورمول و خواص مشاهده شده را در یک سیستم توضیح کرد.

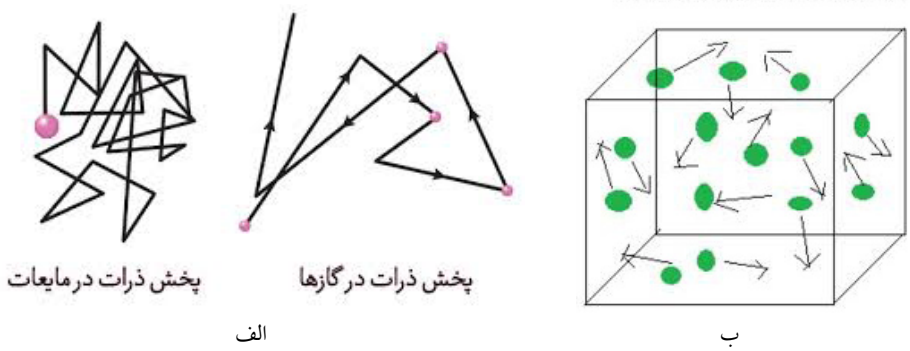
نظر یهٔ جنبشی و حرکی گازها که آن را نظریهٔ حرکی نیز می‌نامند، مودل فزیکی برای توصیف طبیعت و چگونگی رفتار گازها است، این نظریه بر پایهٔ فرضیه‌های ذیل استوار است:

1 - گازها از تعداد کثیر ذرات بسیار کوچک (اتوم‌ها، مالیکول‌ها) تشکیل گردیده اند و این ذ رات به اندازهٔ کوچک اند که اندازهٔحجم آن‌ها در مقایسه با فواصل بین آن‌ها به طور اوسط وحجم ظرف که گازها در آن‌ها قرار دارند ، بسیار کم بوده و حد اعظمی گازهای داخل ظرف را فضای خالی بین ذرات احتوا می‌نماید.

2 - مالیکول‌ها و اتوم‌های تشکیل دهندهٔ گازها به صورت دوامدار در حال حرکت بوده و حرکت آن‌ها بی نظم، سریع و مستقیم الخط می‌باشد. در نتیجهٔ این حرکت ذرات گازات با یک دیگر تصادم نموده و هم با جدار ظرف بر خورد می‌نمایند، این برخوردها الاستیکی بوده، طوری که در هر تصادم انرژی حرکی در مالیکول بر خورد کننده کم و زیاد نمی‌شود، یا به عباره دیگر امکان آن موجود است که مالیکول‌ها در نتیجه بر خورد بین هم انرژی سینیتک (حرکی) خود را از دست دهند؛ اما مجموعی انرژی سینتیک دو مالیکول تصادم کننده ثابت باقی می‌ماند.

3 - در گازها ما لیکول‌ها و یا اتوم‌ها مجزا از یک دیگر قرار داشته ، هیچ قوهٔ دافعه و جاذبه بین اتوم‌ها و مالیکول‌ها در گازها موجود نمی‌باشد. (به استثنای زمان برخورد).

4 - حرکت ذرات (مالیکول‌ها و یا اتوم‌ها) در گازها در لحظات مختلف زمانی می‌تواند سریع و یا بطی بوده باشد. بعضی از ذرات حرکت سریع داشته و بعضی از آن‌ها حرکت بطی را انجام می‌دهند؛ بنابر این انرژی حرکی مالیکول‌های گازات نیز در محدودهٔ وسیع در حالت نو سان است؛ اما انرژی حرکی متوسط مالیکول‌ها و اتوم‌های گازها به حرارت مطلقه رابطهٔ مستقیم دارد و در حرارت ثابت و معین ثابت باقی میماند. در شکل (6 - 23) مودل تصویری گازها ارائه گردیده است، در مودل مذکور ملاحظه می‌شود که مقدار معین گاز در حقیقت دارای خالی‌گاه‌های زیاد فضایی بوده و این خالی‌گاها به سرعت توسط ذرات گازها پر می‌شوند.



شکل (6 – 23) : الف - مودل حرکی گازات وحرکت برونی

ب- مقدار معین گاز خالی‌گاه ظرف را توسط ذرات پر نموده

۶ –۳– ۱۱ : گازهای حقیقی

خواص ایدیال را گازاتی از خود نشان می‌دهند که عمل متقابل بین مالیکول‌های آن‌ها به ملاحظه نه رسد (در صورتی که برخورد الاستکی بین مالیکول‌ها موجود نباشد) و حجم اشغال شده توسط مالیکول‌ها در مقایسه با حجم ظرف حاوی گازات مطلوب قابل صرف نظر باشد؛ لیکن باید دانست که در گازهای حقیقی شرایط فوق الذکر را نمی‌توان صد فیصد ملاحظه کرد؛ پس گفته می‌توانیم که گازهای حقیقی از طبیعت و شیوهٔ آید یال انحراف نشان می‌دهد.

۶ –۳ - ۱۱– ۱ : معادلهٔ حالت برای گازات حقیقی

اگر برای یک مقدار معین گاز سه متحول P،V و T را باهم ارتباط دهیم ، درین صورت با معین بودن دو متحول مذکور ، متحول سومی را به آسانی در یافت کرده می توانیم ؛به طور مثال: $0.1mol$ گاز اکسیجن به فشار $0.5atm$ و حرارت یک 39^0C حجم مشخص را اشغال می نماید. به صورت عموم آن معادلهٔ ریاضیکی که فشار ،حجم، حرارت وتعداد مول‌های یک گاز را باهم رابطه می‌دهد ،به نام معادله حالت گازها یاد شده که عبارت از $PV = nRT$ بوده ومعادله حالت گاز اید یال یا کامل را افاده می کند؛ اما معادلهٔ عمومی حالت گازات هیچ نوعی از گازهای حقیقی را توصیف کرده نمی تواند.

در سال 1873 واندر- والس (Vanderwaals) معادلهٔ حالت گازهای حقیقی را به صورت $(P + \frac{an^2}{V^2})(V - nb) = RT$ برای یک مول گاز حقیقی با در نظر داشت معادلهٔ حالت گازهای کامل و تاثیر فشار بالای گازهای حقیقی مشخص ساخت، در معادله فوق a و b ثابت‌های مثبت بوده که از مشخصات اختصاصی هر گازمی‌باشد ، زمانی که کثافت گاز خیلی کم باشد ، حجم گاز (v) زیاد بوده وارزش b در مقایسه باحجم (v) فوق العاده کوچک است که میتوان از آن صرف نظر کرده، دراین صورت $\frac{a}{V^2}$ به صفر تقرب می‌نمایند و معادلهٔ واندر- والس به طرف معادلهٔ حالت گازات اید یال تقرب حاصل می کند؛ طوری که:

$$(P + \frac{an^2}{V^2}) = P \quad , \quad \frac{PV}{RT} = Z$$
$$V - nb = V \quad , \quad PV = nRT$$

مقدار a, b را می توان توسط تجربه برای هر گاز در یافت کرد. در جدول (6 – 2) مقدار ثابت‌های a,b واندر - والس را افاده می کند.

جدول (6 –3): ثابت‌های b, a گازات حقیقی

گازات	$a(litler.atm/mol^2)$	$b(liter/mol$
H_2	0.244	0266 .0
He	0.3412	0.0237
N_2	1.390	0.03913
O_2	1.360	0.03183
CO_2	3.59	0.0427
CO	1.485	0.03985
CH_4	2.25	0.0428
NH_3	4.17	0.0371
H_2O	5.464	0.03049
NO	1.340	0.02789

مثال : گاز میتان به مقدار 10g به حرارت 25^0C در یک ظرف یک لیتر نگهداری شده است، فشار وارده را بالای گاز مذکور قرار قانون گاز ایدیال و معادله واندر– والس محاسبه نمایند. قیمت‌های b,a را از جدول(6 – 2) بدست آورید.

حل : الف :

$$m = 10g \quad V = 1L \quad P = ? \quad M = 16$$

$$P = \frac{mRT}{MV}$$

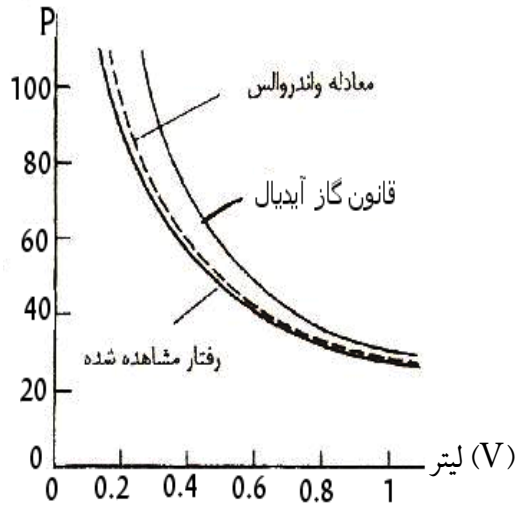
$$P = \frac{10g \cdot 0.082atm \cdot L \cdot mol^{-1}K^{-1} \cdot 298K}{16g \cdot 1L}$$

$$P = 15.3atm$$

$$(P = \frac{nRT}{V - nb}) - (\frac{n^2a}{V^2}) = \frac{0.625mol \cdot 0.082atm \cdot L \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1} \cdot 298K}{1L - 0.625mol \cdot 0{,}0428} - \frac{(0.625mol)^2 \cdot 2.25L^2atm}{L^2 \cdot mol^2}$$

$$P = 14.8atm$$

معادلـهٔ واندر والس در مقایســه با معادله عمومی حالت گازات بــه خوبی می‌تواند تا گازات حقیقی را توصیف نماید . گراف شکل (6 - 24)چگونگی حالت‌ها و وضعیت PV یک مول گاز CO_2 را در حرارت 350k به طور تجربی نشــان داده؛ همچنان چگونگی حالت و خواص تجربی آن‌ها را با پیشــبینی‌های معادله حالت گاز ایدیال و معادله واندروالس مقایســه می‌کند. معادلات دیگری نیز به خاطر محاسبهٔ حالت گازات ارائه شده اند که نسبت به معادله واندر والس خوبتر بوده؛ اما تعداد ثابت‌های آن‌ها بشتر از پنج است:



شکل (6 – 24): گراف حالات برای یک مول گاز در حرارت مطلقه.

مشق و تمرین کنید

مقدار a و b را برای هر جورهٔ گازهای زیر مقایسه نمایید.

الف- $H_2(g)$ و $NH_3(g)$ ب - $N_2(g)$ و $I_2(g)$

جدول (6 –3): بعضی از مشخصات گازات، مایعات وجامدات :

جامدات	مایعات	گازات
1 – شکل معین دارند (مقاومت تغییر شکل) 2 –به طور تقریبی غیر تراکم پذیر اند 3 – کتله‌های شان نسبت به مایعات بزرگ است . ۴– شکل سیال را ندارند . 5 – انتشار ذرات شان کمتر بوده و حرکت مالیکول‌های شان بسیار بطی است. 6 – مالیکول‌های شان کاملاً با هم چسپیده بوده، تنها حرکت اهتزازی دارند.	1 – شکل معین نداشته ودر ظرف‌های مختلف اشکال مختلف را اختیار می‌نمایند 2 – دارای حجم معین بوده و تراکم پذیر نمی‌باشند . 3 – کثافت شان نسبتاً بزرگ است . 4 – حالت سیال را دارا اند. 5 – ذرات آن‌ها در مایعات دیگر قابلیت انتشار را دارا اند. 6 – خالیگاه بین ذرات آن‌ها کم بوده وحرکت سریع و بی نظم سه بعدی دارند .	1 – شکل معین نداشته (حجم تمام ظرف را که درآن قرار دارند مکمل اشغال می‌نمایند) 2 – تراکم پذیر اند . 3 – کثافت کمتر دارند وکتله‌های شان کوچک است . 4 – شکل سیال دارند 5 – حرکت سریع داشته و پراگنده می‌باشند . 6 – حرکت برونی داشته وسریع السیر می‌باشند وبهر طرف به شکل سه بعدی حرکت می‌نمایند

خلاصهٔ فصل ششم

* هر ماده می‌تواند نظر به شرایط محیطی سه حالت « جامد، مایع و گاز » را داشته باشد.
* گازات مـوادی انـد که ذرات تشـکیل دهندهٔ آن بالای یک دیگر تأثیر کمتر داشـته ، قوهٔ جـذب ذرات آن‌ها باهم کم‌تر اسـت وحرکت نامنظم را دارا اند. به حرارت بلند وفشـار کم حرکت ذرات گازات سریع است.
* خـواص جامـدات از خواص گازات فرق داشـته، گازات دارای کثافـت کم‌تر بوده ، در حالی کـه جامدات کثافت زیاد را دارا اند. گازات در نتیجهٔ فشـار متراکم شـده؛ اما جامدات کمتر خاصیت تراکم شدن را دارا اند. جامدات سخت وشکننده بوده در حالی که گازات این خواص را دارا نیستند.
* مایعات خاصیت خاصی را نسبت به جامدات و گازات دارا بوده ؛ به طور مثال: قوهٔ جذب بین ذرات مواد به حالت مایع بیشتر بوده؛ اما نسبت به جامدات ضعیف می‌باشد.
*به حرارت ثابت (T= constant) حجم گازات به مقدار معین آن به شکل معکوس متناسب به فشار است.
* به فشـار ثابت (P=constant) حجم گازات به مقدار معین به شـکل مسـتقیم متناسب به حرارت است. قضیه فوق مربوط به چارلس بوده و به قانون کیلو سک ارتباط دارد.
* حجم‌های مساوی گازات مختلف تحت عین شرایط فشار و حرارت تعداد مساوی مالیکول‌ها را دارا است (قانون اول اوگدرو). تعداد مساوی ذرات (مالیکول هااتوم‌ها ویا ایون‌ها) گازات مختلف تحت عین شـرایط فشار و حرارت حجم‌های مسـاوی را اشغال می‌نماید. (قانون دوم اوگد رو).
*فشار مجموعی وارد شده توسط یک مخلوط گازی مساوی به حاصل جمع فشارهای جزیی هر یک از اجزای مخلوط گازات است.
* گراهام در یافت نموده که: سـرعت نفوذ گازات در محیط گازی د یگر به شـکل معکوس متناسب به جذر مربع کثافت گازها است.
*معادلهٔ حالت گازات برای گازی به مقدار یک مول عبارت از PV=RT اسـت که درین معادله V عبارت از حجم گاز است.

سؤالهای فصل ششم

سؤالات چهار جوابه

1 - گازها موادی اند که ذرات تشکیل دهندهٔ آن‌ها بالای یک دیگر ---- را دارا اند

الف) تأثیر کمتر، ب) قوهٔ جذب ذرات آن‌ها باهم کمتر، ج) حرکت نامنظم، د) تمامی

2 - جامدات موادی اند که ---- را دارا است ،

الف) حجم معین، ب) شکل معین، ج) الف وب هردو، د) هیچ کدام

3 - انتشار مایعات نسبت به گازات---- بوده و برخورد مالیکلول‌ها در مایعات ----- است،

الف) بطی ، کم ب) سریع ، زیاد تر ج) نورمال ، بسیار زیاد د) زیاد و نورمال

4 - به حرارت ثابت (T= constant) حجم گازات به مقدار معین ، به فشار کدام وابستگی دارد؟

الف) تناسب مستقیم، ب) تناسب معکوس، ج) تناسب ندارد، د) جز الف درست است.

5 - به فشار ثابت و ازدیاد یک درجه سانتی گراد حرارت ، حجم گاز به نسبت ---- از 0^0C انبساط حاصل می‌نماید.

الف) 1: 273 ب) 1:1 ج) 3:2 د) 1 :100

6 - حجم‌های مساوی گازات مختلف تحت عین شرایط فشار و حرارت تعداد مساوی --- را دارا است.

الف) آیون‌ها ب) مالیکول‌ها ج) اتوم‌ها د) تماما"

7 - درشرایط STP یک مول هرگاز ---- حجم رااشغال می‌نماید.

الف) 22.4L ب) 22mL ج) 22.4mL د) $22.4m^3$

8 - کتلهٔ مولی گاز تقسیم بر حجم یک مول گاز در شرایط ستندرد را به نام --- گاز یاد می‌نمایند

الف) کتلهٔ نسبتی ب) کثافت ترکیبی ج) کثافت مولی د) وزن مخصوص

9 - واندر- والس معادلهٔ حالت گازها حقیقی را به صورت----- افاده کرد :

الف) $(P+\frac{a}{V^2})(V-b)=RT$ ب) $\frac{P\overline{V}}{RT}=Z$ ج) الف وب د) هیچکدام

10 - گازها از تعداد کثیر ذرات بسیار کوچک تشکیل گـــردیده اند:

الف) اتوم‌ها، ب) مالیکول‌ها، ج) ایون‌ها، د) تمامی جواب‌ها درست است.

11-حـداعظمی گازهای داخل ظـرف رافضـای ------بیـن ذرات احتـوامی نمایـد.

الف) پر ب) خالی ج) اتوم‌ها د) مالیکول‌ها

سؤالات تشریحی

(در حل تمام تمرین‌ها باید فرض شود که گازها ایده یال هستند)

1 - چـرا بعضی مواد در شـرایط عادی به حالت مایع و بعضی دیگر بـه حالت جامد ویا گاز یافت می‌شوند؟

2 - یک مقدار گاز N_2 به حجم 58mL تحت فشار محیطی قرار دارد . افزایش فشار بالای آن 125mm Hg بوده که حجم آن به 49.6mL تنزیل حاصل نموده است، فشار محیطی اولی بالای گاز مذکور (به حرارت ثابت) چقدر خواهد بود؟

3 - ظـرف A بـه حجم 48.2L دارای گاز N_2 اسـت ،حـرارت وارده بالای آن 25^0C وفشـار $8.35atm$ می باشد ، ظرف B با حجم نا معلوم دارای He بوده که فشـار وارده بالای آن 9.5atm و حرارت 25^0C اسـت ، ظروف A و B را با هم متصل سـاخته، فشار مخلوط گازات در هر دو ظرف به 8,71atm بالغ می گردد.حجم B رادر یافت نماید.

4 - در یک دسـتگاه آزمایشـی درحدود $1.10^{-15}mmHg$ فشـار موجود است، یک ظرف یک لیتر را در دسـتگاه آزمایشـی درنظر بگیرید . در صورتی که حرارت 0^0C با شد ، مقدار مالیکول‌ها در آن ظرف که از هوا پر است ، چقدر خواهد بود؟

5 - کثافت گاز هایدروجن دریک سیاره $10g/Cm^3$ اسـت و حرارت آن 100K می‌باشد . فشار هایدروجن درین سیاره چقدر خواهد بود؟

6 - یـک حبـاب کروی بالای سـطح آب به قطر $2\,cm^2$ در حرارت 25^0C و فشـار محیط 1atm دارای چند مالیکول بخار آب خواهد بود؟

7 - بـه حرارت 177^0C و فشـار 2atm کثافت گاز نایتروجن $1,52g/L$ اسـت ، چه تعداد مالیکول‌ها درین شرایط درظرفی به حجم 5L آ ن موجود است ؟

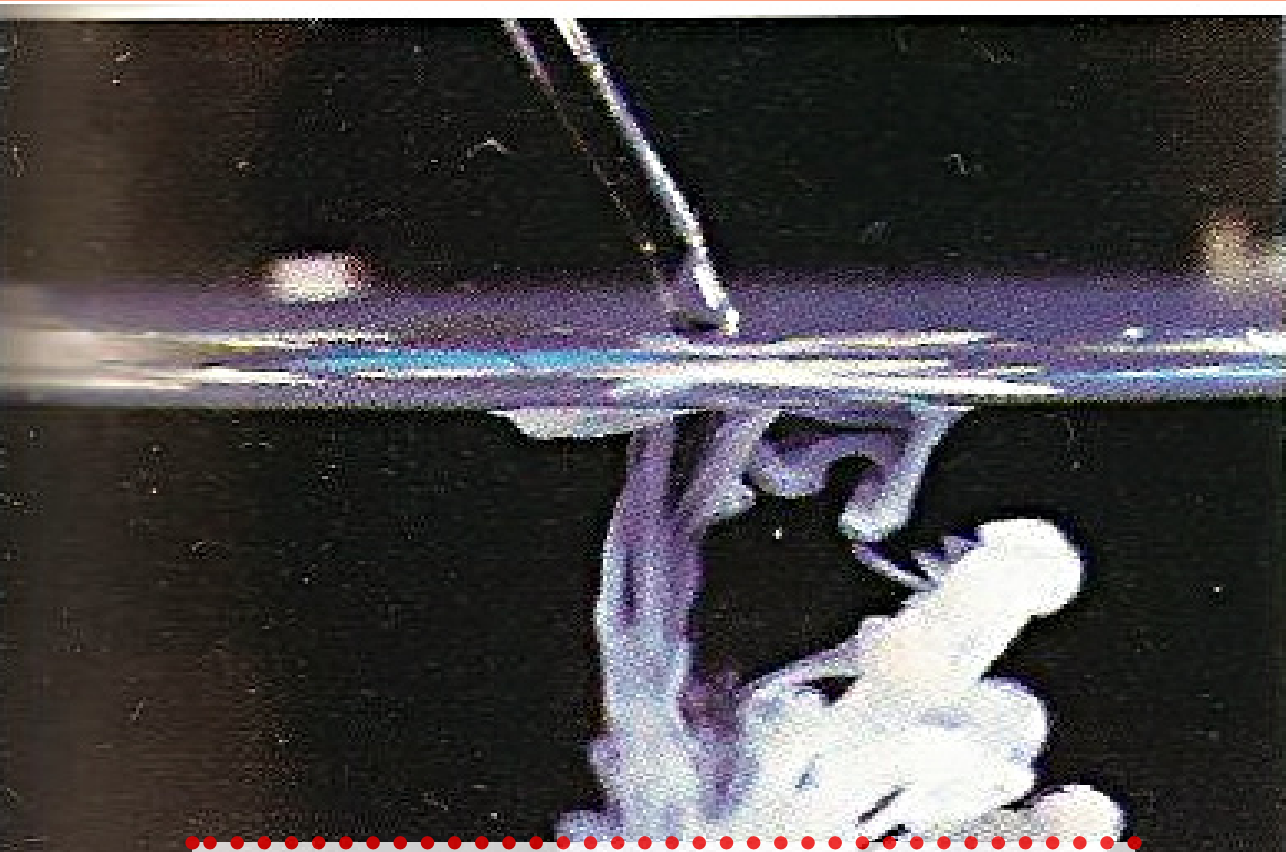
8 - یک سـلندر گاز N_2 دارای 1.5kg گاز در فشار 31.8atm است ، چقدر N_2 به این

سلندر علاوه گردد، تا در حرارت ثابت فشار سلندر 75atm کرد؟

9 - فرض کنید که دونمونه گاز مختلف A,B را به شما داده اند. کتله مالیکول گاز A دو چند کتله مالیکول گاز B است سرعت متوسط گاز A دو چند سرعت متوسط گاز B است (البته سرعت مالیکول‌های گازات مذکور است) اگر کثافت مالیکولی هردو نمونه یک‌سان باشد وفشار گاز 3atm B بوده باشد، فشار گاز A را دریافت کنید.

10 - به حرارت ثابت وفشار 700mmHg یک گاز 30 لیترحجم دارد. حجم گاز مذکور را به فشار STP دریافت نمایید.

فصل هفتم



تعاملات کیمیاوی

تغییرات وتبدلات زیادی در طبیعت رونما می گردد که مثال آن رامی توان تبدیل آب به بخار وسرد شدن دوبارهٔ بخارات آب به شکل باران ویا برف وژاله، پارچه شدن سنگ‌ها وتبدیل آن‌ها به خاک وریگ وغیره ارائه کرد، چنین نوع تغییرات فزیکی است. زنگ زدن فلزات، سوختن مواد سوختی، استحصال ادویه‌ها و ساختن انواع وسایل ومواد زینتی وغیره نوع تغییرات کیمیاوی است که این نوع تغییرات را به نام تعاملات کیمیاوی نیز یاد می‌نمایند. دراین فصل انواع طرز تحریر درست معادلات تعاملات کیمیاوی را به شیوهٔدرست مطالعه خواهید کرد و خواهید آموخت که تعاملات کیمیاوی چند نوع است، چطور می توان مواد را باهم تعامل داد؟ تعاملات اندوترمیک واکزوترمیک کدام نوع تعاملات است؟ شیوه درست تحریر معادلات چطور است؟

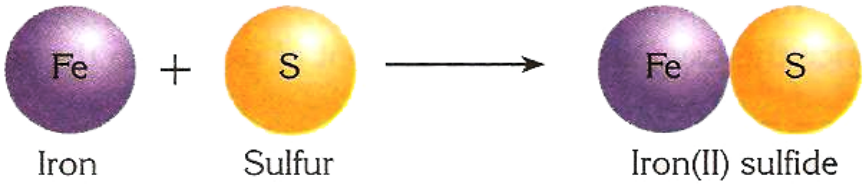
۷ –۱ : مفهوم معادلهٔ کیمیاوی

معادلهٔ کیمیاوی نشـــان دهندهٔ تعاملات کیمیاوی بوده که به وســیله سمبول‌ها وفورمول‌های مرکبات نمایش داده می‌شـــود . موادی که در تعامل ســـهم می‌گیرند به نام مواد تعامل کننده یا مواد اولیه یاد شده وموادی که در نتیجهٔ تعامل مواد اولیه حاصل می‌گردد ، به نام محصول تعامل یاد می‌شوند .

