فهرست

پایهٔ دهم

فصل ۱: کیهان، زادگاه الفبای هستی

بخش اول	(صفحهٔ ۱ تا ۹ کتاب درسی)	۸
بخش دوم	(صفحهٔ ۹ تا ۱۵ کتاب درسی)	۱۹
بخش سوم	(صفحهٔ ۱۶ تا ۱۹ کتاب درسی)	۲۵
بخش چهارم	(صفحهٔ ۱۹ تا ۲۷ کتاب درسی)	۳۰
بخش پنجم	(صفحهٔ ۲۷ تا ۳۴ کتاب درسی)	۳۸
بخش ششم	(صفحهٔ ۳۴ تا ۴۱ کتاب درسی)	۵۰

فصل ۲: ردپای گازها در زندگی

بخش اول	(صفحهٔ ۴۵ تا ۵۱ کتاب درسی)	۶۶
بخش دوم	(صفحهٔ ۵۲ تا ۶۰ کتاب درسی)	۷۴
بخش سوم	(صفحهٔ ۶۱ تا ۶۹ کتاب درسی)	۸۳
بخش چهارم	(صفحهٔ ۷۰ تا ۷۶ کتاب درسی)	۹۱
بخش پنجم	(صفحهٔ ۷۷ تا ۸۰ کتاب درسی)	۹۶
بخش ششم	(صفحهٔ ۸۰ تا ۸۲ کتاب درسی)	۱۰۲

فصل ۳: آب، آهنگ زندگی

بخش اول	(صفحهٔ ۸۵ تا ۹۲ کتاب درسی)	۱۱۵
بخش دوم	(صفحهٔ ۹۳ تا ۱۰۰ کتاب درسی)	۱۲۳
بخش سوم	(صفحهٔ ۱۰۰ تا ۱۰۳ کتاب درسی)	۱۳۴
بخش چهارم	(صفحهٔ ۱۰۳ تا ۱۰۹ کتاب درسی)	۱۴۶
بخش پنجم	(صفحهٔ ۱۰۹ تا ۱۱۶ کتاب درسی)	۱۵۳
بخش ششم	(صفحهٔ ۱۱۶ تا ۱۱۹ کتاب درسی)	۱۶۲

پایهٔ یازدهم

فصل ۴: قدر هدایای زمینی را بدانیم

بخش اول	(صفحهٔ ۱ تا ۹ کتاب درسی)	۱۷۰
بخش دوم	(صفحهٔ ۱۰ تا ۱۷ کتاب درسی)	۱۷۸
بخش سوم	(صفحهٔ ۱۸ تا ۲۱ و ۲۵ تا ۲۸ کتاب درسی)	۱۸۸
بخش چهارم	(صفحهٔ ۲۲ تا ۲۴ کتاب درسی)	۱۹۴
بخش پنجم	(صفحهٔ ۲۸ تا ۳۹ کتاب درسی)	۲۰۳
بخش ششم	(صفحهٔ ۳۹ تا ۴۶ کتاب درسی)	۲۱۵

فصل ۵: در پی غذای سالم

بخش اول	(صفحهٔ ۴۹ تا ۵۸ کتاب درسی)	۲۳۰
بخش دوم	(صفحهٔ ۵۸ تا ۶۵ کتاب درسی)	۲۳۸
بخش سوم	(صفحهٔ ۶۵ تا ۷۲ کتاب درسی)	۲۴۸
بخش چهارم	(صفحهٔ ۷۲ تا ۷۵ کتاب درسی)	۲۶۳
بخش پنجم	(صفحهٔ ۷۶ تا ۹۳ کتاب درسی)	۲۷۳
بخش ششم	(صفحهٔ ۸۴ تا ۹۱ کتاب درسی)	۲۸۶

فصل ۶: پوشاک، نیازی پایان‌ناپذیر

بخش اول	(صفحهٔ ۹۷ تا ۱۰۷ کتاب درسی)	۳۰۰
بخش دوم	(صفحهٔ ۱۰۷ تا ۱۱۴ کتاب درسی)	۳۱۲
بخش سوم	(صفحهٔ ۱۱۴ تا ۱۱۹ کتاب درسی)	۳۲۷

پایهٔ دوازدهم

فصل ۷: مولکول‌ها در خدمت تندرستی

بخش اول	(صفحهٔ ۱ تا ۸ کتاب درسی)	۳۴۰
بخش دوم	(صفحهٔ ۸ تا ۱۳ کتاب درسی)	۳۴۹
بخش سوم	(صفحهٔ ۱۳ تا ۱۹ کتاب درسی)	۳۵۵
بخش چهارم	(صفحهٔ ۲۰ تا ۲۴ کتاب درسی)	۳۶۶
بخش پنجم	(صفحهٔ ۲۴ تا ۳۲ کتاب درسی)	۳۷۴
بخش ششم	(صفحهٔ ۲۴ تا ۳۶ کتاب درسی)	۳۸۳

فصل ۸: آسایش و رفاه در سایه شیمی

بخش اول	(صفحهٔ ۳۷ تا ۴۴ کتاب درسی)	۳۹۹
بخش دوم	(صفحهٔ ۴۴ تا ۴۹ کتاب درسی)	۴۰۹
بخش سوم	(صفحهٔ ۴۹ تا ۵۳ کتاب درسی)	۴۲۵
بخش چهارم	(صفحهٔ ۵۴ تا ۵۶ کتاب درسی)	۴۳۷
بخش پنجم	(صفحهٔ ۵۶ تا ۵۹ کتاب درسی)	۴۴۳
بخش ششم	(صفحهٔ ۶۰ تا ۶۲ کتاب درسی)	۴۵۰

فصل ۹: شیمی جلوه‌ای از هنر، زیبایی و ماندگاری

بخش اول	(صفحهٔ ۶۵ تا ۷۳ کتاب درسی)	۴۵۹
بخش دوم	(صفحهٔ ۷۳ تا ۷۵ کتاب درسی)	۴۷۱
بخش سوم	(صفحهٔ ۷۵ تا ۸۱ کتاب درسی)	۴۸۰
بخش چهارم	(صفحهٔ ۸۱ تا ۸۶ کتاب درسی)	۴۹۳

فصل ۱۰: شیمی راهی به سوی آینده‌ای روشن‌تر

بخش اول	(صفحهٔ ۸۹ تا ۱۰۰ کتاب درسی)	۵۰۵
بخش دوم	(صفحهٔ ۱۰۱ و ۱۰۲ کتاب درسی)	۵۱۷
بخش سوم	(صفحهٔ ۱۰۲ تا ۱۰۸ کتاب درسی)	۵۲۳
بخش چهارم	(صفحهٔ ۱۰۹ تا ۱۱۹ کتاب درسی)	۵۳۷

ضمیمه	۵۴۸
پاسخ‌نامهٔ کلیدی	۵۷۲

بخش ششم

صفحهٔ ۸۴ تا ۸۷ کتاب درسی

این بخش شامل قسمت‌های زیر است:

- مقدمه‌ای بر استوکیومتری واکنش‌ها
- روش کلی حل مسائل استوکیومتری واکنش‌ها
- تولید آمونیاک به روش هابر

۲۴- مقدمه‌ای بر استوکیومتری واکنش‌ها

- استوکیومتری بخشی از شیمی است که به ارتباط کمّی میان مقدار مواد شرکت‌کننده در واکنش می‌پردازد. در محاسبات استوکیومتری، *فقط و فقط!* از معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش استفاده می‌کنیم.

توجه **به هر یک از ضرایب مواد شرکت‌کننده در یک معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش، ضریب استوکیومتری می‌گویند.** همان‌طور که می‌دانید، ضرایب استوکیومتری در یک معادلهٔ موازنه‌شده، نسبت مول‌های مواد شرکت‌کننده را نشان می‌دهد؛ به طور مثال واکنش $2SO_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2SO_3(g)$ نشان می‌دهد

که به ازای مصرف ۲ مول SO_2، ۱ مول O_2 مصرف و ۲ مول SO_3 تولید می‌شود. برای هر یک از این نسبت‌های مولی، می‌توان یک کسر تبدیل نوشت:

$$\frac{2\ mol\ SO_2}{1\ mol\ O_2}\ ,\ \frac{2\ mol\ SO_2}{2\ mol\ SO_3}\ ,\ \cdots$$

با استفاده از این کسر تبدیل‌ها می‌توان شمار مول‌های یک شرکت‌کننده در واکنش را از شمار مول‌های دیگر شرکت‌کننده‌ها به دست آورد.

به ازای مصرف ۱/۵ مول O_2 در واکنش $2SO_2 + O_2 \longrightarrow 2SO_3$، چند مول SO_3 تولید می‌شود؟

با توجه به معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش، به ازای مصرف ۱ مول O_2، ۲ مول SO_3 تولید می‌شود؛ بنابراین می‌توان دو کسر تبدیل $\frac{1\ mol\ O_2}{2\ mol\ SO_3}$ و $\frac{2\ mol\ SO_3}{1\ mol\ O_2}$ را نوشت. همان‌طور که قبلاً گفتیم، در انتخاب کسر تبدیل مناسب، کمیتی که باید حذف شود، در مخرج کسر و کمیتی که می‌خواهیم ایجاد شود، در صورت کسر قرار می‌گیرد. در این‌جا می‌خواهیم تعداد مول O_2 را به تعداد مول SO_3 تبدیل کنیم؛ بنابراین کسر تبدیل مناسب، $\frac{2\ mol\ SO_3}{1\ mol\ O_2}$ خواهد بود.

$$1/5\ \cancel{mol\ O_2} \times \frac{2\ mol\ SO_3}{1\ \cancel{mol\ O_2}} = 3\ mol\ SO_3$$

به طور کلی برای تبدیل تعداد مول مادهٔ A به تعداد مول مادهٔ B در یک واکنش موازنه‌شده، *این‌طوری* عمل می‌کنیم:

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

۲۵- روش کلی حل مسائل استوکیومتری واکنش‌ها

همان‌طور که دیدید، با استفاده از ضرایب استوکیومتری مواد در معادلهٔ موازنه‌شده، می‌توان تعداد مول یک ماده را به تعداد مول مادهٔ دیگر تبدیل کرد. در برخی از مسائل، تعداد ذره، جرم و یا حجم یک ماده (مثلاً A) را به ما می‌دهند و تعداد مول، تعداد ذره، جرم و یا حجم مادهٔ دیگری (مثلاً B) را می‌خواهند. در حل این مسائل به دو روش می‌توان عمل کرد:

ـ روش اول ـ استفاده از کسر تبدیل (روش کتاب درسی)؛ در این روش مراحل زیر را باید انجام دهیم:

ـ مرحلهٔ اول ـ با استفاده از کسر تبدیل‌های مناسب، مقدار مادهٔ داده‌شده را به تعداد مول آن تبدیل می‌کنیم.

- اگر جرم مادهٔ A را داده باشند، با توجه به جرم مولی، تعداد مول آن را به دست می‌آوریم:

$$\text{تعداد مول A (mol)} = \text{جرم A (g)} \times \frac{1}{\text{جرم مولی A } (g.mol^{-1})}$$

- اگر حجم یک گاز را در شرایط STP داده باشند، با توجه به حجم مولی گازها در شرایط STP (۲۲/۴ L)، تعداد مول آن را به دست می‌آوریم:

$$\text{تعداد مول A (mol)} = \text{حجم A (L)} \times \frac{1\ mol\ A}{22/4\ L\ A}$$

- اگر در مسئله خبری از شرایط STP نبود و به جای آن چگالی گاز را به ما داده بودند، به صورت روبه‌رو عمل می‌کنیم (فرض کنید حجم برحسب mL داده شده و چگالی برحسب $g.mL^{-1}$ است).

$$\text{تعداد مول A (mol)} = \text{حجم A } (\cancel{mL}) \times \frac{d\ \cancel{g\ A}}{1\ \cancel{mL\ A}} \times \frac{1\ mol\ A}{M\ \cancel{g\ A}}$$

(چگالی: $d\ \cancel{g\ A}$ در صورت؛ جرم مولی: $M\ \cancel{g\ A}$ در مخرج)

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

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

ـ مرحلهٔ سوم ـ تعداد مول مادهٔ خواسته‌شده را به کمیتی از آن که در مسئله موردنظر است، تبدیل می‌کنیم. به طور مثال اگر خواستهٔ مسئله جرم بود، تعداد مول مادهٔ خواسته‌شده را که در مرحلهٔ دوم حساب کردیم، با استفاده از جرم مولی، به جرم آن تبدیل می‌کنیم:

$$\text{جرم B (g)} = \text{تعداد مول B} \times \frac{\text{جرم مولی B } (g.mol^{-1})}{1}$$

ـ روش دوم ـ استفاده از کسر تناسب:

همان‌طور که دیدید، با استفاده از ضرایب استوکیومتری مواد در معادلهٔ موازنه‌شده، می‌توان مول یک ماده را به مول مادهٔ دیگر تبدیل کرد:

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

حالا بیایید رابطهٔ بالا را *به هور دیگه* بنویسیم:

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

این می‌شه کسر تناسب اصلی ما! ولی در همهٔ مسائل که فقط با مول *سروکار نداریم. جای هیچ نگرانی نیست*، در رابطهٔ بالا می‌توان به جای مول، معادل‌های آن مانند $\frac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی}}$، $\frac{\text{حجم}}{\text{حجم مولی}}$ و ... هم قرار داد.

به طور مثال وقتی صحبت از جرم دو مادهٔ A و B است، باید به شکل زیر عمل کرد:

$$\frac{\text{A مول}}{\text{A ضریب}}=\frac{\text{B مول}}{\text{B ضریب}}\Longrightarrow\frac{\frac{\text{A جرم}}{\text{A جرم مولی}}}{\text{A ضریب}}=\frac{\frac{\text{B جرم}}{\text{B جرم مولی}}}{\text{B ضریب}}\Longrightarrow\frac{\text{A جرم}}{\text{A جرم مولی}\times\text{A ضریب}}=\frac{\text{B جرم}}{\text{B جرم مولی}\times\text{B ضریب}}$$

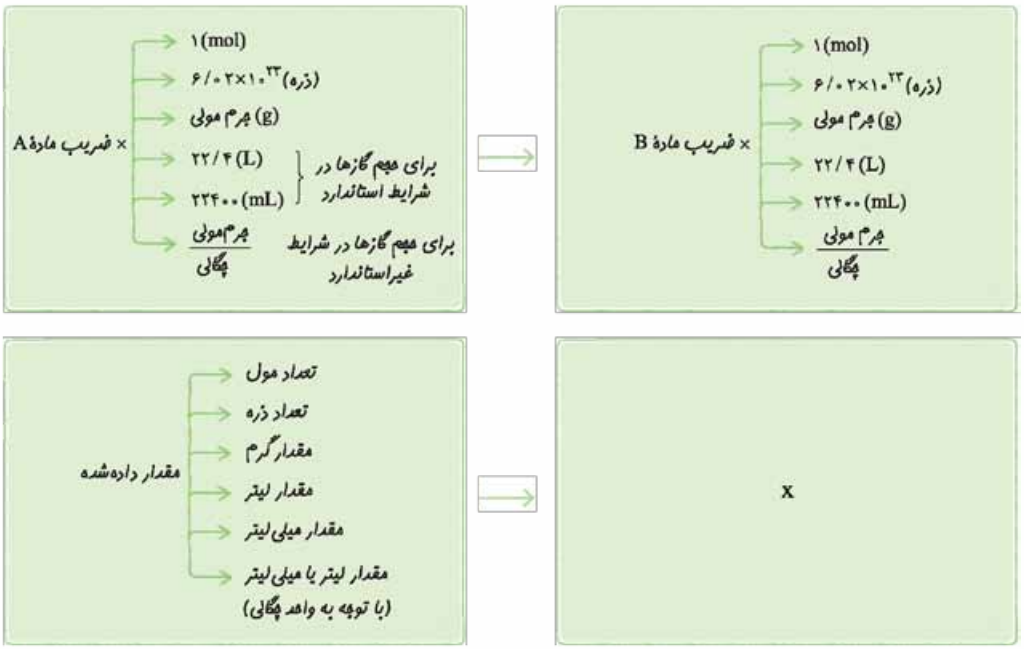
حالا با توجه به این کسر تناسب، می‌توان مجهول مسئله را به راحتی *حساب*!

به این ترتیب شکل کلی روش کسر تناسب به صورت زیر است. در این روش کافی است با توجه به یکاهای مطرح‌شده در صورت مسئله، با کمک دوتا از کسرهای تناسب زیر، یک معادله تشکیل داد و مجهول موردنظر را به دست آورد:

$$\underbrace{\frac{\text{حجم گاز}\times\text{چگالی}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{حجم گاز}}{\text{حجم مولی}\times\text{ضریب}}}_{\text{شرایط غیر STP}}=\underbrace{\frac{\text{حجم گاز (mL)}}{\text{ضریب}\times۲۲۴۰۰}=\frac{\text{حجم گاز (L)}}{\text{ضریب}\times۲۲/۴}}_{\text{شرایط STP}}=\frac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{تعداد ذره}}{\text{عدد آووگادرو}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{تعداد مول}}{۱\times\text{ضریب}}$$

در ادامه که با غلظت محلول‌ها، درصد خلوص و بازده درصدی هم آشنا شدید، این کسر تناسب *رو براتون* کامل‌تر می‌کنیم.

توجه روش بالا را می‌توان به شکل جدول تناسب هم نوشت؛ *یعنی این‌جوری*:



بریم چندتا تمرین حل کنیم که حسابی دستتون بیاد:

تمرین ۲۴ــ برای سوختن کامل $۱/۲۰۴\times۱۰^{۲۲}$ مولکول متان، چند مول اکسیژن لازم است؟

۱) ۰/۰۲ ۲) ۰/۰۳ ۳) ۰/۰۴ ۴) ۰/۰۶

پاسخ گزینهٔ «۳» *قبل از این‌که روش حل سؤال رو بهتون بگیم، باید خدمتتون عرض کنیم در مسائل استوکیومتری، بهتره معادلهٔ واکنش‌هایی که در کتاب درسی بهشون اشاره شده رو بلد باشین!*

معادلهٔ موازنه‌شدهٔ سوختن کامل متان به صورت روبه‌رو است: $CH_۴(g)+۲O_۲(g)\longrightarrow CO_۲(g)+۲H_۲O(g)$

روش اول استفاده از کسر تبدیل:

در این‌جا تعداد ذره‌های (مولکول‌های) متان داده شده و تعداد مول اکسیژن را می‌خواهیم؛ بنابراین ابتدا باید تعداد مولکول‌های متان را با استفاده از عدد آووگادرو به مول تبدیل کرده (مرحلهٔ اول)، سپس با استفاده از ضرایب استوکیومتری موجود در معادلهٔ موازنه‌شده، مول متان را به مول اکسیژن تبدیل کنیم (مرحلهٔ دوم). *در این‌جا خبری از مرحلهٔ سوم نیست!*

$$۱/۲۰۴\times۱۰^{۲۲}\,\cancel{\text{مولکول }CH_۴}\times\frac{۱\,\cancel{\text{mol }CH_۴}}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,\cancel{\text{مولکول }CH_۴}}\times\frac{۲\text{ mol }O_۲}{۱\,\cancel{\text{mol }CH_۴}}=۰/۰۴\text{ mol }O_۲$$

روش دوم استفاده از کسر تناسب:

با توجه به این‌که سؤال، تعداد مولکول‌های $CH_۴$ را داده و تعداد مول $O_۲$ را می‌خواهد، باید از کسرهای تناسب مربوط به تعداد مول و تعداد ذره استفاده کنیم، *یعنی این‌جوری*:

$$\underbrace{\frac{\text{تعداد مول}}{۱\times\text{ضریب}}}_{O_۲}=\underbrace{\frac{\text{تعداد ذره}}{\text{عدد آووگادرو}\times\text{ضریب}}}_{CH_۴}\Longrightarrow\frac{\text{تعداد مول }O_۲}{۲\times۱}=\frac{۱/۲۰۴\times۱۰^{۲۲}}{۱\times۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}}\Longrightarrow\text{تعداد مول }O_۲=۰/۰۴$$

شکل جدول تناسب هم این‌طوری می‌شه:

