

@DaneshSad

فصل دوم: ردپای گازها در زندگی

نوع، رفتار و واکنش‌های اجزای سازندهٔ هواکره، در حیات موجودات زنده روی زمین تأثیرگذار است.

– هواکره –

۱ به لایهٔ گازی و فیروزه‌ای‌رنگ پیرامون زمین، اتمسفر زمین (هواکره) می‌گویند که **اغلب** هوا نامیده می‌شود. ۲ زمین **تنها** سیاره در **سامانهٔ خورشیدی** است که اتمسفری دارد که امکان زندگی روی آن را فراهم می‌کند. این اتمسفر مخلوطی از گازهای **گوناگون** است که تا فاصلهٔ ۵۰۰ کیلومتری از سطح زمین امتداد یافته است. ۳ اتمسفر را می‌توان به اقیانوسی از مولکول‌های گازی تشبیه کرد که ما در کف آن زندگی می‌کنیم. جاذبهٔ زمین گازهای تشکیل‌دهندهٔ هواکره را در اطراف خود نگه می‌دارد و جلوی خروج آن‌ها از اتمسفر را می‌گیرد و از سوی دیگر، انرژی گرمایی مولکول‌ها سبب می‌شود تا پیوسته آن‌ها در حال جنب‌وجوش باشند و در سرتاسر هواکره توزیع شوند. ۴ **اغلب** (نه همه!) گازها نامرئی (بی‌رنگ) هستند. در میان گازهای هواکره، واکنش‌های شیمیایی گوناگونی رخ می‌دهد که **اغلب** (نه همه!) آن‌ها برای ساکنان زمین سودمند هستند؛ اما **برخی** از این واکنش‌ها مفید نبوده و فراورده‌هایی که تولید می‌کنند برای ساکنان این سیارهٔ خاکی مضر هستند.

نکات تغییر دما و اجزاء سازندهٔ هواکره برحسب ارتفاع از سطح زمین

۱) هواکره را براساس روند تغییر دمای آن می‌توان به چهار لایه تقسیم نمود:

لایه	محدودهٔ ارتفاع (km)	محدودهٔ دما ($^\circ C$) (روند تغییر دما با افزایش ارتفاع)	گونه‌های شیمیایی موجود
تروپوسفر	۰ ـ ۱۱/۵	از ۱۴+ تا ۵۵− (کاهشی)	$H_2O, N_2, O_2, CO_2, O_3$
استراتوسفر	۱۱/۵ ـ ۵۰	از ۵۵− تا ۷+ (افزایشی)	N_2, O_2, CO_2, O_3
مزوسفر	۵۰ ـ ۸۰	از ۷+ تا ۸۷− (کاهشی)	N_2, O_2, CO_2, O_3
ترموسفر	۸۰ ـ ۵۰۰	از ۸۷− تا ۱۳۰۰+ (افزایشی)	$N_2, O_2, O_2^+, N_2^+, O, O^+, H^+, He^+$

۲) ارتباط دمای هواکره با ارتفاع آن:

در لایه‌های اول و سوم ← رابطهٔ معکوس بین دما و ارتفاع ← به طور کلی با افزایش ارتفاع، دما کاهش می‌یابد.

در لایهٔ دوم ← رابطهٔ مستقیم بین دما و ارتفاع ← به طور کلی با افزایش ارتفاع، دما افزایش می‌یابد.

– لایهٔ اول (تروپوسفر) –

۱ پایین‌ترین لایهٔ هواکره است که تا ارتفاع ۱۲ ـ ۱۰ کیلومتری از سطح زمین را شامل می‌شود.

۲ حدوداً ۷۵٪ از **جرم** (نه حجم!) کل هواکره در تروپوسفر متمرکز شده است و تغییرات آب‌وهوایی در این لایه اتفاق می‌افتد.

۳ در این لایه با افزایش ارتفاع به ازای هر کیلومتر، دما در حدود $6^\circ C$ افت می‌کند و در انتهای این لایه (ارتفاع ۱۱/۵ کیلومتری)، دما به حدود $-55^\circ C$ (۲۱۸ K) می‌رسد؛ دمای سطح زمین به طور میانگین، $14^\circ C$ (۲۸۷ K) می‌باشد.

نکات مهم

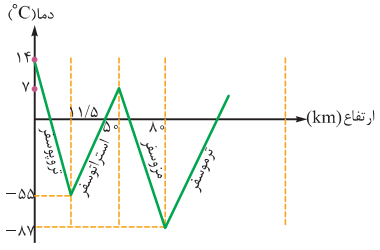
۱ بخار آب **تنها** در لایهٔ اول (تروپوسفر) وجود دارد و به همین دلیل تغییرات آب‌وهوایی و بسیاری از پدیده‌های جوّی که با رطوبت سروکار دارند، مانند ابر، باران، برف و ... در این لایه اتفاق می‌افتد.

۲ در لایهٔ چهارم علاوه بر N_2 و O_2، اتم اکسیژن (O) و کاتیون نیز موجود است؛ **اما یون بار منفی یا آنیون وجود ندارد!**

۳ علت وجود کاتیون‌ها و اتم‌های آزاد در لایهٔ چهارم، برخورد پرتوهای پرانرژی کیهانی مانند نور فرابنفش خورشید به اتم‌ها و مولکول‌ها در این لایه است.

۴ هر چند لایهٔ اوزون مربوط به لایهٔ دوم (استراتوسفر) است، اما باید بدانید که گاز اوزون در لایهٔ تروپوسفر نیز وجود دارد.

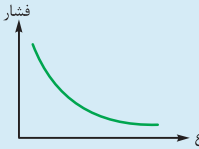
نمودار کلی تغییرات دما (برحسب $^\circ C$) برحسب ارتفاع در بین لایه‌های هواکره را می‌توان به صورت زیر نشان داد:



– فشار هوا در لایه‌های هواکره –

توجه هواکره به دلیل داشتن گازهای گوناگون، فشار دارد. این فشار در همهٔ (نه اغلب!) جهت‌ها بر بدن ما و به میزان یکسان (نه متفاوت!) وارد می‌شود.

نکات مهم



۱ هر چه از سطح زمین بالاتر می‌رویم، هواکره **رقیق‌تر** می‌شود، یعنی تعداد کل ذرات در حجم مشخص از هواکره (چگالی هوا) **کاهش** یافته و در نتیجه فشار هواکره **کاهش** می‌یابد.

۲ نمودار مقابل تغییرات فشار هواکره برحسب افزایش ارتفاع از سطح زمین را نشان می‌دهد. با توجه به نمودار، با افزایش ارتفاع، تغییرات فشار کاهش می‌یابد.

۳ میزان کاهش فشار، در ارتفاع‌های پایین‌تر، بیشتر است؛ اما رفته‌رفته با افزایش ارتفاع، این کاهش فشار کم‌تر می‌شود؛ یعنی اندازه شیب منحنی کاهش یافته است.

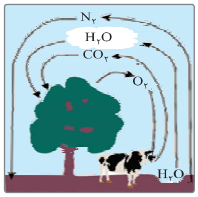
@DaneshSad

مسئله‌های مربوط به تغییرات دمایی هواکره با تغییر ارتفاع

- رابطهٔ مربوط به تبدیل واحد دما از درجهٔ سلسیوس به کلوین و بالعکس: $T(K) = ۲۷۳ + \theta\,(^\circ C)$
- ارزش دمایی «$۱\,^\circ C$» برابر با «$۱\,K$» است؛ از این‌رو در فرایندهایی که دما تغییر می‌کند، $(\Delta T = \Delta\theta)$ خواهد بود؛ یعنی تغییر دما در مقیاس سلسیوس و کلوین با هم برابر است.
- لایهٔ تروپوسفر تا ارتفاع حدود ۱۱/۵ کیلومتری سطح زمین ادامه دارد و با افزایش ارتفاع به ازای هر $۱\,km$، دما حدود $۶\,^\circ C$ کاهش می‌یابد.

$$\theta = -۶h + \theta_{\circ}$$
(θ: دما در ارتفاع h کیلومتری، h: ارتفاع، $\theta_{\circ}$: دمای سطح زمین)

هوا معجونی ارزشمند



۱) هواکره و زیست‌کره مدام با یکدیگر در تعامل می‌باشند. در واقع برهم‌کنش این دو به نوعی تضمین‌کنندهٔ حیات موجودات زنده است؛ به بیان دیگر زندگی جانداران گوناگون در زیست‌کره با گازهای هوا، گره خورده است. موجودات زنده برای تنفس نیازمند اکسیژن هستند. جانداران ذره‌بینی، گاز نیتروژن هواکره را برای مصرف گیاهان در خاک تثبیت می‌کنند.

نکته

$O_۲$، $N_۲$ و $CO_۲$ از جمله گازهای هواکره هستند که در زندگی روزانه نقش حیاتی دارند.

۲) درصد حجمی گازهای تشکیل‌دهندهٔ هوای پاک و خشک در تروپوسفر به صورت زیر است:

فراوان‌ترین گاز نجیب

درصد حجمی گازها در هواکره: $N_۲ > O_۲ > Ar > CO_۲ > Ne > He > Kr > Xe$

($N_۲$: $\simeq ٪۷۸$، $O_۲$: $\simeq ٪۲۱$، $CO_۲$: فراوان‌ترین ترکیب)

- با توجه به این‌که سه گاز نیتروژن، اکسیژن و آرگون بیشترین درصد حجمی را در میان اجزای هواکره دارا می‌باشند، می‌توان گفت که هوا منبعی غنی برای این گازها می‌باشد.
- توجه کنید که رطوبت هوا متغیر بوده و میانگین بخار آب در هوا حدود ۱٪ است، هرچند این مقدار از جایی به جایی دیگر، از روزی به روز دیگر و حتی از ساعتی به ساعتی دیگر تغییر می‌کند.
- مقدار گازهای نجیب موجود در هواکره بسیار کم است؛ از این‌رو به گازهای کمیاب معروف هستند.

۳) چند مورد از کاربردهای گاز نیتروژن که اصلی‌ترین جزء هواکره می‌باشد در زیر آورده شده است:
۱) بسته‌بندی برخی مواد خوراکی ۲) پرکردن تایر خودرو ۳) صنعت سرماسازی برای انجماد مواد غذایی ۴) نگه‌داری نمونه‌های بیولوژیکی در پزشکی

تقطیر جزءبه‌جزء هوای مایع

مراحل فرایند تقطیر جزءبه‌جزء هوای مایع:
۱) عبور هوا از صافی‌ها به منظور گرفته‌شدن گرد و غبار
۲) کاهش پیوستهٔ دما با استفاده از تغییر فشار
۳) جداشدن رطوبت هوا به صورت یخ در دمای $۰\,^\circ C$
۴) جداشدن کربن دی‌اکسید به حالت جامد در دمای $-۷۸\,^\circ C$ (چگالش گاز $CO_۲$)
۵) تهیهٔ هوای مایع با سردکردن بیشتر دما تا $-۲۰۰\,^\circ C$
۶) عبور هوای مایع (مخلوط چند مایع بسیار سرد) از ستون تقطیر و جداسازی اجزای آن براساس تفاوت نقطهٔ جوش اجزا

نکات مهم

نکات مهم تقطیر جزءبه‌جزء هوای مایع

۱) ترتیب جداشدن گازها از هوای مایع وابسته به دمای جوش آن‌ها است. پس از ورود هوای مایع به برج تقطیر و افزایش تدریجی دما، هر ماده‌ای که به نقطهٔ جوش خود می‌رسد، به سرعت به گاز تبدیل شده و از مخلوط جدا می‌شود. بنابراین هر چه دمای جوش یک گاز پایین‌تر (منفی‌تر) باشد، زودتر از مخلوط هوای مایع جدا می‌شود.