در معادلات کیمیاوی مواد تعامل کننده را به طرف چپ ومحصول تعامل را به طرف راست معادله تحریر می‌نمایند و به عوض علامه (=) درمعادله از وکتور (⟶) استفاده می‌گردد . وکتور معنی «می‌دهد » را افاده می‌کند ؛ به طور مثال :

آهن + سلفر ⟶ آهن (II) سلفاید

Fe + S ⟶ FeS



شکل (7 – 1): تعامل آهن وسلفر و تشکیل فیریم سلفاید

قبل از این که معادلهٔ کیمیاوی را بنویسیم، باید نوع تعامل وفورمول مواد را بدانیم . معادلهٔ کیمیاوی بیانگر نتایج تجارب عملی بوده و مواد آن قابل لمس ودید می‌باشـــند . یکی از اهداف کیمیا کشف وتکوین اصول وقوانین است که محصولات تعاملات را پیش بینی کرده می‌توانند، گرچه نوشـــته‌های صفحه کاغذ به طور ســـمبولیک ارائه کنندهٔ خصوصیات مواد تعامل کننده ومحصـــول در معادله نبوده، با آن هم کیمیادان‌ها کوشـــش می‌نمایند تا معادلات کیمیاوی را به طور درست ودقیق نمایش دهند . برای تحریر یک معادلهٔ کیمیاوی شیوه‌های مختلف به کار رفته است که در زیر به معرفی هرکدام آن می‌پردازیم؛ اما قبل از ارایهٔ شیوه‌های تحریر معادلات باید گفت که در معادله‌های کیمیاوی حالت‌های مواد تعامل کننده ومحصول تعامل را نیز مشـــخص می‌سازند، در جدول زیر حالـــــت مواد تعامل کننده ومحصول تعامل ارائه شده است.

جدول (7 – 1): حالت مواد تعامل کننده ومحصول تعامل

سمبول‌ها	مفاهیم
(Gas=g)	ماده به حالت گاز است
(Liquid=l)	ماده به حالت مایع است
(Solid = s)	ماده به حالت جامد است
(Aqueouse=aq)	محلول آبی
(Solved=sol)	محلل‌های مختلف
$\longrightarrow$	می دهد
$\rightleftharpoons$	تعامل دوطرفه بوده ، مواد محصول دوباره به مواد اولیه تبدیل می‌شود
$\xrightarrow{\Delta}$	تعامل در موجودیت حرارت صورت می گیرد .
$\xrightarrow{Ni}$	موجودیت کتلست در تعامل ضروری است
$\xrightarrow{120^0C,5atm}$	تعامل در موجودیت فشار وحرارت

۷ –۱ –۱ : معادله‌های تحریری حروفی

دراین نوع معادله‌ها تنها نام مواد تعامل کننده ومحصولات تعامل به حروف تحریر می گردد که نام تجارتی ویا سیستماتیک مواد تعامل کننده ومحصولات تعامل می‌باشند، دراین معادلات مواد تعامل کننده به طرف چپ و محصول تعامل به طرف راست وکتور تحریر می گردند، این نوع معادلات اطلاعات بیشتری را درمورد تعامل ارائه نمی کنند؛ به طور مثال:

گاز کاربونیک + چونۀ زنده $\xrightarrow{\text{حرارت}}$ سنگ چونه (نام‌های محلی به دری)

کاربن دای اکساید + کلسیم اکساید $\xrightarrow{\text{حرارت}}$ کلسیم کاربونیت (نام‌های سیستماتیک)

۷ – ۱ – ۲ : معادله‌های سمبولیک

دراین نوع معادله‌ها از سمبول‌ها وفورمول‌های کیمیاوی مواد، با در نظر داشت حالت‌های فزیکی هریک از مواد تعامل کننده ومحصول تعامل استفاده می‌شود. چون از معادلات

سـمبولیک معلومات واطلاعات بیشتر نسـبت به معادلات تحریری حروفی حاصل می گردد، از این سبب آن را زیاد تر به کار می‌برند. معادلهٔ تحریری حروفی فوق را قرار ذیل می توان به شکل سمبولیک تحریر کرد:

$$CaCO_3(s) \xrightarrow{\text{حرارت}} CaO(s) + CO_2(g)$$

فعالیت

برای افاده‌های زیر معادله‌های تحریری حروفی وسمبولیک را بنویسد

1 – از تعامل سوختن گاز میتان ، گاز کاربن دای اکساید وآب تولید می گردد.

2 – بـورون (III) اکسـاید جامد وکاربن (گرافیت) به حـرارت زیاد ، بور ون کارباید جامد (B_2C_2)وگاز کاربن مونواکسایدرا تشکیل می‌دهد،

3 – از تعامل گاز نایتروجن دای اکسـاید با آب گاز نایتریک اسـید وگاز نایتروجن (II) اکساید تولید می گردد،

4 – ازتعامل گاز امونیا با گاز فلورین ، دای نایتروجن تترا فلوراید به دست می آید

5 – از تعامل امونیم دای کرومیت در اثر حرارت ، گاز نایتروجن ، بخارات آب وکرومیم (III) اکسایدجامد حاصل می گردد.

۷ - ۱ - ۳ : معادلهٔ توصیفی

دراین روش از نام مرکبات وعناصر تعامل کننده ومحصول تعامل در چوکات یک جملهٔ توصیفی استفاده می گردد؛ به طور مثال: کلسیم کاربونیت در اثر حرارت به کلسیم اکساید و گاز کاربن دای اکساید تجزیه می گردد.

فعالیت

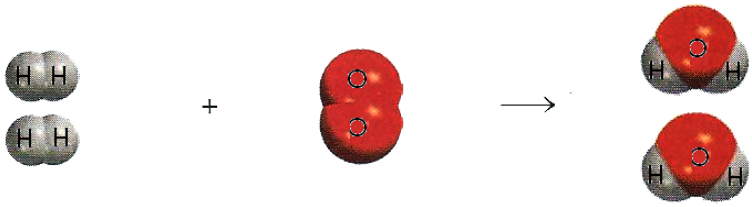
1 – امونیـم نایترایت تجزیه گردیده، گاز امونیـا وآب حاصل می گردد، معادله تحریری وسمبولیک آن را بنویسید .

2 – تیزاب نمک وسودیم هایدروکساید با هم تعامل نموده، نمک وآب را تشکیل می‌دهند، معادله تحریری وسمبولیک آن را بنویسید .

۷ - ۱ – ۴ : معادلهٔ شکلی

دراین طریقهٔ تحریر معادلات از اشـکال برای نمایش اتوم‌ها ومالیکول‌ها غرض تحریر معادلات استفاده می گردد؛ به طور مثال: هایدروجن باآکسیجن تعامل نموده آب را تشکیل می‌نمایند که

معادله شکلی آن قرار ذیل است:



شکل (7 – 2): معادلهٔ شکلی تعامل هایدروجن وآکسیجن وتشکیل آب

فعالیت

معادلات شکلی تعاملات ذیل را تحریر نمایید.

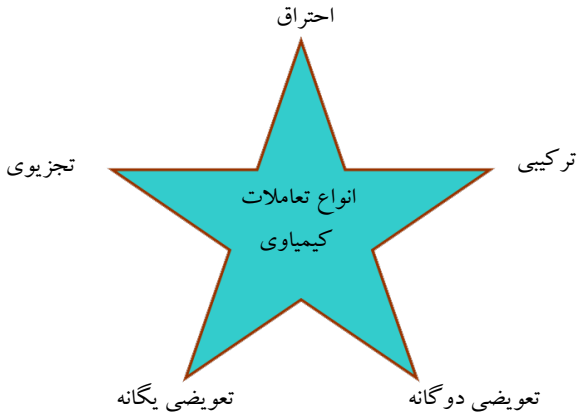
1 – تعامل هایدروجن و نایتروجن و تشکیل امونیا

2 – تعامل کاربن وآکسیجن و تشکیل کاربن دای اکساید.

3 – تعامل هایدروجن وکاربن و تشکیل میتان

۷ –۲ : انواع تعاملات کیمیاوی

در محیط ما همه روزه تعاملاتی صورت می گیرد که بالای حیات ما تأثیر مستقیم ویا غیر مستقیم دارند، پس لازم است تا درمورد تعاملات کیمیاوی معلومات حاصل گردد؛ اما تعاملات کیمیاوی تا اندازهٔ زیاد است لازم است تا مطالعات بیشتر و زمان بیشتر برای شناخت آن‌ها داشته باشیم.



قابل یاد آوری است این که تعاملات کیمیاوی قسمت اعظم مطالعات کیمیاوی را تشکیل می‌دهند؛ ازاین سبب کیمیادان‌ها تعاملات کیمیاوی را به انواع مختلف تقسیم نموده اند واین شیوهٔ تقسیم بندی هارا بادر نظر داشت میخانیکیت آن‌ها در جدول ذیل خلاصه می‌نماییم:

جدول (7 –2): انواع تعاملات کیمیاوی

شماره	طبقه بندی	انواع	تعریفات	مثال‌ها
1	انتقال الکترون	اکسیدیشن وریدکشن	نمبر اکسیدیشن بعضی اتوم‌ها تغییر می کند	$\overset{-4}{C}H_4 + 2O_2 \longrightarrow \overset{+4}{C}O_2 + 2H_2\overset{-2}{O}$
		غیر اکسیدیشن وریدکشن	نمبر اکسیدیشن تغییر نمی کند	$Ca^{2+}O + H_2O \longrightarrow Ca^{2+}(OH)_2$
2	انتقال انرژی	اگزوترمیک (حرارت زا)	مقدار معین انرژی آزاد می گردد .	$C + O_2 \longrightarrow CO_2 + E$
		اندوترمیک (جذب کننده انرژی)	انرژی را از محیط جذب می‌نماید	$2HgO + E \longrightarrow 2Hg + O_2$
3	برگشت پذیری	رجعی	محصول تعامل دوباره به مواد اولیه تبدیل می گردد	$3H_2 + N_2 \rightleftarrows 2NH_3$
		غیر رجعی	محصول تعامل دوباره به مواد اولیه تبدیل نمی گردد .	$C_3H_8 + 5O_2 \longrightarrow 3CO_2 + 4H_2O + E$
4	نوعیت مواد	سوختن	تعامل مواد باآکسیجن که حرارت و روشنی تولید می گردد	$CH_4 + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$
		هایدرولیز	پارچه شدن یک ماده به چندین ماده توسط آب وعمل متقابل آیون‌های آب وآیون‌های مالیکول مرکب	$NH_4Cl \xrightarrow{H_2O} NH_4OH + H^+ + Cl^-$
		خنثی شدن	تعاملات بین تیزاب والقلی	$HCl + NaOH \longrightarrow NaCl + H_2O$

5		رادیکال	تعاملاتی که به اساس رادیکال‌ها صورت می گیرد	$Cl_2 \xrightarrow{\text{نور}} 2Cl\cdot$
		اضافه شدن	یک ماده به مادهٔ دیگر علاوه می گردد	$C_2H_4 + H_2 \longrightarrow C_2H_6$
		حذفی	یک جزء از مالیکول تجرید می گردد	$C_2H_6O \longrightarrow C_2H_4 + H_2O$
		الکترون دوستی	با تولید یک ذره الکترون دوست تعامل آغاز می گردد.	$HNO_3 + H_2SO4 \longrightarrow HSO_4^- + H_2O + \overset{+}{N}O_2$ $\overset{+}{N}O_2 + C_6H_6 \longrightarrow C_6H_5NO_2 + \overset{+}{H}$
6	مقدار مواد اولیه و محصولات	تجزیه	از یک ماده چندین ماده حاصل می گردد.	$2H_2O \longrightarrow 2H_2 + O_2$
		ترکیب	از چندین ماده یک ماده حاصل می گردد.	$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$
7	تعویض	تعویض ساده	یک ویا چند اتوم جای یک یا چند اتوم را در مالیکول اشغال می‌نماید	$2Na + 2H_2O \longrightarrow 2NaOH + H_2$
		تعویض دوگانه	تعویض آیون‌های مرکبات بایکدیگر	$HNO_3 + NaOH \longrightarrow NaNO_3 + H_2O$

۷ –۲ –۱ : تعاملات تعویضی

۷ –۲ –۱ –۱ : تعامـلات تعویضی یگانه یا سـاده: در این نوع تعاملات اتوم‌های یک عنصـر خالـص، اتوم‌های عنصر دیگررا در یـک مرکب تعویض می‌نماید، یـا به عبارهٔ دیگر اتوم‌هـای یک عنصر خالص اتوم‌های عنصر دیگر را از کدام مرکب بی جا سـاخته و خودش جای آن را در مرکب اشـغال می‌نماید؛ بطور مثال: کلورین با پتاشـیم بروماید تعامل نموده در نتیجه برومین مرکب پوتاشیم بروماید توسط کلورین قرار معادلهٔ زیر تعویض می گردد:

$$Cl - Cl(g) + 2KBr(aq) \longrightarrow 2KCl(aq) + Br_2(l)$$

(آیون بروماید با آیون کلوراید مبادله می‌شود).

المونیم با آهن موجود در اکساید آهن مبادله می‌شود:

$$2Al(s) + Fe_2O_3(s) \longrightarrow Al_2O_3(s) + 2Fe(s)$$

در بعضی از تعاملات تعویضی ساده می‌توان از روابط زیر به حیث نمونه استفاده کرد:

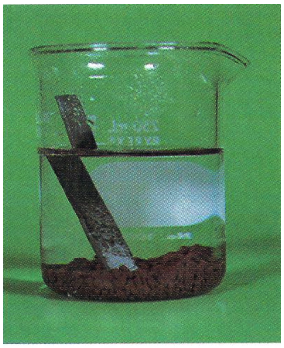
اگر A فلز فعال باشد می‌تواند در مرکب BC ($CuSO_4$) عنصر مس (B) را جدا ساخته و AC را می‌سازد.

$$A + BC \longrightarrow AC + B$$

$$Fe + CuSO_4 \longrightarrow FeSO_4 + Cu$$

شکل زیر تعامل تعویضی یگانهٔ جست و مس را در کاپر سلفیت با معادلهٔ آن نشان می‌دهد:

$$CuSO_4(aq) + Zn(s) \longrightarrow Cu(s) + ZnSO_4(aq)$$



شکل (7-3): تعامل جست با کاپر سلفیت

اگر A یک غیر فلز فعال باشد جای یک غیر فلز دیگر را در مرکب می گیرد، مثلا:

$$A + BC \longrightarrow AB + C$$

$$Cl_3 + NaI \longrightarrow NaCl + I_2$$

فعالیت

الف- تعاملات زیر را به شکل تعویضی ساده تکمیل نمایید.

1 - المونیم با تیزاب نمک تعامل نموده المونیم کلوراید و هایدروجن را تشکیل می‌دهد.

2 - $C(s) + Al_2O_3(s) \longrightarrow$

3 - $K(s) + H_2O(l) \longrightarrow$

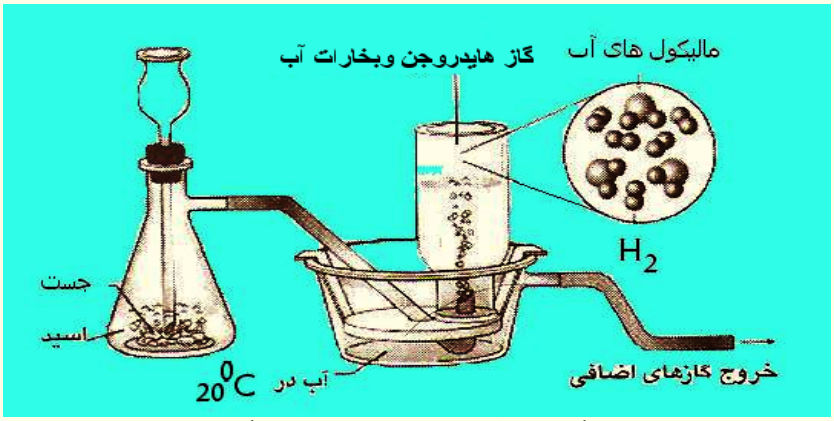
۴- مس با محلول نایتریت نقره تعامل نموده است.

۵- $SiO_2(s) + C(s) \longrightarrow$

ب- بیجا شدن هایدروجن از تیزاب نمک توسط فلز جست.

سامان و مواد مورد ضرورت: فلاسک، سر پوش، نل زانو خم، نل رابری به طول $50cm$ تشت آب، آب عادی، تست تیوب‌ها چهار عدد، پایه، گیرا، تست تیوب دانی، توته‌های جست 5 یا 6 دانه، $10mL$ تیزاب نمک ویا گوگرد.

طرز العمل: توته‌های جست را در فلاسک انداخته، بالای آن تیزاب نمک علاوه نمایید، مطابق به شکل ذیل هایدروجن بیجا شده را امتحان نمایید.



شکل(7 - 4): تعامل جست با تیزاب نمک (HCl)

1 - معادلهٔ تعامل را بنویسید.

2 - کدام فلزات دیگر هایدروجن را بیجا می‌سازند؟ لست نمایید.

خود را امتحان کنید

به معادلات حروفی و تحریری تعاملات تعویضی ساده زیردقت کنید

الف - گاز هایدروجن + القلی ⟵ آب + فلزات فعال

ب - گاز هایدروجن + نمک ⟵ یکعده تیزاب‌ها + عدهٔ از فلزات

ج - غیر فلز ضعیف + نمک جدید ⟵ نمک + غیر فلز فعال تر

د - فلز ضعیف تر + نمک جدید ⟵ نمک + فلز فعال تر

معادلات زیر به کدام یکی از معادلات حروفی فوق مطابقت دارد؟ نمبر آن‌ها را در مقابل معادلات فوق قرار دهید:

1 – $Br_2 + 2NaI \longrightarrow 2NaBr + I_2$

2 – $Mg + CuSO_4 \longrightarrow MgSO_4 + Cu$

3 – $2Na + 2H_2O \longrightarrow 2NaOH + H_2$

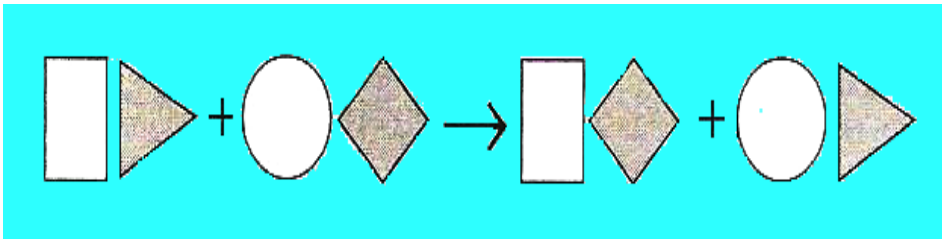
4 – $Zn + 2HCl \longrightarrow ZnCl_2 + H_2$

بیشتر بدانید

تعامل نمی کند $Cu + HCl \longrightarrow$

۷ - ۲ –۱ –۲ : تعاملات تعویضی دوگانه

در این نوع تعاملات آیون‌ها ویا اتوم‌های یکی از مرکبات توسط آیون‌هایا اتوم‌های مرکب دیگـر تعویض می گردد ویا به عبارهٔ دیگرآیون‌های دو مرکب جاهای یکدیگر را در مالیکول اشـغال می‌نمایند. تعامل دو نمک منحل که به تشـکیل یک نمک غیر منحل منجر می گردد، از جملهٔ تعاملات تعویضی دوگانه مهم محسوب می‌شوند:



شکل (7 – 5): تعامل تعویضی و معادلهٔ شکلی آن

تعویض کتیون.

$$PbCl_2(aq) + Li_2SO_4(aq) \longrightarrow PbSO_4(s)\downarrow + 2LiCl(aq)$$

تعویض انیون

$$ZnBr_2(aq) + 2AgNO_3(aq) \longrightarrow Zn(NO_3)_2(aq) + 2AgBr(s)\downarrow$$

$$BaCl_2(aq) + 2KClO_3(aq) \longrightarrow Ba(ClO_3)_2(s)\downarrow + 2KCl(aq)$$

شکل عمومی تعاملات تعویضی دوگانه طور زیر است:

$$AB + CD \longrightarrow CB + AD$$

مرکب چهارم + مرکب سوم ⟵ مرکب دوم + مرکب اول

به خاطر داشته باشید که در تعاملات تعویضی دوگانه حد اقل یکی از محصولات تعامل، مادهٔ غیر منحل، آب یا گاز باشد.

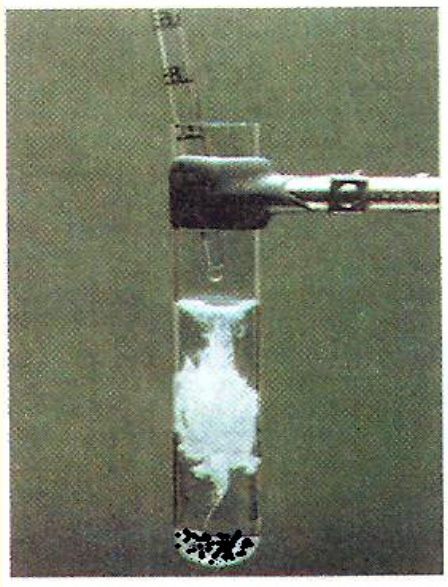
فعالیت

تعامل نایتریت نقره با سودیم سلفاید

سامان و مواد مورد ضرورت: تست تیوب، میلهٔ شیشه یی، منبع حرارت، گیرا، نایتریت نقره و سودیم سلفاید.

طرز العمل: سودیم سلفاید را در تست تیوب انداخته، بالای آن نایتریت نقره علاوه نمایید، تست تیوب را توسط گیرا گرفته ، برای یک دقیقه آن را گرم نمایید، دراین صورت رسوب سیاه تشکیل شده که عبارت از سلفاید نقره می‌باشد:

$$2AgNO_3(aq) + Na_2S(aq) \longrightarrow Ag_2S(s) + 2NaNO_3$$



شکل (7 - 6): تعامل نایتریت نقره با سلفاید سودیم

علاوه از رسوب کدام مادهٔ دیگر را می‌بینید که سبب تغییر در محیط تعامل گردیده است؟

۷ - ۲ - ۲ : انحلالیت وتشکیل محلول‌ها

مواد کیمیاوی به اساس عمل متقابل کیمیاوی ویا به اساس عمل متقابل فزیکی در یک دیگر حل می گردند؛ بنابر این انحلالیت مواد نیز می تواند یک نوع تعامل قسمی محسوب گردد.در زیر انحلالیت مواد را درآب مطالعه می‌نماییم:

مواد منحل و غیر منحل در آب

نمک‌ها، القلی‌ها و تیزاب‌های که بیشتر از $0.1mol/L$ آب حل شوند، به نام مواد منحل و اگر بین $0.1-0.001mol/L$ درآب حل شوند، کمتر منحل و اگر کمتر از $0.001mol/L$ درآب حل باشند ، به نام مواد غیر منحل یاد می‌شوند.

نمک‌های که آیون‌های نایتریت (NO_3^-) را دارا اند ، در آب منحل اند.

تمام استیت ها (CH_3COO^-)در آب منحل اند.

تمام نمک‌های کلوریت(ClO_3^-)ها به استثنای پتاشیم کلوریت در آب منحل اند، پتاشیم کلوریت کمتر منحل است .

اکثر کلورایدها(Cl^-) در آب منحل اند؛ به جز $PbCl_2, CuCl, Hg_2Cl_2, AgCl$ که در آب غیر منحل اند (سرب (II) کلورایدPbCl_2 در آب جوش حل می‌شود) .

اکثر بروماید ها(Br^-) در آب منحل اند؛ به جز $HgBr_2, PbBr_2, CuBr, Hg_2Br_2, AgBr$ که در آب غیر منحل بوده و $HgBr_2$ کمتر منحل اند.

اکثر آیودایدها (I^-) در آب منحل اند؛ به استثنای AgI ، Hg_2I_2 ، CuI ، PbI_2 و HgI_2 که در آب غیر منحل می‌باشند .

تمام سلفیت‌ها (SO_4^{2-}) به استثنای $Hg_2SO_4, BaSO_4, SrSO_4, CaSO_4, Ag_2SO_4$ در آب حل می‌شوند. بیشترین سلفیت‌های غیر منحل مربوط به فلزات گروپ اصلی جدول دوره یی عناصر اند.

سلفاید ها(S^{2-}) در آب غیر منحل اند، به استثنای سلفایدهای گروپ اول (I) و دوم (II) اصلی جدول دوره یی عناصر و امونیم سلفاید $(NH_4)_2S$ که در آب منحل اند.