O_2 مول	CH_4 مولکول
۱×ضریب	۱×ضریب×۶/۰۲×۱۰^۲۳
x	تعداد مولکول‌های داده‌شده

$\Longrightarrow$

O_2 مول	CH_4 مولکول
۲×۱	۱×۶/۰۲×۱۰^۲۳
x	۱/۲۰۴×۱۰^۲۲

$\Longrightarrow x=\frac{۱/۲۰۴\times۱۰^{۲۲}\times۲}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}}=۰/۰۴\,mol\,O_2$

ـ تمرین ۲۵ ـ بر اثر تجزیهٔ ۴۹ گرم پتاسیم کلرات ($KClO_3$) بر اثر گرما مطابق معادلهٔ موازنه‌نشدهٔ $KClO_3(s)\longrightarrow KCl(s)+O_2(g)$، چند لیتر گاز اکسیژن در شرایط استاندارد به دست می‌آید؟ ($KClO_3=۱۲۲/۵\,g.mol^{-1}$)

۱) ۱۷/۹۲ ۲) ۱۳/۴۴ ۳) ۸/۹۶ ۴) ۴/۴۸

ـ پاسخ ـ گزینهٔ «۲» معادلهٔ موازنه‌شده به صورت روبه‌رو است: $۲KClO_3(s)\longrightarrow ۲KCl(s)+۳O_2(g)$

ـ روش اول ـ استفاده از کسر تبدیل:

باید جرم $KClO_3$ را به مول آن (مرحلهٔ اول)، مول $KClO_3$ را به مول O_2 (مرحلهٔ دوم) و مول O_2 را به حجم آن در شرایط STP (مرحلهٔ سوم) تبدیل کنیم:

$$۴۹\,g\,KClO_3\times\frac{۱\,mol\,KClO_3}{۱۲۲/۵\,g\,KClO_3}\times\frac{۳\,mol\,O_2}{۲\,mol\,KClO_3}\times\frac{۲۲/۴\,L\,O_2}{۱\,mol\,O_2}=۱۳/۴۴\,L\,O_2$$

ـ روش دوم ـ استفاده از کسر تناسب:

با توجه به این‌که سؤال، مقدار گرم $KClO_3$ را داده و لیتر O_2 را در شرایط استاندارد می‌خواهد، باید از کسرهای مربوط به جرم و حجم در شرایط استاندارد استفاده کنیم:

$$\frac{\text{جرم}}{\underbrace{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}_{KClO_3}}=\frac{\text{حجم (L)}}{\underbrace{\text{ضریب}\times۲۲/۴}_{O_2}}\Longrightarrow\frac{۴۹}{۲\times۱۲۲/۵}=\frac{\text{حجم }O_2}{۳\times۲۲/۴}\Longrightarrow\text{حجم }O_2=۱۳/۴۴\,L\,O_2$$

اگه به جدول تناسب هم علاقه دارین، این‌طوری می‌شه:

O_2 لیتر	$KClO_3$ گرم
۳×۲۲/۴	۲×۱۲۲/۵
x	۴۹

$\Longrightarrow x=\frac{۴۹\times۳\times۲۲/۴}{۲\times۱۲۲/۵}=۱۳/۴۴\,L\,O_2$

توجه *از اون‌جایی که بیشتر معلم‌ها و دانش‌آموزان، ارادت بیشتری به کسر تناسب (نسبت به جدول تناسب) دارن و هم‌چنین برای چاق و چله نشدن بیشتر این کتاب، ما در حل مسائل علاوه بر روش کتاب درسی، فقط به کسر تناسب بسنده می‌کنیم!*

ـ تمرین ۲۶ ـ از سوختن کامل ۹۰ گرم گلوکز، چند گرم آب تولید می‌شود؟ ($O=۱۶,C=۱۲,H=۱:g.mol^{-1}$)

۱) ۷۲ ۲) ۵۴ ۳) ۳۶ ۴) ۱۸

ـ پاسخ ـ گزینهٔ «۲» معادلهٔ موازنه‌شدهٔ سوختن گلوکز ($C_6H_{12}O_6$) به صورت روبه‌رو است: $C_6H_{12}O_6+۶O_2\longrightarrow ۶CO_2+۶H_2O$

$$\text{جرم مولی }O_2=۲\times۱۶=۳۲\,g.mol^{-1}\ ,\ \text{جرم مولی }C_6H_{12}O_6=۶(۱۲)+۱۲(۱)+۶(۱۶)=۱۸۰\,g.mol^{-1}$$

ـ روش اول ـ استفاده از کسر تبدیل:

باید جرم گلوکز را به مول گلوکز (مرحلهٔ اول)، مول گلوکز را به مول آب (مرحلهٔ دوم) و مول آب را به جرم آب (مرحلهٔ سوم) تبدیل کنیم:

$$۹۰\,g\,C_6H_{12}O_6\times\frac{۱\,mol\,C_6H_{12}O_6}{۱۸۰\,g\,C_6H_{12}O_6}\times\frac{۶\,mol\,H_2O}{۱\,mol\,C_6H_{12}O_6}\times\frac{۱۸\,g\,H_2O}{۱\,mol\,H_2O}=۵۴\,g\,H_2O$$

ـ روش دوم ـ استفاده از کسر تناسب:

با توجه به این‌که با جرم دو مادهٔ گفته‌شده در سؤال *سروکار داریم*، خواهیم داشت:

$$\frac{\text{جرم}}{\underbrace{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}_{\text{گلوکز}}}=\frac{\text{جرم}}{\underbrace{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}_{\text{آب}}}\Longrightarrow\frac{۹۰}{۱\times۱۸۰}=\frac{\text{جرم آب}}{۶\times۱۸}\Longrightarrow\text{جرم آب}=۵۴\,g$$

ـ تمرین ۲۷ ـ از واکنش ۸/۴ گرم آهن با مقدار کافی سولفوریک اسید مطابق واکنش زیر، چند لیتر گاز هیدروژن آزاد می‌شود؟ (چگالی گاز هیدروژن در شرایط واکنش برابر ۰/۰۸ $g.L^{-1}$ است.) ($Fe=۵۶,H=۱:g.mol^{-1}$)

$Fe(s)+H_2SO_4(aq)\longrightarrow FeSO_4(aq)+H_2(g)$

۱) ۴/۵ ۲) ۳/۹ ۳) ۳/۷۵ ۴) ۳/۲۵

ـ پاسخ ـ گزینهٔ «۳» *فدا رو شکر! معادلهٔ واکنش خودش موازنه است!* در این‌جا شرایط استاندارد نیست و استفاده از ۲۲/۴ L هرومه! *به جاش چگالی، کار ما رو راه میندازه!*

ـ روش اول ـ استفاده از کسر تبدیل:

$$۸/۴\,g\,Fe\times\frac{۱\,mol\,Fe}{۵۶\,g\,Fe}\times\frac{۱\,mol\,H_2}{۱\,mol\,Fe}\times\frac{۲\,g\,H_2}{۱\,mol\,H_2}\times\frac{۱\,L\,H_2}{۰/۰۸\,g\,H_2}=۳/۷۵\,L\,H_2$$

توجه برای تبدیل مول به حجم با استفاده از چگالی، ابتدا تعداد مول را به کمک جرم مولی به جرم تبدیل کرده، سپس با استفاده از چگالی، جرم را به حجم تبدیل می‌کنیم.

ـ روش دوم ـ استفاده از کسر تناسب:

از آن‌جا که برای آهن از گرم و برای H_2 از حجم در شرایط غیراستاندارد صحبت شده است، *تناسب ما این‌جوری می‌شه؛*

$$\frac{\text{جرم}}{\underbrace{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}_{Fe}} = \frac{\text{حجم} \times \text{چگالی}}{\underbrace{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}_{H_2}} \Longrightarrow \frac{۸/۴}{۱\times ۵۶} = \frac{\text{حجم} \times ۰/۰۸}{۱\times ۲} \Longrightarrow H_2 \text{ حجم} = ۳/۷۵\ L$$

۲۶- تولید آمونیاک به روش هابر

- گاز نیتروژن فراوان‌ترین جزء سازندهٔ هواکره بوده و در مقایسه با **اکسیژن** از نظر شیمیایی غیرفعال و واکنش‌ناپذیر است؛ به همین دلیل هر چند مخلوطی از گازهای اکسیژن و هیدروژن در حضور کاتالیزگر یا جرقه در یک واکنش سریع و شدید، منفجر شده و آب تولید می‌کند، اما در مخلوطی از گازهای نیتروژن و هیدروژن در حضور کاتالیزگر یا جرقه، هیچ واکنشی انجام نمی‌شود. در دمای اتاق: $۲H_2(g) + O_2(g) \xrightarrow{\text{کاتالیزگر یا جرقه}} ۲H_2O(l)$

در دمای اتاق: $H_2(g) + N_2(g) \xrightarrow{\text{کاتالیزگر یا جرقه}}$ واکنشی رخ نمی‌دهد.

به همین دلیل گاز نیتروژن به **جو بی‌اثر** *شهرهٔ آفاق گشته!* و در محیط‌هایی که گاز اکسیژن عامل ایجاد تغییر شیمیایی است، به جای آن از گاز نیتروژن استفاده می‌کنند.

- برای پرکردن و تنظیم باد لاستیک خودروها بهتر است به جای هوا (که مخلوطی از گازها است) از گاز نیتروژن استفاده شود؛ زیرا با استفاده از نیتروژن برخلاف هوا، زنگ‌زدگی و خوردگی رینگ و تایر *تعطیله!*
- هر چند گاز N_2 واکنش‌پذیری ناچیزی دارد، اما در صنعت، مواد گوناگونی از جمله آمونیاک (NH_3) را از آن تهیه می‌کنند. *جناب آقای هابر!* به دلیل تهیهٔ آمونیاک از گازهای H_2 و N_2 برندهٔ جایزهٔ نوبل شیمی شد. $۳H_2(g) + N_2(g) \xrightarrow{\text{شرایط بهینه}} ۲NH_3(g)$
- *مرحوم هابر!* برای تهیهٔ آمونیاک با دو چالش عمده روبه‌رو شد:

۱) واکنش در دما و فشار اتاق انجام نمی‌شد. ← راه‌حل هابر ← واکنش را در دماها و فشارهای گوناگون انجام داد *تا بالأخره!* کشف کرد که این واکنش در دمای $۴۵۰\ ^\circ C$ و فشار $۲۰۰\ atm$ با حضور یک کاتالیزگر مانند آهن انجام می‌شود.

توجه **واکنش تولید آمونیاک از گازهای هیدروژن و نیتروژن برگشت‌پذیر است و همهٔ واکنش‌دهنده‌ها به فراورده‌ها تبدیل نمی‌شوند؛** یعنی در ظرف واکنش هر سه گاز هیدروژن، نیتروژن و آمونیاک وجود دارد؛ بنابراین چالش دوم هابر این بود که:

۲) چگونه می‌توان فراوردهٔ واکنش (آمونیاک) را از مخلوط واکنش جدا کرد؟ ← راه‌حل هابر ← پس از انجام واکنش دما را کمی پایین‌تر از نقطهٔ جوش آمونیاک آورد تا فقط آمونیاک مایع شده و از مخلوط خارج شود.

توجه مقایسهٔ نقطهٔ جوش مواد شرکت‌کننده در واکنش تولید آمونیاک *این‌جوریاست:*

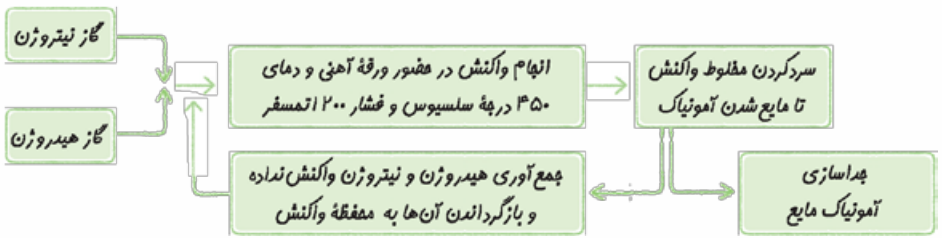
نقطهٔ جوش: $\underset{-۳۴\ ^\circ C}{NH_3} > \underset{-۱۹۶\ ^\circ C}{N_2} > \underset{-۲۵۳\ ^\circ C}{H_2}$

دما را به‌هیچ‌وجه نباید پایین‌تر از دمای جوش نیتروژن و هیدروژن آورد؛ چون *این‌طوری* این دو گاز نیز مایع شده و با آمونیاک مایع *قاطی‌پاتی!* می‌شوند.

- در فرایند هابر، N_2 و H_2 واکنش‌نداده را بازگردانی کرده و به ظرف اصلی واکنش برمی‌گردانند تا دوباره با هم واکنش دهند.

ـ جمع‌بندی ـ

شرایط بهینه: $۳H_2(g) + N_2(g) \underset{}{\overset{۴۵۰\ ^\circ C, ۲۰۰\ atm, Fe}{\rightleftharpoons}} ۲NH_3(g)$



تست‌های بخش ششم

اول با یه سؤال حفظی از این بخش در خدمتتونیم! بعد می‌ریم سراغ مسائل!

۳۹۰- چند مورد از مطالب زیر، درست‌اند؟

- **به هر یک از ضرایب مواد شرکت‌کننده در یک معادلهٔ موازنه‌شده، ضریب استوکیومتری می‌گویند.**
- **استوکیومتری بخشی از شیمی است که به ارتباط کمّی میان مواد شرکت‌کننده در واکنش می‌پردازد.**
- **تهیهٔ گوگرد تری‌اکسید از گوگرد دی‌اکسید، یکی از مراحل فرایند تهیهٔ سولفوریک اسید در صنعت است.**
- **در معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش اکسایش گلوکز برای تولید انرژی در بدن، ضریب سه ماده با هم برابر است.**

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

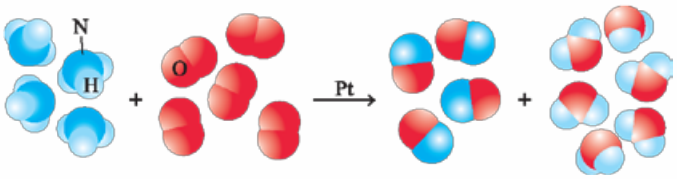
۳۹۱- اگر در واکنش: $Li_3N(s) + H_2O(l) \longrightarrow LiOH(aq) + NH_3(aq)$، ۰/۵ مول لیتیم نیترید مصرف شود، در مجموع چند مول فراورده تشکیل می‌شود؟ (معادله موازنه شود.) *(سراسری تجربی ۹۵ با تغییر)*

۱) ۱ ۲) ۱/۵ ۳) ۲ ۴) ۲/۵

۳۹۲- از اکسایش ۲/۵ مول گلوکز در بدن، چند گرم آب تولید می‌شود؟ $(O=16, H=1 : g.mol^{-1})$ *(با هم بیندیشیم صفحهٔ ۸۵ کتاب درسی)*

۱) ۹۰ ۲) ۱۸۰ ۳) ۲۷۰ ۴) ۴۵۰

۳۹۳- واکنش مربوط به شکل زیر، یکی از مراحل تولید نیتریک اسید است. به ازای مصرف ۱/۰ مول آمونیاک در این واکنش، چند گرم گاز اکسیژن مصرف می‌شود؟ $(O=16\ g.mol^{-1})$



۱) ۱/۶
۲) ۲
۳) ۳/۲
۴) ۴

۳۹۴- با توجه به واکنش‌های زیر، مقدار اکسیژن آزادشده از تجزیهٔ گرمایی ۰/۳ مول پتاسیم کلرات ($KClO_3$) را از تجزیهٔ گرمایی چند گرم سدیم نیترات ($NaNO_3$) می‌توان به دست آورد؟ $(Na=23, O=16, N=14 : g.mol^{-1})$ *(سراسری ریاضی ۹۵)*

(معادلهٔ واکنش‌ها، موازنه شوند.) $KClO_3(s) \longrightarrow KCl(s) + O_2(g)$ ، $NaNO_3(s) \longrightarrow NaNO_2(s) + O_2(g)$

۱) ۲۴ ۲) ۴۱ ۳) ۶۸ ۴) ۷۶/۵

۳۹۵- با توجه به واکنش‌های موازنه‌نشدهٔ زیر، مقدار آلومینیم اکسید (Al_2O_3) حاصل از تجزیهٔ ۰/۲ مول آلومینیم سولفات ($Al_2(SO_4)_3$) را از واکنش کامل چند گرم آهن (III) اکسید (Fe_2O_3) با مقدار اضافی گرد آلومینیم می‌توان تهیه کرد؟ $(Fe=56, Al=27, O=16 : g.mol^{-1})$

$Al_2(SO_4)_3(s) \longrightarrow Al_2O_3(s) + SO_2(g)$ ، $Fe_2O_3(s) + Al(s) \longrightarrow Al_2O_3(s) + Fe(l)$

۱) ۱۵ ۲) ۱۶ *(سراسری تجربی خارج از کشور ۹۵ با تغییر)*
۳) ۳۰ ۴) ۳۲

۳۹۶- فرض کنید طی فرایندهای انجام‌شده هنگام رعدوبرق، همهٔ گاز NO_2 تولیدی، در واکنش تشکیل اوزون تروپوسفری مصرف شود. اگر طی این فرایندها ۱۲۰ میلی‌گرم گاز اوزون تولید گردد، تعداد مولکول‌های گاز N_2 مصرفی کدام است؟ $(O=16\ g.mol^{-1})$

۱) $1/806\times10^{21}$ ۲) $2/709\times10^{20}$ ۳) $3/612\times10^{21}$ ۴) $7/525\times10^{20}$

۳۹۷- ۰/۶ مول از یون کدام فلز با یون فلوئورید، ترکیبی به جرم ۴۶/۸ گرم تشکیل می‌دهد؟ *(سراسری ریاضی ۹۲)*

$(Ga=70, Ca=40, Al=27, Mg=24, F=19 : g.mol^{-1})$

۱) Al ۲) Mg ۳) Ca ۴) Ga

۳۹۸- از برقکافت ۰/۰۲۵ مول قلع (II) کلرید طبق واکنش $SnCl_2(aq) \xrightarrow{\text{برقکافت}} Sn(s) + Cl_2(g)$، ۲/۳۷۴ گرم فلز قلع جمع‌آوری شده است. در این فرایند چند گرم یون کلرید باقی مانده است؟ $(Sn=118/7, Cl=35/5 : g.mol^{-1})$ *(سراسری ریاضی خارج از کشور ۹۵ با تغییر)*

۱) ۰/۴۷۴ ۲) ۰/۳۵۵ ۳) ۰/۹۵ ۴) ۰/۷۱

۳۹۹- مخلوطی به وزن ۵۰۵ گرم از $CaCO_3$ و KNO_3 بر اثر گرما مطابق معادله‌های زیر تجزیه می‌شود. در صورتی که گاز خروجی با ۰/۵ مول متان به طور کامل واکنش دهد، درصد جرمی $CaCO_3$ در این مخلوط کدام است؟ $(Ca=40, K=39, O=16, N=14, C=12 : g.mol^{-1})$ *(سراسری تجربی ۹۶)*

$CaCO_3(s) \longrightarrow CaO(s) + CO_2(g)$ ، $KNO_3(s) \longrightarrow KNO_2(s) + O_2(g)$

۱) ۲۰ ۲) ۳۰ ۳) ۴۵ ۴) ۶۰

۴۰۰- درختان با جذب $CO_2(g)$، می‌توانند آن را به قند گلوکز ($C_6H_{12}O_6$) تبدیل کنند. اگر یک درخت، سالانه ۶۶ kg گاز CO_2 جذب کند، چند کیلوگرم از این قند در آن ساخته می‌شود؟ $(O=16, C=12, H=1 : g.mol^{-1})$ *(سراسری ریاضی ۹۸)*

(معادله موازنه شود.) $CO_2(g) + H_2O(l) \longrightarrow C_6H_{12}O_6(aq) + O_2(g)$

۱) ۴۵ ۲) ۲۵ ۳) ۱۸ ۴) ۲۱

۴۰۱- تفاوت جرم فراورده‌های حاصل از سوختن ۱۳/۶ گرم گاز هیدروژن سولفید، چند گرم است؟ $(S=32, O=16, H=1 : g.mol^{-1})$