۲) در مخلوط هوای مایع، ابتدا گاز نیتروژن $(N_۲)$ که نقطهٔ جوش پایین‌تری دارد، خارج می‌شود؛ بعد آرگون (Ar) و سپس گاز اکسیژن $(O_۲)$!

گاز	اکسیژن	آرگون	نیتروژن	هلیم
نقطهٔ جوش $(^\circ C)$	-۱۸۳	-۱۸۶	-۱۹۶	-۲۶۹

مقایسهٔ نقطهٔ جوش: $\underset{-۱۹۶\,^\circ C}{N_۲} < \underset{-۱۸۶\,^\circ C}{Ar} < \underset{-۱۸۳\,^\circ C}{O_۲}$

ترتیب جداشدن گازها: $N_۲ \rightarrow Ar \rightarrow O_۲$

۳) نقطهٔ جوش: $A > B$
- A آسان‌تر به مایع تبدیل می‌شود.
  (در سردکردن مخلوط گازهای A و B، گاز A زودتر مایع می‌شود.)
- B آسان‌تر به گاز تبدیل می‌شود.
  (در گرم‌کردن مخلوطی مایع از A و B، جزء B زودتر به گاز تبدیل و از مخلوط جدا می‌شود.)

۴) توجه کنید که هوای مایع، با دمای $-۲۰۰\,^\circ C$ فاقد هلیم می‌باشد. زیرا نقطهٔ جوش هلیم پایین‌تر از $-۲۰۰\,^\circ C$ $(-۲۶۹\,^\circ C)$ است و اصلاً در دمای $-۲۰۰\,^\circ C$ این گاز مایع نشده است و هم‌چنان به صورت گاز است.

۵) در مواردی که نقطهٔ جوش دو ماده نزدیک به یکدیگرند مانند اکسیژن و آرگون، با استفاده از برج تقطیر نمی‌توان آن‌ها را به صورت ٪۱۰۰ خالص از یکدیگر جدا کرد.

@DaneshSad

– آرگون –

۱ در میان گازهای سازندهٔ هواکره در هوای پاک و خشک، پس از دو گاز نیتروژن (N_2) و اکسیژن (O_2)، رتبهٔ سوم بیشترین درصد حجمی گازهای هواکره را از آن خود کرده است.
۲ آرگون یک گاز نجیب، بی‌رنگ، بی‌بو و **غیرسمی** است.
۳ واژهٔ آرگون به معنای تنبل، است، زیرا واکنش‌پذیری آن بسیار ناچیز بوده و در عمل واکنش‌ناپذیر است.
۴ هنگام جوشکاری و یا برش فلزها، دما به شدت بالا می‌رود و امکان ترکیب‌شدن این فلزات با اکسیژن هوا زیاد است. یکی از کاربردهای آرگون ایجاد محیط بی‌اثر هنگام جوشکاری است؛ این روش بر استحکام و طول عمر فلز جوشکاری‌شده می‌افزاید.
۵ در لامپ‌های رشته‌ای نیز به کار می‌رود و در پتروشیمی شیراز از تقطیر جزءبه‌جزء هوای مایع با خلوص بسیار زیاد تهیه می‌شود.

– هلیم –

۱ هلیم به عنوان سبک‌ترین گاز نجیب (در دورهٔ اول و جزء عناصر دستهٔ s جدول دوره‌ای)، بی‌رنگ، بی‌بو و بی‌مزه است. ۲ هلیم در کرهٔ زمین به مقدار خیلی کم یافت می‌شود، به طوری که مقدار ناچیزی از آن در هوا و مقدار بیشتری در لایه‌های زیرین پوستهٔ زمین وجود دارد، از این‌رو منابع زمینی آن از هواکره سرشارتر و برای تولید هلیم در مقیاس صنعتی مناسب‌ترند. ۳ هلیم از واکنش‌های هسته‌ای در ژرفای زمین تولید می‌شود و این گاز پس از نفوذ به لایه‌های زمین، وارد میدان‌های گازی می‌شود.
۴ حدود ۷٪ حجمی از مخلوط گاز طبیعی را هلیم تشکیل می‌دهد و البته این مقدار، در میدان‌های گازی مختلف متفاوت است. ۵ چند مورد از کاربردهای هلیم:
۱) پرکردن بالن‌های هواشناسی، تفریحی و تبلیغاتی ۲) خنک‌کردن قطعات الکترونیکی در دستگاه‌های تصویربرداری مانند MRI ۳) جوشکاری ۴) کپسول غواصی

– اکسیژن، گازی واکنش‌پذیر در هواکره –

۱ یکی از مهم‌ترین گازهای تشکیل‌دهندهٔ هواکره است که بیشتر به صورت مولکول‌های دواتمی O_2 یافت می‌شود. ۲ مقدار این گاز در لایه‌های مختلف هواکره متفاوت است؛ ولی دقت کنید که درصد حجمی این گاز در سه لایهٔ اول هواکره تقریباً ثابت و حدود ۲۱٪ است. ۳ اکسیژن در آب‌کره، در ساختار مولکول‌های آب وجود دارد و در سنگ‌کره، به صورت ترکیب با دیگر عنصرها وجود دارد و در ساختار **همهٔ** مولکول‌های زیستی مانند کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها یافت می‌شود. ۴ اکسیژن واکنش‌پذیری زیادی دارد و با اغلب عنصرها و مواد واکنش می‌دهد به همین دلیل اکثر واکنش‌های شیمیایی پیرامون ما به دلیل وجود گاز اکسیژن در محیط است. ۵ هر چه از سطح زمین بالاتر می‌رویم، هواکره رقیق‌تر شده و تعداد کل ذرات موجود در هر لیتر هوا کاهش می‌یابد؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش ارتفاع، فشار همهٔ مولکول‌های گازی از جمله اکسیژن کاهش می‌یابد.

- اگرچه با افزایش ارتفاع، غلظت یا فشار اکسیژن (و گازهای دیگر) کاهش می‌یابد اما درصد حجمی آن‌ها تقریباً ثابت است.
- فشار گاز اکسیژن در هر ارتفاعی از سطح زمین را می‌توان از رابطهٔ مقابل حساب کرد:

$$\text{فشار گاز اکسیژن} = \frac{\text{درصد حجمی گاز اکسیژن}}{۱۰۰} \times \text{فشار هوا} \quad (\text{درصد حجمی گاز اکسیژن} \simeq ٪۲۱)$$

- نسبت فشار دو گاز در هواکره برابر با نسبت درصد حجمی آن‌هاست:

$$\frac{\text{فشار گاز نیتروژن}}{\text{فشار گاز اکسیژن}} = \frac{\text{درصد حجمی گاز نیتروژن}}{\text{درصد حجمی گاز اکسیژن}}$$

– ترکیب اکسیژن با فلزها و نافلزها –

- اکسیژن در سنگ‌کره به شکل اکسیدهای گوناگون یافت می‌شود.

مثال فلز آلومینیم به شکل بوکسیت (Al_2O_3) به همراه ناخالصی) و سیلیسیم به شکل سیلیس (SiO_2) در طبیعت وجود دارد.

توجه اغلب (نه همهٔ!) عناصر در طبیعت به شکل ترکیب وجود دارند. (فلزاتی مانند طلا (Au) و پلاتین به حالت آزاد در طبیعت یافت می‌شوند و یا نافلزاتی مانند O_2 و N_2 نیز به صورت آزاد در طبیعت وجود دارند.)

- برخی از فلزات مانند آهن در واکنش با اکسیژن (نافلزها)، دو نوع اکسید تولید می‌کنند. برای نام‌گذاری (فرمول‌نویسی) ترکیب‌های فلزهایی که بیش از یک نوع کاتیون با بار متفاوت دارند، به صورت زیر عمل می‌کنیم.

– نام‌گذاری و فرمول‌نویسی کاتیون‌های چندظرفیتی –

۱ برای فلزاتی که تنها یک نوع کاتیون دارند، نام یون مربوط به همان نام عنصر بوده و از فرمول «یون + نام عنصر» پیروی می‌کند.

مثال کاتیون‌های فلزات گروه‌های ۱ و ۲ جدول دوره‌ای، (Ag^+ : یون نقره)، (Sc^{3+} : یون اسکاندیم)، (Zn^{2+} : یون روی)، (Al^{3+} : یون آلومینیم)

۲ برای فلزاتی که بیش از یک نوع کاتیون با بار متفاوت دارند، بار کاتیون با اعداد رومی جلوی نام کاتیون داخل پرانتز نشان داده می‌شود.

- در نام‌گذاری یون فلزاتی که فقط یک نوع کاتیون می‌دهند، **نباید** از اعداد رومی استفاده کرد!

نام‌گذاری: یون + نام فلز + ظرفیت فلز (با عدد رومی داخل پرانتز نشان داده می‌شود.)

عدد	۱	۲	۳	۴	۵
نماد رومی	I	II	III	IV	V

مثال

یون آهن (II)	یون آهن (III)	یون کروم (II)	یون کروم (III)	یون مس (I)	یون مس (II)
Fe^{2+}	Fe^{3+}	Cr^{2+}	Cr^{3+}	Cu^+	Cu^{2+}

@DaneshSad

۳ برای نوشتن فرمول ترکیب یونی ابتدا کاتیون مربوط به فلز را سمت چپ و سپس آنیون را سمت راست می‌نویسیم. بار کاتیون را به عنوان زیروند آنیون و بار آنیون (قدرمطلق آن را) به عنوان زیروند کاتیون قرار می‌دهیم.

دقت کنید که در صورت ساده‌شدن زیروندها، آن‌ها را با هم ساده می‌کنیم و زیروند ۱ هم نوشته نمی‌شود.

۴ برای نام‌گذاری ترکیب‌های یونی ابتدا نام کاتیون و سپس نام آنیون را بدون ذکر واژهٔ «یون» می‌نویسیم.

۵ برای نام‌گذاری نام آنیون، از فرمول «یون + نام عنصر یا ریشهٔ نام + ید» استفاده می‌کنیم.

مثال CrS ← کروم(II) سولفید ، Li_2O ← لیتیم اکسید ، مس(II)اکسید ← O^{2-} ، Cu^{2+} ← CuO

– نام‌گذاری و فرمول‌نویسی اکسیدهای نافلزی و به طور کلی ترکیب‌های مولکولی دوتایی –

۱ واکنش عنصرها با اکسیژن، تنها به فلزات محدود نمی‌شوند، بلکه (اغلب!) نافلزات نیز با آن واکنش داده و به اکسید نافلزات تبدیل می‌شوند. در واقع اکسیدهای نافلزی دستهٔ دیگری از ترکیبات شیمیایی هستند که از واکنش نافلزها با اکسیژن تولید می‌شوند.