کاربونیت‌ها (CO_3^{2-}) در آب غیر منحل اند ، به جز از کاربونیت‌های گروپ اول جدول دوره یی عناصر (فلزات القلی) و امونیم کاربونیت $(NH_4)_2CO_3$ در آب حل می‌شوند .

فاسفیت‌ها در آب غیر منحل اند؛ اما $(NH_4)_3PO_4$ در آب حل می‌شود

هایدروکسایدها (OH^-) در آب غیر منحل اند ، به جز از هایدروکسایدهای گروپ اول (فلزات القلی) ، $Ba(OH)_2, Sr(OH)_2$ و کلسیم هایدروکساید کمتر منحل اند.

فعالیت

محصولات تعاملات زیر را بنویسید:

1 – $NaHCO_3(aq) + HCl(aq) \longrightarrow$

2 – $CaO(s) + CO_2(g) \longrightarrow$

3 – $AgNO_3(aq) + Cu(s) \longrightarrow$

4 – $Ca(NO_3)_2(aq) + Na_2CO_3(aq) \longrightarrow$

5 – $NaCl(aq) + AgNO_3(aq) \longrightarrow$

6 – $Ca(HCO_3)_2(aq) \xrightarrow{\Delta}$

۷ – ۲ – ۲ : تعاملات تجزیوی

اکثر مرکبات به واسطهٔ جذب انرژی به شکل حرارت، برق، نور وتصادمات میخانیکی تجزیه شده و به مواد ساده تبدیل می گردد . شکل عمومی این نوع تعاملات قرار زیر است:

$$AB \longrightarrow C + D$$

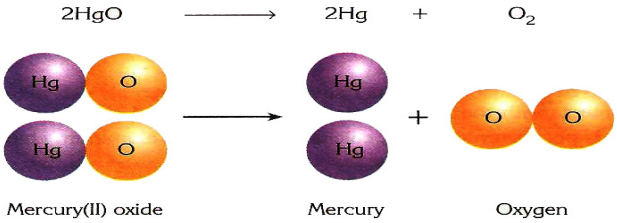
در نتیجهٔ تجزیهٔ مرکبات، ممکن محصولات نیز مرکبات باشند ، در این صورت C و Dمرکبات اند. اگر محصولات تعامل عناصر باشند، در این صورت C و D نیزعناصر بوده $(A + B)$ و در صورتی که مواد محصول از تعامل هم عنصر و هم مرکب باشند، در این صورت C وD عنصر و مرکب می‌باشد؛ به این اساس می توان معادلات ذیل را به نوع تعاملات ذکر شدهٔ فوق تحریر کرد:

1 - مرکب + مرکب $\xrightarrow{\text{حرارت}}$ مرکب

2 - عنصر + مرکب $\xrightarrow{\text{حرارت}}$ مرکب

3 - (عناصر) عنصر + عنصر $\xrightarrow{\text{حرارت}}$ مرکب

اگر به اکساید سیماب حرارت داده شود ، سیماب فلزی و گاز آکسیجن تشکیل می گردد:



شکل (7 – 7): معادلهٔ شکلی تجزیهٔ مرکیوری اکساید

فعالیت

مثال‌های زیر را به دقت مشاهده نموده، با در نظر داشت نوع تعاملات فوق در مقابل هر تعامل عدد 1 یا 2 و یا 3 از صفحه ۱۹۲ را که نمبر تعاملات مذکور در متن درس است، بنویسید:

$H_2O(g) \xrightarrow{\Delta} H_2(g) + O_2(g)$ ( )

$CdCO_3(s) \xrightarrow{\Delta} CdO(s) + CO_2(g)$ ( )

$Pb(OH)_2(s) \xrightarrow{\Delta} PbO(s) + H_2O(l)$ ( )

$N_2O_4(g) \xrightarrow{\Delta} 2NO_2(g)$ ( )

$2HgO(s) \xrightarrow{\Delta} 2Hg + O_2$ ( )

$PCl_5(s) \xrightarrow{\Delta} PCl_3(s) + Cl_2(g)$ ( )

$H_2CO_3(aq) \xrightarrow{\Delta} CO_2(g) + H_2O(l)$ ( )

خصوصیت مشترک این نوع تعاملات عبارت از تشکیل مواد ساده از مرکبات مغلق می‌باشد .

قواعد عمومی برای تعاملات تجزیوی را می‌توان طور زیر نوشت:

CO_2 + فلز اکساید $\xrightarrow{\Delta}$ فلز کاربونیت

فلز هایدروجن کاربونیت $\xrightarrow{\Delta}$ فلز کاربونیت + $CO_2 + H_2O$

SO_2 + فلز اکساید $\xrightarrow{\Delta}$ فلز سلفیت

O_2 + فلز نایترایت $\xrightarrow{\Delta}$ فلز نایتریت

O_2 + فلز کلورایت $\xrightarrow{\Delta}$ فلز کلوریت

H_2O + نمک بدون آب $\xrightarrow{\Delta}$ نمک بلوری آبدار

عنصر B + عنصر A $\xrightarrow{\Delta \text{ نور}}$ مادۀ مرکب دو عنصری

آب + اکساید غیر فلز $\xrightarrow{\Delta}$ تیزاب اکسیجن دار

فلز + غیر فلز $\xrightarrow{\text{برق}}$ نمک ذوب شده

هایدروجن + اکسیجن $\xrightarrow{\text{برق}}$ آب

آب + فلز اکساید $\xrightarrow{\Delta}$ فلز هایدروکساید

بیشتر بدانید

مرکب فلز نایتریت توسط حرارت به فلز نایترایت و گاز آکسیجن و در حرارت بلند به فلز اکساید و گازات نایتروجن وآکسیجن تبدیل می گردد ک

$$2KNO_3(s) \xrightarrow{\Delta} 2KNO_2(s) + O_2(g)$$

$$2KNO_3 \xrightarrow{\text{حرارت بلند}} K_2O(s) + N_2(g) + 2O_2(g)$$

جستجو کنید

آیا برای تعاملات تجزیه‌وی می‌توانید مثال‌های دیگری به علاوه از مثال‌های ذکر شدهٔ این درس تحریر بدارید؟

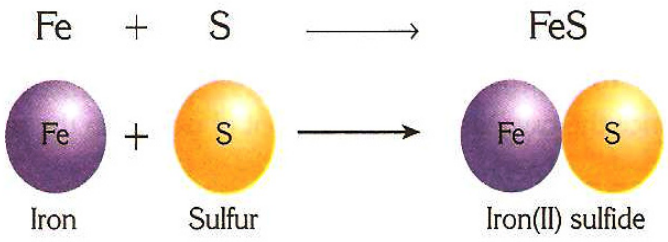
۷ – ۲ – ۳ : تعاملات ترکیبی

تعاملات که در نتیجهٔ آن دو یا چند ماده ساده با هم ترکیب شد یک مادهٔ مغلق یا مرکب را می‌سازد که از تعداد وانواع بیشتری از اتوم‌ها تشکیل شده باشد، به نام تعاملات ترکیبی یاد می‌شوند.

شکل عمومی آن قرار زیر است: $A + B \longrightarrow CD$

CD مرکب است، A وB ممکن عناصر یا مرکبات باشند و یا A مرکب و B عنصر باشد.

بصورت عموم تعاملات ترکیبی به طور زیر نمایش داده می‌شوند:



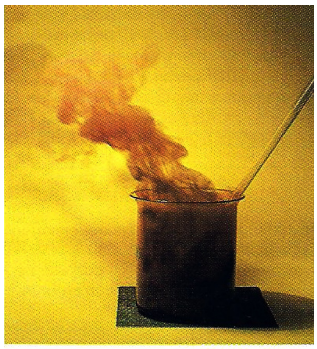
شکل (7 – 8): معادلهٔ شکلی تعامل تشکیل فیریم(II) سلفاید

1 - (مرکبات) مرکب ⟵ مرکب + مرکب

2 – مرکب ⟵ عنصر + مرکب

3 - مرکب ⟵ عنصر + عنصر

شکل زیر تعامل جمعی آهن و کلورین را نشان می‌دهد .



شکل (7 - 9): تعامل آهن با کلورین

$$2\overset{0}{Fe}(s)+3\overset{0}{Cl_2}(s)\longrightarrow 2\overset{+3\ -1}{FeCl_3}(s)$$

فعالیّت

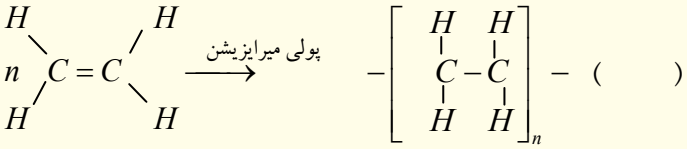
تعاملات زیر را به دقت خوانده، توسط اعداد 1, 2و 3 از صفحه ۱۹۴ که نمبر نوع تعاملات عمومی فوق الذکراست ،به آن‌ها ارتباط دهید:

$H_2(g)+O_2(g)\longrightarrow H_2O(l)$ ( )

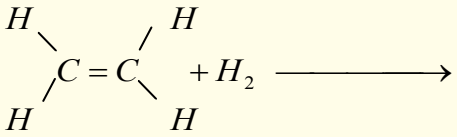
$Hg(l)+O_2(g)\longrightarrow HgO(s)$ ( )

$NH_3(g)+HCl(g)\longrightarrow NH_4Cl(g)$ ( )

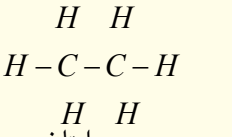
$CaO(s)+SiO_2(s)\longrightarrow CaSiO_3(s)$ ( )



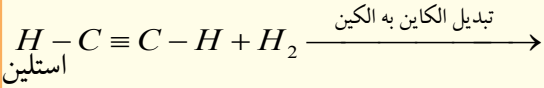
ایتلین — پولی ایتلین — ( )



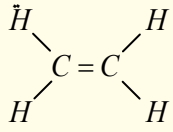
ایتلین



ایتان — ( )



استلین — ( )



ایتلین

$Na_2CO_3+H_2O+CO_2\longrightarrow 2NaHCO_3$

اشـکال عمومی تعامـلات ترکیبی را می‌توان طـور زیر فورمول بندی نمود که بسـیاری از تعاملات آن به این اشکال مطابقت می‌نمایند:

فلز اکساید ⟶ آکسیجن + فلز

غیر فلز اکساید ⟶ آکسیجن + غیر فلز

(قلوی) فلز هایدروکساید ⟶ آب + فلز اکساید

تیزاب آکسیجن دار ⟶ آب + غیر فلز اکساید

نمک ⟶ اکساید غیر فلز + اکساید فلز

پولیمر $\xrightarrow{\text{پولیمرایزیشن}}$ مونو مر

آب ⟶ آکسیجن + هایدروجن

$HX \longrightarrow NH_4X \quad x=(F,Cl,Br,I)$ + امونیاک

مرکبات مشبوع $\xrightarrow{\text{هایدرو جنیشن}}$ H_2 + مرکبات غیر مشبوع

مشتقات اکسیجنی هایدروکاربن ها ⟶ آب + مرکبات غیر مشبوع

$x=(Cl,Br,I)$, هایدروکاربن‌های مشبوع هلوجندار ⟶ X_2 + مرکبات غیر مشبوع

$x=(Cl,Br,I)$, هایدروکاربن‌های مشبوع هلوجندار ⟶ HX + مرکبات غیر مشبوع

فعالیت

جداکردن منگ سماوارها و چای جوش ها: در وسایلی مانند سماوار و چای جوش که آب را در آن‌ها جـوش می‌دهند، کلسـیم بای کاربونیـت و مگنیزیم بای کاربونیت منحل در آب‌های عادی به اثر جوش شـدن ترسـب می‌نمایند و به نمک‌هـای غیر منحل تبدیل می‌شـود. این کاربونیت‌ها در چنین ظروف و وسـایل رسـوب کرده سـبب ازدیاد کتله و بندش شیردهن‌ها مجرای خروجی آب این وسایل می‌گردد. برای تجرید منگ از وسایل، از طریقه‌هـای مختلف اسـتفاده می‌کنند، یکی از این طریقه‌هـا تهیهٔ محلول قلوی وعلاوه نمودن آن بالای منگ می‌باشد.

مواد و وسـایل مورد ضرورت: گیلاس، هاونگ با دسـته، ترازو، چای جوش منگ گرفته شده ، $10g$ نمک طعام، $9g$ سـودیم هایدروکساید، $0.5g$ پوتاشیم کاربونیت و $0.2g$ پوست بلوط.

طرز العمل: نمک طعام ، K_2CO_3 و پوسـت بلوط را طبق کمیت‌های فوق به طور دقیق

وزن کرده و باهم مخلوط نمایید و در هاونگ آن را خوب به پودر تبدیل نمایید، سپس آن را در یک گیلاس انداخته و آن را برای از بین بردن منگ استعمال نماید.

$\frac{2}{3}$ حصهٔ حجم چای جوش را از آب پر نمایید، به طور تقریبی در مقابل هر لیتر آب $2-3g$ پودر القلی تهیه شده را درآن علاوه نمایید. چای جوش را بالای منبع حرارت گذاشته بعد از جوش آمدن آب، به مدت $5-3$ دقیقه چای جوش را از منبع حرارت دور ننمایید و حرارت دادن را ادامه دهید و بعد از آن چای جوش را از آب تخلیه نموده ، با آب عادی و مایع ظرف شویی چای جوش را بشویید ، تغییرات رادر چای جوش مشاهده نموده ودر کتابچه‌های تان یادداشت کنید.

۷ –۲ - ۳ : تعاملات احتراقی (سوختن)

تعامل مواد با اکسیجن در صورتی که با تولید حرارت و نور همرا باشد، به نام سوختن یاد می‌شود. از تعامل سوختن فلزات، اکسایدهای فلزی و از احتراق مرکبات عضوی با اکسیجن CO_2، آب و انرژی تولید می گردد، از احتراق عناصر غیر فلزات، اکسایدهای غیر فلز تولید می گردند. از سوختن هایدروکاربن‌ها و سایر مرکبات عضوی سلفر دار، سلفر دای اکساید و از سوختن مرکبات عضوی نایتروجن دار، اکسایدهای مختلف نایتروجن، بخصوص NO_2 تولید می‌شود.

به طور مثال: معادلهٔ سوختن میتان را طور زیر نوشته کرده می‌توانیم:

$$CH_4(g)+2O_2(g)\longrightarrow CO_2(g)+2H_2O(g)+E$$

اگر مقدار آکسیجن کم باشد، همراه با CO_2 مقدار گاز CO یا دود C نیز مشاهده می گردد و مقدار حرارت آزاد شده کم می‌باشد.

هایدروجن در طبقات بلند اتموسفیر در موجودیت اکسیجن سوخته تولید آب و حرارت را می‌نماید:

$$2H_2+O_2 \xrightarrow{\text{الماسک}} 2H_2O+\text{حرارت}$$

اکثر فلزات با اکسیجن تعامل نموده ، اکساید مربوطه ، روشنی و حرارت را تولید می‌کند؛ به طور مثال : اگر فلز مگنیزیم بالای شعلهٔ آتش قرار داده شود، شعله ورشده، می‌سوزد.

$$2Mg+O_2\longrightarrow 2MgO+\text{حرارت و نور}$$

آیا سوختن مواد یکی از انواع تعاملات ترکیبی می‌باشند؟ سوختن خود بخودی فاسفورس در

هوای مرطوب، یکی از تعاملات مهم سوختن مواد است، شکل ذیل سوختن خود به خودی فاسفورس سفید را نشان می‌دهد:



شکل (7 – 10): سوختن فاسفور در هوا

حرارت و روشنی $P_4(S)+5O_2(g)\longrightarrow P_4O_{10}(s)+$

فکر کنید

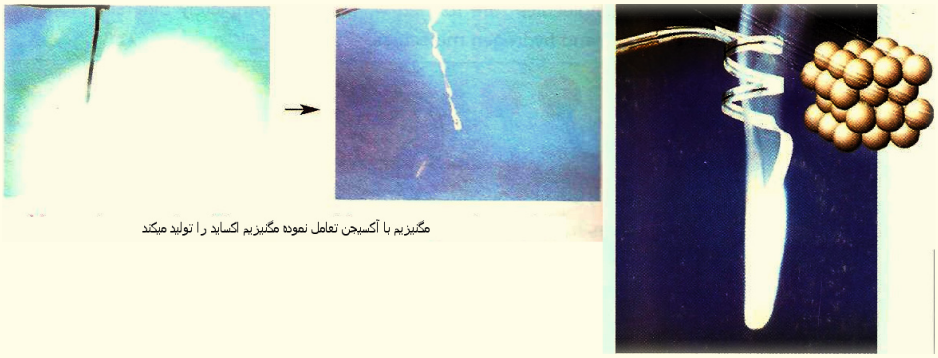
آیا تعامل سوختن مواد را می‌توان نوع تعاملات ترکیبی قبول کرد؟

فعالیت

سوختن فلز مگنیزیم

مواد و لوازم مورد ضرورت: فلز مگنیزیم و گوگرد.

طرز العمل: $20cm$ فیتهٔ فلز مگنیزیم را گرفته توسط گوگرد بسوزانید، حرارت و روشنی آن را مشاهده نمایید. تولید خاکستر سفید را که اکساید مگنیزیم بوده مشاهده کنید:



شکل (7-11): سوختن سیم مگنیزیم و تشکیل حرارت

۷ - ۲ - ۴ : تعاملات اکزوترمیک و اندوترمیک

تعاملات کیمیاوی از لحاظ جذب و یا آزاد نمودن انرژی به دو دسته تقسیم می‌گردند،

دستهٔ اول نوع تعاملات است که در نتیجه صورت گرفتن آن‌ها علاوه بر محصولات تعامل، انرژی به شکل حرارت و نور نیز آزاد می‌گردد ، این نوع تعاملات را به نام تعاملات اکزوترمیک (Exothermic)یاد می‌نمایند . اکثر تعاملات القلی‌ها با تیزاب‌ها اکزوترمیک بوده و با آزاد شدن حرارت صورت می‌گیرند ؛ بطور مثال:

$$NaOH + HCl \longrightarrow NaCl + H_2O + E \text{ حرارت}$$

انرژی + آب + نمک ⟵ تیزاب نمک + سودیم هایدروکساید

فلزات فعال با آب تعامل نموده نور و حرارت را تولید می‌نماید؛ بطور مثال: وقتی که توتهٔ کوچک فلز سودیم در تشت پر از آب انداخته شود، تعامل بسیار سریع صورت گرفته و با تولید نور و حرارت همراه می‌باشد:.



شکل (7 – 12): تعامل اکزوترمیک سودیم در آب و تولید حرارت و نور

$$2Na + 2H_2O \longrightarrow 2NaOH + H_2 + \text{نور} + \text{حرارت}$$

هایدروجن + سودیم هایدروکساید ⟵ آب + سودیم

تعاملات اکزوترمیک نیز گاهی برای فعال شدن مواد داخل تعامل به انرژی ضرورت داشته؛ مگر انرژی که در جریان تعامل آزاد می‌گردد، بیشتر از آن مقدار انرژی است که برای فعال ساختن مواد داخل تعامل به مصرف میرسد؛ به طور مثال: فلز مگنیزیم را باید ابتدا به شعلهٔ آتش نزدیک سازیم تا تعامل آغاز گردد، وقتی که تعامل شروع شد، مقدار بی نهایت انرژی آزاد می‌شود. هم چنان اگر بالای پتاشیم پرمنگنیت گلیسرین را علاوه نماییم، در آغاز تعامل به انرژی آفتاب ضرورت بوده که این انرژی به نام انرژی فعال سازی یا انرژی اکتیویشن (Activition) یاد می‌شود.

تعاملاتی که با جذب انرژی صورت می‌گیرند یا تعاملاتی که مستلزم حرارت اند، به نام تعاملات اندوترمیک (Endothermic)یاد می‌گردند. اکثر تعاملاتی که در طبیعت صورت می‌گیرند، از این جمله تعاملات اند؛ به طور مثال: استحصال چونه از سنگ چونه با مصرف زیاد انرژی امکان پذیر است:

$$CaCO_3(s) \xrightarrow{\Delta} CaO(s) + CO_2(g)$$

فعالیت

معادلات تعاملات زیر را ملاحظه نموده ، تعامل اکزوترمیک را به حروف (Ex) و اندوترمیک را به حروف (En) در کتابچه‌های خود نشانی کنید:

$$2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(l) + 571{,}6KJ$$
$$CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l) + 890KJ$$
$$2CuO(s) + 314{,}6KJ \longrightarrow 2Cu(s) + O_2$$
$$2H_2O(l) + 571{,}6KJ \longrightarrow 2H_2(g) + O_2(g)$$
$$H_2O(s) + 6KJ \longrightarrow H_2O(l)$$
$$H_2(g)Cl_2(g) \longrightarrow 2HCl(g) + 185KJ$$
$$H_2O(l) \longrightarrow H_2O(s) + 6KJ$$
$$4Al(s) + 3O_2(g) \longrightarrow 2Al_2O_3 + 3351{,}4KJ$$
$$Sn(s) + 2Cl_2(g) \longrightarrow SnCl_4(l) + 511{,}3KJ$$
$$C(s) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 393{,}5KJ$$

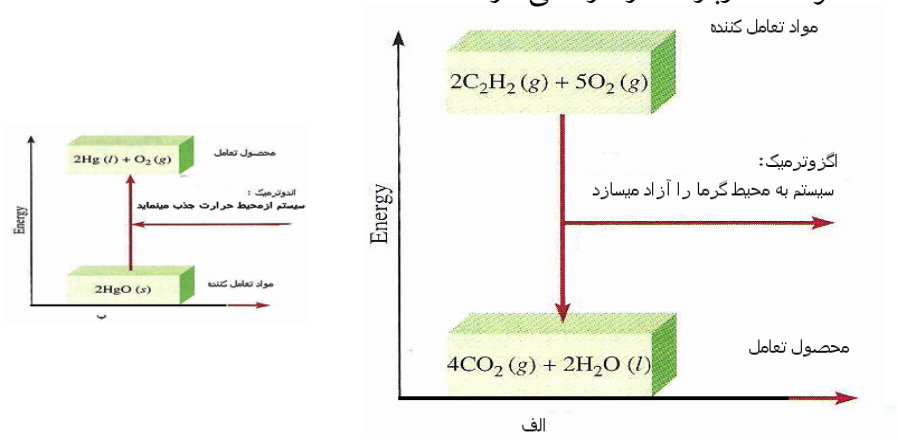
۷ - ۲ - ۵ : دیاگرام انرژی برای تعاملات اکروتزمیک و اندوترمیک

طوری که گفته شد، تعاملات کیمیاوی از نگاه انرژی به دو دستهٔ اکزوترمیک و اندوترمیک تقسیم می‌گردند. تعاملات اکزوترمیک در ابتدأ تعامل به یک مقدار انرژی ضرورت دارد که این مقدار انرژی به نام انرژی فعال سازی (Activation) یاد می‌شود؛ ولی انرژی که آزاد می‌گردد بیشتر از مقدار انرژی فعال سازی می‌باشد.

مواد تعامل کننده در تعاملات اکزوترمیک دارای انرژی ذخیروی زیاد بوده و مواد محصول تعامل آن انرژی ذخیروی کم را دارا می‌باشند. محصولات اکزوترمیک با ثبات بوده و برای

تجزیهٔ آن‌ها به همان مقدار انرژی ضرورت است که در وقت تشکیل آن‌ها آزاد گردیده است.

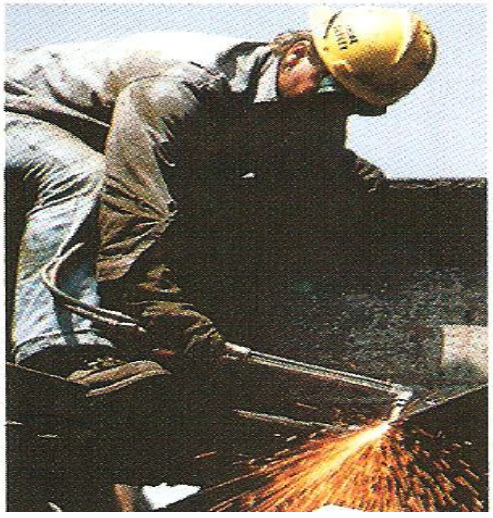
تعامـلات اندوترمیـک در جریـان تشـکیل مواد محصـول، مواد اولیه انـرژی جـذب می‌نماینـد؛ لـذا انرژی ذخیره وی مـواد محصول تعامل بیشـتر از مواد تعامل کننده می‌باشـند. محصـولات تعاملات اندوترمیک بی ثبات اند ؛ زیرا مقدار انرژی که در وقت تشـکیل خویش اخذ نموده اند دوباره آن را آزاد می‌سازد.