(معادله موازنه شود.) $H_2S(g) + O_2(g) \longrightarrow H_2O(g) + SO_2(g)$

۱) ۲۵/۶ ۲) ۱۸/۴ ۳) ۳۲/۸ ۴) ۱۴

۴۰۲- براساس واکنش $2Na_2O_2(s) + 2CO_2(g) \longrightarrow 2Na_2CO_3(s) + O_2(g)$، اگر هر لیتر هوا دارای ۰/۰۸۸ گرم CO_2 باشد، ۳۱/۲ گرم Na_2O_2 برای جذب گاز CO_2 موجود در چند لیتر هوا کفایت می‌کند؟ $(Na=23, O=16, C=12 : g.mol^{-1})$ *(سراسری ریاضی خارج از کشور ۸۸)*

۱) ۱۰۰ ۲) ۱۵۰ ۳) ۲۰۰ ۴) ۲۵۰

۴۰۳- اگر در واکنش کامل ۷/۹۵ گرم هیدروکسید یک فلز $(M(OH)_4)$ با مقدار کافی از محلول سولفوریک اسید مطابق واکنش موازنه‌نشدهٔ زیر، ۱۴/۱۵ گرم نمک تشکیل شود، جرم اتمی فلز M، کدام است؟ $(S=32, O=16, H=1: g.mol^{-1})$ *(سراسری تجربی خارج از کشور ۹۷)*

$$M(OH)_4 + H_2SO_4 \longrightarrow M(SO_4)_2 + H_2O$$

۱) ۴۸ ۲) ۹۱ ۳) ۱۱۸ ۴) ۲۰۷

۴۰۴- اگر محلول کلرید یک فلز (X) که دارای ۲/۷ گرم از این نمک است، با مقدار کافی محلول نقره نیترات، مطابق واکنش موازنه‌نشدهٔ زیر، ۵/۷۴ گرم نقره کلرید تشکیل دهد، نسبت جرم مولی این فلز به ظرفیت آن (n) کدام است؟ $(Ag=108, Cl=35/5: g.mol^{-1})$ *(سراسری ریاضی ۹۵)*

$$XCl_n(aq) + AgNO_3(aq) \longrightarrow AgCl(s) + X(NO_3)_n(aq)$$

۱) ۶۷/۵ ۲) ۵۴ ۳) ۴۶ ۴) ۳۲

۴۰۵- با توجه به واکنش‌های زیر، چند گرم آلومینیم باید با هیدروکلریک اسید (HCl) واکنش دهد تا گاز به دست آمده با ۱۶ گرم اکسیژن واکنش کامل دهد؟ (معادلهٔ واکنش‌ها موازنه شوند؛ $Al=27, O=16: g.mol^{-1}$)

$$Al + HCl \longrightarrow AlCl_3 + H_2 \quad , \quad H_2 + O_2 \longrightarrow H_2O$$

۱) ۲/۷ ۲) ۹ ۳) ۱۳/۵ ۴) ۱۸ *(سراسری ریاضی ۹۴)*

۴۰۶- مخلوطی از ۱۶/۸ گرم سدیم هیدروژن‌کربنات $(NaHCO_3)$ با ۱۵/۹ گرم سدیم کربنات (Na_2CO_3)، با چند مول هیدروکلریک اسید (HCl) واکنش کامل می‌دهد و چند گرم نمک خوراکی تشکیل می‌شود؟ (عددها را از راست به چپ بخوانید.) *(سراسری تجربی خارج از کشور ۹۶)*

معادله‌های موازنه‌نشدهٔ واکنش‌ها به صورت زیر است: $(Cl=35/5, Na=23, O=16, C=12, H=1: g.mol^{-1})$

$$NaHCO_3 + HCl \longrightarrow NaCl + CO_2 + H_2O \quad , \quad Na_2CO_3 + HCl \longrightarrow NaCl + CO_2 + H_2O$$

۱) ۲۳/۴ ،۰/۴ ۲) ۲۹/۲۵ ،۰/۴ ۳) ۲۳/۴ ،۰/۵ ۴) ۲۹/۲۵ ،۰/۵

۴۰۷- مقداری پتاسیم پرمنگنات $(KMnO_4)$ را گرم می‌کنیم تا مطابق واکنش زیر به طور کامل تجزیه شود. به تقریب چند درصد از جرم نمونهٔ جامد در این فرایند، کاسته می‌شود؟ $(Mn=55, K=39, O=16: g.mol^{-1})$ *(سراسری تجربی خارج از کشور ۹۵ با تغییر)*

$$KMnO_4(s) \longrightarrow K_2MnO_4(s) + MnO_2(s) + O_2(g)$$ (معادله موازنه شود.)

۱) ۱۰ ۲) ۲۰ ۳) ۲۷/۵ ۴) ۳۷/۷

بریم سراغ مسائل استوکیومتری گازها در شرایط STP !

۴۰۸- با توجه به واکنش زیر، از مصرف هر مول بور اکسید، چند لیتر گاز در شرایط STP، تولید می‌شود؟ *(سراسری ریاضی خارج از کشور ۹۸)*

$$B_2O_3(s) + Cl_2(g) \xrightarrow{\Delta} BCl_3(l) + O_2(g)$$ (معادله موازنه شود.)

۱) ۳۳/۶ ۲) ۳۹/۲ ۳) ۴۴/۸ ۴) ۶۷/۲

۴۰۹- برای تولید ۳۳/۶ لیتر گاز کربن دی‌اکسید در شرایط STP، باید چند گرم گلوکز اکسایش یابد؟ $(O=16, C=12, H=1: g.mol^{-1})$

۱) ۹۰ ۲) ۴۵ ۳) ۳۰ ۴) ۱۵

۴۱۰- سیلیسیم کاربید (SiC) از واکنش: $SiO_2(s) + C(s) \xrightarrow{\Delta} SiC(s) + CO(g)$ (معادله موازنه شود.)، تولید می‌شود. به ازای تولید هر کیلوگرم از این ماده، چند لیتر گاز آلاینده (در شرایط STP) تولید می‌شود؟ $(Si=28, C=12: g.mol^{-1})$ *(سراسری تجربی ۹۸)*

۱) ۵۶۰ ۲) ۱۱۲۰ ۳) ۱۶۸۰ ۴) ۲۲۴۰

۴۱۱- اگر از تجزیهٔ گرمایی کامل ۲/۳ گرم گاز دی‌نیتروژن تتراکسید، در شرایط STP، ۱/۱۲ لیتر گاز حاصل شود، معادلهٔ درست این واکنش تجزیه در کدام گزینه ارائه شده است؟ (معادله‌های ارائه‌شده در گزینه‌ها موازنه‌شده نیستند.) $(O=16, N=14: g.mol^{-1})$ *(کانون فرهنگی آموزش ۹۶)*

۱) $N_2O_4(g) \longrightarrow NO(g) + O_2(g)$
۲) $N_2O_4(g) \longrightarrow N_2(g) + O_2(g)$
۳) $N_2O_4(g) \longrightarrow NO_2(g)$
۴) $N_2O_4(g) \longrightarrow N_2O_3(g) + O_2(g)$

۴۱۲- گاز شهری به طور عمده از متان تشکیل شده و در محیطی که اکسیژن کم است، به صورت ناقص می‌سوزد و بخار آب، کربن مونوکسید، نور و گرما تولید می‌کند. تفاوت مجموع ضرایب فراورده‌ها و واکنش‌دهنده‌ها در معادلهٔ موازنه‌شدهٔ این واکنش و حجم گاز CO حاصل از سوختن ناقص ۴۸ گرم متان در شرایط STP برحسب لیتر به ترتیب کدام‌اند؟ $(C=12, H=1: g.mol^{-1})$ *(تمرین‌های دوره‌ای صفحهٔ ۸۹ کتاب درسی)*

۱) صفر ـ ۶۷/۲ ۲) ۱ ـ ۶۷/۲ ۳) صفر ـ ۴۴/۸ ۴) ۱ ـ ۴۴/۸

۴۱۳- با توجه به شکل روبه‌رو که واکنش فلز روی با محلول هیدروکلریک اسید را نشان می‌دهد، شعاع بادکنک کروی‌شکل، پس از بادشدن کامل در شرایط استاندارد به تقریب چند سانتی‌متر است؟ (جرم هر قطعه روی، ۱/۳ g می‌باشد. عدد π را ۳ در نظر بگیرید.)

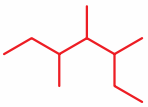
$$Zn(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow ZnCl_2(aq) + H_2(g) \quad (Zn=65\ g.mol^{-1})$$

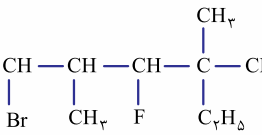
۱) ۶ ۲) ۱۲ ۳) ۸ ۴) ۱۶

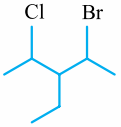
۸۶۷- در نام‌گذاری کدام مولکول، اتم‌های کربن زنجیر اصلی را می‌توان از هر دو سوی مولکول شماره‌گذاری کرد؟ *(سراسری ریاضی ۹۳ با تغییر)*

۱) ۲ ـ کلرو ـ ۳ ـ اتیل ـ ۲ ـ متیل پنتان
۲) ۳، ۳ ـ دی‌برمو ـ ۶ ـ اتیل ـ ۲ ـ متیل اوکتان
۳) ۴ ـ اتیل ـ ۳، ۳ ـ دی‌متیل هگزان
۴) ۳، ۵ ـ دی‌اتیل ـ ۴ ـ متیل هپتان

۸۶۸- در کدام گزینه، هم نام ترکیب و هم شمار پیوندهای اشتراکی در آن درست بیان شده است؟

۱)  : ۲ ـ اتیل ـ ۳، ۴ ـ دی‌متیل هگزان و ۳۰

۲)  : ۲ ـ برمو ـ ۴ ـ فلوئورو ـ ۳، ۵، ۵ ـ تری‌متیل هپتان و ۳۱

۳)  : ۳ ـ اتیل ـ ۲ ـ برمو ـ ۴ ـ کلرو پنتان و ۲۲

۴) $CH_3-CH_2-CH(C_2H_5)-C(CH_3)Cl-CH_3$: ۲ـ کلرو ـ ۳ ـ اتیل ـ ۲ ـ متیل پنتان و ۲۴

۸۶۹- فرمول مولکولی هپتان کدام است و با کدام ترکیب فرمول مولکولی یکسانی دارد و در مولکول آن چند جفت‌الکترون پیوندی شرکت دارد؟

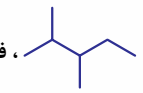
۱) C_7H_{16} و ۲، ۳، ۳ ـ تری‌متیل بوتان و ۲۱
۲) C_7H_{16} و ۳ ـ اتیل پنتان و ۲۲
۳) C_7H_{14} و ۲، ۳، ۳ ـ تری‌متیل بوتان و ۲۲
۴) C_7H_{14} و ۳ ـ اتیل پنتان و ۲۱ *(سراسری تجربی ۹۴)*

بریم سراغ دو سؤال چغر بدبدن!

۸۷۰- کدام گزینه نادرست است؟

۱) فرمول مولکولی C_6H_{14} را می‌توان به ۵ آلکان نسبت داد.
۲) ۵ آلکان ۷کربنه وجود دارد که نامشان به پنتان ختم می‌شود.
۳) برای آلکانی با ۱۶ اتم هیدروژن، ۴ ساختار متفاوت می‌توان رسم کرد که تنها دارای یک شاخهٔ فرعی باشد.
۴) برای آلکانی با ۲۲ پیوند اشتراکی، می‌توان ساختاری رسم کرد که در آن، یک اتم کربن به چهار گروه متفاوت متصل است.

۸۷۱- اگر اتم‌های هیدروژن در مولکول متان را با دو گروه متیل ($-CH_3$) و دو گروه اتیل ($-C_2H_5$) جایگزین کنیم، چند مورد از مطالب زیر در مورد هیدروکربن حاصل، درست‌اند؟ ($C=12, H=1, O=16: g.mol^{-1}$)

- **در اثر سوزاندن کامل ۱۰ گرم از آن، ۸ / ۳۰ گرم کربن دی‌اکسید تولید می‌شود.**
- **آلکانی با ساختار**  **، فرمول مولکولی یکسانی با آن دارد.**
- **شمار پیوندهای اشتراکی در آن، دو برابر شمار الکترون‌های ظرفیت اتم عنصر مس ($_{29}Cu$) است.**

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) صفر

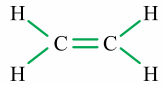
بخش ششم — صفحهٔ ۳۹ تا ۴۶ کتاب درسی

این بخش شامل قسمت‌های زیر است:

- آلکن‌ها
- آلکین‌ها
- هیدروکربن‌های حلقوی
- پالایش نفت خام
- زغال‌سنگ، جایگزینی برای نفت

۲۶- آلکن‌ها

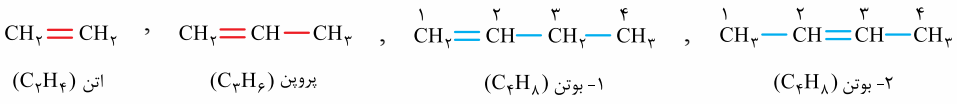
- آلکن‌ها دسته‌ای از هیدروکربن‌ها هستند که در ساختار خود یک پیوند دوگانهٔ کربن ـ کربن ($C=C$) دارند. **فرمول مولکولی آلکن‌ها به صورت C_nH_{2n} می‌باشد ($n \geq 2$)**؛ یعنی شمار اتم‌های هیدروژن در آن‌ها، دو برابر شمار اتم‌های کربن است.
- ساده‌ترین آلکن یعنی نخستین عضو خانوادهٔ آلکن‌ها، اِتن با فرمول C_2H_4 است.

 یا $CH_2=CH_2$

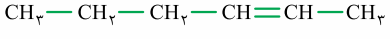
اون قدیم‌ترا، به گاز اتن، گاز اتیلن هم گفته می‌شده!

اتن در بیشتر گیاهان وجود دارد. موز و گوجه‌فرنگی رسیده، گاز اتن آزاد می‌کنند. اتن آزادشده از یک موز یا گوجه‌فرنگی رسیده، باعث رسیدن سریع‌تر میوه‌های نارس می‌شود؛ به همین دلیل **در کشاورزی از گاز اتن به عنوان «عمل‌آورنده» استفاده می‌شود.**

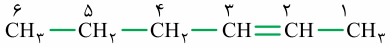
- برای نام‌گذاری آلکن‌های راست‌زنجیر باید پسوند «آن» در نام آلکان راست‌زنجیر را برداشته و به جای آن پسوند «ـِ ن» قرار داد. برای آلکن‌های دو و سه کربنه *در همین حد کفایت می‌کنه!* ولی در آلکن‌های راست‌زنجیر از ۴ کربن به بالا (C_4H_8 به بعد)، پیوند دوگانه می‌تواند بین دو کربن کنار هم با موقعیت‌های مختلف در زنجیر قرار بگیرد؛ به همین دلیل باید این زنجیر هیدروکربنی را شماره‌گذاری کنیم. شماره‌گذاری کربن‌ها از سمتی انجام می‌شود که زودتر به پیوند دوگانه برسیم. در نام‌گذاری این آلکن‌ها باید شمارهٔ نخستین کربنی که پیوند دوگانه به آن متصل است را بنویسیم. به طور مثال اگر پیوند دوگانه بین کربن‌های ۲ و ۳ بود، باید شمارهٔ ۲ را بنویسیم.

مثال! 
اتن (C_2H_4) — پروپن (C_3H_6) — ۱- بوتن (C_4H_8) — ۲- بوتن (C_4H_8)

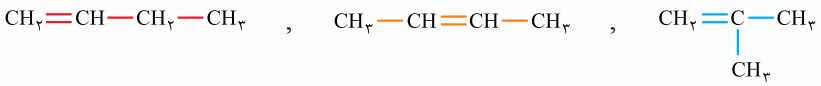
حالا یه سؤال؟ آیا آلکن راست‌زنجیری با نام ۴ ـ هگزن وجود دارد؟

دقیقاً مثل آلکان‌ها، بیایید ساختار *رو* طبق فرض سؤال رسم کنیم *ببینیم چه خبره!* 

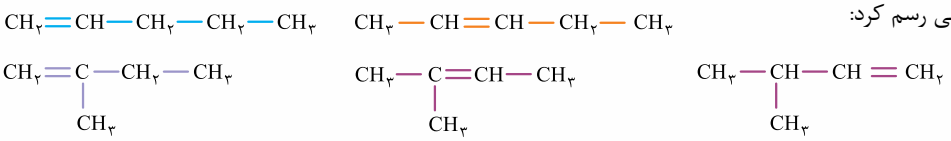
متأسفانه نادرسته! شماره‌گذاری باید از سمت راست انجام می‌شد؛ زیرا در این صورت زودتر به پیوند دوگانه می‌رسیم:


نام درست: ۲ ـ هگزن

همان‌طور که دیدید فرمول مولکولی ۱ـ بوتن و ۲ـ بوتن یکسان می‌باشد، اما ساختار آن‌ها متفاوت است؛ بنابراین ۱ـ بوتن و ۲ـ بوتن ایزومر یکدیگرند؛ پس برای C_4H_8 می‌توان دو آلکن راست‌زنجیر در نظر گرفت. *حالا می‌شه* با برداشتن یکی از کربن‌ها و قراردادن آن به عنوان شاخهٔ فرعی، یک آلکن شاخه‌دار هم ساخت (البته با توجه به نظر کتاب درسی، نام‌گذاری آلکن‌های شاخه‌دار *ممنوعه!*).



بنابراین برای C_4H_8 در مجموع *می‌شه* سه ساختار آلکنی در نظر گرفت. اگر همین *کارا رو* برای C_5H_{10} انجام *بدیم*، خواهیم دید که برای C_5H_{10} می‌توان ۵ ساختار متفاوت آلکنی رسم کرد:



برخی از واکنش‌های آلکن‌ها

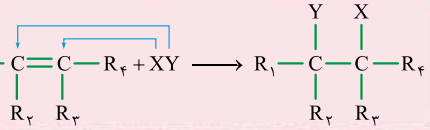
آلکن‌ها به دلیل داشتن پیوند دوگانهٔ کربن ـ کربن، **سیرنشده** هستند؛ چون هر یک از این دو اتم کربن مربوط به پیوند دوگانه، به ۳ اتم متصل هستند و تمایل دارند به ۴ اتم متصل شوند؛ به همین دلیل **آلکن‌ها واکنش‌پذیری بیشتری از آلکان‌ها داشته** و در واکنش‌های شیمیایی گوناگونی شرکت می‌کنند.

۱- واکنش سوختن آلکن‌ها: فراوردهٔ واکنش سوختن کامل آلکن‌ها مانند همهٔ هیدروکربن‌ها، CO_2 و H_2O است:

معادلهٔ سوختن کامل آلکن‌ها: $C_nH_{2n} + \frac{3n}{2}O_2 \longrightarrow nCO_2 + nH_2O$

مثال! معادلهٔ سوختن کامل بوتن: $C_4H_8 + 6O_2 \longrightarrow 4CO_2 + 4H_2O$

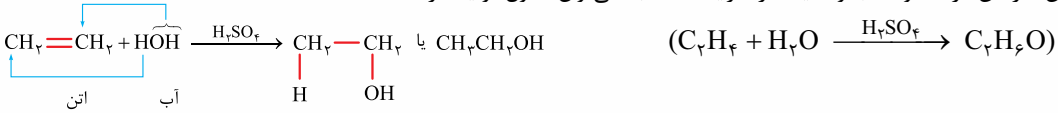
۲- واکنش‌های افزایشی: به واکنش‌هایی که در آن‌ها از اضافه‌شدن دو یا چند مولکول به هم، یک مولکول فراورده به دست می‌آید، واکنش‌های افزایشی می‌گویند. فرم کلی واکنش‌های افزایشی آلکن‌ها *این‌طوریاست:*

فرم کلی واکنش‌های افزایشی آلکن‌ها: 

در این واکنش‌ها، مادهٔ XY به اتم‌های کربن پیوند دوگانه اضافه شده و فراوردهٔ سیرشده‌ای تولید می‌کند (پیوند دوگانهٔ « C=C » به پیوند یگانهٔ « C—C » تبدیل می‌شود).

آ) افزایش آب به آلکن‌ها: در این واکنش، آب در حضور کاتالیزگر اسیدی (سولفوریک اسید، H_2SO_4)، به آلکن‌ها اضافه‌شده و الکل سیرشده تولید می‌شود. برای نوشتن این نوع واکنش‌ها، کافی است اتم H را به یکی از اتم‌های کربن پیوند دوگانه و گروه OH را به دیگر اتم کربن پیوند دوگانه متصل کنیم.