مثال CO_2 ، NO_2 ، SO_2 ، SO_3 و ...

۲ هر زیروند در فرمول شیمیایی، نمایانگر شمار اتم‌های آن عنصر در ترکیب است و به همین دلیل شیمی‌دان‌ها برای بیان شمار هر یک از اتم‌ها، پیشوندهای معرفی‌شده در جدول زیر را به کار می‌برند.

تعداد اتم	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
پیشوند یونانی	مونو	دی	تری	ترا	پنتا	هگزا	هپتا	اکتا	نونا	دکا

برای نام‌گذاری ترکیب‌های مولکولی دوتایی به صورت زیر عمل می‌شود:

فرمول: پیشوند یونانی (در صورت لزوم) + نام نافلز سمت چپ + پیشوند یونانی + نام یا ریشهٔ نام نافلز سمت راست + پسوند «ید»

نکات مهم

۱ پیشوندها اعداد یونانی هستند که تعداد اتم عنصر مربوطه را در ترکیب نشان می‌دهد.

۲ اگر تعداد اتم نافلز سمت چپ در فرمول برابر یک باشد پیشوند «مونو» برای آن **نباید** ذکر شود.

۳ اگر تعداد اتم نافلز سمت راست برابر یک باشد ذکر پیشوند «مونو» برای آن **ضروری** است.

۴ برای ترکیبات هیدروژن‌دار دوتایی عنصرهای گروه ۱۷ جدول دوره‌ای (هیدروژن هالیدها)، برای عنصر دوم (هالوژن) هم از پیشوند «مونو» استفاده نمی‌کنیم.

مثال (Cl_2O_7: دی‌کلرو هپتااکسید) (CCl_4: کربن تتراکلرید) (HF: هیدروژن فلوئورید)

۵ برای نوشتن فرمول شیمیایی ترکیبات مولکولی دوتایی به کمک نام آن‌ها، هیچ‌وقت در مرحلهٔ آخر زیروندها را ساده نکنید. برای مثال اگر زیروندها را در ترکیب N_2O_4 ساده کنیم، NO_2 ایجاد می‌شود؛ اما این دو ماده، دو ترکیب با خواص فیزیکی و شیمیایی متفاوت هستند.

مثال (Cl_2O: دی‌کلر مونوکسید) (N_2O_4: دی‌نیتروژن تتراکسید) (NO_2: نیتروژن دی‌اکسید)

– ساختار لوویس –

مراحل رسم ساختار لوویس گونه‌هایی که از قاعدهٔ هشت‌تایی پیروی می‌کنند:

در ساختار لوویس یک مولکول، الکترون‌های لایهٔ ظرفیت اتم‌ها طوری در اطراف اتم‌ها چیده می‌شوند که همهٔ اتم‌های موجود در مولکول از قاعدهٔ هشت‌تایی پیروی کنند. (به‌جز هیدروژن!)

۱ محاسبهٔ تعداد کل الکترون‌های لایهٔ ظرفیت اتم‌های سازنده

تذکر تعداد الکترون‌های ظرفیت عناصر s و p (به‌جز هلیم) برابر با عدد یکان شمارهٔ گروه آن عنصر است.

۲ تعیین اتم مرکزی و چیدمان اتم‌های دیگر اطراف آن

اغلب نخستین اتم از سمت چپ (به‌جز هیدروژن) در فرمول مولکولی ماده، اتم مرکزی است.

۳ متصل‌کردن اتم‌های اطراف به اتم مرکزی با یک پیوند و هشت‌تایی‌کردن اتم‌های اطراف با قراردادن ۳ جفت الکترون‌های ناپیوندی روی همهٔ اتم‌های مجاور به‌جز هیدروژن

۴ محاسبهٔ باقی‌ماندهٔ الکترون‌های ظرفیتی و قراردادن آن‌ها در صورت وجود روی اتم مرکزی

تعداد کل الکترون‌های به‌کاررفته (پیوندی و ناپیوندی) در مرحلهٔ (۳) را از شمار کل الکترون‌های ظرفیتی اتم‌ها در مرحلهٔ (۱) کم می‌کنیم و در صورت باقی‌ماندن الکترون، آن‌ها را به صورت جفت ناپیوندی روی اتم مرکزی قرار می‌دهیم.

۵ هشت‌تایی‌کردن اتم مرکزی به شرطی که تا این مرحله هشت‌تایی نشده باشد.

اگر پس از مرحلهٔ (۴)، اتم مرکزی هشت‌تایی نشده باشد، برای هشت‌تایی‌کردن آن می‌توانیم از یک (یا در صورت نیاز دو) اتم کناری یک (یا براساس نیاز دو) جفت ناپیوندی کم کرده و آن را به صورت یک پیوند جدید دوگانه (یا سه‌گانه) با اتم مرکزی درآوریم.

مثال مراحل رسم ساختار لوویس CO_2:

۱) محاسبهٔ تعداد کل ظرفیت = $\underset{C}{\downarrow}4 + 2(\underset{O}{\downarrow}6) = 16$

۲) چیدمان اتم‌ها ⇒ کربن اتم مرکزی است. ⇒ O C O

۳) هشتایی‌کردن اتم‌های کناری ⇒ $:\ddot{O}—N—\ddot{O}:$ ⇒ ۱۶ = تعداد eهای به‌کاررفته در ساختار

۴) ظرفیت $\underset{16}{\downarrow}$ e تعداد کل = در ساختار به‌کاررفته e تعداد ⇒ جفت ناپیوندی برای اتم کربن وجود ندارد. $\underset{16}{\downarrow}$

۵) هشت‌تایی‌کردن اتم کربن (اتم مرکزی) با استفاده از اتم‌های کناری ⇒ $:\ddot{O}—C—\ddot{O}: \Rightarrow :O=C=O:$

ساختار نهایی

@DaneshSad

مثال رسم ساختار لوویس یون NO_2^+ :

۱) $NO_2^+ \Rightarrow [(۱\times \underset{N}{۵}) + (۲\times \underset{O}{۶})] - \underset{\text{باریون}(+۱)}{۱} = ۱۶$

۲) O N O

۳) $:\ddot{O}-C-\ddot{O}: \Rightarrow$ ۱۶ = e های به‌کاررفته

۴) اتم مرکزی جفت ناپیوندی ندارد. $\Rightarrow$ ۱۶ − ۱۶ = ۰

۵) $:\ddot{O}-N-\ddot{O}: \Rightarrow [:O=N=\ddot{O}:]^+$

نکات مهم

۱ در رسم ساختار لوویس، هنگامی که اتم‌های یکسانی به اتم مرکزی متصل‌اند، نمایش پیوند دوگانه بر سه‌گانه مقدم است.

۲ اتم‌های هیدروژن همواره یک پیوند تشکیل می‌دهند و هشت‌تایی نمی‌شوند در واقع تنها با $2e^-$ پایدار می‌شوند. اتم‌های H در مولکول‌ها، همیشه اتم کناری هستند.

۳ هرگاه اتم عنصرهای گروه ۱۷ (هالوژن‌ها) اتم کناری باشند، تنها یک پیوند اشتراکی (یگانه) تشکیل می‌دهند.

۴ به جفت‌الکترونی که در تشکیل پیوند شرکت می‌کند، جفت‌الکترون پیوندی و به جفت‌الکترونی که در تشکیل پیوند شرکت نمی‌کند و فقط متعلق به یکی از اتم‌هاست، جفت‌الکترون ناپیوندی می‌گویند؛ می‌دانید که هر پیوند اشتراکی یگانه، معادل یک جفت (دو) الکترون پیوندی است. (به آوردن یا نیاوردن کلمهٔ جفت در تست‌ها دقت کنید!)

۵ مراحل رسم ساختار لوویس یون‌های چندتایی، دقیقاً مشابه به رسم ساختار مولکول‌هاست با این تفاوت که در مرحلهٔ (۱) و در هنگام محاسبهٔ تعداد کل الکترون‌های ظرفیت در یون‌هایی با بار منفی، به اندازهٔ بار منفی یون، به شمار الکترون‌های ظرفیت، اضافه و در یون‌هایی با بار مثبت، به تعداد بار مثبت از شمار الکترون‌های ظرفیت، کم می‌کنیم.

۶ نکتهٔ خیلی مهم در یون‌های چندتایی آن‌که بار یون متعلق به همهٔ اتم‌های سازنده است؛ (نه یک اتم خاص!) بنابراین ساختار به دست آمده در مرحلهٔ آخر را درون یک کروشه ([ ]) قرار داده و بار یون را بالا و سمت راست کروشه یادداشت کنید.

نکات مهم

نکات کار راه‌انداز:

۱ با استفاده از فرمول زیر می‌توان بدون رسم ساختار لوویس مولکول‌ها، شمار کل پیوندهای اشتراکی در مولکول را محاسبه کرد:

$$\text{شمار کل پیوندهای اشتراکی در یک مولکول} = \frac{\text{مجموع ظرفیت اتم‌ها}}{۲}$$

(یا همان مجموع تعداد الکترون‌های جفت‌نشده در آرایش الکترون- نقطه‌ای اتم‌ها)

- ظرفیت برای عناصر گروه ۱ و ۱۷، برابر ۱؛ برای عناصر گروه ۱۶، برابر ۲ برای عناصر گروه ۱۴، برابر ۴ و ... به همین ترتیب است! (به نوعی تعداد الکترون‌های جفت‌نشده در ساختار لوویس هر اتم است.)

۲ محاسبهٔ بار یون چندتایی = (مجموع شمار الکترون‌های ساختار لوویس) ـ (مجموع شمار الکترون‌های لایهٔ ظرفیت اتم‌ها)

— سوختن —

۱ یک واکنش شیمیایی است که در آن یک ماده با اکسیژن به سرعت واکنش می‌دهد علاوه بر تولید ترکیب (یا ترکیبات) اکسیژن‌دار، بخشی **از** انرژی شیمیایی آن به صورت گرما و نور آزاد می‌شود.

- دقت کنید که بخشی از انرژی شیمیایی مواد با سوختن آزاد می‌شود، نه *تمام آن!*

۲ شیمی‌دان‌ها از واکنش‌پذیری بالای اکسیژن برای تهیهٔ بسیاری از مواد بهره می‌گیرند؛ برای نمونه در صنعت برای تولید سولفوریک اسید، نخست گوگرد را در واکنش با اکسیژن (واکنش سوختن گوگرد) به SO_2 تبدیل می‌کنند.

- رنگ شعلهٔ واکنش سوختن گوگرد آبی می‌باشد.
- **برخی** عنصرهای فلزی و نافلزی دیگر نیز می‌توانند با اکسیژن بسوزند و به اکسیدهای فلزی و نافلزی تبدیل شوند. **اغلب** فلزات (نه همهٔ آن‌ها!) در **شرایط مناسب** با گاز اکسیژن می‌سوزند.
- رنگ شعلهٔ سوختن فلزهای مختلف می‌توانند با هم متفاوت باشند، فلز آهن، **رنگ شعله نارنجی**، فلز منیزیم، **رنگ شعله سفید** و فلز سدیم، **رنگ شعله زردرنگ** دارند.