شکل (7 – 13) دیاگرام انرژی تعامل اکزوترمیک واندوترمیک

الف – سوختن اسیتیلین در موجودیت هوا (اکزوترمیک) ،

ب – تجزیه مرکیوری (II) اکساید (اندوترمیک)



شکل (7 – 14): چراغ اکسی اسیتیلین درموقع سوختن حرارت زیاد را تولید می کند که در ولدنگ کاری وقطع فلزات به کار می‌رود

.

خلاصهٔ فصل هفتم

- تعاملات کیمیاوی توسط معادلات کیمیاوی نمایش داده می‌شوند.
- تعامـلات کیمیاوی نوع جریاناتی اند کـه در آن‌ها مواد اولیه به مـواد جدید یا محصول تعاملات که دارای خواص جدید می‌باشند، تبدیل می گردند.
- تعامـل تعویضی سـاده عبارت از تعاملی اسـت که در آن یک یا چنـد اتوم جای یک یا چندین اتوم هارا در مالیکول متشکل آن‌ها اشغال می‌نمایند .
- تعامل تعویضی دوگانه عبارت از تعاملی اسـت که در آن یک یا چند اتوم از یک مرکب با یک یا چند اتوم مرکب دیگر تعویض می گردد.
- تعامل تجزیوی عبارت از تعاملی اسـت که از تجزیهٔ یک ماده، چند مادهٔ جدید به دسـت می‌آید.
- تعامل ترکیبی عبارت از تعامل اسـت که از یک جاشدن دو یا چند ماده، یک مادهٔ جدید تشکیل می گردد.
- تعامل احتراقی عبارت از تعامل است که در آن یک ماده در موجودیت آکسیجن سوخته، تولید اکسایدها، حرارت و روشنی می‌نماید .
- نمک‌ها، القلی‌ها و تیزاب‌های که بیشـتر از $0.1 mol/L$ (مول درفی لیتر آب) حل شوند، به نام مواد منحل و اگر بین $0.1 - 0.001$ مول فی لیتر آب حل شـوند کمتر منحل و اگر کمتر از 0.001 مول فی لیتر آب حل باشند، به نام مواد غیر منحل یاد می‌شوند .
- در تعامل اکزوترمیک در جریان تعامل یک مقدار انرژی آزاد می‌شود.

* محصولات تعاملات اکزوترمیک با داشـتن مقدار کم انرژی با ثبات و محصولات تعاملات اندوترمیک با داشتن مقدار زیاد انرژی بی ثبات اند.

- تعاملات اکزوترمیک نیز گاهی برای فعال شدن مواد داخل تعامل به انرژی ضرورت داشته مگر انرژی که در جریان تعامل آزاد می گردد، بیشتر از آن مقدار انرژی است که برای فعال ساختن مواد داخل تعامل به مصرف میرسد.

تمرین فصل هفتم

سؤال‌های چهار جوابه

1 - علامهٔ اختصاری برای حالت مواد محلول‌های آبی ------ است .

الف) L ب) l ج) aq د) sol

2 - از سوختن گاز میتان، گاز کاربن دای اکساید و آب تولید می‌شود. این جمله چیست؟

الف) معادلهٔ سمبولیک است ب) معادلهٔ تحریری است

ج) معادلهٔ توصیفی است د) یک عبارت است.

3 - محصول تعامل $K(s)+H_2O(l)\longrightarrow$ عبارت است از:

الف) $K_2O+H_2O_2$ ب) $KOH+H_2$ ج) $K+H_2+O_2$ د) هیچ کدام

4 - تعامل تیزاب با القلی از کدام نوع تعاملات ذیل می‌باشد:

الف) خنثی سازی ب) تعویضی دوگانه ج) رسوب دهنده د) الف و ب هردو

5 - کدام سلفیت‌های زیر در آب غیر منحل اند:

الف) Na_2SO_4 ب) K_2SO_4 ج) $BaSO_4$ د) $FeSO_4$

6 - تعامل $CaCO_3(s)\xrightarrow{\Delta}CaO+CO_2$، کدام نوع تعامل است؟

الف) ترکیبی ب) تجزیوی ج) سوختن د) اکزوترمیک

سؤال‌های صحیح و غلط

جملهٔ صحیح را به حرف (ص) و غلط را به حرف (غ) نشانی کنید.

1 - نمک ذوب شده توسط جریان برق به فلز و بقیهٔ تیزابی تجزیه می‌شود.( )

2 – تبدیل اسیتیلین به ایتلین تعامل ترکیبی است. ( )

3 – تعامل مواد با اکسیجن به نام سوختن یاد می‌شود.( )

4 – تعامل فلزات القلی با آب و تیزاب‌ها اکزوترمیک اند.( )

5 – محصولات اندوترمیک با ثبات اند.( )

6 – سمبول S برای مایعات در معادلات استعمال می گردد.( )

7 – $\longrightarrow$ معنی (می دهد) را دارد.( )

8 – تعامل $C + FeO \longrightarrow Fe + CO_2$ تعویضی دوگانه است.( )

سؤال‌های خانه خالی

جاهای خالی را به کلمات مناسب تکمیل نمایید.

1 – مگنیزیم با مس (II) سلفیت تعامل نموده ..... و ..... را تشکیل می‌دهد.

2 - $PbCl_2$ در آب ..... اند.

3 – محصولات تعامل تجزیوی $Pb(OH)_2$ عبارت از ..... و ..... می‌باشند.

4 – شکل عمومی تعاملات ترکیبی ..... می‌باشد.

5 – محصول، فلز + اکسیجن عبارت از ..... می‌باشد.

6 – سودیم هایدروکساید با تیزاب نمک تعامل می‌نماید ..... و ..... را می‌سازد.

7 - تعاملاتی که از محیط ماحول خود انرژی را جذب می‌نماید..... نامیده می‌شود.

8 – تعاملاتی که به محیط انرژی می‌دهد..... نامیده می‌شوند.

سؤالهای تشریحی

1 – تعامل کیمیاوی توسط کدام مفاهیم نشان داده می‌شود؟

2 – انواع عمدهٔ تعاملات کیمیاوی را توضیح کنید.

3 - معادلهٔ توصیفی را با یک مثال توضیح دهید.

4 - معادلهٔ سمبولیک را توسط یک مثال توضیح دهید.

5 - تعامل اکزوترمیک را با یک مثال توضیح دهید.

6 - تعامل ترکیبی را تعریف و شکل عمومی آن را بنویسید.

7 - تعامل تعویضی ساده را با یک مثال توضیح کنید.

8 - آیا تعامل القلی با تیزاب تعامل تعویضی است؟ چرا؟

9 - دیاگرام تعاملات اکزوترمیک و اندوترمیک را ترسیم نمایید.

10 - محصول تعاملات زیر را بنویسید و هم آن را به یکی از انواع تعاملات ارتباط دهید.

1- $Al(s) + HCl(l) \longrightarrow$

2- $Fe(s) + H_2O(l) \longrightarrow$

3- $C(s) + Fe_2O_3(s) \longrightarrow$

4- $NaOH(aq) + H_3PO_4(aq) \longrightarrow$

5- $C_2H_5OH(l) + O_2(g) \longrightarrow$

فصل هشتم



تعاملات اکسیدیشن – ریدکشن

تعاملات اکسیدیشن – ریدکشن یکی از پروسس‌های بسیار مهم طبیعت می‌باشد. سوختاندن مواد سوختی درسوخت گاه ، دیگ‌های بخار، رسوب الکترولتیکی فلزات، پروسه‌های که در عناصر گلوانیکی و بتری‌ها صورت می گیرد، همه به اساس تعاملات اکسیدیشن – ریدکشن عملی می گردند . دریافت مواد اولی و ابتدایی(آهن، کروم، منگنیز، طلا، نقره، کلور، آیودین، و غیره) هم‌چنان محصولات مشخص کیمیاوی (امونیا، تیزاب شوره، تیزاب گوگرد و دیگر تیزاب‌ها) به اساس تعاملات اکسیدیشن– ریدکشن حاصل شده است. در اورگانیزم موجودات حیه اعم از نباتات و حیوانات تعاملات و تبادلات اکسیدشن – ریدکشن بسیارمهمی صورت می گیرد که درجریان آن انرژی تولید و مجزا می گردد، این انرژی تولید شده برای بقای حیات موجودات حیه حتمی و ضروری می‌باشد

دراین فصل راجع به اکسیدیشن وریدکشن معلومات حاصل می‌نمایید ، نمبراکسیدیشن اتوم‌ها را در مالیکول مرکب و توزین معادلات تعاملات اکسیدیشن وریدکشن را می‌آموزید، میتودهای اساسی توزین تعاملات اکسیدیشن – ریدکشن را نیز یاد خواهید گرفت.

۸ –۱ : تعریف اکسیدیشن وریدکشن

در زمان‌هـای قدیم اصطلاح اکسیدیشـن و ریدکشـن به مفهوم دیگری بـه کار می‌رفت ؛ طوری که نصب آکسـیجن رابالای مالیکول مرکب به نام عملیۀاکسیدیشن یاد می نمودند ؛ به طور **مثال :**

$$S + O_2 \longrightarrow SO_2$$
$$C + O_2 \longrightarrow CO_2$$

عملیۀ اکسیدیشن ممکن بدون موجودیت آکسیجن آزاد، بلکه به واسطۀ یک مادۀ اکسیجن دهندۀ ترکیبی صورت بگیرد، تعامل ذیل را ملاحظه نمایید:

$$2K\,ClO_3 + 3S \longrightarrow 2KCl + 3SO_2$$

در تعامل فوق $K\,ClO_3$ به حیث اکسیدی کننده عمل نموده و سلفر را تحمص نموده است.

عملیه ارجاع کشیدن آکسیجن و نصب هایدروجن را در تعاملات کیمیاوی به نام ارجاع یا ریدکشن یاد می کنند؛ به طور مثال:

$$Fe_2O_3 + 3H_2 \longrightarrow 2Fe + 3H_2O$$
$$Fe_2O_3 + 3CO \longrightarrow 2Fe + 3CO_2$$

اکسیدیشن عبارت از عملیه یی است که در آن نمبر اکسیدیشن(مقدار چارج مثبت قسمی) اتوم‌های بعضی از عناصر بلند می‌رود، عملیه یی پایین آمدن نمبر اکسیدیشـن (مقدار چارج مثبت قسمی) اتوم‌های عناصر را در یک تعامل کیـــمیاوی به نام رید کشن یاد می کنند.

اکثر تعاملات کیمیاوی نوع تعاملات اکسیدیشـن وریدکشن می‌باشند؛ به طور مثال : تعامل سوختن کاربن نوعی از تعاملات اکسیدیشن – ریدکشن است:

$$\overset{0}{C} + \overset{0}{O} \longrightarrow \overset{+4}{C}\,\overset{-2}{O_2}$$

اکسیدی شده ارجاع شده

اما تعاملات ذیل نوع تعاملات اکسیدیشـن – ریدکشن نمی‌باشد؛ زیرا نمبرهای اکسیدیشن اتوم‌های مواد تعامل کننده بعد از تشکیل محصولات نیز به حالت اولی باقی مانده است:

$$BaO + H_2O \longrightarrow Ba(OH)_2$$
$$2NaOH + H_2SO_4 \longrightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$$

معمولاً عملیهٔ اکسیدیشن وریدکشن در تعاملات کیمیاوی هم زمان صورت می گیرد و تعداد الکترون‌های گرفته شده مساوی به تعداد الکترون‌های باخته شده است، در صورتی که الکترون‌های باخته شده منفی و گرفته شده مثبت قبول گردد، مجموعهء الجبری آن‌ها مساوی به صفراست.

چون ارجاع یک مادهء کیمیاوی با اکسیدیشن مادهٔ دیگر هم‌زمان صورت می گیرد، به هر اندازه که الکترونیگاتیویتی اتوم‌های عناصرزیاد باشد، به همان اندازه خاصیت اکسیدی کننده گی (اکسیدانی) آن‌ها قوی می‌باشد. (این خاصیت در عناصر غیر فلزی زیاد است) و بر عکس هر قدر که عناصر دارای خاصیت الکترونیگاتیویتی پایین باشد به همان اندازه خاصیت اکسیدانی آن‌ها ضعیف بوده و خاصیت ارجاع کننده گی آن‌ها قوی می‌باشد.

فعالیت

در تعامل ذیل اکسیدی کننده‌ها وارجاع کننده هارا مشخص سازید .

$$Cl_2 + 2NaOH \longrightarrow NaClO + NaCl + H_2O$$

فکر کنید

الف – جریان برق نتیجهٔ انتقال الکترون‌ها است، آیا از تعاملات اکسیدیشن وریدکشن می‌توان جریان برق را بدست آورد؟

ب – چرا عملیهٔ اکسیدیشن و ریدکشن لازم وملزوم یک دیگر اند؟

۸ – ۲ : نمبر اکسیدیشن عناصر

توسط ولانس‌های عناصر کیمیاوی می‌توان قابلیت عنصر را در تشکیل رابطه‌های کیمیاوی دانست (و یا این که به معنی فوق العاده بلند مقیاس قابلیت آن‌ها درتشکیل رابطه کیمیاوی پی برد). کمیت ولانس، ارقام روابط کیمیاوی را تعیین می‌نماید که توسط اتوم‌ها تشکیل گردیده است. ولانس‌ها به حیث کمیت الکترونیگاتیویتی اتوم‌ها که با اتوم مشخص رابطه داشته باشد، به شمار نرفته و علامات (+) و یا (–) را ندارند ؛ زیرا ولانس ارقام روابط را درمالیکول‌ها مشخص می‌سازد ؛ لاکن در مرکبات الکترون‌های که روابط کیمیاوی را تشکیل می‌نمایند، بالای اتوم‌های الکترونیگاتیف بلند، اخذ موقعیت می‌نمایند و درنتیجه اتوم

هاچارج معین را کسب میکنند. توسط درجه اکسیدیشن اتوم‌ها درمالیکول‌ها چارج برقی قسمی یا شرطی اتوم‌های مشخص به اساس استقرار الکترون‌های ولانسی بالای عنصر الکترونیگاتیف، دریافت می گردد. ذریعه‌ی این نوع شـرایط پیش بینی می‌شـود کـه الکترون‌های هریک از رابطه‌ها درمالیکول و یا آیون با اتوم فوق العاده الکترونیگاتیف تعلق دارد. درجهٔ اکسیدیشـن اتوم توسط علامت (+) و یا (-) نشان داده می‌شود. علامت مثبت درجه اکسیدیشن عنصر به ارقام الکترون‌های اتوم مطابقت دارد که از آن جدا گردیده اسـت و کمیت درجه اکسیدیشن منفی پیوستن الکترون را نشان می‌دهد که با اتوم عنصر یک‌جا گردیده است.

۸ - ۲ - ۱ : قوانین تعیین نمبر اکسیدیشن

برای تعیین درجات اکسیدیشن اتوم‌ها درحالت آزاد (عنصری) و درمرکبات کیمیاوی با در نظر داشت مشخصات الکترونیگاتیویتی آن‌ها قرار مواد ذیل عملی می گردد.

1 - اتوم‌های آکسـیجن درمرکبات می‌توانند درجات اکسیدیشـن تام ویا کسـری را از خود نشان بدهد ؛ به طور مثال: درجه اکسیدیشن آکسیجن در H_2O مساوی (2 -) بـوده، در H_2O_2، 1 - و درمرکبات KO_2 و KO_3 بـه ترتیـب $\frac{-1}{2}$ و $\frac{-1}{3}$ مـی باشـد ، در مرکب اکسـی فلوراید OF_2 درجه اکسیدیشن آکسـیجن $+2$ است . به صورت مشخص درجه اکسیدیشـن هایدروجـن در مرکبات کیمیـاوی $+1$ بوده ؛ اما درمرکبـات هایدرایدهای فلزات فعال (Hydride Metals) نمبراکسیدیشن آن 1 - می‌باشد.

2 - درجه اکسیدیشن اتوم‌ها در آیون‌های مالیکول مرکبات ساده به اساس کمیت و علامه آن مسـاوی به چـارج برقی آیون‌های آن می‌باشـد؛ به طور مثـال: در مرکب KCl درجه اکسیدیشن پوتاشیم $(K)+1$ واز کلورین $(Cl)^{-1}$ است که چارج آن‌هابترتیب $+1$ و 1 - می‌باشد.

3 - درصورتی که مالیکول به اسـاس رابطهٔ کوولانت ویا روابط آیونی- کوولانسـی تشـکیل گردیده باشـد ؛ بـه طور مثـال : ($HNO_3, NH_4NO_3, NH_4NO_2, NH_3$) درجه اکسیدیشـن اتوم الکترونیگاتیف قـوی علامه (-) و اتـوم دارای خاصیت الکترونیگاتیف ضعیف به علامه (+) نشان داده می‌شود.

برای د ا نسـتن درجه اکسیدیشـن معین عناصر سلسـلهٔ از مرکبات به شـکل معقول لازم اسـت تا فورمـول گرافیکی مـرکب مطلوب تحریر گـردد، در مرکبات نایتروجـن‌دار ($HNO_3, HNO_2, NH_4OH, NH_3$ و N_2H_4)، بترتیب درجه اکسیدیشـن

3 - ، 3 - ، 3 + ، 5 + و2 - را دارا بوده که این درجات اکسیدیشن به طور آشکار درفورمول ساختمانی آن‌هابه ملاحظه می‌رسد.

4 - مالیکول‌های که از اتوم‌ها عین عنصر تشکیل شده باشند (مانند: N_2, Br_2, Cl_2, H_2 وغیره) درجه اکسیدیشن اتوم‌های این عناصر درمالیکول‌های آن‌ها مساوی به صفر می‌باشد؛ زیرا قوۀ جذب الکترونی بین هم‌چو اتوم‌ها در مالیکول شان موجود نمی‌باشد والکترون‌های مشترک بین هسته‌های هر دو اتوم قرار دارد؛ به طور مثال: درمالیکول هایدروجن ($H:H$) و کلورین ($Cl:Cl$) درجه اکسیدیشن هر اتوم مساوی به صفر بوده ، لیکن Covalence (ولانسی) آن‌ها با درنظرداشت کمیت جوره الکترون‌های ولانسی به یک مطابقت دارد.

5 - در اکثر مرکبات عضوی، روابط کیمیاوی خاصیت ضعیف قطبی را در اثر تفاوت الکترونیگاتیویتی بین اتوم های رابطه اشتراکی دارا بوده. درجۀ اکسیدیشن اتوم‌ها درآن‌ها مانند مرکبات کو ولانسی قطبی است.

6 - فلزات درحالت عنصری دارای توزیع منظم کثافت الکترونی به اطراف هسته می‌باشد از این سبب درجۀ اکسیدیشن آن‌ها مساوی به صفرقبول شده است.

7 - درآیون مجموعۀ الجبری درجۀ اکسیدیشن تمام اتوم‌ها مساوی به چارج آیون است و مجموعۀ الجبری درجات اکسیدیشن اتوم‌ها که درترکیب مرکب خنثی برقی شامل است، مساوی به صفرمی باشد.

8 - در مرکبات کامپلکس به طور معمول درجۀ اکسیدیشن اتوم مرکزی آن‌ها را مشخص می‌سازند؛ به‌طور مثال: درمرکب $[Ni(NH_3)_5]SO_4$ ، $K_2[Fe(SCN)_5]$ به ترتیب درجه اکسیدیشن آهن مساوی به (+3) بوده و درجه اکسیدیشن نکل مساوی به (+2) است. لازم به یاد آوری است که دانستن درجۀ اکسیدیشن به شکل ظاهری پدیدار شده و به طور معمول حالت واقعی اتوم مطلوب را در مرکب مشخص نمی‌سازد. دربسیاری حالات درجه اکسیدیشن مساوی به ولانس عنصر مشخص نمی‌باشد؛ به طور مثال: درمیتان(CH_4)، فارمیک اسید (HCOOH)،

میـــتانـــول (CH_3-OH)، فارم الدیهایـــد (CH_2O) و کاربن دای اکســـاید (CO_2) درجه اکسیدیشن کاربن به ترتیب مساوی به -4، +2، -2، 0، +4 بوده و هم زمان با آن ولانس اتوم کاربن در تمام مرکبات فوق الذکر مساوی به 4 است. دانستن درجه اکسیدیشن به صورت خاص درمطالعهٔ تعاملات اکسیدیشن ریدکشن زیاد مورد استفاده قرار می گیرد.

خود را امتحان نمایید

نمبر اکســیدیش یکی از اتوم‌های عناصر در مرکبات ذیل راکه مجهول (x) اســت، دریافت نمایید.

الف - $\overset{X}{Ni}(NH_3)_5]SO_4$ ب - $\overset{X}{Al}_2(SO_4)_3$ ج - $Na\overset{X}{Cl}O$ د - $H_3\overset{X}{P}O_3$

نمبر اکسیدیشــن ســلفر 6+ ، هایدروجن 1+ ، نایتروجن 3- ، سودیم 1+ و آکسیجن 2- است.

۸ – ۳ :انواع تعاملات اکسیدیشن – ریدکشن

تمام تعاملات اکسیدیشن- ریدکشن را می‌توان به انواع ذیل تقسیم نمود:

1 - تعاملات بین اتوم‌ها و مالیکول‌های اکسیدیشــن- ریدکشن: عبارت از تبادله الکترون‌ها بین اتوم‌های مختلف مالیکول‌های مختلف و یا آیون‌های مختلف بوده که بین آن‌ها صورت می گیرد؛

مثال: تعاملات بسیط ترکیبی و تعویضی

$$2Ca(s)+O_2(g)\longrightarrow 2CaO(s)$$

$$2HI+Br_2\longrightarrow 2HBr+I_2$$

$$2Al+3CuSO_4\longrightarrow Al_2(SO_4)_3+3Cu$$

2 - تعامل اکسیدیشن – ریدکشن خودی Disproportionation (تعاملات غیر متوازن)

این نوع تعامل مشخصهٔ مرکبات و یا مواد ساده بوده که بعضی از اتوم‌های عین عنصردرمرکب اکسیدی شده وهم زمان عدهٔ از اتوم‌های همین عنصر ارجاع می گردد؛ به طور مثال:

$$Cl_2+2NaOH\longrightarrow NaClO+NaCl+H_2O$$

3 – تعاملات اکسیدیشن ریدکشن داخل مالیکول‌ها:

دراین نوع تعاملات یک قسمت مالیکول مرکب وظیفه اکسیدی کننده و قسمت دیگر آن وظیفهٔ ارجاع کننده را اجرا می‌نماید، مثال سادهٔ این نوع تعامل را می‌توان، پروسس ترکیبی پارچه شدن مادهٔ مغلق به قسمت‌های مختلف مرکب ارائه کرد؛ به طور مثال:

$$2NO_3^{1-} \longrightarrow 2NO_2 + O_2$$

$$2KClO_3 \longrightarrow 2KCl + 3O_2$$

$$2AgNO_3 \longrightarrow 2Ag + 2NO_2 + O_2$$

فعالیت

تعاملات اکسیدیشن ـ ریدکشن ذیل از جمله کدام نوع تعاملات بوده ، نوع آن را مشخص ساخته وهم اکسیدی کننده‌ها رامعلوم کنید .

$$1-3(NH_4)_2S + K_2Cr_2O_7 + H_2O \longrightarrow 3S + 2Cr(OH)_3 + 2KOH + 6N_2$$

$$2-NaClO_3 + 6NaI + 3H_2SO_4 \longrightarrow NaCl + 3I_2 + 3Na_2SO_4 + 3H_2O$$

$$3-4K_2SO_4 \longrightarrow 3K_2SO_3 + K_2S + \frac{7}{2}O_2$$

$$4-NH_4NO_2 \longrightarrow 2H_2O + N_2$$

$$5-3N_2H_4 \longrightarrow 4NH_3 + N_2$$

۸ – ۴ : میتود ترتیب بیلانس تعاملات Oxidation – Reduction

برای ترتیب و بیلانس تعاملات اکسیدیشن- ریدکشن لازم است تا خواص اکسیدی کننده‌ها و ارجاع کننده‌ها که برای تشکیل مرکبات فعالیت می‌نمایند ، دانسته شود .اکسیدی کننده‌ها و ارجاع کننده‌ها به صورت معمول به طور مجموعی به اساس خواص معلوم عناصر فعال می گردد. باید مد نظر گرفته شود که درتعاملات اکسیدیشن – ریدکشن به شکل آشکار تنها تبادله معادل «متوازن» الکترون‌ها بین اکسیدی کننده و ارجاع کننده به وقوع می‌پیوندد، یعنی در مجموع الکترون‌ها که توسط ارجاع کننده داده شده و الکترون‌های مجموعی که از اکسیدی کننده گرفته شده است ، باهم مساوی می‌باشد.

درتمام تعامـلات کیمیاوی کمیت‌های مجموعی اتوم‌های یک عنصر به طرف چپ معادله مساوی به کمیت مجموعی اتوم‌های همان عنصر به طرف راست معادلهٔ تعامل می‌باشد.