مثال! با واردکردن گاز اتن در مخلوط آب و اسید، در شرایط مناسب، می‌توان اتانول تولید کرد.

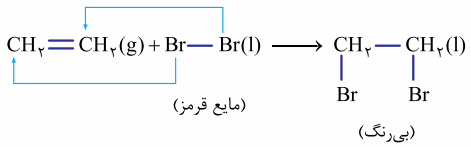


توجه اتانول (C_2H_5OH یا C_2H_6O) الکلی دوکربنی، بی‌رنگ و فرّار است که به هر نسبتی در آب حل می‌شود. این الکل یکی از مهم‌ترین حلال‌های صنعتی است که در تهیهٔ مواد دارویی، بهداشتی و آرایشی به کار می‌رود. از اتانول در بیمارستان‌ها به عنوان ضدعفونی‌کننده استفاده می‌شود. در ضمن اتانول جزء سوخت‌های سبز است و می‌توان آن را از واکنش بی‌هوازی تخمیر گلوکز نیز تهیه کرد:

$$C_6H_{12}O_6(aq) \longrightarrow 2C_2H_5OH(aq) + 2CO_2(g)$$

ب) افزایش هالوژن‌ها به آلکن‌ها: در این واکنش، پیوند یگانهٔ بین دو اتم هالوژن در مولکول دواتمی هالوژن و یکی از پیوندها در پیوند دوگانهٔ کربن ـ کربن شکسته شده و دو اتم هالوژن با پیوند یگانه به اتم‌های کربن وصل می‌شوند.

مثال در اثر واکنش برم مایع با گاز اتن، ترکیب سیرشدهٔ ۱، ۲ـ دی‌برمو اتان به دست می‌آید. برم مایع قرمزرنگ است که در اثر انجام این واکنش و مصرف آن و تولید فراوردهٔ بی‌رنگ، رنگ قرمز از بین می‌رود.



$(C_2H_4 + Br_2 \longrightarrow C_2H_4Br_2)$

از آن‌جا که همهٔ آلکن‌ها در واکنش افزایشی با برم شرکت می‌کنند و بر اثر انجام این واکنش، رنگ قرمز برم از بین می‌رود، این واکنش یعنی **بی‌رنگ‌شدن برم در حضور آلکن‌ها، یکی از روش‌های شناسایی آلکن‌ها از هیدروکربن‌های سیرشده می‌باشد.**

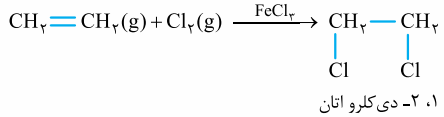
مثال برای تشخیص دو مایع بی‌رنگ هگزان (C_6H_{14}) و ۱ـ هگزن (C_6H_{12})، باید مقدار کمی برم قرمزرنگ به ظرف حاوی آن‌ها اضافه کرد:

۱ـ هگزن: $CH_2=CH-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3 + Br_2 \longrightarrow CH_2(Br)-CH(Br)-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$

۱، ۲ـ دی‌برمو هگزان

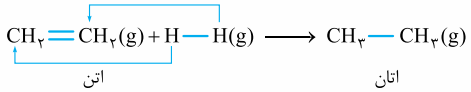
هگزان: $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3 + Br_2 \longrightarrow$ واکنش انجام نمی‌شود.

در تمرین‌های دوره‌ای صفحهٔ ۱۲۱ کتاب درسی می‌خوانیم که از واکنش گاز اتن با گاز کلر در حضور کاتالیزگر $FeCl_3$، ۱، ۲ ـ دی‌کلرو اتان تولید می‌شود:



پ) واکنش هیدروژن با آلکن‌ها: در این‌جا اتم‌های هیدروژن به اتم‌های کربن پیوند دوگانه اضافه شده و آلکن به آلکان تبدیل می‌شود.

مثال



$(C_2H_4 + H_2 \longrightarrow C_2H_6)$

در صفحهٔ ۴۸ کتاب درسی می‌بینیم که **واکنش هگزن با گاز هیدروژن در حضور کاتالیزگر نیکل انجام می‌شود.**

$$\underset{\text{هگزن}}{C_6H_{12}(l)} + H_2(g) \xrightarrow{Ni(s)} \underset{\text{هگزان}}{C_6H_{14}(l)}$$

ت) واکنش پلیمری‌شدن: با این واکنش‌ها در فصل ششم این کتاب (فصل سوم یازدهم) آشنا خواهیم شد.

۲۷- آلکین‌ها

آلکین‌ها دسته‌ای از هیدروکربن‌ها هستند که در ساختار خود یک پیوند سه‌گانهٔ کربن ـ کربن ($-C\equiv C-$) دارند. **فرمول مولکولی آلکین‌ها به صورت C_nH_{2n-2} می‌باشد ($n \geq 2$)**؛ یعنی شمار اتم‌های هیدروژن در آن‌ها از دو برابر شمار اتم‌های کربن، ۲ واحد کم‌تر است.

ساده‌ترین آلکین یعنی نخستین عضو خانوادهٔ آلکین‌ها، اتین با فرمول C_2H_2 است. $HC\equiv CH$ یا $H-C\equiv C-H$

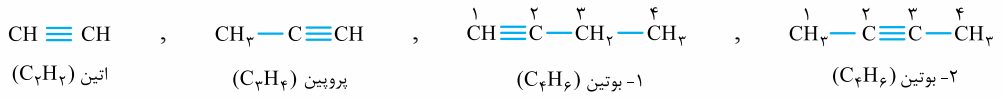
در جوشکاری از سوختن گاز اتین، دمای لازم برای جوش‌دادن قطعه‌های فلزی تأمین می‌شود. در ضمن نام قدیمی اتین هم، استیلن است.

اتن ← اتیلن

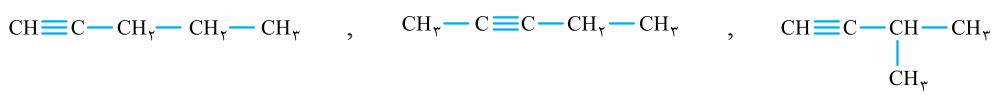
اتین ← استیلن

آلکین‌ها هم مانند آلکان‌ها و آلکن‌ها به دو دستهٔ راست‌زنجیر و شاخه‌دار تقسیم می‌شوند که ما فقط با نام‌گذاری *راست‌زنجیرشون کار داریم!* روش نام‌گذاری آلکین‌ها دقیقاً مشابه با آلکن‌ها است، با این تفاوت که در نام‌گذاری آن‌ها از پسوند «ین» استفاده می‌شود.

مثال



روش رسم ساختارهای متفاوت (ایزومر) در آلکین‌ها، کاملاً مشابه آلکن‌ها است. در مورد C_2H_2 و C_3H_4 *فقط و فقط!* می‌توان یک ساختار آلکینی در نظر گرفت. در مثال بالا، دو ساختار متفاوت آلکینی را برای C_4H_6 نوشتیم. *هواستون باشه* در مورد C_4H_6 امکان جداکردن یک کربن از زنجیر اصلی و ایجاد شاخهٔ فرعی وجود ندارد. *بالا* ساختارهای متفاوت C_5H_8 را ببینید:



به این ترتیب برای C_5H_8 سه ساختار متفاوت آلکینی می‌توان رسم کرد.

تعداد ایزومر آلکین‌ها نسبت به آلکن‌های هم‌کربنشان، کم‌تر است.

آلکین‌ها همانند آلکن‌ها و برخلاف آلکان‌ها جزء هیدروکربن‌های سیرنشده‌اند. در آلکین‌ها هر یک از دو اتم کربن مربوط به پیوند سه‌گانه، تنها به دو اتم متصل هستند؛ به همین دلیل **آلکین‌ها سیرنشده‌تر از آلکن‌ها بوده و واکنش‌پذیری بیشتری دارند.** آلکان < آلکن < آلکین :واکنش‌پذیری

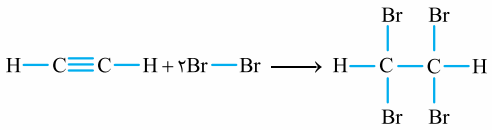
معادلهٔ کلی واکنش سوختن کامل آلکین‌ها به صورت زیر است:

معادلهٔ کلی واکنش سوختن کامل آلکین‌ها: $C_nH_{2n-2} + \frac{3n-1}{2}O_2 \longrightarrow nCO_2 + (n-1)H_2O$

مثال معادلهٔ سوختن کامل پروپین: $C_3H_4 + 4O_2 \longrightarrow 3CO_2 + 2H_2O$

از اون‌جا که آلکین‌ها هم مانند آلکن‌ها سیرنشده هستند، می‌توانند در واکنش‌های افزایشی شرکت کنند. به طور مثال آلکین‌ها نیز با برم واکنش می‌دهند و آن را بی‌رنگ می‌کنند. *فقط هواستون باشه!* که آلکین‌ها برای سیرشدن با دو مول Br_2 واکنش می‌دهند.

مثال



به همین ترتیب برای تبدیل آلکین‌ها به آلکان‌ها به ۲ مول H_2 نیاز است.

مثال $C_2H_2 + 2H_2 \longrightarrow C_2H_6$

۲۸- هیدروکربن‌های حلقوی

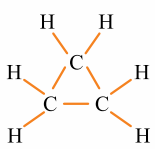
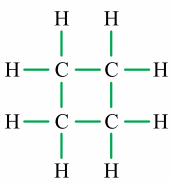
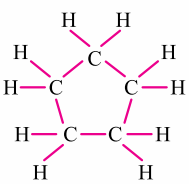
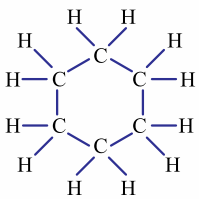
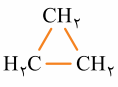
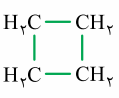
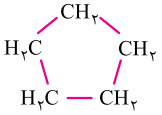
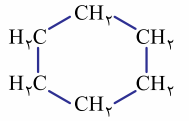
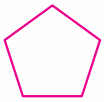
ترکیب‌های آلی بسیاری وجود دارند که در آن‌ها اتم‌های کربن، طوری به یکدیگر متصل شده‌اند که ساختاری حلقوی دارند. به هیدروکربن‌های دارای حلقه، هیدروکربن‌های حلقوی می‌گویند. دو دسته از هیدروکربن‌های حلقوی که *ما عجالتاً باهاشون سروکار داریم*، عبارت‌اند از:

۱- سیکلوآلکان‌ها

همین اول بگیم که سیکلو یعنی حلقوی؛ پس سیکلوآلکان‌ها می‌شه آلکان‌های حلقوی. در واقع سیکلوآلکان‌ها دسته‌ای از **هیدروکربن‌های سیرشده** هستند که مانند آلکان‌ها همهٔ پیوندها در آن‌ها از نوع یگانه است، با این تفاوت که ساختاری حلقوی دارند.

فرمول کلی سیکلوآلکان‌ها به صورت C_nH_{2n} است ($n \geq 3$). از آن‌جا که برای ایجاد یک حلقه، حداقل باید ۳ اتم کربن وجود داشته باشد، ساده‌ترین سیکلوآلکان، سیکلوپروپان با فرمول C_3H_6 است.

بر شما واجب است! که سیکلوآلکان‌ها تا ۶ کربن را بلد باشید.

تعداد اتم کربن در سیکلوآلکان	$n = 3$	$n = 4$	$n = 5$	$n = 6$
فرمول مولکولی (C_nH_{2n})	C_3H_6	C_4H_8	C_5H_{10}	C_6H_{12}
نام	سیکلوپروپان	سیکلوبوتان	سیکلوپنتان	سیکلوهگزان
ساختار گسترده				
				
ساختار پیوند ـ خط				

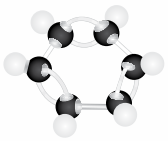
فرمول مولکولی سیکلوآلکان‌ها و آلکن‌های هم‌کربن مشابه است (C_nH_{2n})، ولی این دو دسته از هیدروکربن‌ها، ساختار متفاوتی دارند؛ بنابراین **آلکن‌ها با سیکلوآلکان‌های هم‌کربن، ایزومر هستند.**

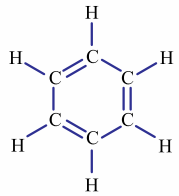
توجه *از اون‌جایی که* سیکلوآلکان‌ها سیرشده هستند، برخلاف آلکن‌ها با H_2 و Br_2 واکنش افزایشی نمی‌دهند.

۲- ترکیب‌های آروماتیک

دستهٔ دیگری از ترکیب‌های آلی حلقوی، ترکیب‌های آروماتیک هستند. **سرگروه ترکیب‌های آروماتیک، بنزن است.** واژهٔ آروماتیک به معنای خوش‌بو و معطر می‌باشد. از آن‌جا که بنزن و مشتقات آن *خوش‌بو تشریف دارن!* به این ترکیب‌ها، ترکیب‌های آروماتیک می‌گویند.

بنزن با فرمول مولکولی C_6H_6 یک حلقهٔ شش‌ضلعی دارد که در آن سه پیوند دوگانه به صورت یک در میان قرار دارند. این مولکول در مجموع دارای ۱۵ پیوند اشتراکی است.


ساختار گلوله ـ میله



ساختار لوویس

فرمول پیوند ـ خط

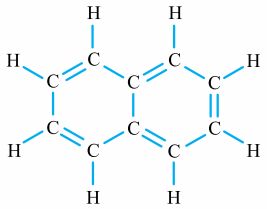
C_6H_6

فرمول مولکولی

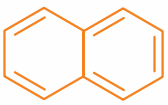
با توجه به پیوندهای دوگانهٔ موجود در ساختار بنزن، *بدانید و آگاه باشید!* که بنزن و مشتقات آن، یعنی به طور کلی ترکیب‌های آروماتیک، سیرنشده هستند.

نفتالن $(C_{10}H_8)$ یکی دیگر از هیدروکربن‌های آروماتیک است که در آن دو حلقهٔ بنزنی به هم جوش خورده‌اند! این ترکیب که **جامدی** سفیدرنگ است، مدت‌ها به عنوان ضدبید برای نگه‌داری فرش و لباس کاربرد داشته است.

ساختار فضاپرکن



ساختار لوویس


فرمول پیوند ـ خط

$C_{10}H_8$

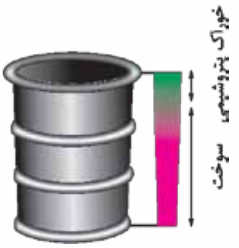
فرمول مولکولی

همان‌طور که می‌بینید در **ساختار نفتالن، ۲ حلقه، ۵ پیوند دوگانه و در مجموع ۲۴ پیوند اشتراکی وجود دارد.**

۲۹- پالایش نفت خام

نفت خام مخلوطی از هیدروکربن‌های گوناگون، برخی نمک‌ها، اسیدها، آب و ... است. البته مقدار نمک و اسید در نفت خام کم بوده و در نواحی گوناگون متغیر است.

آلکان‌ها بخش عمدهٔ هیدروکربن‌های موجود در نفت خام را تشکیل می‌دهند. *از اون‌جایی که* آلکان‌ها واکنش‌پذیری کمی دارند، اغلب به عنوان سوخت به کار می‌روند به طوری که بیش از ۹۰٪ نفت خام صرف سوزاندن و تأمین انرژی می‌شود و تنها مقدار کمی از آن (کم‌تر از ۱۰٪) به عنوان خوراک پتروشیمی در تولید مواد پتروشیمیایی به کار می‌رود.

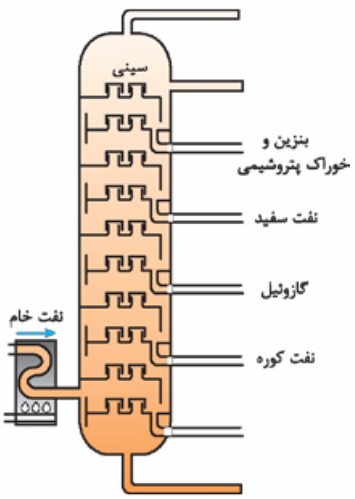


۱ بشکه $= 159\ L$

- سوختن و تأمین انرژی: $159 \times \frac{90}{100} = 143/1\ L$
- مادهٔ اولیه در تولید مواد: $159 \times \frac{10}{100} = 15/9\ L$

توجه یکی از مسائل مهم در تأمین سوخت، انتقال آن به مراکز توزیع و استفاده از آن است که در حدود ۶۶ درصد آن از طریق خطوط لوله و بقیه (حدود ۳۴ درصد) با استفاده از راه‌آهن، نفت‌کش جاده‌پیما و کشتی‌های نفتی انجام می‌شود.

با توجه به این‌که نفت خامی که از زمین استخراج می‌شود، حاوی نمک‌ها، اسیدها و آب است، ابتدا آن‌ها را از نفت خام جدا می‌کنند و پس از جداکردن این ناخالصی‌ها، هیدروکربن‌های موجود در نفت خام را با روش تقطیر جزءبه‌جزء پالایش می‌کنند. با استفاده از این روش، هیدروکربن‌های موجود در نفت خام به صورت مخلوط‌هایی با نقطهٔ جوش نزدیک، از هم جدا می‌شوند.

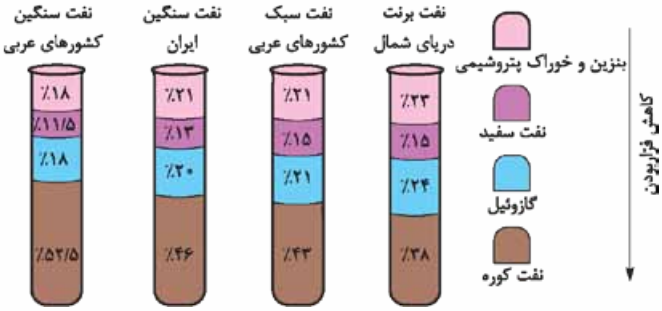


ابتدا نفت خام را در محفظه‌ای بزرگ گرما می‌دهند و بعد نفت خام داغ را به درون برج تقطیر هدایت می‌کنند. برج تقطیر، محفظه‌ای بلند شامل بخش‌های مختلفی است که دمای آن‌ها با یکدیگر تفاوت دارد. در این برج از پایین به بالا، دما کاهش می‌یابد؛ یعنی **با حرکت به سمت بالای برج تقطیر، دما کاهش می‌یابد.** هنگامی که نفت خام داغ به قسمت پایین برج وارد می‌شود، مولکول‌های سبک‌تر و فرّارتر (با نقطهٔ جوش پایین‌تر) به سمت بالای برج حرکت می‌کنند. این در حالی است که هیدروکربن‌های سنگین‌تر و غیرفرّارتر (با نقطهٔ جوش بالاتر) در طبقات پایین‌تر برج، *با خوش می‌کنند! رفته‌رفته!* که مولکول‌ها بالاتر می‌روند سرد شده و به مایع تبدیل می‌شوند و در سینی‌هایی که در فاصله‌های گوناگون برج قرار دارند، وارد شده و از برج خارج می‌شوند.

بنزین و خوراک پتروشیمی، نفت سفید (شامل آلکان‌هایی با ۱۰ تا ۱۵ اتم کربن)، گازوئیل و نفت کوره، برخی از موادی هستند که در نفت خام وجود دارند.

سوخت هواپیما به طور عمده از نفت سفید تهیه می‌شود.

در «با هم بیندیشیم» صفحهٔ ۴۳ کتاب درسی، با چهار نوع نفت خام آشنا می‌شویم که درصد هر یک از هیدروکربن‌های مایعِ بالا در آن‌ها متفاوت است.



حالا توجه شما را به چند نکته از «با هم بیندیشیم» *جلب می‌کنیم*:

۱ با توجه به اندازه و جرم مولکول‌های سازنده، مقایسهٔ میزان فرّاربودن این چهار جزء نفت خام به صورت زیر است:

نفت کوره < گازوئیل < نفت سفید < بنزین و خوراک پتروشیمی :میزان فرّاربودن

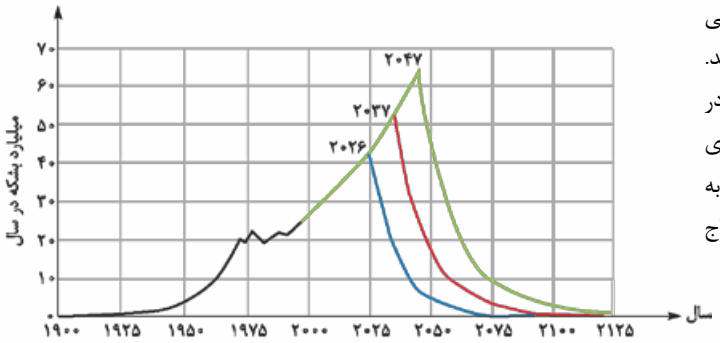
۲ در نفت سنگین سهم اجزای سازندهٔ نفت خام با تعداد کربن و جرم مولی زیاد، یعنی سهم هیدروکربن‌های سنگین‌تر مانند نفت کوره، بیشتر از نفت سبک است؛ در حالی که نفت سبک، بیشتر از نفت سنگین، هیدروکربن‌های سبک‌تر دارد.

