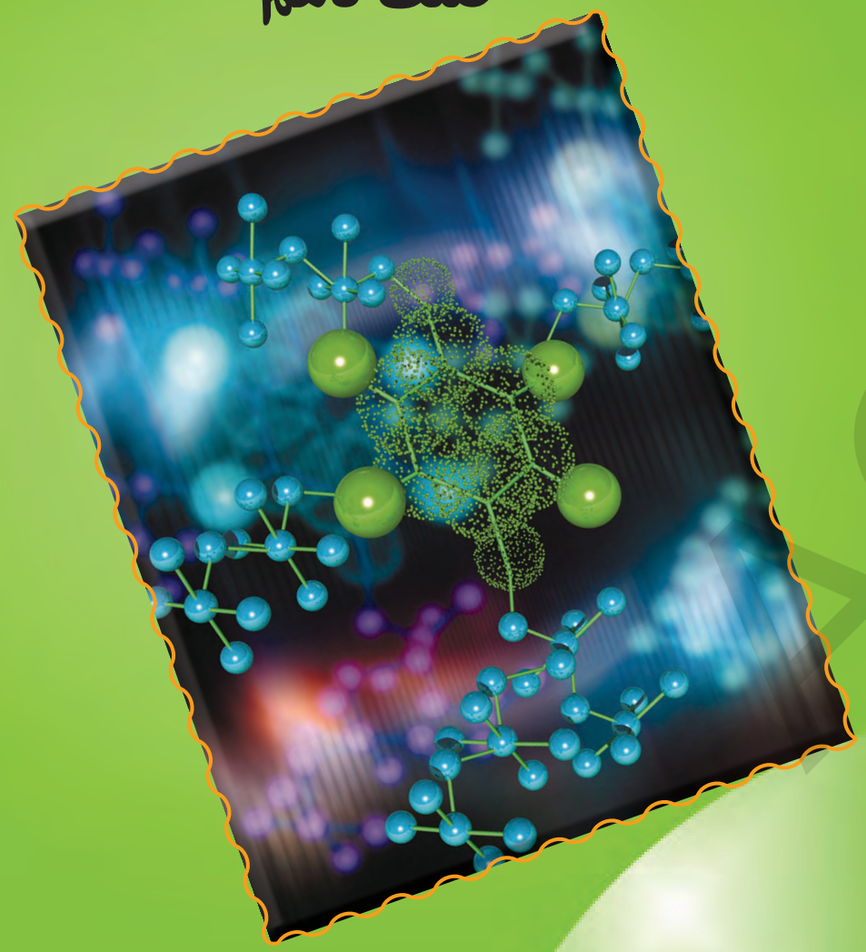
وزارت معارف
معینیت انکشاف نصاب تعلیمی و تربیهٔ معلم
ریاست عمومی انکشاف نصاب تعلیمی
و تألیف کتب درسی

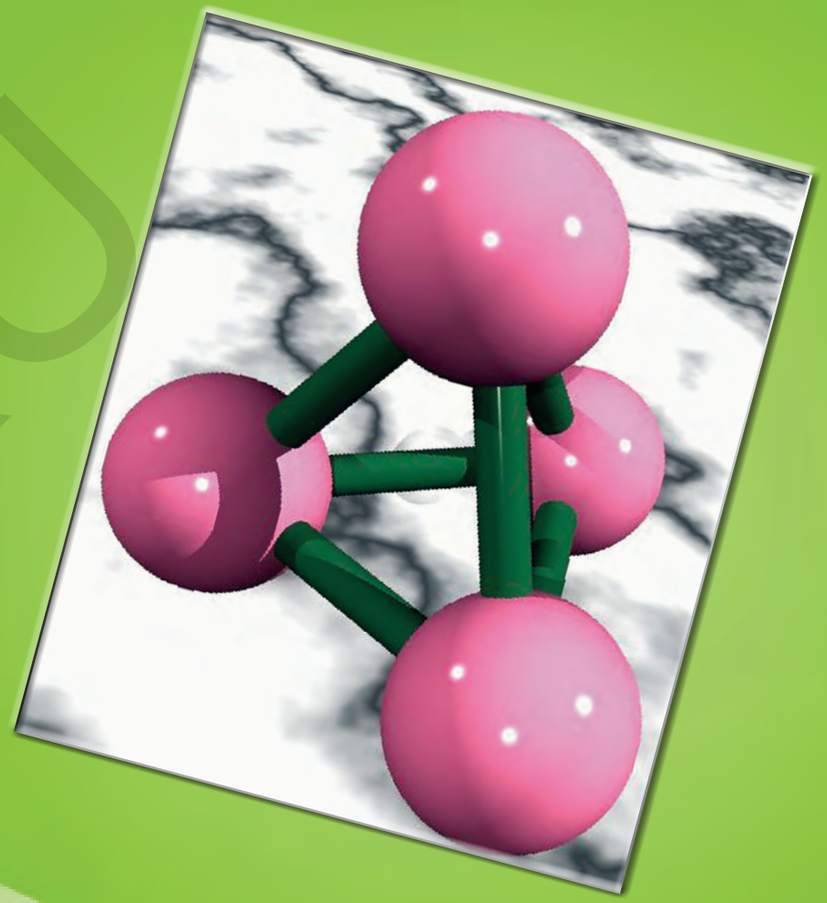
کیمیا

صنف دهم



سال چاپ: ۱۳۹٦ هـ . ش.

کیمیا – صنف دهم



کتاب های درسی متعلق به وزارت معارف بوده خرید و فروش آن جداً ممنوع است. با متخلفین برخورد قانونی صورت می گیرد.
moe.curriculum@gmail.com

سرود ملی

دا وطن افغانستان دی
دا عزت د هر افغان دی
کور د سولې کور د تورې
هر بچی یې قهرمان دی
دا وطن د ټولو کور دی
د بلوڅو د ازبکو
د پښتون او هزاره وو
د ترکمنو د تاجکو
ورسره عرب، گوجر دي
پامیریان، نورستانیان
براهوي دي، قزلباش دي
هم ایماق، هم پشه یان
دا هیواد به تل ځلیږي
لکه لمر پر شنه آسمان
په سینه کې د آسیا به
لکه زړه وي جاویدان
نوم د حق مو دی رهبر
وایو الله اکبر وایو الله اکبر

ACKU

بسم الله الرحمن الرحیم

وزارت معارف

معینیت انکشاف نصاب تعلیمی و تربیهٔ معلم
ریاست عمومی انکشاف نصاب تعلیمی
و تألیف کتب درسی

کیمیا

صنف دهم

ACKU

سال چاپ: ۱۳۹۶ هـ. ش

مؤلفین:

پوهندوی دیپلوم انجینیر عبدالمحمد «عزیز» استاد پوهنتون کابل.

مؤلف عتیق احمد شینواری عضو علمی دیپارتمنت کیمیا

ایدیت علمی:

پوهندوی دیپلوم انجینیر عبدالمحمد «عزیز» استاد پوهنتون کابل.

ایدیت زبان:

مؤلف سید محمود پایمناری

کمیتهٔ دینی، سیاسی و فرهنگی:

حبیب الله راحل مشاور وزارت معارف در ریاست انکشاف نصاب تعلیمی.

مؤلف قاری مایل آقا« متقی» عضوی علمی دیپارتمنت علوم اسلامی

کمیتهٔ نظارت:

دکتور اسد الله محقق معین انکشاف نصاب تعلیمی و تربیهٔ معلم.

دکتور شیر علی ظریفی رئیس پروژهٔ انکشاف نصاب تعلیمی.

سرمؤلف عبدالظاهر گلستانی رئیس عمومی انکشاف نصاب تعلیمی و تألیف کتب درسی

طرح و دیزاین: حمید کریمی

تنظیم امور چاپ: محمد کبیر حقمل رئیس نشرات و اطلاعات وزارت معارف.

ACKU

بسم الله الرحمن الرحیم

پیام وزیر معارف

سپاس بیکران آفریدگاری را که انسان را در احسن تقویم آفرید و او را قدرت بیان بخشید و به زیور علم و اندیشه آراست و درود بی‌پایان بر پیامبر مکرم اسلام حضرت محمد مصطفی- صلی الله علیه وسلم- که معلم بزرگ انسانیت است و پیام آور رحمت و هدایت و روشنایی.

تعلیم و تربیت نقطهٔ آغاز هر تحول و سنگ بنای توسعه در هر جامعه است. هدف اصلی تعلیم و تربیت به فعلیت رساندن نیروهای بالقوهٔ انسان و شگوفا کردن استعدادهای درونی وی است.

کتاب درسی یکی از ارکان مهم در فرایند تعلیم و تربیت محسوب می‌شود که همگام با تحولات و پیشرفت‌های علمی نوین و مطابق با نیازمندی‌های جامعه تهیه و تألیف می گردد و باید دارای ظرفیت و ظرافتی باشد که بتواند آموزه‌های دینی و اخلاقی را توأم با فرآورده‌های علوم جدید با میتودهای نوین به شاگردان منتقل کند.

کتابی که اکنون در اختیار شما قرار دارد، بر اساس همین ویژه گی‌ها تهیه و تألیف شده است. سعی وزارت معارف همواره براین بوده که نصاب تعلیمی و کتب درسی معارف کشور، متکی بر مبانی تعلیم و تربیت اسلامی و حفظ هویت ملی، مطابق با معیارهای علمی و روش‌های تربیتی نوین بوده، استعدادهای دانش آموزان را در همه زمینه‌های اخلاقی و علمی شگوفا گرداند و قدرت تفکر، ابتکار و حس جستجو گری را در آن‌ها تقویت بخشد. ترویج فرهنگ گفتگو و رواداری، تقویت حس وطن‌دوستی، مهربانی، گذشت و همبسته گی از خواست‌های دیگر وزارت معارف است که باید در کتب‌درسی متبلور باشد.

کتاب‌های درسی بدون داشتن معلم خوب و مسلکی نمی‌تواند اهداف مورد نظر را بر آورده سازد. معلم یکی از ارکان مهم تعلیم و تربیت و مجری برنامه‌های آموزشی و تربیتی است. از معلمان و آموزگاران خوب، متعهد و دلسوز کشورم که ستیزه با سیاهی و نادانی را پیشهٔ خود ساخته اند، صمیمانه آرزومندم که با تطبیق دقیق و مخلصانهٔ نصاب تعلیمی، کودکان و جوانان میهن را بسوی فتح قله‌های رفیع دانش، اخلاق و معنویت رهنمون گردند.

کامیابی نظام آموزشی کشور بدون همکاری جدی مردم غیر ممکن است. ازین رو از همه اقشار و افراد ملت شریف افغانستان، بخصوص از خانواده‌ها و اولیای محترم شاگردان خواهشمندم که از هیچگونه همکاری در جهت تحقق اهداف معارف دریغ نورزند. همچنان از همه نویسنده‌گان، دانشمندان، متخصصان تعلیم و تربیت و اولیای محترم شاگردان تقاضا می‌شود که با ارائهٔ نظریات و پیشنهادات سالم و نقدهای سازندهٔ خود وزارت معارف را در بهبود هر چه بیشتر کتاب‌های‌درسی همکاری نمایند.

لازم می‌دانم از تمام مؤلفان دانشمند و کارمندان اداری و فنی وزارت معارف که در تهیه، تألیف، طبع و توزیع این کتاب زحمت کشیده اند و از همه نهادهای ملی و بین‌المللی که در زمینهٔ چاپ و توزیع کتب درسی همکاری نموده اند، قدردانی و تشکر نمایم.

در اخیر از خداوند منان استدعا دارم که به لطف بی‌پایان خود، ما را در تحقق آرمان‌های مقدس معارف یاری رساند. إنه سمیع قریب مجیب.

دکتور اسدالله حنیف بلخی

وزیر معارف

ACKU

فهرست عناوین

عنوان **صفحه**

فصل اول

تیوری انکشاف اتومی ۲
۱ –۱: تاریخچهٔ انکشاف تیوری اتومی..... ۳
۱ – ۲ : ساختمان اتوم..... ۴
۱ – ۳ : طیف اتومی ۹
۱– ۴ : تیوری اتومی بور ۱۲
۱ –۵ : تیوری معاصر اتومی..... ۱۸
۱–۶ : ساختمان الکترونی اتوم های چندین الکترونی ۲۵
خلاصه فصل اول ۲۹
تمرین ۳۱

فصـــــــــل دوم

ترتیب الکترونی و خواص دوره یی عناصر..... ۳۴
۲ – ۱ : تاریخچهٔ ساختمان سیستم پریودیک ۳۵
۲ – ۲ : ساختمان الکترونی عناصر..... ۴۰
۲ – ۳: خواص عناصر و تغییر متناوب آن در جدول دوره یی عناصر ۴۳
۲ – ۳ : خواص عناصرانتقالی (d-Elements) ۵۲
خلاصهٔ فصل..... ۵۶
تمرین فصل ۵۷

فصل سوم

روابط کیمیاوی (Chemical Bonds)..... ۶۰
۳ – ۱ : مشخصات روابط کیمیاوی وسمبول های لیویس..... ۶۱
۳–۲ : قانون اوکتیت وساختمان لیویس..... ۶۲
۳–۳: انواع روابط کیمیاوی : ۶۶
۳–۳ –۱: رابطهٔ آیونی : (Electro Volant bond) ۶۶
۳–۳ –۲ : رابطهٔ اشتراکی (Covalent bond)..... ۷۲
خلاصهٔ فصل سوم ۸۶
تمرین فصل سوم ۸۷

فـــصل چهارم

ساختمان مالیکول ها و قطبیت آن ها..... ۹۰
۴ – ۱ : قشر ولانسی اتوم مرکزی مالیکول ها ۹۱
۴ –۲ : مالیکول های خطی (یک جوره الکترون های آزاد)..... ۹۴
۴ –۳ : مالیکول های مسطح (سه جوره الکترونی)..... ۹۵
۴ –۴ : مالیکول های چهار سطحی (چهار جوره الکترون)..... ۹۶

ACKU

فهرست عناوین

عنوان **صفحه**

۴ -۵ : ساختمان مالیکول آب ۱۰۲
ساختمان مالیکول امونیا ۱۰۴
انواع مالیکول ها(قطبی، غیر قطبی، آیونی) ۱۰۵
خلاصهٔ فصل چهارم ۱۰۸
تمرین فصل چهارم ۱۰۹

فصل پنجـــــــم

قوای بین مالیکولی ۱۱۲
۵ -۱ : تفاوت ها بین روابط کیمیاوی وقوهٔ بین مالیکولی ۱۱۳
۵ – ۲ : انواع قوهٔ جذب بین مالیکولی ۱۱۴
۵ – ۳ : تأثیر قوه ها بالای خواص فزیکی مواد ۱۲۵
خلاصهٔ فصل پنجم ۱۳۰
تمرین فصل پنجم ۱۳۱

فـــصـــل ششم

حالات ماده ۱۳۴
۶ – ۱ : جامدات، مایعات وگازات ۱۳۵
۶ -۱ -۱ : بعضی مشاهدات اولیهٔ جامدات : ۱۳۶
۶ – ۱ – ۲ : بلورها(Crystal) ۱۳۶
۶ – ۱ – ۳ : انواع جامدات ۱۴۲
۶- ۱ – ۴ : خواص جامدات ۱۴۶
۶ -۲ : مایعات ۱۴۷
۶ -۲ – ۱ : خواص عمومی مایعات ۱۴۷
۶ -۲ – ۱ -۱ : مقایسه انتشار مایعات با گازات ۱۴۸
۶ -۲ -۱ -۲ : تبخیر و فشار بخار مایعات ۱۴۸
۶ -۲ -۱ -۳ : درجه غلیان مایعات ۱۴۹
۶ -۲ - ۱-۴ : حرارت وتغییرات ماده ۱۵۰
۶ -۲ -۱ – ۵ : انجماد مایعات ۱۵۲
۶- ۳ :گـازات ۱۵۳
۶ – ۳ – ۱ : صفات گازات ۱۵۳
۶ -۳ -۲ : قانون بایل (Boyls Law) ۱۵۴
۶ – ۳ -۳ : قانون چارلس (تاثیر حرارت بالای گازات) ۱۵۶
۶ -۳ – ۴ : اصل ا وگد رو ۱۵۹
۶- ۳ -۵ : قوانین گازات ایدیال ۱۶۰
۶ -۳ – ۶ : محاسبه حجم مولی یک گازآیدیال درشرایط STP ۱۶۳
خلاصهٔ فصل ششم ۱۷۶

ACKU

فهرست عناوین

عنوان **صفحه**

سؤالهای فصل ششم ۱۷۷

فصل هفتم

تعاملات کیمیاوی ۱۸۰
۷ –۱ : مفهوم معادلهٔ کیمیاوی ۱۸۱
۷ –۲ : انواع تعاملات کیمیاوی ۱۸۴
خلاصهٔ فصل هفتم ۲۰۲
تمرین فصل هفتم ۲۰۳

فصل هشتم

تعاملات اکسیدیشن – ریدکشن ۲۰۶
۸ –۱ : تعریف اکسیدیشن وریدکشن ۲۰۷
۸ – ۲ : نمبر اکسیدیشن عناصر ۲۰۷
۸ –۳ :انواع تعاملات اکسیدیشن– ریدکشن ۲۱۱
۸ – ۴ : میتود ترتیب بیلانس تعاملات Oxidation – Reduction ۲۱۲
۸ –۵ : تعاملات Redox درمحیط های مختلف ۲۱۵
۸– ۶ : ترتیب بیلانس تعاملات کیمیاوی اکسیدیشن – ریدکشن به اشتراک پراکسایدها ۲۲۱
۸– ۷ : حالت های خاص ترتیب و توازن تعاملات ریدوکس ۲۲۳
خلاصه فصل هشتم ۲۲۶
سؤالهای فصل هشتم ۲۲۶

فصل نهم

قوانین و محاسبات در کیمیا ۲۲۸
۹ –۱ : پایه های مسایل علمی ۲۲۹
۹ – ۲ : قانون بقای ماده و یا تحفظ کتله ۲۳۱
۹–۳ : قانون نسبت ها ثابت(Proust–1807) : ۲۳۳
۹– ۴ : قانون نسبت های متعدد یا قانون دالتن(Dalton) ۲۳۳
۹– ۶ : قانون نسبت ها حجمی ۲۳۸
۹ –۷ : قانون اوگدرو ۲۳۹
۹ –۸ : کتله اتومی نسبتی ۲۴۱
۹ –۹ :کتلهٔ مالیکولی نسبتی ۲۴۳
۹ –۱۰ : مول (اتوم– گرام و مالیکول– گرام) ۲۴۴
۹ – ۱۱ : دریافت فیصدی عناصر متشکلهٔ مالیکول های مرکبات ۲۴۶
۹ – ۱۲ : فورمول تجربی و فورمول مالیکولی ۲۴۷
خلاصهٔ فصل نهم : ۲۵۰
تمرین فصل نهم ۲۵۱

ACKU

مقدمه

کیمیا علمی است که از ساختمان ، خواص، تغییرات و تبدلات کیفی ماده بحث می کند، این علم بخشی از علوم طبیعی بوده که به اساس تجارب وتحقیقات قرون متمادی انسان‌ها به میان آمده است. کیمیا دارای رشته های زیاد بوده که از جمله یکی هم کیمیای عمومی میباشد. کیمیای صنف دهم فشردهٔ قسمتی از کیمیای عمومی است که به طور عمده فصول و عناوین ذیل دراین کتاب کیمیا مطالعه و مورد بحث قرار گرفته است:

در فصل اول تیوری انکشاف اتومی، تاریخچهٔ انکشاف تیوری اتومی، ساختمان اتوم، طیف اتومی، میخانیک کوانتمی وتیوری معاصر اتومی توضیح گردیده است . درفصل دوم درمورد تاریخچهٔ ساختمان سیستم پریودیک، ساختمان الکترونی عناصر، خواص عناصر و تغییر متناوب آن در جدول دوره یی عناصر و خواص عناصرانتقالی بحث به عمل آمده است. در فصل سوم روابط کیمیاوی (Chemical Bonds) با تمام مشخصات وانواع آن، وسمبول های لیویس، قانون اوکتیت و ساختمان لیویس توضیح گردیده است.

در فصل چهارم راجع به ساختمان مالیکول‌ها و قطبیت آن‌ها معلومات ارائه گردیده است.

در فصل پنجم قوای بین مالیکولی و انواع قوه‌ها تشریح گردیده است که قوهٔ عمل متقابل دایپول – دای پولی، قوه‌های واندر – والس (Vander – Walls Forces) و لندون، رابطهٔ هایدروجنی و تأثیر قوه‌ها بالای خواص فزیکی مواد توضیح شده است.

در فصل ششم حالات ماده (جامدات، مایعات و گازات) و قوانین گازات تحت بحث قرار گرفته و در فصل هفتم تعاملات کیمیاوی ارائه شده است، در مورد مفهوم معادلهٔ کیمیاوی، انواع تعاملات کیمیاوی توضیحات داده شد است. فصل هشتم تعاملات اکسیدیشن – ریدکشن را با ارائهٔ مطالب تعریف اکسیدیشن و ریدکشن، نمبر اکسیدیشن عناصر، انواع تعاملات اکسیدیشن- ریدکشن و میتود ترتیب بیلانس تعاملات Oxidation – Reduction توضیح می‌نمایید.

فصل نهم قوانین و محاسبات در کیمیا را ارائه داشته و قوانین عمدهٔ کیمیا را توضیح می‌نماید.

در پایان هر فصل خلاصهٔ هر فصل و سؤالات ناحل شده غرض مشق و تمرین شاگردان ارائه شده تا با حل آن شاگردان بیشتر و بهتر بیاموزند . در این کتاب کوشش شده است تا شاگردان در مطالب دخیل و در آموزش شان سهولت‌ها ایجاد گردد.

ACKU

فصل اول

تیوری انکشاف اتومی

اتـوم چیسـت ؟کدام علمای سـاینس درمورد سـاختمان اتـوم تحقیق نموده و چـگونه گی اتوم‌ها، فعل وانفعال وسـاختمان اتوم‌ها را توضح نموده اند ؟ اتوم‌ها از کدام ذرات اساسی تشکیل گردیده اند؟ وضعیت وحرکت الکترون‌ها به دور هستهٔ اتوم به کدام شکل است ؟ مشخصات الکترونها رابه 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

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

نظریهٔ دموکراتس در آن زمان مورد قبول علمای دیگر قرار نه گرفت، بالاخره در قرن 18 کیمیادان‌ها دوباره تیوری اتومی را مورد توجه قرار دادند. علما در مورد توضیح نسبت کتلوی مواد تعامل کننده با همدیگر در تحقیقات تجربی خویش از تیوری اتومی استفاده به عمل آوردند و طبق این تیوری هر یک از عناصر کیمیاوی کتله اتومی معین را دارا می‌باشند.

در سال 1803 م کیمیادان انگلیسی به نام دا لتن (Dalton) تیوری اتومی را بنیان گذاری کرد، طبق این تیوری تمامی مواد از ذرات بسیار کوچک به نام اتوم‌ها ساخته شده است، این اتوم‌ها نمی‌توانند خلق شوند 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 ملحق 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 نسبتی اتوم‌های متشکله آن‌ها یک سان 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.

بالاخره کیمیادان‌ها الی قرن 19 تیوری اتومی دالتن را تحلیل نموده اند، باوجودیکه بعضی از نکات تیوری اتومی دالتن؛ به طور مثال : غیر قابل تقسیم بودن اتوم و یک سان بودن اتوم‌های عین عنصر غیر مدلل ثابت گردید و امروز مورد تایید علما قرار نه گرفته است؛ اما با آن هم تیوری اتومی دالتن در علم کیمیا مفید بوده و یک گام مثبت در عرصه کیمیا می‌باشد.

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

1- اتوم کلمه یونانی بوده، که از tom (قابل تقسیم) و A (نفی) گرفته شده 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 می‌شود.
3 - اتوم‌های عناصر کیمیاوی دایماً در حال حرکت بوده، با ازدیاد حرارت سرعت حرکت آن‌ها زیاد می گردد 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

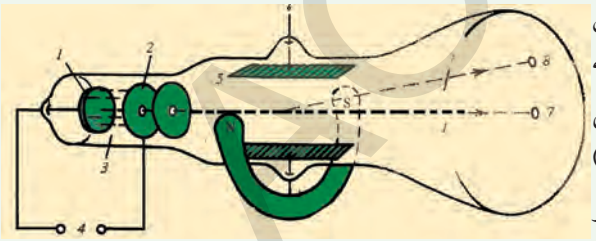
تحقیقاتی که در قرن 20 به اساس تشعشعات رونتگین صورت گرفت، دریافت گردید که قطر اتوم به صورت تقریبی $2\cdot10^{-10}m$ یا $(0.2nm)$ است.
کتله اتوم‌ها بین $10^{-22}-10^{-24}g$ و یا $10^{-25}-10^{-27}kg$ قرار دارد . چون این کمیت کتلوی فوق العاده کوچک بوده، از این سبب کتلهٔ اتومی نسبتی را برای اتوم‌ها تعیین نموده اند که به اساس قیمت $(amu = 1.661\cdot10^{-27}kg)$ 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. درشکل(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:

1 - کتود (منبع الکترون‌ها)، 2 - انود، 3 – تشعشعات کتود، 4 – منبع برق (ولتاژ بلند)، 5 – منبع ساحه برقی که سمت تشعشعات را تغییر می‌دهد؛ یعنی شدت ساحهٔ برقی است که تشعشع دوباره به کتود(۱) بازگشت می‌نماید، 6 – مقناطیسی را نشان می‌دهد که تشعشعات کتود را منحرف می‌سازند، 7 – لکه‌های روشنی که در پرده به ملاحظه می‌رسد و جریان حرکت تشعشعات کتود را میسر می‌سازد.

تامســن درتحقیقات خویش نسبت $(\frac{e}{m})$ را محاسبه نمود که کمیت $1.76\cdot10^{11}\frac{Cb}{kg}$ را به دست آورد .در این جا (Cb) کولمب بوده که واحد بین المللی مقدار چارج است.
تامســن همچنان دریافت نمود که استعمال گاز در دســتگاه 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) مســمی ساخت. این نام از کلمه الکتریک گرفته شده و به ذراتی گفته می‌شود که در نتیجهٔ حرکت آن‌ها جریان برق به وجود می‌آید.

فعالیت

1 - اشــعه که از کتود در تیوب تخلیهٔ تجزیهٔ تامســن خارج می‌گردد، به کدام ســمت منحرف می‌گردد؟
2 - اشعهٔ کتود دارای کدام چارج است؟
3 - چرا ذرات چارج دار کشف شده در تیوب تخلیهٔ تجزیه تامسن «تکمیل بعدی دستگاه تامسن» برای محاسبه موجب آن گردید تا سپکترومتر کتلوی (Mass Spectrometer) به میان آید که به واسطهٔ این آیون‌ها متناسب به $(\frac{e}{m})$ آن‌ها از هم جدا گردند؟

نکتهٔ مهم

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

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

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

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

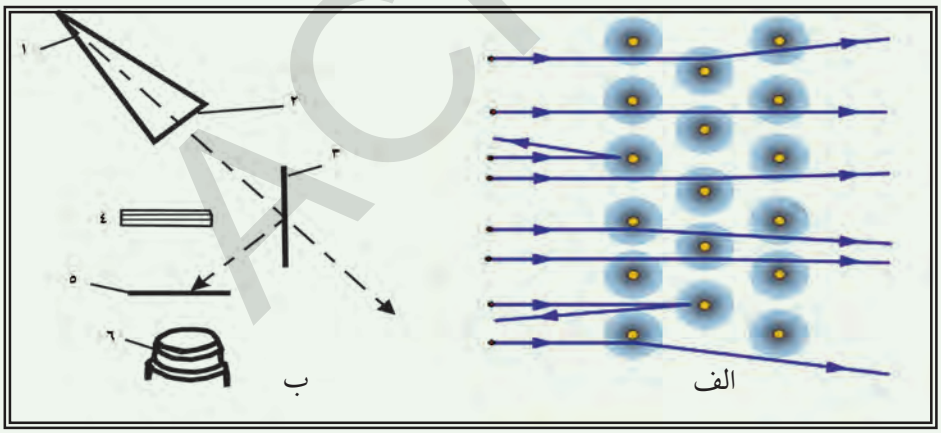
ACKU

پــس کتلهٔ یک الکترون مســاوی بــه $9.11\cdot10^{-31}kg$ یا $\frac{1}{1840}$ ام حصه کتلــهٔ یک اتوم هایدروجن (پروتون) است.

در ســال 1898 تامســن در نتیجه تحقیقات ابراز نظر نمود: اتوم‌ها متشــکل 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 هسته‌ها ی 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 باز گشت و یا منتشر می گردند.(شکل ذیل را ملاحظه نمایید)



شکل(1-3) الف: انتشارات ذرات α توسط هسته اتوم از فلزات، ب : دستگاه گایگر، مرسدین

توضیح شکل الف: ۱-اتوم، 2 – هسته اتوم ، 3 -ذرات تصادم کنندهٔ α، 4 – انتشار ذرات α

توضیح شــکل ب : 1 – مرکباتی دارا ی منبــع ذرات α، 2 – صندوقچه تالک که ذرات α از آن عبــور می‌نمایید، -3 ورقه نازک طلایی، 4 – پرده ســربی بوده که Detector (کشف کننده ذرات α) را از سقوط مستقیم ذرات α حفاظت می‌نمایید، 5 – Detector از ZnS بوده که ذرات α به آن تصادم نموده و شــعله ور می گردند، 6 - مایکروسکوپی است که شعله را نشان می‌دهد.

ACKU

رادرفورد در این مورد ابراز نظر نموده اند«... تقریباً غیر قابل باور است که اگر ما مرمی را از فاصله 4,5m به ورق کاغذ قطی سگرت فیر نماییم و این مرمی بعد از تصادم دوباره بازگشت نموده و به شما برخورد نماید.» رادرفورد دریافت کرد که کتله و چارج مثبت حتماً در یک قسمت کوچک حجم اتوم متراکم گردیده و به نام هسته یاد می‌شود. ذرات α زمانی بعد از تصادم دوباره بازگشت می‌نمایند که با هسته 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 صورتی که هستهٔ اتوم به اندازه (۰) باشد، اتوم دارای حجم مساوی به حجم یک اطاق درسی خواهد بود . اتومی که قطر آن $10^{-8}m$ باشد، هسته آن قطر $10^{-15}m$ خواهد داشت.

رادرفورد در سال 1911 مودلی را پیشنهاد نمود که سیستم نظام شمس را خاطر نشان می‌سازد ؛ طوری که هسته مانند آفتاب در مرکز قرار داشته و الکترون‌ها مانند سیاره ها به دور هسته در مدارهای معین در حال حرکت است.

فکر کنید

1 - برای تشعشعات تصادم کننده بالای ورقهٔ نازک طلا چی اتفاقی افتید ؟
2 – چرا بعضی از ذرات بازگشت نموده اند ؟
3 – چرا بعضی از ذرات الفا منحرف شده اند ؟

نمبر اتومی

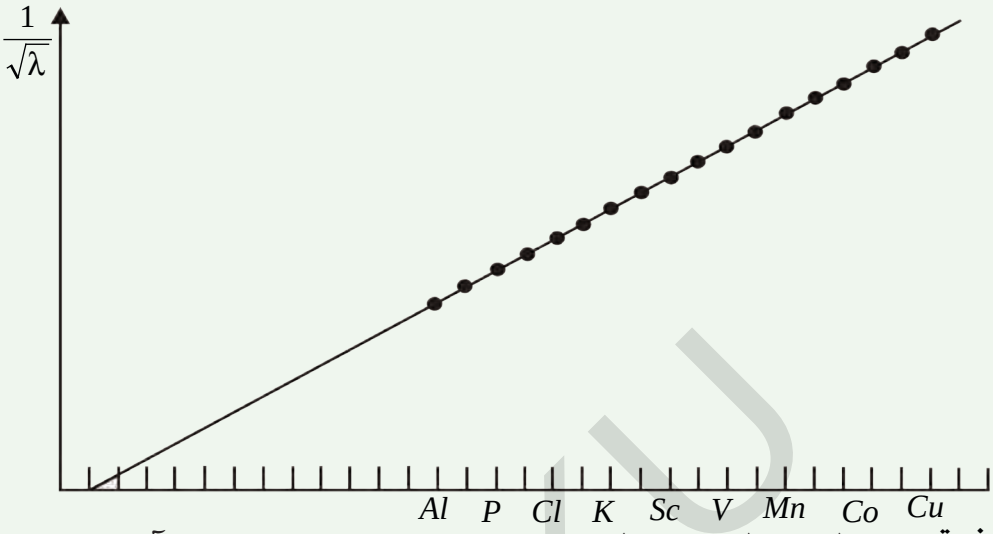
در سال 1913 فزیک دان انگلیسی به نام موزلی (G. Moseley) اشعه رونتگین را که از فلزات مختلف در تیوب کتودی منتشر می گردد، مطالعه نمود، موصوف گراف وابستگی کمیت معکوس جذر مربع طول موج اشعه رونتگین $\frac{1}{\sqrt{\lambda}}$ را با نمبر ترتیبی عناصر در سیستم پریودیک ترسیم کرد . شکل ذیل را ملاحظه نمایید . گراف مذکور نشان می‌دهد که نمبر اتومی عناصر کدام یکی از مشخصات مهم عناصر را منعکس می‌سازد.

موزلی ابراز نظر نمود که این خاصیت را چارج هستهٔ اتوم از خود نشان 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 سیستم 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

ACKU

سـمبول (z) افاده نمود. بالاخره دانسته شد که نمبر ترتیبی عناصر با تعداد پروتون‌های آن عنصر در اتوم آن مطابقت دارد.



نیوترون: مطابق به اظهارات موزلی نمبر اتمی عناصر مساوی به چارج هسته آن بوده و تعداد پروتون‌ها را در هسـته نشـان می‌دهد. « پروتون کلمه لاتین بوده و به معنی اولی و یا سابقه ترین از همه می‌باشد»

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

کتله اتومی نسبت به کتله مجموعی پروتون‌های هستهٔ اتوم‌ها 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 اسـت 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 هسـته یی نیوترون را کشـف کرد، موصوف هسته بیریلم را توسط ذرهٔ α بمباردمـان کـرد، در نتیـــجه نیوترون را به دسـت آورد . معادلهٔ تعامل آن قرار ذیل است:

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

در این معادله سـمبول نیوترون، $^{9}_{4}Be$, $^{4}_{2}He$ و $^{12}_{6}C$ نوکلوییدهای 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 می گردد.

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

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 هسته اتوم را نشان می‌دهند. نوکلیویدهای عناصر را طوری نشان می‌دهند که نوکلیون را در قسمت بالای طرف چپ سمبول و نمبر اتومی (تعداد پروتون‌ها) را طرف چپ سمبول در قسمت پایانی آن تحریر می‌نمایند؛ به طور مثال:

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

ایزوتوپ‌ها (Isotops): عبارت از نوکلیویدهای عین عنصر بوده که عین تعداد پروتون‌ها را دارا اند؛ اما تعداد نوکلیون‌های آن‌ها از هم فرق دارند، یعنی این نوکلیویدها دارای تعداد نیوترونهای مختلف می‌باشند. چون خواص کیمیاوی عناصر مربوط به چارج مثبت هستهٔ اتوم عناصر و ساختمان الکترونی آن‌ها است؛ بنابراین خواص کیمیاوی ایزوتوپهای عناصر یکسان 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 بترتیب 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 ؟

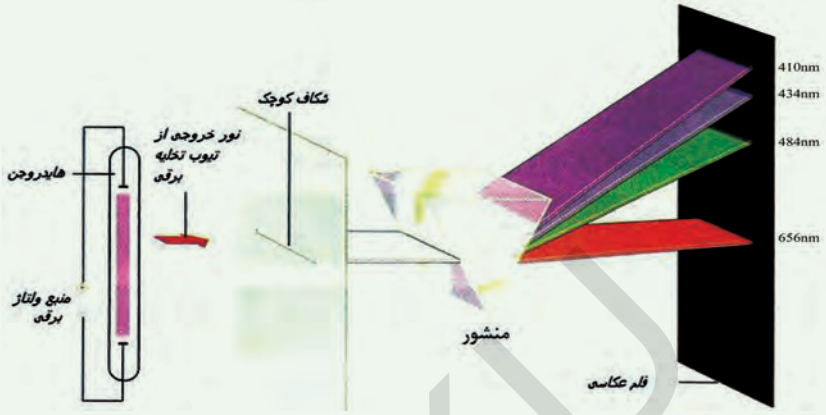
ب – این نوکلیونها نسبت با هم دیگر به چی نام یاد می‌شوند ؟

1 – 3 : طیف اتومی

پیدایش و ایجاد خصوصیات سپکتر اتومی سؤالاتی را حل کرد که به کمک مودل اتومی رادرفورد حل آن امکان پذیر نبود.

ACKU

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 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

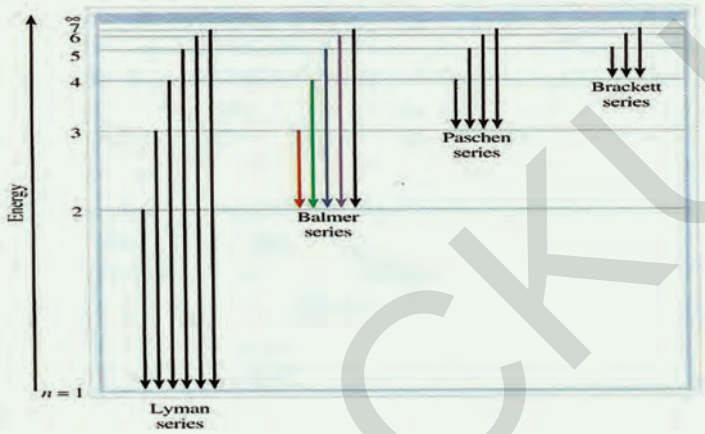
اگـر منبـع نور از تیوب تخلیهٔ ناشـی گردد که دارای چندین عنصر گازی بوده باشـد، در این صورت سـپکتری را تشـکیل می‌دهـد که از خطوط رنگه مختلف مجزا تشـکیل گردیده اسـت. این نوع سـپکترها به نام سـپکتر اتومی خروجی(Emission) یا سپکتر خطی یاد می گردند، (شکل 1 - 6) اگر مواد کیمیاوی توسط کدام وسیله تحریک گردد، سـپکتر خطی آن‌ها در منشـور ملاحظه می‌شـود ؛ به طور مثال: به کمـک جریان برق از تیوب‌های تخلیه و یا حرارت توسط شعلهٔ می‌توان مواد را تحریک کرد. سپکترهای اتومی خطی در سـاحه قابـل دید و ما ورای بنفش سـپکتر به ملاحظه می‌رسـد. در صورتی که بالای شـعله چراغ فلز سـودیم و یا مرکبات آن علاوه گردد، دراین صورت نور با خطوط موجی 590nm تشعشـع نموده و شعله آن زرد رنگ می‌باشـد. اگر در تیوب تخلیه گاز هایدروجن انداخته شود و توسـط ولتاژ برقی تحریک گردد، در این صورت رنگ سرخ مایل به گلابی را در آن ملاحظه خواهیم کرد. سـپکتر جذبی را توسـط عبور نور سفید از مواد به دست می‌آورند که شامل تمام طول موج در ساحه قابل دید می‌باشد. نوری دارای طول موج معین توسـط مواد جذب شده و در این سـاحه خطوط سیاه ظاهر می گردد. به خاطر مطالعه و سـپکتر جذبی و خروجی، آله به نام سـپکترو متر (Spectro meter) به کار برده می‌شود.

مشـاهدات و تحقیقاتی توسـط سـپکترومتر نشان می‌دهد که سـپکتر Emission هایدروجن از چندین گروپ خطوط مسلسل تشکیل می گردد، این سلسله از خطوط به نام

کاشــفین شان مسمی می‌باشد؛ به طورمثال :سلسله بالمیر (Balmer ceriss) توسط عالمی به نام Balmer کشف گردید که در ساحه قابل دید سپکتر به ملاحظه می‌رسد. در هر یک از سلســله‌ها در نتیجه حرکت به سمت فریکونســی بلند سپکتر ساحهٔ خطوط مجاور مواد به صورت کل تقلیل یافته و بالاخره با هم وصل گردیده و ســپکتر مسلسل (Cantinum) را تولید می‌نمایید. فریکونســی سپکتر خطی توســط معادلهٔ عالمی به نام Redberg توضیح می گردد.

$$\gamma = CR_H\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$$

در معادلهٔ فوق γفریکونسی C سرعت نور، $2{,}18 \cdot 10^{-18}\ joul$ R_H ثابت ریدبرگ، n_1و n_2اعداد تام کوانتی را افاده می کند.

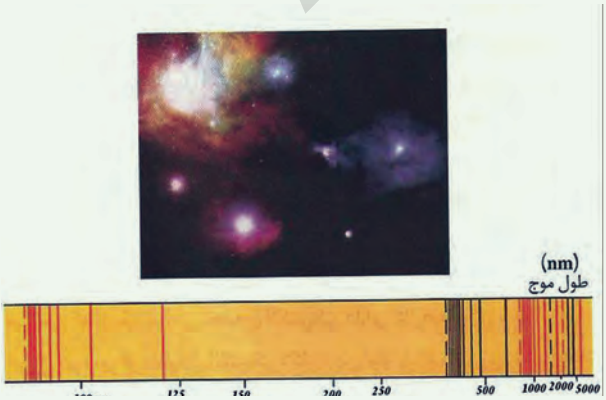


شکل(6-1) الف - سپکتر اتوم هایدروجن ب- سلسله بالمر در سپکتر اتومی هایدروجن

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

سلسله برکیت توسط سلسله پفوند و پوشن پوشانده شده است. معادلهٔ فوق رابطه بین طول موج و فریکونسی را توضیح می‌نماید.

در نتیجهٔ بمباردمان مالیکول‌های گاز هایدروجن توسط الکترون‌های خارج شده از کتود به اتوم‌های مربوط مبدل شده، بعضی از این اتوم‌ها انرژی را جذب و حالت تحریک را به خود اختیار نموده و به سویه‌های انرژیکی بلند منتقل می گردد .



شکل (1 – 7) سپکتر اتوم هایدروجن

ACKU

توجه نمایید

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

2 - اگر الکترون از اقشـــار $(n = 3,4,5,6)$ به قشـــر دوم منتقل گردد. انرژی نوری آن ضعیف بوده و خواص نور مرئی را دارا اســـت که این دسته اشـــعه را به نام Balmyr یاد می‌نمایند طول موج اشعه مذکور بین $410 - 6563°A$ است.

3 - اگر الکترون از سویه‌های انرژیکی بلند (n=4,5,6) به ســـــویه 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 $12820 - 17850\ A^o$ قرار دارد.

4 - بالاخره اگر انتقال الکترون از ســـویه بلند تراز n = 4 به ســـویه‌های 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 Pfund یاد می‌نمایند. مشخصات سلسله‌های مذکور در شکل (1 - 6) ملاحظه می گردد.

۱–۴ : تیوری اتومی بور

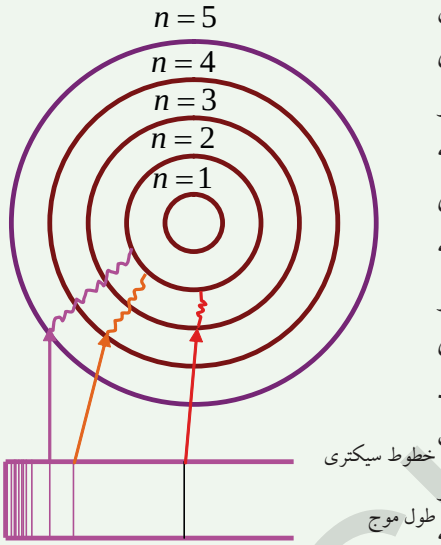
تحقیقات بور در مورد ســـاختمان اتوم که با تیوری کوانتمی پلانک اســـتوار است، در ابتدا به موفقیت‌های زیاد نایل گردید ؛ اما بعد از دوازده سال غیر مدلل ثابت گردید؛ لاکن موزلی (1915 - 1889) در تحقیقات خویش از فرضیهٔ بور در ساختمان اتوم استفاده به عمل آورد. نظر یه بور در انتشار سپکتر اتوم کمک نمود.

مطابـــق به تیـــوری پلانک انرژی کوانتایزیشـــن (Cuentization) می گردد. برای توضیح مشخصات خطی سپکترها عالم دنمارکی به نام بور Boher در سال 1913 مودل اتومی را پیشـــنهاد کرد، این مودل بـــور به فرضیهٔ کوانتی پلانک متکـــی بود، طبق تیوری پلانک: انرژی ممکنه که جذب و یا تشعشع می گردد، از قطعات معین متشکل است که به نام انرژی کوانتم (Cauantum) یاد می‌شود .

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

الکترون‌هــای که دراقشــار دور تر از هســته حرکت می‌نمایند، انرژی بیشــتر را نســبت به الکترون‌های متحرک به نزدیک هســته دارا اند، چون انرژی الکترون کوانتمی است، از این سبب شعاع اوربیت آن نیز کوانتمی می‌باشد. شعاع اوربیت‌ها می‌توانند، تنها قیمت‌های معین را دارا باشد.

موقعی که الکترونها در اوربیت مشــخص به دور هسته اتوم متحرک بوده باشد، نه انرژی کوانتمــی را جذب و نــه آزاد می‌ســازد. در صورتی که الکترون از قشر نزدیک به هسته به قشر دور تر از هسته منتقل گردد، کوانت انرژی را جــذب می‌نماید و بر عکس در صورتی که مقدار معین انرژی را آزاد نموده باشد، به قشر نزدیک هســته منتقل می گــردد؛ اما به زودی کوانت انرژی جذب شــده را آزاد و یا آزاد شــده را دوبــاره جذب می‌نمایــد، از جذب فوتون‌هــای نوری به قدر کافــی و اضافه تر از آن در ســپکتر جذبی خطوط سیاه به ملاحظه می‌رسد:



شکل (1 – 8) مودل اتومی بور .

طبــق تیوری کوانتم انرژی فوتون عبارت از کوانت نور با فریکونسی r بوده و مساوی به hv می‌باشد، یعنی : $E = h\nu$

در معــادل فــوق h ثابــت پلانــک بــوده که مســاوی به $h = 6.63 \cdot 10^{-34}$ joul·sec اســت. اگــر الکتــرون از اوربیت دارای انــرژی E_1 به اوربیــت دارای انــرژی E_2 منتقل گــردد، مقدار انــرژی را جذب و یا آزاد می‌ســازد. مقدار انرژی مذکور عبارت اســت از:

$$E_2 - E_1 = h\nu \qquad E_1 - E_2 = h\nu$$

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

$$mvr = \frac{nh}{2\pi} \text{----------} 1$$

ACKU

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

قوهٔ فرار از مرکز $F = \frac{mv^2}{r}$ ----------2

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

چون طرف چپ معادلهٔ 2 و3 باهم مسـاوی است، پس طرف راست آن‌ها نیزباهم مساوی می‌باشد.