۳ افزون بر برخی عناصر، دیگر مواد از جمله سوخت‌های فسیلی نیز در شرایط مناسب می‌سوزند.

نور و گرما + کربن دی‌اکسید + گوگرد دی‌اکسید + بخار آب $\Rightarrow$ اکسیژن + زغال‌سنگ

نکات مهم

۱ نوع فراورده‌ها در واکنش سوختن، علاوه بر ماهیت خود مادهٔ سوختنی به مقدار (کمیت؛ نه کیفیت!) اکسیژن در دسترس نیز بستگی دارد!

۲ به طوری که اگر اکسیژن کافی وجود داشته باشد، سوختن کامل انجام می‌شود و در مورد سوختن هیدروکربن‌ها، گاز CO_2 و بخار آب تولید می‌شود. در این حالت رنگ شعلهٔ آبی است که نشان از سوختن کامل می‌باشد.

۳ اما اگر اکسیژن کم باشد، در حین سوختن هیدروکربن‌ها گاز کربن مونوکسید به همراه دیگر فراورده‌ها تولید خواهد شد. رنگ شعله در این حالت تقریباً زردرنگ خواهد شد که نشان‌دهندهٔ سوختن ناقص است.

— ویژگی‌ها و اثرات گاز کربن مونوکسید —

۱ گاز بی‌رنگ، بی‌بو و بسیار سمی است.

۲ چگالی این گاز **کم‌تر از** هوا است و قابلیت انتشار آن در محیط **بسیار زیاد** می‌باشد به طوری که **به سرعت** در **همهٔ** فضای یک اتاق پخش می‌شود.

۳ میل ترکیبی هموگلوبین خون با گاز CO بسیار زیاد و بیش از ۲۰۰ برابر اکسیژن است. به همین دلیل می‌تواند باعث مسمومیت و در نهایت موجب مرگ فرد شود.

۴ CO از CO_2 ناپایدارتر است؛ می‌تواند دوباره در اکسیژن بسوزد و نور و گرما به همراه CO_2 تولید کند:

$$۲CO + O_2 \rightarrow ۲CO_2$$

۵ در ساختار شیمیایی هر مولکول CO، سه جفت‌الکترون پیوندی (یک پیوند سه‌گانه) و دو جفت الکترون ناپیوندی وجود دارد.

@DaneshSad



– رفتار اکسیدهای فلزی و نافلزی –

۱ اکسیدهای فلزی و نافلزی به دلیل تنوع رفتار، کاربردهای فراوانی در زندگی دارند. مثال:

- برخی کشاورزان کلسیم اکسید (آهک ـ CaO) را برای افزایش بهره‌وری در کشاورزی به خاک می‌افزایند؛ زیرا افزودن این ماده به خاک سبب می‌شود تا مقدار و نوع مواد معدنی در دسترس گیاه تغییر کند.
- هم‌چنین از کلسیم اکسید برای کنترل میزان اسیدی‌بودن آب دریاچه‌ها، به عنوان اکسید بازی استفاده می‌شود.
- مرجان‌ها گروهی از کیسه‌تنان با اسکلت آهکی (از جنس کلسیم اکسید) هستند و پژوهش‌ها نشان می‌دهد که این جانداران با افزایش میزان کربن دی‌اکسید (یک اکسید نافلزی) محلول در آب از بین می‌روند؛ زیرا گاز CO_2 در آب، باعث ایجاد خاصیت اسیدی در آن می‌شود.

– اکسیدهای فلزی و نافلزی –

۱ به طور کلی اغلب اکسیدهای فلزی در صورت حل‌شدن در آب با تولید یک باز باعث افزایش pH آب می‌شوند به همین دلیل به آن‌ها اکسیدهای بازی می‌گوییم. $(pH > 7)$

۲ به طور کلی اغلب اکسیدهای نافلزی در صورت حل‌شدن در آب، با تولید یک اسید pH آب را کاهش می‌دهند به همین دلیل به آن‌ها اکسیدهای اسیدی می‌گوییم. $(pH < 7)$

۳ pH، معیاری است برای سنجش میزان اسیدی یا بازی بودن محلول‌ها. محدودهٔ تغییرات pH محلول‌های آبی در دمای اتاق از ۰ تا ۱۴ است. آب خالص یک مادهٔ خنثی است و pH آن ۷ می‌باشد، مواد اسیدی $pH < 7$ و مواد بازی $pH > 7$ دارند.

نکات مهم

۱ آب گازدار یا آب کربناته آبی است که در آن کربن دی‌اکسید، تحت فشار حل شده باشد و یکی از مواد اولیه برای ساخت نوشابه‌های گازدار است؛ پس آب گازدار خاصیت اسیدی دارد.

۲ لزوماً هر اکسید نافلزی‌ای اکسید اسیدی نیست؛ به طور مثال گازهای NO، CO و N_2O در آب به صورت مولکولی حل شده و با آب واکنش نمی‌دهند؛ پس اکسید اسیدی نیستند.

۳ یکی از ساده‌ترین روش‌های اندازه‌گیری pH محلول‌ها، استفاده از کاغذ pH است که تنها می‌توان pH تقریبی محلول را اندازه‌گیری و آن‌ها را با هم مقایسه کرد.

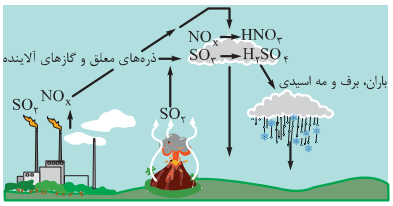
– باران اسیدی و اثرات مخرب آن –

۱ باران طبیعی و معمولی: به دلیل وجود CO_2 محلول در آن، اندکی اسیدی و دارای $pH < 7$ است.

$$CO_2(g) + H_2O(l) \rightarrow H_2CO_3(aq)$$

۲ منظور از باران اسیدی، بارانی است که pH آن کم‌تر از ۵/۶ باشد:

آلاینده‌هایی که از سوختن سوخت‌های فسیلی وارد هواکره می‌شوند (به طور عمده SO_2 و NO_x) هنگام بارش باران در آب حل می‌شوند و به صورت محلولی که خاصیت اسیدی چشمگیری دارد به زمین فرومی‌ریزد. در این حالت می‌گوییم باران اسیدی شده است.



۳ در شیمی هواکره اصطلاح رایجی با عنوان «آن‌چه که در هواکره بالا می‌رود باید پایین بیاید» وجود دارد؛ این اصطلاح بیان می‌کند که آلاینده‌هایی که از سوختن سوخت‌های فسیلی وارد هواکره می‌شود و بالا می‌رود؛ هنگام بارش در آب حل می‌شوند و پس از واکنش با آب به صورت باران اسیدی به زمین فرو می‌ریزد.

باران معمولی ← $5/6 < pH < 7$ ← عامل کاهش pH : CO_2 محلول در آب باران

باران اسیدی ← $1/5 < pH < 5/6$ ← عامل کاهش pH نسبت به باران طبیعی: حل‌شدن آلاینده‌های هوا مانند NO_2 و SO_2 در آب باران و تولید نیتریک اسید و سولفوریک اسید

نکات مهم

۱ در اثر سوزاندن سوخت‌های فسیلی علاوه بر گاز کربن دی‌اکسید، گازهای دیگری مانند NO_2 ، NO ، SO_2 ، CO و برخی هیدروکربن‌ها هم وارد هواکره می‌شود.

۲ از سوختن سوخت‌های فسیلی در کارخانجات و در گازهای خروجی از آتشفشان‌ها، گاز SO_2 وجود دارد. از کارخانجات، اکسیدهای نیتروژن مختلفی هم با فرمول کلی NO_x آزاد می‌شود در هواکره، SO_2 به SO_3 تبدیل می‌شود. گازهای SO_3 و NO_x در طی واکنش‌های مختلفی در هواکره، سولفوریک اسید (H_2SO_4) و نیتریک اسید (HNO_3) را می‌سازند که با خاصیت اسیدی زیاد خود سبب باران، مه و برف اسیدی می‌شود.

توجه اگرچه گاز NO موجود در هواکره اکسید اسیدی نیست ولی به علت واکنش‌پذیری زیاد، با اکسیژن هوا ترکیب شده و NO_2 تولید می‌کند. NO_2 اکسید اسیدی است که با آب و اکسیژن واکنش داده و به HNO_3 که اسید قوی است تبدیل می‌شود.

– واکنش‌های شیمیایی و قانون پایستگی جرم –

۱ هر تغییر شیمیایی می‌تواند شامل یک یا چند واکنش شیمیایی باشد که هر یک از آن‌ها را با یک معادله نشان می‌دهند.

- تغییر شیمیایی **می‌تواند** با تغییر رنگ، مزه، بو یا آزادسازی گاز، رسوب و گاهی ایجاد نور یا صدا همراه باشد.

۲ **مثال** سوختن کربن را به صورت زیر نمایش می‌دهند:

کربن + اکسیژن ← کربن دی‌اکسید

$$C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$$

@DaneshSad

معادلهٔ نخست، نوشتاری و معادلهٔ دوم، نمادی نامیده می‌شوند؛ در معادلهٔ نوشتاری، نام واکنش‌دهنده‌ها در سمت چپ و نام فراورده‌ها در سمت راست فلش نوشته می‌شود.

۳ شیوه‌های نمایش واکنش‌های شیمیایی به دو صورت معادلهٔ نوشتاری و نمادی است که در جدول زیر آن‌ها را مقایسه کرده‌ایم:

نوع معادله / اطلاعات دریافتی	نمادی	نوشتاری
نام مواد	×	✓
فرمول شیمیایی مواد	✓	×
حالت فیزیکی مواد	✓	×
شرایط لازم برای انجام واکنش	✓	×
نسبت مولی مواد شرکت‌کننده در واکنش	✓	×
چگونگی و ترتیب اختلاط واکنش‌دهنده	×	×
شرح عملی واکنش و نکته‌های ایمنی	×	×

نمادهای به‌کاررفته برای نمایش حالت فیزیکی مواد در معادله‌های شیمیایی

نماد	(s)	(l)	(g)	(aq)
معنا	جامد	مایع	گاز	محلول آبی

۴ معنای برخی عبارت‌ها یا نمادهای مورد استفاده در معادله‌های شیمیایی در جدول زیر آمده است:

نماد	معنا
$\rightarrow$	تولید می‌کند یا می‌دهد.
$\xrightarrow{\Delta}$	واکنش‌دهنده‌ها در اثر گرم‌شدن واکنش می‌دهند.
$\xrightarrow{۲۰\ atm}$	واکنش در فشار ۲۰ atm انجام می‌شود.
$\xrightarrow{۱۲۰۰\ ^\circ C}$	واکنش در دمای ۱۲۰۰ درجهٔ سلسیوس انجام می‌شود.
$\xrightarrow{Pd}$	برای انجام‌شدن از پالادیم (Pd) به عنوان یک کاتالیزگر استفاده می‌شود.