نفت برنت دریای شمال < نفت سبک کشورهای عربی < نفت سنگین ایران < نفت سنگین کشورهای عربی :سهم نفت کوره

۳ از بین چهار جزء موجود در شکل، بنزین از همه ارزشمندتر است و میزان تقاضا برای آن بیشتر از عرضه می‌باشد. این در حالی است که نفت کوره ارزش کم‌تری دارد؛ به همین دلیل هر چه سهم بنزین بیشتر و سهم نفت کوره کم‌تر باشد، آن نفت خام گران‌قیمت‌تر است.

نفت سنگین کشورهای عربی < نفت سنگین ایران < نفت سبک کشورهای عربی < نفت برنت دریای شمال :مقایسهٔ قیمت انواع نفت خام

دستیابی به دانش و فناوری پالایش نفت خام، باعث تحولی بزرگ در صنعت حمل‌ونقل، پتروشیمی و صنایع دیگر شد. پالایش نفت خام، از یک طرف سوخت ارزان و مناسب را در اختیار صنایع قرار داد و از طرف دیگر منجر به تولید انرژی الکتریکی ارزان‌قیمت شد. *متأسفانه!* با توجه به نمودار روبه‌رو به نظر می‌رسد که تا حدود ۱۰۰ سال دیگر نفتی برای استخراج وجود نخواهد داشت.



مقدار نفت خام تولیدشده (خط سیاه) و برآوردشده (خط‌های آبی، قرمز و سبز)
خط آبی کم‌ترین، خط سبز بیشترین و خط قرمز میانگین

۳۰- زغال‌سنگ، جایگزینی برای نفت

زغال‌سنگ یکی از **سوخت‌های فسیلی** است. *آمارها!* نشان می‌دهد که طول عمر ذخایر زغال‌سنگ به ۵۰۰ سال می‌رسد؛ یعنی عمرش از نفت که طول عمر ذخایر آن حدود ۱۰۰ سال می‌باشد، بیشتر است؛ پس به نظر می‌رسد می‌تواند به عنوان سوخت، جایگزین نفت شود، *اما به همین راحتی‌ها هم نیست!*

نام سوخت	گرمای آزادشده ($kJ.g^{-1}$)	فراورده‌های سوختن	مقدار کربن دی‌اکسید به ازای هر کیلوژول انرژی تولیدشده (g)
بنزین	۴۸	CO_2 , CO , H_2O	۰/۰۶۵
زغال‌سنگ	۳۰	SO_2 , CO_2 , NO_2 , CO , H_2O	۰/۱۰۴

۱ **گرمای حاصل از سوختن ۱ گرم زغال‌سنگ، کم‌تر از ۱ گرم بنزین است** (در اثر سوختن ۱ گرم بنزین، ۴۸ kJ گرما آزاد می‌شود؛ در حالی که گرمای آزادشده در اثر سوختن ۱ گرم زغال‌سنگ برابر با ۳۰ kJ است).

۲ مقدار کربن دی‌اکسید آزادشده به ازای هر کیلوژول انرژی تولیدشده در اثر سوختن زغال‌سنگ، بیشتر از سوختن بنزین است. CO_2 بیشتر یعنی اثر گلخانه‌ای بیشتر!

۳ **جایگزینی نفت با زغال‌سنگ، باعث ورود مقدار بیشتری از انواع آلاینده‌ها به هواکره می‌شود.** در اثر سوختن (کامل یا ناقص) بنزین، فراورده‌های H_2O ، CO و CO_2 تولید می‌شود؛ در حالی که در اثر سوختن زغال‌سنگ، علاوه بر این‌ها، آلاینده‌های SO_2 و NO_2 هم تولید می‌شوند.

ترجمه عنصر اصلی و سازندهٔ زغال‌سنگ، کربن است؛ بنابراین بقیهٔ مواد مثل گوگرد، نیتروژن و ... جزء ناخالصی به شمار می‌روند. یکی از راه‌های بهبود کارایی زغال‌سنگ، **شست‌وشوی** آن به منظور **حذف گوگرد و ناخالصی‌های دیگر** است تا آلاینده‌های حاصل از سوختن آن مانند SO_2 و NO_2 حذف شوند. یک راه دیگر *به دام انداختن* گوگرد دی‌اکسید خارج‌شده از نیروگاه‌ها، عبور گازهای خروجی از روی **کلسیم اکسید** مطابق واکنش زیر است:

$$SO_2(g) + CaO(s) \longrightarrow CaSO_3(s)$$

۴ یکی از مشکلات زغال‌سنگ، شرایط دشوار استخراج آن است؛ به طوری که در سدهٔ اخیر، کارگران زیادی در اثر انفجار یا فروریختن معدن، جان خود را از دست داده‌اند.

ترجمه دلیل این انفجارها، تجمع گاز متان آزادشده در معدن است. متان، گازی سبک، بی‌بو و بی‌رنگ می‌باشد که هرگاه مقدار آن در هوای معدن به **بیش از ۵ درصد** برسد، احتمال انفجار وجود دارد.

به همین دلیل باید استانداردها و اصول ایمنی در معدن، به طور دقیق رعایت و مقدار گاز متان در هوای معدن پیوسته اندازه‌گیری و کنترل شود. البته یکی از راه‌های کاهش متان در هوای معدن، استفاده از تهویهٔ مناسب و قوی است.

تست‌های بخش ششم

۸۷۲- کدام گزینه نادرست است؟

۱) اتن نخستین عضو خانوادهٔ آلکن‌ها است که در مولکول آن یک پیوند دوگانه و چهار پیوند یگانه وجود دارد.

۲) در نام‌گذاری آلکن‌های راست‌زنجیر، پسوند «آن» در نام آلکان به «ـِ ن» تبدیل می‌شود.

۳) شمار اتم‌های هیدروژن و شمار پیوندهای اشتراکی در مولکول ۱ ـ بوتن به ترتیب ۲ و ۳ برابر این شمار در مولکول متان است.

۴) به غیر از سه عضو اول خانوادهٔ آلکن‌ها، برای نام‌گذاری بقیهٔ آن‌ها باید محل پیوند دوگانه را مشخص کرد.

۸۷۳- کدام موارد از مطالب زیر، درست‌اند؟ $(C=12, H=1: g.mol^{-1})$

آ) هیدروکربنی که به عنوان «عمل‌آورنده» در کشاورزی از آن استفاده می‌شود، سنگ‌بنای صنایع پتروشیمی است.

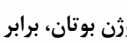
ب) شمار پیوندهای اشتراکی در دومین عضو خانوادهٔ آلکن‌ها، یک واحد کم‌تر از شمار پیوندهای اشتراکی دومین عضو خانوادهٔ آلکان‌ها است.

پ) تفاوت جرم مولی نخستین عضو خانوادهٔ آلکن‌ها با نخستین عضو خانوادهٔ آلکان‌ها، برابر ۱۴ گرم است.

ت) در ساده‌ترین آلکن شاخه‌دار، یک اتم کربن وجود دارد که با ۴ پیوند کووالانسی به سه اتم کربن دیگر متصل است.

۱) آ و ت ۲) ب و پ ۳) آ و پ ۴) ب و ت

۸۷۴- چند مورد از مطالب زیر، درست‌اند؟ $(C=12, H=1: g.mol^{-1})$

- **نام آلکن  ، ۲ ـ پنتن است و شمار اتم‌های هیدروژن آن با شمار اتم‌های هیدروژن بوتان، برابر است.**
- **درصد جرمی کربن در ۱ ـ بوتن با درصد جرمی کربن در ساده‌ترین آلکن برابر است.**
- **نام درست آلکنی که به اشتباه ۴ ـ هگزن نام‌گذاری شده است، ۲ ـ هگزن بوده و دارای ۱۲ پیوند اشتراکی « C — H » می‌باشد.**
- **یکی از نام‌های آلکنی با فرمول مولکولی C_7H_{14} می‌تواند ۳ ـ هپتن باشد که جرم مولی آن از آلکان هم‌کربن‌اش، ۲ گرم کم‌تر است.**

۱) ۴ ۲) ۳ ۳) ۲ ۴) ۱

۸۷۵- اگر جرم مولی یک آلکان ۲/۳۸٪ از جرم مولی آلکن نظیر خود (با شمار اتم‌های کربن یکسان) بیشتر باشد، فرمول مولکولی این آلکان، کدام است؟ $(C=12, H=1: g.mol^{-1})$ *(سراسری تجربی خارج از کشور ۹۵)*

۱) C_6H_{14} ۲) C_7H_{16} ۳) C_5H_{12} ۴) C_4H_{10}

۸۷۶- چند مورد از مطالب زیر، نادرست‌اند؟

- **در شمار اتم‌های کربن برابر، آلکان‌ها دو پیوند کووالانسی بیشتر از آلکن‌ها دارند.**
- **اتم‌های کربن در دومین عضو خانوادهٔ آلکن‌ها، دارای شمار اتم‌های هیدروژن متفاوتی هستند.**
- **موز و گوجه‌فرنگی رسیده، گاز اتن آزاد می‌کنند که موجب رسیدن سریع‌تر میوه‌های نارس می‌شود.**
- **فراوردهٔ واکنش گاز اتن با آب، بی‌رنگ و فرّار است و به هر نسبتی در آب حل می‌شود.**

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۸۷۷- همهٔ گزینه‌های زیر دربارهٔ واکنش گاز اتن با آب، درست‌اند، به‌جز:

۱) کاتالیزگر واکنش، ترکیبی است که از انحلال SO_3 در آب باران نیز تولید می‌شود.

۲) فراوردهٔ واکنش در تهیهٔ مواد دارویی، بهداشتی و آرایشی به کار می‌رود و در ساختار خود ۷ پیوند اشتراکی دارد.

۳) در این واکنش، اتم H به یکی از اتم‌های کربن اتن و گروه OH به یکی دیگر از اتم‌های کربن آن متصل می‌شود.

۴) فراوردهٔ واکنش یک الکل دوکربنی است و محلول آبی آن غیرالکترولیت می‌باشد.

۸۷۸- چند مورد از مطالب زیر، درست‌اند؟ $(O=16, C=12, H=1: g.mol^{-1})$

- از برم می‌توان برای شناسایی آلکن‌ها از هیدروکربن‌های سیرشده استفاده کرد.
- ساختار فراوردهٔ واکنش ۲ ـ بوتن با آب در حضور کاتالیزگر H_2SO_4 به صورت است.
- از مصرف ۵/۶ لیتر گاز اتن در شرایط STP، در واکنش با آب، ۱/۱۵ گرم فراورده حاصل می‌شود.
- در صنعت پتروشیمی، ترکیب‌ها، مواد و وسایل گوناگونی از نفت یا گاز طبیعی به دست می‌آیند که به فراورده‌های پتروشیمیایی معروف هستند.

۱) ۴ ۲) ۳ ۳) ۲ ۴) ۱

۸۷۹- کدام موارد از مطالب زیر دربارهٔ واکنش گاز اتن با برم مایع، نادرست‌اند؟

آ) نام فراوردهٔ واکنش، ۱، ۲ ـ دی‌برمو اتن است که حالت فیزیکی آن در دمای اتاق مایع می‌باشد.

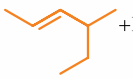
ب) مولکول برم به پیوند دوگانهٔ کربن ـ کربن در مولکول اتن افزوده می‌شود و فراوردهٔ واکنش مانند آلکان‌ها، سیرشده است.

پ) سایر آلکن‌ها مانند اتن در این واکنش شرکت می‌کنند و رنگ قرمز برم مایع را از بین می‌برند.

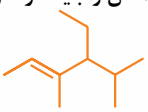
ت) نسبت شمار جفت‌الکترون‌های پیوندی به شمار جفت‌الکترون‌های ناپیوندی در فراوردهٔ واکنش، برابر $\frac{5}{6}$ است.

۱) آ و ت ۲) ب و پ ۳) آ و پ ۴) ب و ت

۸۸۰- پاسخ نادرست پرسش‌های «آ» و «ب» و پاسخ درست پرسش «پ» در کدام گزینه آمده است؟

آ) نام فراوردهٔ واکنش  چیست؟

ب) برای تهیهٔ ۲، ۳ـ دی‌برمو بوتان، کدام آلکن را باید در شرایط مناسب با برم مایع واکنش داد؟

پ) نام فراوردهٔ واکنش  چیست؟

۱) ۲، ۳ ـ دی‌برمو ـ ۴ ـ متیل هگزان، ۲ ـ بوتن، ۴ ـ اتیل ـ ۳، ۵ ـ دی‌متیل هگزان

۲) ۲ ـ اتیل ـ ۳، ۴ ـ دی‌برمو هگزان، ۱ ـ بوتن، ۳ ـ اتیل ـ ۲، ۴ ـ دی‌متیل هگزان

۳) ۲، ۳ ـ دی‌برمو ـ ۴ ـ متیل هگزان، ۲ ـ بوتن، ۳ ـ اتیل ـ ۲، ۴ ـ دی‌متیل هگزان

۴) ۲ ـ اتیل ـ ۳، ۴ ـ دی‌برمو هگزان، ۱ ـ بوتن، ۴ ـ اتیل ـ ۳، ۵ ـ دی‌متیل هگزان

۸۸۱- اگر بازده واکنش تهیهٔ صنعتی اتانول ۶۰٪ باشد، برای تهیهٔ ۶۹ کیلوگرم اتانول ۸۰٪ خالص به چند کیلوگرم اتن خالص نیاز است؟ $(O=16, C=12, H=1: g.mol^{-1})$

۱) ۵۶ ۲) ۸۷/۵ ۳) ۷۸/۵ ۴) ۸۰

۸۸۲- اگر در واکنش ۶/۷۲ لیتر گاز اتن در شرایط استاندارد با مقدار کافی برم مایع، ۲۲/۵۶ گرم فراوردهٔ سیرشده تولید شود، بازده درصدی واکنش کدام است؟ $(Br=80, C=12, H=1: g.mol^{-1})$

۱) ۸۰ ۲) ۴۰ ۳) ۲۰ ۴) ۶۰

۸۸۳- مخلوطی از گازهای اتان و اتیلن به جرم ۲۰ گرم می‌توانند حداکثر رنگ ۸۰ گرم برم را به طور کامل از بین ببرند. درصد جرمی اتان در مخلوط اولیه کدام است؟ $(Br=80, C=12, H=1: g.mol^{-1})$

۱) ۲۰ ۲) ۳۰ ۳) ۵۰ ۴) ۶۰

۸۸۴- ۲۷ گرم از مخلوط یک آلکن و یک آلکان به نسبت مولی ۱ به ۲، با مصرف ۲/۲۴ لیتر گاز هیدروژن در شرایط استاندارد به طور کامل سیر می‌شود. این دو هیدروکربن کدام‌اند؟ $(C=12, H=1: g.mol^{-1})$ *(المپیاد شیمی ۸۶)*

۱) بوتن و نونان ۲) پروپن و نونان ۳) بوتن و اوکتان ۴) پروپن و اوکتان

۸۸۵- کدام عبارت نادرست است؟

۱) واکنش‌پذیری شیمیایی آلکین‌ها در مقایسه با واکنش‌پذیری آلکن‌ها و آلکان‌ها بیشتر است.

۲) شمار اتم‌های هیدروژن آلکینی با ۴ اتم کربن، نصف شمار اتم‌های هیدروژن آلکانی با ۵ اتم کربن است.

۳) هیدروکربنی با فرمول مولکولی C_8H_{14} می‌تواند متعلق به خانوادهٔ آلکین‌ها باشد.

۴) اتین و هیدروژن سیانید، هیدروکربن‌هایی هستند که در ساختار خود یک پیوند سه‌گانه دارند.

۸۸۶- چند مورد از مطالب زیر، درست‌اند؟

- در جوش کاربیدی، از سوختن گاز اتین برای تأمین دمای لازم برای جوش‌دادن قطعه‌های فلزی استفاده می‌شود.
- در مدل گلوله ـ میلهٔ ساده‌ترین آلکین، ۴ گلوله به وسیلهٔ ۵ میله به یکدیگر متصل شده‌اند.
- گاز فندک و گاز جوشکاری به ترتیب به خانوادهٔ آلکان‌ها و آلکین‌ها تعلق دارند.
- هیدروکربنی با فرمول پیوند ـ خط ، سومین عضو خانوادهٔ آلکین‌ها می‌باشد که دارای ۱۱ پیوند اشتراکی است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۸۸۷- چند مورد از مطالب زیر دربارهٔ ساده‌ترین آلکین، درست‌اند؟

- در گذشته آن را با نام اتیلن می‌خواندند.
- تنها هیدروکربنی است که شمار اتم‌های کربن و هیدروژن در آن برابر است.
- با جایگزین‌کردن اتم‌های هیدروژن در آن با گروه‌های متیل و اتیل، ترکیب ۳ ـ پنتین به دست می‌آید.
- درصد جرمی کربن در آن از هر آلکان، آلکن و آلکین دیگری بیشتر است.
- شمار پیوندهای کووالانسی آن نصف شمار پیوندهای کووالانسی اتانول است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۸۸۸- کدام گزینه در مورد هیدروکربنی با فرمول پیوند ـ خط ، نادرست است؟

۱) به خانوادهٔ آلکین‌ها تعلق دارد و نام آن ۲ ـ پنتین است.

۲) فرمول مولکولی آن C_5H_8 است و دارای ۱۴ پیوند اشتراکی می‌باشد.

۳) چهارمین عضو خانوادهٔ خود است و واکنش‌پذیری شیمیایی بیشتری از بوتان دارد.

۴) برای سوختن کامل ۱ مول از آن، ۸ مول اکسیژن نیاز است.