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

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

در معادلهٔ 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:

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

$$rmv^2 = .k\, ze^2$$

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

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

$$vnh = kze^2.2\pi \quad , \quad V = \frac{kze^2 2\pi}{nh} \text{---------} 6$$

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

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

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

فعالیت

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

این عبارت درســت اســت ویا غلط؟ در مورد فکر نموده و کمیت‌های فوق را به اساس محاسبه دریافت نماید .

اگر انرژی حرکی و پوتنشــیال الکترون‌هــا، 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 می‌آید :

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

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

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. بناً قیمت k قرار ذیل محاسبه می گردد:

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

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

اگــر اطــراف معادلــه 4 را ضــرب در $\frac{1}{2}r$ نمایــم، در این صــورت حاصل می‌شــود که:

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{kze^2}{r^2} \quad \text{معادل}(4)$$

یا

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$E=\frac{-(-k^2z^2e^4.2\pi^2)}{n^2h^2}----------11$$

در این جا n=1,2,3 است.

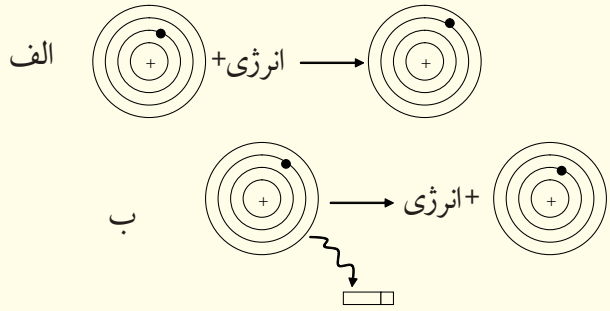
به توضیحات زیر توجه کنید

بـه اسـاس قاعدهٔ اول بور می‌توان سـرعت حرکی الکتـرون را توضیح نمود و به اسـاس قاعده دوم می‌توان توضیح کرد که الکترون در یک قشر بدون اینکه انرژی را جذب و آزاد سازد. در حال حرکت موجی بوده و اگر به الکترون انرژی داده شود از قشـر نزدیک به هسـته 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 می‌نمایید والکترون‌ها به مدارهای دایره وی به دور هسته در حال حرکت می‌باشند.

ACKU

فعالیت

به شــکل ذیل دقت نموده و درجملات بعد از شــکل در زیر کلمات نامناسب خط بکشید تا جملات درست گردد.



شکل (1-9) اتوم‌ها باگرفتن ویا باختن الکترون ها

در شکل الف الکترون بــا (گرفتــن انرژی / از دســت دادن انــرژی) ســویهٔ انــرژی (بلنــد / پایین) منتقــل 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 ســال 1916 انکشــاف داد. موصوف ابراز نظر نمود: هر یک از نمبرهای کوانتم انرژی اوربیت‌های کروی را معین ســاخته و هم بعضی از اقشــار بیضوی را نیز می‌توان به اساس همین نمبرهای کوانتم اصلی مسمی ســاخت 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 تغییر انرژی زمانی که یک الکترون ازسویهٔ انرژیکی اول به دوم انتقال مینمایید، چقدر است؟

ب – کمیــت تغییــرات انرژی موقعی که یک الکترون از ســویهٔ دوم به ســویهٔ اول سقوط می‌نمایید، چقدر خواهد بود ؟

ایــن تیوری‌هــا راجع به ســاختمان الکترونی اتــوم معلومات لازمــه را ارائه کرده نمی‌توانست، از این سبب تیوری‌های دیگر به وجود آمد که ذیلاً مطالعه می گردد.

ACKU

1 - 5 :تیوری معاصر اتومی (میخانیک کوانتمی)

ممکـن حیرت انگیز باشـد اینکـه: (نظر یه بور باوجود موفقیت‌هـای خویش بعد از زمان ده سـال انتشار آن رد گردید) گرچه نظر بور توانست سپکتر اتوم‌های یک الکترونی را توضیح نمایند؛ اما به توضیح سـپکتر اتوم‌های چندین الکترونی قادر نبود . در سال‌های 1920-1930 در فزیک نظری دو سؤال 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.

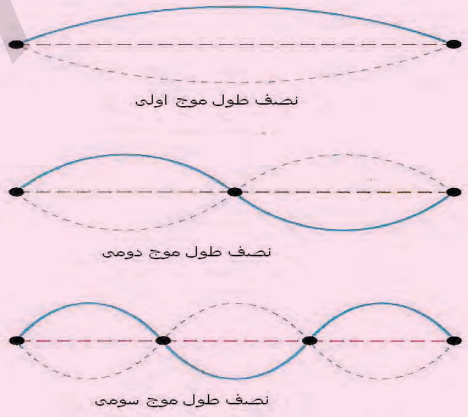
بنابر همین علت بود که تیوری میخانیک جدید و معاصر ایجاد گردد: مطابق به این تیوری: نور خواص موجی را دارا بوده و هم خواص ذره وی را دارا است.

طبیعت موجی و ذره وی

اولین کسـی که در مورد میخانیک موجی معاصر قدم مثبت نهاد، در سـال 1924م عالمـی به نـام دی - بروگلی (De-Broglie) بود. در زمان‌های سـابق علما نظر داشـته اند که تشعشـات الکترو مقناطیسـی عبارت از پدیده‌های موجی مطلق است (با وجودیکه انشـتاین خاطر نشان ساخته بود « در بعضی تجارب آن موج‌های الکترومقناطیسی خاصیت ذره وی یا فوتونی را از خود نشان می‌دهند»).

متوجه باشید

پدیده‌هـای موجـی عبـارت از انکسـار و تداخـل مایکـروذرات اسـت وبه خاطرآموزش تاثیر این دو پدیده لازم اسـت تا طول موج نسـبت داده شده به هر ذره را آموخت.



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

ACKU

دی- بروگلی با در نظر داشت معادلات انرژیکی انشتاین، طول موج فوتون‌ها را قرار ذیل بدست آورد:

$$E = h \cdot v \quad , \quad v = \frac{E}{h}$$

یا

$$\lambda v = C \quad , \quad v = \frac{c}{\lambda}$$

پس $\frac{E}{h} = \frac{c}{\lambda}$ است.

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:

$$\frac{h}{\lambda} = \frac{E}{c} = p$$

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.

فعالیت

در جدول ذیل بعضی مشخصات ذرات ارائه 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.

ACKU

جدول،فعالیت

ذرات	کتله به گرام	سرعت $\frac{cm}{sec}$	طول موج	نتایج دریافت شده شاگردان
الکترون 300k	$9,1\cdot10^{-28}$	$1,2\cdot10^{7}$	61° A	
الکترون با انرژی 1ev	$9,1\cdot10^{-28}$	$5,9\cdot10^{7}$	12° A	
الکترون با انرژی 100ev	$9,1\cdot10^{-28}$	$5,9\cdot10^{7}$	$1,2^{o}$ A	
اتوم هیلیوم، 300k	$6,6\cdot10^{-24}$	$1,4\cdot10^{5}$	$0,1^{o}$ A	
اتوم ....، 300k	$2,2\cdot10^{-22}$	$2,4\cdot10^{4}$	$0,12^{o}$ 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 می گردد؛ 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 وکدام یک مسیر خاصی را مشخص نمی‌سازد ؟

ACKU

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، این نمبرهای کوانتمی مطابق به نظریه بور دارای مفاهیم ناقص بوده و با وجود نواقص در تشـریح و وضعیت قـرار گرفتن الکترون‌ها به دور هسته اتوم کمک کرده می‌تواند.

1 – نمبر کوانتم اصلی (The principl Cauantum 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 باشـد، به همان اندازه الکترون کمترین 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:

$$E = \frac{-2\pi^2 me^4 z^2}{n^2 h^2}$$

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 بیضه وی شکل، سرعت 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 بیضه وی اسـتثنایی مجاز اسـت، بدین ترتیب دومین نمبر کوانتم اندازهٔ حرکت زاویوی و یا مومنت مقدار حرکت زاویه وی را افاده می کند و به l نشان داده می‌شود و ضریب بیضه وی 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:

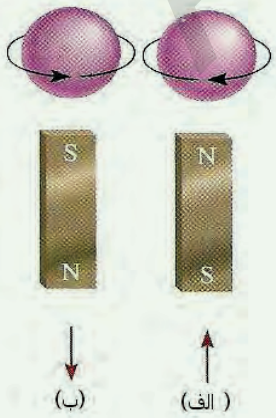
$$l = 0 - - - - - - - - - - - - - - n-1$$

اگر $n=1$ باشد، l دارای یک قیمت بوده و آن صفر است. در صورتی که $n=2$ باشد، l نیز دارای دو قیمت بوده و آن 0 و 1 است..... و اگر $n-5$ باشد، l نیز دارای 5 قیمت بوده و آن عبارت 0, 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 آنرا مشخص می‌سازد، از طرف دیگر ml از 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 spin= $\pm\frac{1}{2}$ است.



شکل (1 -13): شکل سپین الکترونها

ACKU

توجه نمایید

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

$$ml = 2l+1$$

$$l = 0$$

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

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

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

$$ml = 0$$

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 کلمه لاتین بوده و به معنی لانه یا آشیانه است، در اینجا 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

ACKU

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 نماید .

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 عقر بهٔ ساعت بوده باشد، قیمت سپین آن $-\frac{1}{2}$ بوده و در صورتی که مخالف با عقر بهٔ 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 رابه 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 حالت p قرار داشته و شکل

ACKU

ابر الکترونی آن مانند « دمبل » می‌باشـد . شـکل ابر الکترونی اوربیتال s کروی بوده وشکل ابر الکترونی اوربیتال‌ها d وf مغلق است که مانند برگ‌های گل صد برگ ویا مرسل بالای همدیگر قرار دارند .

جدول ذیل ترتیب نمبر کوانتم چهارگانه واوربیتال‌های آن‌ها راافاده 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

ACKU

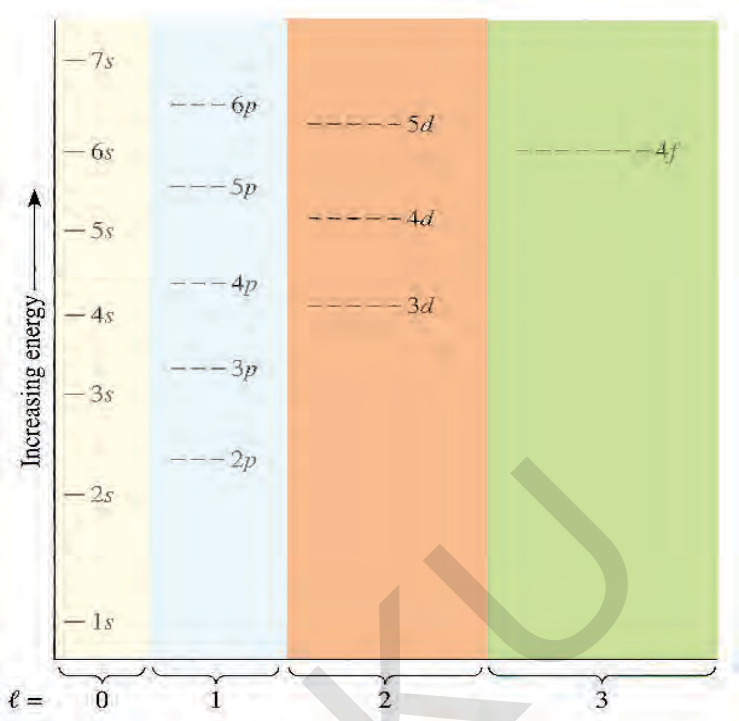
فعالیت

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

1 -6 : ساختمان الکترونی اتوم‌های چندین الکترونی

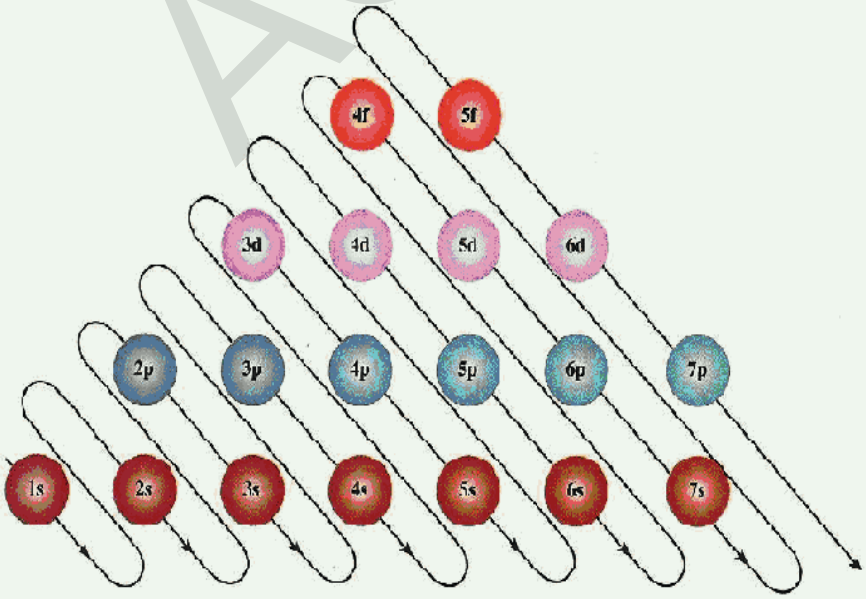
پر شدن اوربیتال‌های سویه‌های انرژیکی توسط الکترون‌ها

الکترون‌ها اولاً اوربیتال‌های آن سـویه‌های انرژیکی را اشـغال 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 :



ACKU

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 اولاً 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 آغازمی گردد؛ به طور مثال: درنایتروجن واکسیجن این مطلب توضیح می گردد:

	$1s^2$	$2s^2$	$2p^3$		
N	↑↓	↑↓	↑ ↑ ↑	$\pm 1\frac{1}{2}$	مجموعهٔ سپین
	$1s^2$	$2s^2$	$2p^4$		
O	↑↓	↑↓	↑↓ ↑ ↑	± 1	مجموعهٔ سپین

فعالیت

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

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

قاعده کلچکو فسکی(Klechkows Skyis Rule)

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

الکترون‌ها اولاً اوربیتال‌های آن سویهٔ انرژیکی را اشغال می‌نمایند که مجموعه 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 اولاً اوربیتال‌های آن سو یهٔ انرژیکی را اشغال مینمایند که قیمت عددی n آن کوچک باشد یعنی $(l \le n-1)$ رعایت می کرد. 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

ACKU

فعالیت اول

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

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

فعالیت دوم :

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

عنصر	تعداد الکترون ها	ساختمان 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

ACKU

خلاصه 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 اینکه:

* اتوم‌ها ذرات کوچک اند که توسط وسایل سادهٔ کیمیاوی تجزیه نه شده و مجموعهٔاز اتوم های 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 زیادمی گردد واین حرکت سبب تعامل آن‌ها با هم دیگر می گردد.

* 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 و کتلهٔ هستهٔ اتوم رامحاسبه نمود ه 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، نیوترون هارا 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 $+l - - - - 0 , - l - - - - 0$ 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 میکنند. 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 $-\frac{1}{2}$, $ms = +\frac{1}{2}$ را به خود اختیار می نمایید.

* اوربیتال (Orbital): کلمهٔ لاتین بوده و به معنای لانه می‌باشد که درین جانیز 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.

* قاعدهٔ کلچکوفسکی : الکترونها اولاً اوربیتال‌های آن سویه‌های انرژیکی را اشغال می‌نمایند که مجموعهٔ قیمت‌های عددی نمبرهای کوانتم 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 .

سوالات فصل اول

سـؤالات چهار جوابه : برای هر سؤال چهار جواب داده شده است که یکی آن درست است، شما درست آنرا 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

ACKU

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

سؤالات صحیح وغلط :جملات صحیح ذیل رابه (ص) وغلط ذیل را به (غ) نشانی کنید .

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

2 - تامسن در تحقیقات خویش نسبت چارج را بر کتله مواد $(\frac{e}{m})$ دریافت نمود که کمیت $1.76 Cb/kg$ را بدست آورد .( )

3 - چادویک (Chadwick) در سال 1932 در نتیجهٔ تعاملات هستوی پروتون را کشف 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 فریکونسی r بوده و می‌باشد. ( )

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 قسمت فضای اطراف اتوم که احتمال موجودیت الکترون در آن 95% است به نام اوربیتال یاد می گردد . ( )

9 - نمبر کوانتم اصلی وضعیت الکترون هارا به دور هستهٔ اتوم در کواردینات مشخص می‌سازد ( )

ACKU

سؤالات تشریحی:

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

2 - نمبر کوانتم اصلی را مختصراً توضیح نمایید

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

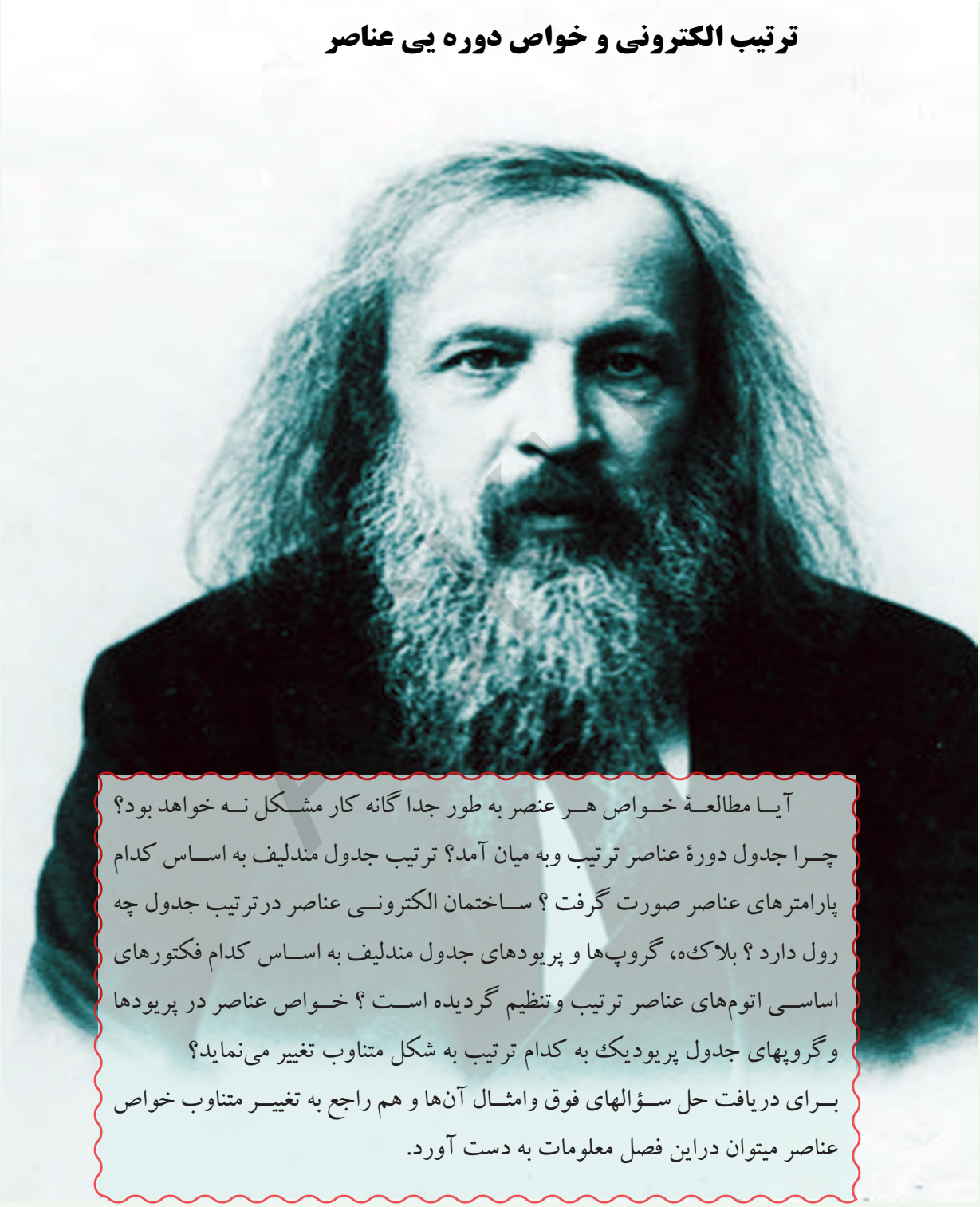
4 – اگر نمبراتومی یک عنصر 82 باشد، ساختمان الکترونی آن را تحریر وموقعیت عنصر را در پریود وگروپ مشخص سازید .

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

ACKU

فصل دوم

ترتیب الکترونی و خواص دوره یی عناصر



آیـا مطالعـهٔ خـواص هـر عنصر به طور جدا گانه کار مشـکل نـه خواهد بود؟ چـرا جدول دورهٔ عناصر ترتیب وبه میان آمد؟ ترتیب جدول مندلیف به اسـاس کدام پارامترهای عناصر صورت گرفت ؟ سـاختمان الکترونـی عناصر درترتیب جدول چه رول دارد ؟ بلاک‌ه، گروپ‌ها و پریودهای جدول مندلیف به اسـاس کدام فکتورهای اساسـی اتوم‌های عناصر ترتیب وتنظیم گردیده اسـت ؟ خـواص عناصر در پریودها وگروپهای جدول پریودیک به کدام ترتیب به شکل متناوب تغییر می‌نماید؟

بـرای دریافت حل سـؤالهای فوق وامثـال آن‌ها و هم راجع به تغییـر متناوب خواص عناصر میتوان دراین فصل معلومات به دست آورد.

2 – 1 : تاریخچهٔ ساختمان سیستم پریودیک

در طبیعت 90 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 عنصر 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 *Moier.l* 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.

شــده خودرا به نام سیستم پریودیک عناصر یاد کرد. این سیســتم 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	—	— — — —

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 پیشــگوی نموده بود که بعد از کشــف بعضی از جاهای

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

فعالیت

چطور جدول سه بعدی عناصر را ساخته متوانیم؟

مرحلــه اول : ابتدا عناصر گروپ‌های اصلی را بــه روی کاغذ مقوا تحریر دارید، وهر 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						

مرحلهٔ دوم: قســمت حاشیهٔ گروپ اول را با حاشیهٔ گروپ هشتم وصل نمایید و یک ساختمان هشــت ضلعی رابه دســت آورید ؛حتی میتوانیــد خانهٔ هر عنصر را بارنگ‌هــای مختلف مزین سازید.

مرحلهٔ ســوم: عناصر گروپ‌های فرعی را نیز درگروپ‌ها وپریودها در یک مقوا تحریر داشته ومانند مرحلهٔ 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

مرحلهٔ چهارم: عناصر سلسلهٔ لنتنایدها واکتینایدها را به صفحهٔ مقوا تحریر نماید.

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

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

زمانــی که گازات نجیب (عناصر گروپ VIII اصلی) کشــف گردیــد، دراین وقت اختلاف اســتقرار عناصر در سیســتم پریودیک با در نظر داشــت ازدیاد متناوب کتلهٔ اتومی آن‌ها از میان

ACKU

برداشــته شــد. گازات نجیبه از جمله کشــفیات 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 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 میداشــت 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 نه آورده، 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) نســبت 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 شگل گراف توضیح کرد و ابراز نظر نمود که نمبر ترتیبی عناصر یکی از مشخصات مهم عناصر را منعکس ساخته که این خاصیت را چارج هستهٔ 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 شکل متناوب افزایش میابد. این کشف موزلی در مراحل بعدی ترتیب جدول مندلیف و در اثبات سیســتم پریودیک عناصر خدمت بزرگی نمود و در سیســتم 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 آنرا به نام پریودها

ACKU

(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 گـردد؛ به طور مثـال: نمبرهای اتومـی گازات نجیبه 2,10,18,36,54,86 بـوده؛ بنابراین خواص کیمیاوی مشـابه به انتروال ارقام فوق الذکر به ملاحظه می‌رسد. بعد از گازات نجیبه ، فلـزات فعال کیمیاوی (گروپ اول) قرار دارند که آیون‌های را تشـکیل می‌دهند و عبارت از عناصرالقلـی (Li, Na, K, Rb, Cs و Fr) می‌باشـند. قبل از هر یک از گازات نجیبه عناصر فعال غیر فلزی قرار دارند که آیون را تشکیل می‌دهند، اینها عبارت از F_2, Cl_2, Br_2, I_2, At) یعنی هلوجنها می‌باشند. بعد از فلزات فعال القلی، فلزات القلی زمینی *Ba, Sr, Ca, Mg, Be* و *Ra* قـرار دارنـد که گروپ IIA را تشـکیل داده اند، به همین ترتیـب قبل از هلوجن‌ها (VIIA) عناصر گروپ *VIA, O, S, Se, Te* 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 گروپی 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 چهـار و پنجم هر یک 18 ، 18 عنصر، در پریود ششـم 32 عنصر و در پریود هفتم 17 عنصر موجود بود که تا حال نا مکمل اسـت . تعداد عناصر در پریودها به اسـاس تفاوت نمبر اتومی گازات نجیبه (بعد ی منفی قبلی) و یا توسط فورمول‌های ذیل دریافت شده می‌تواند.

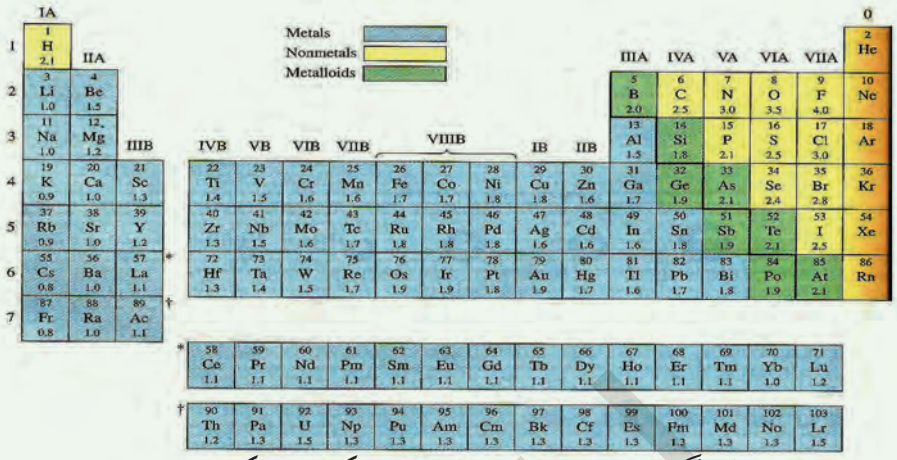
$$\text{تعداد عناصر در پریود طاق} = \frac{(n+1)^2}{2}$$

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

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 .

ACKU

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 که ساختمان الکترونی آن‌ها قرار ذیل است:

$H \quad 1S^1$ ↑

$He \quad 1S^2$ ↑↓

درینجا رقم طرف چپ سویه انرژیکی فرعی نمبر کوانتم اصلی و ارقام فوقانی سویه انرژیکی فرعی تعداد الکترون‌ها را در اوربیتال‌های سویه انرژیکی فرعی افاده میکند.

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:

$Li \quad 1S^2\ 2S^1$ ↓↑ ↑

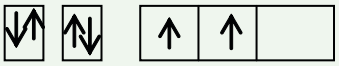
$Be \quad 1S^2\ 2S^2$ ↓↑ ↓↑

$B \quad 1S^2\ 2S^2 2P^1$ ↓↑ ↑↓ ↑ | |

ACKU

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:

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

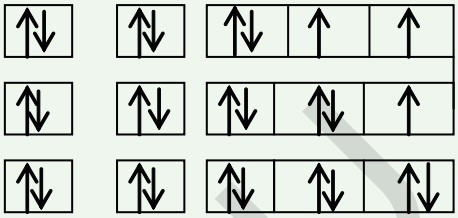


به همین ترتیب ساختمان الکترون اکسیجن (Z=8)، فلورین (Z=9) و نیون (Z=10) قرار ذیل است:

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

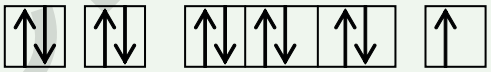
$F \quad 1S^2 \; 2S^2 2P^5$

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



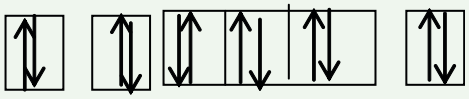
عنصر Ne دارای قشر مشبوع (L–Shel L) است.عنصر بعدی Ne عبارت Na بوده که عنصر اول پریود سوم جدول مندلیف است و ساختمان الکترون آن قرار ذیل است:

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



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 Shel) ظاهر گردیده که ساختمان الکترونی عنصر مذکور قرار ذیل است:

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

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

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

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

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

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

ACKU

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.

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

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

بعد از اینکه سویه فرعی 4s (4S-Sub Shel) توسط الکترون‌ها پر گردید، اشغال سویهٔ 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 سویهٔ 3d عناصر به وقوع می‌پیوندد، خواص کیمیاوی همچو عناصر به اندازه قابل ملاحظه تغییر نمی‌نمایند. عناصر ده گانهٔ که اوربیتال‌های سویهٔ 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 سویهٔ 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=45) 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 میکند ، اینها عناصری اند که اوربیتال‌های سویه فرعی 4F شان توسط الکترون در حالت پر شدن بوده و از جملهٔعناصر نادرهٔ 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 تا فعلاً پریود اخری عنصری جدول مندلیف است با $Fr(Z=78)$ آغاز میابد، عنصر آخری طبیعی یورانیم نیز دراین پریود موقعیت دارد .14 عنصر f فلزی درین پریود قرار داشته که اوربیتال‌های سویهٔ 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 خواص‌های مهم اتوم‌های عناصر در پریودها و گروپ‌ها نظر به یک د یگر متناوباً تغییر می‌نمایند که این عناصـر وتغییر تناوب خواص آن‌ها در جدول مندلیف ذیلاً 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 لایتنهایی ضرورت می‌باشـد . مقدار انرژی آیوتایزیشن مساوی به تفاوت انرژی الکترون جدا شـده و انرژی الکترون آزاد است (انرژی الکترون آزاد صفر فـرض گردیده اسـت.) در عمل آیونایزیش اصطلاح انرژی الکترون اولی، دومی، سـومی 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 نسـبت به دیگر الکترون‌ها قرار داشته باشـد. الکترون اول اتوم‌ها نسبت دومی و دومی نسـبت به سـومی ... با انرژی کمتر جدا گردیده، پس انرژی آیونایزیشـن 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 سـودیم، الکترون اولی و دومی Mg و سـه الکترون المونیم به آسـانی جدا می گردد.

معلومات ضروری

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

معلومات اضافی

در محـدودۀ گروپ‌هـا انرژی آیونایزیشـن از بالا به طرف پایین کم شـده ، برعکس از پایین به طرف بالا زیاد می‌شـود؛ علت آن این اسـت که : الکترون‌ها در عناصر عین گروپ از هسـته دور گردیده؛ بنابراین با انرژی کمتر از هسـتۀ اتوم جدا و اتوم به آیون

ACKU

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

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

انرژی ایونایزیشن Ev	سمبول عنصر
13.6 ev	1 H
5.4 ev	3 Li

طرف بالای زیاد می گردد:

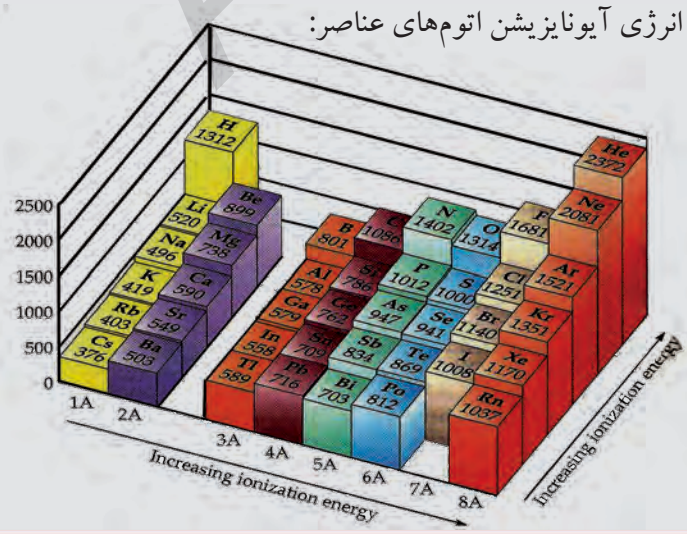
جدول (2 –5) تناوب انرژی آیونایزیشن عناصر گروپ اول اصلی

5.1 ev	11 Na
4.3 ev	19 K
4.2 ev	37 Rb
3.9*ev*	55*Cs*

در محدودهٔ پریودها انرژی آیونایزیشن با ازدیاد نمبر اتومی تزاید حاصل می‌نماید ؛ زیرا در پریودها با ازدیاد نمبر اتومی تعداد اقشـــار زیاد نه شـــده ؛ بلکه چارج هسته بزرگ شده و الکترون‌هـــا را به طرف خود کش نموده به دور خود متراکم ســـاخته ، در نتیجه حجم و شـــعاع اتوم کوچک شده ، تاثیر چارج مثبت هسته بالای الکترون‌ها زیاد تر گردیده وآن را به طرف خود میکشاند . 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:

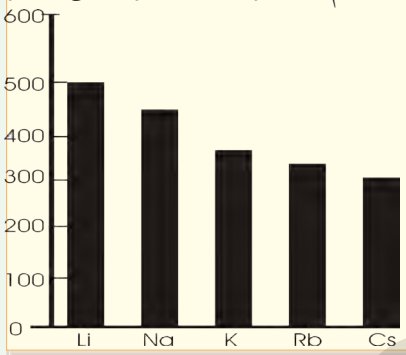


طـوری کـه در جدول فـوق ملاحظه می گردد. هر قدر که قشـر خارجـی الکترونی اتوم‌های عناصر زیادتر توسـط الکترون اشـغال گردد. به همان اندازه ثبات و پایداری اتوم عنصر بیشـتر گردیده؛ از همین لحاظ اسـت که گازات نجیبه کمتر آیونایزیشن گردیده و انرژی آیونایزیشن آن‌ها زیادتر است.

فعالیت

گراف ذیل را ملاحظه نموده ، به سؤالات ذیل جواب ارائه نمایید :

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



معلومات ضروری

پیش گوی 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:

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

2 =1+1 = پریود عنصر X

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:

$$7^N \quad 1S^2 2S^2 2P^3$$

ACKU

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

یکی از خواص دیگر اتوم‌های عناصر که به ساختمان الکترونی وابسته است، عبارت از میل الکترون گیری آن‌ها می‌باشد . طوری که قبلاً گفته شد، برای جدا نمودن یک الکترون از اتوم باید به اتوم انرژی داده شود تا از قوهٔ جاذبه هسته جدا گردد. در صورتی که یک الکترون به اتوم اضافه گردد، تا به ایون منفی (Anions) تبد یل گردد،الکترون علاوه شده توسط قوه هسته جذب گردیده و انرژی آن به مقدار معین آزاد می گردد. همین انرژی را به نام انرژی الکترون خواهی (Electron Affainity) یاد مینمایند ومعادل انرژی است که بعد از جدا شدن الکترون از آیون منفی جذب می گردد.

تقریباً برای تمام عناصر عملیهٔ الکترون خواهی یک نوع تعامل Exothermic بوده؛ بنابراین علامهٔ گرمای آزاد شده منفی میباشد . البته موضوع فوق عمومی نبوده به طور مثال: زمانی که الکترون دیگری به انیون یک چارچهٔ آکسیجن علاوه می گردد تاآیون 2– آکسیجن تشکیل شود ، لازم است تا یک مقدار انرژی به ایون یک چارچهٔ آکسیجن داده شود که دراین صورت الکترون به آن ملحق می گردد مقدار انرژی مساوی $+844k/mol$ بوده در حالیکه انرژی آزاد شده 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	$Na + 1e^- \longrightarrow Na^-$

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

محدودهٔ پریودها انرژی و میل الکترون گیرنده گی از چپ به طرف راست زیاد می گردد 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 جذ ب می‌نمایند: به نام الکترونیگاتیف Electro Negative یاد شده و میل الکترون گیرنده گی آن‌ها را به نام الکترونیگاتیوتی (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.

معلومات اضافی

در محدودهٔ یک پریود الکتروپوزیتویتی 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 الکترونیگاتیوتی عناصر در گروپ و پریود نیز به شکل متناوب تغییر می نماید، طوریکه 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.

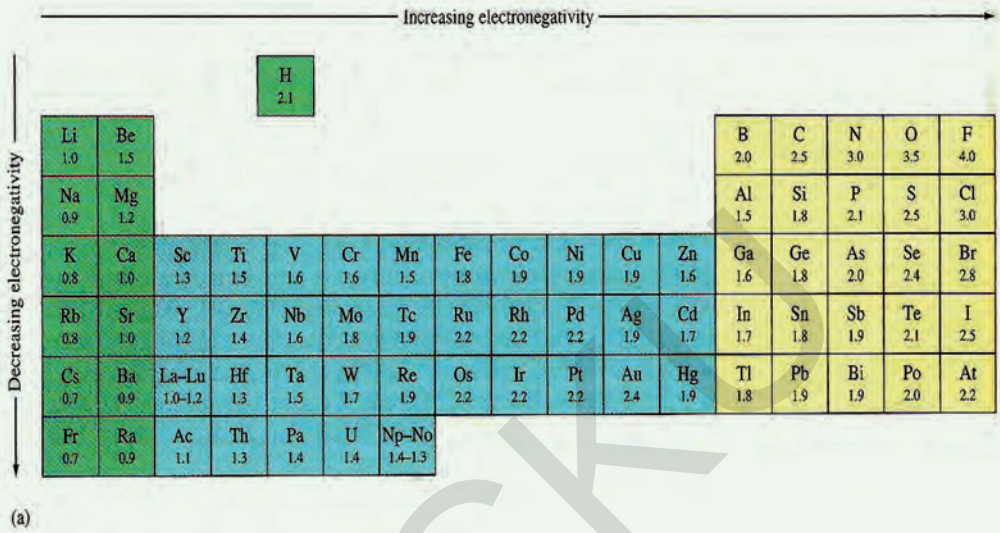
در سال 1939 عالمی به نام پاولینگ (Linus Cart Paiuling) واحد نسبتی را برای الکترونیگاتیوتی عناصر مشخص ساخته که برای سیزیم و فرانشینیم EN=0.7 ev و برای فلورین $EN = 4.1ev$ تعین شده است.

به صورت عموم اگر انرژی آیونایزیشن با انرژی Electro Affinity جمع گردد الکترونیگاتیوتی عنصر حاصل می‌شود. جدول (2 - 9) الکترونیگاتیوتی 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

ACKU

بــوده و الکترونیگاتیوتی آن‌ها تقریبی اســت، این عناصر غیــر فلزات (Non metals) نامیده میشــوند و عناصر متباقی فلزات و یا شــبه فلزات اند، در قســمت 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.

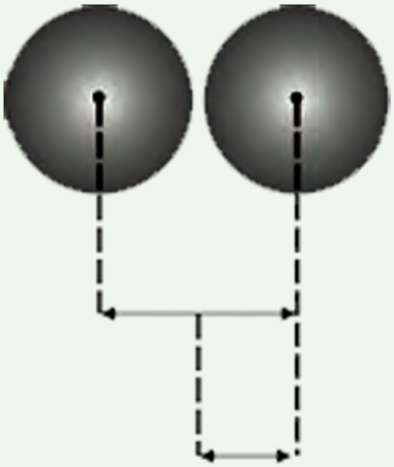
2 – 3 – 4 : تناوب شعاع اتومی و شعاع ایونی (Atomic & Ionic Radius)

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

بــور برای اولین بار شــعاع اتومی هایدروجن را با فرض نمودن حرکت الکترون در قشــر 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 اتوم است که احتمال موجودیت الکترون در آن 95% است . این اوربیتال‌ها میتواند کروی (اوربیتال s) دمبل مانند (اوربیتال p) --- باشند، پس میتوان به طریقه‌های مختلف شعاع اتومی را دریافت کرد.

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



شعاع و اندر والس= نصف فاصله بین دو هسته مجاور

$$r_w = o.5d$$

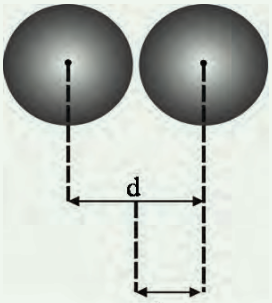
به طور مثال، فاصله بین دو اتوم مجاور آهن در شبکهٔ فلزی $2\cdot48°A$ است ؛ بنابراین شعاع اتومی آهن $\frac{2.48^0 A}{2} = 1.24^0 A$ است .

2 - اگر فاصله بین دوهسته در مالیکول دو اتومی (شعاع کولانسی) بر دو تقسیم گردد، شعاع اتومی حاصل می گردد . شعاع و اندر والس= نصف فاصله بین دو هسته مجاور

مثال: فاصله‌های هسته‌های اتوم‌های آیودین در مالیکول آن مساوی به $2.66^0 A$ است، شعاع کولانس یا شعاع اتومی آنرا در یافت نمایید .

حل :

$$r_{co} = \frac{1}{2}d = \frac{2.66^0 A}{2} = 1{,}33^0 A$$



شعاع کولانسی= نصف فاصله بین دوهسته در مالیکول ها

$$\frac{1}{2}d = r_c$$

شعاع اتوم عناصر بنابر داشتن ساختمان الکترونی خاص شان از هم دیگر فرق داشته و این تفاوت‌ها متناوب است ، طوری که:

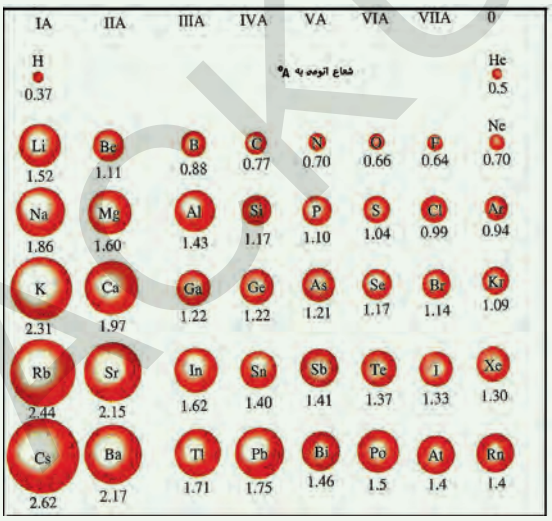
در محدودهٔ یک گروپ عناصر شعاع اتومی از بالا به طرف پایین بزرگ شده و برعکس از

ACKU

پایین به طرف بالا متناوباً کو چک می‌شـود ، علت آن این اسـت 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 شـده در نتیجه حجم اتوم‌های عناصر از بالا به طرف پایین در گروپ‌ها بزرگ شده و شعاع اتومی نیز بزرگ می گردد.

در محدودهٔ پریودها شـعاع اتومی عناصر از طرف چپ به طرف راسـت کوچک شده و برعکس از راسـت به طرف چپ به شـکل 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 هسـته بالای قشـر الکترونی زیاد شـده و الکترون‌ها را به د ور هسـته 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 و گروپ‌ها بدانید.

جدول(2 –10) شعاع اتوم‌های عناصر کیمیاوی :



ACKU

فعالیت

1 - سـاختمان الکترونی عناصر Na_{11} ,Al_{13} و p_{15} را تحریر دارید و هم شعاع اتومی آن‌ها را ازجدول (2 - 10) به دسـت آورده و به ترتیب ازدیاد شـعاع آن‌ها را ترتیب نمایید .

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

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

عناصر میل دارند تا اکتیت خود را تکمیل ومدار خارجی خود را به هشت الکترون بالغ گردانند وساختمان باثبات گازات نجیبه را اختیار می‌نمایند؛ ازاین سبب فلزات الکترون‌های قشر خارجی خود را از دست 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	$1^0 A$	Cl^-	$1,8^0 A$	Li	$1.5^0 A$	Li^+	$0,8^0 A$
O	$o,8^0 A$	O^{2-}	$1,4^0 A$	Na	$1,9^0 A$	Na^+	$1^0 A$
S	$1,27^0 A$	S^{2-}	$1,84^0 A$	K	$2,3^0 A$	K^+	$1,3^0 A$
S	$1,27^0 A$			Rb	$2,4^0 A$	Rb^+	$1,5^0 A$
N	$0,92^0 A$	N^{3-}	$1,7^0 A$	Cs	$2,6^0 A$	Cs^+	$1,6^0 A$
O	$o,92^0 A$	N^{5+}	$0,11^0 A$	Ca	$1,7^0 A$	Ca^{2+}	$1,0^0 A$
				Fe	$1,2^0 A$	Fe^{2+}	$0,7^0 A$
				Fe	$1,2^0 A$	Fe^{3+}	$0,6^0 A$

ACKU

فعالیت

جدول (2 –11) را به دقت مطالعه نموده، مطالب ذیل را به شـکل گروپی در صنف مباحثه نماید .

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 وپریودهای 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.

عناصریکه درجـدول مندلیف در حالت دیاگونال قرار دارند ، شـعاع اتومی وآیونی آن‌ها مشابه است.

تغییرات متناوب خاصیت اکسیدیشنی وارجاعی را در پریودها درصنف بحث نماید

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 ازآن‌ها به حیث فلزات زینتی اسـتفاده به عمل می آید. تمام این عناصر فلزی بوده وهادی برق اند. نقره درشرایط عادی هادی درجه اول برق بوده، این فلزات جلا داربوده قابلیت چکش خوردن را دارا وبه اوراق نازک مبدل شـده وسیم‌ها ازآن ساخته می‌شـود. رنگ اکثرآن‌ها سفید بوده ودرجهٔ غلیان آن‌ها ازفلزات گروپ اول ودوم اصلی بلند اسـت؛ اما اسـتثنای نیزدر رنگ آن‌ها موجود است، به طورمثال: مس رنگ سرخ مایل به قهوه 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 ابتدا 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 اولاً 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 اولترازدست داده ودرصورت ضرورت الکترون‌های اوربیتال d خود را بعدازs ازدست 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 می‌توان 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 و p بالای هم دیگراست. فاصلهٔ اوربیتال‌های d بیست مراتبه زیادتر ازفاصله بین اوربیتال‌های p بایک دیگراست.