اگر تعاملات Redox درمحلول‌ها انجام گردد، دراین صورت لازم اسـت تا تأثیر محیط در تمرکز آیون‌های آزاد شـدهٔ O^{2-}، H^{+} مد نظر گرفته شـود که درمحیط تیزابی با تشکیل شدن مالیکول‌های کم تفکیک شده آب منجر شده و درمحلول‌های القلی و یا خنثی آب با آیون‌های منفی تعامل نموده و آیون‌های هایدروکساید (OH^{-}) را تشکیل می‌دهند.

$$HOH + O^{2-} \longrightarrow 2OH^{-}$$

به اساس دو میتود می‌توان معادلات تعاملات Red ox را ترتیب و بیلانس نمود:

۸ –۴ - ۱ : میتود بیلانس الکترونی

به اسـاس این میتود می‌توان الکترون‌های مجموعی را تعیین نمود که از ارجاع کننده‌ها به اکسیدی کننده‌ها انتقال می‌نمایند . تعداد الکترون‌های ارجاع کننده حتماً مساوی به مجموعهٔ الکترون‌هایی است که به ماده اکسیدی کننده پیوسته است.

۸ –۴ - ۲ : میتود نیمه تعاملات (میتود آیون الکترونی)

دراین میتـود قسـمت‌های جداگانهٔ معادلـه (معادلهٔ نیمـه تعامل آیونی) برای پروسـس اکسیدیشـن- ریدکشـن با جمع کردن بعدی آن‌ها درمجموع معادلـهٔ آیونی در نظر گرفته می‌شود، این میتود را به نام میتود نیمه تعاملات آیونی نیز یاد می‌نمایند. دراین میتود آیون‌های حقیقی که در محلول آبی موجود است ، یادداشت گردیده که بعد از یادداشت نمودن تعداد آیون‌ها به هردوطرف معادلهٔ تعامل Oxidation – Reduction مساوی ساخته می‌شود. دراین میتود لازم است تا نه تنها ضریب اکسیدی کننده‌ها و یا ارجاع کننده‌ها دریافت گردد بلکه ضریب مالیکول‌های محیط تعامل (آب ، تیزاب ، القلی) نیز دریافت می‌گردد.

وابسـته به مشـخصات محیط ارقام الکترون‌ها که توسط اکسـیدی کننده گرفته شده و یا این‌کـه از ارجاع کننـده جدا گردیده اسـت ، ممکن تغییر نماینـد . درهمین حالت محیط موجب تغییرات پروسس‌های کیمیاوی نیز می‌گردد :

درمحیط القلی ($pH > 7$) :

$\longleftarrow$

درمحیط تیزابی ($pH < 7$)

$\longrightarrow$

$$HIO_3 + 5HI \longrightarrow 3I_2 + 3H_2O$$

درمحیط خنثی ویا القلی ضعیف $pH \geq 7$

$\longrightarrow$

$$As_2O_3 + 2I_2 + 2H_2O \longrightarrow As_2O_5 + 4HI$$

درمحیط تیزابی ($pH < 7$)

درصورتی که $pH \leq 1$ باشد ، هایدروجن پراکساید بالای آیودین عنصری تاثیر نموده آن را اکسیدی وبه آیودین ترکیبی تبدیل نموده و به حیث اکسیدی کننده تبارز می‌نماید:

$$5H_2O_2 + I_2 \longrightarrow 2HIO_3 + 4H_2O$$

به خاطر معلومات بیشتر شما

محیط تعامل ممکن تعامل را وادار سازد تا به سمتی میلان داشته باشد که تعامل به همان سمت جاری باشد، این تغییرات نیز وابسته به غلظت مواد تعامل کننده است.

معادلهٔ تعامل اکسیدیشن - ریدکشن به سه مرحلهٔ متناوب ادامه پیدا می کند:

1 - مرحلهٔ که محصولات ابتدایی به دست می‌آید.

2 - مرحلهٔ محصولات ابتدایی و تمرکز آن‌ها.

3 - مرحلهٔ محصولات نهایی.

برای مرحله ظاهری دوم تعامل ، لازم است تا قاعدهٔ تمرکز محصولات را بدانیم :

1 - اتوم‌های دریافت شده با داشتن درجه اکسیدیشن مثبت $7+$ ، $6+$ ، $5+$ ، $4+$ که در تعاملات اکسیدیشن - ریدکشن سهیم گردیده اند، باآیون‌های آکسیجن تعامل نموده و رسوب‌های به شکل $[RO_4]^{n-}$ و $[RO_3]^{m-}$ را تشکیل می‌دهند؛ که مثال آن‌ها: $ClO_4^{1-}, CO_3^{2-}, SO_3^{2-}, MnO_4^{1-}, SO_4^{2-}$ وغیره می‌باشد.

بعضی اوقات Mn، S، C درمحیط خنثی ویا تیزابی، دای اکسایدها (dioxides) را تشکیل

می‌دهند که نمبر اکسید یشن این عناصر $+4$ بوده و آن عبارت اند از SO_2, MnO_2, CO_2 می باشد .

عناصر امفوتیر (Amphotric Elementes) با داشتن درجه اکسیدیشن مثبت ($+2$ ، $+3$ ، $+4$) در محیط القلی مرکبات کامپکلس هایدروکساید را قرار شکل ذیل تشکیل می‌دهند:

$$[Me(OH)_4]^{2-}, [Me(OH)_6]^{3-}, [Me(OH)_6]^{2-}$$

عناصری با داشتن درجه اکسیدیشن مثبت ($+1$ ، $+2$ ، $+3$) در محیط تیزابی نمک‌ها را تشکیل می‌دهند.

2 - موجودیت آیون اضافی و بیش ازحد آکسیجن (O^{2-}) در محیط تیزابی با آیون هایدروجن تعامل نموده ، مالیکول کم تفکیک شدهٔ آب را تشکیل می‌دهند:

$$O^{2-} + 2H^+ \longrightarrow H_2O$$

3 – موجودیت آیون آکسیجن بیش از حد درمحیط خنثی و یا القلی‌ها با مالیکول‌های آب تعامل نموده آیون OH^- را تشکیل می‌دهند:

$$O^{2-} + H_2O \longrightarrow 2OH^-$$

4 – آیون اضافی H^+ درمحیط القلی با آیون OH^- تعامل نموده و مالیکول آب را قرار ذیل تشکیل می‌دهد:

$$2OH^- + 2H^+ \longrightarrow 2H_2O$$

5 – کمی آیون آکسیجن (O^{2-}) درمحیط تیزابی ویا خنثی از مالیکول‌های آب (H_2O) آیون آکسیجن جدا شده و درنتیجه H^+ تولید می گردد:

$$H_2O - \longrightarrow 2H^+ + O^{2-}$$

6 – قلت آیون آکسیجن درمحیط القلی، از گروپ‌های (OH^-) آیون آکسیجن کشیده شده و درنتیجه مالیکول آب تولید می گردد:

$$2OH^- \longrightarrow H_2O + O^{2-}$$

7 – درصورت قلت وکمی آیون H^+ در محیط القلی تعاملات Redox از مالیکول آب (H^+) کشیده شده و آیون OH^- تشکیل می گردد.

$$H_2O \longrightarrow OH^- + H^+$$

۸ –۵ : تعاملات Redox درمحیط‌های مختلف

۸– ۵ – ۱ : تعاملات ریدوکس در محیط تیزابی

مثال اول: اکسید یشن هایدروجن سلفاید(H_2S)با محلول آبی $KMnO_4$ درمحیط تیزابی .

تعامل طبق معادلهٔ ذیل ادامه پیدا می‌نماید:

$$KMnO_4 + H_2S + H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + MnSO_4 + S + H_2O$$

درپروسهٔ تعامل ، درجه اکسیدیشن Mn که در MnO_4^{1-} شامل است و درجه اکسیدیشن سلفر که در مرکب H_2S شامل است ، تغییر می‌نماید.

معادلهٔ آیون – الکترونی را تحریر می‌نماییم که جریان ارجاع MnO_4^{1-} واکسید یشن H_2S را افاده می کند :

$$\begin{array}{l|l} 2 & MnO_4^{1-} + 8H^+ + 5e^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O \text{ ----------} I \\ 5 & H_2S - 2e^- \longrightarrow S + 2H^+ \text{ ----------} II \end{array}$$

درقسمت راست و چپ هریک از معادلات باید عین ارقام اتوم‌های عناصر و مجموعهٔ ذرات موجود باشد، تعامل ریدوکس فوق درمحیط تیزابی جریان دارد ، ازین سبب غرض تساوی ارقام اتوم‌های آکسیجن به طرف چپ معادلهٔ (1) هشت آیون هایدروجن را علاوه می‌نماییم و به طرف راست معادلهٔ چهار مالیکول آب را تحریر می‌داریم . کمیت اتوم هایدروجن و آکسیجن به دوطرف معادلهٔ (1) باید مساوی باشد . به همین ترتیب مساوی شدن کمیت اتوم‌ها و مجموعهٔ الجبری آیون – الکترون‌های حاصل شده معادله توسط پروسس اکسید یشن H_2S قرار معادلهٔ (II) مشخص می گردد . بعد از مساوی ساختن کمیت الکترون‌های باخته شده و گرفته شده معادلهٔ مجموعی آیون – الکترونی را تحریر نموده (معادله III) و ضریب‌ها را در معادلهٔ تعامل که به شکل مالیکولی بوده ، قرارمی‌دهند ، یعنی :

$$2MnO_4^- + 16H^+ + 5H_2S \longrightarrow 2Mn^+ + 5S + 8H_2O + 10H^+ \text{ --------} III$$

$$2KMnO_4 + 5H_2S + 3H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 5S + 8H_2O \text{ ------} IV$$

خود را آزمایش کنید

اکسید یشن سلفاید سرب(PbS) توسط HNO_3 راکه شکل معادلهٔ تعامل آن قرار ذیل است، توضیح دهید:

$$PbS + HNO_3 \longrightarrow PbSO_4 + NO_2 + H_2O$$

$$PbS + 8HNO_3 \longrightarrow PbSO_4 + 8NO_2 + 4H_2O$$

مثال دوم : معادلهٔ ذیل را بیلانس نمایید:

$$NaBr + NaBrO_3 + H_2SO_4 \longrightarrow Br_2 + Na_2SO_4 + H_2O$$

حل :

$$\begin{array}{r|l} 5 & 2Br^- - 2e^- \longrightarrow Br_2 \\ 1 & 2BrO_3^- + 10e^- + 12H^+ \longrightarrow Br_2 + 6H_2O \\ \hline & 10Br^- + 2BrO_3^- + 12H^+ \longrightarrow 5Br_2 + Br_2 + 6H_2O \end{array}$$

$$10NaBr + 2NaBrO_3 + 6H_2SO_4 \longrightarrow 6Br_2 + 6Na_2SO_4 + 6H_2$$

مثال سوم : معادله ذیل را توزین نمایید.

$$SnCl_2 + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + Sn(SO_4)_2 + H_2O + CrCl_3$$

$$\begin{array}{r|l} 3 & Sn^{2+} - 2e^- \longrightarrow Sn^{4+} \\ 1 & Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O \\ \hline & \end{array}$$

$$3SnCl_2 + K_2Cr_2O_7 + 7H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + 2CrCl_3 + 3Sn(SO_4)_2 + 7H_2O$$

شکل مالیکولی توزین شدهٔ معادله قرارفوق تحریر می گردد.

خود را آزمایش کنید

معادلات آیون- الکترون و آیون - مالیکولی تعامل Oxidation – Reduction ذیل را ترتیب و توزین نمایید:

$1-KNO_2+K_2Cr_2O_7+HNO_3\longrightarrow KNO_3+Cr(NO_3)_3+H_2O$

$2-FeSO_4+KClO_4+H_2SO_4\longrightarrow KCl+Fe_2(SO_4)_3+H_2O$

$3-AS_2S_3+HNO_3\longrightarrow H_3AsO_4+NO+H_2SO_4$

$4-Zn+HNO_3\longrightarrow Zn(NO_3)_2+NH_4NO_3+---$

$5-P+HNO_3\longrightarrow H_3PO_4+NO+---$

۸ - ۵ – ۲ : تعاملات Oxidation – Reduction درمحیط القلی

مثـــال اول: دراینــ مورد مثال تعامــل $NaCrO_2$ (Sodium Chromite) را با برومین ملاحظه می‌نماییم که تعامل آن‌ها درمحیط القلی قرار ذیل صورت می گیرد:

$$NaCrO_2+Br_2+NaOH\longrightarrow Na_2CrO_4+NaBr+H_2O$$

درپروسس تعامل ، درجه اکسیدیشن کروم (Cr) که درترکیب CrO_2^- شامل است و تغییر می‌نماید . معادلات نیمه تعامل آیون - الکترونی را تحریر مینماییـــــــــــم که اکسیدیشن CrO_2^- (معادلهٔ 1) و پروسس ارجاعی برومین (معادلهٔ 2) را مشخص می‌سازد.

درنظر میگیریم که این تعامل Redox درمحیط القلی صورت می گیرد.

$2\ |\ CrO_2^-+4OH^--3e^-\longrightarrow CrO_4^{2-}+2H_2O----------1$

$3\ |\ Br_2+2e^-\longrightarrow 2Br^-----------2$

غرض مســاوی ساختن اتوم‌های آکســیجن به طرف چپ معادله (1) چهارآیون OH^- تحریر گردیده اســت ، به طرف راســت معادله نیز لازم اســت تا دو مالیکول آب تحریر گردد. حاصل جمع طرف به طرف معادله‌های مذکور قرار ذیل تحریر می گردد:

$$2CrO_2^-+3Br_2+8OH^-\longrightarrow 2CrO_4^{2-}+4H_2O+6Br^-$$

ضریب‌های لازمه برای هریک از مالیکول‌های تعامل کننده و محصولات تعامل به شــکل ذیل در معادله فوق الذکر بر قرار می گردد:

$$2NaCrO_2+3Br_2+8NaOH\longrightarrow 2Na_2CrO_4+6NaBr+4H_2O$$

مثال دوم : معادلهٔ تعامل سـودیم سلفایت Na_2SO_3 را به $KMnO_4$ درمحیط القلی قوی در اثرمقدارکم ارجاع کننده با سلسلهٔ مراعات شدهٔ ذیل توضیح می‌نماییم:

1 – معادلهٔ تعامل را تحریر نموده، اکسیدی کننده و ارجاع کننده هارا مشخص می‌سازیم.

$$Na_2SO_3 + KMnO_4 + KOH \longrightarrow Na_2SO_4 + K_2MnO_4 + H_2O$$

درمالیکول Na_2SO_3 آیون SO_3^{2-} بـه شـکل ارجـاع کننده پدیدار شـده، این آیون دو الکترون را از دسـت داده و به آیون SO_4^{2-} تبدیل می‌شـود. در مالیکول $KMnO_4$ آیون MnO_4^- به حیث اکسیدی کننده نمایان می‌شود. در محیط القلی غلیظ و در اثر کمی ارجاع کننده این مالیکول یک الکترون را اخذ نموده، به MnO_4^{2-} ارجاع می گردد.

2 – معادله نیمه تعامل را که پروسـس اکسیدیشن – ریدکشن را مشخص می‌سازد، تحریر می‌نماییم ، در نظر گرفته می‌شـود کـه این تعامل در محیط القلی جاری می‌باشـد، کمبود آکسیجن آیون‌های ارجاع کننده از آیون های OH^- تکمیل شده که به این ترتیب مالیکول آب تشـکیل می گردد.ضریب‌ها را درتعاملات نیمه بررسـی نموده و مجموعهٔ معادلهٔ نیمه تعامل را به شکل آیونی می‌نویسیم:

$$\begin{array}{r|l} 2 & MnO_4^- + 1e^- \longrightarrow MnO_4^{2-} \\ 1 & SO_3^{2-} + 2OH^- - 2e^- \longrightarrow SO_4^{2-} + H_2O \end{array}$$

$$2MnO_4^- + SO_3^{2-} + OH^- \longrightarrow 2MnO_4^{2-} + SO_4^{2-} + H_2O$$

اگر معادلهٔ فوق به شکل مالیکولی آن تحریر گردد ، خواهیم داشت که:

2

$$2KMnO_4 + Na_2SO_3 + 2KOH \longrightarrow 2K_2MnO_4 + Na_2SO_4 + H_2O$$

۸ –۵ –۳ : تعامل Red ox در محیط خنثی

مثال اول : تعاملات Red ox را درمحیط خنثی بررسی می‌نماییم و معادلهٔ ذیل را غرض بررسی تحریر می‌داریم:

$$KMnO_4 + Na_2SO_3 + H_2O \longrightarrow MnO + Na_2SO_4 + OH^-$$

$$\begin{array}{l|l} 3 & SO_3^{2-} + H_2O - 2e^- \longrightarrow SO_4^{2-} + 2H^+ \\ 2 & MnO_4^- + 2H_2O + 3e^- \longrightarrow MnO_2 + 4OH^- \end{array}$$

$$2MnO_4^- + 3SO_3^{2-} + 7H_2O \longrightarrow 2MnO_2 + 3SO_4^{2-} + 6H^+ + 8OH^-$$

آیون های H^+ و آیون های OH^- باهم تعامل نموده و مالیکول‌های آب را تشکیل داده اند که به اندازه کم تفکیک می‌شوند:

$$2KMnO_4 + 3Na_2SO_3 + 7H_2O \longrightarrow 2MnO_2 + 3Na_2SO_4 + 6H_2O + 2OH^-$$

$$2KMnO_4 + 3Na_2SO_3 + H_2O \longrightarrow 2MnO_2 + 3Na_2SO_4 + 2KOH$$

مثال دوم

معادلـهٔ تعامل اکسیدیشـن بین آیون SO_3^{2-} را با Co به شـکل آیونی آن درمحیط خنثی ترتیب میکنیم . معادلهٔ نیمه تعامل آن‌ها را تحریر می‌نماییم و ضریب‌های لازمه را به اساس آن دریافت میکنیم. کمی آیون‌های آکسـیجن را از مالیکول آب پوره نموده که درنتیجه تعامـل محیط تیزابی را حاصل می‌نماید . ضریب‌های حاصل شـده را در مجموعهٔ معادله تحریر می‌داریم:

$$\begin{array}{l|l} 1 & SO_3^{2-} - 2e^- + H_2O \longrightarrow SO_4^{2-} + 2H^+ \\ 2 & Co^{3+} + 1e^- \longrightarrow Co^{2+} \end{array}$$

$$SO_3^{2-} + Co^{3+} + H_2O \longrightarrow SO_4^{2-} + 2H^+ + Co^{2+}$$

خود را آزمایش کنید

ضریب‌های لازمه را برای توازن معادلات ذیل دریافت نمایید:

1 – $KMnO_4 + MnSO_3 \longrightarrow 2MnO + K_2SO_4 + H_2SO_4$

2 – $KMnO_4 + SO_2 \longrightarrow MnO_2 + K_2SO_4$

3 – $P + NH_4ClO_4 \longrightarrow Cl_2 + N_2 + H_3PO_4$

4 – $NaBr + CaOCl_2 + H_2O \longrightarrow CaCl_2 + NaOH + HBr$

5 – $Na_2S + Br_2 + H_2O \longrightarrow S + NaBr + NaOH$

6 – $Ni^{2+} + MnO_4^- + H_2O \longrightarrow Ni^{3+} + MnO_2 + OH^-$

7 – $K_2MnO_4 + H_2O \longrightarrow MnO_2 + KMnO_4 + KOH$

۸– ۶: ترتیب بیلانس تعاملات کیمیاوی اکسیدیشن– ریدکشن به اشتراک پراکساید ها $H_2O_2, CaO_2, H_2S_2, FeO_2$ وغیره

تمام این نوع مرکبات پراکسایدها حاوی آیون دو ولانسه (S – S) و (O – O) می‌باشد؛ از این سبب نمبر اکسیدیشن هریک از اتوم‌های آکسیجن وسلفر که زنجیر مشخص را تشکیل داده اند ، مساوی به (1 -) است، دراثر پارچه شدن H_2O_2 مالیکول آب ومالیکول آکسیجن باثبات بیشتر تشکیل می گردند که درجهٔ اکسیدیشن آکسیجن در مالیکول آب و مالیکول آکسیجن بترتیب (2 -) و (0) می‌باشد. درتعاملات اکسیدیشن– ریدکشن هایدروجن پراکساید وابسته با اشتراک کننده گان تعامل و شرایط تعامل می‌تواند به حیث اکسیدی کننده و یا ارجاع کننده نقش ایفا نماید؛ به طور مثال: تعامل هایدروجن پراکساید را به نماینده گی دیگر مرکبات پراکسایدها ملاحظه می‌نماییم:

هایدروجن پراکساید به حیث اکسیدی کننده

مثال اول

الف – درمحیط تیزابی، مالیکول هایدروجن پراکساید دو الکترون را گرفته وبه دو مالیکول آب قرار معادله ذیل مبدل می‌شود:

$$4 \quad H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow 2H_2O$$
$$1 \quad 4H_2O + HS^- - 8e^- \longrightarrow SO_4^{2-} + 9H^+$$

$$4H_2O_2 + 8H^+ + HS^- + 4H_2O \longrightarrow 8H_2O + SO_4^{2-} + 9H^+$$

$$4H_2O_2 + H_2S \longrightarrow 4H_2O + H_2SO_4$$

ب – درمحیط خنثی $4H_2O_2 + 2e^- \longrightarrow 2OH^-$

مثال دوم:

$$H_2O_2 + PbS \longrightarrow PbSO_4 + H_2O$$

$$4 \quad H_2O_2 + 2e^- \longrightarrow 2OH^-$$

$$1 \quad PbS - 8e^- + 4H_2O_2 \longrightarrow PbSO_4 + 8H^+$$

$$4H_2O_2 + PbS + 4H_2O \longrightarrow 8OH^- + PbSO_4 + 8H^+$$

$$PbS + 4H_2O_2 + 4H_2O \longrightarrow PbSO_4 + \ldots$$

درمعادلهٔ فوق آیون های H^+ و OH^- باهم تعامل نموده ، آب را تشکیل می‌دهد.

$$4H_2O_2 + PbS + 4H_2O \longrightarrow PbSO_4 + 8H_2O$$

$$4H_2O_2 + PbS \longrightarrow PbSO_4 + 4H_2O$$

ج – تعامل Redox با شرکت H_2O_2 درمحیط القلی : $H_2O_2 + 2e^- \longrightarrow 2OH^-$

مثال سوم :

$$As_2S_3 + H_2O_2 + NH_4OH \longrightarrow AsO_4^{3-} + SO_4^{2-} + H_2O$$

$$14 \quad H_2O_2 + 2e^- \longrightarrow 28OH^-$$

$$1 \quad As_2S_3 - 28e^- \xrightarrow{NH_4OH} AsO_4^{3-} + 3SO_4^{2-} + H_2O$$

$$As_2S_3 - 28e^- \xrightarrow{NH_4OH} AsO_4^{3-} + 3SO_4^{2-} H_2O$$

$$14H_2O_2 + 28e^- \longrightarrow 28OH^-$$

$$As_2S_3 + 14H_2O_2 \xrightarrow{12\,NH_4OH} 2(NH_4)_3AsO_4 + 3(NH_4)_2SO_4 + 20H_2O$$

د – هایدروجن پراکساید به حیث ارجاع کننده

درمحیط تیزابی هایدروجن پراکساید به حیث ارجاع کننده عمل می‌نماید

$$H_2O_2 + 2e^- \longrightarrow 2O^{2-} + 2H^+$$

مثال چهارم

$$KMnO_4 + H_2O_2 + 3H_2SO_4 \longrightarrow O_2 + 2H^+$$

$$2 \quad MnO_4^- + 5e^- + 8H^+ \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$$

$$5 \quad H_2O_2 + 2e^- \longrightarrow 2O^{2-} + 2H^+$$

$$2MnO_4^{2-} + 5H_2O_2 + 6H^+ \longrightarrow Mn^{2+} + 8H_2O + 5O_2 + 10H^+$$

$$2KMnO_4 + 5H_2O_2 + 3H_2SO_4 \longrightarrow 2MnSO_4 + 8H_2O + 5O_2 + K_2SO_4$$

فعالیت

معادلهٔ نیمه تعامل (آیون - الکترونی) تعاملات Redox را برای تعاملات ذیل تحریر وتوازن آنرا بر قرار نمایید.

1 - $KMnO_4 + H_2O_2 + CaOCl_2 \longrightarrow CaCl_2 + O_2$

2 - $H_2O_2 + AuCl_3 + NaOH \longrightarrow Au + O_2 +$

3 - $CrBr_3 + H_2O_2 + NaOH \longrightarrow Na_2CrO_4 + NaBr +$

4 - $H_2O_2 + AuCl_3 \longrightarrow Au + O_2$

5 - $BaO_2 + 2AgNO_3 \longrightarrow Ag + O_2 + Ba(NO_3)_2$

6 - $KO_2 + MnO_2 + H_2SO_4 \longrightarrow O_2 + MnSO_4$

7 - $FeS_2 + HCl \longrightarrow FeCl_2 + S + H_2S$

8 - $FeS_2 + HNO_3 \longrightarrow Fe_2(SO_4)_3 + NO +$

۸- ۷ : حالت‌های خاص ترتیب و توازن تعاملات ریدوکس

اگردر تعاملات کیمیاوی موادی سهم داشته باشد که برای آن‌ها محاسبهٔ درجه اکسیدیشن مشکل بوده باشد، (به طور مثال : B_5H_{11} ، $FeAsS$ و مرکبات عضوی) می‌توان میتود سمبولیک (میتود شکلی) بیلانس الکترونی را به کار برد که ماهیت آن قرار ذیل است:

مجموعهٔ الجبـری چارج‌های طرف چپ معادلهٔ تعامل Redox ، باید مسـاوی به چارج مجموعی سمت راست همین معادله ساخته شود.