۸۸۹- از سوختن کامل ۰/۲۵ مول از یک آلکین، ۱۳/۵ گرم آب به دست می‌آید. جرم مولکولی این آلکین کدام است؟ *(سراسری ریاضی خارج از کشور ۹۴)*

$(O=16, C=12, H=1 : g.mol^{-1})$

۱) ۵۸ ۲) ۵۶ ۳) ۵۴ ۴) ۵۲

۸۹۰- وزن آب تولیدشده برحسب گرم در واکنش سوختن کامل یک مول از یک هیدروکربن، برابر جرم مولی هیدروکربن است. این هیدروکربن کدام است؟ $(O=16, C=12, H=1 : g.mol^{-1})$ (معادله موازنه شود.) $aC_xH_y + bO_2 \longrightarrow cCO_2 + dH_2O$ *(سراسری ریاضی خارج از کشور ۹۸)*

۱) بوتین ۲) بوتان

۳) پروپن ۴) پروپان

۸۹۱- پاسخ درست پرسش «آ» و پاسخ نادرست پرسش‌های «ب» و «پ» در کدام گزینه آمده است؟

آ) فرمول مولکولی C_5H_{10} را به چند هیدروکربن می‌توان نسبت داد که با برم مایع واکنش می‌دهند؟

ب) مخلوطی از یک مول اتن و یک مول اتین در شرایط مناسب حداکثر با چند مول برم مایع به طور کامل واکنش می‌دهند؟

پ) برای هیدروکربنی با فرمول مولکولی C_6H_{10} چند آلکین بدون شاخهٔ فرعی متیل می‌توان رسم کرد؟

۱) ۵ ـ ۳ ـ ۳ ۲) ۵ ـ ۲ ـ ۲ ۳) ۶ ـ ۲ ـ ۳ ۴) ۶ ـ ۳ ـ ۲

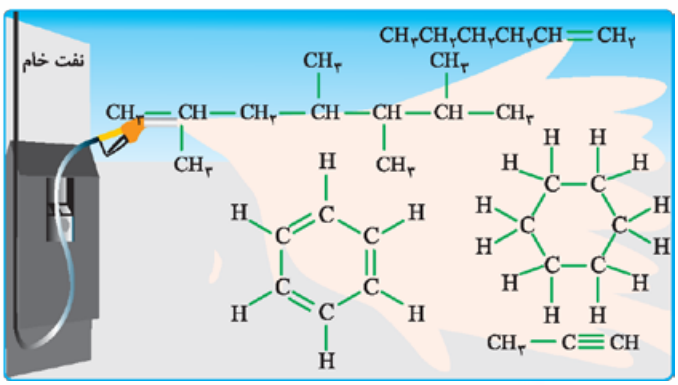
۸۹۲- مخلوطی با نسبت مولی برابر از یک آلکان و آلکین هم‌کربن را به طور کامل سوزانده‌ایم. نسبت جرم آب تولیدشده به جرم آلکین اولیه برابر ۲/۷ است. آلکان یا آلکین موردنظر چند اتم کربن دارد؟ $(O=16, C=12, H=1 : g.mol^{-1})$ *(المپیاد شیمی ۸۷ با کمی تغییر)*

۱) دو ۲) سه ۳) چهار ۴) پنج

۸۹۳- مخلوطی شامل اتن و اتین به جرم ۱۴۲ گرم، در مجموع با ۶ مول برم مایع به طور کامل واکنش می‌دهد. درصد جرمی هیدروکربن سبک‌تر در این مخلوط به تقریب کدام است؟ $(C=12, H=1 : g.mol^{-1})$

۱) ۱۵/۸ ۲) ۱۸ ۳) ۴۴/۱ ۴) ۸۴/۲

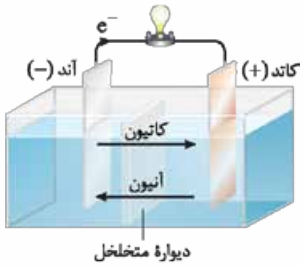
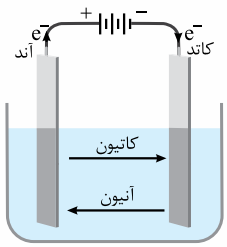
۸۹۴- با توجه به شکل زیر که برخی از هیدروکربن‌های سازندهٔ نفت خام را نشان می‌دهد، چند مورد از مطالب داده‌شده درست‌اند؟



- نام یکی از آلکان‌های موجود در نفت خام، ۲، ۳، ۴، ۶ ـ تترامتیل هپتان است.
- سه هیدروکربن می‌توانند در شرایط مناسب رنگ قرمز برم مایع را از بین ببرند.
- فرمول مولکولی ۲تا از این هیدروکربن‌ها مشابه یکدیگر است.
- علاوه بر هیدروکربن‌های زنجیری، هیدروکربن‌های حلقوی و آروماتیک هم در نفت خام وجود دارد.
- هیچ‌یک از این هیدروکربن‌ها در آب حل نمی‌شوند، اما همگی در حالت مایع می‌توانند ید را در خود حل کنند.

۱) ۵
۲) ۴
۳) ۳
۴) ۲

ـ جمع‌بندی ـ

	سلول گالوانی	سلول الکترولیتی
		
تفاوت‌ها	انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود.	انرژی الکتریکی به انرژی شیمیایی تبدیل می‌شود.
	یک واکنش شیمیایی در جهت طبیعی پیش می‌رود.	با اعمال یک ولتاژ بیرونی، یک واکنش اکسایش ـ کاهش دلخواه انجام می‌شود.
	دارای دو الکترولیت است که توسط دیواره‌ای متخلخل از هم جدا شده‌اند (الکترولیت‌ها حاوی کاتیون‌هایی از جنس الکترودها هستند).	دو الکترود درون یک الکترولیت قرار گرفته‌اند (الکترولیت، یک محلول یونی یا یک ترکیب یونی مذاب است).
	آند، قطب منفی و کاتد، قطب مثبت است.	آند، قطب مثبت و کاتد، قطب منفی است.
	معمولاً الکترودهای آند و کاتد در واکنش شرکت می‌کنند.	معمولاً الکترودهای آند و کاتد بی‌اثرند و در واکنش شرکت نمی‌کنند.
شباهت‌ها	اکسایش در آند و کاهش در کاتد انجام می‌شود.	اکسایش در آند و کاهش در کاتد انجام می‌شود.
	جهت حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی از آند به کاتد است.	جهت حرکت الکترون‌ها در مدار بیرونی از آند به کاتد است.
	کاتیون‌ها به سمت کاتد و آنیون‌ها به سمت آند مهاجرت می‌کنند.	کاتیون‌ها به سمت کاتد و آنیون‌ها به سمت آند مهاجرت می‌کنند.

۱۰- برقکافت آب

یکی از کاربردهای سلول‌های الکترولیتی، برقکافت مواد است. برقکافت آب فرایندی است که در آن، جریان برق از آب عبور داده می‌شود و طی آن، آب به عنصرهای سازنده‌اش (H_2 و O_2) تجزیه می‌شود. نیم‌واکنش‌های انجام‌شده در سلول الکترولیتی برقکافت آب به صورت زیر است:

نیم‌واکنش کاهش در کاتد (قطب منفی): $4H_2O(l) + 4e^- \longrightarrow 2H_2(g) + 4OH^-(aq)$

نیم‌واکنش اکسایش در آند (قطب مثبت): $2H_2O(l) \longrightarrow O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^-$

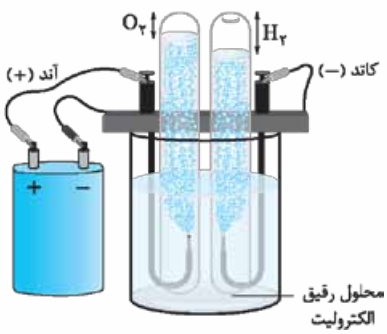
پس یادتون باشه از کاهش مولکول‌های آب، گاز هیدروژن و یون هیدروکسید (OH^-) و از اکسایش مولکول‌های آب، گاز اکسیژن و یون هیدروژن (H^+) پدید می‌آید.

با جمع‌کردن نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش، واکنش کلی برقکافت آب به دست می‌آید: $2H_2O(l) \longrightarrow 2H_2(g) + O_2(g)$:واکنش کلی

۱ مقدار یون‌های H^+ و OH^- در آب خالص بسیار کم است؛ به همین دلیل آب خالص رسانایی الکتریکی ناچیزی دارد. به همین دلیل برای برقکافت آب، باید اندکی الکترولیت (مانند H_2SO_4، KNO_3 و ...) به آب اضافه کرد.

۲ در برقکافت آب، در کاتد یون OH^- و در آند یون H^+ تولید می‌شود، پس محیط پیرامون کاتد، بازی $(pH > 7)$ و محیط پیرامون آند، اسیدی $(pH < 7)$ می‌شود؛ بنابراین کاغذ pH در محلول پیرامون کاتد به رنگ آبی و در محلول پیرامون آند، به رنگ سرخ درمی‌آید. ولی *خواستون باشه* که pH کل الکترولیت تغییری نمی‌کند؛ زیرا ضرایب H^+ و OH^- در نیم‌واکنش‌ها با هم برابر است.

۳ در برقکافت آب، گاز هیدروژن در کاتد و گاز اکسیژن در آند، تولید می‌شود. با توجه به ضرایب استوکیومتری در واکنش کلی، حجم گاز هیدروژن تولیدشده در کاتد، دو برابر حجم گاز اکسیژن تولیدشده در آند است.



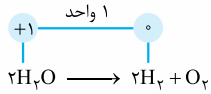
$$2H_2O(l) \longrightarrow \underbrace{2\,H_2(g)}_{\text{در کاتد }(-)\ ،\ 2\text{ مول}} + \underbrace{O_2(g)}_{\text{در آند }(+)\ ،\ 1\text{ مول}}$$

$$\underbrace{2\times 2 = 4\ g \quad 1\times 32 = 32\ g}_{\frac{\text{جرم گاز آند}}{\text{جرم گاز کاتد}} = \frac{32}{4} = 8\ ،\ \frac{\text{حجم گاز آند}}{\text{حجم گاز کاتد}} = \frac{1}{2}}$$

ـ تمرین ۱۳۲ ـ با عبور یک مول الکترون از مدار یک سلول الکترولیتی که در آن برقکافت آب انجام می‌شود، چند گرم گاز در کاتد تولید می‌شود؟ $(O = 16\ ,\ H = 1 : g.mol^{-1})$

۱) ۱ ۲) ۴ ۳) ۸ ۴) ۱۶

پاسخ گزینهٔ «۱» در برقکافت آب، در کاتد گاز هیدروژن تولید می‌شود. حالا برای این‌که شمار الکترون‌های مبادله‌شده را به گاز هیدروژن ربط دهیم، دو راه داریم. یا نیم‌واکنش کاهش مولکول‌های آب $(4H_2O + 4e^- \longrightarrow 2H_2 + 4OH^-)$ را *مفظیم و سریع می‌گیم* که به ازای عبور ۴ مول الکترون، ۲ مول گاز هیدروژن تولید می‌شود. یا این‌که با استفاده از واکنش کلی و فرمولی که *بهتون* یاد دادیم، شمار الکترون‌های مبادله‌شده را به دست می‌آوریم:



$$\text{شمار الکترون‌های مبادله‌شده} = \underset{\text{ضریب } H_2O}{\downarrow 2} \times \underset{\text{شمار (زیروند) هیدروژن}}{\downarrow 2} \times \underset{\text{تغییر عدد اکسایش هیدروژن}}{\downarrow 1} = 4 \Longrightarrow \frac{2\ \text{mol}\ H_2}{4\ \text{mol}\ e^-}$$

$$1\ \text{mol}\ e^- \times \frac{2\ \text{mol}\ H_2}{4\ \text{mol}\ e^-} \times \frac{2\ \text{g}\ H_2}{1\ \text{mol}\ H_2} = 1\ \text{g}\ H_2$$

اندیشه همان‌طور که دیدید در برقکافت آب در سلول الکترولیتی، انرژی الکتریکی مصرف می‌شود، از این رو هزینهٔ بالایی دارد. شیمی‌دان‌ها سلول‌های الکتروشیمیایی دیگری طراحی کرده‌اند که در آن‌ها برای انجام واکنش اکسایش ـ کاهش به جای مصرف انرژی الکتریکی، از نور استفاده می‌شود. این سلول‌ها را **سلول نور الکتروشیمیایی** می‌نامند.

در نمونه‌ای از این سلول‌ها که برای تهیهٔ گاز هیدروژن از آب به کار می‌رود، با تابیده‌شدن نور خورشید به آند، سیلیسیم به سیلیسیم دی‌اکسید اکسایش و مولکول‌های آب در کاتد به گاز هیدروژن کاهش می‌یابند.

نیم‌واکنش آندی: $Si(s) + 2H_2O(l) \longrightarrow SiO_2(s) + 4H^+(aq) + 4e^-$ $\quad E^\circ = -0/84\ V$

نیم‌واکنش کاتدی: $4H_2O(l) + 4e^- \longrightarrow 2H_2(g) + 4OH^-(aq)$ $\quad E^\circ = -0/83\ V$

واکنش کلی: $Si(s) + 2H_2O(l) \longrightarrow SiO_2(s) + 2H_2(g)$

$$emf = E^\circ(\text{کاتد}) - E^\circ(\text{آند})$$
$$= -0/83 - (-0/84) = 0/01\ V$$

همان‌طور که می‌بینید emf این سلول بسیار کم است. علاوه بر این، یافته‌های تجربی **پایین‌بودن بازده** و **سرعت انجام واکنش** در این سلول را هم تأیید کرده‌اند *اما با این اوصاف!* برخی استفاده از این سلول‌ها را برای تهیهٔ گاز هیدروژن توصیه می‌کنند؛ زیرا هیدروژن یک سوخت پاک است و آلایندگی کم‌تری نسبت به سوخت‌های فسیلی دارد.

۱۱- برقکافت سدیم کلرید مذاب

فلز سدیم یک **کاهندهٔ قوی** است که در طبیعت **به حالت آزاد یافت نمی‌شود.** این عنصر در ترکیب‌های گوناگون و طبیعی خود تنها به شکل یون سدیم وجود دارد. از این واقعیت می‌توان فهمید که فلز سدیم بسیار واکنش‌پذیر است و یون‌های سدیم بسیار پایدارتر از اتم‌های آن هستند. به همین دلیل برای تهیهٔ فلز سدیم، باید انرژی زیادی مصرف کرد. فلز سدیم را از برقکافت سدیم کلرید مذاب در یک سلول الکترولیتی تهیه می‌کنند.

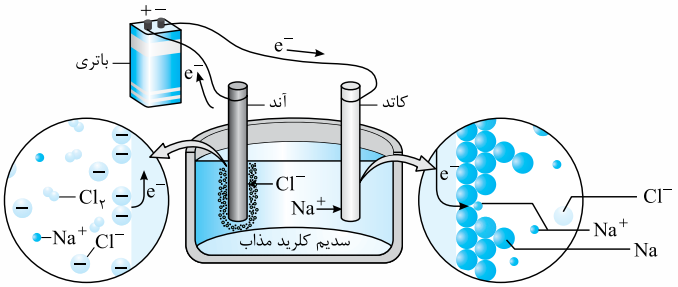
در برقکافت ترکیب‌های یونی مذاب، آنیون‌های ترکیب موردنظر به سمت آند (قطب مثبت سلول) و کاتیون‌های آن به سمت کاتد (قطب منفی سلول) حرکت می‌کنند تا به ترتیب اکسایش و کاهش یابند؛ به همین دلیل **در فرایند برقکافت ترکیب‌های یونی مذاب با الکترودهای بی‌اثر گرافیتی، در کاتد فلز و در آند، نافلز سازندهٔ ترکیب به دست می‌آید.**

خب! در سلول الکترولیتی مربوط به برقکافت سدیم کلرید مذاب، کاتیون‌ها (Na^+) به سمت کاتد و آنیون‌ها (Cl^-) به سمت آند رفته و نیم‌واکنش‌های زیر در آن‌ها اتفاق می‌افتد (به حالت فیزیکی مواد شرکت‌کننده در نیم‌واکنش‌ها دقت کنید):

نیم‌واکنش آندی (در قطب مثبت): $2Cl^-(l) \longrightarrow Cl_2(g) + 2e^-$

نیم‌واکنش کاتدی (در قطب منفی): $2Na^+(l) + 2e^- \longrightarrow 2Na(l)$

واکنش کلی سلول: $2NaCl(l) \longrightarrow 2Na(l) + Cl_2(g)$



همان‌طور که دیدید در این فرایند، سدیم مایع در کاتد و گاز زردرنگ کلر در آند به دست می‌آید.

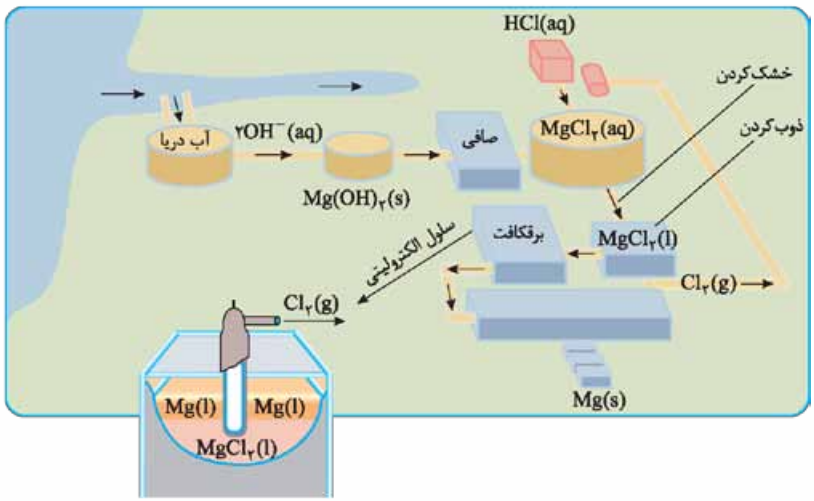
توجه برای تهیهٔ فلز سدیم، ابتدا باید سدیم کلرید را به حالت مذاب درآوریم. NaCl خالص در دمای $801\ ^\circ C$ ذوب می‌شود که افزودن مقداری $CaCl_2$ (به عنوان کمک‌ذوب) دمای ذوب آن را تا حدود $587\ ^\circ C$ پایین می‌آورد. (یعنی حدود $801 - 587 = 214$ درجه، نقطهٔ ذوب را کاهش می‌دهد.) این کار از نظر اقتصادی به‌صرفه‌تر است؛ زیرا انرژی کم‌تری مصرف می‌شود.

–جمع‌بندی–

برقکافت سدیم کلرید مذاب:
- در یک سلول الکترولیتی انجام می‌شود.
- در کاتد (قطب منفی) فلز سدیم تولید می‌شود: $Na^+(l) + e^- \longrightarrow Na(l)$
- در آند (قطب مثبت) گاز کلر تولید می‌شود: $2Cl^-(l) \longrightarrow Cl_2(g) + 2e^-$
- واکنش کلی آن به‌صورت روبه‌رو است: $2NaCl(l) \longrightarrow 2Na(l) + Cl_2(g)$
- برای کاهش نقطهٔ ذوب سدیم کلرید، به آن کلسیم کلرید اضافه می‌شود.

۱۲- تهیهٔ فلز منیزیم از آب دریا

فلز منیزیم جزء فلزهای فعال است و در صنعت آن را از برقکافت منیزیم کلرید مذاب تهیه می‌کنند. منیزیم در آب دریا به شکل یون $Mg^{2+}(aq)$ وجود دارد. مراحل تهیهٔ این فلز از آب دریا به صورت زیر است:



۱) در ابتدا کاتیون‌های منیزیم را به صورت مادهٔ جامد و نامحلول $Mg(OH)_2$ رسوب می‌دهند.[1] (فرایند شیمیایی)

$$Mg^{2+}(aq) + 2OH^-(aq) \longrightarrow Mg(OH)_2(s)$$

۲) منیزیم هیدروکسید توسط صافی جدا شده و در اثر واکنش با محلول هیدروکلریک اسید، به منیزیم کلرید محلول در آب تبدیل می‌شود: (فرایند شیمیایی)

$$Mg(OH)_2(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow MgCl_2(aq) + 2H_2O(l)$$

۳) با تبخیر آب و خشک‌کردن محلول، منیزیم کلرید جامد به دست می‌آید. (فرایند فیزیکی)

۴) منیزیم کلرید جامد را ذوب می‌کنند. (فرایند فیزیکی)

$$MgCl_2(s) \xrightarrow{\Delta} MgCl_2(l)$$

۵) منیزیم کلرید مذاب را در یک سلول الکترولیتی برقکافت می‌کنند تا فلز منیزیم به دست آید: (فرایند شیمیایی)

نیم‌واکنش اکسایش (قطب مثبت): $2Cl^-(l) \longrightarrow Cl_2(g) + 2e^-$

نیم‌واکنش کاهش (قطب منفی): $Mg^{2+}(l) + 2e^- \longrightarrow Mg(l)$

واکنش کلی: $\underbrace{Mg^{2+}(l) + 2Cl^-(l)}_{MgCl_2(l)} \longrightarrow Mg(l) + Cl_2(g)$

توجه از گاز Cl_2 تولیدشده، برای تهیهٔ هیدروکلریک اسید استفاده می‌شود. در ضمن فلز منیزیم تولیدشده، سبک بوده و روی سلول جمع می‌شود. *(شکل رو نگاه کنید!)*

۱- برای این کار می‌توان از کلسیم هیدروکسید استفاده کرد.

تست‌های بخش چهارم

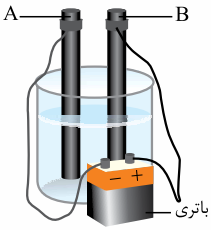
۱۸۰۹- کدام عبارت دربارهٔ سلول الکترولیتی درست است؟ *(سراسری ریاضی ۸۵ با کمی تغییر)*

۱) در آن، بر اثر نیروی برق، تغییر شیمیایی در مواد به وجود می‌آید.
۲) کاتد در آن، برخلاف سلول گالوانی، قطب مثبت است.
۳) در آن، یک واکنش شیمیایی در جهت طبیعی پیش رانده می‌شود.
۴) الکترودی که به قطب منفی منبع برق متصل است، محل اکسایش است.