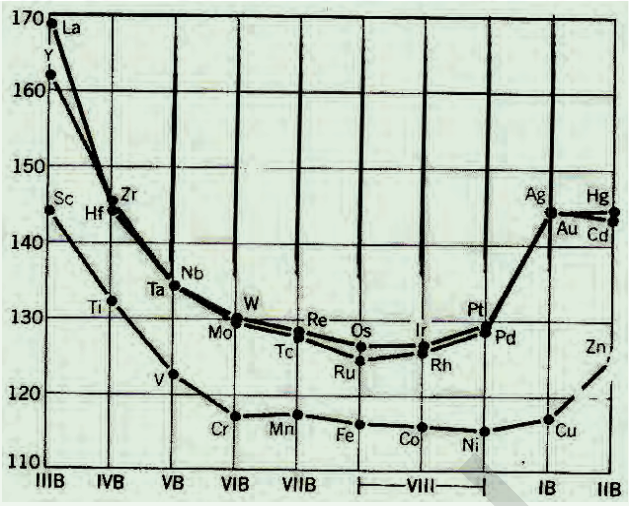
اشکال ذیل این مطلب را به خوبی توضیح می‌نمایند.

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.

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 به 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. طوریکه 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 الکتروپوزتیوتی زیاد را دارا است ، این عناصرمرکبات زیاد را دارا بوده و استخراج آن‌ها ازمعادن به مشکل صورت می گیرد.

فعالیت اول

سؤالات 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 نماید ؟ دراین مورد به شکل گروپی بحث نموده و نمایندهٔ گروپ آنرا در صنف با ارایهٔ دلایل قناعت بخش توضیح نمایید .

فعالیت دوم

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

ACKU

خلاصهٔ فصل

* علمای کیمیا سعی به عمل آورده 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 کشف شدهٔ ز مان خویش را به 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 به اساس ازدیاد متناوب کتله اتومی نسبتی شان در قطارهای افقی (Period) ترتیب و در ستون‌های عمودی متحد ساخت و موصوف این نوع ساختمان ترتیب شده خود را به نام سیستم پریودیک عناصر یاد کرد.

* خواص عناصر و تغییر متناوب آن‌ها در پریودها با کتلهٔاتومی نسبتی آن‌ها مطابقت داشته و موقعیت آن‌ها را در پریودها تعیین می‌نمایند.

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

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

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

*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 آیونایزیشن با ازد یاد نمبر اتومی تزاید حاصل مینماید ؛ زیرا در پریودها با ازدیاد نمبر اتومی تعداد اقشار زیاد نه شده؛ بلکه چارج هسته بزرگ شده ، 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 میکشاند .

در صورتیکــه یک الکترون به اتوم اضافه گردد، تا به آیــون 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 الکتروپوزیتوتی عناصر از چپ به طرف راست کم شده ، برعکس از راست به طرف چپ زیاد می گردد . به همین ترتیب در محدود 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. برعکس از راســت بــه طرف چپ کم می‌شــود. به همیــن ترتیب در محــدود یک گروپ الکترونیگاتیوتی عناصر از بالا به طرف پایین متناوباً کم شــده و برعکس از پایین به طرف بالا متناوباً زیاد می‌شــود از این جا معلوم می‌شود که EN عناصر با شعاع اتومی رابطۀ معکوس را دارا است؛ بنابرین فلورین الکترونیگاتیف ترین عنصر طبیعت بوده و Cs و Fr الکتروپوزیتیف ترین 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 متناوباً کو چک میشود .

*در محدودۀ پریودها شــعاع اتومی عناصر از طرف چپ به طرف راســت 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.

*عناصــر d که به طرف چپ جدول قراردارند، باعناصر گروپ S شــباهت دارند. بعضی از آن‌ها الکتروپوزتیوتی زیاد را دارا اســت ، این عناصرمرکبات زیا د رادارا بوده و اســتخراج آن‌ها ازمعا دن به مشــکل صورت می گیرد.تمام عناصر d فلزات بوده وها دی برق اند . نقره درشــرایط 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

سؤالات 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 – کـدام 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 و کیمیاوی 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

ACKU

8 – ســاختمان 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 حجرۀ جدول مندلیف قرار دارد ؟

الف – خانۀ نمبر 64 ب – خانۀ نمبر57 ج – خانۀ نمبر 89 د – خانۀ 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 – هیچکدام

سؤالات تشریحی :

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

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

3 – طویــل تریــن پریود وکوتاه تریــن پریود جدول مندلیف کدام‌ها انــد ؟ معلومات ارائه نمایید .

4 – عنصر M در گروپ اول اصلی و پریود ششــم قرار دارد ، ســاختمان 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 اینکه تعداد عناصر غیر فلزی زیاد می‌باشد.

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

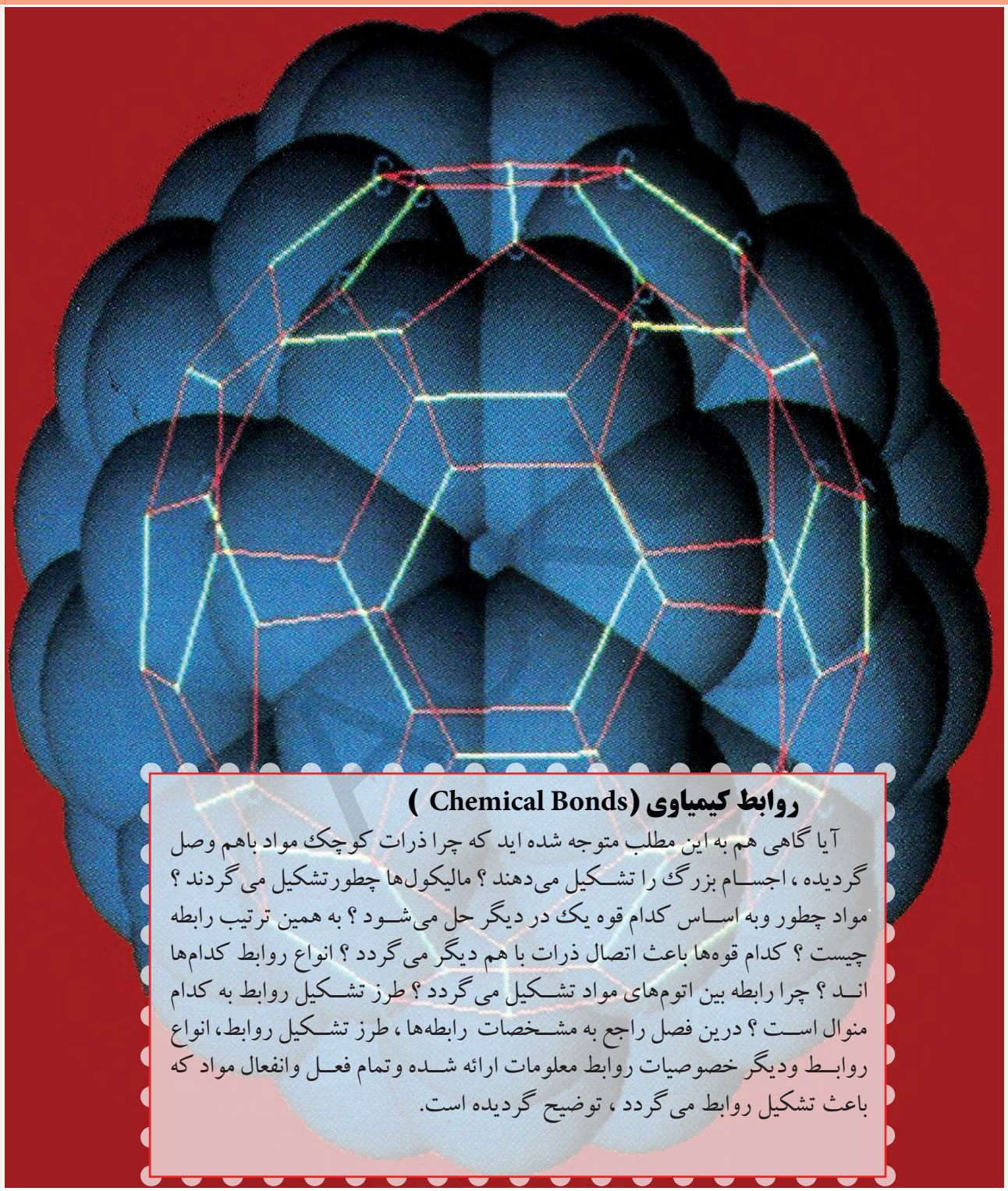
8 – شعاع اتومی چیست؟ تغییرمتناوب آن در جدول مندلیف چه طور است؟

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

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

ACKU

فصل سوم



روابط کیمیاوی (Chemical Bonds)

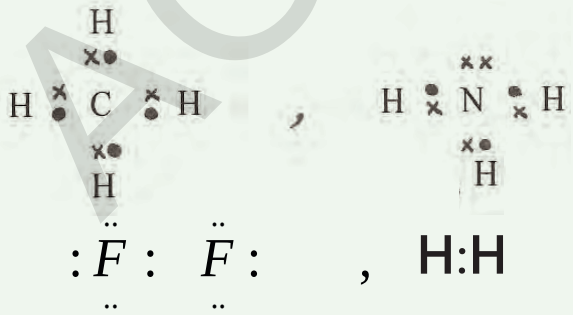
آیا گاهی هم به این مطلب متوجه شده اید که چرا ذرات کوچک مواد باهم وصل گردیده ، اجسام بزرگ را تشکیل می‌دهند ؟ مالیکول‌ها چطورتشکیل می گردند ؟ مواد چطور وبه اساس کدام قوه یک در دیگر حل می‌شود ؟ به همین ترتیب رابطه چیست ؟ کدام قوه‌ها باعث اتصال ذرات با هم دیگر می گردد ؟ انواع روابط کدام‌ها اند ؟ چرا رابطه بین اتوم‌های مواد تشکیل می گردد ؟ طرز تشکیل روابط به کدام منوال است ؟ درین فصل راجع به مشخصات رابطه‌ها ، 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 رابه وجود می‌آورد که نسبت به اتوم‌های آن دارای سـطح پایین انرژیکی میباشند . درصورتی که مقـدارمقـاومت انرژی بیـن اتوم‌ها ومـالیکولهای 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 مغلق از قبیـل 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 انکشاف داد که طبق این نظریه « رابطهٔ کیمیاوی »در نتیجهٔ مشترک قراردادن جوره الکترون‌هـا بیـن دواتوم برقرار می گردد ، در این صـورت هریک ازاتوم‌ها یک ، یک الکترون را باهم شریک میسازند که این نوع رابطه را به نام رابطهٔ کوولانس یاد می‌نمایند ، ذیـلاً روابط بین اتوم‌هـا درمالیکولهـای H_2 ، F_2 ، NH_3 و CH_4 ارائه گردیده که الکترونهای اتوم‌های عناصر به (×) ویا (•) ارائه شده است :



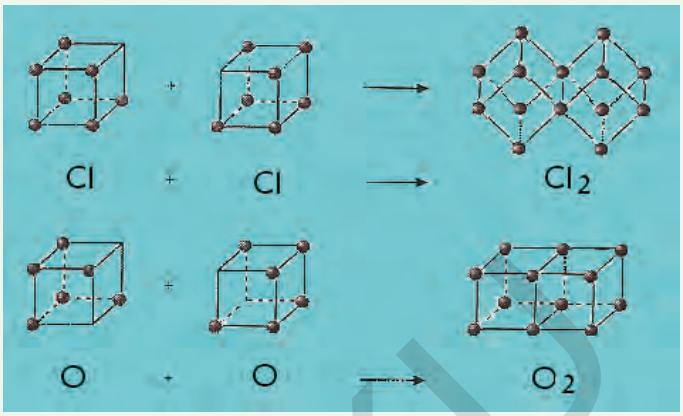
درنتیجـهٔ اسـتقرار روابط بین اتوم‌ها درتشـکیل مالیکول مرکب اتوم‌هـا ومالیکول‌ها سـاختمان الکترونـی باثبات را حاصل وقشـر خارجی خودرا بـه 2 و 8 الکترون بالغ می‌سازد.

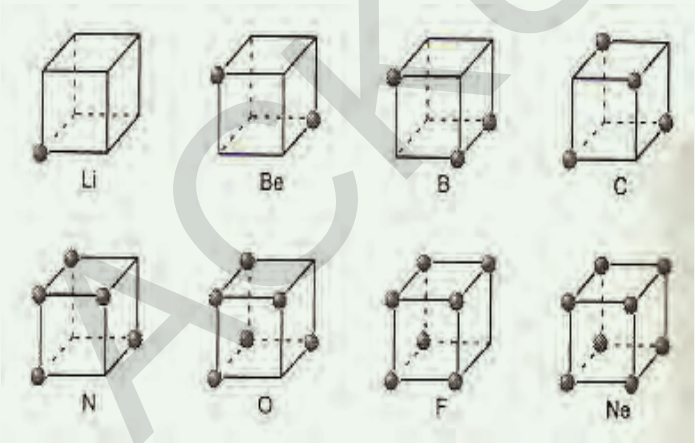
جملهٔ ذیل را به خاطر داشته باشید.

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 هسـتهٔ 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

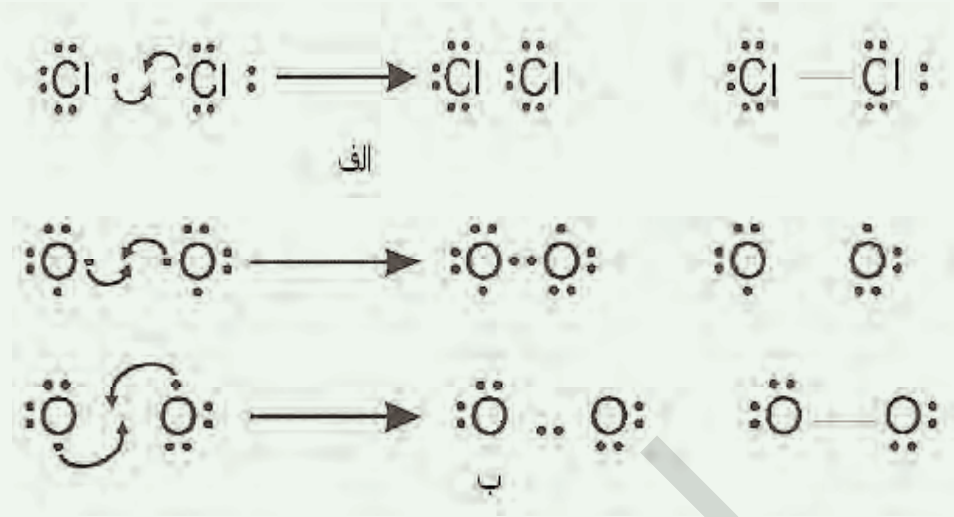
۳–۲ : قانون اوکتیت وساختمان لیویس

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 می گردد .

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

مرحلهٔ اول : محاسبهٔ مجموعی الکترونهای ولانسی و تشکیل روابط ساده

مجموعهٔ الکترون‌های ولانسی تمامی اتوم ها(N(V)را در مالیکول به دست میآوریم و موقعیت اتوم‌ها را درمالیکول تثبیت نموده ، بین دو اتوم یکجوره الکترون را به حیث رابطه ساده قرار میدهیم . به اساس 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 می گردد . اکثر اتوم‌های عناصری که تعداد آن‌ها در مالیکول کم است ، 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 می گردد.

$$\mathbf{CO_3^{2-}}$$

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

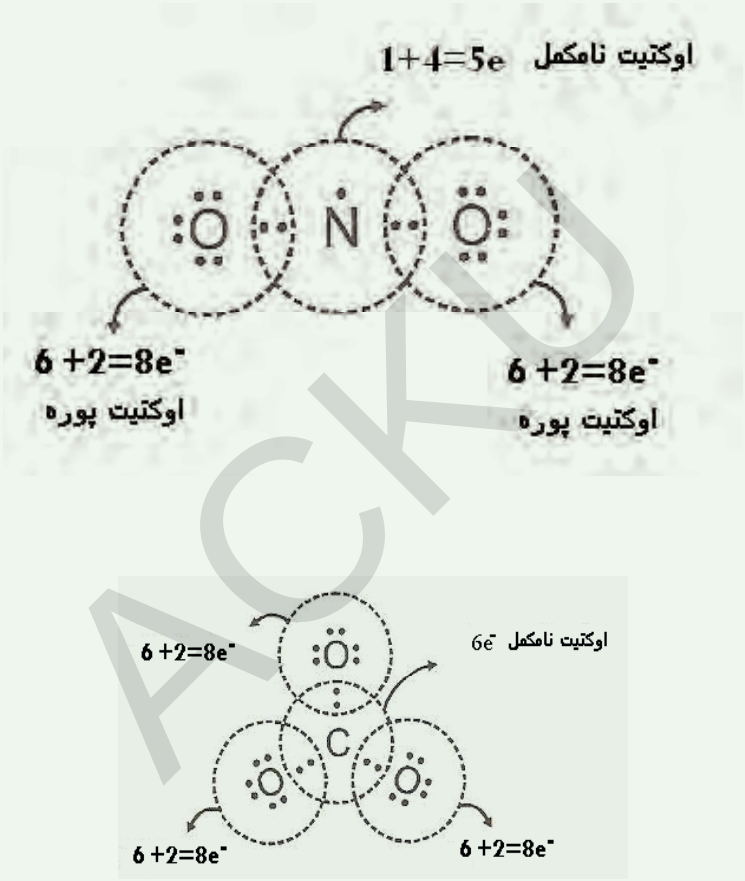
$$N(v) = 24e^-$$

$O - N - O$ یا $O - - - N - - - O$

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

مرحلهٔ دوم : توزیع الکترونها ی باقی مانده بر اساس قاعدهٔ اوکتیت

الکترونهای ولانسی باقی مانده بالای اتوم‌ها طوری تقسیم می گردد که اکتیت هر اتوم به 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 اکتیت اتوم‌های عناصر درمالیکول مرکب تکمیل نشده باشد ، جوره الکترون‌های آزاد اتوم همجوار طوری جابجا ســاخته می‌شــود که بین شان مشترک واقع شده و رابطهٔ (π) تشکل می گردد؛ بنابراین نمبر اکسیدیشن هر اتوم در مالیکول قرار ذیل محاسبه می گردد:

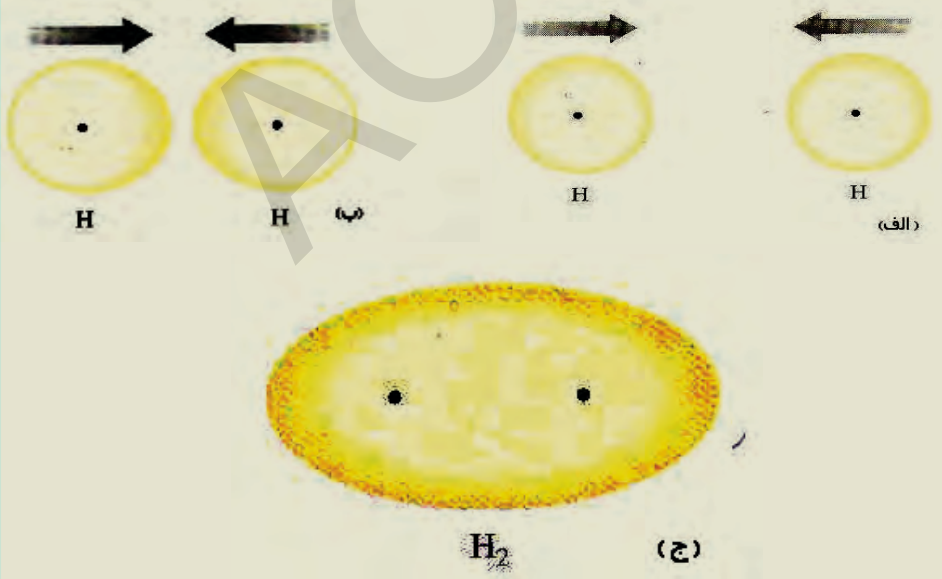
(تعداد روابط بین اتوم‌ها) =(تعداد الکترون‌های آزاد)- (تعداد الکترونهای ولانسی قبل از رابطه) نمبر گروپ = نمبر اکسیدیشن اتوم

به این اســاس مجموعهٔ الجبری نمبرهای اکسیدیشــن اتوم‌های عناصر متشــکله مالیکول مرکب مساوی به صفر است و در آیونها مساوی به چارج آیونها می‌باشد .

معلومات اضافی

ممکــن بعضی از اتوم‌ها (مانند نایتروجن در NO_2) اکتیت خود را پوره نکرده باشــد واین یک اســتثنا بوده که در مالیکول NO_2 دیده می‌شود ، دراین مالیکول به خاطر طاقه بودن الکترون، در مجموع الکترون‌های ولانســی هیــچ امکان برای پوره کردن اکتیت اتوم‌های آن موجود نیست .

مفکوره لیویس بعضی از حقایق را درمورد رابطه ارائه داشــته؛ اما علت تشــکیل روابط را توضیح کرده نمیتوانســت . باانکشاف نظریات میخانیک کوانت علت تشکیل روابط واضیح ساخته شد . درصورتی که الکترون یک حالت ابرالکترونی را دارا است ، دراین صورت تشــکیل 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 ابرالکترونی s – s

ACKU

طوری که در شـکل (3 – 4) دیده می‌شـود ، کثافت ابرالکترونی دربین دوهسـته اتوم‌های هایدروجن در مالیکول آن‌ها بیشـتر می‌باشـد . علت آن اینست که این ساحه بیشـتر تحت تأثیر هسته‌ها قرارداشته والکترون‌ها توسط این دو هسته کش ودراین محل متراکم می گردد . از اینجا گفته میتوانیم : قوه که باعث تشکیل رابطه کیمیاوی می گردد، دارای خاصیت الکتروستاتیکی است .

نظریـات لیویس درمورد مشـترک بـودن دو الکترون دررابطـه از نظر میخانیک یـک مفهـوم عمومی بوده ، قرار پرنسـیپ پاولـی این دو الکترون باید توسـط یکی ازنمبرهای کوانتم خویش ازهم دیگر فرق داشـته باشند (نمبرسپین شان) درصورت اتوم هایدروجن وتشـکیل مالیکول اوربیتال ، درمالیکول اوربیتال S باید جهت سپین (Spin) الکترون‌ها مخالف یک دیگر باشد .

طریقـه که درآن الکترونها بین دو اتوم مشـترک قرارمیگیرد وسـبب تشـکیل رابطه می گردد ، به نام میتود ولانسی روابط کیمیاوی (MVB) یاد می‌شود .

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

۳ –۲ –۲ : ولانس (Valance)

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

کوسـیل (Kossel) در اولین مقالهٔ علمی خود توضیح نمود کـه رابطه‌ها در نتیجه انتقال کامـل الکترون‌هـا از یک اتوم به اتوم دیگر تشـکیل می گردد تا تعداد الکترونهای قشـر خارجی اتوم‌های عناصر به هشـت الکترون بالغ گردد. الکترون‌های گرفته شـده و باخته شده هر اتوم ولانس آن را مشخص می‌سازد .

۳–۳انواع روابـط کیـمیاوی:

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

مطالعات سـاختمان اتوم خاصتاً سـاختمان الکترونی اتوم نشـان می‌دهد که سـاختمان ns^2np^6 بـه گازات نجیبه مطابقت دارد ، این گازات عبارت از Rn,Xe,Kr,Ar, Ne He ($1S^2$) اسـت ، درنتیجـهٔ تحقیقات دریافت نمودند کـه گازات مذکوردرتعاملات کیمیاوی سـهم نمیگیرند 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 د یگر 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 Naمیتواند درنتیجه باختن یک الکترون ساختمان گاز نجیبه Ne را اختیار کند و ساختمان الکترونی باثبات را حاصل نماید :

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

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:

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

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 Valentebond) یاد می‌نمایند:

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

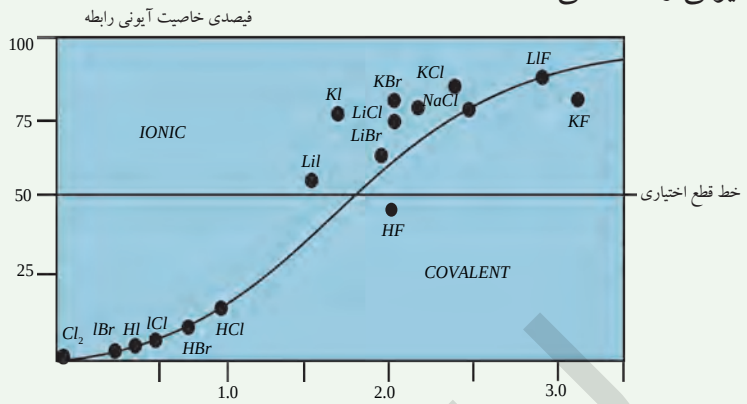
رابطه آیونی نوع ازرابطه کیمیاوی است که درنتیجه قوه جذ ب الکتروستاتیکی بین ذرات چارجدار مخالف العلا مه برقرارمی گردد .

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:

الــف – به هر اندازه که تفاوت الکترونیگاتیویتی بین دو اتوم عناصر زیاد باشــد، به همان اندازه رابطه بین آن‌ها قطبی می‌باشد . گراف ذیل فیصدی خاصیت رابطهٔ آیونی و تفاوت الکترونیگاتیوتی را نشان می‌دهد .



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

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

مرکبات آیونی و خواص آن‌ها

کرستال‌ها را مرکباتی دارای رابطه آیونی تشکیل می‌دهند .

آیــا راجــع به نمک طعــام معلومات دارید ؟ میدانید که نمــک طعام از کدام عناصر تشکیل گردیده است ؟

نمــک طعــام عبــارت از ســودیم کلوراید است که در طبیعت یافت می گردد و فورمول آن $NaCl$ است .

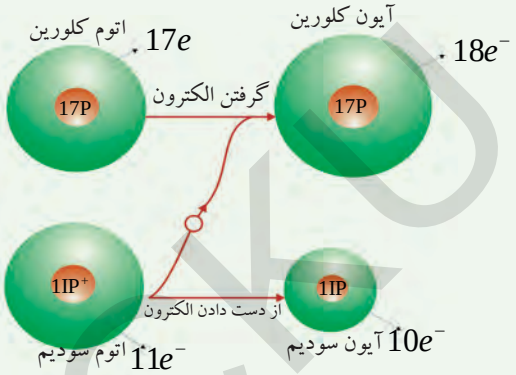
فورمول نشان می‌دهد که نمک طعام از عنصر سودیم و کلورین تشکیل گردیده است . سودیم فلز نرم وفعال کیمیاوی بــوده و کلورین عنصر گازی اســت که به شــکل مالیکولی یافت شــده وفعال می‌باشد و گاز زهری است . در نتیجهٔ تعامل این دو عنصر قرار شکل ذیل نمک طعام تشکیل می گردد که رنگ سفید را دارا است.

شکل (3- 6) تعامل گاز کلورین با سودیم.

ACKU

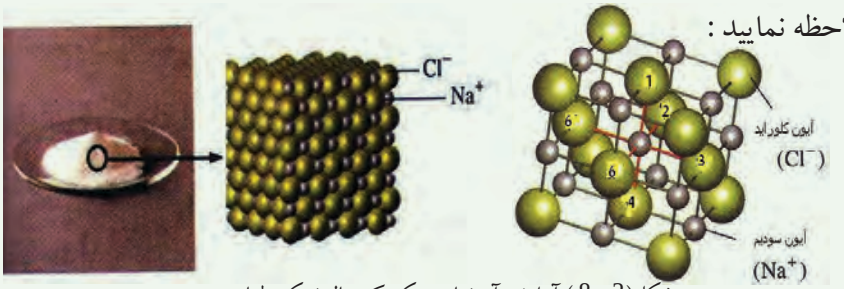
تمـام نمک‌ها از جمله نمک طعام مرکبات آیونی بوده واز آیونهای مثبت ومنفی تشـکیل گردیده اند. در مالیکول سـودیم کلوراید بین اتوم سـودیم وکلورین رابطه ایونی برقرار بوده ، طوریکه اتوم سـودیم با از دسـت دادن یک الکترون چارج مثبت یک وکلورین با گرفتـن یـک الکترون چـارج منفی یـک را به خود اختیـار نموده ، این‌ها به اسـاس قوه الکتروسـتاتیک یک دیگر را جذب نموده ومالیکول سـودیم کلوراید را تشکیل می‌دهند. خواص نمک طعام مربوط به ماهیت همین رابطه اسـت. بلورهای مکعبی نمک طعام سخت وشکننده بوده و به حرارت 801^0Cذوب شده وبه حرارت 1413^0Cغلیان 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 سـودیم کلوراید مربوط به ذرات تشـکیل دهندهٔ آن است ، بین سودیم وکلورین در سـودیم کلوراید قوهٔ جاذبهٔ قوی موجود اسـت که آن‌ها را باهم مسـتحکم نگاه داشته و ایـن قوه را به نام رابطهٔ ایونی یـاد می‌نمایند . این نوع رابطه در تمام نمک‌ها موجود اسـت ، ایـن نـوع رابطه تنها مربوط به یک کتیون سـودیم و یک انیون کلوراید نبوده ، بلکه بین تمامی انیون‌ها وکتیون‌های همجوار برقرار شـده و نظم ذرات را به وجود آورده است ، هر کتیون توسـط چندین انیون ویک انیون توسط چندین کتیون احاطه می گردد . اشکال ذیل را ملاحظه نمایید :

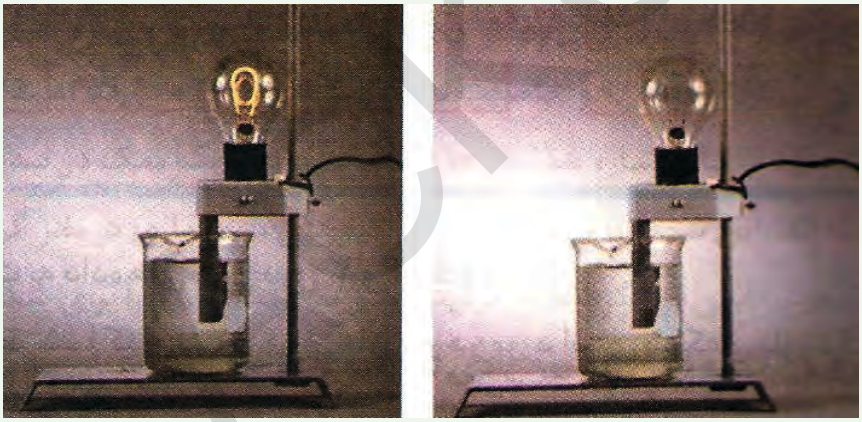


شکل(3 – 8) آرایش آیونها در یک کرستال نمک طعام

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 وانیونها) 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 میگیرد .

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
Cr^{+}	740	659	659	604

جدول (3 – 2) مقایسهٔ انرژی شبکهٔ مرکبات کتیونهای دارنده چارج1+، 2+ و3+

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

ACKU

فعالیت

به جدول 1 و2 به 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 ؟

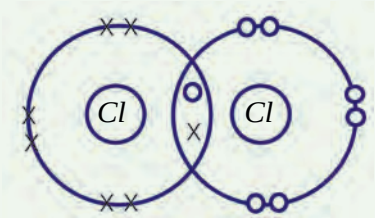
چون قوه جذب بین ذرات مرکبات آیونی قوی است ؛ ازین سبب خواص آن‌ها با هم مشابه است ؛ به طور مثال : درجهٔ ذوبان وغلیان آن‌ها با هم مشابه است .جدول ذیل را ملاحظه نمایید :

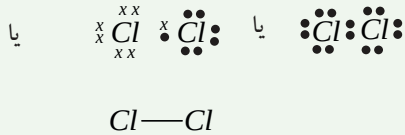
جدول (3–3) درجه ذوبان وغلیان با هم مشابه

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 ولانسی 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 کرکترخود 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 رابطهٔ است که در آن اتوم‌ها از قشر ولانسی یک دیگر وبه صورت مشخص از الکترون‌های قشر ولانسی یک دیگر به طور اشتراکی استفاده می‌نمایند ، رابطهٔ که در آن الکترون‌های قشر ولانسی مشترک قرار داده میشود به نام رابطهٔ اشترکی یاد می گردد

چطور رابطهٔ کوولانس تشکیل می‌گردد ؟

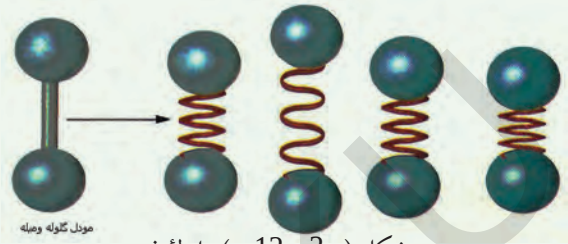
برای ارایهٔ جواب به این سؤال ، رابطهٔ سادهٔ کوولانسی را در مالیکول‌های هایدروجن بین دو اتوم آن تحت مطالعه قرار میدهیم. دو اتوم هایدروجن باهم دیگر نزدیک شده، بین الکترون یک اتوم وهستهٔ اتوم دیگرآن قوهٔ جذب قوی عمل نموده و از طرف دیگر بین هر یک از الکترونهای متعلق به هراتوم هایدروجن و هسته‌های شان قوهٔ 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 طوریکه معلوم است، هایدروجن به شکل مالیکولی موجود است. در موقع تشکیل رابطه قوهٔ جاذبه 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.

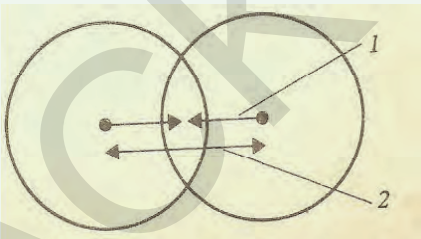
ACKU

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

روابط کوولانسی را میتوان به شکل یک فنر تصور کرد . شکل زیر را ملاحظه نمایید، زمانی که دو اتوم هایدروجن از هم دور می گردد، آن‌ها را قوۀ جاذبه بین هسته والکترون دوباره نزدیک سـاخته وبه حالت اولی بر میگرداند، از طرف دیگر قوۀ دافعه آن‌ها را دوباره ازهم دور می‌سـازد، دراین صورت اتوم‌های هایدروجن در امتداد محور رابطه در حال نوسـان قرار میداشـته باشد، لاکن این نوسـان‌ها 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 هسـته‌های اتوم‌های که باهم مرتبط اند، عبارت از طول رابطه است. عموماً 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 مالیکول های $\mathbf{N \equiv N, N = N, N - N}$ طول رابطه‌ها بین اتوم‌های نایتروجن بالترتیب 0.145nm,0.125nm,0.154nm است وطول روابط $C - C, C = C, C \equiv C$ بالترتیب 0.126nm ، 0.134 nm ، 0.154nm می‌باشد.

طول رابطه با انرژی ایونایزیشن تناسب معکوس دارد.

اتوم‌های هایدروجن در فاصلهٔ دور تر از فاصله تعادلی نسبت موجودیت قوهٔ جاذبه ، میل دارندتا باهم نزدیک شوند؛ امادر فاصلهٔ کمتر از قوهٔ تعادلی قوهٔ دافعه قوی شده وتمایل دارند تا به حالت تعادلی بر گردند.

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

از این جا نتیجه گیری می‌شود که اتوم‌های هایدروجن متوصل شده نسبت به اتوم‌های مجزا پایدار می‌باشند؛ یا به عبار ۀ دیگر هایدروجن مالیکولی نسبت به هایدروجن اتومی در سطح پایین انرژیکی قرار دارد ؛ بنابراین زمانیکه 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.

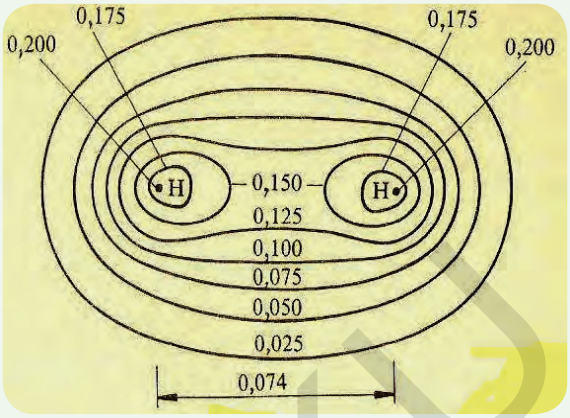
جدول (3 – 4) طول وانرژی رابطه کوولانسی

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

ACKU

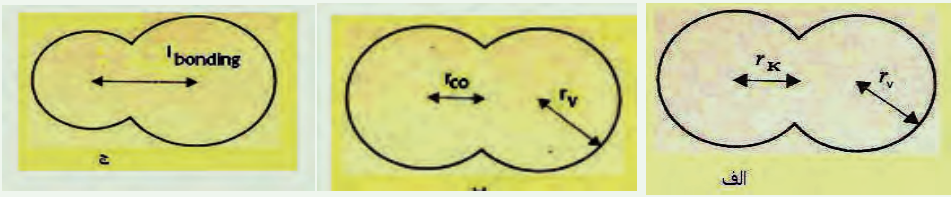
الکترونیگاتیویتی و روابط اشتراکی غیر قطبی و قطبی

درروابــط بین دو اتوم همنــوع کثافت الکترونی اوربیتال‌های تشــکیل دهندهٔ رابطه‌ها (σ – bonding) به طور متناظرنســبی 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 الکترون‌هــا 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 اســت؛ زیراقابلیت الکترونیگاتیوتی فلورین نســبت به هایدروجن بیشتراســت (EN فلوریــن 4 وازهایدروجن 2.1 اســت)؛ بدین اســاس رابطه بیــن 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.



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

الف – r_V شــعاع و اندروالس H_2 : r_{Co} شــعاع کوولنــت(0,017nm) طول r_{Co} 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 الکترونیگاتیوتی 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 الکترونیگاتیوتی 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 میگیریم ، 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

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

توجه کنید:

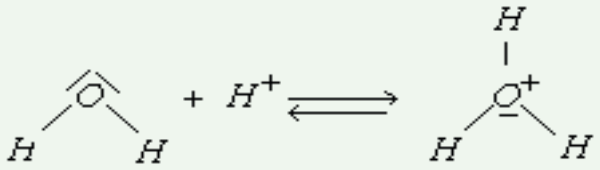
در بعضی موارد اگر تفاوت الکترونیگاتیوتی بین اتوم‌های دو عنصر کمتر از 0.4 غیرقطبی در نظر گرفته می‌شود؛ به طور مثال: رابطه $C-H$ که یک رابطه مهم در کیمیای عضوی است، غیر قطبی در نظر گرفته می‌شود.

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 خودرا 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 :

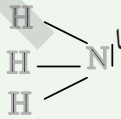


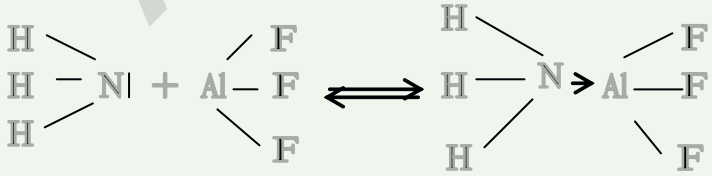
پــس گفته میتوانیم که (H_3O^+) درنتیجهٔ رابطهٔ کواردینیشــن حاصل می گردد وچارج مثبــت پروتون درتمام آیون توزیــع می گردد ؛ به همین ترتیب آب بــا آیون‌های فلزات کواردینیشن می گردد؛ به طورمثال : $[Cu(H_2O)_6]^{2+}$

انحلالیت اکثریت نمک‌ها مربوط به تشــکیل روابط بیــن آیون‌های فلزات ومالیکول‌های آب اســت ، 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 صــورت ممکن تعادل به طرف پروســس حل شــدن ادامه پیدانمایــد وآیون‌های فلزات هایدریــشن (Hydration) گردند:

$$Cu^{2+} + 6H_2O \longrightarrow [Cu(H_2O)_6]^{2+}$$

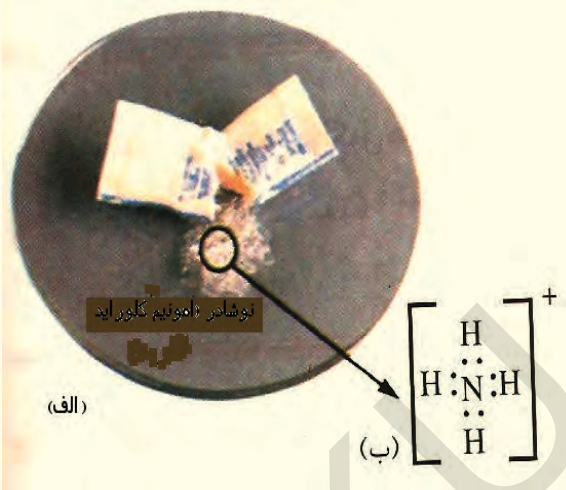
اتوم نایتروجن درمالیکول امونیا  جوره الکترون‌های آزاد خود را به اتوم المونیم درمالیکول AlF_3 داده و درنتیجه بین اتوم نایتروجن والمونیم رابطه کواردینیشــن برقرار میگردید؛ دراین صورت قشــر الکترونی هریک ازاتوم نایتروجن والمونیم حاوی هشت – هشت الکترون بوده وازمشبوعیت الکترونی قشر آخری برخوردارمیباشند.



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

فعالیت

شکل زیر مالیکول نوشادر (امونیم کلوراید) را نشان می‌دهد ، بادر نظر داشت شکل مذکور 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 اشـتراکی سـاده 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 آیونایزیشـن والکترونیگاتیوتی فلزات پایین بوده واتصال الکترون‌های قشر خارجی آن‌ها نسـبتاً سست است ، در فلزات آیونهای مثبت تشکیل شده ، موقعیت ثابتی را در شبکهٔ بلوری اشـغال کرده والکترون‌های آزاد در اطـراف آن آزادانه حرکت می‌نمایند که ذرات بلوری را باهم مرتبط می‌سازد.

به یاد داشته باشید که :

قوهٔ جذب بین الکترونهای ابر الکترونی تشـکیل شـده وآیونهـای 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 آن‌هاگردیده واز همین سبب است که فلزات سخت بوده وقابلیت چکش خوردن وتورق رادارا اند ؛به طور مثال : تشـکیل سیم وتخته‌های مسی ،الومینیمی وغیره نمایانگر روابط ذرات فلزی در اجسام فلزی می‌باشند.

ACKU

۳ – ۳ –۵: خواص فزیکی روابط کیمیاوی

انواع روابط مالیکولها ، صفات مالیکول‌ها را مشـــخص می‌سازد. نقطهٔ غلیان ونقطهٔ ذوبان مســتقیماً به روابط اتوم‌ها در مالیکول‌ها مربوط است؛ به طور مثال: سه مالیکول F_2 ، HF وNaF را از نقطهٔ نظر درجهٔ غلیان وذوبان باهم مقایسه مینمائیم.

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

مالیکول	درجه غلیان	درجه ذوبان
F_2	$-187C°$	$-218C°$
HF	$+20C°$	$-83C°$
NaF	$1707C°$	$995C°$

طوری که دیده می‌شـــود ، NaF مالیکول آیونی بوده نقطهٔ ذوبان وغلیان آن بلند اســـت، درحالیکه HF یک مالیکول قطبی بوده ویا نیمه آیونی می‌باشـــد، 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 ازاینکه 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

برای قطع روابط کیمیاوی همان قدر انرژی ضرورت اســـت که دراثنای تشـــکیل آن آزاد گردیده است . رابطهٔ کیمیاوی به دو میخانیکیت قطع می گردد ، یکی عبارت از قطع هومولتیکـــی (Hemolytic) ودیگـــر قطع هترولیتکی(Hetrolytic) اســـت . درقطع هومولتیکی هر اتوم الکترون خودرا که درتشـــکیل رابطه ســـهیم بوده ، دوباره اخذ نموده وهـــرذره دارای الکتـــرون طاقه بوده که همچو ذرات را به نـــام رادیکال (Radical) یاد می‌نمایند .

$$H - H \rightleftharpoons H\cdot + \cdot H$$

قطـــع رابطـــهٔ که درآن جوره الکترونهای رابطه بـــه یک اتوم الکترونیگاتیف تعلق میگیرد وآیون‌های دارای چارج مختلف تولید می گردند ، به نام قطع هترولیتکی یاد می‌شود .

به طور مثال :انفکاک مالیکول HCl :

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

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

۳ - ۳ –۷: اشکال روابط

بصورت عموم رابطه دارای دوشکل است:

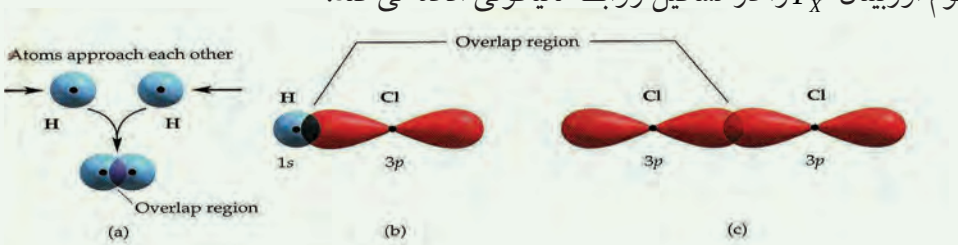
1 – رابطهٔ سـگما (σ) : روابط کیمیاوی به اساس پوشش وتداخل اوربیتال‌ها تشکیل می گردد . اگرپوشـش ابرهای الکترونی به امتداد خطی که هسته‌های دو اتوم را وصل می‌سازد ، صورت بگیرد، یعنی تداخل اوربیتال‌ها مستقیم واعظمی باشد ، رابطه مستحکم بوده وبه نام رابطهٔ سگما (σ) یاد می‌شود که این رابطه میتواند ازتداخل دواوربیتال S ویا یک اوربیتال S ویک اوربیتال P ویا دواوربیتال P بطورمسـتقیم تشکیل گردد.شکل (3 – 17) .