مثال اول :

$$B_2H_6 + KClO_3 \longrightarrow KCl + H_3BO_3$$

اکسیدیشن کننده و ارجاع کننده را در معادلهٔ فوق مشخص ساخته و هم معادله رابه اساس پروسس اکسیدیشن – ریدکشن تنظیم می‌نماییم:

$$B_2H_6 - 12e^- + 6H_2O \longrightarrow 2H_3BO_3 + 12H^+$$

در ایـن تعامـل ارجـاع کننـده مرکب B_2H_6 بوده کـه به مرکب H_3BO_3 اکسـیدی می گردد:

$$B_2H_6 + 6H_2O \longrightarrow H_3BO_3 + 12H^+$$

آیون‌های کمبود آکسیجن برای تشکیل H_3BO_3 را می‌توان از مالیکول‌های آب به دست آورد که در این صورت H^+ نیز تشکیل می گردد . طوری که دیده می‌شود به طرف چپ معادلهٔ فوق چارج‌ها صفر بوده؛ اما طرف راست آن 12 چارج مثبت موجود است؛ بنابراین غرض تساوی چارج‌ها ازطرف چپ معادله باید 12 الکترون کم گردد:

مثـال دوم : تعامـل ریدوکـس مرکباتی را مطالعه می‌نماییم کـه در آن مرکبات عضوی سهم داشته باشد:

$$C_2O_4^{2-} - 2e^- + H_2O \longrightarrow 2CO_3^{2-}$$

درجهٔ اکسیدیشن کلورین و کاربن در نتیجهٔ تعامل مرکبات آن‌ها تغییر می‌نماید:

$$\begin{array}{c|l} 1 & C_2O_4^{2-} - 2e^- + H_2O \longrightarrow 2CO_3^{2-} \\ 2 & ClO_3^- + 2H_2O + 1e^- + 2H^+ \longrightarrow ClO_2^- + H_2O \end{array}$$

$$C_2O_4^{2-} + 2H_2O + 2ClO_3^- + 4H^+ \longrightarrow 2CO_3^{2-} + 2ClO_2^- + 2H_2O$$

$$H_2C_2O_4 + 2KClO_3 \longrightarrow K_2CO_3 + 2ClO_2^- + H_2O + CO_2$$

مثال سوم :

$$CO(NH_2)_2 + 6NaOH + Br_2 \longrightarrow N_2 + CO_2 + NaBr + H_2O$$

$$1 \times \left| CO(NH_2)_2 + 6OH^- - 6e^- \longrightarrow N_2 + CO_2 + 5H_2O \right.$$

$$3 \times \left| Br_2 + 2e^- \longrightarrow 2Br^- \right.$$

$$CO(NH_2)_2 + CO_3 + 6OH + 3Br_2 \longrightarrow N_2 + CO_2 + 6Br^- + 5H_2O$$

$$CO(NH_2)_2 + 6NaOH + 3Br_2 \longrightarrow N_2 + CO_2 + 6NaBr + 5H_2O$$

بیشتر بیاموزید

تعاملاتی که در اثر حرارت صورت می گیرد ، تعامل و توازن معادلات این نوع تعاملات را می توان توسط میتود الکترون – آیونی عملی نمود.

فعالیت

بیلانس الکترون – آیونی معادلات اکسیدیشن – ریدکشن ذیل را برقرار نمایید.

$1 - Na_2CO_3 + Fe_3Br_6 \longrightarrow 2CO_2 + NaBr + Fe_3O_4$

$2 - I_2O_4 + HCOOH + Br_2 \longrightarrow CO_2 + I_2 + H_2O$

$3 - B_5H_{11} + KMnO_4 + H_2SO_4 \longrightarrow MnSO_4 + H_3BO_3 + K_2SO_4 + H_2O + BH_3$

خلاصه فصل هشتم

اکسیدیشن عبارت از عملیه یی است که در آن نمبر اکسیدیشن اتوم‌های بعضی از عناصر بلند می‌رود.
عملیهء پایین آمدن نمبر اکسیدیشن اتوم‌های عناصر را در یک تعامل کیمیاوی به نام ریدکشن یاد می‌نمایند.
درجهٔ اکسیدیشن اتوم توسط علامت (+) و یا (-) افاده می گردد. علامت مثبت درجه اکسیدیشن عنصر به ارقام الکترون‌های اتوم مطابقت دارد که از آن جدا گردیده است و کمیت درجه اکسیدیشن منفی ملحق شدن الکترون را نشان می‌دهد که با اتوم عنصر ملحق گردیده است.
تمام تعاملات اکسیدیشن- ریدکشن را می‌توان به انواع ذیل تقسیم نمود:
1 - تعاملات اکسیدیشن - ریدکشن بین اتوم‌ها و مالیکول ها عبارت از تبادله الکترون‌ها بین اتوم‌های مختلف، مالیکول‌های مختلف و یا آیون‌های مختلف بوده که بین آن‌ها صـــــورت می گیرد.
2 - تعامل اکسیدیشـــن - ریدکشـــن(Disproportionation)(تعاملات غیر متوازن): این نوع تعامل مشـــخصهٔ مرکبات و یا مواد ســـاده بـــوده که بعضی از اتوم‌هـــای عین عنصردرمرکب اکسیدی شده وهم زمان عدهٔ از اتوم‌های همین عنصر ارجاع می گردد.
3 - تعاملات اکسیدیشن ریدکشن داخل مالیکول‌ها
درایـــن نوع تعاملات یک قســـمت مالیکول مرکب وظیفهٔ اکســـیدی کننده و قســـمت دیگر آن وظیفهٔارجاع کننده را اجرا می‌نماید.
به اساس دومیتود می‌توان تعاملات Red ox را ترتیب و بیلانس نمود:
میتود بیلانس الکترونی : به اســـاس این میتود می تـــوان الکترون‌های مجموعی را تعیین نمود که از ارجاع کننده‌ها به اکســـیدی کننده‌ها انتقال می‌نماینـــد. تعداد الکترون‌های ارجاع کننده حتما" مساوی به مجموعهٔ الکترون‌هایی است که به ماده اکسیدی کننده ملحق می گردد .
میتود نیمه تعاملات (میتود آ یون الکترونی) : دراین میتود قســـمت‌های جداگانهٔ معادله (معادلهٔ نیمه تعامل آیونی) برای پروسس اکسیدیشن- ریدکشن با جمع کردن بعدی آن‌ها درمجموع معادلهٔ آیونی در نظر گرفته می‌شود، این میتود را به نام میتود نیمه تعاملات آیونی نیز یاد می‌نمایند، دراین میتود آیون‌های حقیقی که در محلول آبی موجود اســـت، یادداشـــت گردیده که بعد از یادداشت نمودن تعداد آیون‌ها به هردوطرف معادلهٔ تعامل Oxidation – Reduction مســـاوی ســـاخته می‌شـــود. دراین میتود لازم است تا نه تنها ضریب اکســـیدی کننده‌ها و یا ارجاع کننده‌ها دریافت گردد؛ بلکه ضریب مالیکول‌های محیط تعامل (آب ، تیزاب ، القلی) نیز دریافت می گردد.

سؤالهای فصل هشتم

سؤالهای چهار جوابه

1 - تعاملات اکسیدیشن - ریدکشن بین اتوم‌ها و مالیکول عبارت از تبادله -----ها بین اتوم‌های مختلف، مالیکول‌های مختلف و یا آیون‌های مختلف بوده که بین آن‌ها صورت می گیرد.
الف) ایون‌ها ب) اتوم‌ها ج) انرژی د) الکترون

2 – تعاملاتی که در آن بعضی از اتوم‌های عین عنصردرمرکب اکسیدی شده وهم زمان عدهٔ از اتوم‌های همین عنصر ارجاع می گردد، به نام ----- یاد می گردد . الف) اکسیدیشن خودی ب) ریدکشن خود ی ، ج) اکسیدیشن –ریدکش خودی د) تعاملات تعویضی

3 – تعاملات که یک قسمت مالیکول مرکب وظیفهٔ اکسیدی کننده و قسمت دیگر آن وظیفهٔ ارجاع کننده را اجرا می‌نماید به نام ---- یاد می‌شود .

الف) تعاملات اکسیدیشن ب) اکسیدیشن ریدکشن داخل مالیکول‌ها

ج) ریدکشن د) هیچکدام

4 – در تعاملات ریدوکس تعداد الکترون‌های ارجاع کننده حتمی مساوی به مجموعهٔ---هایی است که به ماده اکسیدی کننده ملحق می گردد .

الف) الکترون ب) اتوم‌ها ج) مالیکول‌ها د) پروتون ها

5 – معادلهٔ تعامل اکسیدیشن – ریدکشن به --- مرحله متناوب ادامه پیدا می کند.

الف) چهار مرحله ب) دومرحله ج) پنج مرحله د) سه مرحله

6 – در معادلهٔ $Cu + HNO_3 \longrightarrow Cu(NO_3)_2 + NO + H_2O$ اکسیدی کننده عبارت است از :

الف – Cu ب– HNO_3 ج – H_2O د – NO

7 – در تعامل $ClO_3^- + 6e^- + 3H_2O \longrightarrow Cl^- + 6OH^-$ کدام عنصر ارجاع گردیده است؟

الف) کلورین ب) آکسیجن ج) هایدروجن د) کلورین وهایدروجن

8 – درمعادلهٔ $B_2H_6 + H_2O \longrightarrow H_3BO_3 + 12H^+$ ضریب مالیکول آب ---- است

الف) 3 ب) 4 ج) 6 د) 7

9 – در معادلهٔ تعامل Oxidation – Reduction تعداد آیون‌ها به هردوطرف ..... می‌شود.

الف) جمع ب) منفی ج) مساوی ساخته د) تغییر داده

سؤالات تشریحی : معادلات ذیل را توزین نمایید:

1– $H_2O_2 + KI + H_2SO_4 \longrightarrow I_2 + K_2SO_4 + H_2O$

2– $NaCrO_2 + H_2O_2 + NaOH \longrightarrow Na_2CrO_4 +$

3– $S + HNO_3 \longrightarrow H_2SO_4 + NO_2 +$

4– $Cu + H_2SO_4 \longrightarrow CuSO_4 + SO_2 + H_2O$

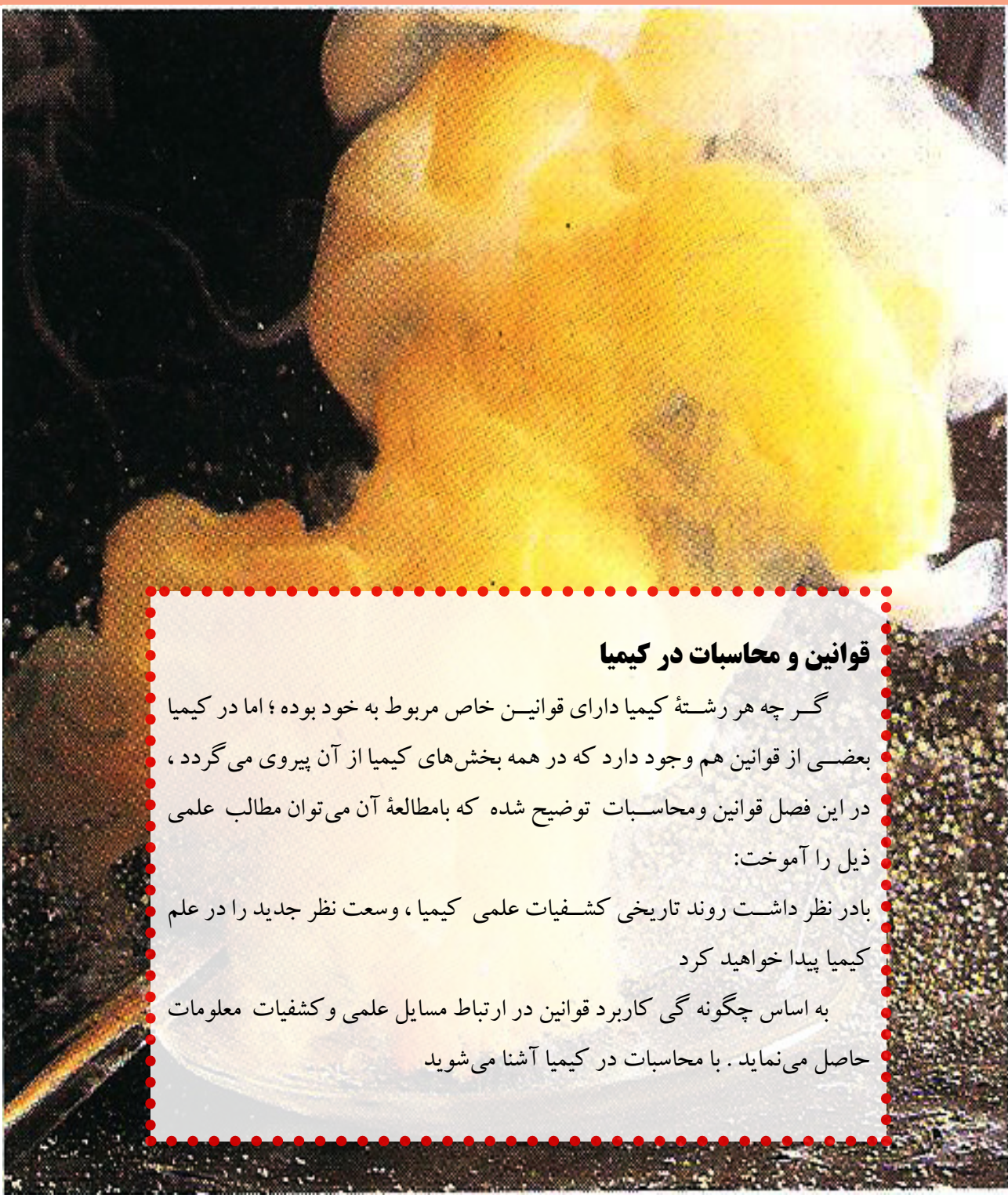
5– $MnO_2 + HCOOH + H_2SO_4 \longrightarrow MnSO_4 + CO_2 + H_2O$

6– $P_2O_4 + H_2O \longrightarrow H_3PO_4 + H_3PO_3$

7– $Zn + HNO_3 \longrightarrow Zn(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + ...$

8– $P + HNO_3 \longrightarrow H_3PO_4 + NO + ...$

فصل نهم



قوانین و محاسبات در کیمیا

گــر چه هر رشــتهٔ کیمیا دارای قوانیــن خاص مربوط به خود بوده ؛ اما در کیمیا بعضــی از قوانین هم وجود دارد که در همه بخش‌های کیمیا از آن پیروی می گردد ، در این فصل قوانین ومحاســبات توضیح شده که بامطالعهٔ آن می‌توان مطالب علمی ذیل را آموخت:

بادر نظر داشــت روند تاریخی کشــفیات علمی کیمیا ، وسعت نظر جدید را در علم کیمیا پیدا خواهید کرد

به اساس چگونه گی کاربرد قوانین در ارتباط مسایل علمی وکشفیات معلومات حاصل می‌نماید . با محاسبات در کیمیا آشنا می‌شوید

۹ –۱ : پایه‌های مسایل علمی

به صورت عموم یک مسلهء علمی به چهار پایهٔ زیر استوار است :

1 – قوانین

2 – اصول

3 – نظریه‌ها وفرضیه‌ها

4 – قرار دادها وقواعد

تلاش عالمی به نام ارشمیدس برای حل یک مسألهٔ اجتماعی ، مثالی از غلبهٔ انسان‌ها بر ناتوانی‌های تخنیکی وفنی است. به یک رویداد اجتماعی توجه نمایید.

پادشاه « هیرو » یک مقدار طلای خالص را به زرگر داد تا از آن تاجی برایش تهیه نماید، زرگر تاج را تهیه کرد و به پادشاه سپرد ، نزد پادشاه سؤال پیدا شد که آیا این تاج خالص طلا است ویا این که زرگر با طلا ، مس را مخلوط نموده وازآن تاج ساخته است ؛ اما چگونه می‌توان به حقیقت پی برد؟ پادشاه به ریاضی دان وستاره شناس مشهور زمان خود ارشمیدس روی آورد. ارشمیدس باوجودی که برای دریافت حقیقت حل مسألهٔ افزار و روشی را نمی‌شناخت به اتکای قوهٔ ذهن وتفکر خود دستور پادشاه را پذیرفت او مدت‌ها در این اندیشه بود تا این که از نظریه و فرضیه خود کار گرفته و به مسئله راه حل دریافت کرد.

فعالیت

از متون علمی ذیل، مفهوم اصل علمی وقانون را پیدا کنید .

1 – هرگاه یک جسم در آب شناور گردد، از وزن آن جسم کاسته می‌شود. مقدار کاهش وزن جسم مساوی به وزن مایع بی جاشده توسط همان جسم است

2 – ریزش باران‌های اسیدی باعث انقراض نسل حیوانات به نام دایناسور هاشده است.

3 – تمام مواد ازذرات کوچک به نام اتوم‌ها ساخته شده است، خواص مختلف مواد به علت متفاوت بودن اتوم‌های آن‌ها است.

فرضیه و نظریه، تحقیق انسان‌ها است. انسان‌ها بعد از رو به روشدن با یک مسأله و تلاش برای حل آن، اطلاعات را جمع آوری و پس از ایجاد ارتباط بین آن‌ها، نتیجه گیری می‌نماید. در این مرحله فرضیه به وجود می‌آید. در صورتی که درستی فرضیه چندین بار و در زمان‌های مختلف به اثبات برسد آن را فرضیهٔ علمی می گویند. اصلاح و بهبود نظریه‌ها راهی برای حل سؤال‌ها است.

فکر کنید

1 – سویهٔ ارزش واعتبار یک نظریهٔ علمی به کدام عوامل ارتباط دارد؟

2 – تیوری یا نظریه‌های علمی با قانون علمی چه فرق دارد؟

یکی از تیوری‌های بسیار پیشرفته در کیمیای نظری ، تیوری اتومی دالتن است . خواننده گان این کتاب با تیوری دالتن آشنایی خواهند داشت (در فصل اول ذکر گردیده است) این تیوری می‌تواند پدیده‌های مختلف را از قبیل تبخیر، انحلالیت مواد در یک دیگر، نسبت‌های حجمی گازات در تعاملات، ثابت بودن نسبت‌های کتلوی وحجمی مواد را در تعاملات کیمیاوی توضیح می‌نماید ؛ اما توضیحات لازم را در مورد پدیده‌های از قبیل برق ساکن، الکترولیز محلول‌ها ، رادیو اکتیویتی و تشعشعات مواد رادیواکتیف وغیره ارایه کرده نتوانست. واحدات اندازه گیری، نام‌ها فورمول‌ها، سمبول‌ها، روش‌های نام‌گذاری وغیره مثال‌های قرار دادهای علمی است.

قرار داد علمی

قرار داد علمی چیست؟

مجموعهٔ توافقاتی که در مورد علوم به وجود می‌آید تا ارتباط محققان یک رشته با هم دیگر وحتی ارتباط دانشمندان رشته های مختلف علمی باهم آسان تر گردد ، به نام قرار داد علمی یاد می‌شود.

معلومات اضافی

آیوپاک (IUPAC) عبارت از سمبول اختصاری نام کمیتهٔ بین المللی کیمیای تجربی وخالص(Inter national Union of Pure and Applied Chemistry) است که دانشمندان برجستهٔ کیمیا از ممالک جهان در آن عضویت دارد وقراردادهای علمی را درمورد مسایل کیمیا عقد می‌نمایند .

۹ – ۲ : قانون بقای ماده و یا تحفظ کتله

درقرن 18م عالم فرانسوی به نام لاوازیه (*Antoine Loucent lavoisier* 1794 – 1843) ابـراز نظر نمـود که در یک تعامل کیمیاوی مجموعهٔ کتله‌های محصول تعامل مسـاوی به مجموعهٔ کتله‌های مواد تعامل کننده است:

$$C(s) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 94kj/mol$$

این قانون از نظر تیوری اتومی- مالیکولی دالتن درست بوده ، درهر تعامل کیمیاوی تعداد مجموعی اتوم‌های عناصر تشـکیل دهندهٔ مواد تعامل کننده مسـاوی بـه مجموعه اتوم‌های مواد محصول تعامل اسـت؛ اما طوری که دیده می‌شـود ، تعاملات کیمیاوی عملا" توأم با جذب ویاآزاد شـدن انرژی صورت می گیرد، تعاملات کـه در نتیجهٔ صورت گرفتن آن‌ها انرژی آزاد می‌شـود، به نام تعاملات Exothermic (حرارت دهنده) یاد شده و تعاملات کـه در نتیجهٔ جذب انـرژی (گرما) صورت می گیرنـد، به نام تعاملات حـرارت گیرنده (Endothermic) یاد می‌شوند.

در پروسـهٔ تعامل فوق بین کاربن و آکسـیجن انرژی آزاد شـده و نـوعی از تـعامل Exothermic است که مقدار انرژی آزاد شده 94kj/mol است . این مقدار حرارت آزاد شده از تبد یل کتلهٔ کاربن و آکسیجن به انرژی ، حاصل گردیده است؛ بنابرآن باید کتلهٔ مجموعی مواد محصول تعامل کمتر از مجموعهٔ کتله‌های مواد تعامل کننده باشد.

در آغاز قرن 20 م انشـتاین (Enstein) اظهار داشت که انرژی حاصل از تعاملات، نظیر تعامل فوق مربوط به تقلیل کتلهٔ محصول تعامل است و کتله کاسته شده را به اساس فورمول $E = mc^2$ خود محاسـبه کـرده و قانون بقای کتله و انرژی را بـه میان آورد . در حقیقت کتلهٔ تبد یل شده به انرژی در تعاملات Exothermic به اندازهٔ کوچک است که به هیچ وسیلهٔ اندازه شده نمی‌تواند ، ازین سبب قانون بقای مادهٔ لاوازیه پا بر جا می‌باشد؛ اما زمانی که هسـته یورانیم در رأکتور هستوی انقسام حاصل می‌نماید، اختلاف کتلهٔ محصول تعامل حاصل از تعامل انقسـام یورانیم اولـی فوق العاده قابل ملاحظه بـوده و تقریبا" 50 میلیون مراتبه بیشتر از سوختن کاربن و آکسیجن است:

$$^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{141}_{56}Ba + {}^{92}_{36}Kr + 3{}^{1}_{0}n + 200mev$$

در تعاملات هستوی فوق باید قانون انشتاین یعنی قانون بقای ماده و انرژی را در نظر گرفت:

یـک میلیون الکترو ولت (mev) معادل $3.8\cdot10^{-14}$ calory اســت . به اســاس فورمول $E = mc^2$ دریافــت می‌داریم کــه 94kjoul/mole و 200mev/mole با کدام کتله معادلت دارد که به این مقدار انرژی مبدل گردیده اند:

$$\Delta m_1 = \frac{E_1}{C^2}$$

$$\Delta m_1 = \frac{94kJ/mol}{(3\cdot10^8 m/\sec)^2} = \frac{94kjoul/mol}{9\cdot10^{16} m^2/\sec^2}$$

$$\Delta m_1 = 10.44\cdot10^{-10} g/mol$$

کتلهٔ کاسته شده در تعامل هستوی فوق الذکر قرار ذیل حاصل می گردد:

یـک مول اتوم یورانیــم 235g دارای $6.02\cdot10^{23}$ (به اندازه عدد اوگدرو) اتوم یورانیم است، چون در هر انقسام هسته به اندازه 200mev انرژی آزاد می گردد؛ بِنابراین انرژی عمومی آزاد شده به ارگ (erg) قرار ذیل محاسبه می گردد:

$$E_2 = 200\cdot3.8\cdot10^{-14} calory = 200\cdot3.8\cdot10^{-14}\cdot4.18\cdot10^7 erg\cdot6.02\cdot10^{23}$$

$$\Delta m_2 = \frac{E_2}{C^2} = \frac{1.91\cdot10^{20}\,\mathrm{erg/mol}}{(3\cdot10^{10}\,\mathrm{cm/sec})^2} = 0.13\mathrm{g} \qquad E_2 = 1.91\cdot10^{20}\,\mathrm{erg/mol}$$

$$\frac{\Delta m_1/235}{\Delta m_2/12} = \frac{\mathrm{molU}}{\mathrm{molC}} = \frac{0.13\,\mathrm{g}/235\,\mathrm{g\cdot mol^{-1}}}{4.36\cdot10^{-9}\,\mathrm{g}/12\,\mathrm{g\cdot mol^{-1}}} = 2.5\cdot10^6$$

از نسبت داده شده در می‌یابیم که انرژی آزاد شده از فی مول یورانیم 2,5 میلیون مراتبه نسبت به انرژی آزاد شده از فی مول کاربن زیاد است.