نکات مهم

۱ علامت ($\xrightarrow{\Delta}$) تنها به این معناست که واکنش‌دهنده‌ها در اثر گرم‌شدن واکنش می‌دهند؛ حالا این واکنش می‌تواند گرماگیر یا گرماده باشد!

۲ علامت‌های « $\xrightarrow{۱۲۰۰\ ^\circ C}$ » و « $\xrightarrow{۲۰\ atm}$ » به این معناست که واکنش به ترتیب در دمای ۱۲۰۰ درجهٔ سلسیوس و فشار ۲۰ atm انجام می‌شود و نمی‌توان گفت پس از انجام واکنش دما و فشار گونه‌ها به ترتیب به ۱۲۰۰ درجهٔ سلسیوس و ۲۰ atm می‌رسد.

۵ کاتالیزگر ماده‌ای است که سرعت واکنش شیمیایی را افزایش می‌دهد بدون آن‌که در واکنش مصرف شود.

مثال واکنش سوختن کامل گاز هیدروژن و تشکیل آب، در حضور کاتالیزگر پلاتین (Pt(s)) انجام می‌شود:

$$۲H_۲(g) + O_۲(g) \xrightarrow{Pt(s)} ۲H_۲O(l)$$

– قانون پایستگی جرم –

۱ مطابق این قانون مجموع جرم مواد واکنش‌دهنده با مجموع جرم فراورده‌ها برابر است یا به عبارت دیگر، جرم کل مواد در مخلوط واکنش ثابت است.

۲ یکی از ویژگی‌های مهم واکنش‌های شیمیایی این است که همهٔ آن‌ها از این قانون پیروی می‌کنند؛ زیرا در **واکنش‌های شیمیایی نه اتمی به وجود می‌آید** و **نه اتمی از بین می‌رود**، بلکه **پس از انجام واکنش همه اتم‌ها** به **شیوه‌های دیگر به هم متصل می‌شوند.**

۳ مطابق قانون پایستگی جرم، مجموع شمار اتم‌های هر عنصر در دو سمت معادلهٔ یک واکنش یکسان است.

۴ مجموع شمار اتم‌های موجود در واکنش‌دهنده‌ها با مجموع شمار اتم‌های موجود در فراورده‌ها برابر است؛ یعنی شمار کل اتم‌ها در یک واکنش شیمیایی ثابت است.

دقت کنید که برابربودن تعداد اتم‌ها در دو طرف معادله کفایت نمی‌کند! و حتماً تعداد اتم‌های هر عنصر باید برابر باشد!

مثال

$$N_۲ + H_۲ \rightarrow NH_۳$$

هر چند تعداد کل اتم‌ها در دو طرف معادله یکسان است؛ اما معادله، موازنه‌شده نیست!

اشتباه نکنید:

۱) در واکنش‌های شیمیایی، مولکول‌ها و ترکیب‌های اولیه از بین می‌روند و مولکول‌ها و ترکیبات جدید به وجود می‌آیند.

۲) در ضمن لزوماً تعداد مولکول‌ها و مول‌های مواد در دو طرف معادله برابر نیستند.

۳) مطابق قانون پایستی جرم، شمار کل اتم‌ها در یک واکنش شیمیایی ثابت است؛ بنابراین برای موازنه‌کردن یک معادلهٔ شیمیایی، باید به هر یک از واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها ضریبی نسبت داد تا تعداد اتم‌های هر عنصر در دو سمت معادله برابر شود.

@DaneshSad

– موازنه‌کردن معادلهٔ واکنش شیمیایی –

یعنی برابرکردن تعداد اتم‌های هر عنصر در دو سوی معادلهٔ شیمیایی

نکات مهم

۱ در معادله‌های شیمیایی موازنه‌شده، ضریب ۱ نوشته نمی‌شود.

۲ برای موازنه‌کردن هر معادلهٔ نمادی، باید برای هر یک از واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها ضریبی قرار داد تا شمار اتم‌های هر عنصر در دو سوی معادله برابر شود.

۳ هنگام موازنه‌کردن، نباید زیروندها را در فرمول شیمیایی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها تغییر داد.

۴ ضریب‌ها در معادلات موازنه‌شده باید کوچک‌ترین عدد طبیعی ممکن باشد.

۵ سعی کنید تا حد امکان اتم‌های اکسیژن و هیدروژن را در مراحل آخر موازنه نمایید؛ زیرا این عناصر معمولاً در ساختار تعداد بیشتری از گونه‌ها قرار دارند.

۶ معادلهٔ شیمیایی موازنه‌شده به ۲ صورت خوانده می‌شود؛ برای نمونه معادلهٔ موازنه‌شدهٔ سوختن گاز هیدروژن در حضور اکسیژن:

$2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$

۱) دو مول گاز هیدروژن با یک مول گاز اکسیژن واکنش می‌دهد و دو مول بخار آب تولید می‌شود.

۲) دو مولکول هیدروژن با یک مولکول اکسیژن واکنش می‌دهد و دو مولکول آب تولید می‌شود.

– ردپای کربن دی‌اکسید –

۱ سبک زندگی انسان و نوع وسایلی که در زندگی استفاده می‌کند و رفتارهایی که در شرایط مختلف محیطی انجام می‌دهد، روی کرهٔ زمین و هواکره تأثیر دارد.

۲ ردپا اصطلاحی است که به این اثر نسبت داده‌اند. رد پای کربن دی‌اکسید نشان می‌دهد **در تولید یک محصول یا در اثر انجام یک فعالیت چه مقدار از این گاز تولید و وارد هواکره می‌شود.**

۳ برای این‌که مقدار CO_2 هواکره از مقدار طبیعی آن فراتر نرود، باید مقدار اضافی آن به وسیلهٔ گیاهان یا دیگر پدیده‌های طبیعی مصرف شود؛ حال هر چه مقدار کربن دی‌اکسید واردشده به طبیعت زیادتر باشد، ردپای ایجادشده سنگین‌تر و اثر آن ماندگارتر خواهد بود، زیرا زمان لازم برای تعدیل این اثر به وسیلهٔ پدیده‌های طبیعی طولانی‌تر است.

۴ یک درخت تنومند سالانه در حدود ۵۰ کیلوگرم CO_2 مصرف می‌کند، هر چه درخت تنومندتر باشد، CO_2 ی بیشتری مصرف می‌کند و تأثیر بیشتری در کاهش ردپای کربن دی‌اکسید دارد.

۵ در اثر سوزاندن سوخت‌های فسیلی انواع آلاینده‌ها وارد هواکره می‌شود؛ یعنی علاوه بر گاز کربن دی‌اکسید، گازهایی مانند: CO ، SO_2 ، NO_2 و NO و هیدروکربن‌ها (C_xH_y) هم وارد هواکره می‌شوند که ناشی از سوختن ناخالصی‌های موجود در این سوخت‌هاست.

۶ مقایسهٔ ردپای CO_2 ایجادشده از منابع گوناگون تولید انرژی الکتریکی:

باد < گرمای زمین < انرژی خورشید < گاز طبیعی < نفت‌خام < زغال‌سنگ : مقایسهٔ ردپای CO_2

۷ طبیعت با کمک گیاهان، CO_2 را مصرف می‌کند؛ بنابراین یکی از راهکارهای کاهش رد پای کربن دی‌اکسید، کاشت و مراقبت از درختان و ایجاد کمربندهای سبز در شهرها، شهرک‌های صنعتی و روستاها است.

– گرم‌شدن زمین و اثرات آن –

۱ دانشمندان با استفاده از ۱) بالون‌های هواشناسی، ۲) ماهواره‌ها، ۳) کشتی‌های اقیانوس‌پیما و ۴) گویچه‌های شناور در دریاچه‌ها که به حسگرهای دما مجهز هستند، پیوسته دمای کرهٔ زمین را اندازه می‌گیرند. شواهد نشان می‌دهد که در طول سدهٔ اخیر، میانگین دمای کرهٔ زمین افزایش یافته است و این افزایش دما سبب شده است که شرایط آب‌وهوایی در نقاط مختلف زمین تغییر کند.

۲ سالانه میلیاردها تن CO_2 به هواکره وارد می‌شود، به طوری که مقدار این گاز در سدهٔ اخیر در هواکره به مقدار قابل‌توجهی افزایش یافته است که دارای آثار زیر است:

آثار افزایش میزان CO_2 موجود در هوا ← افزایش دمای کرهٔ زمین و افزایش سطح آب دریا
آثار افزایش میزان CO_2 موجود در هوا ← کاهش مساحت برف در نیمکرهٔ شمالی

۳ به دلیل گرم‌شدن زمین و کوتاه‌شدن فصل زمستان، شواهد بیانگر این است که فصل بهار در نیمکرهٔ شمالی زمین، نسبت به ۵۰ سال گذشته در حدود ۱ هفته **زودتر** آغاز می‌شود.

– اثر گلخانه‌ای –

۱ گلخانه‌ها زمین‌های کشاورزی ویژه‌ای هستند که دور تا دور آن‌ها را تا ارتفاع معینی با لایه‌ای از پلاستیک‌های شفاف می‌پوشانند و در آن‌ها گیاهان و میوه‌های گوناگونی پرورش می‌دهند.

۲ دمای درون گلخانه در ساعت شبانه‌روز به طور نامنظم در حال تغییر است ولی تغییرات دمایی بسیار ناچیز بوده و آسیبی به گیاهان نمی‌رساند.

۳ به پدیدهٔ به دام افتادن و برگرداندن پرتوهای فروسرخ به وسیلهٔ مولکول‌های CO_2 ، H_2O و برخی گازهای دیگر موجود در هواکره که باعث گرم‌شدن زمین می‌شود، اثر گلخانه‌ای و به این گازها، گازهای گلخانه‌ای می‌گویند.

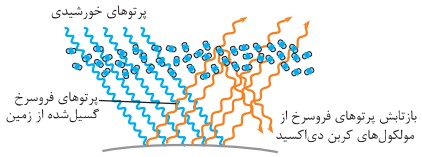
۴ نور خورشید هنگام گذر از هواکره با مولکول‌ها و دیگر ذره‌های موجود در آن برخورد می‌کند و تنها **بخشی از** (نه همه!) آن به سطح زمین می‌رسد. از این‌رو زمین گرم‌شده، مانند یک جسم داغ از خود پرتوهای الکترومغناطیسی (بیشتر از نوع فروسرخ) گسیل می‌دارد؛ **انرژی پرتوهای فروسرخ، کم‌تر و طول موج آن‌ها بلندتر است.** بخش قابل توجهی از پرتوهای فروسرخ منتشر شده از زمین وارد فضا می‌شوند و بخش کوچک‌تری از آن هم توسط گازهای گلخانه‌ای، به زمین بازگردانده می‌شوند و به این ترتیب زمین را گرم می‌کنند.

۵ اگر پدیدهٔ گلخانه‌ای وجود نداشت، میانگین دمای کرهٔ زمین به ۱۸− درجهٔ سلسیوس یا ۲۵۵ کلوین می‌رسید. امروزه افزایش بیش از حد گازهای گلخانه‌ای (CO_2) در هواکره، باعث افزایش میانگین دمای زمین بیش از حد معمول شده است.