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

2 – رابطهٔ π : رابطه بین دو اتوم درمالیکول‌ها میتواند دوگانه ویا سـه گانه باشـد . این نوع رابطه توسـط بیشـتر از یک جـوره الکترونها تشـکیل می گردد؛بـه 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 مسـتقیم را متقبل شده، یک رابطه (σ) را تشـکیل می‌دهند، رابطه که از تداخـل Pz اوربیتال‌های دو اتوم نایتروجن تشـکیل می گردد ، چـون این تداخل اوربیتال‌ها جانبی بوده که بین دو سـاحه پوشـش به وجود می‌آید واین دو سـاحه دربالاوپایین محور x قرار دارند، رابطهٔ تشـکیل شـده به نام π یـاد میشـود ، رابطـهٔ دومی مالیکول نـا یتروجن از تداخل جانبـی اوربیتال‌های Py دواتـوم نایتـروجن به وجود آمده و طوری که گفته شـد، درتشـکیل رابطهٔ تداخل اتوم اوربیتال‌ها جانبی وسسـت بوده؛ بنابراین رابطه سست ونسـبت به رابطهٔ (σ) غیر مستحکم اسـت. 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 اسـت. 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- $NaCl$

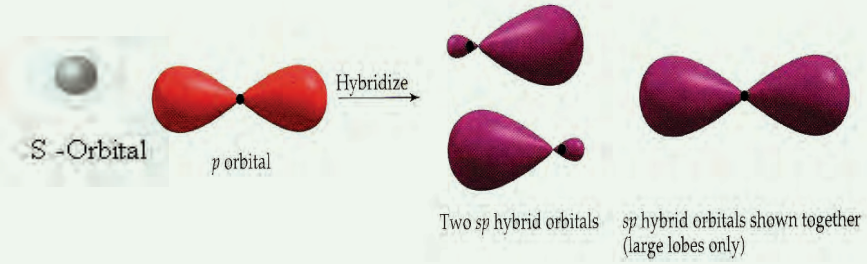
۳-۴-۱:هایبریدیزیشن (Hybridization) وزاویه بین روابط

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

الکترونهای ولانسی اتوم‌های عناصر کیمیاوی میتواند دراوربیتال f, d, p, s وغیره موجود باشد که دراین صورت تمام اوربیتال‌های ذکرشده از لحاظ انرژی هم ارزش نبوده و روابط آن‌ها نیز هم ارزش نمی‌باشد؛ لاکن تجربه به اثبات رسانیده که در مالیکول‌های که اتوم مرکزی آن‌ها دارای اوربیتال‌های مختلف ولانسی (s , p , d .....) اند، ازلحاظ رابطه هم ارزش میباشند، این مطلب توسط علما هریک Cleyster و Pamling توضیح گردید . علمای مذکور ارائه داشته اند که اوربیتال‌های که ازلحاظ انرژی اختلاف زیادی نداشته ودرعین قشر اصلی واقشار 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 سطح انرژی قراردارند وعین ساختمان ابر الکترونی را دارا میباشند، این اوربیتال‌ها به سمت تشکیل رابطه کش شده وتداخل آن‌ها اعظمی بوده، زمینهٔ تشکیل روابط مساعد می گردد.

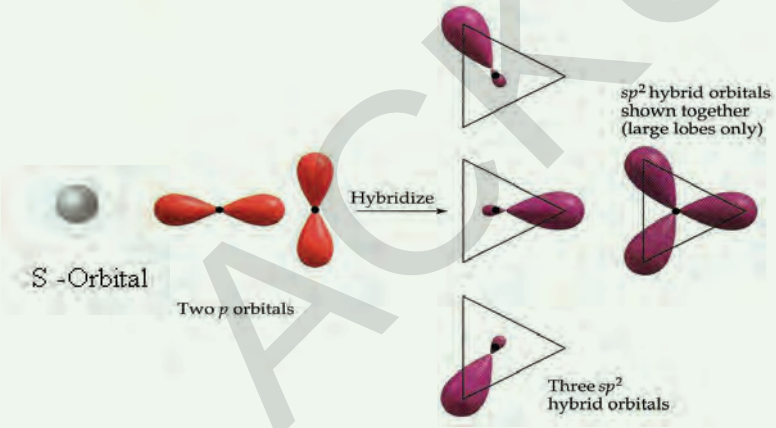
درهایبرید یزیشن اوربیتال‌های اتومی یک مقدار انرژی به مصرف رسیده ، بناً این اوربیتال‌ها بی ثبات به نظرمیرسند ؛ اما دراثنای تشکیل رابطه انرژی را ازدست داده ، ثبات لازمه را حاصل می‌نمایند

Sp هایبرید : دراین نوع هایبرید یک اوربیتال S ویک اوربیتال P با هم امتزاج نموده ، درنتیجه هایبرید Sp – hybrid (Sp) تشکیل می گردد که زاویه ولانسی روابط 180درجه بوده ، مثال آن را میتوان هایبرید SP عناصر Hg ,Cd ,Be درمرکبات هلوجنیدها ارائه کرد . نتایج تجربی نشان می‌دهد که Hg ,Cd ,Be ,Zn هایبرید SP را درهلوجنید هادارا بوده، مرکبات آن‌ها دارای ساختمان هندسی خطی می‌باشد . سهم S وP هر یک است.



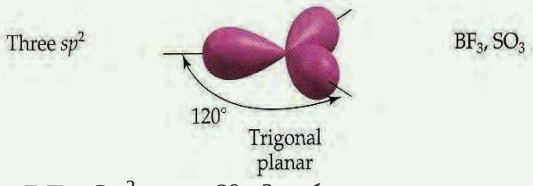
شکل (3 – 18) هایبرید SP :

Sp^2 هـا یبرید یزیشـن : در این نوع‌ها یبرید یک اوربیتـال s ودو اوربیتا ل p با هم امتزاج حاصل نموده ، درنتیجه سـه اوربیتال هایبرید شـدهٔ Sp^2 را 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^2 را اتوم‌های کاربن درهایدروکاربن‌های غیرمشبوع فامیل ایتلین دارا اند . درمالیکول BF_3 بورون هایبرید Sp^2 را دارا است:

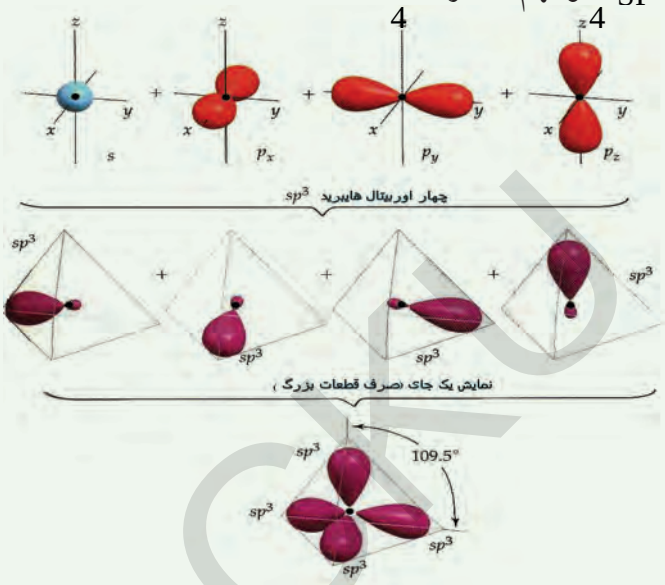


شکل (3 – 20) هایبرید Sp^2 BF_3:

ACKU

SP^3 هایبریدیزیشن: این نوع هایبرید یزیشن را اتوم‌های کا ربن در هاید روکاربن‌ها ی مشــبوع دارا بوده وطوری اســت که یک اور بیتال S با ســه اوربیتال P درنتیجهٔ جذب انــرژی باهم مختلــط گردیده وچهاراوربیتال هایبرید شــدهٔ SP^3 را تشــکیل می‌دهندکــه مواجه به رأس‌های چهــار وجهی بوده وزاویه بین آن‌هــا 109.5 درجه اســت . این هایبریدیزیشــن را میتوان در مالیکول CH_4, CF_4 وغیــره ملاحظه کرد .

سهم S در SP^3 $\frac{1}{4}$ وسهم P درآن $\frac{3}{4}$ است .



شکل (3 – 21) هایبرید SP^3 :

درهایبریدیزیشن اوربیتال‌های نیمه پرشده ویا اوربیتال‌های پرشده 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 یزیشــن نه تنها اوربیتال‌های S و P ســهم گرفته ؛ بلکه اوربیتال‌های f , d نیز ســهیم میباشند . درجدول ذیل اشــکال مختلف مالیکول‌ها وآیون‌های که از اوربیتال‌های خالص و اوربیتال‌های هایبرید شده تشکیل گردیده اند ، ارائه شده است.

ACKU

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^{2-}, 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^{2-}, 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^-

ACKU

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 مستقیماً 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 بوده که همچــو ذرات را به نام رادیکال (Radical) یاد می‌نمایند .

قطــع رابطه ایکه درآن جوره الکترونهای رابطه به یک اتــوم الکترونیگاتیف تعلق میگیرد 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 جذ ب 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 الکترونیگاتیویتیی 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

سؤالات چهار جوابه :

1 – روابط کیمیاوی به 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 هارا 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 بشکل 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

ACKU

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 - اگرتداخل 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 ارایه کرد؟

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

سؤالا ت 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 واضیح سازید.

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 – رابطـهٔ کدام یک از مرکبات ذیل بیشـتر قطبی اسـت ؟ بادلایل مقنـع معلوما ت 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 نمابد.

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

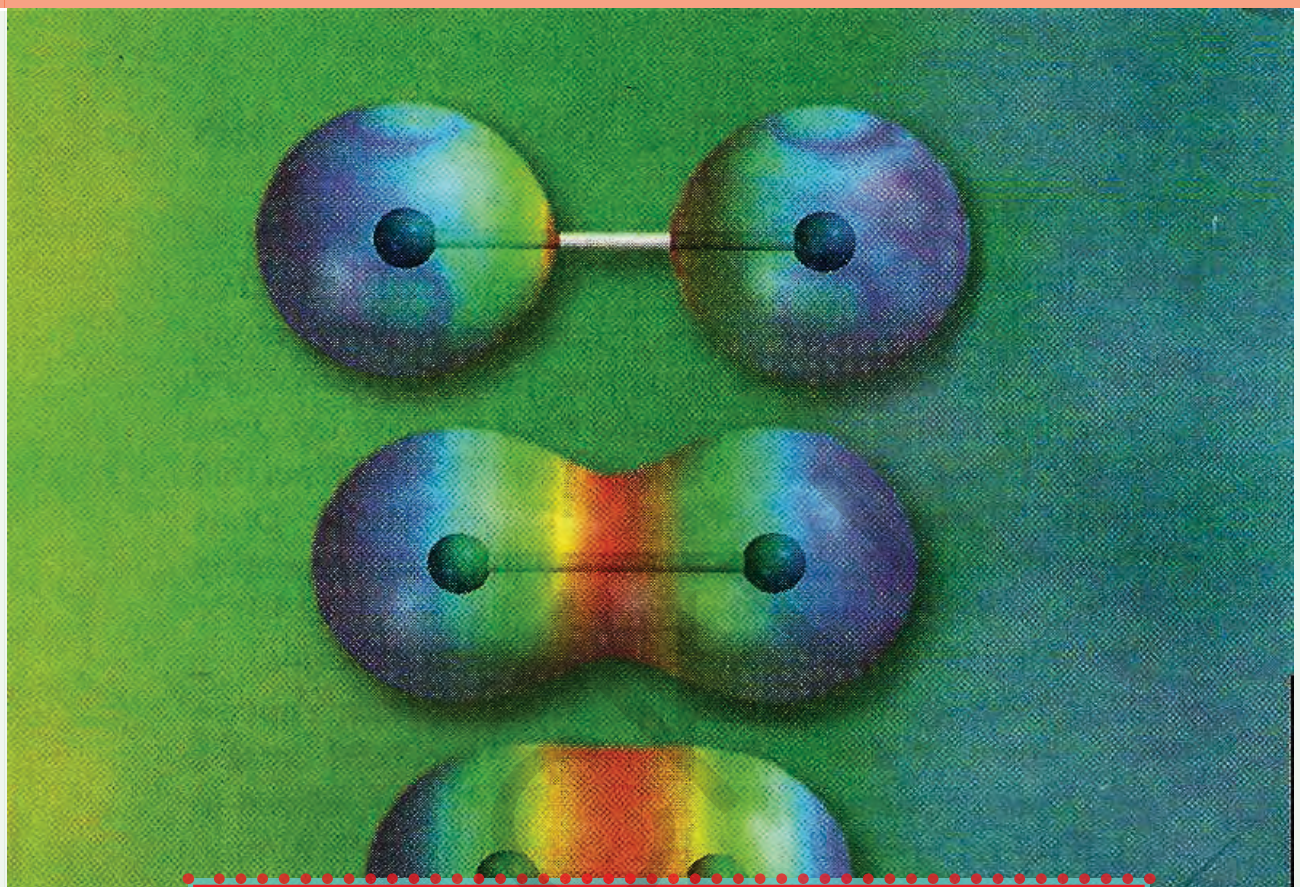
11– رابطه کواردینیشن را توضح نماید .

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

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

ACKU

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 ما لیکول‌ها 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 توضح کنیم ؟ چه وقت مالیکول‌ها قطبی بوده و مالیکول‌های کدام مواد قطبی شده میتوانند ؟با مطالعهٔ مطالب این فصل خواهیم توانست تابه سؤالات فوق جواب ارائه کرد و راجع به تشکیل مالیکول‌ها ، ساختمان وشکل هندسی آن‌ها معلومات کافی به دست آورد ، چگونه گی عوامل تشکیل دهندهٔ مالیکول‌ها را از اتوم‌های تشکیل دهندهٔ شان دانست.

۴ - ۱ : قشر ولانسی اتوم مرکزی مالیکول‌ها

چه فکر میکنید؟ اتوم مرکزی در مالیکول‌ها چه نوع اتوم‌ها اند؟

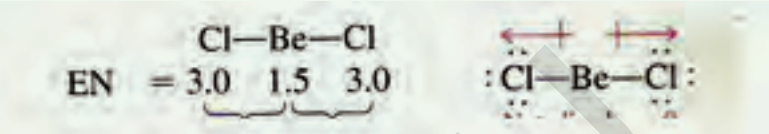
اتوم‌هـای مرکزی در مالیکول‌ها عبارت از همان اتوم‌هایی اند که بلند ترین نمبر اکسیدیشـن مثبت و ولانس را در مالیکول‌های مرکبات دارا باشند . این اتوم‌ها میتوانند رابطهٔ آیونی، اشتراکی ویا اشـتراکی یک طرفه را بااتوم‌های عناصر دیگر برقرارنمایند؛ تشـکیل همچوروابط مربوط به سـاختمان قشر ولانسی؛ یعنی قشر خارجی اتوم‌های این نوع عناصر بوده که الکترون‌های ولانسی در آن‌ها قرار دارند . رابطه بین اتوم‌ها در مالیکول‌ها میتواند آیونی ویا اشتراکی باشد. در تشکیل رابطهٔ آیونی، بین آیون‌های چارج دار مخالف العلامه قوهٔ جذب الکتروسـتاتیکی موجود بوده و سـاحهٔ برقی را که آیونها تشکیل می‌دهند دارای تناظر کروی می‌باشد؛ ازاین سبب رابطهٔ آیونی بدون جهت است.

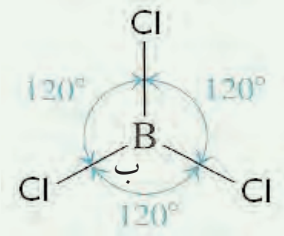
زمانیکـه اتوم‌هـا با هم نزدیـک می گردند ، اتوم اوربیتال‌های آن‌ها بـا هم تداخل نموده و مالیکـول اوربیتال‌ها را تشـکیل می‌دهند . اگر جـوره الکترون رابطه وی مالیکـول اوربیتالی را باداشـتن انرژی پایین اشـغال نمایند ، دراین صورت رابطهٔ کوولنت را تشکیل می‌دهند . به اساس قاعدهٔ هوند سـپین‌های این دو الکترون حتماً مخالف الجهت می‌باشـند . 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 پوشـش اتوم اوربیتالها بین هم اعظمی باشـد، دراین صورت سمت یابی فضایی رابطهٔ کوولنت عالی می‌باشد. شکل مالیکول‌های دارندهٔ رابطهٔ کوولنت توسط زاویه بین روابط اتوم‌های تشکیل دهندهٔ آن‌ها مشـخص می گردد . مالیکول های BCl_3 و NH_3 دارای اشـکال مختلف مالیکولی است.

کدام علتی موجود اسـت که مالیکول بیریلیم کلوراید ($BeCl_2$) خطی بوده ودای پول مومنت آن مسـاوی به صفر است؟ در حالیکه مالیکول $SnCl_3$ ساختمان مالیکولی زاویوی مسطح را دارا است و دای پول مومنت آن خلاف صفر می‌باشد . علتی موجود خواهد بود که 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 :

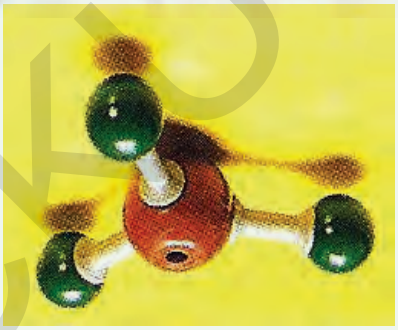
ACKU

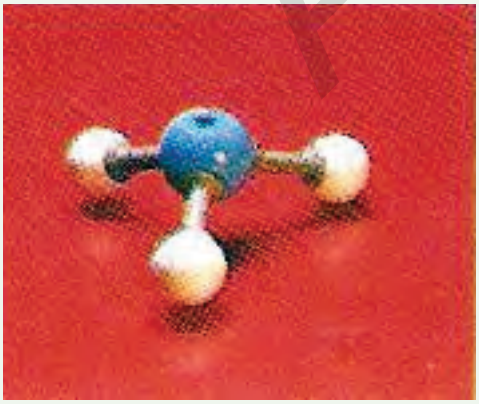
الف

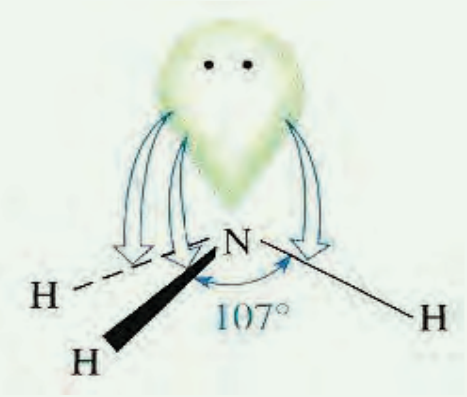




ب







اج

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

ACKU

فعالیت

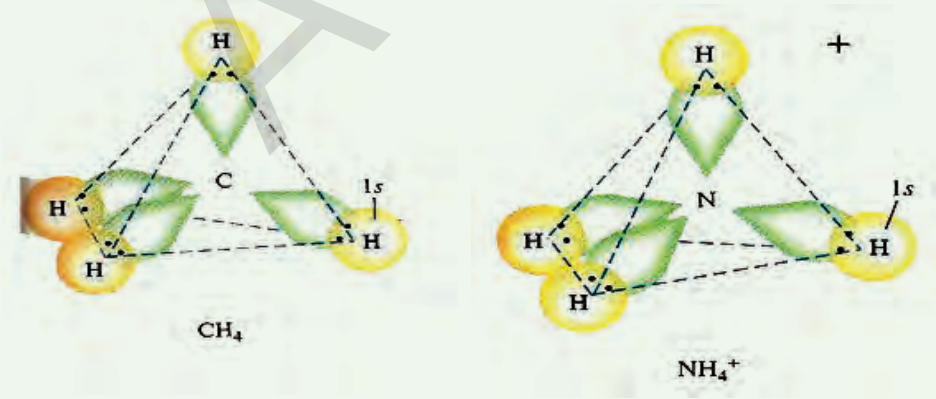
شکل فضایی مالیکول SO_3 تحریر وبه سؤالات ذیل جواب ارایه نمایید.

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 سژویک وپاولی 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 مالیکول‌های متقابل 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

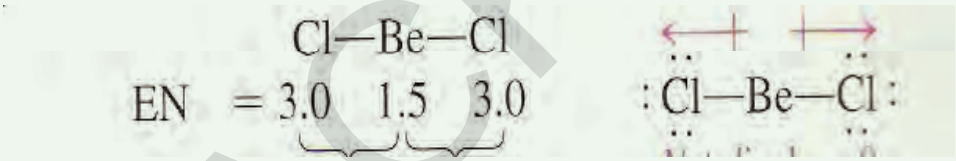
1 – چند الکترون را اتوم زینون برای تشکیل روابط در مالیکول XeF_4 به کارمیبرد ؟ وچند جوره الکترون بالای اتوم زینون درمالیکول مذکور موجود خواهد بود ؟ کدام شکل هندسی را مالیکول دارا خواهد بود ؟

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

۴ – ۲ : مالیکول‌های خطی (دو جوره الکترون‌های آزاد)

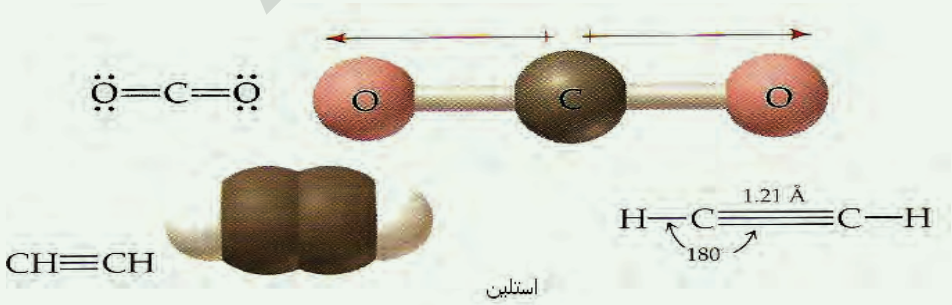
کدام نوع مالیکول هارا به نـام مالیکول هاخطی یاد می‌نمایند؟ مالیکول‌های خطی چه مفهوم را ارائه میدارد ؟

مالیکـول گازی بیریلیـم کلوراید ($BeCl_2$) خطی اسـت . بیریلیم در گـروپ (II) اصلی قرار داشـته ودر قشر ولانسی آن دو الکترون موجود است که میتواند دو رابطهٔ کوولانت را تشکیل دهد .تنظیـم خطـی اتوم‌ها در مالیکول‌ها تجرید اعظمی دو جـورهٔ الکترونی را از یک دیگر تأمین مینمایید.



شکل (4 – 3) ساختمان خطی مالیکول بیریلیم کلوراید

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



شکل (4 – 4) ساختمان خطی مالیکول‌ها

درتیوری سژویک وپاولی ارائه شده است که جوره‌های الکترونی مضروب روابط (رابطه‌های آزاد) نیز قسمتی از فضا را اشغال می‌نمایند ، طوری که این نوع فضا را جوره الکترونهای روابط کیمیاوی نیز اشغال می کند . اشکال فوق را ملاحظه نمایید .

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 مربوط تحریر کنید.

2 - اگر پوقانهٔ چهارمی به آن‌ها علاوه گردد ، دراین صورت تنظیم آن‌ها به کدام منوال خواهد بود ؟

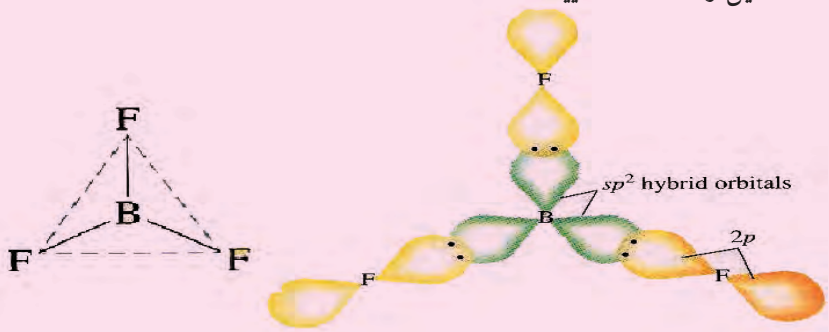
۴ - ۳ : مالیکول‌های مسطح (سه جوره الکترونی)

چه فکر میکنید ؟ 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 .

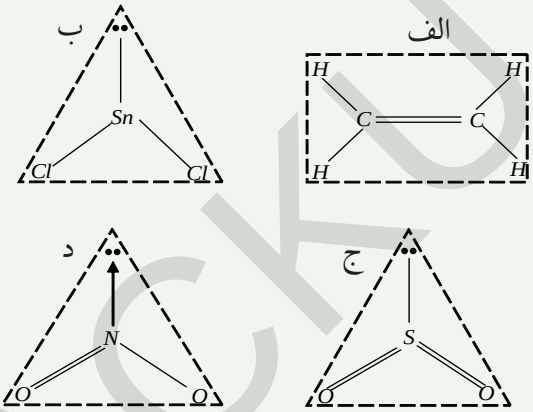
اگر به اطراف اتوم مرکزی مالیکول مرکبات سه جوره الکترون قرار داشته باشد ، درین صورت روابط در یک سطح قرار داشته وزاویه بین آن‌ها 120 درجه بوده و سه اتوم در رأ س مثلث به اطراف اتوم مرکزی قرار دارند ، چنین نوع ساختمان مالیکولی را به نام مستوی مثلثاتی یاد می‌نمایند ، مثال این نوع مالیکول هارا میتوان ساختمان 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 است که دلالت بر غیر خطی بودن مالیکول‌های آن می‌نماید ، علت آن این است که قلعی (عنصر قلعی در گروپ IV سیستم پریودیک قرار دارد) غرض تشکیل روابط تنها دو الکترون را از جملهٔ چهار الکترون به کار میبرد ، جوره الکترون‌های آزاد و جوره الکترون‌های رابطه وی ازهم دورشده و مالیکول دارای ساختمان مسطح سه کنجی را تشکیل می‌دهد . به اساس این تنظیم الکترونی زاویه بین جوره‌های الکترونی اعظمی بوده و قوهٔ دفع بین آن‌ها اصغری می‌باشد. اشکال ذیل را ملاحظه نمایید .



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

فعالیت

ساختمان هندسی مالیکول BrF_3 را ترسیم نموده وبه اساس آن به سؤالات ذیل جواب بگویید.

1 – اتوم برومین چند الکترون را در تشکیل 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 میکنید که آیا

ACKU

مالیکول‌های چهار سطحی نیز موجود خواهد بود ؟ درین نوع مالیکول‌ها اتوم مرکزی کدام نوع ساختمان الکترون را دارا خواهد بود ؟

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

مالیکول های CH_4 ، NH_3 ، H_2O و آیون 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 اینکه 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 میگیرند . جوره‌های الکترونی تشکیل دهندهٔ روابط و جوره‌های آزاد الکترونی در رأس‌های چهار سطحی توجه گردیده است ، شکل 4 – 6 را ملاحظه نمایید .

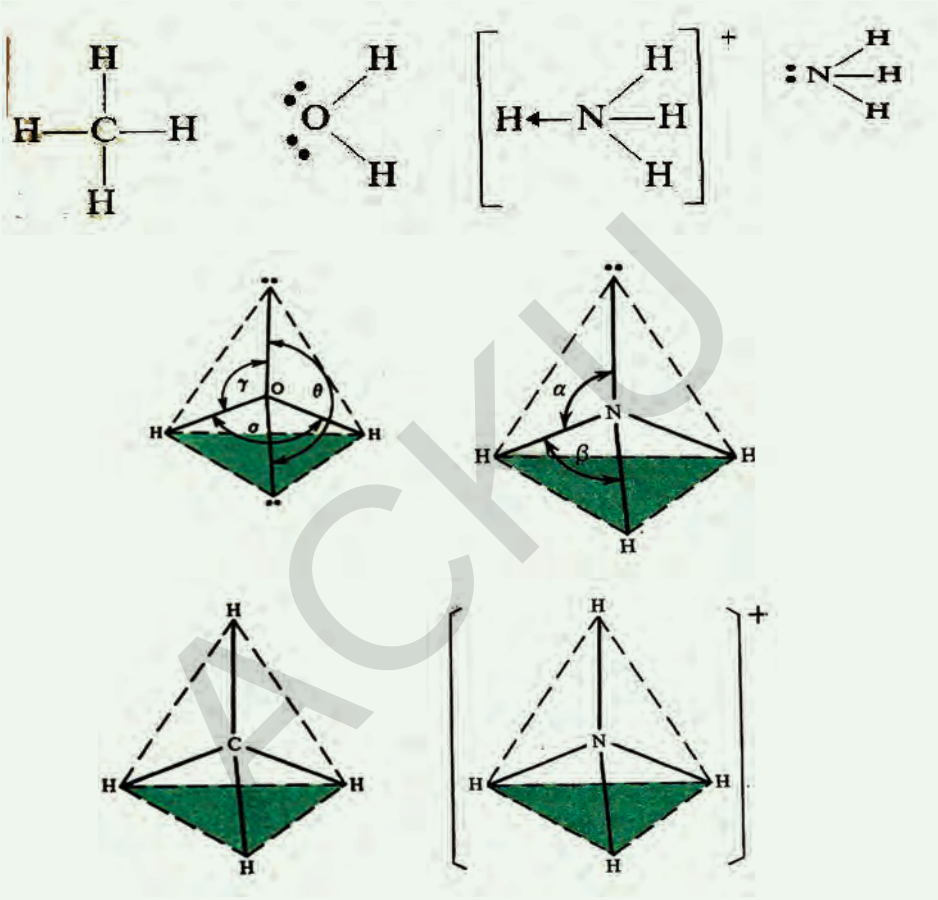
در تمام مالیکول‌ها ، اتوم‌ها در رأس چهار سطحی قرار نمی گیرد . در CH_4 و آیون NH_4^+ اتوم‌ها مالیکول چهار سطحی را تشکیل داده ، اما مالیکول NH_3 شکل ترای گونال پیرامید را دارا است . مالیکول آب ساختمان زاویوی را دارا می‌باشد . در مالیکول CH_4 و آیون NH_4^+ تمامی روابط بین اتوم‌ها یک سان است .

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 کوچکتر از زاویهٔ چهار سطحی باشد . اشکال ذیل را ملاحظه نمایید.

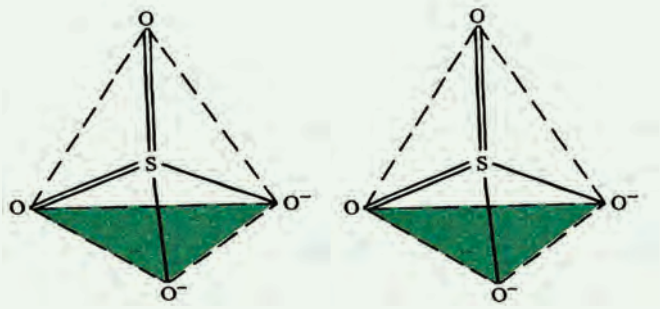


شکل (4 - 7) روابط کیمیاوی در مالیکول CH_4، NH_3، H_2O وآیون NH_4^+

ترتیب جوره‌های الکترونی ولانسی در چهار سطحی

مطابـق به توضیحات فوق ، در مالیکول آب زاویه های γو ϕنسـبت 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 تتراهاید را ل (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

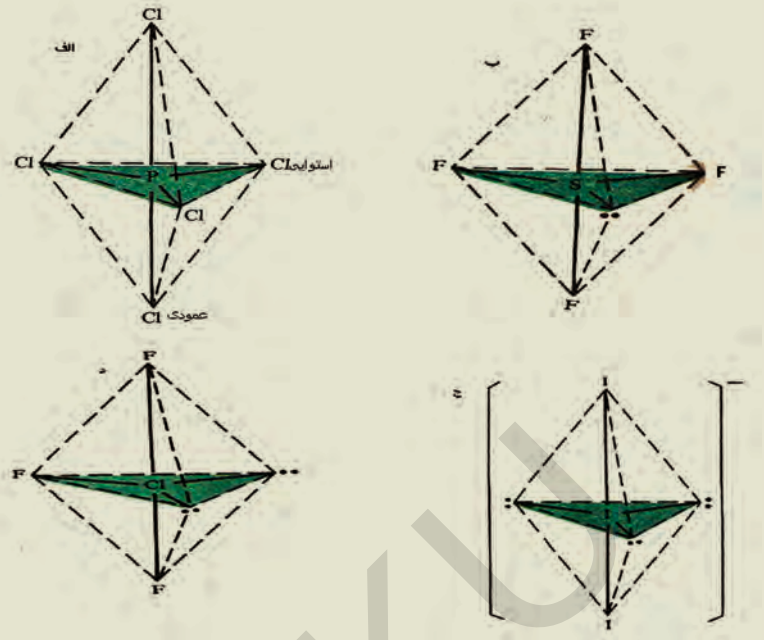
ساختمان مالیکول‌های دارندهٔ چندین(5 ، 6 و 7) جوره‌های الکترونی ولانسی نیز موجود بوده ، این نوع ساختمان را مالیکول‌های دارا اند که اتوم مرکزی آن‌ها عناصر پریود کوتای دوم وسوم اند ، دراین مورد راجع به پوره نمودن اوکتیت سخن زده می‌شود .

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 .

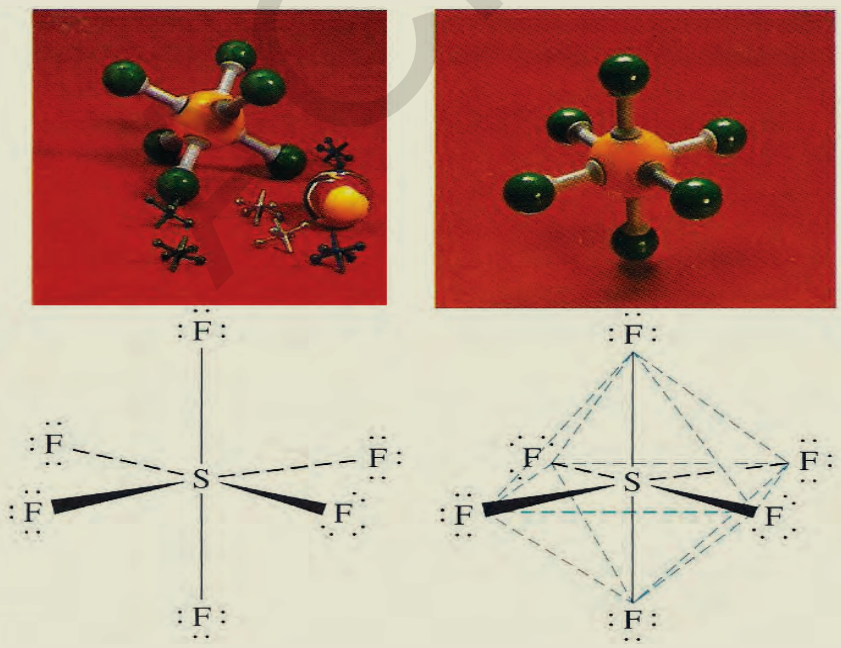
به همین ترتیب جوره الکترونی در SF_4 نیز تنظیم گردید است . شکل (4 –9) را ملاحظه نمایید.

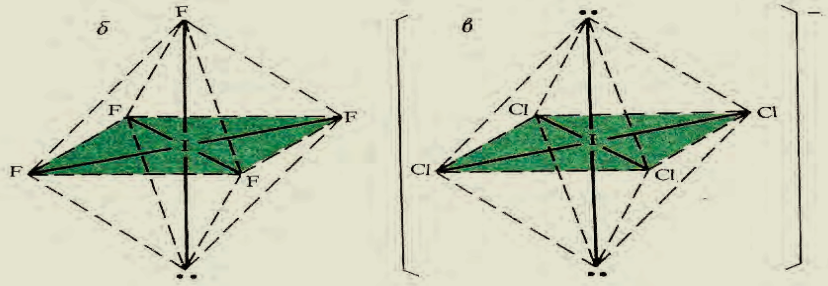
سلفر عنصری است که در گروپ VI اصلی قرار دارد ، از جملهٔ شش الکترون ولانسی چهار الکترون را برای تشکیل روابط به کار برده واز آن یک جورهٔ الکترونی آزاد باقی میماند، این جوره الکترونی آزاد ممکن در موقعیت میانهٔ عمودی قرار داشته و یا اینکه موقعیت استوایی را اشغال می‌نمایید ، استقرار آن‌ها در موقعیت استوایی با تیوری ژیلیسپی (Jillespi) و نایهولم (niholm) مطابقت دارد که اوربیتال جوره الکترون‌های آزاد نسبت به اوربیتال‌های رابطه وی 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 .

ACKU



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



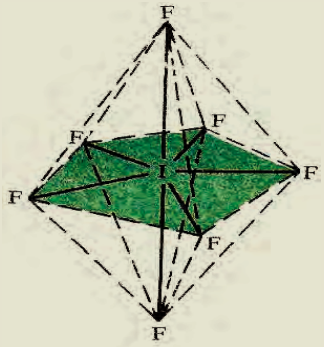


شکل (4 – 10) سمت یابی هشت وجهی جوره‌های الکترونی در SF_6، ICl_6 و IF_6:

شـــکل مالیکول ClF_6 که در شکل (4 –10) نشان داده شده است ، روابط و جوره‌های الکترونی آزاد ســـاختمان Trigonal Bipyramid را تشـــکیل می‌دهد . اتوم مرکزی آیـــــودین(گروپ VII) در آیون I_3^- برای تشـــکیل روابط تنها دو الکترون را از تمامی الکترون‌های خویش به کار میبرند، (آیودین 7 الکترون در مدار خارجی دارا است) از جمله 5 الکترون باقی مانده و هم یک الکترون ملحق شـــده با آن که باعث تشـــکیل انیون می گردد ، سه جورۀ الکترونی آزاد را سمت دهی می‌نماید . تنظیم پنج جورۀ الکترونی گســـترش یافته به ســـاختمان‌های منشـــور ترای گونال مطابقت دارد، مرکب SF_6، IF_5 و آیون ICl_4^- مثالی از ساختمان‌های دارندۀ شش جوره الکترونی به اطراف اتوم مرکزی می‌باشد و ساختمان مالیکول دراین صورت اوکتایدری است.

مالیکول IF_6 شکل هرم مربع را دارا بوده ؛ اما جوره الکترونی آزاد موقعیت ششم را در اوکتایدر اشغال می‌نماید . اتوم‌های کلورین در ICl_4^- در رأس مربع تنظیم گردیده ؛ اما جوره‌های الکترونی آزاد موقعیت استوایی را در اوکتایدر مکمل شده اشغال می‌نماید .

مالیکـــول هـــای IF_6 دارای هفت اوربیتـــال به اطراف اتـــوم مرکزی بوده وتنظیم روابط به شـــکل پنتاگونال بی پرامید می‌باشد . شکل ذیل را ملاحظه نمایید:

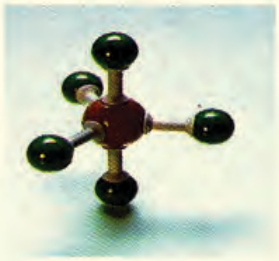


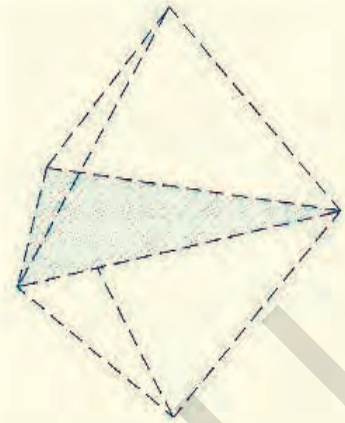
شکل (4 – 11) ساختمان پنج کنجی – منشوری

ACKU

فعالیت

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





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

1 – ساختمان مالیکول مر کب مذکور به کدام ساختمان هندسی مطابقت دارد؟

2 – هایبرید فاسفورس درین 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؟

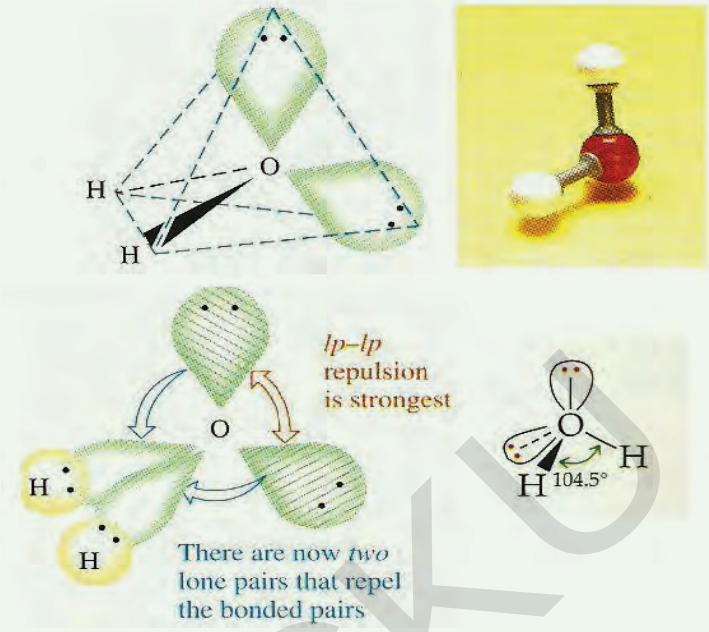
۴ –۵ : ساختمان مالیکول آب

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 90^0باشد . مطا لعات و تحقیقات علمی نشان می‌دهد که عملاً زاویهٔ مذکور مساوی به 104.5^0درجه 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 دارد .

فعالیت اول

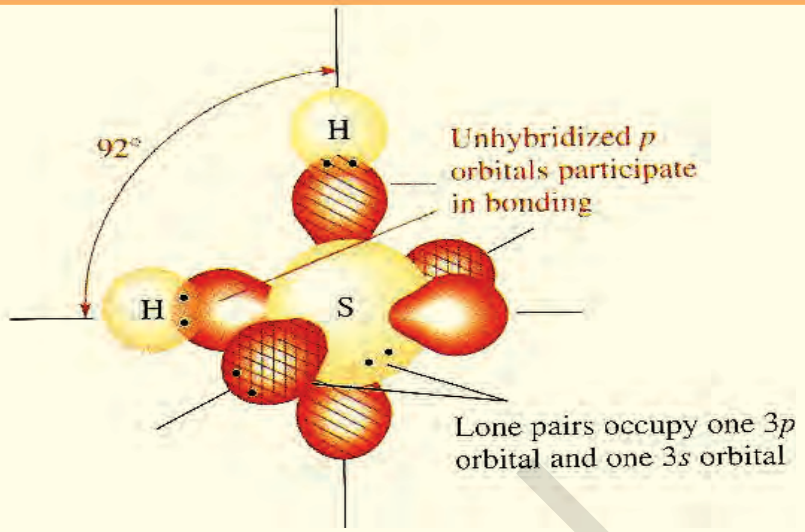
تنظیم روابط وساختمان مالیکول‌ها را در مرکبات ذیل توضیح نموده شکل هندسی مالیکول‌ها را تحریر دارید .

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 .

ACKU



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

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

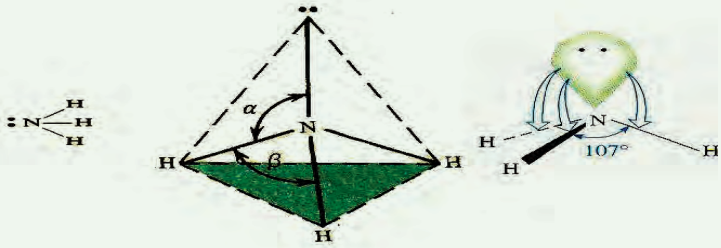
2 - چرا زاویهٔ روابط مرکب مذکور نسبت به زاویهٔ روابط مالیکول آب کوچکتر است؟

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 می‌باشد 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 تترا 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 $\overline{N}F_3$ کدام نوع روابط را اتوم هـای 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 .

زمانیکه دو اتوم عین عنصر یک رابطه کوولانسی را تشکیل می‌دهند ؛ به طور مثال: H_2 و 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 بطور مساوی توسط هر دو هسته‌های اتوم‌ها جذب می گردند ، این نوع رابطه غیر قطبی (Non polar) بوده ومالیکول غیر قطبی است.

موقع که دواتوم عناصرمختلف باهم مرتبط می گردند (به طور مثال: در HCl)وما لیکول را تشکیل می‌دهند ، در این صورت قوه جاذبه هردوهسته‌ها یکسان نبوده ویکی ازهسته بنابرداشتن قوهٔ جاذبهٔ مثبت الکترون‌ها را به طرف خود کش نموده و کثافت ابر الکترونی بالای آن زیاد شده ، در نتیجه چارج منفی قسمی (δ −)راحاصل نموده و اتوم دیگری که الکترون‌های آن کش گردیده ، باالمقابل چارج مثبت قسمی(δ +) راحایزمی گردد ؛ به طور مثال: در مالیکول (HCl) هایدروجن چارج قسمی مثبت وکلورین چارج قسمی منفی را دارا است که به شکل تحریر می گردد. رابط که دردوانجام آن چارج‌های قسمی مثبت ومنفی وجود دارد ، به نام رابطه قطبی (Polar bond) یاد می‌شود و مالیکول‌های دارای روابط قطبی به نام مالیکول دوقطبی

(Dipole) یـاد 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 قسمی (Particle Charges) مثبت(+ 0,17) و اتوم کلورین چارج منفی قسمی (– 0,17) را دارا است .

عموماً دای پول مؤمنت قطبی را به μ افاده می‌نمایند ، پس دای پول مومنت دوقطبی عبارت از حاصل ضرب چارج قسمی وفاصله چارجهای قسمی ازهم دیگر است:

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

درحقیقت دای پول مؤمنت یک مالیکول کمیت مقداری عدم تشابه چارج‌ها درآن مالیکول اســت . دوچارج مخالف با کمیت چــارج $\delta = e = 4.81 \cdot 10^{-10} esu = 1.6 \cdot 10^{-19} cb$ که به فاصلهٔ $1A^{\circ}$ ازیکدیگر قراردارند ، دارای دای پول مؤمنت ذیل است :

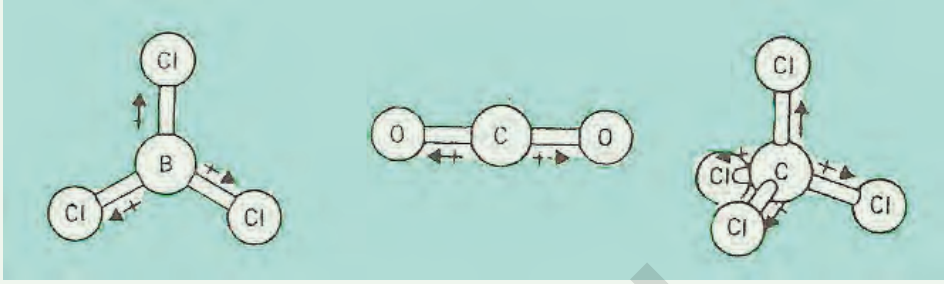
$$\mu = q \cdot l = 4.81 \cdot 10^{-8} cm = 4.8 \cdot 10^{-18} esu \cdot cm$$

$10^{-18} esu \cdot cm$ یــک دبای (D) (Debbie) تعریف نمــوده اند؛ به طور مثال :طول رابطه درمالیکول HCl مســاوی به ($71.27^{\circ}A$) اســت ، دای پول مؤمنت آن مســاوی (1.03D) است.