۱۸۱۰- در یک سلول ..... با انجام یک واکنش اکسایش ـ کاهش ..... الکترون‌ها در مدار بیرونی از ..... به سوی ..... می‌روند. *(سراسری ریاضی خارج از کشور ۹۷)*

۱) گالوانی ـ غیر خودبه‌خودی ـ کاتد ـ آند
۲) الکترولیتی ـ غیر خودبه‌خودی ـ کاتد ـ آند
۳) گالوانی ـ خودبه‌خودی ـ قطب منفی ـ قطب مثبت
۴) الکترولیتی ـ خودبه‌خودی ـ قطب مثبت ـ قطب منفی

۱۸۱۱- کدام گزینه دربارهٔ شکل روبه‌رو نادرست است؟



۱) یک سلول الکترولیتی را نشان می‌دهد.
۲) الکترود A و B می‌توانند از جنس گرافیت باشند.
۳) A آند و B کاتد است.
۴) جهت حرکت الکترون در مدار بیرونی از B به سمت A است.

۱۸۱۲- اگر برقکافت یک سلول الکترولیتی با ولتاژ ۱/۵ ولت قابل انجام باشد، با اتصال سلول گالوانی استاندارد تشکیل‌شده از الکترودهای کدام دو فلز به آن، برقکافت در آن انجام می‌شود؟ *(سراسری تجربی ۹۳)*

$B^{3+}(aq) / B(s) = -0/44\ V$
$A^{2+}(aq) / A(s) = -0/76\ V$
$E^{2+}(aq) / E(s) = +0/34\ V$
$D^{2+}(aq) / D(s) = +0/80\ V$

۱) A و D
۲) B و D
۳) B و E
۴) D و E

۱۸۱۳- با توجه به شکل روبه‌رو که مربوط به برقکافت آب است، کدام گزینه درست است؟

۱) گاز B، دومین گاز فراوان هواکره است.
۲) D قطب مثبت است و در آن فرایند اکسایش انجام می‌شود.
۳) گاز A را می‌توان از واکنش منیزیم با $HCl(aq)$ هم تهیه کرد.
۴) نیم‌واکنش انجام‌شده در الکترودی که به قطب C وصل است، نیم‌واکنش اکسایش است.

۱۸۱۴- کدام گزینه دربارهٔ نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش مولکول‌های آب در سلول الکترولیتی مربوط به برقکافت آن، نادرست است؟

۱) نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش مولکول‌های آب، به ترتیب در قطب‌های مثبت و منفی انجام می‌شوند.
۲) شمار الکترون‌های مبادله‌شده در نیم‌واکنش‌ها، به ازای تعداد مولکول‌های آب یکسان، برابر است.
۳) نیم‌واکنش‌های اکسایش و کاهش مولکول‌های آب، به ترتیب باعث کاهش و افزایش pH محیط اطراف آند و کاتد می‌شوند.
۴) از جمع این دو نیم‌واکنش، واکنشی به دست می‌آید که مجموع ضرایب آن برابر با ۵ است.

۱۸۱۵- چند مورد از مطالب زیر دربارهٔ فرایند برقکافت آب، درست است؟ $(O = 16, H = 1: g.mol^{-1})$

- **در شرایط یکسان، نسبت حجمی گاز تولیدشده در کاتد به آند برابر ۲ است.**
- **با گذشت زمان، pH محلول اطراف کاتد افزایش می‌یابد.**
- **نسبت جرمی گاز تولیدشده در آند به کاتد در یک بازهٔ زمانی معین برابر ۸ است.**
- **از آن‌جا که آب خالص فاقد رسانایی الکتریکی است، برای برقکافت آن باید اندکی الکترولیت به آب افزوده شود.**

۱) ۲
۲) ۱
۳) ۴
۴) ۳

۱۸۱۶- همهٔ عبارت‌های زیر در مورد نیم‌واکنش‌های انجام‌شده در برقکافت آب درست‌اند، به‌جز: $(H = 1 g.mol^{-1})$

۱) نیم‌واکنش اکسایش به صورت $H_2O(l) \longrightarrow O_2(g) + H^+(aq) + e^-$ است که باعث می‌شود pH اطراف قطب مثبت، کاهش یابد.
۲) به ازای تولید $9/03 \times 10^{23}$ الکترون در آند، $8/4$ لیتر گاز اکسیژن در شرایط STP تولید می‌شود.
۳) نیم‌واکنش کاهش به صورت $H_2O + e^- \longrightarrow H_2 + OH^-$ است که باعث می‌شود رنگ کاغذ pH در اطراف کاتد، آبی شود.
۴) به ازای مصرف $18/06 \times 10^{22}$ الکترون در کاتد، ۳ گرم گاز هیدروژن تولید می‌شود.

۱۸۱۷- اگر در فرایند برقکافت آب، ۱۳/۴۴ لیتر گاز (در شرایط STP) در کاتد تولید شود، شمار الکترون‌های عبورکرده از مدار و جرم گاز تولیدشده در آند، برحسب گرم کدام است؟ $(O = 16, H = 1: g.mol^{-1})$

۱) $7/224 \times 10^{23}$ ـ ۶/۹
۲) $7/224 \times 10^{22}$ ـ ۶/۹
۳) $7/224 \times 10^{22}$ ـ ۹/۶
۴) $7/224 \times 10^{23}$ ـ ۹/۶

۱۸۱۸- ۲ کیلوگرم آب $25\ ^\circ C$ ($d = 1\ g.mL^{-1}$) را در شرایط مناسب برقکافت می‌کنیم. اگر حجم گاز تولیدشده در آند در شرایط STP برابر $560\ mL$ باشد، تغییر pH محلول اطراف کاتد، چند واحد است؟ (از تغییر جرم آب چشم‌پوشی کنید.)

۱) ۱/۶ ۲) ۵/۴ ۳) ۱/۴ ۴) ۵/۷

۱۸۱۹- همهٔ یون‌های هیدروکسید حاصل از کاهش ۰/۹ گرم آب در یک سلول الکترولیتی را با چند میلی‌لیتر محلول هیدروکلریک اسید با $pH = 1$ می‌توان خنثی کرد؟ ($O = 16, H = 1 : g.mol^{-1}$)

۱) ۲۰۰ ۲) ۲۵۰ ۳) ۵۰۰ ۴) ۱۰۰۰

۱۸۲۰- در یک آزمایش تجزیهٔ آب به عنصرهای سازندهٔ آن، از $1\ kg$ آب‌نمک با غلظت ۱٪ به عنوان الکترولیت استفاده شده است. اگر آزمایش تا زمانی ادامه یابد که غلظت آب‌نمک به ۲٪ برسد، حجم گازهای تولیدشده در شرایط STP، به تقریب چند لیتر است؟ ($O = 16, H = 1 : g.mol^{-1}$)

$H_2O(l) \longrightarrow H_2(g) + O_2(g)$ (معادله موازنه شود.)

۱) ۳۱۱ ۲) ۶۲۲ ۳) ۹۳۳ ۴) ۱۸۶۶ *(سراسری تجربی ۹۸)*

۱۸۲۱- با توجه به E°های داده‌شده حداقل ولتاژ لازم برای برقکافت آب، کدام است؟

$O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \longrightarrow 2H_2O(l)$ $\quad E^\circ = +1/2\ V$

$2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$ $\quad E^\circ = 0\ V$

$2H_2O(l) + 2e^- \longrightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$ $\quad E^\circ = -0/83$

۱) ۲/۰۳ ۲) ۰/۳۷ ۳) ۱/۲ ۴) ۰/۸۳

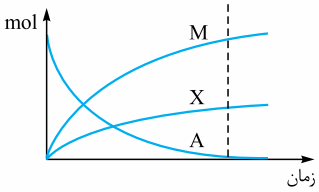
۱۸۲۲- چه تعداد از مطالب زیر دربارهٔ فلز سدیم، درست است؟

- یک کاهندهٔ قوی است که در طبیعت به حالت آزاد یافت می‌شود.
- در ترکیب‌های خود تنها به شکل یون سدیم (Na^+) وجود دارد.
- خصلت فلزی و واکنش‌پذیری آن بیشتر از لیتیم است.
- برای تهیهٔ آن از برقکافت محلول آبی سدیم کلرید استفاده می‌شود.

۱) ۴ ۲) ۳ ۳) ۲ ۴) ۱

۱۸۲۳- اگر نمودار زیر مربوط به تغییرات مول مواد شرکت‌کننده در واکنش برقکافت سدیم کلرید مذاب باشد، کدام گزینه نادرست است؟

($Cl = 35/5, Na = 23 : g.mol^{-1}$)



۱) A یک ترکیب یونی دوتایی با نقطهٔ ذوب $801\ ^\circ C$ است که افزودن مقداری $CaCl_2$ به آن، نقطهٔ ذوب را به اندازهٔ ۲۱۴ درجه پایین می‌آورد.

۲) X گازی است دواتمی که در قطب مثبت این سلول تولید می‌شود و در دمای اتاق به سرعت با گاز H_2 واکنش می‌دهد.

۳) M فلزی است از دستهٔ s جدول دوره‌ای که واکنش آن با کلر، کندتر از واکنش پتاسیم با کلر است.

۴) به ازای تولید ۱ مول از عنصر M در کاتد، ۰/۵ مول عنصر X در آند تولید می‌شود.

۱۸۲۴- اگر در برقکافت نمک خوراکی مذاب، مقدار الکتریسیتهٔ مصرفی برابر بار الکتریکی ۰/۲ مول الکترون باشد، گاز به دست آمده با چند میلی‌لیتر محلول ۰/۱ مولار پتاسیم یدید به طور کامل واکنش می‌دهد؟ *(سراسری ریاضی خارج از کشور ۹۵ با تغییر)*

۱) ۵۰۰ ۲) ۱۰۰۰ ۳) ۱۵۰۰ ۴) ۲۰۰۰

۱۸۲۵- در یک کارگاه، از گاز کلر حاصل از یک سلول برقکافت سدیم کلرید مذاب برای تهیهٔ مایع سفیدکنندهٔ خانگی (محلول ۵٪ جرمی از $NaClO(aq)$)، طبق واکنش موازنه‌نشدهٔ $NaOH(aq) + Cl_2(g) \longrightarrow NaCl(aq) + NaClO(aq) + H_2O(l)$ استفاده می‌شود. در این کارگاه به ازای تولید $1/150\ kg$ فلز سدیم، به تقریب چند لیتر محلول سفیدکننده ($d \simeq 1\ g.mL^{-1}$) تولید می‌شود؟ ($Cl = 35/5, Na = 23, O = 16 : g.mol^{-1}$)

۱) ۳۵/۷۸ ۲) ۳۷/۲۵ ۳) ۵۱/۵۶ ۴) ۷۴/۵ *(سراسری تجربی ۹۵)*

۱۸۲۶- کدام مورد دربارهٔ برقکافت نمک سرب (II) یدید مذاب، نادرست است؟

۱) در کاتد فلز سرب تولید می‌شود.

۲) ید در قطب مثبت تهیه می‌شود.

۳) نسبت مولی عنصر تولیدشده در آند به کاتد، ۲ به ۱ است.

۴) نیم‌واکنش انجام‌شده در آند سلول به صورت $2I^-(l) \longrightarrow I_2(s) + 2e^-$ است.

۱۸۲۷- کدام گزینه دربارهٔ مراحل استخراج فلز منیزیم از آب دریا، نادرست است؟

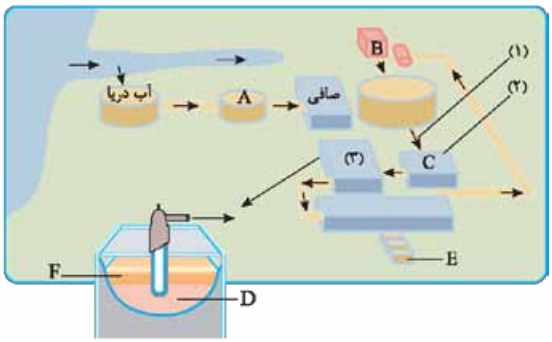
۱) در مرحلهٔ نخست با افزودن یون هیدروکسید به آب دریا، منیزیم را به صورت $Mg(OH)_2(s)$ رسوب می‌دهند که در این واکنش، فلز منیزیم نقش کاهنده را دارد.

۲) رسوب تولیدشده در مرحلهٔ نخست، پس از عبور از صافی، برای تولید منیزیم کلرید با هیدروکلریک اسید واکنش می‌دهد.

۳) پس از خشک و ذوب کردن منیزیم کلرید، آن را در یک سلول الکترولیتی، برقکافت می‌کنند.

۴) فراوردهٔ جانبی استخراج این فلز، گاز زردرنگ کلر است که در دمای اتاق به آرامی با گاز H_2 واکنش داده و HCl تولید می‌کند.

۱۸۲۸- با توجه به شکل روبه‌رو که مراحل تهیهٔ فلز منیزیم را از آب دریا نشان می‌دهد، کدام مطلب درست است؟



۱) pH قسمت‌های A و B به تقریب با هم برابر و بزرگ‌تر از ۷ است.

۲) فرایندهای (۱) و (۲) مانند فرایند (۳)، یک تغییر فیزیکی محسوب می‌شود.

۳) برخلاف حالت فیزیکی مواد C و D، حالت فیزیکی مواد E و F یکسان است.

۴) مواد موجود در قسمت‌های B، C و E به ترتیب جزء مواد مولکولی، یونی و فلزی دسته‌بندی می‌شوند.

۱۸۲۹- اگر شمار الکترون‌های عبور داده شده از سلول الکترولیتی برقکافت سدیم کلرید مذاب و سلول تهیهٔ فلز منیزیم برابر باشد، نسبت جرم سدیم به جرم منیزیم تولیدشده کدام است؟ $(Mg = ۲۴ , Na = ۲۳ : g.mol^{-1})$

۱) ۱/۰۴ ۲) ۱/۹۱ ۳) ۰/۹۵ ۴) ۰/۴۸

۱۸۳۰- اگر غلظت یون منیزیم در آب دریا ۱۲۰ ppm باشد، در اثر استخراج منیزیم از ۲ تن آب دریا، چند گرم فلز منیزیم ۸۰٪ خالص تهیه می‌شود؟ (بازده کل فرایند را ۹۰٪ در نظر بگیرید.) $(Mg = ۲۴ g.mol^{-1})$

۱) ۲۴۰ ۲) ۲۷۰ ۳) ۱۹۲ ۴) ۲۱۶

بخش پنجم

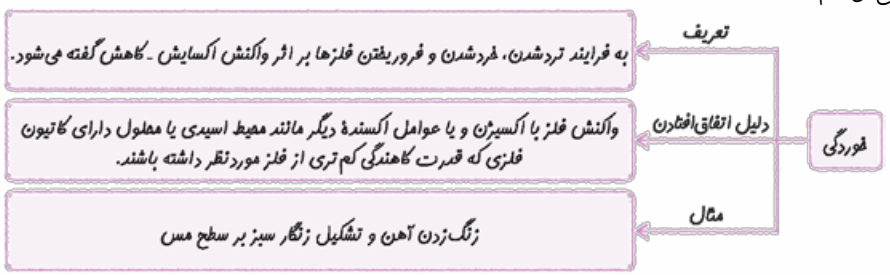
صفحهٔ ۵۶ تا ۵۹ کتاب درسی

این بخش شامل قسمت‌های زیر است:

خوردگی آهن ○ روش‌های جلوگیری از خوردگی آهن

۱۳- خوردگی آهن

این بار متفاوت شروع می‌کنیم:

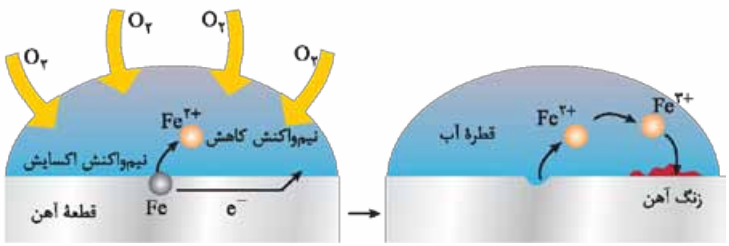


پتانسیل کاهشی **اغلب فلزها** از جمله آهن منفی است در حالی که **پتانسیل کاهشی اکسیژن مثبت است**، بنابراین اکسیژن به عنوان اکسنده تمایل دارد که با گرفتن الکترون از فلزها آن‌ها را اکسید کند. در آهن با ادامهٔ اکسایش، لایه‌ای ترد و شکننده تشکیل می‌شود که به تدریج فرو می‌ریزد. در این حالت می‌گویند فلز خورده شده است. *از اون‌جایی که* آهن، پرمصرف‌ترین فلز در جهان است، خوردگی آن، خسارت‌های *کمرشکنی!* به اقتصاد کشورها وارد می‌کند به طوری که سالانه حدود ۲۰ درصد از آهن تولیدی برای جایگزینی قطعه‌های خورده‌شده مصرف می‌شود.

اکسیژن نمی‌تواند برخی فلزها مانند طلا و پلاتین (فلزهای نجیب) را به طور خودبه‌خودی اکسید کند و این فلزها حتی در محیط‌های اسیدی هم *زیر بار* اکسایش نمی‌روند. به خاطر همینه که با گذشت زمان، فلز طلا در هوای مرطوب و حتی در اعماق دریا، هم‌چنان درخشان باقی می‌ماند.

خب! بریم سراغ زنگ‌زدن آهن در هوای مرطوب:

هنگامی که یک قطعهٔ آهن در هوای مرطوب و در تماس با یک قطرهٔ آب قرار می‌گیرد، همانند سلول‌های گالوانی، یک واکنش اکسایش ـ کاهش خودبه‌خودی در حضور اکسیژن در سطح آن روی می‌دهد. مراحل این فرایند را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:



○ بخشی از سطح فلز آهن که به عنوان آند عمل می‌کند، مطابق واکنش زیر به یون $Fe^{۲+}$ اکسایش می‌یابد:

نیم‌واکنش اکسایش: $Fe(s) \longrightarrow Fe^{۲+}(aq) + ۲e^-$

الکترون‌های تولیدشده در اثر اکسایش آهن به وسیلهٔ اکسیژن موجود در هوا و در حضور مولکول‌های آب، جذب شده و یون هیدروکسید تولید می‌شود:

نیم‌واکنش کاهش: $O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \longrightarrow 4OH^-(aq)$

توجه در نیم‌واکنش کاهش در فرایند زنگ‌زدن آهن، آب و اکسیژن هر دو مصرف می‌شوند؛ بنابراین آب هم جزء واکنش‌دهنده‌های این فرایند است.

می‌دانیم زنگ آهن حاوی یون آهن (III) است پس در این فرایند، یون آهن (II) باید به یون آهن (III) اکسایش یابد. این نیم‌واکنش را به طور ساده می‌توان به صورت زیر نشان داد:[1]

نیم‌واکنش اکسایش آهن (II) به آهن (III): $Fe^{2+}(aq) \longrightarrow Fe^{3+}(aq) + e^-$

با ضرب‌کردن معادله‌های قبلی در عدد مناسب و جمع‌کردن آن‌ها، واکنش کلی زنگ‌زدن آهن به دست می‌آید:

۱) $4Fe(s) \longrightarrow 4Fe^{2+}(aq) + 8e^-$

۲) $3O_2(g) + 6H_2O(l) + 12e^- \longrightarrow 12OH^-(aq)$

۳) $4Fe^{2+}(aq) \longrightarrow 4Fe^{3+}(aq) + 4e^-$

واکنش کلی: $4Fe(s) + 3O_2(g) + 6H_2O(l) \longrightarrow \underbrace{4Fe^{3+}(aq) + 12OH^-(aq)}_{4Fe(OH)_3(s)}$

پس فراوردهٔ نهایی خوردگی آهن، زنگ آهن با فرمول شیمیایی $Fe(OH)_3$ است.

هر اتم آهن، ۳ درجه اکسید شده است.

$\overset{0}{4Fe} + 3O_2 + 6H_2O \longrightarrow \overset{+3}{4Fe(OH)_3}$

آهن: کاهنده

$\overset{0}{O_2}$: هر اتم اکسیژن، ۲ درجه کاهش یافته است.