@DaneshSad

۶ پلاستیک یا شیشهٔ گلخانه‌ها دقیقاً مانند گازهای گلخانه‌ای عمل می‌کنند. پرتوهای پرانرژی خورشید از شیشه یا پلاستیک گلخانه عبور می‌کند و توسط خاک و گیاهان جذب و باعث گرم‌شدن آن‌ها می‌شوند. از خاک و گیاهان پرتوهای فروسرخ منتشر می‌شود که به علت بلندبودن طول موج از پلاستیک یا شیشه عبور نمی‌کند و درون فضای گلخانه به دام افتاده و آن را گرم می‌کنند.





– شیمی سبز –

۱ شاخه‌ای از شیمی است که در آن شیمی‌دان‌ها در جست‌وجوی فرایندها و فراورده‌هایی هستند که به کمک آن‌ها بتوان ۱) کیفیت زندگی را **با بهره‌گیری از منابع طبیعی** افزایش داد و ۲) هم‌زمان از طبیعت محافظت کرد.

۲ در این راستا بایستی تولید و مصرف مواد شیمیایی را که رد پاهای سنگینی روی کرهٔ زمین بر جا می‌گذارند کاهش داد یا متوقف کرد.

– برخی از دستاوردهای شیمی سبز –

۱ تولید سوخت سبز: سوختی است که در ساختار آن افزون بر **کربن و هیدروژن، اکسیژن** نیز وجود دارد و از پسماندهای گیاهی مانند شاخ و برگ گیاه سویا، نیشکر و دانه‌های روغنی به دست می‌آید.

- این مواد زیست‌تخریب‌پذیرند، از این‌رو در مدت‌زمان نسبتاً کوتاهی به وسیلهٔ جانداران ذره‌بینی به مواد ساده‌تر تجزیه می‌شوند و به طبیعت بازمی‌گردند.
- اتانول (C_2H_5OH) و روغن‌های گیاهی نمونه‌هایی از این نوع سوخت‌ها هستند.
- در اثر سوختن اتانول، آلاینده‌های کم‌تری نسبت به سوخت‌های فسیلی تولید می‌شود، هم‌چنین در مقایسه با هیدروکربن‌ها هم به ازای جرم یکسان، CO_2 کم‌تری را تولید می‌کند.

۲ تبدیل CO_2 به مواد معدنی

کافی است CO_2 تولیدشده در نیروگاه‌ها و مراکز صنعتی را با منیزیم اکسید و کلسیم اکسید (اکسیدهای بازی) واکنش دهند و آن‌ها را به کربنات‌های جامد این فلزات تبدیل کنند.

$$CO_2(g) + CaO(s) \rightarrow CaCO_3(s)$$
$$CO_2(g) + MgO(s) \rightarrow MgCO_3(s)$$

۳ تولید پلاستیک‌های سبز (زیست‌تخریب‌پذیر)

این پلیمرهای بر پایهٔ مواد گیاهی مانند **نشاسته** ساخته می‌شوند و به همین دلیل در ساختار آن‌ها علاوه بر کربن و هیدروژن، **اکسیژن** هم وجود دارد. این نوع پلاستیک‌ها زیست‌تخریب‌پذیرند بنابراین در مدت‌زمان نسبتاً کوتاهی تجزیه می‌شوند و به طبیعت بازمی‌گردند.

۴ دفن‌کردن CO_2 در ۱) سنگ‌های متخلخل در زیرزمین، ۲) میدان‌های قدیمی گاز و ۳) چاه‌های قدیمی نفت خالی از این مواد هستند.

۵ تولید خودرو و سوخت با کیفیت بسیار خوب

– هیدروژن و توسعهٔ پایدار –

۱ **هیدروژن فراوان‌ترین عنصر در جهان است** که به صورت ترکیب‌های گوناگون یافت می‌شود. این گاز مانند سوخت‌های فسیلی می‌تواند با اکسیژن بسوزد و نور و گرما تولید کند.

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

۲ جدول بسیار مهم:

نام سوخت	گرمای آزادشده (کیلوژول بر گرم)	فراورده‌های سوختن	قیمت (ریال به ازای یک گرم)
بنزین	۴۸	CO, CO_2, H_2O	۱۴
زغال‌سنگ	۳۰	CO, CO_2 H_2O, SO_2	۴
هیدروژن	۱۴۳	H_2O	۲۸۰۰
گاز طبیعی	۵۴	CO, CO_2, H_2O	۵

نکات مهم

نکات مهم و اصلی جدول

۱ با توجه به این جدول، استفاده از گاز هیدروژن در مقایسه با سوخت‌های فسیلی آلاینده‌های کم‌تری ایجاد می‌کند؛ در واقع بر اثر سوختن هیدروژن فقط بخار آب تولید می‌شود و خبری از آلاینده‌ها نیست.

۲ مقایسهٔ گرمای آزادشده به ازای سوختن ۱ g: زغال‌سنگ < بنزین < گاز طبیعی < هیدروژن

۳ مقایسهٔ قیمت به ازای ۱ g: زغال‌سنگ < گاز طبیعی < بنزین < هیدروژن

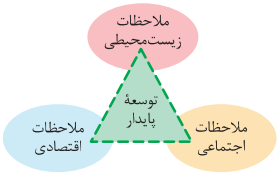
۴ فرآورده‌های CO (در اثر سوختن ناقص)، CO_2 و H_2O در اثر سوختن هر سه سوخت فسیلی گاز طبیعی، زغال‌سنگ و بنزین یکسان است.

۵ زغال‌سنگ دارای بیشترین تنوع آلاینده‌هاست و علاوه بر موارد مشترک بالا، SO_2 (و البته NO_2) هم تولید می‌کند که می‌تواند مسبب ایجاد باران اسیدی باشد!

تولید، حمل‌ونقل و نگه‌داری هیدروژن **بسیار پرهزینه** است؛ اما در برخی کشورها برای تولید گاز هیدروژن سرمایه‌گذاری هنگفتی می‌شود!

@DaneshSad

۳ توسعهٔ پایدار یعنی این‌که در تولید هر فراورده، همهٔ هزینه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی آن در نظر گرفته شود.



– اوزون، دگرشکلی از اکسیژن در هواکره –

۱ آلوتروپ (دگرشکل): به شکل‌های گوناگون مولکولی یا بلوری یک عنصر گفته می‌شود:
اکسیژن دارای دو آلوتروپ است؛ یعنی عنصر اکسیژن به دو شکل گاز اکسیژن (O_2) و گاز اوزون (O_3) در هواکره یافت می‌شود.

نکته

آلوتروپ یعنی شکل‌های گوناگون یک عنصر که تنها از یک نوع اتم تشکیل شده‌اند، بنابراین در مورد ترکیب‌ها استفاده از واژهٔ آلوتروپ **نادرست** است.

۲ آرایش الکترون ـ نقطه‌ای (ساختار لوویس) گازهای اکسیژن و اوزون به صورت مقابل است:



۳ اصطلاح لایهٔ اوزون به منطقهٔ مشخصی از استراتوسفر می‌گویند که بیشترین مقدار اوزون در آن محدوده قرار دارد. مقدار اوزون در هواکره ناچیز است.

۴ مولکول‌های اوزون مانع ورود بخش عمده‌ای از تابش فرابنفش خورشید به سطح زمین می‌شود تا موجودات زنده از آثار زیانبار این تابش در امان بمانند؛ پس به طور کامل مانع ورود تابش فرابنفش نمی‌شود!

– مقایسهٔ گازهای اوزون (O_3) و اکسیژن (O_2) –

۱ اکسیژن و اوزون هر دو در شرایط عادی گازهای بی‌رنگ هستند. اما اکسیژن در حالت مایع، آبی‌رنگ و اوزون مایع، لاجوردی (آبی پررنگ‌تر) است.

۲ جرم مولی اوزون بیشتر از اکسیژن است و دمای جوش آن هم بالاتر از اکسیژن است، پس با سردکردن این دو گاز، اوزون راحت‌تر به مایع تبدیل می‌شود.

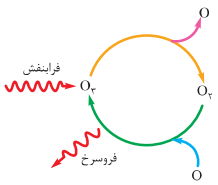
نام دگرشکل	فرمول شیمیایی	جرم مولی	نقطهٔ جوش ($^\circ C$)
اکسیژن	O_2	۳۲	−۱۸۳
اوزون	O_3	۴۸	−۱۱۲

۳ گاز اوزون از گاز اکسیژن واکنش‌پذیرتر بوده و در صنعت از گاز اوزون برای گندزدایی میوه‌ها و سبزیجات و از بین بردن جانداران ذره‌بینی درون آب استفاده می‌شود.

۴ تفاوت در ساختار لوویس اوزون و اکسیژن است که باعث ایجاد تفاوت‌های چشمگیر در خواص آن‌ها شده است، در واقع با این‌که اوزون و اکسیژن از اتم‌های یکسان تشکیل شده‌اند، اما تفاوت ساختاری باعث تفاوت در خواص شده است؛ پس ساختار هر ماده تعیین‌کنندهٔ خواص و رفتار آن است.

– عملکرد لایهٔ اوزون –

۱ هنگامی که تابش پرانرژی فرابنفش به مولکول‌های O_3 در لایهٔ اوزون برخورد می‌کند، O_3 می‌شکند و به یک اتم اکسیژن (O) و یک مولکول اکسیژن (O_2) تبدیل می‌شود. ذره‌های تولیدشده دوباره با هم واکنش می‌دهند و مولکول اوزون را به وجود می‌آورند و مقداری انرژی به صورت تابش فروسرخ آزاد می‌شود.



۲ تابش فروسرخ انرژی کم‌تر نسبت به تابش فرابنفش دارد و برای موجودات زنده تهدیدی به حساب نمی‌آید.

۳ با تکرار پیوستهٔ دو واکنش فوق، لایهٔ اوزون **بخش قابل توجهی** از (نه همه!) تابش فرابنفش را جذب و تابش‌های کم‌انرژی‌تر فروسرخ را به زمین گسیل می‌دارد.

۴ مجموعه واکنش‌های لایهٔ اوزون را می‌توان با معادلهٔ زیر نمایش داد:

$$2O_3(g) \underset{(2)}{\overset{(1)}{\rightleftarrows}} 3O_2(g)$$

۵ شیمی‌دان‌ها به واکنش در جهت (۱)، واکنش رفت و به واکنش در جهت (۲)، واکنش برگشت می‌گویند.

۶ واکنش‌ها
- برگشت‌ناپذیر (یک طرفه) $\rightarrow$: فقط در جهت رفت انجام می‌شود مانند واکنش‌های سوختن، پختن غذا و ...
- برگشت‌پذیر (دو طرفه) $\rightleftarrows$: واکنش‌هایی که امکان انجام آن‌ها در جهت رفت و برگشت وجود دارد، یعنی فراورده‌ها نیز می‌توانند به واکنش‌دهنده‌ها تبدیل شوند. مانند تغییر حالت‌های فیزیکی (ذوب، تبخیر و ...)، شارژشدن باتری‌های قابل شارژ

– اوزون تروپوسفری –

۱ در تروپوسفر با نقش زیانبار و مضر اوزون مواجه هستیم در حالی که در استراتوسفر، نقش مفید و حفاظتی اوزون آشکار است. به طوری که وجود آن در هوایی که تنفس می‌کنیم سبب ۱) سوزش چشمان و ۲) آسیب‌دیدن ریه‌ها می‌شود.