ب





الف

شکل (9 – 1): الف – کتله چراغ‌های برقی عکاسی قبل از سوختن ، ب – کتلهٔ چراغ‌های برقی عکاسی بعد از سوختن

۹-۳ : قانون نسبت‌ها ثابت(Proust–۱۸۰۷)

این قانون را اولین بار در سال 1807 عالمی به نام Proust طرح ریزی کرده و ازین سبب به نام موصوف نیز مسمی می‌باشد که قرار ذیل بیان می گردد:

عناصر متشکل مالیکول مرکب ، در تشکیل مرکب به نسبت وزنی یا کتلوی معین و ثابت با هم تعامل می‌نمایند. طریقه‌های استحصال این اجسام ترکیبی می‌توانند به هرشیوه بوده باشد، مهم این است که دو جسم ساده همیشه به یک نسبت ثابت کتلوی با هم ترکیب شده، مرکبات را تشکیل می‌دهند؛ به طور مثال: هایدروجن با اکسیجن تعامل نمود، آب را تشکیل می‌دهند، نسبت کتلوی هایدروجن و اکسیجن در تشکیل آب 1:8 است:

$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$$

$$2\cdot1\cdot2 + 16\cdot2 \longrightarrow 2\cdot18$$

$$4g + 32g \longrightarrow 36g$$

$$H_2 : O_2 = 4g : 32g = 1 : 8$$

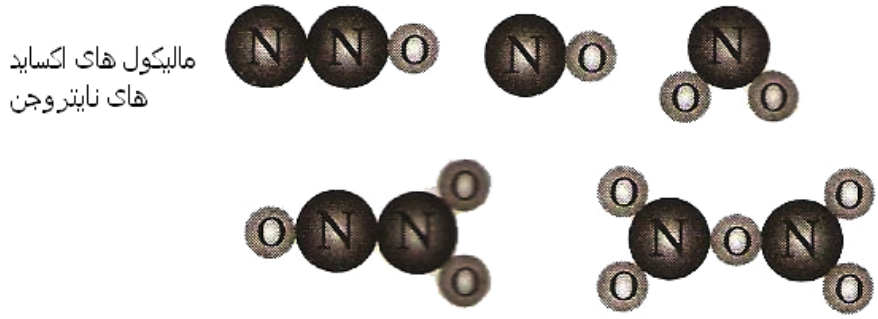
چه فکر می‌کنید ؟

یکی از مرکبات آکسیجن با نایتروجن یک گاز بی رنگ دارای فورمول N_2O_4 است ، آیا به کمک قانون نسبت‌های کتلوی می‌توان به این فورمول کیمیاوی رسید ؟

۹– ۴ : قانون نسبت‌های متعدد یا قانون دالتن(Dalton)

دو عنصر با هم تعامل نموده، نه تنها یک نوع مرکب را تشکیل می‌دهند، در صورتی که نسبت کتلوی شان تغییرداده شود، مرکبات مختلف را تشکیل می‌دهند. نسبت کتلوی یکی ازاین عنصر در مرکبات مختلف آن اعداد تام ثابت و کوچک است، به طور مثال: نایتروجن و آکسیجن با هم تعامل نموده پنج نوع اکساید را تولید میکنند که نسبت کتلوی اکسیجن دراین پنج نوع اکساید آن بانایتروجن 1:2:3:4:5است؛ اما کتله نایتروجن ثابت است؛ یعنی:

	N_2 : O_2	N_2 : O_2	
N_2O	$14\cdot2$: 16	1 : 1	1
NO	14 : 16	1 : 1	2
N_2O_3	$14\cdot2$: $16\cdot3$	1 : 1	3
NO_2	14 : $16\cdot2$	1 : 2	4
N_2O_5	$14\cdot2$: $16\cdot5$	1 : 2	5



شکل (9 – 2): مودل مالیکول‌های اکسایدهای نایتروجن

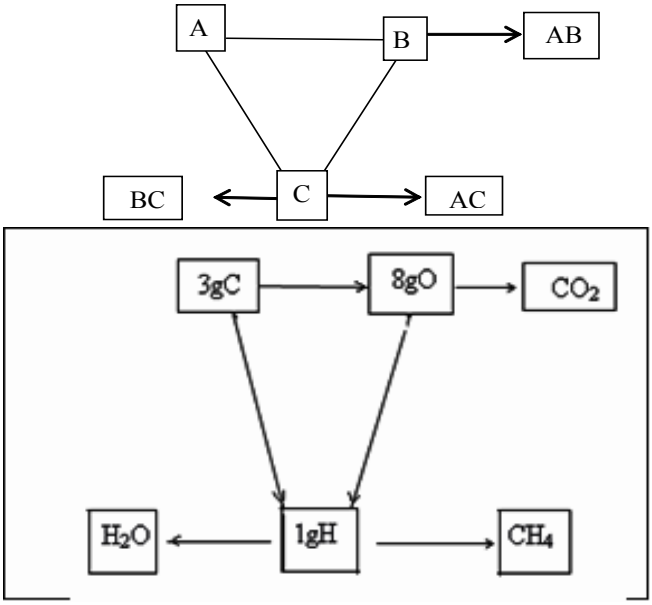
نسبت آکسیجن در پنج نوع اکساید آن با نایتروجن 1:2:3:4:5 است.

فعالیت

قانون نسبت‌های متعدد را بالای چهار نوع اکساید کلورین $(Cl_2O, Cl_2O_3, Cl_2O_5, Cl_2O_7)$ تطبیق کنید.

۹–۵: قانون معادلت ها

دو عنصر هر یک به صورت جداگانه با عنصر سومی به یک نسبت معین کتلوی تعامل نموده، مرکبات را بدون بقیه تشکیل می‌دهند. این دو عنصر بین هم نیز به همان مقدار کتله که با عنصر سومی تعامل نموده اند، تعامل کرده، مرکب را تشکیل می‌دهند:



از توضیحات فوق نتیجه گیری می‌شود که عناصر به مقاد یر معین با یکدیگر تعامل می‌نمایند. کتله معادل یک عنصر عبارت از همان مقدار کتله عنصر به گرام است که با 8 گرام اکسیجن تعامل نموده، بدون بقیه، اکساید مربوطهٔ خود را تشکیل می‌دهند.

مثال: اکساید آهن به مقدار 1.5g موجود است که در آن 1.17g آهن شامل است، کتله معادل آهن را دریافت نمایید.

حل:

$$\left.\begin{array}{l} mFe = 1.17g \\ m\ Oxide = 1{,}5g \\ mO_2 = 0.33g \end{array}\right\} \quad \begin{array}{l} 1.17gFe \quad - \quad 0.33gO_2 \\ X \quad\quad - \quad 8g\ O_2 \\ X = \dfrac{1{,}17gFe \cdot 8gO_2}{0.33gO_2} = 28gFe \end{array}$$

کتله معادل یامعادل - گرام آهن مساوی به 28g است.

کتله معادل یک عنصر عبارت از همان مقدار کتلهٔ آن است که در یک تعامل کیمیاوی یک گرام و یا یک اتوم- گرام هایدروجن را تعویض و آزاد می‌سازد؛ به طور مثال: در تعامل ذیل کتلهٔ معادل کلسیم 20 بوده که قرار ذیل محاسبه می گردد:

$$\begin{array}{lllll} Ca & + & H_2SO_4 & \longrightarrow & CaSO_4 + H_2\uparrow \\ 40g & & 98g & & 2g \\ X & & & & 1g \end{array}$$

$$\left.\begin{array}{l} 40g - 2g \\ X - 1g \end{array}\right\} \qquad X = \frac{40g \cdot 1g}{2g} = 20g$$

به صورت عموم کتلهٔ معادل یک عنصر عبارت از کتلهٔ اتومی عنصر تقسیم بر ولانس همان عنصر در مرکب تشکیل دهندهٔ آن می‌باشد.

$$\text{کتلهٔ معادل} = \frac{\text{کتله اتومی نسبتی}}{\text{ولانس}}$$

مثال: کتله اتومی نسبی المونیم 27amu بوده و ولانس آن 3 است، کتله معادل آن را دریافت نمائید.

$$M_A Al = 27amu$$
$$Volance Al = 3$$
$$Eq - gAl = ?$$

$$EqAl = \frac{M_A Al}{Volance}$$
$$EqAl = \frac{27amu}{3} = 9amu$$

۹-۵-۱ : دریافت کتلهٔ معادل مرکبات کیمیاوی

کتلهٔ معادل مرکبات کیمیاوی عبارت از کتلهٔ مالیکولی نسبی مرکبات تقسم بر ولانس موثر در مالیکول مرکب است:

توجه نمایید

ولانس موثر در تیزاب‌ها مساوی به تعداد اتوم‌های هایدروجن بوده و در القلی‌ها مساوی به تعداد گروپ هایدروکسیل است، به همین ترتیب در نمک‌ها ولانس موثر عبارت از ولانس کتیون‌های فلزی نمک‌ها بوده؛ بنابرآن به اساس فورمول‌های ذیل می‌توان کتله معادل مرکبات مذکور را دریافت کرد:

$$Eq_{Acide} = \frac{M_{Acides}}{\sum H^+}$$
$$Eq_{Bases} = \frac{M_{Bases}}{\sum OH^-}$$
$$Eq_{Saltes} = \frac{M_{Salts}}{Cathions\ Volance}$$

($\sum$ = تعداد)

اگر کتلهٔ معادل اتوم‌ها و یا مالیکول‌ها به گرام افاده گردد، این کمیت به نام معادل گرام اتومی یا مالیکولی (Equivalent-gram) یاد می‌گردد که به طور عموم به (Eq-g) افاده می‌شود.

نا گفته نباید گذاشت این که: عناصری دارای ولانس‌های متحول، کتله معادل مختلف رادارا می‌باشد؛ به طور مثال : کتله معادل مس در Cu_2O مساوی به 63.4amu بوده ،

در حالی که کتلهٔ معادل مس در مرکب CuO مساوی به 31.7amu است.

مثال: کتلهٔ معادل H_3PO_4 را دریافت نمایید، کتلهٔ مالیکولی H_3PO_4 مساوی به 98 است.

حل:

$M_{H_3PO_4} = 98$ amu

$Eq_{H_3PO_4} = ?$ $\qquad EqH_3PO_4 = \frac{M_{H_3PO_4}}{\sum H^+} = \frac{98\,amu}{3} = 32{,}6\,amu$

$\sum H^+ = 3$

مثال: کتلهٔ معادل $Ca(OH)_2$ را دریافت نمائید. کتلهٔ مالیکولی نسبی $Ca(OH)_2$ مساوی به 74 است.

$M_{Ca(OH)_2} = 74amu$

$Eq_{Ca(OH)_2} = ?$

$\Sigma OH^- = 2$

$$\text{Eq Ca(OH)}_2 = \frac{\text{M}_{\text{Ca(OH)}_2}}{\sum \text{OH}^-} = \frac{74\,\text{amu}}{2} = 37\text{amu}$$

مثال: کتلهٔ معادل $MgSO_4$ را محاسبه نمایید، کتلهٔ مالیکولی نسبی $MgSO_4$ مساوی به 120amu است؟

حل :

$M_{MgSO_4} = 120amu$

$Effictive \quad Volance = 2$ $\qquad Eq_{MgSO_4} = \frac{M_{MgSO_4}}{Cathion \quad Volance}$

$Eq_{MgSO_4} = ?$ $\qquad Eq_{MgSO_4} = \frac{120amu}{2} = 60amu$

مرکباتی که در تعاملات Redox سهم می گیرند، دراین صورت اتوم‌ها عناصر متشکل مالیکول آن‌ها ارجاع و یا Oxidation شده، کتلهٔ معادل آن‌ها را طوری به دست می‌آورند که کتلهٔ مالیکولی آن‌ها را تقسیم الکترون‌های باخته شده (Losese) ویا گرفته شده (gain electrons) می‌نمایند، یعنی:

$$Eq_{Compound} = \frac{M_{Compound}}{Losese \quad or \quad gain\ e^-}$$

مثال : کتلهٔ معادل H_2SO_4 را در تعامل Redox ذیل محاسبه نمایید .

حل :

$$Cu + H_2SO_4 \longrightarrow CuSO_4 + S + H_2O$$

$2e^-$ losese ← oxidation

Reduction

$+6e$ gain

$$Eq_{H_2SO_4} = \frac{M_{H_2SO_4}}{gaine^-} = \frac{98amu}{6} = 16,33amu$$

مثال : کتلهٔ معادل مس را در تعامل فوق محاسبه کنید؟

$$\text{کتله معادل مس} = \frac{\text{کتله اتوم}}{\text{الکترون باخته شده}} = \frac{63.5}{2} = 31.7amu$$

فعالیت

1 - چطور می‌توانید کتلهٔ معادل مرکبات ذیل را، دریافت کنید؟

$H_3PO_4, KOH, \quad NaNO_3$

2 - کتلهٔ معادل H_2SO_4 را در تعامل ریدوکس ذیل دریافت نماید .

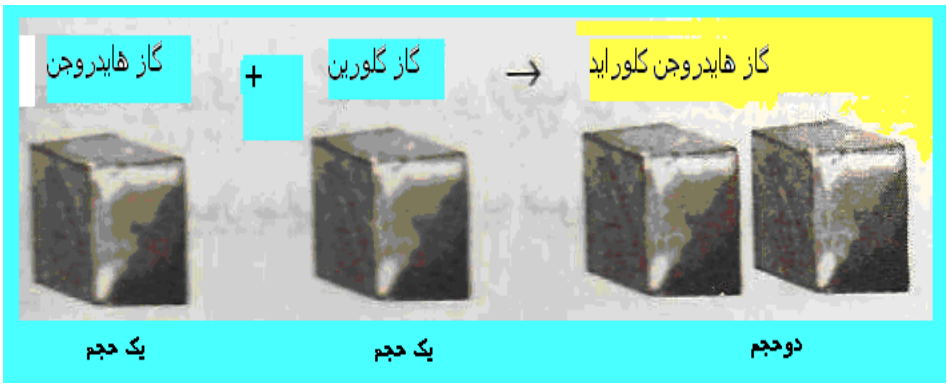
$$Cu + H_2SO_4 \longrightarrow CuSO_4 + H_2S + H_2O$$

۹- ۶ : قانون نسبت‌ها حجمی

قانون نسبت‌ها حجمی توسط عالمی به نام گیلوسک (Gay-Liusac) طرح ریزی گردید و قرار ذیل است:

به حرارت و فشار ثابت نسبت حجمی مواد گازی تعامل کننده و محصول تعامل گازی یا بخار آن‌ها اعداد تام ، کوچک و ثابت است و هم نسبت حجمی مواد تعامل کنندهٔ گازی اعداد کوچک و ثابت می‌باشد؛ به طور مثال: هایدروجن گازی با کلورین گازی تعامل نموده ،گاز هایدروجن کلوراید را تشکیل می‌دهند. نسبت حجمی گاز هایدروجن

و کلوریـن در تشـکیل هایدروجن کلوراید 1:1 اسـت، شـکل (۹-۳) و نسـبت حجمی هایدروجـن و هایدروجن کلوراید 1:2 و نسـبت حجمی کلوریـن و هایدروجن کلوراید 1:2 است، یعنی:



شکل (9 - 3): احجام بعضی گازها

۹ -۷ : قانون اوگدرو

عالمـی به نـام برزیلیوس(Berzelius) بالای نسـبت‌ها حجمی تیـوری اتومی را تطبیق و دریافت کرد که حجم‌های مساوی گازات تحت عین شرایط فشار و حرارت تعداد مساوی اتوم‌ها را داراسـت. قضیهٔ برزیلیـوس بالای گازاتی صدق می کند که در طبیعت به شـکل اتومی یافت می‌شـوند؛ اما در مورد گازهای مالیکولی صد ق نمی کند؛ ازین سـبب تیوری دیگری به شـکل قضیه توسط اوگدرو ارائه گردید. این قضیهٔ اوگد رو(Avogadro) در سال 1811م ارائه گردیده که قرار ذیل است:

حجم‌های مساوی گازات تحت عین شرایط فشار و حرارت تعداد مساوی ذرات (مالیکول‌ها، اتوم، آیون‌ها و غیره) را دارا می‌باشـد. فرضیه اوگدرو اکنون شـکل قانون را بخود اختیار نموده و تعداد زیاد حقایق تجربوی را توضیح نموده اسـت.(قانـون اول اوگدرو)؛ چنانچه دو حجم هایدروجـن کلوراید زمانی تشـکیل شـده می‌توانـد که یک حجم کلوریـن و یک حجم هایدروجن به شـکل مالیکول بوده بـا هم تعامل نماید؛ دراین صـورت مالیکول کلورین و هایدروجن دو قسـمت شده و هر قسـمت هر یکی از آن‌ها با هم ترکیب شده مالیکول‌های جدید (دو مالیکول جدید) هایدروجن کلوراید را تشکیل می‌دهند.

$$H_2 + Cl_2 \longrightarrow 2HCl$$

مثال: قانون نسبت‌ها حجمی را در تعامل ذیل برای اجزای آن تطبیق نمائید:

$$3H_2 + N_2 \longrightarrow 2NH_3$$

حل:

$$3H_2 + N_2 \longrightarrow 2NH_3$$

3حجم 1حجم دو حجم

$$H_2 : N_2 = 3 : 1$$
$$H_2 : NH_3 = 3 : 2$$
$$N_2 : NH_3 = 1 : 2$$

قانون اوگدرو را می‌توان به طور معکوس آن نیز بیان کرد:

تعداد مساوی مالیکول‌ها و اتوم‌های گازات تحت عین شرایط فشار و حرارت ، حجم‌های مساوی را اشغال می‌نمایند.(قانون دوم اوگدرو)

بیشتر بدانید

یک مول هر ماده به اندازه عدد اوگدر ($6.02 \cdot 10^{23}$)ذرات را دارا بوده، در صورتی که ماده حالت گازرا دارا باشد ، یک مول هر گاز به شرایط 22.4L STP حجم را اشغال می‌نماید که به اساس معادلهٔ عمومی گازات کامل؛یعنی $PV = nRT$ محاسبه شده می‌تواند.

عدد اوگدرو به طریقه‌های مختلف دریافت شده است که دراین جا از دو طریقهٔ آن تذکر به عمل می‌آید:

1 - اگر کتله اتومی نسبی ویا مالیکولی نسبی به گرام افاده گردد (مول اتوم یا مول مالیکول) و این کمیت‌های مولی بر کتله حقیقی یک اتوم عنصر و یا مالیکول مرکب تقسیم گردد، در نتیجه عدد اوگدرو حاصل می‌شود:

$$\text{عدد او گدرو} = \frac{\text{کتلهٔ نسبتی عنصر به گرام}}{\text{کتلهٔ حقیقی یک اتوم عنصر}}$$

$$\text{عدد او گدرو} = \frac{\text{یک مول مرکب}}{\text{کتلهٔ یک مالیکول مرکب}}$$

مثال: کتله اتومی نسبی کاربن 12 و کتله یک اتوم آن $1.993\cdot10^{-23}\,g$ است عدد اوگد رو را دریافت نمایید:

$$\text{عدد او گدرو} = \frac{\text{کتلهٔ یک اتوم کاربن به گرام}}{\text{کتله یک اتوم کاربن}}$$

$$\text{عدد او گدرو} = \frac{12g}{1.99\cdot10^{-26}\,kg} = 6.02\cdot10^{23}$$

خود را آزمایش کنید

کتلهٔ مالیکول آب $2.9898\cdot10^{-26}\,kg$ است و کتلهٔ مالیکولی آن 18amu است، عدد اوگدرو را به دست آورید.

2 – به طریقه الکترولیز نیز می‌توان عدد اوگدرو را بدست آورد؛ طوری که اگر عدد فارادی $(F=96491C)$ تقسیم بر قیمت چارج $(e=1.602\cdot10^{-19}C)$ گردد عدد اوگدرو حاصل می‌شود.

$$NA=\frac{F}{e}=\frac{96491C}{1.602\cdot10^{-19}C}=6.02\cdot10^{23}$$

قیمت چارج را عالم امریکائی به نام ملیکان در قطرات تیل کشف کرد .

۹-۸ : کتله اتومی نسبتی

کتلهٔ حقیقی اتوم‌های عناصر کیمیاوی کمیت‌های کوچک بوده که بین $10^{-22}-10^{-24}\,g$ قرار دارد. این کمیت‌های کوچک با توان‌های منفی در محاسبات کیمیاوی مشکلاتی را ایجاد می‌نمود، از این سبب علمای ساینس برای اتوم‌های عناصر کیمیاوی کتله اتومی نسبتی را تعیین نموده اند، آن‌ها کتله یک اتوم عنصر را تقسیم $\frac{1}{12}$ حصه کتلهٔ یک اتوم ایزوتوپ کاربن $({}^{12}_{6}C)$ نموده ، حاصل تقسیم را به حیث کتله اتومی نسبتی همان عنصرمطلوب قبول کردند ؛ پس:

$$M_{atomic} = \frac{mass - per\ atomElements}{\frac{1}{12}\ per - atom\ of\ Carbon - 12}$$

جستجو نمایید

علت استفاده از واحد کربن - 12 در چه است ؟

اگر به عوض ${}^{12}_{6}C$ ایزوتوپ های، ${}^{13}_{6}C$ ، ${}^{14}_{6}C$ویا ${}^{16}_{6}C$ را به کاربرند در محاسبات کدام تغییراتی رونما خواهد شد ؟

$\frac{1}{12}$ام حصـــــه کتلـهٔ اتـوم ایزوتـوپ کاربن -12 را بـه حیـث واحـــد کتلهٔ اتـــــومـی (Atomic . Mass .Unite) قبـول نموده و بـه (amu) افاده می کند؛یعنی:

(Amu) واحد کتله اتومی بین المللی = $\frac{1}{12}$ ام حصه کتلهٔ یک اتوم کاربن.

چون کـــتلهٔ یک اتوم کاربن ${}^{12}_{6}C$ مســاوی به $1.993 \cdot 10^{-26}\,kg$است، پس قیمت amu عبارت است از: $amu = \frac{1}{12} \cdot 1.993 \cdot 10^{-26}\,kg = 1 \cdot 661 \cdot 10^{-27}\,kg$

از این‌جا نوشته کرده می‌توانیم که:

$$\text{کتله یک اتوم نسبتی} = \frac{\text{کتله یک اتم عنصر}}{1 \cdot 661 \cdot 10^{-27}\,kg}$$

مثـال: کتلهٔ یک اتوم سودیم $3.8202 \cdot 10^{-27}\,kg$اســت، کتلهٔ اتومی نسـبتی سـودیم را دریافت نمایید.

حل:

$$M_{atom}Na = \frac{m\ peratom - Na}{amu} = \frac{3.8203 \cdot 10^{-27}\,kg}{1.661 \cdot 10^{-27}\,kg} = 23amu$$

مثـال: کتلهٔ یـک اتوم هایدروجن $1 \cdot 674 \cdot 10^{-27}\,kg$ اســت ،کتلهٔ اتومی نسـبتی آن را دریافت نمایید.

حل:

$$M_{atomic}H = \frac{mass - peratomH}{amu} = \frac{1.674 \cdot 10^{-27}\,kg}{1.661 10^{-27}\,kg} = 1.008amu$$

معلومات اضافی

در اکثر جدول‌های دوره یی عناصر کتله اتومی عناصر درج است و عبارت از اوسط مجموعی کتله‌های اتومی ایزوتوپ‌های مختلف عناصر می‌باشد .

فعالیت

اوسط مجموعی کتله‌های اتومی ایزوتوپ‌های مختلف عناصر جدول زیر را محاسبه نمایید.

ایزوتوپ	$^{16}_{8}O$	$^{17}_{8}O$	$^{18}_{8}O$
فیصدی در طبیعت	99.76%	0.04%	0.2%
کتلهٔ اتومی	15.99	17.00	18.00

۹-۹ :کتلهٔ مالیکولی نسبتی

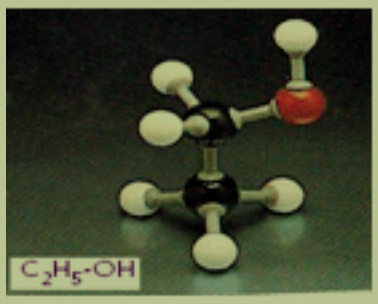
کتلهٔ مالیکولی نسبتی مالیکول‌های مرکبات کیمیاوی عبارت از مجموعهٔ کتله‌های اتوم‌های عناصر متشکله مالیکول است.