ناگفته نباید گذاشت که $Debbie = 0.33 \cdot 10^{-29} Cb \cdot m$ نیز می‌باشد .

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 بصورت کل غیرقطبی است که مثال آنرا میتوان در CCl_4, BCl_3, CO_2 مالیکول‌های مشابه ارایه کرد.

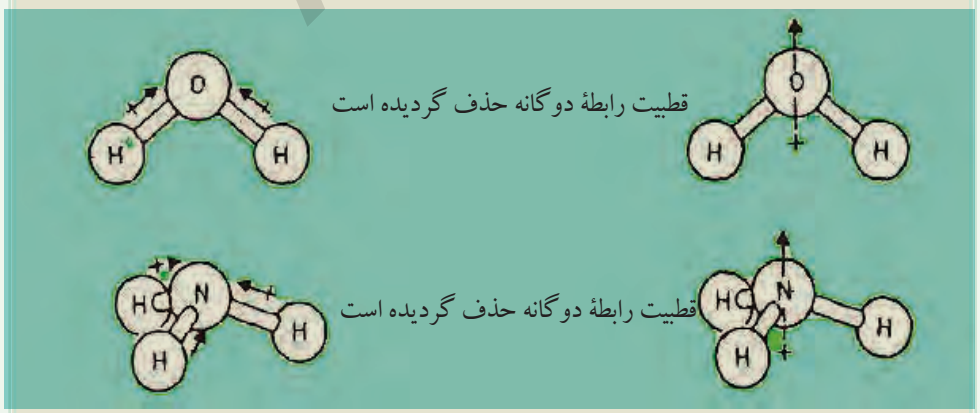
اشـکال ذیـل مالیکول‌های فوق الذکررانشـان می‌دهند کـه چطور دای پول مؤمنـت رابطه‌های خطی خنثی شـده ودای پول مؤمنت عمومی مالیکول صفر می‌باشـد ، ایـن دای پول مؤمنت‌ها به (⟶+) افاده شده است که سمت تیر به انجام منفی دای پول توجه می‌باشد:



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 طـور مثال : بطورعموم مالیکـول MXn رادرنظربگیریـد که درآن M اتـوم مرکزی وX عبـارت از اتوم ویاگروپ ازاتوم‌های باشـد که 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 عمومی نبوده ، این پدیده برای مالیکولهای آب وامونیا که هردوی آن قطبی است . درشکل ذیل ارائه گردیده است:



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

ACKU

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 به 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 .

زمانیکه 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 .

* مالیکـول آب دارای دای پـول مومنت بوده ، اگر مالیکـول آب خطی می‌بود ، درین صورت دای پول مومنت روابط O-H متقابلا" بایکدیگر جبران شده ، 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 .

ACKU

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 – $\overset{\delta+}{C}-\overset{\delta-}{Cl}$ ب– $\overset{\delta+}{C}-\overset{\delta-}{O}$ ج – الف وب هردو د – هیچکدام

7 – یک دبای (D) (Debbie)را ----- تعریف نموده اند .

الف – $10^{-18}\,\mathbf{esu\cdot cm\cdot L}$ ب– $10^{-28}\,\mathbf{esu\cdot cm}$ ج $10^{-20}\,esu.cm$ د – هیچکدام

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 – تترا 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 .

_____

_____

ACKU

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.

ACKU

۵ –۱ : تفاوت‌ها بین روابط کیمیاوی وقوۀ بین مالیکولی

اتوم‌ها به اساس روابط آیونی ویا روابط کوولانسی با هم متوصل گردیده و مالیکول‌های مرکبات کیمیاوی را تشـکیل می‌دهند. اکثر مرکبـات دارای روابط آیونی ، در آب منحل بوده و محلول‌هـای آن‌هـا دارای آیون‌های آزاد می‌باشـند و تحت عملیۀ الکترولیـز قرار می گیرند. مالیکول‌هـای مرکباتی کـه رابطۀ کوولانسـی را دارا اند، اکثراً در آب منحل نمی‌باشـند و در صورتی که حل گردند، به شـکل مالیکولی از کتلۀ بزرگ جدا شـده ودرمحلول‌ها مالیکول‌های آن‌ها به ملاحظه میرسند . مرکبات کوولانت در محلل‌های عضوی مانند پروپانون و کاربن تترا کلوراید منحل میبا شند.

طـوری که در مبحث روابط کیمیاوی مطالعه گردید، اتوم هادر تشـکیل مالیکول‌های مرکبات کیمیاوی، رابطه‌های آیونی، کوولانسـی ویا کواردینیشن را بر قرار نموده ، مالیکول‌ها را تشکیل می‌دهنـد که به این اسـاس ما لیکول‌ها ی مرکبات از لحاظ خـواص مختلف بوده ؛ زیرا روابط اتوم‌ها در مالیکول‌های مرکبات مختلف، دارای اشـکال مختلف میباشـند؛بنابراین مالیکول‌های مرکبات مختلف دارای خواص وسـاختمان مختلف بوده واجسـام مختلف را با اشکال مختلف تشـکیل 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 وقوۀ بین مالیکولی را میتوان قرار ذیل توضیح کرد:

روابط کیمیاوی به اسـاس الکترونهای ولانسـی 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 قوۀ جذب بین این مالیکول‌ها اجسـام کرستالی بزرگ حاصل می‌شـوند، در صورتی که رابطۀ اتوم‌ها در مالیکول‌ها کوولانسی باشـد، این نوع مالیکولها به اسـاس قوۀ دای پـول– دای پول مومنت، قوۀ وانـدر والس و رابطۀ هایدروجنی باهم متحد گردیده، اجسام مکرومالیکولی ویا مایکرومالیکولی را تشکیل می‌دهند.

به عبارت ذیل توجه نمایید

درروابـط کیمیـاوی الکترونهای ولانسـی اتوم‌ها سـهیم بوده ، مالیکول‌هـا ، 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:

ACKU

۵ - ۲ : انواع قوۀ جذب بین مالیکولی

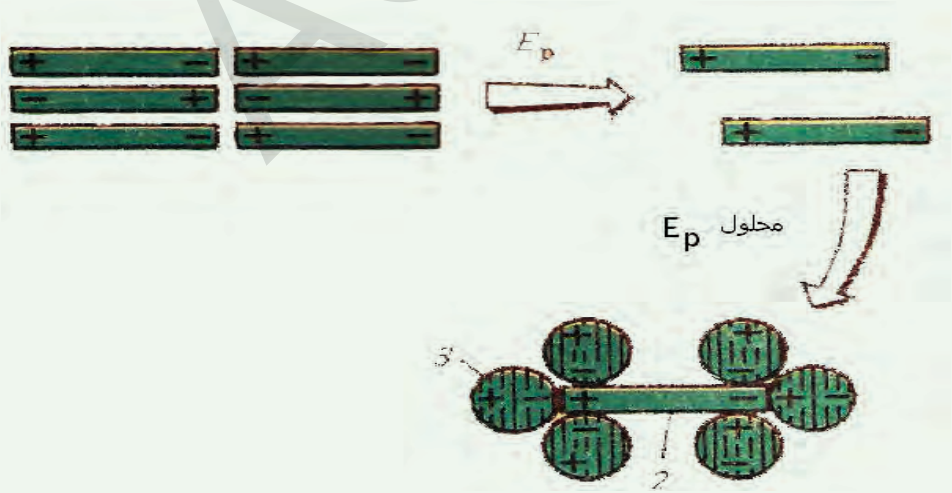
در فصل چهارم روابط کیمیاوی (مبحث رابطۀ کوولنت) درمورد جذب بین مالیکول‌ها دارندۀ روابط کوولنت بحث گردید، انواع مختلف قوۀ جذب بین مالیکول‌ها موجود است که در ذیل این قوه‌های جذب را مطالعه می‌نماییم.

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 قوۀ واندر – والس و رابطۀ 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 درنتیجۀ عمل متقابل بین مالیکول‌های قطبی مادۀ منحله با مالیکول‌های محلل قطبی آزاد می گردد.



شکل (5-1) پروسس حاصل شدن

1 - مالیکول‌های پولار در کرستال

2- مالیکول پولار مادهٔ منحله

3 - مالیکول پولار محلل .

انرژی ضروری برای تخریب شبکه کرستالی

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

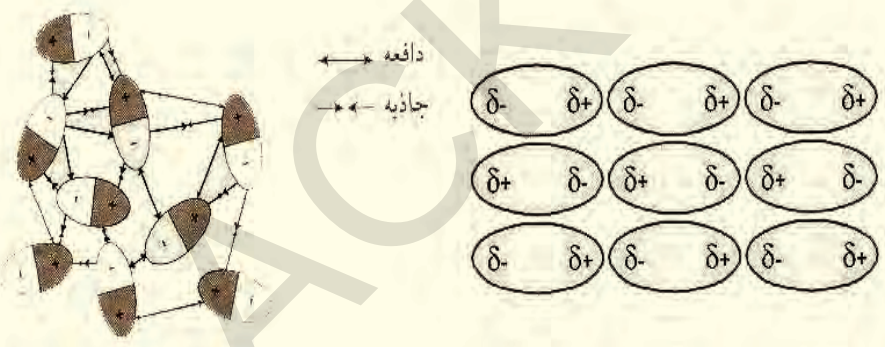
چنین نوع عمل متقابل رابه نام solvation یاد می‌نمایند، درصورتی که محلل آب باشـد، به نام Hydration یاد می گردد

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 الکترووولانسی ایشـان نایل ساخت ؛ از این نوع قوه‌ها میتوان برداشـت مختلف راداشته باشیم؛ لاکن به صورت عموم اینها کنیهٔ قوهٔ واندر– والس را دارا اند.

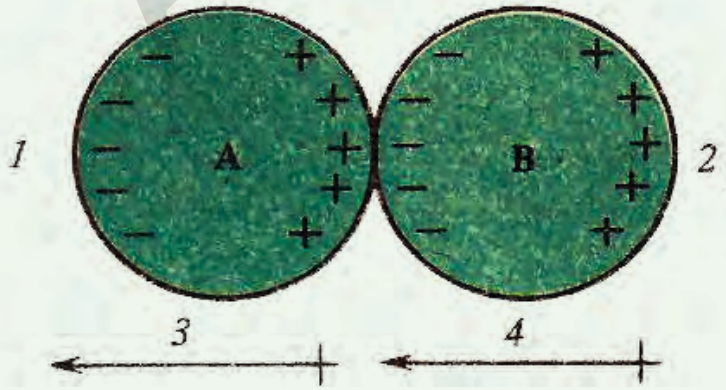
بین مالیکول‌های غیرقطبی قوهٔ جذب موجود است . مطابق به تیوری لندن این قوه‌ها مربوط به پولاریزیشن لحظوی مالیکول‌ها می‌باشد که سبب عمل متقابل ثابت قوه‌های جذ ب می‌شوند.

ACKU

یکی از اشــکال قوۀ وانــد روالس همان عمل متقابل دایپول– دایپولــی بین مالیکول‌های قطبی می‌باشــد. قوه‌های جذب بین مالیکول‌های غیر قطبی نیــز موجود بوده؛ حتی اتوم‌های گازات نجیب بســیار ضعیف با یکدیگر جذب می‌شــوند؛ ازین سبب به طور مشخص آن‌ها میتوانند حالت مایع را اختیار نمایند.

بیــن مالیکول‌های غیرقطبی قوۀ خاص واندر – والس عمــل می‌نماید و آن عبارت از قوه‌های Nespersion یا قوۀ لندن می‌باشد؛ علت به وجود آمدن این قوه‌ها توسط تیوری فزیکدان به نام لندون (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 هســتند ؛ بنابرآن تقسیم شدن کثافات ابر الکترونی به طور اوسط متنا ظر می‌باشــد؛ امادر هرمومنت مشــخص زمانی تقســیم الکترون هادریکی ازمالیکول‌ها ممکن غیر متناظر باشــد ؛ طورمثال : درلحظۀ برای این نوع مالیکول‌ها مومنت دای پولی ظاهر می‌شــود. درشــکل (5 – 2) نشان داده شده اســت که چطور این نوع دایپول زمانی دریکی از مالیکول ها(A) میتواند ابر الکترونی مالیکول‌های همجوار (B) راجذب نماید ؛ بنا براین هردو مالیکول‌ها مومنت دایپولی داشــته 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 دیپول‌ها ی 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 واتوم‌ها ی 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 لحظوی بین دو مالیکول‌ها و دو اتوم‌ها

عوامل مؤثر بالای قوت قوه‌های لندن

چـون قوه‌های لندن در نتیجهٔ به وجود آمدن دای پـول مومنت ایجاد می گردد 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 :

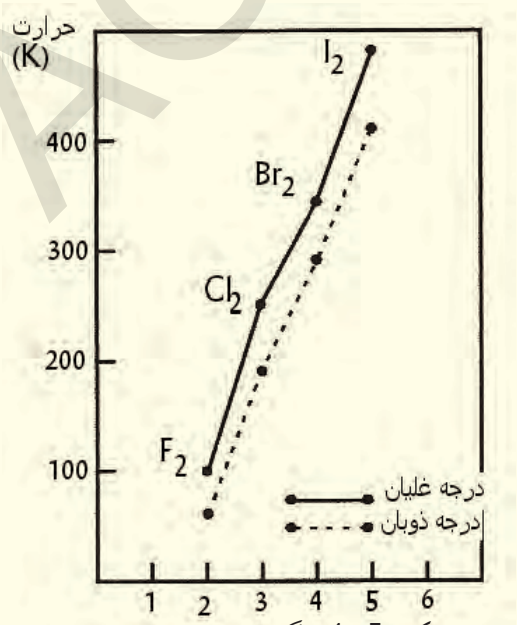
با افزایش تعداد الکترون‌ها در مالیکول‌ها وقشـرهای الکترونی به اطراف هر اتوم ویا با افزایش تعداد اتوم‌ها در یک مالیکول ، حجم واندازهٔ ابر الکترونی آن بزرگ می‌شود .به هر اندازه که ابرالکترونی بیشتر و از هسته دور واقع باشد ، پراگنده گی الکترونها بیشتر و قوهٔ لند ن نیز زیاد بـه وجود می‌آید . افزایش قوت قوهٔ 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 سؤالات زیر جواب ارائه بدارید:

1 – درجهٔ غلیان مالیکول‌های کدام عنصر هلوجن بلند است؟ علت آنرا توضیح نمایید.

2 – درجهٔ ذوبان مالیکول‌های کدام عنصر هلوجن بلند است؟ علت آنرا توضیح نمایید.



شکل (5 – 4):گراف مقایسهٔ درجهٔ غلیان هلوجن‌ها

ACKU

ب - کتلهٔ مالیکول

مالیکول‌های هایدروجن عادی (^1_1H)، دیتریم (^2_1D) وتریشیم (^3_1T) هرســه غیر قطبی اند.حجم مالیکول و طول رابطه در مالیکول‌های هر ســه ایزوتوپ هایدروجن مساوی است؛ اما کتله هرسه آن‌هــا از هم فرق دارد، دراین صــورت این کمیت بالای درجهٔ غلیان وذوبان آن‌ها تأثیر دارد که در جدول ذیل دیده می‌شود؛ پـــس نتیجه گیری می‌شود که کتلهٔ مالیکول هانیز در قدرت قوهٔ لندون تأثیر دارد . جدول ذیل را ملاحظه نمایید:

جدول (5 – 1): بعضی مشخصات ایزوتوپ‌های هایدروجن:

فورمول	طول رابطه (pm)	کتلهٔ مالیکولی	نقطهٔ ذوب(K)	نقطهٔ جوش (K)
(^1_1H)	74.14	2.00	13.957	20,39
(^2_1D)	74.14	4.03	18.73	23.67
(^3_1T)	74.14	6.03	20.62	25.04

ج - شکل مالیکول وسطح تماس

مالیکول‌هــای دارنــدهٔ ســطح تماس بیشــتر با هم دیگر نزدیک شــده و قوهٔ لنــدن زیاد تر قوی می‌شــود. مالیکول‌های مسطح وخطی نسبت به مالیکول‌های هرمی و خمیده ومالیکول‌های زنجیری نســبت به مالیکول‌های منشــعب وشاخه دار سطح تماس بیشــتر 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}	$CH_3-\underset{\vert}{CH}(CH_3)-CH_3$	-159	-12

ACKU

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 یادداشـــت وعلت این تفاوت‌ها را توضیح نمایید .

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 تنهـا 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) درصورتـــی برقرارمی گردد که اتوم هایدروجن به همین عناصرالکترونیگاتیف رابطه داشته باشد، این رابطه بین مالیکول‌ها تشکیل گردیده ویا این که بین اتوم‌های هایدروجن واتوم‌های عناصـرالکترونگاتیف عین مالیکولها(رابطه داخلی مالیکولی) برقرارمی گردد .

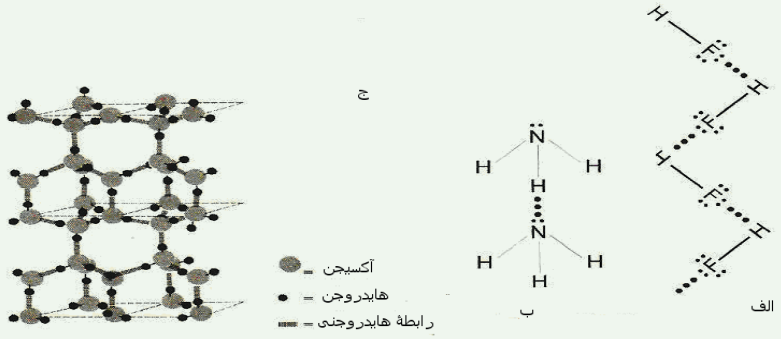
طوری که معلوم است ، مرکبات هایدروجن دار که درترکیب مالیکولی شان عناصر غیر فلزی الـکترونگا تـیف موجودباشد (F, N,O)، دارای خواص کاذب ودرجه غلیان بلند میباشند.

جدول (5 –4): درجه غلیان سلسله یی 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 – N , H – O , H – F 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 می گردد و مالیکولها مرتبط می‌شوند:



شکل (5 – 5): رابطه هایدروجنی ، الف – HF ، ب – امونیا ، ج – یخ

۵ –۲ –۳ –۱ : ماهیت رابطهٔ هایدروجنی

گرچه توافقی در مورد ماهیت رابطهٔ هایدروجنی موجود نیســت؛ اما دراین جا بعضی از مشخصاتی را مورد بحث قرار میدهیم تا ویژه گی‌های مختلفی را در مورد این قوه بهتر بشناسید . در جدول ذیل خواص چند مالیکول مرکبات مختلف باداشــتن این رابطه و ویژه گی قوه بین آن‌ها به طور مقایسوی ارائه شده است:

جدول (5 – 5): خواص فزیکی بعضی مالیکول‌ها.

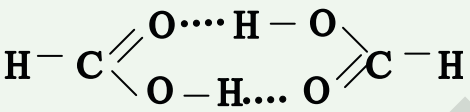
مالیکول	نوع رابطه بین مالیکول	طول رابطهٔ هایدروجنی pm	طول رابطهٔ اتوم‌ها درمالیکول pm	انرژی رابطهٔ هایدروجنی	دای پول مومنت مالیکول μ	دای پول مومنت رابطه μ
HF	$F-H...F$	120	120	- 1 9 k j / mol	1.8D	1.9D
H_2O	$O-H...O$	170	100	- 2 2 k j / mol	1.82D	1.5D
NH_3	$N-H...N$	220	90	- 1 7 k j / mol	1.47D	1.4D

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.

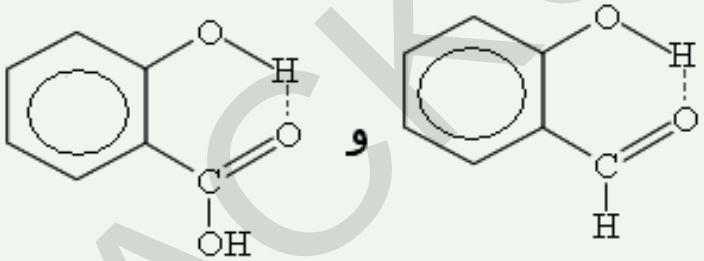
ویژه گی خاص رابطهٔ هایدروجنی در این اســت که با قرار گرفتن ســه اتوم $(X-H...Y)$ در یک خط مســتقیم قدرت این رابطه را بیشتر می‌ســازد و رابطهٔ هایدروجنی جهت دار می گردد . جهت دار بودن آن مربوط به رابطهٔ کوولانســی بــوده و رابطهٔ آیونی هم این خاصیت را دارا نمی‌باشــد ؛ زیرا قوه بین آیون‌ها در تمام سمت‌ها یکسان می‌باشد؛ اما باآنهم رابطهٔ هایدروجنی را نمی‌توان کولانســی یا آیونی فرض کرد؛ زیرا در قدم اول اتوم هایدروجن دارای اوربیتال s در قشــر اولی وولانســی خود بوده ونمی تواند بیشتر از یک رابطهٔ کو ولانسی را بر قرار نماید واز طرف دیگر انرژی رابطهٔ کو ولانســی وآیونی اکثراً بیش از 100kj/mol اســت ، نتیجه

اینکه رابطهٔ هایدروجنی باوجودیکه با قوه‌های دای پول – دای پولی وروابط کیمیاوی شباهتی دارد؛ امـــا با هیچ یک از آن‌ها یکسان نمی‌باشد .

انـرژی رابطـه هایدروجنی $21-29 Kjoul/mol$ بوده و (10) الی 20)) مراتبه نسبت به روابط کوولنت ضعیف می‌باشـد؛ اما به مراتب نسـبت به قوه واندروالس قوی تراسـت . رابطهٔ هایدروجنـی باعث تشـکیل دایمیرها $(HF)_2$ و $(H_2O)_2$ در حالت بخـار 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 بنزالد یهاید، 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

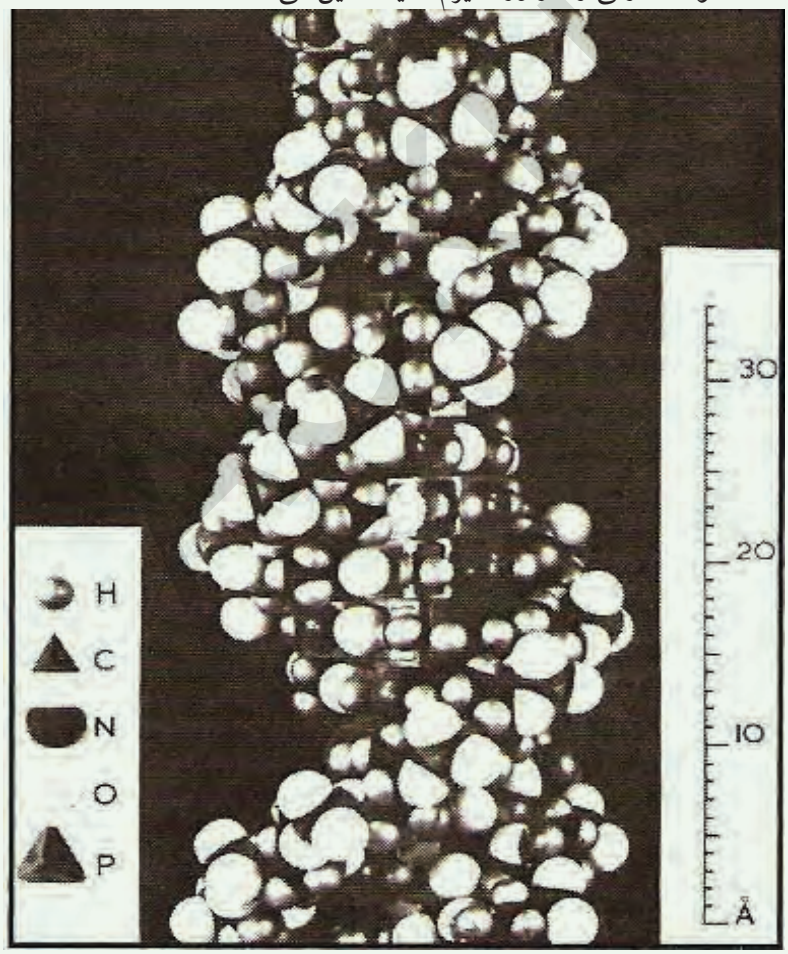
با در نظرداشـت جدول (5 – 5) بگوید که طول رابطهٔ هایدروجنی بزرگ اسـت ویا اینکه طول رابطهٔ کو ولانسی بزرگ می‌باشد ؟ آیا بین طول رابطه به شکل $(X-H...Y)$ و الکترونیگاتیویتی کدام وابستگی موجود است و یاخیر؟

ACKU

فعالیت دوم

شـعاع واندر- والـس اتوم‌های هایدروجن ، فلورین ، آکسـیجن ونایتروجـن باالترتیب 10pm ،150pm،120pm و155pm است ، مجموعهٔ شعاع واندر والس بین اتوم‌ها را در رابطه های $H...F$ ، $H...O$ ، $H...N$ محاسـبه نماید و هـم آن را با طول واقعی این رابطهٔ هایدروجنی مقایسه نموده ، تفاوت‌ها را چی گونه توضیح می‌نماید .

رابطهٔ هایدروجنی نه تنها درکیمیا رول اساسـی را بازی نموده ، بلکه دربیولوژی نیز رول اساسـی 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 وآیونها) بالای خواص فزیکی آن‌ها تأثیر برازنده را دارا است که ذیلاً 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 اینکه: 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 میتوان گازات نجیبه که منجمد گردیده باشد، ارائه کرد. گاز هیلیم به حرارت 269^0C- ورادون به حرارت $\mathbf{62^0C-}$ غلیان می‌نماید.

اکثر مالیکول‌های مرکبات عضوی وغیر عضوی که مومنت قطبیت برقی آن‌ها ضعیف باشد، مستقیماً تصعید می‌نمایید؛ 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، 77^0C ، N_3H_6 با درجهٔ غلیان 53^0C ارائه نمود.

مالیکول‌ها در مایعات قطبی توسط عمل متقابل دای پول – دای پولی ورابطهٔ هایدروجنی باهم مرتبط و متراکم گردیده اند که این نوع ارتباط به مراتب مستحکم تر از ارتباط به اساس قوهٔ لندون 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

ACKU

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 عناصر گروپ های V الی 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 آن‌هارا نمیتوان به انرژی کم از هم دور نمود که همچو مواد دارای درجهٔ ذوبان وغلیان بلند میباشند. زمانیکه به این مواد حرارت داده شود روابط شبکهٔ کرستالی آن‌ها قطع ودر نتیجه ذوب ویا الاخره 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.

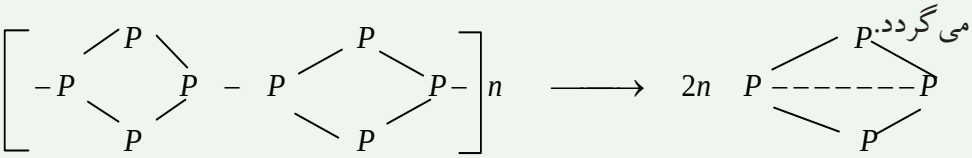
اجسامی که در حالت جامد روابط کولانسی مستحکم داشته و در حالت گاز روابط کولانسی ضعیف دارند، درجهٔ ذوبان وغلیان آن‌ها بلند بوده میتواند؛ به طور مثال: کاربن به شکل الماس وگرافیت به حرارت $3700°C$ تصعید می‌نماید و سلیکان دای اکساید که به $1710°C$ ذوب می گردد، به حرارت بالاتر از 2200^0C غلیان می‌نماید.

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	$M-X(g)$ $M^{+}(g)+X^{-}(g)$	$M-X(s)$ $M^{+}(g)+X^{-}(g)$	تصعید ^{0}C	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 باشد وعین ثبات را با آن‌ها داشته باشد ، عمل تبخیر آن‌ها سریع و ساده صورت میگیرد، مثال آن را میتوان روابط پولی میرها که در صدها درجهٔ حرارت بر قرار می گردد، ارائه کرد؛ به طور مثال: فاسفورس سرخ $280°C$ تصعید نموده ، دوباره به شکل فاسفورس سفید منجمد می گردد.



ACKU

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 به دقت مطالعه نموده درجهٔ ذوبان مرکبات درج شـده را باهم مقایسه نمایید، علت تنقیص وازدیاد آن‌هارا توضح وهم چگونگی تفاوت آن‌هارا به اساس دلایل ارائه 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

انحلالیـت و خصلت‌های دیگر اجسـام حل شـده موضوع پیچیده بـوده ، درین جا صرف توضیحات مختصر ارائه می گردد.

محلول‌های اجسـام غیر قطبی در محلل‌های غیر قطبی ساده ترین نوع محلول‌ها بوده ، قوه‌های که بین مادهٔ منحله ومحلل در محلول‌ها موجود اسـت، نوع قوهٔ لندون 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 اجسـامی دارای مالیکول‌های غیـر قطبی، مرکبات آیونی محلل‌های بسـیار قطبی مانند آب موجود اند، برای اینکه یک مرکب آیونی در محلل خوب حل گردد،

باید بالای قوۀ جذب بین ذرات آیونی در شبکۀ کرستالی غلبه حاصل نمایید و انرژی جاذبۀ الکتروستاتیکی بین آیونها باید مغلوب گردد . در محلول‌های که آیونهای مادۀ منحله توسط محللی دارای ثابت دای الکتریک بلند ، (به طور مثال: $\Xi^0 H_2O = 87$) تجرید می گردد . قوۀ جاذبه بین این آیونها کم بوده وبه آسانی یک دیگر را جذب کرده نتوانسته ورسوب تشکیل نمی گردد. قوۀ مذکور را میتون توسط قانون کولب توضیح کرد :

$$F = K\frac{q_1 \cdot q_2}{\Xi^0 \cdot r^2}$$

دراین فورمول F قوۀ جذب بین ذرات آیونی مخالف العلامه ،K ثابت، q_1 و q_2 مقدار چارج‌ها ، r فاصلۀ دوچارج و Ξ^0 ثابت دای الکتریک محلل را افاده می‌نمایید .

یکی از عوامل قابلیت انحلالیت محلل‌ها عبارت از کواردینیشن آن‌ها با اتوم‌های مرکزی مالیکول‌های مادۀ منحله می‌باشد . محلل‌های قطبی با کتیونهای ماده منحله به خوبی کواردینیشن گردیده وعوامل دیگر آن نوعیت آیونها ی شامل محلول‌ها ؛ مانند: اندازه ، قابلیت تشکیل روابط بین مالیکول‌های محلل وآیونها به جسامت آیونهای مذکور وابستگی دارد و انرژی شبکۀ کرستالی نیز به جسامت آیون مرکزی رابطه دارد . قوه‌های موجود در شبکۀ کرستالی (آیون – آیون) از قوۀ بین مالیکول‌های محلل در مجاور آیون (آیون – دای پولی) قوی تر است . اگر انرژی شبکۀ کرستالی نسبت به سلویشن(Solvation) بزرگ باشد ، محیط همچو محلولها سرد بوده ، در صورتی که انرژی شبکۀ کرستالی نسبت به انرژی سلویشن (Solvation) در محلول ها کمتر باشد ، محیط محلول‌ها گرم است.

ACKU

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 جذ ب 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 تشـکیل نمی گردد که ثابت دای الکتریک محلل بزرگ باشد. قوۀ مذکور را میتوان توسط قانون کولب توضیح کرد :

$$F = K \frac{q_1 \cdot q_2}{\Xi^0 \cdot r^2}$$

*ازدیاد چارج‌های برقی آیون‌های متشـکلۀ مواد بلوری باعث افزایش انرژی شـبکۀ کرسـتالی گردیده ودرجۀ ذوبان وغلیان آن‌ها افزایش می‌یابد .

سؤالات فصل پنجم

سؤال‌های چهار جوابه

1 - مالیکول‌های اجسـام به اسـاس 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 - موجودیـت کدام عناصر در مالیکول‌های مرکبات باعث رابطۀ هایدروجنی بین مالیکول‌ها می گردد ؟

الـف - نایتروجن ، آکسـیجن ، فلوریـن وهایدروجن ب - تنها آکسـیجن ج - تنها فلورین

د - هایدروجن

4 - شرط حتمی تشکیل رابطۀ هایدروجنی کدام یک از موارد ذیل خواهد بود ؟

الف - موجودیت هایدروجن، ب - موجودیت سـه عنصرالکترونیگاتیف (فلورین ، آکسیجن ونایتروجن) ورابطۀ هایدروجن به همین عنصر در مالیکول‌های مرکبات

ج- الف وب هردو، د - هیچکدام

5 - مواد بلوری که صرف توسـط قوۀ لندون باهم متراکم شـده 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 د- 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 میتواند

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 میگیرد .

الف - سریع ب – بطی ج - کمتر د – هیچکدام

سؤال‌های تشریحی

1 – کدام شرایط برای تشکیل رابطهٔ هایدروجنی لازم است ؟ درباره معلومات ارائه بدارید.

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 د یگرسلسلهٔ 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 نماید

.

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.

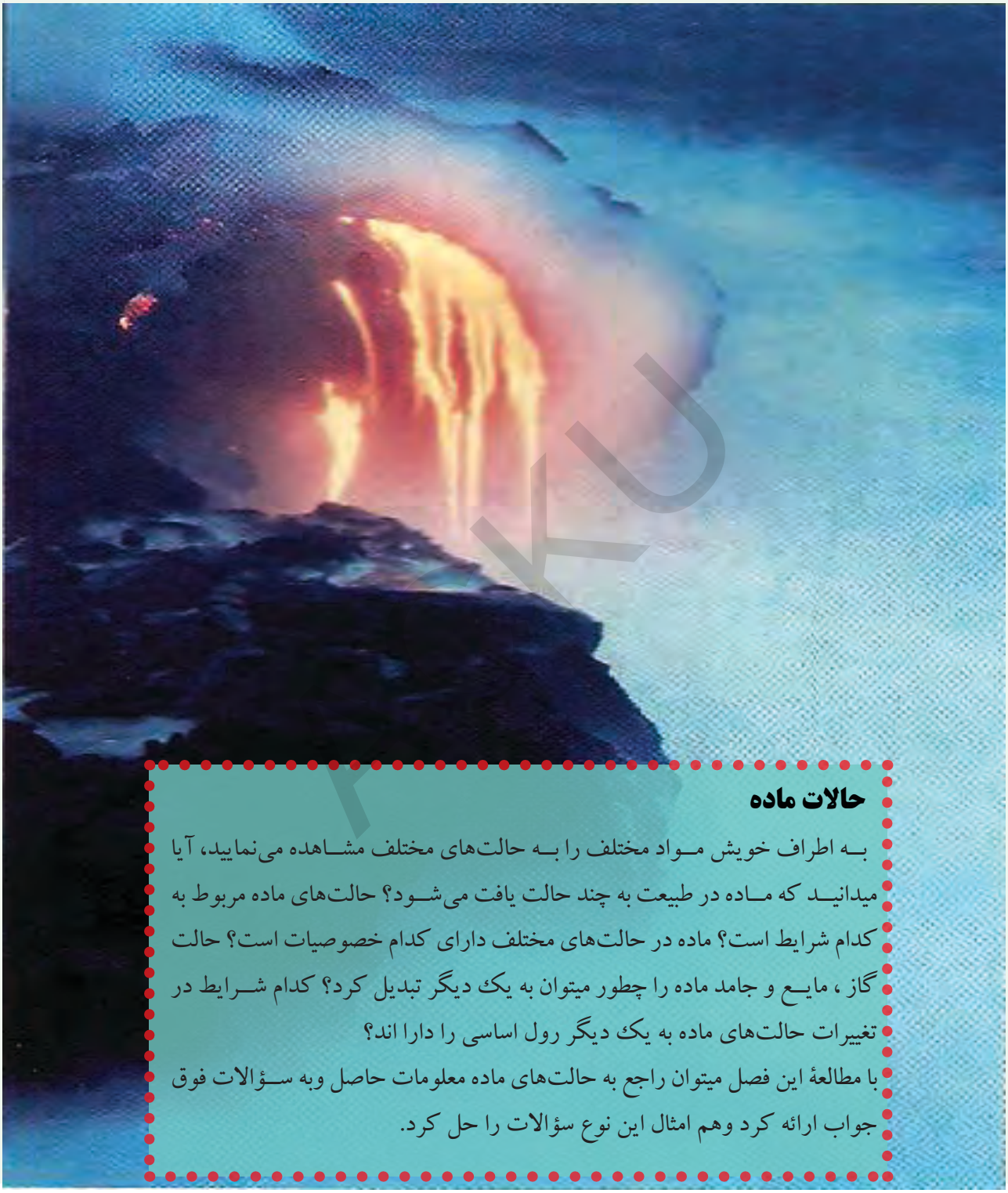
6 – در انحلالیت مواد کدام قوه‌ها تأثیر دارد ؟ معلومات ارائه بدارید .

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 بدارید.

ACKU

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 ، مایـع 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؟

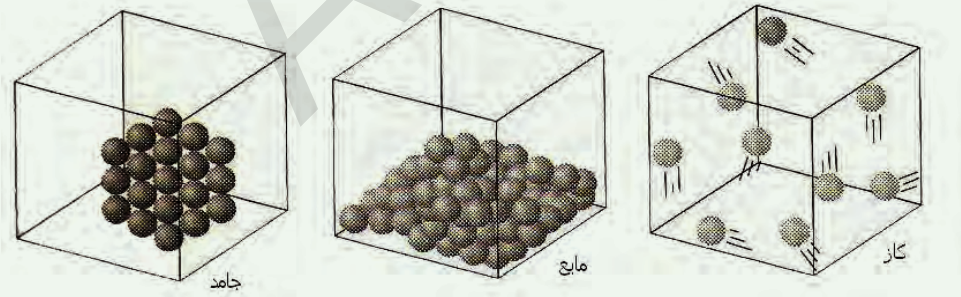
با مطالعهٔ این فصل میتوان راجع به حالت‌های ماده معلومات حاصل وبه سـؤالات فوق جواب ارائه کرد وهم امثال این نوع سؤالات را حل کرد.

۶ - ۱ – جامدات، مایعات و گازات

هر ماده میتواند نظر به شـرایط محیطی سـه حالت « جامد، مایع و گاز » را داشته باشد. گرچه در حالـت عادی مواد به حالت گاز کمتر یافت می گردد ؛ 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 می‌باشـد. جامدات سخت وشکننده بوده؛ در حالیکه 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 آنرا 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	$0.997 g/cm^3$	$0.9168 g/cm^3$	$0.326 g/cm^3$
درجة حرارت	$25^0 C$	$0^0 C$	$400^0 C$

۶ –۱ –۱ : بعضی مشاهدات اولیهٔ جامدات

تعریف سادهٔ جامدات برای مواد این است که یک ماده جامد حجم و شکل معین را دارا است ، یا به عبارهٔ دیگر شکل و حجم مواد جامد تابع شکل و حجم ظرف نیست . تعریف جامع مواد جامد این است که اجزای تشکیل دهندهٔ مواد جامد بانظم خاص و متواتر در کنار هم دیگر قرار دارند . آیا تعریفات فوق جامدات با همدیگر مطابقت دارند؟ جواب این خواهد بود که در بعضی جوانب باهم یکسان نیستند.

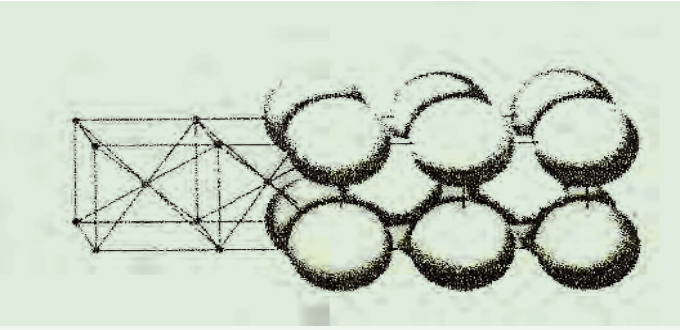
۶ - ۱ - ۲ : بلورها(Crystal)

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 فضائی به ملاحظه می‌رسد که توسط خطوط با یک دیگر متوصل گردیده اند، اگر تصور گردد که توصل اتوم‌ها ی آهن در چنین شبکه‌ها قرار دارد، طوریکه 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.

ACKU



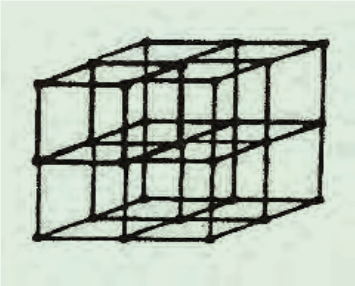
شبکهٔ بلوری　　شبکهٔ فضایی

شکل (6 – 2): شبکه فضایی بلوری .

یک شبکه بلوری ممکن به شکل یک شبکه فضائی 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 شـبکهٔ بلوری بطور متوالی در سـه بعد تکرار می‌شود تا سرحدهای فزیکی هر بلور واحد حاصل گردد.

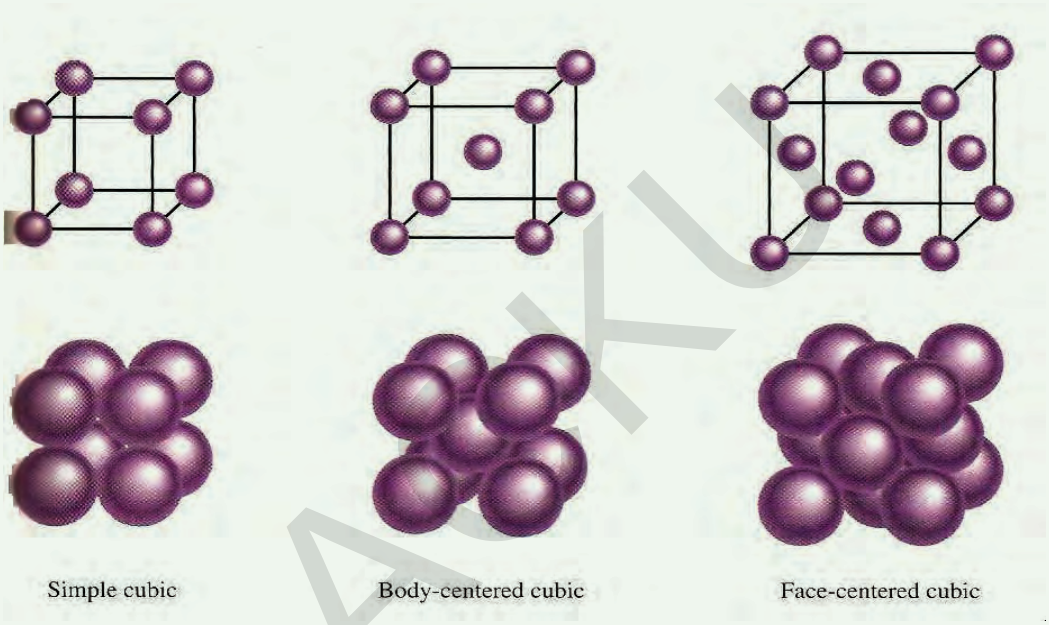
غرض توصیف یک شـبکهٔ بلوری لازم اسـت تا سلول و یاحجرهٔ واحد را تعریف نماییم ، یک حجره واحد قسـمتی از شـبکه بلوری بوده که با حرکت دادن آن مطابق به قواعد معین می‌توان شبکهٔ کامل بلوری را حاصل کرد .

حجرهٔ واحدی که معمولاً 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 شـبکه مکعبی سـاده و یک حجرهٔ واحد را نشـان می‌دهد و دراین حجرهٔ واحد مکعبـی در هر کنـج آن تنها یک نقطه موجود اسـت که به نام حجره واحد مکعبی سـاده یاد می‌شود ، ضمناً این حجرهٔ واحد مکعبی یک حجرهٔ واحد اساسی است.

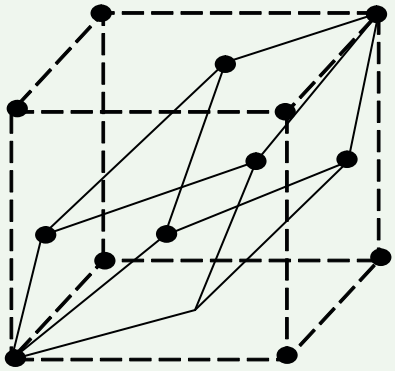


شکل (6 – 3): یک شبکهٔ فضایی مکعبی ساده و واحد حجروی آن .

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 شـــکل (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.

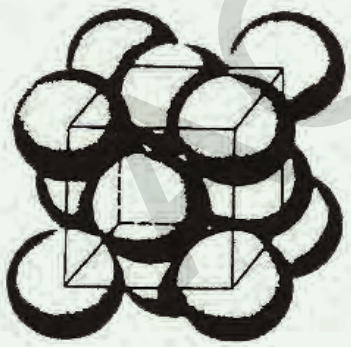
مشق و تمرین

هر سلول واحد مکعبی پر از چندین اتوم خواهد بود ،این سلول را توضیح نمایید.

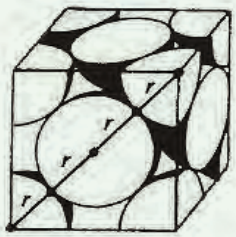
اتصال متراکم ذرات در کرستال‌ها

در اکثری از شـــبکه‌های بلوری ترتیب اتوم‌ها به شـــکل اتصال متراکم اســـت 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.



(الف)



(ب)

شکل (6 – 6): ارگون با یک ساختمان مکعبی با وجه مرکز دار.

الـــف – مـــودل کره‌های بزرگ ، ب – این مودل قســـمی از اتوم‌هـــا را در حجرهٔ واحد مکعبی نشان می‌دهد.

حل: اولاً حجمی را که اتوم‌ها ی کروی جامد در یک حجرهٔ واحد اساســـی اشـــغال 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 میگیرد؛ همچنان 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 میگیرد.