۲ گاز نیتروژن به عنوان اصلی‌ترین جزء سازندهٔ هواکره، واکنش‌پذیری بسیار کمی دارد به طور معمول با اکسیژن واکنش نمی‌دهد اما تنها هنگام رعد و برق، دمای مولکوله‌ای هوا در آن ناحیه به اندازه‌ای بالا می‌رود که گاز نیتروژن با اکسیژن هوا ترکیب شده و به اکسیدهای نیتروژن تبدیل می‌شود.

I) $N_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO(g)$

II) $2NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g)$

۳ از سوی دیگر در هوای آلودهٔ شهرهای صنعتی و بزرگ، به مقدار قابل توجهی اکسیدهای نیتروژن وجود دارد. این گازها در واقع از واکنش گازهای نیتروژن و اکسیژن درون موتور خودرو در دمای بالا به وجود می‌آیند. از آن‌جا که گاز نیتروژن دی‌اکسید (NO_2) به رنگ **قهوه‌ای** است، هوای آلوده شامل این گاز به رنگ **قهوه‌ای روشن** دیده می‌شود. در این شرایط و در حضور نور خورشید، با انجام واکنش زیر در تروپوسفر مقداری گاز اوزون تولید می‌شود که همان **اوزون تروپوسفری** است.

III) $NO_2(g) + O_2(g) \xrightarrow{\text{نورخورشید}} NO(g) + O_3(g)$

@DaneshSad

– خواص و رفتار گازها –

۱ مولکول‌های یک مادهٔ گازی به راحتی در فضای اطراف منتشر می‌شوند.

۲ گازها شکل و حجم معینی ندارند. (مایعات شکل معینی ندارند ولی حجم معینی دارند.)

۳ گازها برخلاف جامدات و مایعات تراکم‌پذیرند یعنی با فشرده‌کردن می‌توانند در حجم کوچک‌تری جای گیرند.

نکته

گاز بر اثر فشار متراکم می‌شود اما اگر فشار کاهش یابد، فاصلهٔ بین مولکول‌های آن افزایش می‌یابد.



– عوامل مؤثر بر حجم گازها –

برای توصیف یک نمونه گاز، علاوه بر مقدار، باید دما و فشار آن نیز مشخص باشد؛ برای مثال ۱ مول گاز هیدروژن در دما و فشار اتاق، مثالی از یک نمونه گاز است.

۱) مقدار گاز ۲) دمای گاز ۳) فشار گاز

– قوانین گازها –

۱ـ رابطهٔ میان حجم گاز با فشار در دمای ثابت

۱ مطابق این قانون، در دمای ثابت برای مقدار معینی گاز، بین حجم و فشار یک نمونه گاز رابطهٔ **عکس** وجود دارد، به طوری که حاصل‌ضرب حجم در فشار گاز برابر با عدد ثابتی خواهد بود.

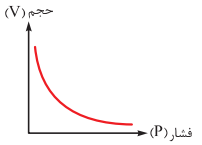
۲ مطابق این قانون، با افزایش فشار (P)، حجم گاز (V) کاهش و با کاهش فشار (P)، حجم گاز (V) افزایش می‌یابد.

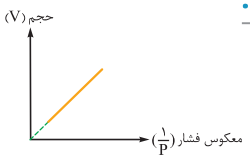
$$V \propto \frac{1}{P}$$

$$P \times V = \text{عدد ثابت} \Rightarrow P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

در فرمول روبه‌رو یکاهای P_1 و P_2 و یکاهای V_1 و V_2 باید یکسان باشند.

نمودارهای مربوط به رابطهٔ بین حجم گاز با فشار آن:





۲ ـ رابطهٔ میان حجم گاز با دما در فشار ثابت

۱ در فشار ثابت بین حجم و دمای یک نمونه گاز رابطهٔ **مستقیم** وجود دارد. به طوری که نسبت حجم به دمای گاز برابر با عدد ثابتی خواهد بود.

۲ مطابق این قانون، با افزایش دما (T)، حجم گاز (V) افزایش و با کاهش دما (T)، حجم گاز (V) کاهش می‌یابد.

$$V \propto T$$

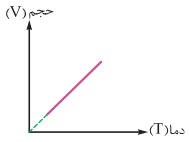
$$\frac{V}{T} = \text{عدد ثابت} \Rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

در فرمول بالا یکاهای V_1 و V_2 باید یکسان باشند اما دما (T) حتماً باید برحسب کلوین (K) باشد؛ پس اگر در سؤالی دما برحسب درجهٔ سلسیوس $(^\circ C)$ داده شده باشد باید حتماً با رابطهٔ مقابل دما را به کلوین تبدیل کرد:

$$T(K) = \theta(^\circ C) + ۲۷۳$$

مثال قراردادن بادکنک‌های پرشده از هوا، درون نیتروژن مایع، سبب می‌شود که حجم آن‌ها به شدت کاهش یابد.

– نمودار مربوط به رابطهٔ بین حجم گاز و دمای آن –



گفتیم که در فشار ثابت، حجم یک نمونهٔ معینی گاز با دمای آن رابطهٔ مستقیم دارد؛ پس می‌توان گفت نمودار حجم برحسب دمای کلوین برای هر گازی به صورت خط راست با شیب ثابت است.

۳ـ رابطهٔ بین مول (مقدار) و حجم گاز در دما و فشار ثابت

۱ در دما و فشار یکسان، حجم یک مول از گازهای گوناگون با هم برابر است.

۲ در دما و فشار ثابت، حجم هر گازی به تعداد مول‌های آن بستگی دارد و بین تعداد مول‌های گازی (n) و حجم نمونهٔ گاز (V) رابطهٔ **مستقیم** برقرار است.

۳ مطابق این قانون، با افزایش تعداد مول‌های گازی (n)، حجم گاز (V) افزایش و با کاهش تعداد مول‌های گازی (n)، حجم گاز (V) کاهش می‌یابد.

$$V \propto n$$

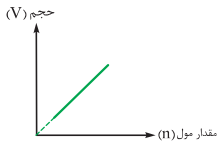
$$\frac{V}{n} = \text{عدد ثابت} \Rightarrow \frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$$

۴ در دما و حجم ثابت، هر چه شمار مول‌های یک گاز **بیشتر** باشد، فشار گاز هم **بیشتر** خواهد شد.

@DaneshSad

– نمودار مربوط به رابطهٔ حجم و مول گاز –

گفتیم که در دما و فشار ثابت، حجم هر گاز با شمار مول‌های آن رابطهٔ مستقیم دارد.



دیدید که حجم یک نمونه گاز به مقدار، دما و فشار آن وابسته است. بنابراین، با تغییر هر یک از این کمیت‌ها حجم گاز تغییر می‌کند.

قانون آووگادرو: در دما و فشار یکسان، حجم یک مول از گازهای گوناگون با هم برابر است.

دقت کنید که:

در دما و فشار یکسان در حجم‌های یکسانی از گازهای مختلف، تعداد مولکول‌های برابری وجود دارد ولی الزاماً تعداد اتم‌های تشکیل‌دهندهٔ گازها با هم برابر نیست! زیرا برخی گازها تک‌اتمی (گازهای نجیب)، برخی دواتمی (O_2 ، N_2 و ...) و تعدادی نیز چنداتمی (CO_2 ، CH_4 و ...) هستند.

فرمول قانون آووگادرو:

$$\frac{\text{حجم گاز A}}{\text{حجم گاز B}} = \frac{\text{تعداد مول یا مولکول گاز A}}{\text{تعداد مول یا مولکول گاز B}} \Rightarrow \frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$$

چگالی یا جرم حجمی یک گاز، از تقسیم جرم مولی بر حجم مولی گاز مورد نظر در شرایط مورد نظر به دست می‌آید:

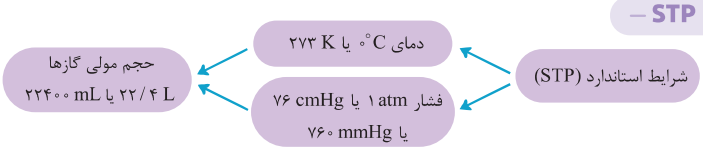
$$(۱)\quad \text{تعداد مول} = \frac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی}} = \frac{\text{حجم}}{\text{حجم مولی}}$$

$$(۲)\quad \text{چگالی گاز}\ (\rho) = \frac{\text{جرم مولی}\ (M_w)}{\text{حجم مولی}\ (V)}$$

برای محاسبهٔ نسبت چگالی دو گاز در دما و فشار یکسان، کافی است **جرم مولی** دو گاز را به هم تقسیم کنیم؛ زیرا مطابق قانون آووگادرو، حجم مولی همهٔ گازها در **شرایط یکسان** با هم **برابر** است.

$$(۳)\quad \text{نسبت چگالی دو گاز}\ (\frac{\rho_2}{\rho_1}) = \frac{M_{w2}}{M_{w1}}$$

– شرایط استاندارد یا STP –



دقت کنید که:

در شرایط استاندارد یا STP، شرایط دمایی در **دمای اتاق نیست!**

در شرایط استاندارد هر **یک** مول از **هر نوع** گازی، ۲۲/۴ لیتر یا ۲۲۴۰۰ میلی‌لیتر حجم دارد که به این مقدار، حجم مولی گازها در شرایط استاندارد یا STP می‌گوییم.

دقت کنید که:

برای به دست آوردن حجم یک گاز در شرایط غیراستاندارد از **چگالی** آن استفاده می‌کنیم.

– استوکیومتری واکنش –

۱ به بخشی از دانش شیمی که به ارتباط کمّی میان مواد شرکت‌کننده (واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها) در هر واکنش می‌پردازد، **استوکیومتری واکنش** می‌گویند.

۲ دانشی که کمک می‌کند تا شیمی‌دان‌ها و مهندسان در آزمایشگاه و صنعت با بهره‌گیری از آن، مشخص کنند که برای **تولید مقدار معینی از یک فراورده به چه مقدار از هر واکنش‌دهنده نیاز است.**

نکات مهم

۱ به هر یک از ضرایب مواد شرکت‌کننده در یک معادلهٔ موازنه‌شده **ضریب استوکیومتری** می‌گویند.

۲ دقت کنید که در محاسبات استوکیومتری فقط از **معادلهٔ موازنه‌شده** باید استفاده کنیم! یعنی اولین گام در حل تست‌های استوکیومتری، **موازنه کردن** معادلهٔ واکنش داده‌شده است. زیرا معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش است که ضرایبی را مشخص می‌کند (ضرایب استوکیومتری) که مواد موجود در واکنش متناسب با آن تولید یا مصرف می‌شود و این ضرایب رابطهٔ مولی بین تعداد ذرات واکنش‌دهنده (ها) و فراورده (ها) را نشان می‌دهد.