کتلهٔ اتومی آکسیجن + کتلهٔ دو اتوم هایدروجن = کتلهٔ مالیکولی آب

$$MH_2O = 1\cdot 2 + 16 = 18amu$$

مشق وتمرین نمایید

کتلهٔ مالیکولی مرکبات زیر را محاسبه کنید:



شکل (9 - 4): مودل ایتانول

الف - $C_6H_{12}O_6$ ب - C_2H_5-OH

معلومات ضروری

کتله‌های اتومی نسبتی عناصر به اساس قیمت (amu) در یافت گردیده است؛ بنابراین اگر کتلهٔ یک مالیکول مرکب را داشته باشیم و آن را تقسیم قیمت (amu) نماییم کتلهٔ مالیکولی نسبتی مرکب مطلوب حاصل می‌شود؛یعنی:

$$\text{کتلهٔ مالیکولی نسبتی} = \frac{\text{کتلهٔ یک مالیکول مرکب}}{\text{amu}}$$

مثال: کتلهٔیک مالیکول آب مساوی به $2.9898\cdot10^{-26}\,kg$است ، کتلهٔ مالیکولی نسبتی آب را در یافت نمایید.

حل:- کتلهٔ مالیکولی آب

$$M_{H_2O}=\frac{m_{H_2O}}{amu}=\frac{2.9898\cdot10^{-26}\,kg}{1.661\cdot10^{-27}\,kg}=18amu$$

نوت: کتلهٔحقیقی هر ذره تقسیم بر قیمت amu مساوی به کتلهٔ نسبتی آن است.

۹ –۱۰ : مول (اتوم– گرام و مالیکول– گرام)

اگر کتلهٔ اتومی نسبی عناصر کیمیاوی به گرام افاده گردد، این کمیت را به نام اتوم– گرام یا مول اتومی یاد می کنند؛ به طور مثال: کتلهٔ اتومی نسبی Na مساوی به 23amu است؛ بنابراین یک مول سودیم مساوی به 23g است.

به همین ترتیب اگر کتلهٔ مالیکولی نسبتی مرکبات کیمیاوی به گرام افاده گردد، این کمیت کتلوی را به نام مالیکول–گرام یا مول مالیکولی یاد می‌نمایند؛ به طور مثال: کتلهٔ مالیکولی نسبتی تیزاب گوگرد (H_2SO_4) مساوی به 98amu است ؛ بنابراین 98 گرام آن یک مول است. به صورت عموم اگر کتلهٔ نسبتی هر ذره کیمیاوی به گرام افاده شود همین کمیت کتلوی را به نام مول همان ذره یاد می کنند؛ به طور مثال :کتلهٔ نسبتی الکترون مساوی به $5.4\cdot10^{-4}\,amu$است؛ بنابراین یک مول آن مساوی به $5.4\cdot10^{-4}\,g$می‌باشد.

چون اتوم– گرام ، مالیکول–گرام، ایون–گرام ..... تماما" به نام مول یاد شده است و

تمام همین کمیت‌ها به اندازهٔ عدد اوگدرو ذرات را دارا اند؛ بنابراین به صورت مشـــخص می‌توان مول را چنین تعریف کرد:

مول: عبارت از کتلهٔذرات به اندازه عدد اوگدرو به گرام اســت یا به عباره دیگر اگر کتلهٔ ذرات به اندازه عدد اوگدروبه گرام افاده شود، این کمیت را به نام مول (Mole) یاد می‌نمایند

مثال: 200g سودیم هایدروکساید چند مول آن است ؟کتلهٔ مالیکولی آن 40amu است.

$$\left.\begin{array}{l} m = 200g \\ M = 40amu \\ n = ? \end{array}\right\} \quad \left.\begin{array}{l} 40g - 1mol \\ 200g - n \end{array}\right\} \quad n = \frac{200g \cdot 1mol}{40g} = 5mol$$

از مثال فوق می‌توان فورمول $n = \frac{m}{M}$ را برای محاسبه مول استنتاج کرد.



شکل (9 – 5): مقدار مول مس، سیماب، المونیم ، برومین ، آهن، جست و سلفر

۹ - ۱۱ : دریافت فیصدی عناصر متشکلهٔ مالیکول‌های مرکبات

بـرای این که فیصدی عناصر متشـکل مالیکولی مرکبات کیمیاوی را بدسـت آورده بتوانیم، لازم است تا مقدار هر عنصر را در کمیت یک مول آن با در نظر داشت کتلهٔ مالیکولی مرکـب دریافت نموده، در این صورت مقدار عنصر مطلوب را که در یک مول مرکب موجود است، ضرب در عدد 100 نموده و تقسیم بر مقدار مول آن مرکب می‌نماییم، کمیت حاصل مقدار فیصدی عنصر مطلوب را افاده می‌نماید؛یعنی:

$$\text{فیصدی عنصر در مرکب} = \frac{\text{مقدار عنصر} \cdot 100}{\text{یک مول مرکب}}$$

مثـال اول: فیصدی کاربـن, هایدروجن و اکسـیجن را در گلوکوز ($C_6H_{12}O_6$) محاسبه نماید ، در صورتی که کتلهٔ مالیکولی گلوکوز 180amu بوده باشد، کتلهٔ اتومی هایدروجن 1amu ، کتلهٔ اتومی کاربن 12amu و کتلهٔ اتومی آکسیجن 16amu است.

حل:

$$MC_6H_{12}O_6 = 12\cdot 6 + 1\cdot 12 + 16\cdot 6 = 180\ amu$$

$$MC_6H_{12}O_6 = 72 + 12 + 96 = 180\ amu$$

$$mole\ C_6H_{12}O_6 = 72g + 12g + 96g = 180g$$

$$180g\ C_6H_{12}O_6 \quad - \quad 72gC$$

$$100 \quad - \quad W\%$$

$$W\%C = \frac{72gC\cdot 100}{180g} = 40\%C$$

$$180g\ C_6H_{12}O_6 \quad - \quad 96gO$$

$$100 \quad - \quad W\%$$

$$W\%O = \frac{96gO \cdot 100}{180g} = 53.33\%O$$

$$180gC_6H_{12}O_6 \quad - \quad 12gH$$

$$100 \quad - \quad W\%H$$

$$W\%H = \frac{12gH\cdot 100}{180g} = 6.7\%H$$

نوت: مجموعه فیصدی‌های اجزای متشـکل مالیکول مرکبات کیمیاوی مساوی به 100 می‌شود.

۹ – ۱۲ : فورمول تجربی و فورمول مالیکولی

یک مرکب کیمیاوی را معمولا" توسط طرز ترتیب سمبول‌های عناصر تشکیل دهندهٔ آن با ضرایب نسبتی که به نام ضرایب ستیکیو متری (Stoichiometry)نیز یاد می‌شود، نشان می‌دهند؛ به طور مثال : NaCl نشان دهندهٔ نمک طعام و H_2O نشان دهنده آب است که طرز ترتیب سمبول‌های اتوم‌های عناصر تشکیل دهنده با ضرایب نسبتی آن‌ها را درمرکبات به نام فورمول مالیکولی یاد می‌نمایند. یک مالیکول آب از دو اتوم هایدروجن و یک اتوم اکسیجن تشکیل گردیده است، به این اساس فورمول مالیکولی آب H_2O است.

فورمول مالیکولی را می‌توان به اساس تجزیه کیمیاوی تعیین نمود . نوع دیگری از فورمول‌های کیمیاوی عبارت از فورمول تجربی است، دراین فورمول تعداد نسبتی اتوم‌های عناصر مختلف در یک مرکب نشان داده می‌شود.(کلمه تجربی دراین جا به این معنی است که فورمول ارائه شده تنها به اساس مشاهده و اندازه گیری یعنی تحلیل توصیفی و مقداری مشخص گردیده است). مالیکول گلوکوز دارای 6 اتوم کاربن ، 12 اتوم هایدروجن و 6 اتوم آکسیجن بوده و فورمول تجربی آن CH_2O است که تنها نسبت اتوم‌های کاربن، اتوم‌های هایدروجن و اتوم‌های آکسیجن را در مالیکول گلوکوز نشان می‌دهد. چون این نسبت‌ها همواره ساده ترین شکل یک ماده را آشکار می‌سازد، ازین سبب این فورمول را به نام فورمول ساده نیز یاد میکنند.

برای این که فورمول سادهٔ مرکبات را به درستی تحریر و دریافت نموده باشیم ،لازم است تا تحلیل توصیفی و مقداری مرکب را بدانیم . با دانستن تحلیل توصیفی و مقداری مرکب می‌توان فورمول تجربی آنرا قرار مواد ذیل تحریر و دریافت کرد :

1 – کمیت‌های مقداری هر عنصررا که در اثر انالیز حاصل شده است، به مول تبدیل می کنیم.

2 – مقدار مول‌های هر عنصر تشکیل دهندهٔ مرکب را که قرار ماده 1 حاصل نمودیم، دقیقا"ملاحظه نموده کمیت کوچک آن‌ها را برملا می‌سازیم، سپس تمام کمیت مولی عناصر متشکلهٔ مالیکول مرکب مطلوب را تقسیم بر همین کمیت کوچک مولی نموده، ارقام بدون واحدهای قیاسی حاصل می‌شود.

3 – کمیت‌های رقمی که طبق ماده 2 حاصل می گردد ، دقیقا" مطالعه نموده، در صورتی

که اعداد تام باشد ، نسبت‌های اتوم‌های عناصر متشکله مالیکول مرکب را در فورمول ساده نشان داده و اگر ارقام تام نباشند، آن‌ها را به طریقه روندا ف و یا ضرب نمودن کوچک‌ترین عدد تام، به اعداد تام تبد یل نموده، این اعداد تام نسبت اتومی عناصر را در فورمول ساده افاده می کند، ارقام نسبتی عناصر را با درنظر داشت طرز تحریر درست فورمول مالیکولی به سمبول‌های عناصر کیمیاوی ضمیمه ساخته، فورمول ساده حاصل می‌شود.

4 – غرض تحریر درست فورمول مالیکولی مرکب، علاوه از داشتن تحلیل توصیفی و مقداری باید کتلهٔ مالیکولی مرکب نیز معلوم باشد، بدین اساس با در نظر داشت تحلیل توصیفی و مقداری قرار مواد فوق فورمول ساده را دریافت و کتلهٔ مالیکولی مرکب مطلوب را به کتلهٔ مالیکولی نسبتی فورمول ساده تقسیم و عدد تام حاصل خواهد شد که این عدد را به نسبت عناصر در فورمول ساده ضرب نموده ودر نتیجه فورمول مالیکولی مرکب حاصل می گردد.

مثال : یک گرام از یک مرکب متشکل از کاربن و هایدروجن سوختانده شده که در نتیجه $3.3g$ کاربن دای اکساید (CO_2) و $0.899g$ آب (H_2O) حاصل گردیده، فورمول ساده مرکب را دریافت نمایید .

حل :

مقدار ماده عضوی سوختانده شده = $1g$
کاربن دای اکساید = $3.3g$
آب حاصل شده = $0.899g$

ابتدا مقدار هایدروجن و کاربن را در مرکب مطلوب به دست می‌آوریم.

$$18g\,H_2O - 2gH_2$$
$$0.899g - m_{H_2} \qquad m_{H_2} = \frac{0.899gH_2O \cdot 2gH_2}{18gH_2O} = 0.1gH_2$$
$$44gCO_2 - 12gC$$
$$3.3gCO_2 - mC \qquad mC = \frac{12g \cdot 3.3gCO_2}{44gCO_2} = 0.9gC$$

$nC = 0.9g \div 12g/mol = 0.075mol$

$nH_2 = 0.1g \div 2g/mol = 0.1mol$

$C = 0.075mol \div 0.075mol = 1$

$H_2 = 0.1mol \div 0.075mol = 1.3$

$C = 1 \cdot 3 = 3$

$H_2 = 1.3 \cdot 3 = 4$

$C = 3$

$H_2 = 4$ $\qquad C_3H_4 \quad (CH_2 = C = CH_2)$

مشق وتمرین کنید

3.2g اکساید آهن با گاز هایدروجن حرارت داده شده است، در نتیجه 2.24g آهن فلزی حاصل گردیده است ، فورمول سادۀ اکساید آهن را دریافت نمائید، کتلۀ اتومی آهن 56 و از آکسیجن 16amu است.

مثال ۲: در ترکیب یک مرکب 8g کاربن،1.33g هایدروجن و 10.667g اکسیجن شامل است، کتلۀ مالیکولی مرکب180amu است فورمول ساده و ترکیبی مالیکولی مرکب مطلوب را دریافت نمایید.

حل:

$$\left.\begin{array}{l} mC = 8g \\ mH_2 = 1.33g \\ mO_2 = 10.66g \end{array}\right\} \quad \begin{array}{l} nC = 8g \div 12g/mol = 0.667mol \\ nH_2 = 1.33g \div 1g/mol = 1.33mol \\ nO_2 = 10.667g \div 16g/mol = 0.667 \end{array}$$

$nC = 0.667mol \div 0.667mol = 1$

$nH_2 = 1.33mol \div 0.66mol = 2$

$nO_2 = 0.667mol \div 0.667\ mol = 1$

$$\left.\begin{array}{l} C = 1 \\ H = 2 \\ O = 1 \end{array}\right\} \quad CH_2O$$

$M(CH_2O)n = 180$

$(30)n = 180$

$n = \dfrac{180}{30} = 6$

$(CH_2O)n = (CH_2O)6$

$C_6H_{12}O_6$

خلاصهٔ فصل نهم:

* در یک تعامل کیمیاوی مجموعهٔ کتله‌های محصول تعامل مساوی به مجموعهٔ کتله‌های مواد تعامل کننده است.
* عناصر متشـــکل مالیکول مرکب در موقع تشکیل مرکب به نسبت وزنی یا کتلوی معین و ثابت با هم تعامل می‌نمایند.
* دوعنصر با هم تعامل نموده نه تنها یک نوع مرکب را تشـــکیل می‌دهند، در صورتی که نسبت کتلوی شان تغییرداده شود، مرکبات مختلف را تشکیل می‌دهند. نسبت کتلوی یکی ازین عناصر در مرکبات مختلف آن اعداد تام ثابت و کوچک است.
* دو عنصر هر یک به صورت جداگانه با عنصر سومی به یک نسبت معین کتلوی تعامل نموده، بدون بقیه مرکبات را تشـــکیل می‌دهند . ایـــن دو عنصر بین هم نیز به همان مقدار کتلوی که با عنصر سومی تعامل نموده اند ، تعامل کرده، مرکب را تشکیل می‌دهند.
* کتلـــهٔ معـــادل یک عنصر عبارت از همان مقدار کتلهٔ عنصر به گرام اســـت که با 8 گرام آکسیجن تعامل نموده، بدون بقیه اکساید مربوطه خود را تشکیل می‌دهند.
* کتلهٔ معادل یک عنصر عبارت از همان مقدار کتلهٔ آن است که در یک تعامل کیمیاوی یک گرام و یا یک اتوم- گرام هایدروجن را تعویض و آزاد می‌سازد.
* کتلهٔ معادل مرکبات کیمیاوی عبارت از کتلهٔ مالیکولی نســـبتی مرکبات تقسم بر ولانس مؤثر در مالیکول مرکب است:
* به حرارت و فشار ثابت نسبت حجمی مواد گازی تعامل کننده و محصول تعامل گازی یـــا بخار آن‌ها اعداد تام ، کوچک و ثابت اســـت و هم نســـبت حجمی مـــواد تعامل کننده گازی اعداد کوچک و ثابت می‌باشد.
* یک مول هر ماده به اندازه عدد اوگدر ($6,02\cdot10^{23}$)ذرات را دارا بوده، در صورتی که ماده حالت گازرا دارا باشد ، یک مول هر گاز در شرایط 22.4L STP حجم را اشغال می‌نمایند.
* مول: عبارت از کتلهٔ ذرات به اندازه عدد اوگدرو به گرام اســـت ، یا به عباره دیگر اگر کتلهٔ ذرات به اندازهٔ عدد اوگدروبه گرام افاده شـــود ، این کمیت را به نام مول (Mole) یاد می‌نمایند

* مقـدار عنصر مطلوب را که در یک مول مرکب موجود اسـت ضرب، در 100 نموده و تقسـیم بر مقدار مول آن مرکب می‌نماییـم . کمیت حاصله مقدار فیصدی عنصر مطلوب را افاده می‌نماید،

تمرین فصل نهم

سؤالهای چهار جوابه

1 - به صورت عموم یک مسألهٔ علمی به ------ پایهٔ استوار است :

الف) یک ب) دو ج) سه د) چهار

2 - کتله‌هـای مجموعی محصول تعامـل ----- به مجموعه کتله‌های مـواد تعامل کننده است.

الف) زیاد تر ب) کمتر ج) مساوی د) بعضی اوقات زیاد وبعضی اوقات کم

3 - عالمـی بـه نام----- قانون نسـبت‌های ثابت را طرح ریزی کرده و ازین سـبب به نام موصوف نیز مسمی می‌باشد

الف) لاوازیه ب) گیلوسک ج) Proust د) دالتن

4 - نسبت آکسیجن در مرکب آب و مرکب هایدروجن پراکساید ----- است

الف) 1: 2 ب) 1:3 ج) 2:3 د) 1 : 2

5 - کتلهٔ معادل H_3PO_4 را کدام ارقام ذیل نشان می‌دهد ؟

الف) 16 ب) 15 ج) 32.6 د) 22.6

6 - به حرارت و فشار ثابت، نسبت حجمی مواد گازی تعامل کننده و محصول تعامل گازی آن‌ها ----- است

الف) اعداد تام ، کوچک و ثابت ب) اعداد کسری ج) ارقام بزرگ د) هیچ کدام

7 - یک مول هر ماده به اندازه ----- ذرات را دارا است :

الف - عدد اوگدرو، ب) $(6.02\cdot10^{23})$، ج) 22.4 لیتر، د) الف وب هردو

8 - کتلهٔ اتومی نسـبتی کاربن 12 و کتله یک اتوم آن $1.993\cdot10^{-23}$g است، قیمت amu است.

الف) $(1.661\cdot10^{-24}g)$ ب) $(6.02\cdot10^{-27})$ ج) الف وب د) هیچکدام

9 - فیصدی کاربن را در گلوکوز ($C_6H_{12}O_6$) محاسبه نماید .

الف) 50% ب) 23% ج) 40% د) 33%

10 – مول عبارت از کتلهٔ ذرات به اندازهٔ ------- به گرام است .

الف) کیلوگرام ب) $(6.02\cdot10^{23})$ج) عدد اوگدرو د) ب وج هردو درست است

سؤال‌های تشریحی

1 – به حرارت و فشار زیاد گاز نایتروجن و هایدروجن با هم تعامل نموده، امونیا را تشکیل می‌دهند, اگر $4.20\cdot10^{26}$ مالیکول نایتروجن با هایدروجن تعامل نماید، مقدار هایدروجن تعامل کننده و تعداد مالیکول‌های هایدروجن تعامل کننده چقدر خواهد بود ؟ امونیا حاصل شده چقدر و چند مالیکول خواهد بود؟

2 – امونیا با آکسیجن تعامل نموده NO و آب حاصل می گردد، به تعداد $3.6\cdot10^{21}$ مالیکول اکسیجن چه تعداد مالیکول NO را تولید کرده می تواند؟

3 – فیصدی B را در مرکب $HGa_3AlBSi_2O_{16}$ محاسبه نمایید.

4 – مس سلفیت $(CuSO_4)$ ، K_2CrO_4 و آب (H_2O) تحت شرایط خاص با هم تعامل نموده، محصول تعامل آن‌ها مرکبی است که از $OH^-, CrO_4^{2-}, Cu^{2+}$ تشکیل گردیده است . تحلیل مقداری نشان می‌دهد که در مرکب مطلوب ایون‌های فوق الذکر باالترتیب 48.7% , 35.6% و 15.7% موجود است, فورمول تجربی مرکب مذکور را دریافت نمایید.

5 – کمیت‌های مشخص شده ذیل را محاسبه نمایید.

الف) تعداد مول‌های موجود در $9.32\cdot10^{25}$ اتوم Zn.

ب) کتله 3.27 مول ارگون چند گرام است؟

ج) ذرات اتومی $3,07.10^{20}$ نقره چند ملی گرام کتله دارد؟

د) $46.5cm^3$ آهن چقدر اتوم را داراست ($d_{Fe}=7.68g/cm^3$) است.

6 – وزن اتومی فلزی را دریافت نمایید که فورمول تجربی اکساید مربوطه آن Me_2O_3 بوده و فیصدی فلزی مطلوب در اکساید آن 68.4% بوده باشد.

7 – عنصر x با کلورین تعامل نموده، مرکب XCl_4 را تشکیل داده است، فیصدی آیون را (Cl^-) در مرکب مذکور 74% بوده باشد، x کدام عنصر است؟

8 – به مقدار 1.423g کساید اسکاندینیم با H_2 تعامل و ارجاع گردیده است که در نتیجه 0.929g فلز Sc و آب حاصل شده است ، فورمول اکساید را دریافت نمایید.

9 - اگر $KClO_3$ حرارت داده شود طبق معادلهٔ ذیل به KCl و اکسیجن تبدیل می گردد.

$$2KClO_3 \longrightarrow 2KCl + 3O_2$$

اگر 50% مرکب مذکورتجزیه گردد، چقدر از وزن $KClO_3$ کاسته می‌شود؟ در صورتی که مقدار آن 100g باشد.

10 - مخلـوط NaCl و KCl به وزن یک گرام موجود اسـت، زمانی که مخلوط در آب حـل گردد و بالای $AgNO_3$ علاوه شـود تمام ایون‌های کلوراید به AgCl تبدیل شـده، رسوب می‌نماید ، مقدار AgCl رسوب کننده مساوی به 2.1476g است، فیصدی NaCl در مخلوط اولی چقدر خواهد بود؟

11 - بـه مقدار 1.28g کلسـیم در مجاورت هوا بـه طور کامل بـه CaO 1.8g تبدیل گردیده اسـت, کتلهٔاتومی Ca را دریافت نمایید، در صورتی که کتله اتومی اکسـیجن 16 باشد.

12 - زمان که 2.75g مرکب Pb_3O_4 را حرارت دهیم ، تجزیه خواهد گردید و به مقدار 0.064g آکسـیجن و اکساید دیگر آن تشـکیل می گردد، فورمول اکساید سرب تشکیل شده را دریافت نمایید.

13 - یـک مخلوط هایدروکاربـن که شـامل 60 فیصدکتلوی C_3H_8 و40% C_xH_y اسـت، به مقدار 10گرام آن سـوختانده شده اسـت، در نتیجه 29g CO_2 و 18.8g آب حاصل گردیده است فورمول هایدروکاربن C_xH_y را دریافت نمائید.

14- Li_2CO_3 فورمـول تجربی لیتیم کاربونیت اسـت هر واحد فورمول مرکب مذکور دارای کدام تعداد اتوم‌های عناصر متشکله است؟

15 - نمونـهٔ از گاز نایتروجـن دارای $4.6\cdot10^{22}$ اتـوم نایتروجن اسـت، چنـد مول اتوم نایتروجن دراین کمیت اتومی موجود است؟

16 - سنگ آهک(کلسیم کاربونیت) را حرارت میدهیم در نتیجه به CaO و CO_2 تبدیل می گردد اگر 40g سـنگ آهک تجزیه گردد ،به مقدار 22.4g CaO حاصل می‌شـود, مقدار CO_2 را دراین تجزیه محاسبه نمایید.

مآخذ

1- Kotz John C., paul Treichel, Jr. Chemistry and Chemical Reactivity(fourth edition). Harourt Barace and Company. U.S.A., 1999.

2- Raymony Chang. Chemistry(seventh edition). 2002.

3- Chemistry News are selected from chemistry in Britian, Nos. May, Jun, August/ 1998.

4- Hotl, Rinehart/Winston Physical Science, a Harcourt education chemistry Company 2005.

5- Hotl, Rinehart/Winston Modern chemistry 2005.

6- Chemistry stouten S.Zumdahl, third edition university of lllinois 1993.

7- Fuddamental of Chemistry, third edition, David E. Goldberg. Brookly College, 1998.

=

8- Kotz John C., paul Treichel, Jr. Chemistry and Chemical Reactivity(fourth edition). Harourt Barace and Company. U.S.A., 1999.

۹ – شیمی (۳) و آزمایشگاه. برهم کنش میان مواد، سال سوم دبیرستان، ۱۳۸۶ کود ۲۵۷,۱

۱۰ – علوم تجربی. سال سوم دورهء راهنمایی، کود ۱۴۳ سال ۱۳۸۶.

۱۱ – شیمی. شیمی برای زنده گی(۱)، کود ۲۰۷,۱ سال ۱۳۸۴ .

۱۲ – کیمیای عمومی. مؤلف : پوهندوی دیپلوم انجنیر عبدالمحمد عزیز، استاد پوهنتون کابل سال: ۱۳۸۷.

۱۳ – مفاهیم اساسی کیمیای معاصر مؤلف E.N Ramsden: مترجم پوهنمل دیپلوم انجنیر عبدالمحمدعزیز کابل ۱۳۸۳.