شمار الکترون‌های مبادله‌شده $= \underbrace{4\times3}_{\text{براساس کاهنده (Fe)}} = \underbrace{3\times2\times2}_{\text{براساس اکسنده }(O_2)} = 12$

آند	کاتد
غلظت اکسیژن کم	غلظت اکسیژن زیاد
زیر قطره	اطراف قطره

۱ با توجه به این‌که در نیم‌واکنش کاتدی، O_2 به عنوان یکی از مواد واکنش‌دهنده وجود دارد، نیم‌واکنش کاتدی در محلی روی می‌دهد که غلظت اکسیژن در آن زیاد باشد. نیم‌واکنش آندی هم در جایی روی می‌دهد که غلظت اکسیژن در آن کم باشد. با توجه به شکل قبل، زیر قطرهٔ آب که غلظت اکسیژن کم است، قسمت آندی می‌باشد و اطراف قطره که غلظت اکسیژن در آن‌جا زیاد است، قسمت کاتدی می‌باشد.

۲ آهن، یک فلز و رسانای الکترونی است؛ بنابراین الکترون‌های تولیدشده در بخش آندی با عبور از فلز آهن به بخش کاتدی منتقل می‌شوند.

جهت حرکت الکترون‌ها ← در فلز آهن ← از بخش آندی به بخش کاتدی

۳ مشابه سلول‌های گالوانی، کاتیون‌ها با عبور از الکترولیت (یعنی قطرهٔ آب) به سمت کاتد حرکت می‌کنند.

جهت حرکت کاتیون‌ها (Fe^{2+}) ← درون قطرهٔ آب ← از بخش آندی به بخش کاتدی

پس *هواستون باشه!* **در زنگ‌زدن آهن، آب علاوه بر واکنش‌دهنده، نقش الکترولیت را هم ایفا می‌کند!**

۴ خوردگی آهن در محیط اسیدی به میزان بیشتری رخ می‌دهد زیرا E° مربوط به نیم‌واکنش کاهش اکسیژن در محیط اسیدی بیشتر از نیم‌واکنش آن در محیط خنثی است؛ یعنی O_2 در محیط اسیدی اکسندهٔ قوی‌تری است و راحت‌تر الکترون می‌گیرد:

نیم‌واکنش کاهش اکسیژن در محیط خنثی: $O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \longrightarrow 4OH^-(aq)$ $\quad E^\circ = +0/4\ V$

نیم‌واکنش کاهش اکسیژن در محیط اسیدی: $O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \longrightarrow 2H_2O(l)$ $\quad E^\circ = +1/23\ V$

پس محیط اسیدی سرعت زنگ‌زدن آهن را زیاد و محیط بازی، سرعت زنگ‌زدن آهن را کاهش می‌دهد.

توجه با توجه به E° اکسیژن در محیط خنثی ($0/4\ V$) و محیط اسیدی ($1/23\ V$) می‌توان نوشت:

انواع فلزها از نظر اکسایش:

- $E^\circ < 0/4\ V$ ← حتی در محیط خنثی هم اکسید می‌شود. ← مثال: آهن $E^\circ = -0/44\ V$
- $0/4\ V < E^\circ < 1/23\ V$ ← در محیط خنثی اکسید نمی‌شود اما در محیط اسیدی اکسید می‌شود. ← مثال: نقره $E^\circ = +0/8\ V$
- $E^\circ > 1/23\ V$ ← در محیط اسیدی هم اکسید نمی‌شود. ← مثال: طلا $E^\circ = +1/5\ V$

۱- در برخی منابع ادامهٔ فرایند اکسایش آهن را به صورت زیر بیان می‌کنند:

کاتیون‌های Fe^{2+} که در آند تولید می‌شوند با یون‌های OH^- تولیدشده در کاتد واکنش داده و رسوب $Fe(OH)_2$ تشکیل می‌شود. در ادامه این رسوب مجدداً در حضور اکسیژن و آب، به $Fe(OH)_3$ اکسایش می‌یابد: $4Fe(OH)_2(s) + O_2(g) + 2H_2O(l) \longrightarrow 4Fe(OH)_3(s)$ ، $Fe^{2+}(aq) + 2OH^-(aq) \longrightarrow Fe(OH)_2(s)$

۵ آهن در آبی که هیچ هوایی (اکسیژن) در آن حل نشده باشد و یا در هوای خشک (بدون رطوبت یعنی H_2O) زنگ نمی‌زند؛ به همین دلیل در شهرهای بندری و ساحلی که رطوبت هوا بالاتر است، خوردگی بیشتر اتفاق می‌افتد. *خلاصه این‌که* وجود اکسیژن و آب برای زنگ‌زدن آهن *الزامیه!*

۶ وجود یک الکترولیت مناسب مانند NaCl، سرعت زنگ‌زدن را زیاد می‌کند؛ زیرا یون‌های حاصل از الکترولیت، علاوه بر کامل‌کردن مدار الکتریکی، می‌توانند بار مثبت و منفی تجمع‌یافته در قسمت آندی و کاتدی را خنثی کنند.

۱۴- روش‌های جلوگیری از خوردگی آهن

برای جلوگیری از زنگ‌زدن آهن، دو روش کلی وجود دارد:

روش	توضیح	چگونگی عملکرد	مثال
حفاظت فیزیکی	ایجاد پوشش محافظ	جلوگیری از رسیدن اکسیژن و رطوبت به آهن	رنگ‌کردن، قیراندودکردن و روکش‌دارکردن (مانند حلبی)
حفاظت کاتدی (حفاظت الکتروشیمیایی)	استفاده از فلزهای کاهنده‌تر از آهن (فلزهایی با E° کوچک‌تر از آهن) در تماس با آن	در سلول گالوانی تشکیل‌شده، فلز با E° کوچک‌تر در نقش آند، اکسید و خورده می‌شود در حالی که از آهن به عنوان کاتد محافظت می‌شود.	حفاظت از آهن با منیزیم (در بدنهٔ کشتی و لوله‌های نفتی)، حفاظت از آهن با فلز روی (آهن گالوانیزه)

۱ روش حفاظت فیزیکی نمی‌تواند به طور کامل از خوردگی پیشگیری کند؛ زیرا *کم‌کم!* رطوبت و اکسیژن از روزنه‌های پوشش‌ها نفوذ کرده و به سطح آهن می‌رسد و دوباره احتمال خوردگی وجود دارد.

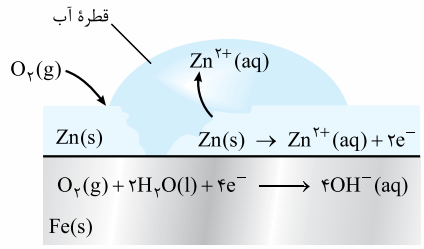
۲ یکی از روش‌های حفاظت فیزیکی، پوشاندن سطح آهن با یک فلز دیگر است:

آهن + لایهٔ نازکی از فلز روی (Zn) ← آهن گالوانیزه (آهن سفید) ← کاربرد: ساخت تانکر آب و کانال کولر

آهن + لایهٔ نازکی از فلز قلع (Sn) ← حلبی ← کاربرد: ساخت ظروف بسته‌بندی مواد غذایی

توجه در آهن گالوانیزه و حلبی، فلزهای روی و قلع با تشکیل لایهٔ اکسید متراکم و پایدار، از خود و در نتیجه از آهن در برابر خوردگی محافظت می‌کنند. البته این تا *وقتیه* که در سطح ورقه‌های گالوانیزه و حلبی، خراشی ایجاد نشود. با ایجاد خراش در آهن گالوانیزه، فلز روی هم‌چنان از آهن محافظت می‌کند، در حالی که در حلبی خراش‌دیده، قلع باعث افزایش شدت زنگ‌زدن آهن می‌شود. حالا ببینیم چرا؟

آ هرگاه خراشی در سطح آهن گالوانیزه ایجاد شود، در محل خراش، یک سلول گالوانی تشکیل می‌شود و فلز روی که E° کوچک‌تری دارد، در نقش آند اکسید شده و از آهن (کاتد) محافظت می‌کند.



نیم‌واکنش اکسایش: $Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$

هواستون باشه که آهن یا هر فلز دیگری، یون منفی تشکیل نمی‌دهد پس **در حفاظت کاتدی، فلزی که E° بزرگ‌تری دارد، به عنوان کاتد در برابر خوردگی محافظت می‌شود، اما به هیچ وجه کاهیده نمی‌شود.** در این‌جا فلز آهن، الکترون‌ها را در اختیار اکسیژن قرار می‌دهد تا به صورت زیر در سطح آهن، کاهش یابد:

نیم‌واکنش کاهش: $O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \longrightarrow 4OH^-(aq)$

آهن گالوانیزه برای جلوگیری از زنگ‌زدن آهن، از هر دو رویکرد حفاظت فیزیکی و حفاظت کاتدی استفاده می‌کند.

ب فلز قلع E° بزرگ‌تری نسبت به آهن دارد پس به محض خراشیده‌شدن سطح حلبی، در محل خراش، یک سلول گالوانی تشکیل شده و فلز آهن که E° کوچک‌تری دارد، با اکسیدشدن در نقش آند خورده می‌شود و قلع *بی‌مرام!* در نقش کاتد نسبت به خوردگی محافظت می‌شود.

نیم‌واکنش اکسایش: $Fe(s) \longrightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e^-$

نیم‌واکنش کاهش: $O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \longrightarrow 4OH^-(aq)$

در ادامهٔ ماجرا مانند زنگ‌زدن آهن، Fe^{2+} به Fe^{3+} اکسایش می‌یابد و در آخر هم زنگ آهن ($Fe(OH)_3$) تشکیل می‌شود.

حلبی برخلاف آهن گالوانیزه، تنها با رویکرد حفاظت فیزیکی از زنگ‌زدن آهن جلوگیری می‌کند. با این حال از ورقه‌های حلبی برای ساخت ظروف بسته‌بندی مواد غذایی استفاده می‌شود زیرا اسیدهای موجود در مواد غذایی و میوه‌ها بر فلز قلع اثر نمی‌کنند در حالی که این اسیدها با فلز روی واکنش می‌دهند؛ به همین دلیل مواد غذایی در مجاورت حلبی، مدت بیشتری سالم می‌مانند.

حالا برای جمع‌بندی نگاهی به جدول جمع‌وجور زیر بیندازید:

نوع آهن	آهن گالوانیزه (آهن سفید) (آهن + لایهٔ نازکی از فلز روی)	حلبی (آهن + لایهٔ نازکی از فلز قلع)
نوع حفاظت آهن	فیزیکی + کاتدی	فقط فیزیکی
آند	روی	آهن
نیم‌واکنش اکسایش	$Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$	$Fe(s) \longrightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e^-$
کاتد	آهن	قلع
نیم‌واکنش کاهش	$O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \longrightarrow 4OH^-(aq)$	$O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \longrightarrow 4OH^-(aq)$
گونهٔ کاهنده	Zn	Fe
گونهٔ اکسنده	O_2	O_2
رسوب تشکیل‌شده در پایان واکنش	روی هیدروکسید $(Zn(OH)_2)$	آهن (III) هیدروکسید $(Fe(OH)_3)$
کاربرد	تانکر آب و کانال کولر	ظروف بسته‌بندی مواد غذایی

تمرین ۱۳۳ــ در اثر ایجاد خراش در سطح ....., فلز ..... نقش ..... را ایفا می‌کند و ..... می‌شود.

۱) حلبی ـ قلع ـ کاتد ـ کاهیده
۲) آهن گالوانیزه ـ آهن ـ آند ـ اکسید
۳) حلبی ـ آهن ـ آند ـ خورده ✓
۴) آهن گالوانیزه ـ روی ـ کاتد ـ در برابر خوردگی محافظت

توجه تا این‌جا چندتا نیم‌واکنش *فوندین* که شبیه به هم هستند و *ممکنه تو ذهنتون قاطی‌پاتی بشه! پس یه نگاه به جدول زیر بندازین!*

نیم‌واکنش	توضیح
$O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \longrightarrow 2H_2O(l)$	نیم‌واکنش کاهش اکسیژن در سلول سوختی هیدروژن ـ اکسیژن نیم‌واکنش کاهش اکسیژن در محیط اسیدی
$2H_2O(l) \longrightarrow O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^-$ (برعکس بالایی)	نیم‌واکنش اکسایش آب
$2H_2O(l) + 2e^- \longrightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$	نیم‌واکنش کاهش آب
$O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \longrightarrow 4OH^-(aq)$	نیم‌واکنش کاهش اکسیژن در محیط خنثی (نیم‌واکنش کاهش در زنگ‌زدن آهن، خراشیده‌شدن آهن گالوانیزه و حلبی)

تست‌های بخش پنجم

۱۸۳۱- کدام گزینه درست است؟

۱) اکسیژن واکنش‌پذیرترین گاز هواکره است و هر فلزی در معرض این گاز قرار بگیرد، اکسید می‌شود.
۲) به ترد و خرد شدن و فروریختن فلزها بر اثر واکنش اکسایش ـ کاهش، خوردگی می‌گویند.
۳) پرمصرف‌ترین فلز جهان، آلومینیم است که در اثر اکسایش، لایه‌ای ترد و شکننده روی آن تشکیل می‌شود.
۴) زنگ‌زدن آهن، تشکیل زنگار زردرنگ در سطح مس و فساد مواد غذایی، نمونه‌هایی از واکنش‌های اکسایش ـ کاهش هستند.

۱۸۳۲- چند مورد از مطالب زیر، درست‌اند؟

- **خوردگی آهن خسارت‌های زیادی به اقتصاد کشورها وارد می‌کند؛ از این رو سالانه حدود ۲۰ درصد آهن تولیدی صرف جایگزینی قطعه‌های خورده‌شده می‌شود.**
- **موقعیت اغلب فلزها در جدول پتانسیل کاهشی استاندارد، پایین‌تر از SHE است.**
- **در واکنش اکسایش یک فلز در مجاورت هوا و رطوبت، مولکول‌های آب به عنوان اکسنده با گرفتن الکترون از فلز، آن‌ها را اکسید می‌کند.**
- **زنگ‌زدن آهن در هوای مرطوب، یک واکنش اکسایش ـ کاهش است که به طور طبیعی در یک سلول الکترولیتی انجام می‌شود.**

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۱۸۳۳- کدام گزینه در مورد فرایند زنگ‌زدن آهن، نادرست است؟

۱) یک واکنش شیمیایی از نوع اکسایش ـ کاهش است که در آن مولکول‌های اکسیژن، نقش اکسنده را ایفا می‌کنند.
۲) بخشی از سطح آهن به عنوان آند (قطب منفی) و بخشی دیگر از سطح آهن به عنوان کاتد (قطب مثبت) عمل می‌کند.
۳) فراوردهٔ نهایی آن $Fe(OH)_3(aq)$ است که عدد اکسایش آهن در آن $+3$ می‌باشد.
۴) فلز آهن در آن، نقش رسانای الکترونی و قطرهٔ آب، نقش رسانای یونی را ایفا می‌کنند.

ضمیمه

با سلامی دوباره!

آیا شما از *پفش‌وپلا*! بودن برخی مطالب در کتاب‌های درسی کلافه هستین؟! آیا دوس دارین موضوعات مهمی که در *های‌های* کتاب‌های درسی دهم، یازدهم و دوازدهم اومده، به صورت جمع‌وجور و دسته‌بندی‌شده در اختیارتون باشه؟!

خب! شما به آرزوتون رسیدین! در راستای رفع کلافگی و آسودگی خاطر شما، در این‌جا رفتیم سراغ ۵ موضوع مهم و کاربردی:

۱) عنصرشناسی ⟸ بررسی کامل ۳۶ عنصر اول جدول دوره‌ای و چند عنصر مهم دیگر!

۲) ماده‌شناسی ⟸ بررسی ساختار لوویس، نکات و کاربرد مواد و ترکیب‌های مهم!

۳) فرمول‌شناسی ⟸ طبقه‌بندی موضوعی همهٔ فرمول‌های پرکاربرد!

۴) نمودارشناسی ⟸ همهٔ نمودارهای مهم کتاب‌های درسی!

۵) مقایسه‌شناسی ⟸ بیان موارد مقایسه‌ای (< = >) بین کمیت‌ها و مفاهیم مهم!

با خوندن این ضمیمه، مطالبی که قبلاً خوندین، براتون مرور می‌شه و نکته‌های جدیدی هم یاد خواهید گرفت؛ پس خوندن این ضمیمه را به هیچ وجه (به ویژه در دوران جمع‌بندی) از دست ندین!

و در آخر خوشحال می‌شیم پیشنهادها و انتقادهاتون رو برامون بفرستین. (***تعریف و تمجید نیازی نیست!***)

Y _ Abdollahi _ Chemistry

عنصرشناسی

۱) هیدروژن ($_1H$):

$1s^1$

- فراوان‌ترین عنصر سیارهٔ مشتری است.
- اولین عنصری است که پس از مهبانگ پا به عرصهٔ جهان گذاشت.
- فراوان‌ترین عنصر در جهان است که به صورت ترکیب‌های گوناگون یافت می‌شود.
- دارای ۳ ایزوتوپ طبیعی و ۴ ایزوتوپ ساختگی است.

پایدار: $_1^1H$, $_1^2H$ (طبیعی)

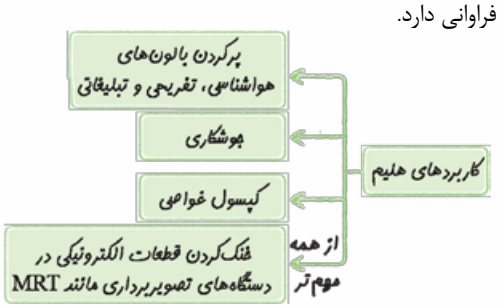
ناپایدار (رادیوایزوتوپ): $_1^3H$, $_1^4H$, $_1^5H$, $_1^6H$, $_1^7H$ (ساختگی)

- جرم اتمی آن برابر با ۱/۰۰۸ amu یا ۱/۰۰۸ u است.
- در دما و فشار اتاق به شکل مولکول‌های دواتمی (H_2) وجود دارد.
- در گسترهٔ مرئی طیف نشری خطی آن، ۴ خط یا نوار رنگی وجود دارد که ناشی از انتقال الکترون از لایه‌های بالاتر ($n = 3, 4, 5, 6$) به لایهٔ دوم ($n = 2$) است.
- به کمک مدل اتمی بور، طیف نشری خطی آن توجیه می‌شود.
- نافلز است و در دستهٔ s جدول دوره‌ای قرار دارد.

۲) هلیم ($_2He$):

$1s^2$

- دومین عنصر فراوان سیارهٔ مشتری است.
- در روند تشکیل عنصرها، پس از هیدروژن، پا به عرصهٔ جهان گذاشت.
- در گروه ۱۸ جدول دوره‌ای قرار دارد و جزء گازهای نجیب است.
- نافلز است و برخلاف دیگر عنصرهای گروه ۱۸، جزء عنصرهای دستهٔ s است.
- آرایش الکترونی لایهٔ ظرفیت آن با دیگر گازهای نجیب متفاوت است.
- در آرایش الکترون ـ نقطه‌ای آن، یک جفت‌الکترون وجود دارد: He:
- عنصری است که تمایلی به انجام واکنش شیمیایی ندارد.
- در گسترهٔ مرئی طیف نشری خطی آن، ۹ خط یا نوار رنگی وجود دارد.
- ششمین گاز فراوان هواکره و سومین گاز نجیب فراوان هواکره است.
- نقطهٔ جوش آن پایین‌تر از $-200\ ^\circ C$ یعنی دمای هوای مایع است (در هوای مایع وجود ندارد).
- به عنوان سبک‌ترین گاز نجیب، بی‌رنگ و بی‌بو است و کاربردهای فراوانی دارد.



- در کرهٔ زمین به مقدار خیلی کم یافت می‌شود (جزء گازهای کمیاب است)، به طوری که مقدار ناچیزی از آن در هوا و مقدار بیشتری در لایه‌های زیرین پوستهٔ زمین وجود دارد.
- از واکنش‌های هسته‌ای در ژرفای زمین تولید می‌شود و پس از نفوذ به لایه‌های زمین، وارد میدان‌های گازی می‌شود.
- حدود ۷ درصد حجمی از مخلوط گاز طبیعی را تشکیل می‌دهد.
- هلیم را می‌توان افزون بر هوای مایع، از تقطیر جزءبه‌جزء گاز طبیعی نیز به دست آورد که تهیهٔ آن از روش تقطیر جزءبه‌جزء گاز طبیعی، مقرون‌به‌صرفه‌تر است.
- متخصصان ایران هنوز موفق به جداسازی و تهیهٔ آن از گاز طبیعی نشده‌اند و هم‌چنان هلیم از دیگر کشورها وارد می‌شود.
- به صورت تک‌اتمی در طبیعت یافت می‌شود و جزء مواد مولکولی به شمار می‌آید.