روش کلی حل مسائل استوکیومتری واکنش

در حل این مسائل به دو روش می‌توان عمل کرد:

– ۱- استفاده از کسر تبدیل –

در این روش سه مرحلهٔ زیر را باید انجام داد:

مرحلهٔ اول: با استفاده از کسر تبدیل‌های مناسب، مقدار مادهٔ داده‌شده (A) را به تعداد مول آن تبدیل می‌کنیم:

$$\text{جرم (g)} \xrightarrow{\times \frac{1}{\text{جرم مولی}}} \text{مول}$$

$$\text{تعداد ذرات} \xrightarrow{\times \frac{1}{6/02 \times 10^{23}}} \text{مول}$$

$$\text{حجم (L)} \begin{cases} \xrightarrow[\text{در شرایط غیر STP}]{\frac{1\ \text{mol}}{22/4\ \text{L}}} \text{مول} \\ \xrightarrow[\text{در شرایط غیر STP}]{\times \frac{\text{چگالی (g/L)}}{1} \times \frac{1}{\text{جرم مولی (g.mol}^{-1})}} \text{مول} \end{cases}$$

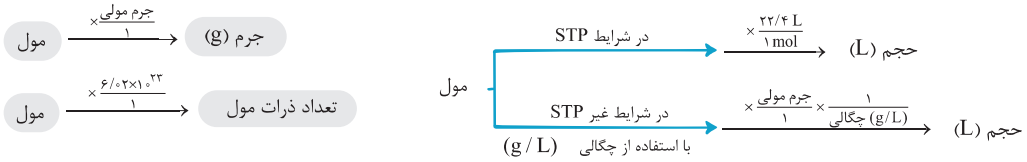
(g / L) با استفاده از چگالی

مرحلهٔ دوم: تعداد مول مادهٔ داده‌شده (A) را که در مرحلهٔ قبل حساب کردیم، با استفاده از ضرایب استوکیومتری مواد در معادلهٔ موازنه‌شده به تعداد مول مادهٔ خواسته‌شده (B)، تبدیل می‌کنیم.

$$\text{تعداد مول B} = \text{تعداد مول A} \times \frac{\text{ضریب استوکیومتری B}}{\text{ضریب استوکیومتری A}}$$

@DaneshSad

مرحلهٔ سوم: تعداد مول مادهٔ خواسته‌شده (B) را به کمیتی از آن که در مسئله مورد نظر است، تبدیل می‌کنیم (برعکس مرحلهٔ اول):



۲- حل مسائل به روش تناسب

در این روش، کافی است با توجه به یکاهای مطرح‌شده در صورت مسئله، با کمک دوتا از کسرهای تناسب زیر، یک معادله تشکیل داده و مجهول مورد نظر را به دست آورد:

$$\underbrace{\frac{\text{حجم گاز} \times \text{چگالی}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{حجم گاز}}{\text{حجم مولی} \times \text{ضریب}}}_{\text{شرایط غیرSTP}} = \underbrace{\frac{\text{حجم گاز (mL)}}{۲۲۴۰۰ \times \text{ضریب}} = \frac{\text{حجم گاز (L)}}{۲۲/۴ \times \text{ضریب}}}_{\text{شرایط STP}} = \frac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{تعداد ذره}}{\text{عدد آووگادرو} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{تعداد مول}}{۱ \times \text{ضریب}}$$

توجه منظور از ضریب در تناسب‌های فوق، ضریب استوکیومتری مادهٔ مورد نظر در معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش است.

مثال **اگر بدن انسان در دما و فشار ثابت و معینی به طور میانگین در هر شبانه‌روز ۳۳۶ L گاز اکسیژن مصرف کند، در هر شبانه‌روز چند گرم گلوکز ($C_۶H_{۱۲}O_۶$) مصرف می‌شود؟ (چگالی گاز اکسیژن را $۱/۴\ g.L^{-۱}$ در نظر بگیرید.) ($H=۱, C=۱۲, O=۱۶ : g.mol^{-۱}$)**

۱) ۳۱۵ ۲) ۴۴۱ ۳) ۵۴۶ ۴) ۸۷۴

پاسخ گزینهٔ «۲»: ابتدا معادلهٔ واکنش:

$$C_۶H_{۱۲}O_۶ + ۶O_۲ \rightarrow ۶CO_۲ + ۶H_۲O$$

$$\text{جرم مولی } C_۶H_{۱۲}O_۶ : ۶(۱۲)+۱۲(۱)+۶(۱۶) = ۱۸۰\ g.mol^{-۱}$$

روش اول: استفاده از کسر تبدیل:

$$۳۳۶\ L\ O_۲ \times \frac{۱/۴\ g\ O_۲}{۱\ L\ O_۲} \times \frac{۱\ mol\ O_۲}{۳۲\ g\ O_۲} \times \frac{۱\ mol\ C_۶H_{۱۲}O_۶}{۶\ mol\ O_۲} \times \frac{۱۸۰\ g\ C_۶H_{۱۲}O_۶}{۱\ mol\ C_۶H_{۱۲}O_۶} = ۴۴۱\ g\ C_۶H_{۱۲}O_۶$$

روش دوم: استفاده از کسر تناسب:

$$\frac{\text{جرم}}{\underbrace{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}_{C_۶H_{۱۲}O_۶}} = \frac{\text{حجم} \times \text{چگالی}}{\underbrace{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}_{O_۲}} \quad \frac{x}{۱ \times ۱۸۰} = \frac{۱/۴ \times ۳۳۶}{۶ \times ۳۲} \quad x = \frac{۱۸۰ \times ۱/۴ \times ۳۳۶}{۶ \times ۳۲}$$

$$x = ۳۰ \times ۰/۷ \times ۲۱ = ۲۱ \times ۲۱ = ۴۴۱\ g\ C_۶H_{۱۲}O_۶$$

مثال **اگر مخلوطی از گازهای هیدروژن و متان (در شرایط استاندارد) به طور کامل بسوزند و مقدار ۵/۶ لیتر گاز کربن دی‌اکسید (در شرایطاستاندارد) و ۱۱/۲۵ گرم آب تولید کنند، چند درصد حجمی این مخلوط را گاز متان تشکیل می‌دهد؟ ($H=۱, C=۱۲, O=۱۶ : g.mol^{-۱}$)** *(سراسری ریاضی خارج از کشور ۸۷ و سراسری تجربی ۸۸)*

۱) ۲۵/۱۲ ۲) ۳۵/۲۵ ۳) ۳۳/۳۳ ۴) ۶۶/۶۶

پاسخ گزینهٔ (۴): **روش اول:** معادلهٔ واکنش سوختن هیدروژن و متان به صورت زیر است:

$$CH_۴(g) + ۲O_۲(g) \rightarrow CO_۲(g) + ۲H_۲O(g) \qquad ۲H_۲(g) + O_۲(g) \rightarrow ۲H_۲O(g)$$

همان‌طور که می‌بینید $CO_۲$ فقط بر اثر سوختن متان به‌دست می‌آید؛ پس *در اولین حرکت!* باید با استفاده از حجم $CO_۲$، حجم گاز متان موجود در این مخلوط را حساب کنیم:

$$۵/۶\ L\ CO_۲ \times \frac{۱\ mol\ CO_۲}{۲۲/۴\ L\ CO_۲} \times \frac{۱\ mol\ CH_۴}{۱\ mol\ CO_۲} \times \frac{۲۲/۴\ L\ CH_۴}{۱\ mol\ CH_۴} = ۵/۶\ L\ CH_۴$$

در حرکت بعدی! باید ببینیم که بر اثر سوختن ۵/۶ لیتر گاز $CH_۴$، چند گرم $H_۲O$ به دست می‌آید:

$$۵/۶\ L\ CH_۴ \times \frac{۱\ mol\ CH_۴}{۲۲/۴\ L\ CH_۴} \times \frac{۲\ mol\ H_۲O}{۱\ mol\ CH_۴} \times \frac{۱۸\ g\ H_۲O}{۱\ mol\ H_۲O} = ۹\ g\ H_۲O$$

هُپ! تا این‌جا فهمیدیم که از ۱۱/۲۵ گرم $H_۲O$ تولیدشده، ۹ گرم آن مربوط به سوختن گاز $CH_۴$ بود؛ پس حتماً بقیهٔ آن یعنی ۲/۲۵ گرم، مربوط به سوختن $H_۲$ است. حالا باید حساب کنیم که برای تولید ۲/۲۵ گرم $H_۲O$، چند لیتر $H_۲$ باید بسوزد:

$$۲/۲۵\ g\ H_۲O \times \frac{۱\ mol\ H_۲O}{۱۸\ g\ H_۲O} \times \frac{۲\ mol\ H_۲}{۲\ mol\ H_۲O} \times \frac{۲۲/۴\ L\ H_۲}{۱\ mol\ H_۲} = ۲/۸\ L\ H_۲$$

آفیش! دیگه داره تموم می‌شه!

$$\text{درصد حجمی گاز } CH_۴ = \frac{\text{حجم گاز } CH_۴}{\text{حجم گاز } CH_۴ + \text{حجم گاز } H_۲} \times ۱۰۰ = \frac{۵/۶}{۵/۶+۲/۸} \times ۱۰۰ \simeq ٪۶۶/۶۶$$

روش دوم: *اگه بخوایم خیلی شیک و مهلسی!* حلش کنیم، ابتدا تعداد مول متان را به دست می‌آوریم:

$$۵/۶\ L\ CO_۲ \times \frac{۱\ mol\ CO_۲}{۲۲/۴\ L\ CO_۲} \times \frac{۱\ mol\ CH_۴}{۱\ mol\ CO_۲} = ۰/۲۵\ mol\ CH_۴$$

حالا باید ببینیم بر اثر سوختن ۰/۲۵ مول $CH_۴$، چند گرم $H_۲O$ به دست می‌آید:

$$۰/۲۵\ mol\ CH_۴ \times \frac{۲\ mol\ H_۲O}{۱\ mol\ CH_۴} \times \frac{۱۸\ g\ H_۲O}{۱\ mol\ H_۲O} = ۹\ g\ H_۲O$$

پس ۲/۲۵ گرم $H_۲O$ باقی‌مانده *مال* $H_۲$ *می‌باشد!* پس تعداد مول $H_۲$ برابر است با:

$$۲/۲۵\ g\ H_۲O \times \frac{۱\ mol\ H_۲O}{۱۸\ g\ H_۲O} \times \frac{۲\ mol\ H_۲}{۲\ mol\ H_۲O} = ۰/۱۲۵\ mol\ H_۲$$

در شرایط یکسان دما و فشار، نسبت‌های حجمی گازها برابر با نسبت‌های مولی آن‌ها است؛ *بنابراین تمام شد!*

$$\text{درصد حجمی (مولی) گاز } CH_۴ = \frac{\text{مول گاز } CH_۴}{\text{مول گاز } CH_۴ + \text{مول گاز } H_۲} \times ۱۰۰ = \frac{۰/۲۵}{۰/۲۵+۰/۱۲۵} \times ۱۰۰ = ٪۶۶/۶۶$$

@DaneshSad