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 (Vsell) $Vsell = e^3$ 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:

$$\frac{V}{V_{sell}} = \frac{16/3\pi r^3}{16r^3\sqrt{2}} = \frac{\pi}{3\sqrt{2}} = 0.74$$

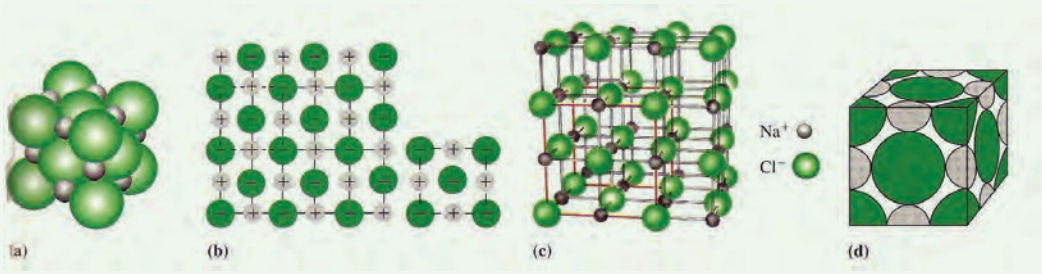
$$\text{فیصدی اتصالات} = 0.74 \cdot 100 = 74\%$$

عناصری که در ساختمان‌های با اتصال متراکم متبلور می گردند ، 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

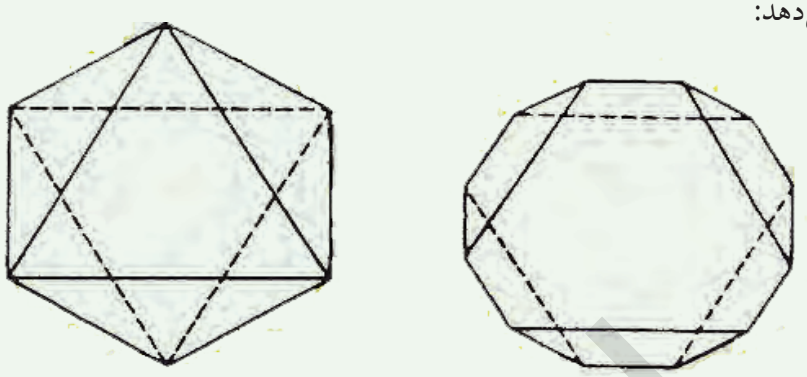
ساختمان بلوری $NaCl$ به صورت مکعب با سطوح مرکز دار بوده که آیون های Cl^- کنج‌ها و وسط آن‌ها را اشغال می‌نماید ؛ اما طوریکه در شکل ملاحظه می گردد، آیون های Na^+ وسط مکعب و وسط وجوه را نیز اشغال کرده اند.

در صورتی که در مقابل هر Na^+ یک Cl^- موجود باشد، دراین صورت وضعیت روشن خواهد بود. بادر نظر داشت اینکه در یک شبکه سه بعدی آیون های 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 میگیرد و ضمناً 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 $(6.1/2 = 3)$ 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 شـدهٔ آن‌ها یعنی اتوم‌ها، آیون ها و مالیکول‌ها در نقاط شبکه و قوه بین آن‌ها مربوطه می‌باشـد، به این اسـاس می توان جامـــــدات را به چهار نوع ملاحـــظه کرد که عبارت از آیونی، مالیکولی، کولانسی و فلزی می‌باشند.

۱ – جامدات آیونی : در شـبکهٔ جامدا ت آیونی، آیون های مثبت و منفی موجود اسـت، چون قوه‌های الکتروستاتیکی (روابط آیونی) بین آن‌ها قوی بوده و بی ترتیب ساختن این نوع شـبکه‌ها امکان ناپذیر اسـت؛ ازاین سبب جامدات متشـکل از آیون های سخت اند ؛ اما این نوع جامدات شکننده بوده؛ به طور مثال: یک بلور $NaCl$ در مقابل میده شدن مقاومت شدید نموده ؛ اما در صورتی که بشکنند، به پودر مبدل می گردد.

شکل (6 – 9): شکننده گی جامدات آیونی .

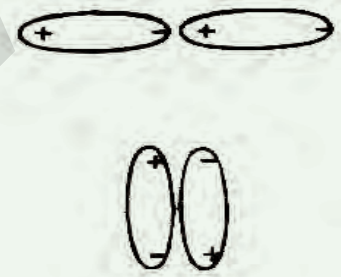
جامدا ت آیونی دارای نقط ذوبان بلند بوده و توام به شکستن شبکه بلوری می‌باشند . چون روابط آیونی فوق العاده مستحکم بوده ؛ بنابرآن ذوب آن‌ها به حرارت بلند صورت میـــگیرد؛ به طور مثال : به حـرارت $800°C$ذوب می گردد. هدایت برقی جامدات آیونی ضعیف بوده؛زیرا آیـون ها ی آن‌ها آزادانه حرکت کرده نتوانسـته؛ اما درحالت مذابـه دارای هدایت برقی بلند میباشند.

فکر کنید :

شـعاع آیونی، آیونهای Na و Cl بترتیب 116pm و 167pm است، حجم آن‌ها را به متر مکعب وسانتی متر مکعب وکثافت مولی آن را در یافت نمایید.

۲ – جامدات مالیکولی : درجامدات مالیکولی واحدهای که نقاط یک شـبکه را تشـکیل 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 مهمترین آن‌ها قوۀ دای پول – دای پولی (Dipol –Dipoly) و قوۀ لندون (London) است.

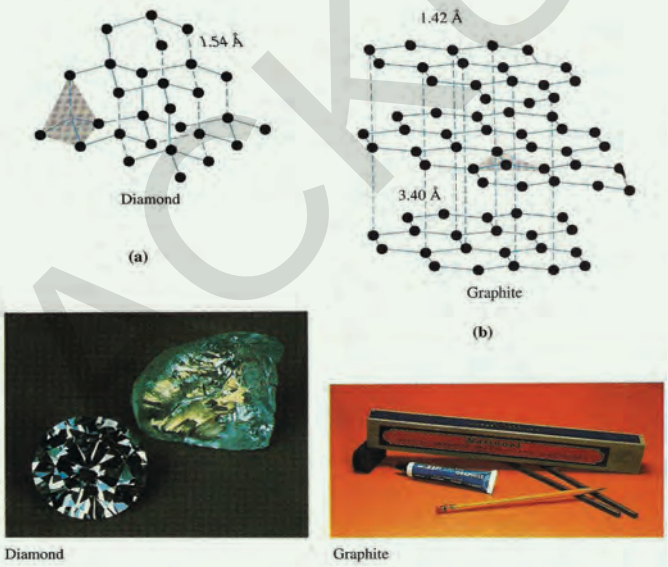
قوۀ دای پول – دای پولی عمل متقابل الکتریکی بین مالیکول‌های پولار Polar اسـت ، شکل ذیل به طور شیماتیک یک جوره مالیکول‌های دوقطبی مجاور یک دیگر را در یک شبکه نشان می‌دهد. قوۀ دای پول – دای پولی نسبت به قوۀ آیونی کوولانسی ضعیف است.



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 میکنند 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.



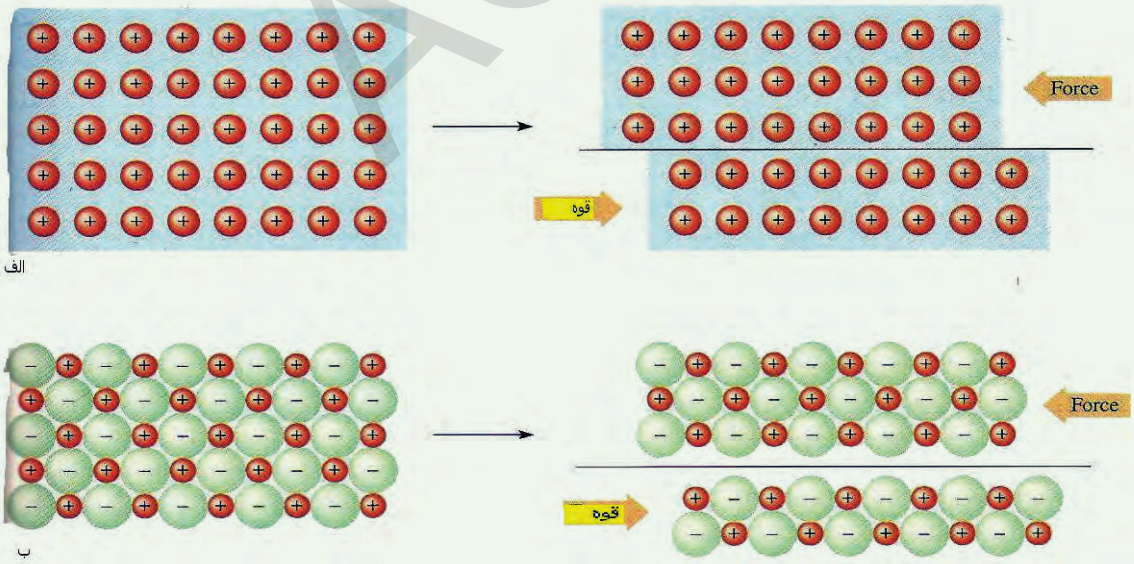
شکل (6 – 11): ساختمان جامد گرافیت و الماس .

۴ – جامدات فلزی

در یک جامد فلزی، واحدهای که نقاط شبکه را اشغال می‌نمایند ، آیون‌های مثبت بوده که مثال آن را می‌توان جامد سودیم ارائه 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 می‌نمایند و غیر مستقر اند. این نوع الکترون‌ها را به نام الکترون‌های آزاد یاد میکنند. 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 ساده گی تغییر شکل می‌نماید. بعضی فلزات بسیار سخت بوده که مثال آن را می‌توان 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.

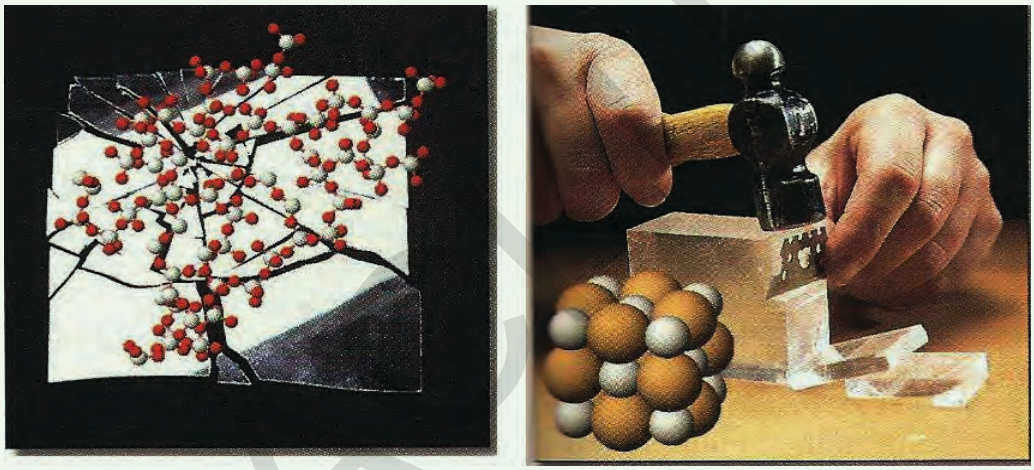
الکترون‌های آزاد فلزات سبب هدایت گرما و برقی آن‌ها شده ، الکترونها میتواند از یک قسمت فلز به قسمت دیگر آن حرکت نمایند که بدین اساس هدایت الکتریکی و گرما را سبب می گردند. الکترون‌های متحرک و آزاد در فلزات سبب جلای آن‌ها نیز شده، الکترون، نوری را که به سطح فلز بر خورد می‌نمایند ، جذب نموده و دوباره به اطراف منتشر می‌سازد، این عمل طوری اتفاق می‌افتد که یک سطح فلزی نور را در تمام جهات 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 یاد میکنند، هر قدر که حرارت ماده کم شود ، به همان اندازه مایع حالت سیال خود را از دست داده وبه حالت جامد نزدیک شـــده تا اینکه حالت جامد را اختیار نموده، دراین صورت ماده حالت سخت را به خود حاصل ،حجم وشکل معین را دارا می‌باشد؛ اما ازنظر ساختمان داخلی، اجزای متشـــکلهٔ آن‌ها به شـــکل نا منظم قرار داشـــته، این نوع جامدات را به نام امورف (Amorph) (بدون شـــکل) یاد می‌نماید وجامـــــــدات دارای ســـاختمان منظم را به نام جـــــامدات بلـــوری (Crystal)یاد می‌نمایند.



الف ب

شکل (6 -13): الف - کرستال، ب - امورف.

دراین جا ســـؤال پیدا می‌شـــود که جامدات امورف را می‌توان جامد گفت؟ لاکن باید گفت که هرشـــی دارای حجم وشـــکل معین را می‌توان جامد گفت؛ اما جامـــدات 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 شـــکل معین بوده؛ اما اگر حرارت آن‌ها بلند برده شـــود ،کمتر منبسط می گردند. ضریب انبســـاط حرارتی (تغیرنســـبتی حجم برافزایش حرارت به اندازه یک درجه) جامدات نســـبت به گازات بســـیار کوچک است، تأثیر فشـــار 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 می گردد ؛ 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

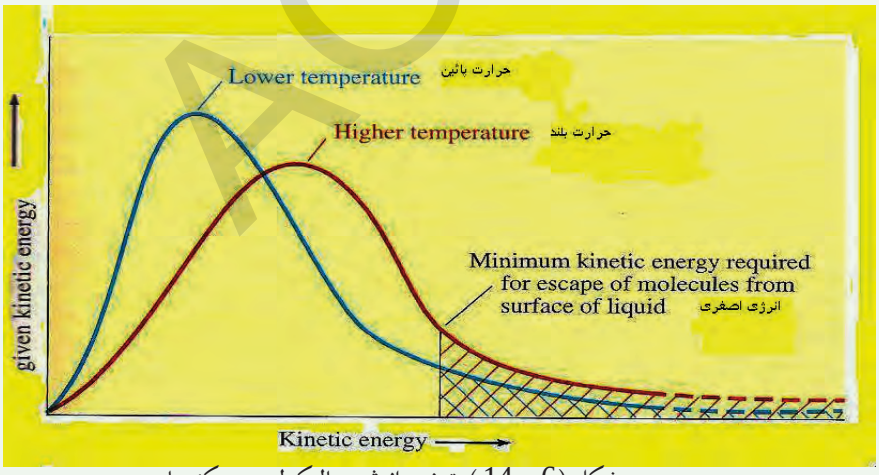
مایعات به سـرعت زیاد جاری شـده و چون در مایعات مالیکول‌ها به آسـانی یکی بالای سطح دیگر لغزیده و روی همین علت است که مایعات شکل ظروفی را به خود اختیارمی نمایند که در آن قرار داشته باشند، از طرف دیگر قوۀ جذب بین مالیکولی در مایعات نسبت به گازات بیشتر و قوی تر بوده، این عامل سبب می‌شود تا مقاومت داخلی در 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 انتشـار مایعات نسـبت به گازات سریع بوده و برخورد مالیکلول‌ها در مایعات زیاد تر است؛ ازین سبب حرکت آن‌ها به سمت معین صورت نمی گیرد؛ به طور مثال: اگر یک قطره رنگ مایع را در آب علاوه نماییم، دیده خواهد شـد که رنگ درآب به آهسـتگی منتشر می گردد و تمام حجم ظرف پراز آب را احتوا می کند، 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 نمی کند. قوۀ جاذبه مالیکول‌ها باعث تراکم نسـبی آن‌ها نسبت به گازات می گردد.

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 می گـردد ، 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 خواص‌های مهم مایعات عبار ت از تبخیر آن‌ها است، سرعت مالیکول‌های مایع مانند سـرعت مالیکول‌های جامد و گازات مختلف بوده و باالمقابل 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 با 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 شده ، عملیه تبخیر سریع می گردد.

۶ – ۲ – ۱ – ۳ : درجه غلیان مایعات

اگر مایع دریک ظرف سـر باز حرارت داده شـود گرمای آن زیاد شده ،غلیان می‌نماید. در موقع جوش یک مایع به فشـار ثابت نقطۀ جوش آن ثابت می‌ماند. در حقیقت به فشـار 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 ، طوریکه با ازدیاد فشار درجۀ غلیان مایعات زیاد شده؛ اما باکاهش فشار حرارت غلیان مایع کمی می‌شود؛ به طور مثال: درجۀ غلیان آب در یک اتموسفیر فشار 100^0Cبوده؛ اما در مناطق مرتفع که فشار $650mmHg$باشد ، آب در 95^0Cغلیان 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 برمیگیرد ویا درقسمت پایین آن ؟

ج – آیا آبی که در بالای کوه می‌جوشـد ، دسـت را بیشتر می‌سوزاند ویاآبی 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

ACKU

فشـار مجموعی درسطح مایع در ظرف سربسته زیاد شـده و دراین صورت عملا" پدیدهٔ غلیان به وقوع نمی‌پیوندد و تمام مایع طرف سربسته به بخار تبدیل می‌شود.

فکر کنید

الف - آیا عملیهٔ جوشـاندن در دیگ بخار سربسته بالای شعلهٔ آتش قرار گرفته ، صورت میگیرد؟

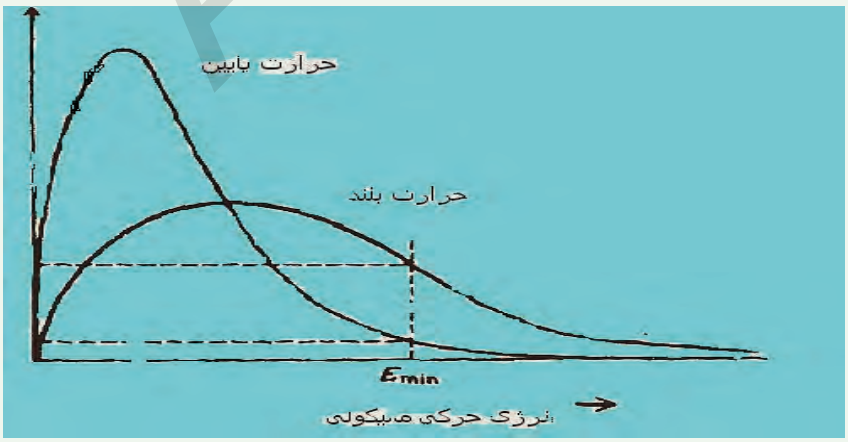
ب - چرا در بالای دیگ‌های بخار سوراخ هارا به وجود می‌آورند تادر موقع مناسب باز وبخار خارج گردد ؟

ج - حرارت آب در دیگ بخار بیشتر است ویا اینکه در دیگ‌های سر باز آب در حالت جوش بیشتر می‌باشد ؟

خلاصه اینکه 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 ملاحظه خواهد شـد؟ به صورت عموم مادهٔ جامد ذوب شده به مایع تبدیل می گردد، اگر مایع حاصله هنوز حرارت داده شود 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 .

انــرژی که به داخل یخ می گردد ، اهتزازات حرکی مالیکول‌های آب را زیاد ســاخته، در نتیجه مالیکول‌ها از هم جداشــده وشــبکه‌های کرســتالی از هم مجزا می گردد که دراین صورت مادۀ جامــد به مایع تبدیل می‌شــود وانرژی مالیکول‌ها به اندازه یی زیاد می گــردد که این مالیکول‌ها موقعیت خود را در شبکه از دست داده ومادۀ جامد به مایع تبدیل می گردد .

حرارت جامدات در ذوب شــدن تا هنــگامی ثابت باقی می‌مانــد که کاملاً مادۀ جامد به مایع تبــدیل نگردیده باشــد . بعد از ذوب درجۀ حرارت الی درجۀ غلیان بلند میرود (در صورت آب به $100^0 C$بلنــد مــی‌رود) واین درجۀ حرارت الی تبخیر شــد ن کامل ثابــت باقی میماند . زمانیکه مایع کاملاً تبخیر گردد ، درجۀ حرارت بلند میرود.

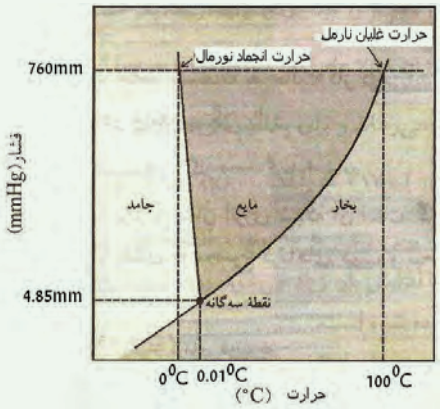
فعالیت

تحقیــق نمایید که چرا مواد جامد در اثــر ازدیاد حرارت ذوب می گردد ؟ چرا در اثر ازدیاد حــرارت مایعات به بخار ویاگاز تبدیل می گردند ؟ اشــکال ذیل را ملاحظه نموده، جواب ارائه بدارید:

شکل (6 – 16): حالت‌های آب در حرارت‌های مختلف

نقطــۀ ذوبان وغلیان یک ماده توســط فشــاربخار حالت‌های جامــد ومایع تعیین می گردد .

گراف ذیل فشار بخار جامد ومایع آب را نشان می‌دهد:



شکل (6 – 17): وابستگی فشار بخار آب با حرارت .

۶ – ۲ – ۱ – ۷ : انجماد مایعات

زمانیکــه از یــک مایع گرما گرفته شــود؛ دراین صورت انرژی حرکی مالیکول‌ها کم شــده، حــرارت مایــع پایین آمده ، بالآخــره حالت ثابت را به خــود اختیار نموده و هــم زمان به آن بلورهــای جامد مواد حاصل می‌شــود . درجهٔ انجماد یک مایع عبــارت از همان مقدار درجهٔ حرارت است که فاز جامد و مایع یک ماده در حال تعادل با یک دیگر قرار دارند.

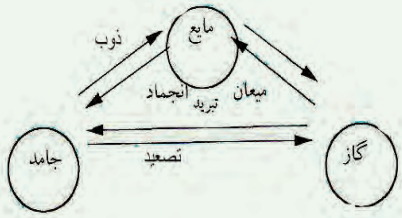
جامد ⇌ مایع

واضح اســت که اگر گرما از یک مایع گرفته شــود ، سمت پروسه به طرف راست ادامه پیدا می‌نمایــد، این حالت را انجماد می‌نامند . در صورتی که به مواد جامد گرما داده شــود، جریان پروسه قرار معادلهٔ فوق به طرف چپ ادامه پیدا می‌نماید، این پروسه را ذوب می‌نامند. سرعت انجماد معادل سرعت ذوب می‌باشد، طوری که سیستم نه گرما جذب و نه آزاد می‌نماید. چون پروســهٔ رفت وبازگشت دراین سیستم در عین درجهٔ حرارت اتفاق می‌افتد؛ بنابراین نقطهٔ ذوب و انجماد یک مادهٔ خالص یکسان است.

تبدیل حالت جامد اجســام را مستقیماً به حالت گاز به نام عملیهٔ تصعید(Sublimation) یاد می‌نمایند. حالت جامد مواد مانند حالت مایع وگاز دارای فشــار بخار بوده و چون قوهٔ کشش بین مالیکولی درجامدات قوی بوده؛ بنابراین فشار بخار جامدات کمتر می‌باشد.

در حالت تعادل فشــار بخار جامد و گاز با هم مســاوی بوده و درجهٔ حرارت سیستم در حالت تعــادل ثابت می‌باشــد . اگر حــرارت مادهٔ گازی کم گــردد و بدون اینکه مایع شــود ، جامد می‌گــردد، این پدیــده را تبرید (Depostion) می‌نامند، بعضی از مواد را میتوان در شــرایط عادی به طریقهٔ تصعید و تبرید خالص کرد که مثال آن‌را می‌توان آیودین و نفتالین ($C_{10}H_8$) ارائه کرد.

بــه صورت عموم یک ماده نظر به شــرایط میتوانــد به ســه حالــت (جامد، مایــع، گاز) ملاحظه شــود که تبدیل این سه حالت را به یک دیگر شیمای ذیل ارائه میدارد.



شکل (6 – 18): تبدیل سه حالت ماده به یک دیگر

۶– ۳ :گـــازات

۶ – ۳ – ۱ : صفات گازات

طبیعت گازات به اندازهٔ قابل ملاحظه با هم مشـــابه بوده و این تشـــابه به ما امکان آنرا میســـر میسازد تا گاز ایدیال را تعریف نماییم و بعداً خواص گازات حقیقی را با خواص گازات ایدیال مقایسه کرده ، درین صورت خواهیم یافت که گازات حقیقی و گازات اید یال طبیعت مشابه را در بعضی موارد خواهد داشـــت. (در صورتیکه فشار زیاد نباشد و هم حرارت وارده بالای آن‌ها نیز پایین باشـــد) خواص گازات از جملهٔ فکتورهای مواد گازی اســـت که می‌توان آنرا توســـط قوانین ســـاده توضیح کرد ؛دراین جا اولاً لازم اســـت تا فکتورهای را مورد بحث قرار دهیم که بالای گازات تاثیر دارند ، آن‌ها عبارت از حجم ، فشـــار ، مقـــدار 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

چـــون گازات به طور آنی منبســـط شـــده و ظرف مربوط خود را پـــر می‌نمایند، پس حجم گازات عموماً معاد ل حجم ظرف آن‌ها اســـت؛ اما امروز توصیه گردیده اســـت که کمیت‌های اندازه گیری حجم گازات باید مطابق به سیســـتم بین المللی به شکل واحد تعیین گردد. چون در سیســـتم بین المللی (SI) واحد فاصله متر (m) است. بناءً واحد حجم در (SI) متر مکعب (m^3) بوده و عمدتاً بحیث واحد حجم $decm^3$ (دیســـی متر مکعب) انتخاب می گردد که حجم یک دیســـی متر مکعب را به نـــام لیتر (Liter) یاد میکنند. برای اندازه گیـــری احجام مواد از اجزا و اضعاف استفاده می‌نمایند که بطور عمده cm^3 است و $\mathbf{cc = 1cm^3 = mL}$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

بـه صـورت عمـوم مقدارمواد به مول اندازه می‌شـود که به (n) افـاده می گردد. مقدار مول‌های ماده را می‌توان از تقسـیم نمودن گرام‌هـا ماده مطلوب بر کتله مالیکولی یا اتومی آن به دست آورد:

$$n = \frac{m}{M}$$

حرارت گازات

حـرارت گازهـا به صورت عموم به کالوین اندازه می گردد که کالوین را به نام حرارت مطلقه نیز یاد می‌نمایند:

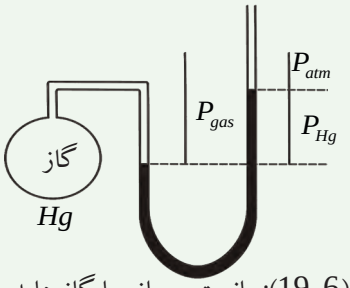
$$TK = {}^{0}C + 273$$

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 فشـار گازات را به حـرارت ثابت مطالعه نموده اند، در نتیجه دریافت نموده اند که به حرارت ثابت (T= constant) حجم گازات به مقدار معین آن، معکوسـاً متناسـب 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 شدۀ 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:

$$P_{atm} + P_{Hg} = P_{gas}$$

نتایـج یـک عده از اندازه گیری‌های فشـار- حجم گاز هایدروجـن 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	$1.75 \cdot 10^2$
II	830	21.1	$1.75 \cdot 10^2$
III	890	19.7	$1.75 \cdot 10^2$
IV	1060	16.5	$1.75 \cdot 10^2$
V	1240	14.1	$1.75 \cdot 10^2$
VI	1510	11.6	$1.75 \cdot 10^2$

دراین نتایج دو نکته مهم نهفته است : اول اینکه با ازدیاد فشار حجم گاز هایدروجن کم شده و دوم اینکه ازدیاد فشار و تنقیص حجم طوری است که حاصل ضرب فشار و حجم ثابت باقی می‌ماند و این فکتور (PV) توجه بایل و ماریوت را به خود جلب نمود که معادلهٔ آن قرار ذیل است:

$$PV = K \text{----------} 2$$

در رابطهٔ فوق P فشار V حجم گاز و K ثابت بوده و مقدار آن به حرارت و مقدار گاز مربوط است . به این اساس معادلهٔ 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.

مثال: یک گاز آیدیال در دستگاه اندازه گیری بایل قرار دارد، طوریکه به فشار $625mmHg$ حجم آن 247mL است . در صورتیکه فشار به $825mmHg$ تغییر نموده

ACKU

باشد، حجم گازرا دراین تغییر فشار محاسبه نمایند(T= Constant).

حل: طبق قانون بایل $P_1V_1 = K$, $P_2V_2 = K$ است، پس $P_1V_1 = P_2V_2$ شده می‌تواند:

$$V_1 = 247mL$$
$$P_1 = 625mmHg$$
$$P_2 = 825mmHg$$
$$V_2 = ?$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1}$$
$$V_2 = \frac{V_1P_1}{P_2}$$
$$V_2 \frac{247mL \cdot 625mmHg}{825mmHg} = 187mL$$

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 و مقدار ثابت دریافت کرد. عالم مذکور ملاحظه نمود که در فشار ثابت (P=con) اگر حرارت وارده را بالای گازات از 0^0C الی 80^0C تغییر دهیم، تغییرات حجم گازات مذکور معادل یک دیگر خواهد بود. در سال‌های 1806 تا 1808 گیلو سگ توانست فهرست گازات چارلس را کامل سازد و ضمناً نام برده نشان داد که به فشار ثابت ازدیاد یک درجه سانتی گراد حرارت، از هر درجهٔ سانتی گراد حجم گاز $\frac{1}{237}$ از انبساط حاصل مینماید . نتایج سه نمونه از مطالعات چارلس و کیلو سک در گراف شکل (6 - 20) قرار ذیل ارائه 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 وابستگی حرارت و حجم ادامه داده شود ، محور افقی درجهٔ حرارت را در یک نقطه

مشــخص که دراین نقطه V= 0 اســت ، قطع خواهد کرد . از تجربه‌های ذکر شده نتیجه گیری میشــود 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 شــدۀ لازمۀ بالای گازات مختلف، نتیجه گیری گردیده اســت که از رسم گرافیکی آن‌ها خطوط مســتقیمی حاصل می گردد وآن‌هــا تماماً محور افقی حرارت را در یک نقطــۀ معین (-273^0C) قطع می‌نمایند. چــون حجم کمتر از صفر موجود بوده نمی‌تواند، پس حرارت (-273^0C) کمتریــن حرارت بوده از این ســبب آن را صفر مطلق قبول نموده اند (رقم دقیق آن (-273.15^0C) است. معادلۀ عمومی خطوط مستقیم(شکل(6 – 20) عبارت است از :

$$V = a(t + 273) \text{----------} 1$$

در معاد لۀ یک V حجم گاز T درجه حرارت به ^0C و a میل خط مستقیم است.مقیاس درجۀ سانتی گراد را میتوان چنین تحریر کرد $Tk = °C + 273$

پس:

$$V/T = a\ (n.p) \ldots\ldots\ldots\

اگر به فشار ثابت حجم یک مقدار معین گاز V_1 باشد؛ دراین صورت حرارت وارده اولی گاز مذکور T_1 بوده، در صورتیکه حرارت به T_2 تغییر نمایند ، حجم گاز V_2 است ؛ بدین اساس نوشته کرده می‌توانیم که :

$$V = KT \text{----------} 3$$

$$\frac{V_2}{T} = K \text{----------} 4$$

$$\frac{V_1}{T_1} = K \text{----------} 5$$

$$\frac{V_2}{T_2} = K \text{----------} 6$$

از مقایسهٔ معادلهٔ 5 و 6 نوشته کرده می‌توانیم که

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \text{----------} 7$$

مثال: یک گاز ایدیال در 25^0C به اندازه 1.28L حجم را اشـغال میکند. در صورتیکه حرارت به 50^0C تغییر نماید ، حجم گاز مذکور چقدر خواهد بود؟ (در فشار ثابت)

حل:

$$\left.\begin{aligned} V_1 &= 1.28L \\ T_1 &= 25^0C \\ T_2 &= 50^0C \\ V_2 &= ? \end{aligned}\right\}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$V_2 = \frac{V_1T_2}{T_1} = \frac{1.28L \cdot 323K}{298K} = 1.39L$$

ACKU

فکر کنید

به فشار ثابت و حرارت 27^0C یک گاز آید یال $128cm^3$ حجم را اشغال نموده است، در صورتیکه حجم گاز مذکور به $214cm^3$ تغییر نموده باشد، حرارت وارده چقدر خواهد بود؟

مثال: به حرارت 25^0C و فشار 1atm یک گاز ایدیال $2.65L$ حجم را اشغال نموده است. اگر همزمان حرارت 75^0C و فشار 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:

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = C$$

$$\frac{P_2V_2}{T_2} = C$$

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

$$V_2 = \frac{P_1V_1T_2}{P_2T_1} = \frac{1atm \cdot 2.65L \cdot 348K}{2atm \cdot 298K} = 1.55L$$

۶ – ۳ – ۴ : اصل اوگدرو

قرار قضیهٔ گیلوسک: نسبت حجم‌های گازات تعامل کننده در یک تعامل کیمیاوی تحت عین شرایط فشار و حرارت اعداد تام و کوچک است؛ به طور مثال: نایتروجن و هایدروجن

ACKU

تحت فشــارو حرارت زیاد با هم تعامل نموده امونیا را تشکیل میدهد، نسبت حجمی نایتروجن و هایدروجن درتشکیل امونیا 1:3 و همچنان برعکس آن $H_2 : N_2 = 3:1$ است؛ یعنی:

$$3H_2 + N_2 \longrightarrow 2NH_3$$

سه + یک حجم ⟵ دو حجم

دراین مورد ســؤال مطرح می گردد، اینکه: چرا رابطه بین حجم‌ها د قیقاً همان رابط اســت که بین تعداد مالیکول‌های مواد تعامل کننده در تعامل کیمیاوی موجود است؟

جواب این ســؤال طوری است که حجم‌های مساوی گازات مختلف تحت عین شرایط فشار و حرارت تعداد مســاوی مالیکول‌ها را دارا اســت (قانون اول اوگد رو). تعداد مساوی ذرات (مالیکول‌ها ، اتوم‌ها ویا ایون‌ها) گازات مختلف تحت عین شــرایط فشار و حرارت حجم‌های مساوی را اشغال می‌نماید. (قانون دوم اوگد رو).

به اســاس اصل اوگدرو حرارت و فشــار ثابت ، حجم گازات مســتقیماً 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 اشــغالی $3.011 \cdot 10^{23}$ مالیکول گاز نایتروجن در شــرایط STP چند لیتر خواهد بود؟

ب – حجم مولی گازات مربوط به کدام عامل است؟ بادر نظر داشت حجم مولی در شرایط ســتندرد، 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:

ACKU

(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 ، Rراکه به نام ثابت گازات یاد می‌شود ، به طرف راست معادله معامله نموده، حاصل می‌شود که :

$$V = RTn\frac{1}{P}$$

$$V = \frac{nRT}{P}$$

$$PV = nRT \text{ ----------} 4$$

رابطـهٔ 4 رابه نام معادلهٔعمومی حالت گازات آیدیال یاکامل یاد می‌نمایند ، قیمت R مربوط به حجم ، حرارت وفشارومقدار گازات بوده ونظربه شرایط ، مقدار گاز قیمت آن فرق دارد.

درشـرایط STP یک مول هر گاز 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:

$$T = 0^0C = 273K$$

$$P = 1atm = 101.3kPa$$

$$n = 1mol$$

$$V = 22.4L = 10^{-3}m^3$$

$$R = ?$$

$$PV = nRT$$

$$R = \frac{PV}{nT}$$

$$R = \frac{101.3kPa \cdot 22.4 \cdot 10^{-3}m^3}{1mol \cdot 273K} = 8.31\frac{joul}{mol \cdot K}$$

مثال : به فشـار 0.432atm یک گازآید یال 8.64Li. حجم رااشـعال نموده است. مقدارآن 0,176 مول است حرارت وارده بالای گازمذکور رادریافت نما یید.

حل :

$T = ?$

$P = 0.432$

$n = 0.176mol$

$V = 8.64L = 8.64 \cdot 10^{-3} m^3$

$R = 0.0802 atm \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$

$PV = nRT$

$$T = \frac{PV}{nR} = \frac{0.432atm \cdot 8.64 \cdot 10^{-3} m^3}{o.176mol \cdot 0.0802atm \cdot mol^{-1} K^{-1}} = 258K$$

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 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 $PM = \frac{m}{V}RT$

$PM = dRT$

$$d = \frac{PM}{RT}$$

$$d = \frac{101.3kpa \cdot 2.016}{8.31 joul \cdot moul^{-1} \cdot k^{-1}} = 0.09g/L$$

ACKU

مثال

کثافت گاز آکسیجن را به حرارت $320K$ 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:

$$P = 727mmHg$$
$$m = 1.26g/L$$
$$V = 1L = 10^{-3}m^3$$
$$T = 50^0C = 323K$$
$$R = 62.36mmHg \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$$
$$M = ?$$

$$M = \frac{mRT}{PV}$$
$$M = \frac{1.26g \cdot 6236mmHg \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1} \cdot 323K}{732mmHg \cdot 10^{-3}m^3}$$
$$M = 34g/mol$$

مشق وتمرین کنید

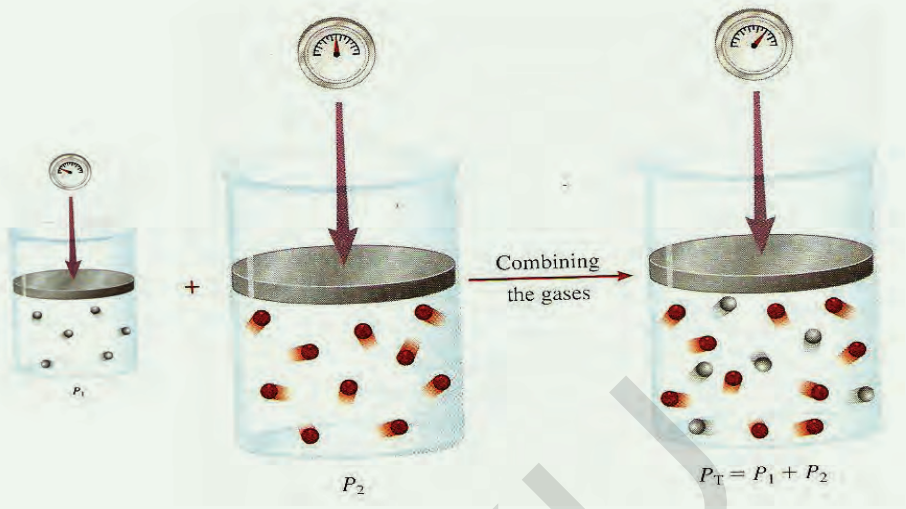
به حرارت صفر درجه سانتی گراد و فشار $0,1\mu Pa$ یک لیتر گاز هایدروکاربن مشبوع 1.96g کتله دارد، کتلهٔ مالیکولی و فورمول آن را دریافت نمایید.

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 می‌توان 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

ACKU

که گازات مخلوط شده با هم دیگر تعامل نمیکنند.



شکل (6 - 21): قانون فشارهای قسمی دالتن در حرارت ثابت

به اساس رابطهٔ عمومی حالت گازات(PV = n RT) میتوان فشار کلی و فشارهای جزیی هر گاز را بدست آورد.

$$P_{Total} = \frac{n_{Total}RT}{V} \text{----------} 1$$

فشارجریی $$P_i = \frac{n_i RT}{V} \text{----------} 2$$

$$\frac{P_i}{P_{Total}} = \frac{\frac{n_i RT}{V}}{\frac{n_{Total}RT}{V}} = \frac{n_i \cancel{RT}}{n_{Total}\cancel{RT}} \text{----------} 3$$

$$\frac{P_i}{P_{Total}} = \frac{n_i}{n_{Total}} \text{----------} 4$$

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:

$$\frac{P_i}{P_{Total}} = X_i \text{----------} 5$$

$$P_i = P_{Total} \cdot X_i \text{----------} 6$$

ACKU

مثال: یک گرام هریک از گاز هــای O_2 , N_2 و H_2 را داخل یک بالون 10 لیتره نموده، گازهــای مذکور نــوع از گازهای اید یال بــوده ، در صورتیکه حــرارت مخلوط گازها 125^0Cباشــد ، فشــار کلی یا مجموعی (Total) را دریافت نمایید. (به واحد atm دریافت نمایید).

حل:

$$n_{H_2} = \frac{m_{H_2}}{M} = \frac{1g}{2g/mol} = 0.5mol$$

$$n_{O_2} = \frac{m_{O_2}}{M} = \frac{1g}{16g/mol} = 0.0313mol$$

$$n_{N_2} = \frac{m_{N_2}}{M} = \frac{1g}{14g/mol} = 0.0357mol$$

$$P_{H_2} = \frac{nRT}{V} = \frac{0.5mol \cdot 0.082atm \cdot L \cdot 398K}{10L \cdot mol \cdot K} = 1.63atm$$

$$P_{O_2} = \frac{nRT}{V} = \frac{0.0313mol \cdot 0.082atm \cdot L \cdot mol^{-1} \cdot K \cdot 398K}{10L} = 0.102atm$$

$$n_{N_2} = \frac{n_{N_2}RT}{V} = \frac{0.0357mol \cdot 0.082atm \cdot L \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1} \cdot 398K}{10L} = 0.117atm$$

$$P_{Total} = P_{O_2} + P_{H_2} + P_{N_2} = 1.63atm + 0.0102atm + 0.117atm = 1.85atm$$

$$Ptotal = 1.63atm \cdot mol \cdot K$$

به صورت عموم فشــار کل سیســتم 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 انگلیســی در ســال 1829 تحقیقات لازمه را در مورد ســرعت انتشــار (Diffusion) و نفوذ (Effusion) گازات مختلف انجام داد. انتشــار

ACKU

اصطلاحی است که در مورد حرکت توده‌های مواد از یک محیط به محیط دیگر استعمال می گردد. به طور مثال: زمانیکه 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:

$$V = \frac{K}{\sqrt{D}} \text{ سرعت پخش گاز} \quad \text{----------} 1$$

نسبت نفوذ دوگاز A و B را میتوان چنین در یافت کرد :

$$V = \frac{K}{\sqrt{D_A}} \text{ سرعت پخش گاز A} \quad \text{----------} 2$$

$$V = \frac{K}{\sqrt{D_B}} \text{ سرعت پخش گاز:} \quad \text{----------} 3$$

$$\frac{V_A}{V_B} = \frac{\sqrt{D_B}}{\sqrt{D_A}} \quad \text{----------} 4$$

معادله 1 و 4 به نام معادلهٔ قانون پخش گراهام یاد می گردد.

به حرارت و فشار معین ، کثافت مالیکولی گازات و کتله مالیکول گازات با همدیگر رابطه مستقیم را دارا می‌باشند.

$$D = \frac{m}{V} \quad \text{----------} 5$$

$$V = \frac{nRT}{P} \quad \text{----------} 6$$

قیمت V را از معادله 6 در معادله 5 معامله نموده، حاصل می گردد که

$$D = \frac{m}{\frac{nRT}{P}} = \frac{mP}{nRT} \quad \text{----------} 7$$

$$n = \frac{m}{M} \quad \text{----------} 8$$

$$D = \frac{mP}{\frac{mRT}{M}} = \frac{mP}{1} \cdot \frac{M}{mRT}$$

$$D = \frac{PM}{RT} \quad \text{----------} 9$$

ACKU

حاصل ضرب و حاصل تقسیم دو ثابت مساوی به ثابت سومی بوده؛ یعنی:

$$\frac{P}{RT} = K$$

$$D = MK \text{ ----------} 10$$

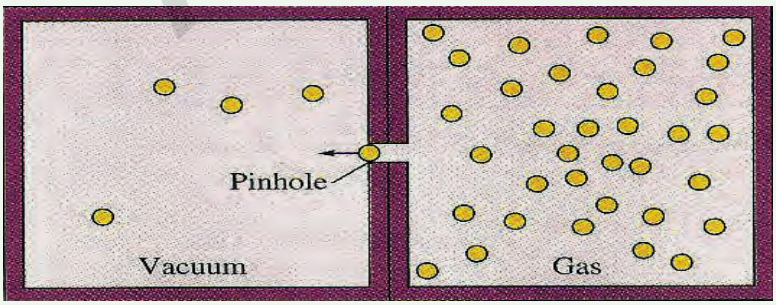
$$D \approx M \text{ ----------} 11$$

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:

$$\frac{V_A(\text{Diffusion})}{V_B(\text{Diffusion})} = \frac{\sqrt{M_B}}{\sqrt{M_A}}$$

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 تخلخل 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 .

مثال: سرعت نفوذ یک گاز مجهول X از سوراخهای دیوار تخلخل دار 0.279برابر سرعت نفوذ گاز هایدروجن از دیوار مذکور است (در صورتیکه شرایط STP باشد). کتله

مالیکول گاز مجهول را دریافت نمایید. کتله مالیکول هایدروجن 2.016 است.

حل:

$$\frac{V_X(Effusion)}{V_{H_2}(effusion)} = \frac{\sqrt{M_{H_2}}}{\sqrt{M_X}} \qquad 0.279 = \frac{\sqrt{2.016}}{\sqrt{M}}$$

$$M_x = \left(\frac{\sqrt{2.02}}{0.279}\right)^2 \quad \text{یا} \quad \sqrt{M_x} = \frac{\sqrt{2.016}}{0.279}$$

جواب $M_X = 26$

مثال: از احتراق ایتان در موجودیت آکسیجن H_2O و CO_2 حاصل می گردد. اگر 1.26g ایتان با 4.50L آکسیجن سوختانده شود. چند لیتر CO_2 و چند لیتر بخارات آب تولید خواهد شد؟ در صورتیکه حرارت 400^0C و فشار 4.00atm باشد.

حل:

$$2C_2H_6(g) + 7O_2(g) \longrightarrow 4CO_2(g) + 6H_2O(l)$$

$$2L \qquad 7L \qquad 4L \qquad 6L$$

$$2L \quad - \quad 7L$$

$$1.26L \quad - \quad X_1 \qquad X_1 = \frac{1.26L \cdot 7L}{2L} = 4.41L$$

$$2L \quad - \quad 4L$$

$$1.26L \quad - \quad X_2 \qquad X_2 = \frac{1.26L \cdot 4L}{2L} = 2.52L\ CO_2$$

$$2LC_2H_6 - 6LH_2O$$

$$1.26LC_2H_6 - X_3 \qquad X_3 = \frac{1.26L \cdot 6L}{2L} = 3.76L$$

مقدار اکسیجن موجود 4.50L بوده ،آکسیجن معادل C_2H_6 1.26g مساوی به 4.41 لیتر است که به مقدار 0.094g آکسیجن بدون تعامل باقی مانده ، پس مقدار CO_2 و H_2O را میتوان قرار فوق از مقدار حجمی ایتان بدست آورد.

ACKU

مشق وتمرین کنید

پروپـان C_3H_8 بـا آکسـیجن احتـراق نموده، کاربن دای اکسـاید و بـه آب مبدل شـده است. یک لیتر پروپان به حرارت 12^0C و فشار 8.44atm با مقدار اضافی اکسیجن سوختانده شده اسـت ، 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

تـا حـال خواص مهم گازات ایدیال را تحـت عناوین قوانین گازات؛ از قبیل قانون بایل، قانـون دالتـن، قوانین گراهام... مطالعه نمودیم، ازاین مطالعات سـؤال خلق می‌شـود که چرا خواص ذکر شده را گازها از خود نشان می‌دهند؟ تاریخ هویدا می‌سازد 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 آنرا نظریهٔ حرکی نیز مینامند ، مودل فزیکی برای توصیف طبیعت و چگونگی رفتار گازها است، این نظر یه بر پایهٔ فرضیات ذیل استوار است:

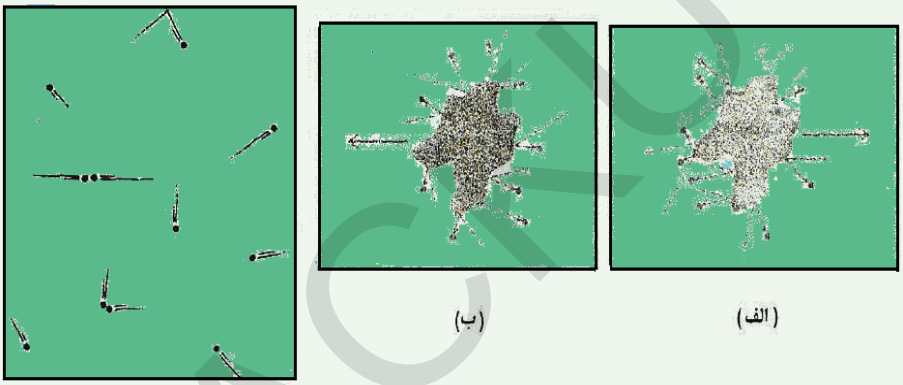
1 - گازها از تعداد کثیر ذرات بسیار کوچک (اتوم‌ها، مالیکول‌ها) تشکیل گـردیده اند و ایـن ذ رات به اندازهٔ کوچک اند که اندازهٔحجم آن‌ها در مقایسـه با فواصل بین آن‌ها به طـــور اوسط وحجم ظرف که گازها در آن‌ها قرار دارند ، بسیار کم بوده و حد اعظمی گازهای داخل ظرف را فضای خالی بین ذرات احتوا می‌نماید.

2 - مالیکول‌ها و اتوم‌های تشکیل دهندهٔ گازها متداوماً 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 الاسـتیکی بوده، طوریکه در هر تصادم انرژی حرکی در مالیکول بر خورد کننده کم و زیاد نمی‌شـود، یا به عباره دیگر امکان آن موجود اسـت که مالیکول‌ها در نتیجه بر خورد بین هم انرژی سـینیتک خود را از دسـت دهند؛ اما مجموعهٔ انرژی سینتیک دو مالیکول تصادم کننده ثابت باقی می‌ماند.

ACKU

3 - در گازها ما لیکول‌ها و یا اتوم‌ها مجزا از یک دیگر قرار داشته ، هیچ قوۀ 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 محدودۀ وسیع در حالت نو سان است؛ اما انرژی حرکی متوسط مالیکول‌ها و اتوم‌های گازها به حرارت مطلقه رابطۀ 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 سریعاً توسط ذرات گازها پر میشوند.



شکل (6 - 23) : الف - مودل حرکی گازات وحرکت برونی

ب - تعداد مالیکولهای که ذرات را طرف چپ بمباردمان می‌نماید،

ج - در لحظات بعدی وضعیت معکوس جز(الف) می گردد

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؛ لاکن باید دانست که در گازهای حقیقی شرایط فوق الذکر را نمی‌توان صد فیصد ملاحظه کرد؛ پس گفته می‌توانیم که گازهای حقیقی از طبیعت و شیوۀ 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 می‌توانیم ؛به طور مثال: o.1mol گاز اکسیجن به فشار o.5atm و حرارت یک 39^0C حجم مشخص را اشغال می‌نماید. 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 نمی‌تواند.

در سال 1873 واندر- والس (Vanderwaals) معادلهٔ حالت گازها حقیقی را به صورت $(P+\frac{a}{V^2})(V-b)=RT$ 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 میکند؛ طوریکه:

$$(P+\frac{a}{V^2})=P \qquad , \qquad \frac{PV}{RT}=Z$$

$$V-nb=V \qquad\qquad PV=nRT$$

مقدار b, a را می‌توان توسط تجربه برای هر گاز در یافت کرد. در جدول (6 – 2) مقدار ثابت‌های b,a واندر - والس را افاده میکند.

جدول (6 –3): ثابت‌های b, a گازات حقیقی

$b(liter/mol$	$a(litler.atm/mol^2)$	گازات
0266 .0	0.244	H_2
0.0237	0.3412	He
0.03913	1.390	N_2
0.03183	1.360	O_2
0.0427	3.59	CO_2
0.03985	1.485	CO
0.0428	2.25	CH_4
0.0371	4.17	NH_3
0.03049	5.464	H_2O
0.02789	1.340	NO

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 اید یال و معادله واندر- والس محاسبه نمایند. قیمت‌های b,a را از جدول(6 - 2) بدست آورید.

حل : الف :

$$P=\frac{mRT}{MV}$$

$$m=10g$$
$$V=1L$$
$$P=?$$
$$M=16$$

$$P=\frac{10g\cdot 0.062atm\cdot L\cdot mol^{-1}K\cdot 298K}{16g.1L}$$

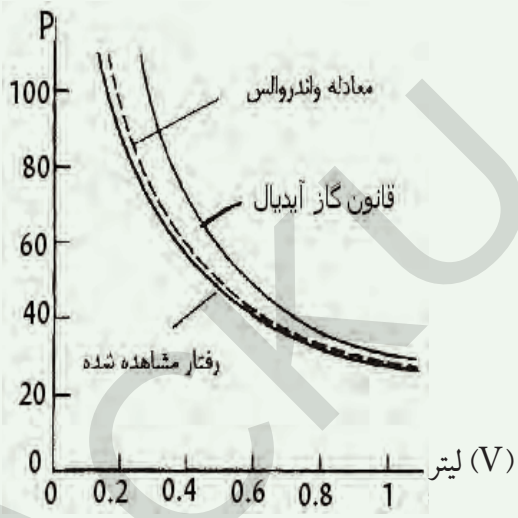
$$P=15.3atm$$

$$(P=\frac{nRT}{V-n})-(\frac{n^2a}{V^2})=\frac{0.0625mol\cdot 0.082atm.L.mol^{-1}.K.298K}{1L-0.625mol.0.428}-\frac{(0.625mol)^2\cdot 2.25L^2atm}{L^2.mol^2}$$

$$P=14.8atm$$

ACKU

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_2را 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 محاســبهٔ 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 نماید .

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

ACKU

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 کثافت کمتر بوده ، در حالیکـه 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 نسـبت 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: 237 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 هر گاز ---- 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 – $\frac{P\bar{V}}{RT}=Z$ 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 اید 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 فشـــار 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 دستگاه آزمایشی درحدود $1.10^{-15}mmHg$ فشار موجود است، یک ظرف یک لیتر را در دستگاه آزمایشی درنظر بگیرید . در صورتیکه 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 اســت ســرعت متوسط گاز A دو چند ســرعت متوسط گاز B است (البته سرعت مالیکول‌های گازات مذکور است) اگر کثافت مالیکولی هردو نمونه یکسان باشد وفشار گاز B 3atm 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 .

ACKU

فصل هفتم

تعاملات کیمیاوی

تغییرات وتبدلات زیادی در طبیعت رونما می گردد که مثال آن رامیتوان 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 می‌توان مواد را باهم تعامل داد؟ تعاملات اندوترمیک واکزوترمیک کدام نوع تعاملات است؟ شیوه درست تحریر معادلات چطور است؟

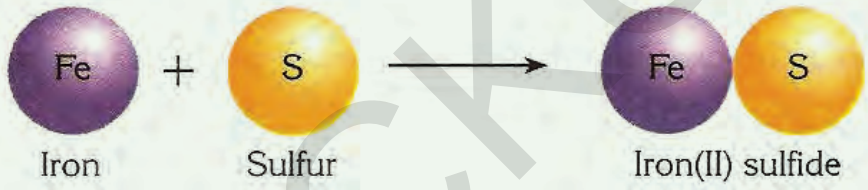
۷ –۱ : مفهوم معادلهٔ کیمیاوی

معادلهٔ کیمیاوی نشـان دهندهٔ تعاملات کیمیاوی بوده که به وسـیله سـمبول‌ها وفورمولهای مرکبات نمایش داده می‌شود . موادی که در تعامل سهم میگیرند به نام مواد تعامل کننده یا مواد اولیه یاد شـده وموادی که در نتیجهٔ تعامل مواد اولیه حاصل می گردد ، 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 می گردد . وکتور معنی «می‌دهد » را افاده می کند ؛ به طور مثال :

آهن + سلفر ⟶ آهن (II) سلفاید

$$Fe + S \longrightarrow FeS$$



شکل (7 – 1): تعامل آهن وسلفر و تشکیل فیریم سلفاید

قبـل از اینکـه معادلهٔ کیمیاوی را تحریر نمایم ، بایـد نوع تعامل وفورمول مواد را بدانیم . معادلـهٔ کیمیـاوی بیانگر نتایج تجارب عملی بوده و مواد آن قابل لمس ودید میباشـند . یکی از اهداف کیمیا کشـف وتکوین اصول وقوانین اسـت که محصولات تعاملات را پیش بینی کرده میتوانند، گرچه نوشـته‌های صفحه کاغذ به طور سمبولیک ارائه کنندهٔ خصوصیات مواد تعامل کننـده ومحصول در معادله نبوده، با آنهم کیمیادان‌ها کوشـش می‌نمایند تا معادلات کیمیاوی را به طور درسـت ودقیق نمایش دهند . برای تحریر یک معادلهٔ کیمیاوی شـیوه‌های مختلف به کار رفته اسـت که در زیر بـه معرفی هرکدام آن می‌پردازیم؛ اما قبل از ارایهٔ شـیوه‌های تحریر معـادلات باید گفت که در معادله‌های کیمیـاوی حالت‌های مواد تعامل کننده ومحصول تعامل را نیز مشخص میسـازند، در جدول زیر حالـــت مواد تعامل کننده ومحصول تعامل ارائه شده است.

حدول (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 + چونهٔ 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 بادر نظر داشت حالت‌های فزیکی هریک از مواد تعامل کننده ومحصول تعامل استفاده می‌شود . چون از معادلات

سـمبولیک معلومات واطلاعات بیشتر نسبت به معادلات تحریری حروفی حاصل می گردد ، از این سـبب آنرا زیاد تر به کار می‌برند . معادلهٔ تحریری حروفی فوق را قرار ذیل میتوان 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 اسـتفاده می گردد؛ به طور مثال : کلسـیم کاربونیت در اثر حرارت به کلسیم اکساید و گاز کاربن دای اکساید تجزیه می گردد.

فعالیت

1 – امونیـم نایترایت تجزیه گردیده ، گاز امونیا وآب حاصل می گردد ، معادله تحریری وسمبولیک آن را بنویسید .

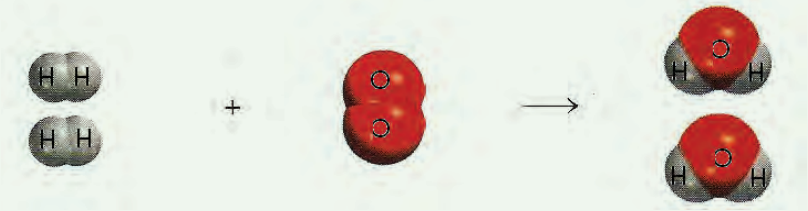
2 – تیزاب نمک وسودیم هایدروکساید با هم تعامل نموده، نمک وآب را تشکیل می‌دهند، معادله تحریری وسمبولیک آن را بنویسید .

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

ACKU

معادل 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 ماحول ما همه روزه تعاملاتی صورت میگیرد که بالای حیات ما تأثیر مستقیم ویا غیر مستقیم دارند، به دین ملحوظ ضرور است تا درمورد تعاملات کیمیاوی معلومات حاصل گردد؛ اما تعاملات کیمیاوی تا اندازهٔ زیاد است که مستلزم مطالعات بیشتر بوده ووقت زیاد را ایجاب می‌نماید .

قابل یاد آوری است اینکه 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 :

ACKU

جدول (7 –2): انواع تعاملات کیمیاوی

شماره	طبقه بندی	انواع	تعریفات	مثال‌ها
1	انتقال الکترون	اکسیدیشن وریدکشن	نمبراکسیدیشن بعضی اتوم‌ها تغییر می کند	$\overset{-4}{C}H_4 + 2O_2 \longrightarrow \overset{+4}{C}O_2 + 2H_2\overset{-2}{O}$
		غیراکسیدیشن 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	$3H_2 + N_2 \rightleftharpoons 2NH_3$
		غیر رجعی	محصول تعامل دوباره به مواد اولیه تبدیل نمی گردد .	$\overset{-4}{C}_3H_8 + 5O_2 \longrightarrow 3CO_2 + 4H_2\overset{-2}{O} + E$
4	نوعیت مواد	سوختن	تعامل مواد باآکسیجن که حرارت و روشنی تولید می گردد	$CH_4 + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2\overset{-2}{O}$
		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	$HCl + NaOH \longrightarrow NaCl + H_2O$

ACKU

5		رادیکال	تعاملاتی که به اساس رادیکالها صورت میگیرد	$O_3 \longrightarrow O_2 + O \quad Radical$
		اضافه شدن	یک ماده به مادهٔ دیگر علاوه می گردد	$C_2H_4 + H_2 \longrightarrow \overset{+4}{C_2}H_6$
		حذفی	یک جزء از مالیکول تجرید می گردد	$C_2H_6O \longrightarrow C_2H_4 + H_2\overset{-2}{O}$
		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	$2Na + 2H_2O \longrightarrow 2NaOH$
		تعویض دوگانه	تعویض آیون‌های مرکبات بایکدیگر	$HNO_3 + NaOH \longrightarrow NaNO_3 + H_2O$

۷ – ۲ – ۱ : تعاملات تعویضی

۷ – ۲ – ۱ – ۱ : تعامــلات تعویضی یگانه یا ســاده: در این نوع تعاملات اتوم‌های یک عنصــر خالص، اتوم‌های عنصر دیگــررا در یک مرکب تعویض می‌نماید ، یــا به عبارهٔ دیگر اتوم‌هــای یک عنصر خالص اتوم‌های عنصر دیگر را از کدام مرکب بی جا ســاخته و خودش جای آنرا در مرکب اشــغال می‌نماید ؛ بطور مثال: کلورین با پتاشــیم 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 آهن اکساید مبادله می‌شود:

$$2Al(s)+Fe_2O_3(s)\longrightarrow Al_2O_3(s)+3Fe(s)$$

در بعضی از تعاملات تعویضی ساده میتوان از روابط زیر به حیث نمونه استفاده کرد:

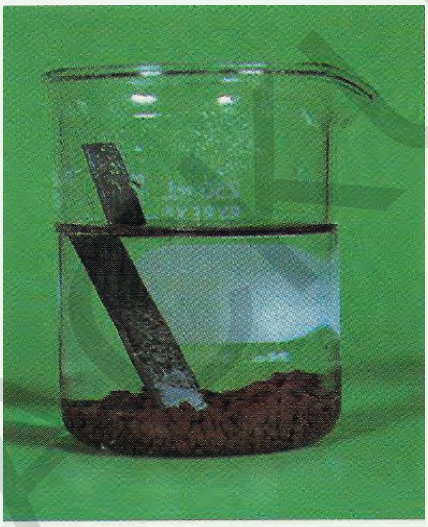
$$A+BC \xrightarrow{\text{اگر عنصر A فلز یا H باشد}} AC+B$$

$$A+BC \xrightarrow{\text{اگر عنصر A غیر فلز باشد.}} BA+C$$

غیر فلز یا H

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

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 - $K(s)+H_2O(l)\longrightarrow$

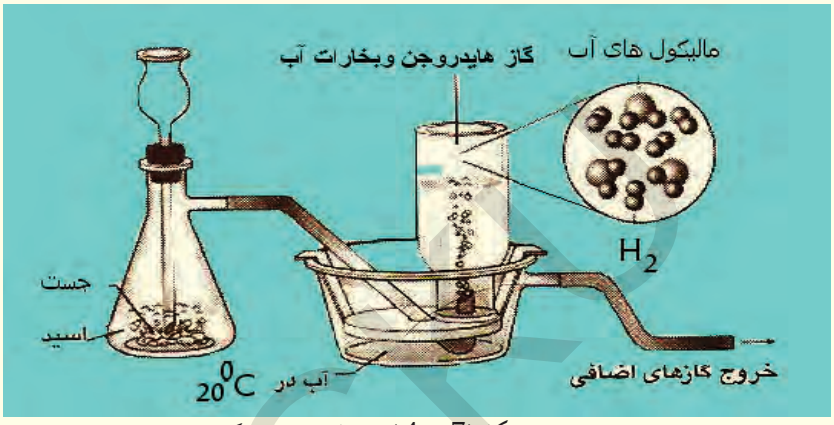
۴- مس با محلول نایتریت نقره تعامل نموده است .

۵- $SiO_2(s)+C(s)\longrightarrow$

ب- بیجا شدن هایدروجن ازتیزاب 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 کاپر سلفیت

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 کد ام یکی از معادلات حروفی فوق مطابقت دارد؟ نمبر آن‌ها را در مقابل معادلات فوق قرار دهید:

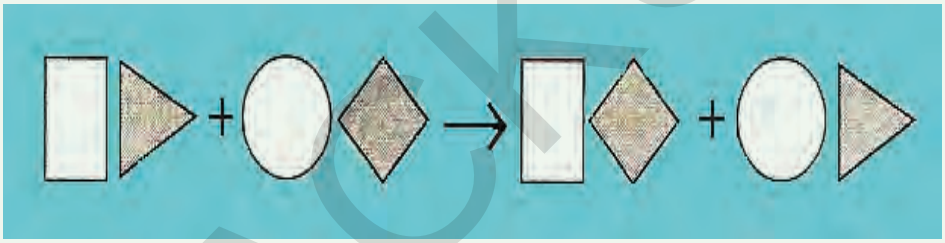
$$1-\quad Br_2 + 2NaI \longrightarrow 2NaBr + I_2$$
$$2-\quad Mg + CuSO_4 \longrightarrow MgSO_4 + Cu$$
$$3-\quad 2Na + 2H_2O \longrightarrow 2NaOH + H_2$$
$$4-\quad Zn + 2HCl \longrightarrow ZnCl_2 + H_2$$

بیشتر بدانید

$Cu + HCl \longrightarrow$ تعامل نمی کند

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 عبـارۀ دیگرآیونهای دو مرکب جاهای یکد یگر را در مالیکول اشـغال می‌نمایند. تعامل دو نمک منحل که به تشـکیل یک نمک غیر منحل منجر می گردد، از جملۀ تعاملات تعویضی دوگانه مهم محسوب می‌شوند:



شکل (7 – 5): تعامل تعویضی و معادلۀ شکلی آن

تعویض کتیون.

$$PbCl_2(aq) + Li_2SO_4(aq) \longrightarrow PbSO_4(s) + 2LiCl(aq)$$

تعویض انیون

$$ZnBr_2(aq) + 2AgNO_3(aq) \longrightarrow Zn(NO_3)_2(aq) + 2AgBr(s)$$
$$BaCl_2(aq) + 2KClO_3(aq) \longrightarrow Ba(ClO_3)_2(s) + 2KCl(aq)$$

شکل عمومی تعاملات تعویضی دوگانه طور زیر است:

$$AB \quad + \quad CD \quad \longrightarrow \quad CB \quad + \quad AD$$

مرکب اول مرکب دوم مرکب سوم مرکب چهارم

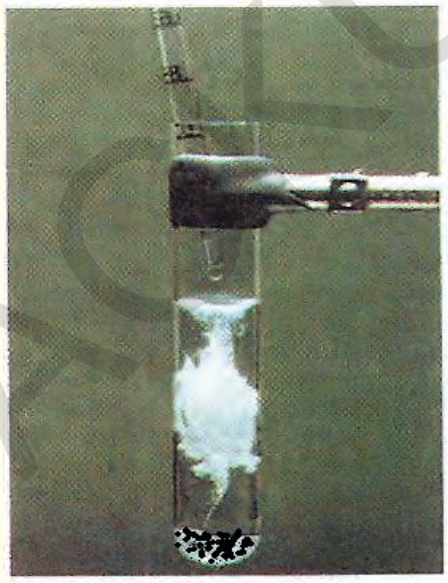
به خاطر داشــته باشــید که در تعاملات تعویضی دوگانه حد اقل یکی از محصولات تعامل، مادهٔ غیر منحل، آب یا گاز باشد.

فعالیت

تعامل نایتریت نقره با سودیم سلفاید

ســامان و مواد مورد ضرورت: تست تیوب، میلهٔ شیشه یی، منبع حرارت، گیرا، نایتریت نقره و سودیم سلفاید.

طرز العمل: ســودیم ســلفاید را در تســت تیوب انداخته، بــالای آن نایتریت نقره علاوه نمایید، تست تیوب را توسط گیرا گرفته ، برای یک دقیقه آنرا 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 اســاس عمل متقابل کیمیاوی ویا به اساس عمل متقابل فزیکی در یک دیگر حل می گردند؛ بنابر این انحلالیت مواد نیز میتواند یک نوع تعامل قســمی محســوب گردد.در زیر انحلالیت مواد را درآب مطالعه می‌نماییم:

مواد منحل و غیر منحل در آب

نمک‌ها، القلی‌ها و تیزاب‌های که بیشتر از $0.1mol/L$ در 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 اســتثنای پتاشیم کلوریت در آب منحل اند، پتاشیم کلوریت کمتر منحل است .

اکثر کلوراید ها(Cl^-) در آب منحل اند؛ به جز $PbCl_2, CuCl, Hg_2Cl_2, AgCl$ که در آب غیر منحل اند (سرب (II) کلوراید $PbCl_2$ 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.

اکثــر آیودایدها (I^-) در آب منحل اند؛ به اســتثنای 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 می‌شــوند. بیشترین ســلفیت‌های 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(II) اول و دوم اصلی جدول دوره یی عناصر و امونیم سلفاید $(NH_4)_2S$ که در آب منحل اند.

کاربونیت‌هــا (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

هایدروکســایدها (OH^-) در آب غیر منحل اند ، به جز از هایدروکســایدهای گروپ اول (فلزات القلی) ، $Ba(OH)_2$, $Sr(OH)_2$ و کلسیم هایدروکساید کمتر منحل اند.

ACKU

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:

$$AB \longrightarrow C + D$$

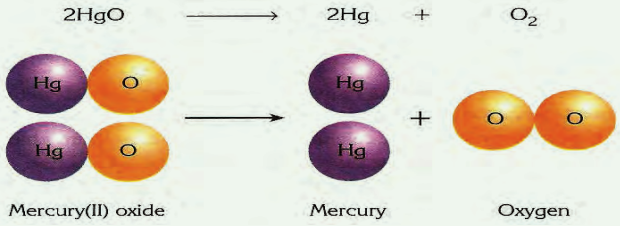
در نتیجهٔ تجزیهٔ مرکبات، ممکن محصولات نیز مرکبات باشند ، در این صورت C و D مرکبات اند. اگر محصولات تعامل عناصر باشند، در این صورت C و D نیزعناصر بوده و در صورتی که مواد محصول از تعامل هم عنصر و هم مرکب باشند، در این صورت C وD عنصر و مرکب می‌باشد؛ به این اساس میتوان معادلات ذیل را به نوع تعاملات ذکر شدهٔ 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 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:

فلز کاربونیت $\xrightarrow{\Delta}$ فلز اکساید + CO_2

فلز هایدروجن کاربونیت $\xrightarrow{\Delta}$ فلز کاربونیت + CO_2 + H_2O

فلز سلفیت $\xrightarrow{\Delta}$ فلز اکساید + SO_2

فلز نایتریت $\xrightarrow{\Delta}$ فلز نایترایت + O_2

فلز کلوریت $\xrightarrow{\Delta}$ فلز کلوراید + O_2

نمک بلوری آبدار $\xrightarrow{\Delta}$ نمک بدون آب + H_2O

مادهٔ مرکب دو عنصری $\xrightarrow{\Delta\ \text{نور}}$ عنصر A + عنصر B

تیزاب اکسیجن دار $\xrightarrow{\Delta}$ اکساید غیر فلز + آب

نمک ذوب شده $\xrightarrow{\text{برق}}$ غیر فلز + فلز

آب $\xrightarrow{\text{برق}}$ اکسیجن + هایدروجن

فلز هایدروکساید $\xrightarrow{\Delta}$ فلز اکساید + آب

ACKU

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

$$2KNO_3(s) \xrightarrow{\Delta} 2KNO_2(s) + O_2(g)$$

$$KNO_3 \xrightarrow{\text{حرارت بلند}} K_2O(s) + N_2(g) + O_2(g)$$

جستجو کنید

آیـا برای تعاملات تجزیوی میتوانید مثال‌های دیگری به علاوه از مثال‌های ذکر شـدۀ این درس تحریر بدارید؟

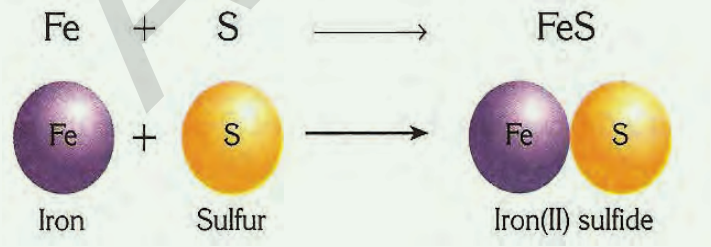
۷ – ۲ – ۳ : تعاملات ترکیبی

تعاملات که در نتیجۀ آن دو یا چند ماده ساده با هم ترکیب شد یک مادۀ مغلق یا مرکب را می‌سـازد 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 و B 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): معادلۀ 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

$$2\overset{0}{Fe}(s)+3\overset{0}{Cl_2}(s)\longrightarrow 2\overset{+3}{Fe}\overset{-1}{Cl_3}(s)$$

فعالیت

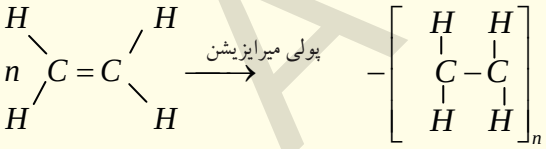
تعامــلات زیر را به دقت خوانده، توســط اعــداد 1, 2و 3 که نمبر نوع تعاملات عمومی فوق الذکراست ،به آن‌ها ارتباط دهید:

$$H_2(g)+O_2(g)\longrightarrow H_2O(l)$$

$$Hg(l)+O_2(g)\longrightarrow HgO(s)$$

$$NH_3(g)+HCl(g)\longrightarrow NH_4Cl(g)$$

$$CaO(s)+SiO_2(s)\longrightarrow CaSiO_3(s)$$

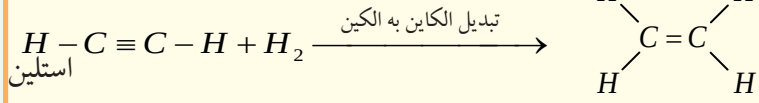


ایتلین

پولی ایتلین

ایتلین

ایتان



استلین

ایتلین

$$Na_2CO_3+H_2O+CO_2\longrightarrow 2NaHCO_3$$

ACKU

اشکال عمومی تعاملات ترکیبی را میتوان طور زیر فورمول بندی نمود که بسیاری 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

$x=(F,Cl,Br,I)$ $HX \longrightarrow NH_4X$ + 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 سماور و چای جوش که آب را در آن‌ها جوش می‌دهند ، کلسیم بای کاربونیت و مگنیزیم بای کاربونیت منحل در آب‌های عادی به اثر جوش شدن ترسب می‌نمایند و به نمک‌های غیر منحل تبدیل می‌شود. این کاربونیت‌ها در چنین ظروف و وسایل رسوب کرده سبب ازدیاد کتله و بندش شیردهن‌ها مجرای خروجی آب این وسایل می گردد. برای تجرید منگ از وسایل، از طریقه‌های مختلف استفاده میکنند، یکی از این طریقه‌ها تهیهٔ محلول قلوی وعلاوه نمودن آن بالای منگ می‌باشد.

مواد و وسایل مورد ضرورت: گیلاس، هاونگ با دسته، ترازو، چای جوش منگ گرفته شده ، $10g$ نمک طعام، $9g$ سودیم هایدروکساید، $0.5g$ پوتاشیم کاربونیت و $0.2g$ پوست بلوط.

طرز العمل: نمک طعام ، K_2CO_3 و پوست 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 $3-5$ 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 یاداشت 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 میبا شند؟ 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

$$P_4(S)+5O_2(g)\longrightarrow P_4O_{10}(s)+$$ حرارت و روشنی

فکر کنید

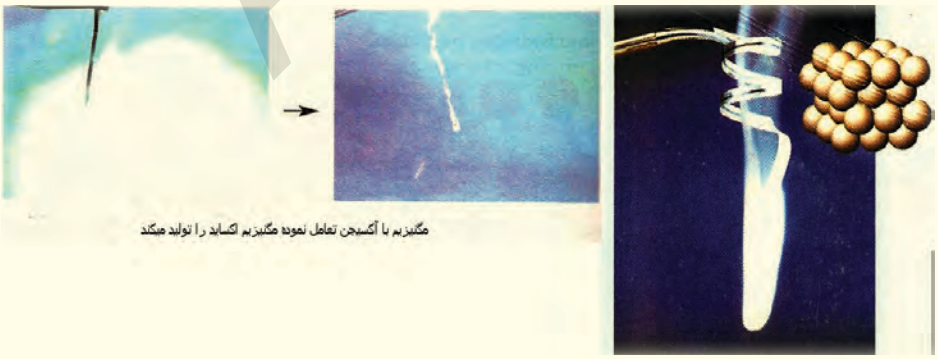
آیا تعامل سوختن مواد را میتوان نوع تعاملات ترکیبی قبول کرد؟

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 می گردند،

ACKU

دستهٔ اول نوع تعاملات است که در نتیجه صورت گرفتن آن‌ها علاوه بر محصولات تعامل، انرژی به شکل حرارت و نور نیز آزاد می گردد ، این نوع تعاملات را به نام تعاملات اکزوترمیک (Exothermic)یاد می‌نمایند . اکثر تعاملات القلی‌ها با تیزاب‌ها اگزوترمیک 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: وقتیکه 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

$$2Na + 2H_2O \longrightarrow 2NaOH + H_2 + \text{ نور + حرارت}$$

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 می گردد ، بیشتر از آن مقدار انرژی است که برای فعال ساختن مواد داخل تعامل به مصرف میرسد ؛ بطور مثال: فلز مگنیزیم را باید ابتدا به شعلهٔ آتش نزدیک سازیم تا تعامل آغاز گردد، وقتیکه تعامل شروع شد، مقدار بی نهایت انرژی آزاد میشود. هم چنان اگر بالای پتاشیم پرمنگنیت گلیسرین راعلاوه 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 میگرند یا تعاملاتی که مستلزم حرارت اند ، به نام تعاملات اندوترمیک (Endothermic)یاد می گردند. 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)نشانی کنید:

$$4H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(l) + 571{,}6kJ$$

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l) + 890kJ$$

$$2CuO(s) + 314{,}6kJ \longrightarrow 2Cu(s) + O_2$$

$$2H_2O(l) + 571{,}6kJ \longrightarrow 2H_2(g) + O_2(g)$$

$$H_2O(s) + 6kJ \longrightarrow H_2O(l)$$

$$H_2(g)Cl_2(g) \longrightarrow 2HCl(g) + 185kJ$$

$$H_2O(l) \longrightarrow H_2O(s) + 6kJ$$

$$2Al_2O_3(s) \longrightarrow 2Al_2O_3 + 3351{,}4kJ$$

$$4Al(s) + 3O_2(g) \longrightarrow 2Al_2O_3 + 3351{,}4kJ$$

$$Sn(s) + 2Cl_2(g) \longrightarrow SnCl_4(l) + 511{,}3kJ$$

$$C(s) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 393{,}5kJ$$

۷ - ۲ - ۵ : دیاگرام انرژی برای تعاملات اکروتزمیک و اندوترمیک

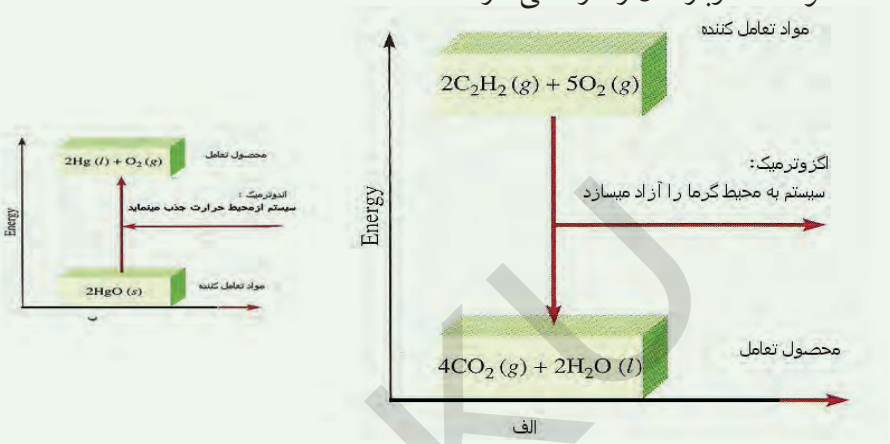
طوری که گفته شد ، تعاملات کیمیاوی از نگاه انرژی به دو دستهٔ اکزوترمیک و اندوترمیک تقسیم می گردند. تعاملات اکزوترمیک در ابتدأ تعامل به یک مقدار انرژی ضرورت دارد که این مقدار انرژی به نام انرژی فعال سازی (Activation) یاد می‌شود؛ ولی انرژی که آزاد می گردد بیشتر از مقدار انرژی فعال سازی می‌باشد.

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

ACKU

تجزیهٔ آن‌ها به همان مقدار انرژی ضرورت است که در وقت تشکیل آن‌ها آزاد گردیده است.

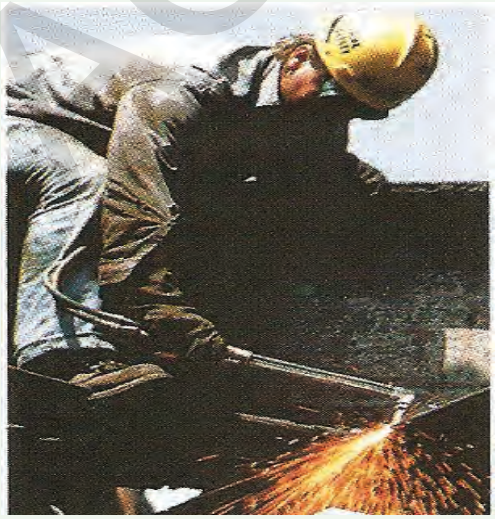
تعامــلات اندوترمیــک در جریــان تشــکیل مواد محصــول، مواد اولیه انــرژی جـــذب می‌نماینــد؛ لــذا انرژی ذخیره وی مــواد محصول تعامل بیشــتر از مواد تعامل کننده می‌باشــند. محصــولات تعاملات اندوترمیک بی ثبات اند ؛ زیرا مقدار انرژی که در وقت تشــکیل خویش اخذ نموده اند دوباره آن را آزاد می‌سازد.



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.
- تعامــلات کیمیاوی نوع جریاناتی اند کــه در آن‌ها مواد اولیه به مــواد جدید یا محصول تعاملات که دارای خواص جدید می‌باشند، تبدیل می گردند.
- تعامــل تعویضی ســاده عبارت از تعاملی اســت که در آن یک یا چنــد اتوم جای یک یا چندین اتوم هارا در مالیکول متشکل آن‌ها اشغال می‌نمایند .
- تعامل تعویضی دوگانه عبارت از تعاملی اســت 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 اســت که از تجزیهٔ یک ماده، چند مادهٔ جدید به دســت میآید.
- تعامل ترکیبی عبارت از تعامل اســت 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 بیشــتر از $0.1mol / L$ (مول درفی لیتر آب) حل شوند، به نام مواد منحل و اگر بین $0.1 - 0.001$ مول فی لیتر آب حل شــوند 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 داشــتن 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 نمایید .

ACKU

4 – معادلهٔ سمبولیک را توسط یک مثال توضیح دهید.

5 – تعامل اکزوترمیک را با یک مثال توضیح نمایید.

6 – تعامل ترکیبی را تعریف و شکل عمومی آنرا 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– $C_2H_5OH(l) + O_2(g) \longrightarrow$

ACKU

فصل هشتم

تعاملات اکسیدیشن – ریدکشن

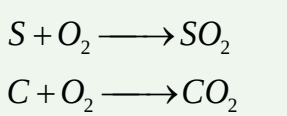
تعاملات اکسیدیشن - ریدکشن یکی از پروسس‌های بسیار مهم طبیعت می‌باشد. سوختاندن مواد سوختی درسوخت گاه ، دیگ‌های بخار، رسوب الکترولتیکی فلزات، پروسس‌های که در عناصر گلوانیکی و بتری‌ها صورت می گیرد، همه به اساس تعاملات اکسیدیشن - ریدکشن عملی می گردند . دریافت مواد اولی و ابتدایی(آهن، کروم، منگنیز، طلا، نقره، 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 زمانهای سابق اصطلاح اکسیدیشن و ریدکشن به مفهوم دیگری به کار می‌رفت ؛ طوری که نصب آکسیجن رابالای مالیکول مرکب به نام عملیهٔاکسیدیشن یاد می نمودند ؛ به طور

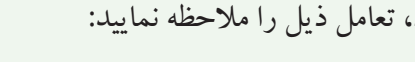
مثال :



$$S + O_2 \longrightarrow SO_2$$

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2$$

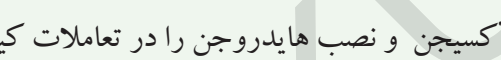
عملیهٔ اکسیدیشن ممکن بدون موجودیت آکسیجن آزاد، بلکه به واسطهٔ یک مادهٔ اکسیجن دهندهٔ ترکیبی صورت بگیرد، تعامل ذیل را ملاحظه نمایید:



$$2KClo_3 + 3S \longrightarrow 2KCl + 3SO_2$$

در تعامل فوق $K\,ClO_3$ به حیث اکسیدی کننده عمل نموده و سلفر را تحمص نموده است.

به این اساس کشیدن آکسیجن و نصب هایدروجن را در تعاملات کیمیاوی به نام ارجاع یا ریدکشن یاد می کنند؛ به طور مثال:

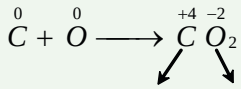


$$Fe_2O_3 + 3H_2 \longrightarrow 2Fe + 3H_2O$$

$$Fe_2O_3 + 3CO \longrightarrow 2Fe + 3CO_2$$

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 اکسیدیشـــن (مقدار چارج مثبت قسمی) اتوم‌های عناصر را در یک تعامل کیـــمیاوی به نام رید کشن یاد می کنند.

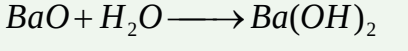
اکثر تعاملات کیمیاوی نوع تعاملات اکسیدیشـــن وریدکشن می‌باشند؛ به طور مثال : تعامل سوختن کاربن نوعی از تعاملات اکسیدیشن – ریدکشن است:



$$\overset{0}{C} + \overset{0}{O} \longrightarrow \overset{+4}{C}\,\overset{-2}{O_2}$$

اکسیدی شده ارجاع شده

اما تعاملات ذیل نوع تعاملات اکسیدیشـــن – ریدکشن نمی‌باشد؛ زیرا نمبرهای اکسیدیشن اتوم‌های مواد تعامل کننده بعد از تشکیل محصولات نیز به حالت اولی باقی مانده است:



$$BaO + H_2O \longrightarrow Ba(OH)_2$$

$$2NaOH + H_2SO_4 \longrightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$$

ACKU

معمولاً عملیهٔ اکسیدیشن وریدکشن در تعاملات کیمیاوی هم زمان صورت میگیرد و تعداد الکترون‌های گرفته شـــده 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 باشـــد ، به همان اندازه خاصیت اکسیدی کننده گی (اکســـیدانی) آن‌ها قوی می‌باشد. (این خاصیت در عناصر غیر فلزی زیاد است) و بر عکس هر قدر که عناصر دارای خاصیت الکترونیگاتیویتی پایین باشـــد 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

توســـط ولانس‌های عناصر کیمیاوی میتوان قابلیت عنصر را در تشکیل رابطه‌های کیمیاوی دانســـت (و یا اینکه به معنی فوق العاده بلند مقیاس قابلیت آن‌ها درتشـــکیل رابطه کیمیاوی پی برد). کمیت ولانس، ارقام روابط کیمیاوی را تعیین می‌نماید که توســـط اتوم‌ها تشکیل گردیده اســـت. ولانس‌ها به حیث کمیت الکترونیگاتیوتی اتوم‌ها که با اتوم مشـــخص رابطه داشـــته باشـــد، به شـــمار نرفته و علامات (+) و یا (–) را ندارند ؛ زیرا ولانس ارقام روابط را درمالیکول‌ها مشـــخص می‌ســـازد ؛ لاکن در مرکبات الکترون‌های که روابط کیمیاوی را تشـــکیل می‌نمایند، بالای اتوم‌های الکترونیگاتیف بلند، اخـــذ 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. ذریعهٔ این نوع شرایط پیش بینی می‌شود که الکترون‌های هریک از رابطه‌ها درمالیکول و یا آیون با اتوم فوق العاده الکترونیگاتیف تعلق دارد . 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.

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 آکسیجن درمرکبات می‌توانند درجات اکسیدیشن تام ویا کسری را از خود نشان بدهد ؛ به طور مثال: درجه اکسیدیشن آکسیجن در H_2O مساوی (2 -) بوده ، در H_2O_2، 1 - و درمرکبات KO_2 و KO_3 بترتیب $\frac{-1}{2}$ و $\frac{-1}{3}$ می باشد ، در مرکب اکسی فلورایدOF$_2$ درجه اکسیدیشن آکسیجن 2 + است . به صورت مشخص درجه اکسیدیشن هایدروجن در مرکبات کیمیاوی 1 + بوده ؛ اما درمرکبات هایدرایدهای فلزات فعال (Hydride Metals) نمبراکسیدیشن آن1 - می‌باشد .

2 - درجه اکسیدیشن اتوم‌ها در آیون‌های مالیکول مرکبات ساده به اساس کمیت و علامه آن مساوی به چارج برقی آیونهای آن می‌باشد ؛ به طور مثال: در مرکب KCl درجه اکسیدیشن پوتاشیم (K)1+ واز کلورین(Cl)1- است که چارج آن‌هابترتیب 1+ و1- می‌باشد.

3 - درصورتی که مالیکول به اساس رابطهٔ کوولانت ویا روابط آیونی- کوولانسی تشکیل گردیده باشد ؛ به طور مثال : ($HNO_3, NH_4NO_3, NH_4NO_2, NH_3$) درجه اکسیدیشن اتوم الکترونیگاتیف قوی علامه (-) و اتوم دارای خاصیت الکترونیگاتیف ضعیف به علامه (+) نشان داده می‌شود.

برای دانستن درجه اکسیدیشن معین عناصر سلسلهٔ از مرکبات به شکل معقول لازم است تا فورمول گرافیکی مرکب مطلوب تحریر گردد، در مرکبات نایتروجن‌دار ($HNO_3, HNO_2, NH_4OH, NH_3$ و N_2H_4)، بترتیب درجه اکسیدیشن

3 - ، 3 - ، 3 + ، 5 + و 2 - را دارا بوده که این درجات اکسیدیشن به طور آشکار درفورمول ساختمانی آن‌هابه ملاحظه میرسد . درصورت موجودیت روابط کیمیاوی بین اتوم‌های عین عنصر؛ به طور مثال: N_2H_4 تقسیم جوره الکترون‌های که اتوم‌های نایتروجن را ارتباط داده است، صورت میگیرد وبه تعقیب آن محاسبهٔ الکترون‌های هر یک از اتوم‌ها عملی می گردد . تفاوت بین تعداد الکترون‌های اتوم آزاد درسطح بلند و دریافت ارقام درجه اکسیدیشن اتوم را ارائه میدارد.

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 قوهٔ 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 دارا بوده، ملحق شدن اتوم کاربن با اتوم‌های دیگر؛ به طور مثال: (فلورین، آکسیجن، کلورین، نایتروجن) که دراسکلیت مرکبات عضوی شامل باشند، باعث تغییر پوتنسیال الکترونی بین کاربن و اتوم‌های عناصر فوق الذکر شده و پولارتی (قطبیت)آن‌ها را در تشکیل رابطه بین آن‌ها زیاد می‌سازد. درجهٔ 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 درجهٔ اکسیدیشن آن‌ها مساوی به صفرقبول شده است .

7 - درآیون مجموعهٔ الجبری درجهٔ اکسیدیشن تمام اتوم‌ها مساوی به چارج آیون است و مجموعهٔ الجبری درجات اکسیدیشن اتوم‌ها که درترکیب مرکب خنثی برقی شامل است، مساوی به صفرمی باشد.

8 - در مرکبات کامپلکس معمولاً درجهٔ اکسیدیشن اتوم مرکزی آن‌ها را مشخص میسازند ؛ به طور مثال: درمرکب $K_2[Fe(SCN)_5]$ ، $[Ni(NH_3)_5]SO_4$ بترتیب درجه اکسیدیشن آهن مساوی به (+3) بوده و درجه اکسیدیشن نکل مساوی به (+2) است . لازم به یاد

آوری است که دانستن درجهٔ اکسیدیشن به شکل ظاهری پدیدار شده و بطور 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) میتانول (CH_3-OH) فارم الدیهاید (CH_2O) و کاربن دای اکساید (CO_2) درجه اکسیدیشن کاربن به ترتیب مساوی به -4، +2، -2، 0، +4 بوده و هم زمان با آن ولانس اتوم کاربن درتمام 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 اکسیدیش یکی از اتوم‌های عناصر در مرکبات ذیل راکه مجهول (x)است، دریافت نمایید.

الف - $\left[\overset{x}{Ni}(NH_3)_5\right]SO_4$ ب - $\overset{x}{Al}_2(SO_4)_3$ ج - $Na\overset{x}{Cl}O$ د - $H_3\overset{x}{P}O_3$

نمبر اکسیدیشن سلفر +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 اکسیدیشن- ریدکشن: عبارت از تبادله الکترون‌ها بین اتوم‌های مختلف مالیکول‌های مختلف ویا آیون‌های مختلف بوده که بین آن‌ها صورت می گیرد؛

مثال: تعاملات بسیط ترکیبی وتعویضی

$$2Ca(s)+O_2(g)\longrightarrow 2CaO(s)$$

$$2HI+Br_2\longrightarrow 2HBr+I_2$$

$$2Al+3CuSO_4\longrightarrow Al_2(SO_4)_3+3Cu$$

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 آنرا مشخص ساخته وهم اکسیدی کننده‌ها رامعلوم کنید .

$$1-3(NH_4)_2S + K_2Cr_2O_7 + H_2O \longrightarrow 3S + 2Cr(OH)_3 + 2KOH + 6N_2$$

$$2-NaClO_3 + 6NaI + 3H_2SO_4 \longrightarrow NaCl + 3I_2 + 3Na_2SO_4 + 3H_2O$$

$$3-4K_2SO_4 \longrightarrow 3K_2SO_3 + K_2S$$

$$4-NH_4NO_2 \longrightarrow 2H_2O + N_2$$

$$5-3N_2H_4 \longrightarrow 4NH_3 + N_2$$

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 معمولاً به طور مجموعی به اساس خواص معلوم عناصر فعال می‌گردد. 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 تعاملات کیمیاوی کمیت‌های مجموعی اتوم‌های یک عنصر به طرف چپ معادله

ACKU

مساوی به کمیت مجموعی اتوم‌های همان عنصر به طرف راست معادلهٔ تعامل می‌باشد.

اگر تعاملات Redox درمحلول‌ها انجام گردد، دراین صورت لازم است تا تأثیر محیط در تمرکز آیون‌های آزاد شدهٔ O^{2-}، H^{+} مد نظر گرفته شود 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 اساس 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 ملحق می گردد .

۸ –۴ - ۲ : میتود نیمه تعاملات (میتود آ یون الکترونی)

دراین میتود قسمت‌های 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 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 می گردد.

وابسته به مشخصات محیط ارقام الکترون‌ها که توسط اکسیدی کننده گرفته شده و یا اینکه از ارجاع کننده جدا گردیده است ، ممکن تغییر نمایند . درهمین حالت محیط موجب تغییرات پروسس‌های کیمیاوی نیز می گردد :

ACKU

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 مالیکول‌ها 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، ازگروپ‌های (OH^-) آیون آکسیجن کشیده شده و درنتیجه مالیکول آب تولید می گردد:

$$2OH^- \longrightarrow H_2O + O^{2-}$$

7 – درصورت قلت و کمی 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 :

$$2MnO_4^- + 16H^+ + 5H_2S \longrightarrow 2Mn^+ + 5S + 8H_2O + 10H^+ \text{--------} III$$

$$2KMnO_4 + 5H_2S + 3H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 5S + 8H_2O \text{------} IV$$

ACKU

خود را آزمایش کنید

اکسـید یشـن سلفاید سرب(PbS) توسط HNO_3 راکه شکل معادلهٔ تعامل آن قرار ذیل است، توضیح نمایید:

$$PbS + HNO_3 \longrightarrow PbSO_4 + NO_2 + H_2O$$

$$PbS + 8HNO_3 \longrightarrow PbSO_4 + 8NO_2 + 4H_2O$$

مثال دوم : معادلهٔ ذیل را بیلانس نمایید:

$$NaBr + 2NaBrO_3 + H_2SO_4 \longrightarrow Br_2 + Na_2SO_4 + H_2O$$

حل :

$$\begin{array}{r|l} 5 & 2Br^- - 2e^- \longrightarrow Br_2 \\ 1 & 2BrO_3^- + 10e^- + 12H^+ \longrightarrow Br_2 + 6H_2O \end{array}$$

$$10Br^- + 2BrO_3^- + 12H^+ \longrightarrow 5Br_2 + Br_2 + 6H_2O$$

$$10NaBr + NaBrO_3 + 6H_2SO_4 \longrightarrow 6Br_2 + 6Na_2SO_4 + 6H_2O$$

مثال سوم : معادله ذیل را توزین نمایید .

$$SnCl_2 + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + Sn(SO_4)_2 + H_2O + CrCl_3$$

$$\begin{array}{r|l} 3 & Sn^{2+} - 2e^- \longrightarrow Sn^{4+} \\ 1 & Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \longrightarrow Sn^{4+} + 2Cr^{3+} + 7H_2O \end{array}$$

$$3SnCl_2 + K_2Cr_2O_7 + 7H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + CrCl_3 + 3Sn(SO_4)_2 + 7H_2O$$

شکل مالیکولی توزین شدهٔ معادله قرارفوق تحریر می گردد.

ACKU

خود را آزمایش کنید

معادلات آیون- الکترون وآیون - مالیکولی تعامل Oxidation – Reduction ذیل را ترتیب وتوزین 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: درایـــن مورد مثال تعامـــل $NaCrO_2$ (Sodium Chromite) را با برومین ملاحظه می‌نماییم که تعامل آن‌ها درمحیط القلی قرار ذیل صورت می گیرد:

$$NaCrO_2+Br_2+NaOH\longrightarrow Na_2CrO_4+NaBr+H_2O$$

درپروســس تعامل ، درجه اکسیدیشــن کروم (Cr) که درترکیب CrO_2^- شــامل است و تغییــر می‌نماید . معادلات نیمه تعامل آیون - الکترونــی را تحریر مینماییــــــــــــم که اکسیدیشــن CrO_2^- (معادلهٔ 1) و پروســس ارجاعی برومین (معادلهٔ 2) را مشــخص می‌سازد.

درنظر میگیریم که این تعامل Redox درمحیط القلی صورت می گیرد .

$$\begin{array}{l|l} 2 & CrO_2^-+4OH^--3e^-\longrightarrow CrO_4^{2-}+2H_2O----------1 \\ 3 & Br_2+2e^-\longrightarrow 2Br^-----------------------------2 \end{array}$$

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 .

$$Na_2SO_3 + KMnO_4 + NaOH \longrightarrow Na_2SO_4 + K_2MnO_4 + H_2O$$

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^- بـه حیث اکسـیدی کننده نمایان می‌شـود . در محیط القلی غلیـظ 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 که 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:

$$\begin{array}{c|l} 2 & MnO_4^- + 1e^- \longrightarrow MnO_4^{2-} \\ 1 & SO_3^{2-} + 2OH^- - 2e^- \longrightarrow SO_4^{2-} + H_2O \\ \hline \end{array}$$

$$2MnO_4^- + SO_3^{2-} + 2OH^- \longrightarrow 2MnO_4^{2-} + SO_4^{2-} + H_2O$$

اگر معادلهٔ فوق به شکل مالیکولی آن تحریر گردد ، خواهیم داشت که :

$$2KMnO_4 + Na_2SO_3 + 2KOH \longrightarrow 2K_2MnO_4 + Na_2SO_4 + H_2O$$

ACKU

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:

$$KMnO_4 + Na_2SO_3 + H_2O \longrightarrow MnO + Na_2SO_4 + OH^-$$

$$\begin{array}{r|l} 3 & SO_3^{2-} + H_2O - 2e^- \longrightarrow SO_4^{2-} + 2H^+ \\ 2 & MnO_4^- + 2H_2O + 3e^- \longrightarrow MnO_2 + 4OH^- \end{array}$$

$$2MnO_4^- + 3SO_3^{2-} + 7H_2O \longrightarrow 2MnO + 3SO_4^{2-} + 6H^+ + 8OH^-$$

آیون های $\overset{+}{H}$ و آیون های OH^- باهم تعامل نموده و مالیکول‌های آب را تشکیل داده اند که به اندازه کم تفکیک می‌شوند:

$$2KMnO_4 + 3Na_2SO_3 + 7H_2O \longrightarrow 2MnO + 3Na_2SO_4 + 6H_2O + 2OH^-$$

$$2KMnO_4 + 3Na_2SO_3 + H_2O \longrightarrow 2MnO + 3Na_2SO_4 + 2KOH$$

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:

$$\begin{array}{r|l} 1 & SO_3^{2-} - 2e^- + H_2O \longrightarrow SO_4^{2-} + 2H^+ \\ 2 & Co^{3+} + 1e^- \longrightarrow Co^{2+} \end{array}$$

$$SO_3^{2-} - 2Co^{3+} + H_2O \longrightarrow SO_4^{2-} + 2H^+ + 2Co^{2+}$$

ACKU

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:

مثال اول : هایدروجن پراکساید به حیث اکسیدی کننده

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:

$$\begin{array}{r|l} & 4H_2O_2 + PbS \longrightarrow PbSO_4 + ... \\ 4 & H_2O_2 + 2e^- \longrightarrow 2OH^- \\ 1 & PbS - 8e^- + 4H_2O_2 \longrightarrow PbSO_4 + 8H^+ \\ \hline \end{array}$$

$$4H_2O_2 + PbS + 4H_2O_2 \longrightarrow 8OH^- + PbSO_4 + 8H^+$$

$$PbS + 4H_2O_2 + 4H_2O \longrightarrow PbSO_4 + ...$$

درمعادلهٔ فوق آیون های H^+ و OH^- باهم تعامل نموده ، آب را تشکیل می‌دهد .

$$4H_2O_2 + PbS + 4H_2O_2 \longrightarrow PbSO_4 + 8H_2O$$

$$4H_2O_2 + PbS \longrightarrow PbSO_4 + 4H_2O$$

ج - تعامل Redox با شرکت H_2O_2 درمحیط القلی : $H_2O_2 + 2e^- \longrightarrow 2OH^-$

مثال سوم :

$$\begin{array}{r|l} & As_2S_3 + H_2O_2 + NH_4OH \longrightarrow AsO_4^{3-} + SO_4^{2-} + H_2O \\ 14 & 4H_2O_2 + 2e^- \longrightarrow 2OH^- \\ 1 & As_2S_3 + 14H_2O_2 + 12OH^- \longrightarrow 2AsO_4^{3-} + 3SO_4^{2-} + 20H_2O \\ \hline \end{array}$$

$$As_2S_3 + 14H_2O_2 + 12OH^- \longrightarrow 28OH^- + 3SO_4^{2-} + 2AsO_4^- + 20H_2O$$

$$As_2S_3 + 14H_2O_2 + 12NH_4OH \longrightarrow 3(NH_4)_2SO_4^{2-} + 2(NH_4)_3AsO_4^- + 20H_2O$$

د - هایدروجن پراکساید به حیث ارجاع کننده

درمحیط تیزابی هایدروجن پراکساید به حیث ارجاع کننده عمل می‌نماید

$$H_2O_2 + 2e^- \longrightarrow 2O^{2-} + 2H^+$$

ACKU

مثال چهارم

$$KMnO_4 + H_2O_2 + H_2SO_4 \longrightarrow 2O^{2-} + 2H^+$$

$$2 \quad MnO_4^- + 5e^- + 8H^+ \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$$

$$5 \quad H_2O_2 + 2e^- \longrightarrow 2O^{2-} + 2H^+$$

$$2MnO_4^{2-} + 5H_2O_2 + 16H^+ \longrightarrow Mn^{2+} + 8H_2O + 5O_2 + 10H^+$$

$$2KMnO_4 + 5H_2O_2 + 8H_2SO_4 \longrightarrow 2MnSO_4 + 8H_2O + 5O_2 + K_2SO_4$$

فعالیت

معادلهٔ نیمه تعامل (آیون – الکترونی) تعاملات Redox را برای تعاملات ذیل تحریر وتوازن آنرا بر قرار نمایید.

$$1 - KMnO_4 + H_2O_2 + CaOCl_2 \longrightarrow CaCl_2 + O_2$$

$$2 - H_2O_2 + AuCl_3 + NaOH \longrightarrow Au + O_2 +$$

$$3 - CrBr_3 + H_2O_2 + NaOH \longrightarrow Na_2CrO_4 + NaBr +$$

$$4 - H_2O_2 + AuCl_3 \longrightarrow Au + O_2$$

$$5 - BaO_2 + AgNO_3 \longrightarrow Ag + O_2 +$$

$$6 - KO_2 + MnO_2 + H_2SO_4 \longrightarrow O_2 + MnSO_4$$

$$7 - FeS_2 + HCl \longrightarrow FeCl_2 + S + H_2S$$

$$8 - FeS_2 + HNO_3 \longrightarrow Fe_2(SO_4)_3 + NO +$$

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:

مجموعـهٔ الجبری چارج‌های طـرف چپ معادلهٔ تعامل Redox باید مســاوی 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 تعامــل فــوق ارجــاع کننــده مرکب B_2H_6 بوده کــه به مرکب H_3BO_3 اکســیدی 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:

مثــال دوم : تعامــل ریدوکــس مرکباتی را مطالعه می‌نماییم کــه 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:

$$\begin{array}{r|l} 1 & \\ 2 & C_2O_4^{2-} - 2e^- + H_2O \longrightarrow 2CO_3^{2-} \\ \hline & ClO_3^- + 2H_2O + 1e^- + 2H^+ \longrightarrow ClO_2^- + H_2O \end{array}$$

$$C_2O_4^{2-} + 2H_2O + 2ClO_3^- + 4H^+ \longrightarrow 2CO_3^{2-} + 2ClO_2^- + 2H_2O$$

$$H_2C_2O_4 + 2KClO_3 \longrightarrow 2KCO_3 + 2ClO_2^- + 2H_2O + CO_2$$

ACKU

مثال سوم :

$$CO(NH_2)_2 + NaOH + Br_2 \longrightarrow N_2 + CO_2 + NaBr + H_2O$$

L 3

$$CO\ (NH_2)_2 + 6OH^- - 6e^- \longrightarrow N_2 + CO_2 + 5H_2O$$

$$Br_2 + 2e^- \longrightarrow 2Br^-$$

$$CO(NH_2)_2 + CO_3 + 6OH + 3Br_2 \longrightarrow N_2 + CO_2 + 6Br^- + 5H_2O$$

$$CO(NH_2)_2 + 6NaOH + 3Br_2 \longrightarrow N_2 + CO_2 + 6NaBr + 5H_2O$$

بیشتر بیاموزید

تعاملاتی که در اثر حرارت صورت میگیرد ، تعامل و توازن معادلات این نوع تعاملات را میتوان توسط میتود الکترون – آیونی عملی نمود.

فعالیت

بیلانس الکترون – آیونی معادلات اکسیدیشن – ریدکشن ذیل را برقرار نمایید .

$$1 - Na_2CO_3 + Fe_3Br_6 \longrightarrow 2CO_2 + NaBr + Fe_3O_4$$

$$2 - I_2O_4 + HCOOH + Br_2 \longrightarrow CO_2 + I_2 + H_2O$$

$$3 - B_5H_{11} + KMnO_4 + H_2SO_4 \longrightarrow MnSO_4 + H_3BO_3 + K_2SO_4 + H_2O + BH_3$$

ACKU

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 صـــــــورت 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 می‌تـــوان الکترون‌های مجموعی را تعیین نمود که از ارجاع کننده‌ها به اکســـیدی کننده‌ها انتقال می‌نمایند . 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 میگیرد.

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 حتماً 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- تعامل $H_2O_2 + 2e^- \longrightarrow 2O^{2-} + 2H^+$ در محیط ------ امکان پذیر است
الف – خنثی ب- تیزابی ج – القلی د – آبی

8 – در تعامل $ClO_3^- + 6e^- + 3H_2O \longrightarrow Cl^- + 6OH^-$ کدام عنصر ارجاع گردیده است؟
الف – کلورین ب – آکسیجن ج- هایدروجن د- کلورین وهایدروجن

9 – درمعادلهٔ $B_2H_6 + H_2O \longrightarrow H_3BO_3 + 12H^+$ ضریب مالیکول آب ---- است
الف – 3 ب- 4 ج- 6 د- 7

10 – 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

گر چه هر رشتهٔ کیمیاوی دارای قوانین خاص مربوط به خود بوده ؛ اما در کیمیا بعضی از قوانین هم موجود اســت که در تمام شــقوق کیمیا از آن پیروی می گردد ، در این فصل قوانین ومحاســبات توضیح شــده 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 و کشفیات 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 ارشـمیدس برای حل یک مسـألهٔ اجتماعی ، مثالی از غلبهٔ انسان‌ها بر نا توانی‌های 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 پادشـاه سـپرد ، نزد پادشاه سؤال پیدا شد که آیا این تاج خالص طلا است ویا اینکه 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 . ارشـمیدس باوجودی که برای دریافت حقیقت وحل مسـألهٔ افزار وروشی را نمی‌شـناخت به اتکای قوهٔ ذهن وتفکر خود دسـتور پادشاه را پذیرفت ، او مدت‌ها دراین اندیشه بود تا اینکه .....

فعالیت

از متون علمی ذیل ، مفهوم اصل علمی وقانون را پیدا کنید .

1 – هرگاه یک جسـم در آب شـناور گردد، از وزن آن جسـم کاسته می‌شود . مقدار کاهش وزن جسم مساوی به وزن مایع بی جاشده توسط همان جسم است

2 – ریزش باران‌های اسیدی متضرر شدن 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 روبروشدن با یک مسأله و تلاش بـرای حل آن، اطلاعات را جمـع آوری و پس از ایجاد ارتباط بین آن‌ها، نتیجه گیری می‌نماید. در این مرحله فرضیه به وجود می‌آید. در صورتی که درسـتی فرضیه چندین بار و در زمانهای مختلف به اثبات برسـد آن را فرضیهٔ علمی میگویند. اصلاح و بهبود نظریه‌ها راهی برای حل سؤالات است.

ACKU

فکر کنید

1 – سویهٔ ارزش واعتبار یک نظریهٔ علمی به کدام عوامل ارتباط دا رد ؟

2 – تیوری یا نظریه‌های علمی با قانون علمی چه فرق دارد ؟

یکی از تیوری‌های بسیار پیشرفته در کیمیای نظری ، تیوری اتومی دالتن است . خوانندگان 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 ارائه 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 .

ACKU

۹ – ۲ : قانون بقای ماده و یا تحفظ کتله

درقرن 18م عالم فرانسوی به نام لاوازیه (*Antoine Loucent lavoisier* 1794 – 1843) ابــراز نظر نمــود که در یک تعامل کیمیاوی مجموعهٔ کتله‌های محصول تعامل مســاوی 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 تشکیل دهندهٔ مواد تعامل کننده مساوی به مجموعه اتوم‌های مواد محصول تعامل اســت؛ اما طوری که دیده می‌شود ، تعاملات کیمیاوی عملا" توأم با جذب ویاآزاد شــدن انرژی صورت میگیرد، تعاملاتیکه در نتیجهٔ صورت گرفتن آن‌ها انرژی آزاد می‌شود، به نام تعاملات Exothermic (حرارت زا) یاد شده و تعاملاتی که در نتیجهٔ جذب انرژی (گرما) صورت میگیرند، به نام تعاملات مســتلزم حرارت (Endothermic) یاد می‌شوند.

در پروســهٔ تعامل فوق بین کاربن و آکســیجن انرژی آزاد شــده و نــوعی از تــعامل 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 انشــتاین (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 محاسبه کرده و قانون بقای کتله و انرژی را به 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 هسته یورانیم در رأکتور هستوی انقسام حاصل می‌نماید، اختلاف کتلهٔ محصول تعامل حاصل از تعامل انقسام یورانیم اولی فوق العاده قابل ملاحظه بوده 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:

یــک 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:

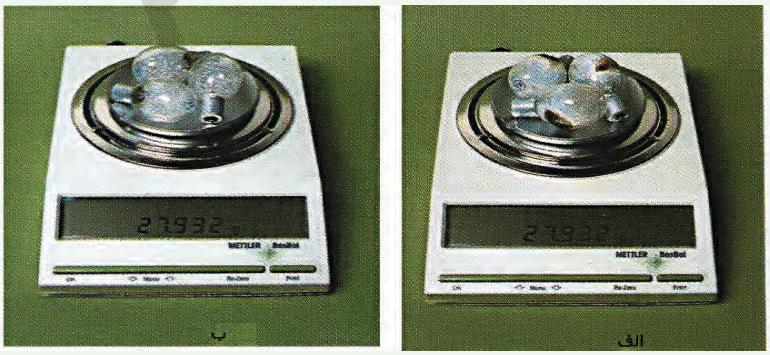
یــک مول اتوم یورانیــم 235g دارای $6.02\cdot10^{23}$ (به اندازه عدد اوگدرو) اتوم یورانیم است، چون در هر انقسام هسته به اندازه 200mev انرژی آزاد می گردد؛ بِنابراین انرژی عمومی آزاد شده به ارگ (erg) قرار ذیل محاسبه می گردد:

$$E_2 = 200\cdot3.8\cdot10^{-14} calory = 200\cdot3.8\cdot10^{-14}\cdot4.18\cdot10^7 erg\cdot6.02\cdot10^{23}$$

$$\Delta m_2 = \frac{E_2}{C^2} = \frac{1.19\cdot10^{20} erg/mol}{(3\cdot10^{10} cm/\sec)^2} = 0.21g \qquad E_2 = 1.19\cdot10^{20} erg/moul$$

$$\frac{\Delta m_1/235}{\Delta m_2/12} = \frac{molU}{molC} = \frac{0.21g/235g\cdot mol^{-1}}{4.36\cdot10^{-9} g/12g\cdot mol^{-1}} = 2.5\cdot10^6$$

از نســبت فوق حاصل می‌شود که انرژی آزاد شده از فی مول یورانیم 2,5 میلیون مراتبه نسبت به انرژی آزاد شده از فی مول کاربن زیاد است.



شکل (1 – 9): الف – کتله چراغ‌های برقی عکاسی قبل از سوختن ، ب – کتلهٔ چراغ‌های برقی عکاسی بعد از سوختن

ACKU

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 متشــکل مالیکول مرکب ، در تشــکیل مرکب به نسبت وزنی یا کتلوی معین و ثابت با هم تعامل می‌نمایند. طریقه‌های اســتحصال این اجســام ترکیبی می‌توانند به هرشیوه بوده باشــد، مهم این است که دو جســم ساده همیشه به یک نســبت 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:

$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$$

$$2\cdot1\cdot2 + 16\cdot2 \longrightarrow 2\cdot18$$

$$4g \quad +32g \longrightarrow 36g$$

$$H_2 : O_2 = 4g : 32g = 1 : 8$$

چه فکر میکنید ؟

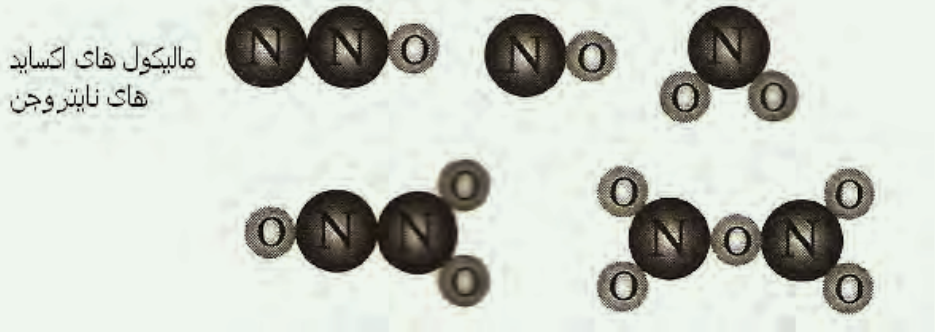
یکی از مرکبات آکسیجن با نایتروجن یک گاز بی رنگ دارای فورمول N_2O_4 است ، آیا به کمک قانون نسبت‌های کتلوی میتوان به این فورمول کیمیاوی رسید ؟

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 شــان تغییرداده شــود، مرکبات مختلف را تشکیل می‌دهند. نسبت کتلوی یکی ازاین عنصــر در مرکبات مختلف آن اعداد تام ثابت و کوچک اســت، بــه 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	$\cancel{7}$	:	$\cancel{4}$	1
NO	14	:	16	1	$\cancel{7}$	:	$\cancel{8}$	2
N_2O_3	$14\cdot2$	:	$16\cdot3$	1	$\cancel{7}$	:	$\cancel{12}$	3
NO_2	14	:	$16\cdot2$	1	$\cancel{7}$	:	$\cancel{16}$	4
N_2O_5	$14\cdot2$	:	$16\cdot5$	1	$\cancel{7}$	:	$\cancel{20}$	5

ACKU



شکل (9 – 2): مودل مالیکول‌های اکسایدهای نایتروجن

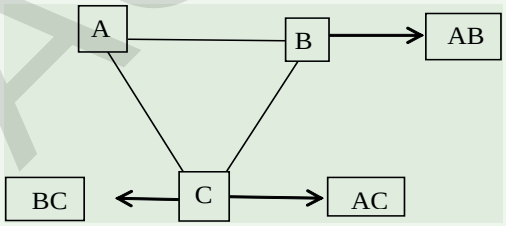
نسبت آکسیجن در پنج نوع اکساید آن با نایتروجن 1:2:3:4:5 است.

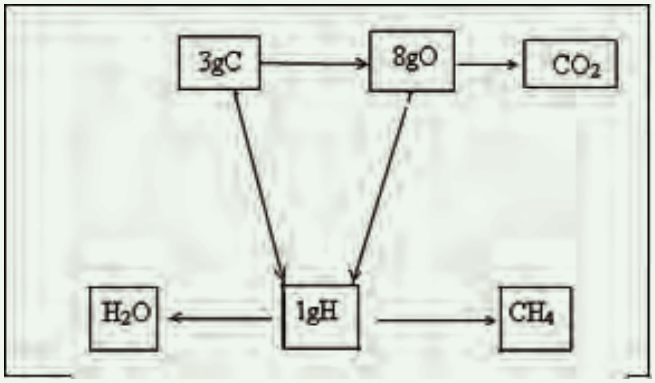
فعالیت

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:





ACKU

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:

$$\left.\begin{array}{l} mFe = 1.17g \\ m\ Oxide = 1{,}5g \\ mO_2 = 0.33g \end{array}\right\} \quad \begin{array}{l} 1.17gFe \quad - \quad 0.33gO_2 \\ X \quad - \quad 8g\ O_2 \\ X = \dfrac{1{,}17gFe \cdot 8gO_2}{0.33gO_2} = 28gFe \end{array}$$

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.

$$\left.\begin{array}{l} M_A Al = 27amu \\ VolanceAl = 3 \\ \\ Eq-gAl = ? \end{array}\right\} \quad \begin{array}{l} EqAl = \dfrac{M_A Al}{Volance} \\ EqAl = \dfrac{27amu}{3} = 9amu \end{array}$$

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؛ بنابر آن به اساس فورمول‌های ذیل میتوان کتله معادل مرکبات مذکور را دریافت کرد:

$$Eq_{Acide} = \frac{M_{Acides}}{\sum H^+}$$

$$Eq_{Bases} = \frac{M_{Bases}}{\sum OH^-}$$

$$Eq_{Saltes} = \frac{M_{Salts}}{Cathions\ Volance}$$

اگر کتلهٔ معادل اتوم‌ها و یا مالیکول‌ها به گرام افاده گردد، این کمیت به نام معادل گرام اتومی یا مالیکولی(Equivalent-gram) یاد می گردد که عموماً به (Eq-g) افاده می‌شود.

نا گفته نباید گذاشت اینکه: 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:

$$M_{H_3PO_4} = 98amu$$

$$Eq_{H_3PO_4} = ? \qquad EqH_3PO_4 = \frac{M_{H_3PO_4}}{\sum H^+} = \frac{98amu}{3} = 32{,}6amu$$

$$\sum H^+ = 3$$

مثال: کتلهٔ معادل $Ca(OH)_2$ را دریافت نمائید. کتلهٔ مالیکولی نسبی $Ca(OH)_2$ مساوی به 74 است.

$$M_{Ca(OH)_2} = 74amu$$

$$Eq_{Ca(OH)_2} = ?$$

$$\Sigma OH^- = 2$$

$$Eq\ Ca(OH)_2 = \frac{M_{Ca(OH)_2}}{\sum OH^-} = \frac{74amu}{3} = 37amu$$

مثال: کتلهٔ معادل $MgSO_4$ را محاسبه نمایید، کتلهٔ مالیکولی نسبی $MgSO_4$ مساوی به 120amu است؟

حل :

$$M_{MgSO_4} = 120amu$$

$$Effictive\ \ Volance = 2 \qquad Eq_{MgSO_4} = \frac{M_{MgSO_4}}{Cathion\ \ Volance}$$

$$Eq_{MgSO_4} = ? \qquad Eq_{MgSO_4} = \frac{120amu}{2} = 60amu$$

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:

$$Eq_{Compound} = \frac{M_{Compound}}{Losese\ \ or\ \ gain\ e^-}$$

ACKU

مثال : کتلهٔ معادل H_2SO_4 را در تعامل Redox ذیل محاسبه نمایید .

حل :

$$Cu + H_2SO_4 \longrightarrow CuSO_4 + S + H_2O$$

$$\downarrow \longrightarrow -2e^- \ losese \ \ \hookleftarrow oxidation$$

$$\downarrow \longrightarrow +6e \ gain \qquad Reduction$$

$$Eq_{H_2SO_4} = \frac{M_{H_2SO_4}}{gaine^-} = \frac{98amu}{6} = 16{,}33amu$$

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 .

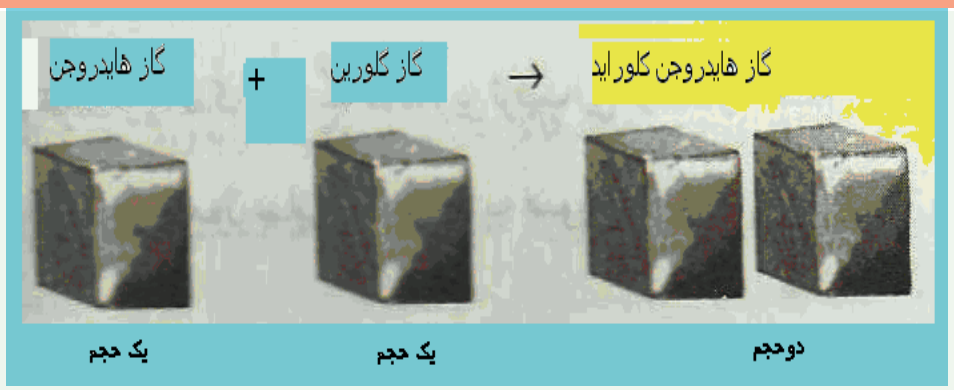
$$Cu + H_2SO_4 \longrightarrow CuSO_4 + H_2S + H_2O$$

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 کلورین در تشکیل هایدروجن کلوراید 1:1و نسبت حجمی هایدروجن و هایدروجن کلوراید 1:2 و نسبت حجمی کلورین و هایدروجن کلوراید 1:2 است ، یعنی:

ACKU



شکل (9 - 3): احجام بعضی گازها

۹ -۷ : قانون اوگدرو

عالمی به نام برزیلیوس(Berzelius) بالای نسبت‌ها حجمی تیوری اتومی را تطبیق و دریافت کرد که حجم‌های مساوی گازات تحت عین شرایط فشار و حرارت تعداد مساوی اتوم‌ها را داراست. قضیهٔ برزیلیوس بالای گازاتی صدق می کند که در طبیعت به شکل اتومی یافت می‌شوند؛ اما در مورد گازهای مالیکولی صد ق نمی کند ؛ ازین سبب تیوری دیگری به شکل 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 می‌باشد. فرضیه اوگدرو فعلا" شکل قانون را بخود اختیار نموده و تعداد زیاد حقایق تجربوی را توضیح نموده است.(قانون اول اوگدرو)؛ چنانچه دو حجم هایدروجن کلوراید زمانی تشکیل شده می‌تواند که یک حجم کلورین و یک حجم هایدروجن با هم تعامل نماید؛ دراین صورت مالیکول کلورین و هایدروجن دو قسمت شده و هر قسمت 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 تطبیق نمائید:

$$3H_2 + N_2 \longrightarrow 2NH_3$$

حل:

$$3H_2 + N_2 \longrightarrow 2NH_3$$

3حجم 1حجم دو حجم

$H_2N_2 = 3:1$

$H_2 : NH_3 = 3:2$

$N_2 : NH_3 = 1:2$

قانون اوگدرو را میتوان به طور معکوس آن نیز بیان کرد:

تعـداد مســاوی مالیکول‌ها و اتوم‌های گازات تحت عین شــرایط فشــار 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.

عــدد اوگدرو به طریقه‌های مختلف دریافت شــده اســت کــه دراین جا از دو طـــــریقهٔ آن تذ کار به عمل می‌آید:

1 – اگر کتله اتومی نســبی ویا مالیکولی نســبی به گرام افاده گردد (مول اتوم یا مــول مالیکول) و این کمیت‌های مولی بر کتله حقیقــی یک اتوم عنصر و یا مالیکول مرکب تقسیم گردد، در نتیجه عدد اوگدرو حاصل می‌شود:

$$\text{عدد او گدرو} = \frac{\text{کتلهٔ نسبتی عنصر به گرام}}{\text{کتلهٔ یک اتوم عنصر}}$$

ACKU

$$\text{عدد او گدرو} = \frac{\text{یک مول مرکب}}{\text{کتلهٔ یک مالیکول مرکب}}$$

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=96491Cb) تقسیم بر قیمت چارج e $(e = 1.602\cdot10^{-19}Cb)$ گردد عدد اوگدرو حاصل می‌شود.

$$NA = \frac{F}{e} = \frac{96491Cb}{1.602\cdot10^{-19}Cb} = 6.02\cdot10^{23}$$

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

ACKU

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 کاربن - 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 حصه کتلهٔ اتوم ایزوتوپ کاربن -12 را به حیث واحد کتلهٔ اتومی (Atomic . Mass .Unite) قبول نموده و به (amu) افاده می کند ؛یعنی:

(Amu) واحد کتله اتومی بین المللی = $\frac{1}{12}$ ام حصه کتلهٔ یک اتوم کاربن.

چون کتلهٔ یک اتوم کاربن $^{12}_{6}C$ مساوی 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 :

$$\text{کتله یک اتوم نسبتی} = \frac{\text{کتله یک اتم عنصر}}{1 \cdot 661 \cdot 10^{-27} kg}$$

مثال: کتلهٔ یک اتوم سودیم $3.8202 \cdot 10^{-27} kg$ است ، کتلهٔ اتومی نسبتی سودیم را دریافت نمایید.

حل:

$$M_{atom} Na = \frac{m\ peratom - Na}{amu} = \frac{3.8203 \cdot 10^{-27} kg}{1.661 \cdot 10^{-27} kg} = 23 amu$$

مثال: کتلهٔ یک اتوم هایدروجن $1 \cdot 674 \cdot 10^{-27} kg$ است ،کتلهٔ اتومی نسبتی آن را دریافت نمایید.

حل:

$$M_{atomic}H = \frac{mass - peratomH}{amu} = \frac{1.674 \cdot 10^{-27} kg}{1.66110^{-27} kg} = 1.008amu$$

معلومات اضافی

در اکثر جدول‌های دوره یی عناصر کتله اتومی عناصر درج اســت 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

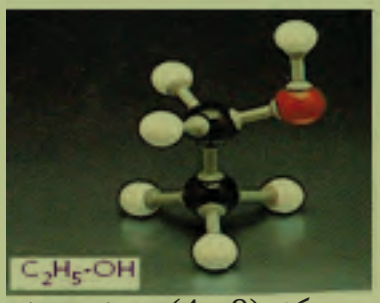
کتلهٔ مالیکولی نســبتی مالیکول‌های مرکبات کیمیاوی عبارت از مجموعهٔ کتله‌های اتوم‌های عناصر متشکله مالیکول است.

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 - $C_2H_5 - OH$

ACKU

معلومات ضروری

چون 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:

$$\text{کتلهٔ مالیکولی نسبتی} = \frac{\text{کتلهٔ یک مالیکول مرکب}}{amu}$$

مثال: کتلهٔیک مالیکول آب مساوی به $2.9898 \cdot 10^{-26} kg$ است ، کتلهٔ مالیکولی نسبتی آب را در یافت نمایید.

حل:- کتلهٔ مالیکولی آب

$$M_{H_2O} = \frac{m_{H_2O}}{amu} = \frac{2.9898 \cdot 10^{-26} kg}{1.661 \cdot 10^{-27} kg} = 18 amu$$

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 میکنند؛ 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. بصورت عموم اگر کتلهٔ نسبتی هر ذره کیمیاوی به گرام افاده شود همین کمیت کتلوی را به نام مول همان ذره یاد میکنند؛ به طور مثال :کتلهٔ نسبتی الکترون مساوی به $5.4 \cdot 10^{-4} amu$ است ؛ بنابراین یک مول آن مساوی به $5.4 \cdot 10^{-4} g$ می‌باشد.

چون اتوم– گرام ، مالیکول–گرام، ایون–گرام ..... تماما" به نام مول یاد شده است و

ACKU

تمام همین کمیت‌ها به اندازهٔ عدد اوگدرو ذرات را دارا اند؛ بنابراین به صورت مشخص میتوان مول را چنین تعریف کرد:

مول: عبارت از کتلهٔذرات به اندازه عدد اوگدرو به گرام است 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

ACKU

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 هایدروجـن 1amu ، کتلـهٔ اتومی کاربـن 12amu و کتلهٔ اتومی آکسـیجن 16amu است.

حل:

$$MC_6H_{12}O_6 = 12 \cdot 6 + 1 \cdot 12 + 16 \cdot 6 = 180\ amu$$
$$MC_6H_{12}O_6 = 72 + 12 + 96 = 180\ amu$$
$$mole\ C_6H_{12}O_6 = 72g + 12g + 96g = 180g$$

$$180g\ C_6H_{12}O_6 \quad - \quad 72gC$$
$$100 \quad - \quad W\%$$
$$W\%C = \frac{72gC \cdot 100}{180g} = 40\%C$$

$$180g\ C_6H_{12}O_6 \quad - \quad 96gO$$
$$100 \quad - \quad W\%$$
$$W\%O = \frac{96gO \cdot 100}{180g} = 53.33\%O$$

ACKU

نوت: مجموعه فیصدی‌های اجزای متشــکل مالیکول مرکبات کیمیاوی مســاوی به 100 می‌شود.

۹ – ۱۲ : فورمول تجربی و فورمول مالیکولی

یک مرکب کیمیاوی را معمولا" توســط طرز ترتیب ســمبول‌های عناصر تشکیل دهندهٔ آن با ضرایب نســبتی 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 بــه 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 کیمیــاوی عبــارت از فورمول تجربی اســت، دراین فورمول تعداد نســبتی اتوم‌های عناصر مختلف در یک مرکب نشــان داده می‌شــود.(کلمه تجربی دراین جا به این معنی اســت که فورمول ارائه شــده تنها به اســاس مشــاهده و اندازه گیری یعنی تحلیل توصیفی و مقداری مشخص گردیده اســت). مالیکول گلوکوز دارای 6 اتوم کاربن ، 12 اتوم هایدروجن و 6 اتوم آکســیجن بوده و فورمول تجربی آن CH_2O اســت که تنها نسبت اتوم‌های کاربن، اتوم‌های هایدروجن و اتوم‌های آکســیجن را در مالیکول گلوکوز نشان می‌دهد . چون این نســبت‌ها همواره ســاده ترین شکل یک ماده را آشکار می‌سازد ، ازین سبب این فورمول را به نام فورمول ساده نیز یاد میکنند.

برای این که فورمول ســادهٔ مرکبات را به درستی تحریر و دریافت نموده باشیم ،لازم است تا تحلیل توصیفی و مقداری مرکب را بدانیم . با دانســتن 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 میکنیم.

2 – مقــدار مول‌هــای هر عنصر تشــکیل دهندهٔ مرکب را که قرار مــاده 1 حاصل نمودیم ، دقیقا"ملاحظــه نموده کمیت کوچک آن‌ها را برملا میســازیم ، ســپس تمام کمیت مولی عناصر متشــکلهٔ مالیکول مرکب مطلوب را تقســیم بر همین کمیــت 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 روندا‌ف 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.

$$18g\ H_2O \quad - \quad 2gH_2$$

$$0.899g \quad - \quad m_{H_2} \qquad m_{H_2} = \frac{0.899gH_2O \cdot 2gH_2}{18gH_2O} = 0.1gH_2$$

$$44gCO_2 \quad - \quad 12gC$$

$$3.3gCO_2 \quad - \quad mC \qquad mC = \frac{12g \cdot 3.3gCO_2}{44gCO_2} = 0.9gC$$

$nC = 0.9g \div 12g/mol = 0.075mol$

$nH_2 = 0.1g \div 2g/mol = 0.1mol$

$C = 0.075mol \div 0.075mol = 1$

$H_2 = 0.1mol \div 0.075mol = 1.3$

$C = 1 \cdot 3 = 3$

$H_2 = 1.3 \cdot 3 = 4$

$C = 3$

$H_2 = 4$ $\qquad C_3H_4 \quad (CH_2 = C = CH_2)$

مشق وتمرین کنید

3.2g اکساید آهن با گاز هایدروجن حرارت داده شده است، در نتیجه 2.24g آهن فلزی حاصل گردیده است ، فورمول سادهٔ اکساید آهن را دریافت نمائید، کتلهٔ 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، کتلهٔ مالیکولی مرکب 180amu است فورمول ساده و ترکیبی مالیکولی مرکب مطلوب را دریافت نمایید.

حل:

$$\left.\begin{array}{l} mC = 8g \\ mH_2 = 1.33g \\ mO_2 = 10.66g \end{array}\right\} \quad \begin{array}{l} nC = 8g \div 12g/mol = 0.667mol \\ nH_2 = 1.33g \div 1g/mol = 1.33mol \\ nO_2 = 10.667g \div 16g/mol = 0.667 \end{array}$$

$nC = 0.667mol \div 0.667mol = 1$

$nH_2 = 1.33mol \div 0.66mol = 2$

$nO_2 = 1.667mol \quad \div 0.667 \quad mol = 1$

$$\left.\begin{array}{l} C = 1 \\ H = 2 \\ O = 1 \end{array}\right\} \quad CH_2O$$

$M(CH_2O)n = 180$

$(30)n = 180$

$n = \frac{180}{30} = 6$

$(CH_2O)n = (CH_2O)6$

$C_6H_{12}O_6$

خلاصهٔ فصل نهم :

* در یک تعامل کیمیاوی مجموعهٔ کتله‌های محصول تعامل مساوی به مجموعهٔ کتله‌های حاصل 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 نســـبی 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 ($6,02 \cdot 10^{23}$)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

* مقــدار عنصر مطلوب را که در یک مول مرکب موجود اســت ضرب، در 100 نموده و تقســیم بر مقدار مول آن مرکب می‌نماییــم . 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 - کتله‌هــای مجموعی محصول تعامــل ----- به مجموعه کتله‌های مــواد تعامل کننده است.

الــف - زیــاد تــر ب - کمتر ج - مســاوی د - بعضی اوقات زیاد وبعضی اوقات کم

3 - عالمــی بــه نام----- قانون نســبت‌های ثابت را طرح ریزی کرده و ازین ســبب به نام موصوف نیز مسمی می‌باشد

الف - لاوازیه ب - گیلوسک ج - Proust د - دالتن

4 - نسبت آکسیجن در مرکب آب و هایدروجن پر اکساید ----- است

الف - 2 :1 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

الــف - اعــداد تــام ، کوچک و ثابت ب- اعداد کســری ج - ارقام بــزرگ 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 نسبی 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 .

الـف – کیلوگـرام ب – $(6.02\cdot10^{23})$ج – عدد اوگدرو د – ب وج هردو درسـت 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 – امونیـا با آکسـیجن تعامل نموده NO و آب حاصل می گـردد ، به تعداد $3.6\cdot10^{21}$ مالیکول اکسیجن چه تعداد مالیکول NO را تولید کرده میتواند؟

3 – فیصدی B را در مرکب $HGa_3AlBSi_2O_{16}$ محاسبه نمایید.

4 – مـس سـلفیت $(CuSO_4)$ ، K_2CrO_4 و آب (H_2O) تحت شـرایط خاص با هم تعامل نمـوده، محصول تعامل آن‌ها مرکبی اسـت که از $OH^-, CrO_4^{2-}, Cu^{2+}$ تشـکیل گردیده اسـت . تحلیل مقداری نشـان می‌دهد که در مرکب مطلوب ایون‌های فوق الذکر باالترتیب 48.7% , 35.6% و 15.7% موجود اسـت, 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 اکسـاید 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 کسـاید اسـکاندینیم 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.

ACKU

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 - مخلوط NaCl و KCl به وزن یک گرام موجود است ، زمانی که مخلوط مذکور در آب حل گردد و بالای $AgNO_3$ علاوه شود تمام ایون‌های کلوراید به AgCl تبدیل شده ، رسوب می‌نماید ، مقدار AgCl رسوب کننده مساوی به 2.1476g است ، فیصدی NaCl در مخلوط اولی چقدر خواهد بود؟

11 - به مقدار $1.28g$ کلسیم در مجاورت هوا کاملا" به CaO 1.8g تبدیل گردیده است, کتلهٔاتومی Ca را دریافت نمایید ، در صورتی که کتله اتومی اکسیجن 16 باشد.

12 - زمانیکه 2.75g مرکب Pb_3O_4 را حرارت دهیم ، تجزیه خواهد گردید و به مقدار 0.064g آکسیجن و اکساید دیگر آن تشکیل می گردد، فورمول اکساید سرب تشکیل شده را دریافت نمایید.

13 - یک مخلوط هایدروکاربن که شامل 60 فیصد کتلوی C_3H_8 و 40% C_xH_y است، به مقدار 10گرام آن سوختانده شده است, در نتیجه 29g CO_2 و 18.8g آب حاصل گردیده است فورمول هایدروکاربن C_xH_y را دریافت نمائید.

14- Li_2CO_3 فورمول تجربی لیتیم کاربونیت است هر واحد فورمول مرکب مذکور دارای کدام تعداد اتوم‌های عناصر متشکله است؟

15 - نمونهٔ از گاز نایتروجن دارای $4.6 \cdot 10^{22}$ اتوم نایتروجن است, چند 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 سنگ آهک تجزیه گردد ،به مقدار 22.4g CaO حاصل می‌شود, مقدار CO_2 را دراین تجزیه محاسبه نمایید.

ACKU

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.

9 - شـیمی (3) و آزمایشـگاه. برهم کنش میان مواد، سال سـوم دبیرستان، 1386 کود 257.1

10 - علوم تجربی. سال سوم دورهء راهنمایی، کود 143 سال 1386.

11 - شیمی. شیمی برای زنده گی(1)، کود 207.1 سال 1384 .

12 - کیمیـای عمومی. مؤلـف : پوهندوی دیپلوم انجنیر عبدالمحمد عزیز، اسـتاد پوهنتون کابل سال: 1387.

13 - مفاهیم اساسی کیمیای معاصر مؤلفE.N Ramsden: مترجم پوهنمل دیپلوم انجنیر عبدالمحمدعزیز کابل ۱۳۸۳.

ACKU