

فصل صفر

استوکیومتری

درباره این فصل

هر کتاب آموزشی از فصل ۱ شروع می‌شود، اما دوره شیمی جت از فصل صفر شروع می‌شود. در ابتدای دوره در ۲ جلسه صفر تا ۱۰۰ استوکیومتری را به شما آموزش می‌دهم.

بی شک مهم‌ترین فصل کتاب جت، فصل استوکیومتری است. اگر استوکیومتری را به خوبی نیاموزید، تقریباً در تمام قسمت‌های محاسباتی شیمی خواهید لنگید، اما من شما را به مهارتی می‌رسانم که سرعتی بیش از رقبایتان داشته باشید. در این فصل تقریباً تمام سوالات کنکور را ارتقا داده‌ام و هر تست از نظر ارزش آموزشی تقریباً معادل ۲ تست است، بنابراین با کار کردن ۱۰۰ تست این فصل، معادل حداقل ۲۰۰ تست استوکیومتری را کار خواهید کرد.

تعداد تست این فصل در کنکور: ۵ تا ۶ تست مستقیم

تعداد جلسات جت: ۲ جلسه

آموزش استوکیومتری به سبک زیر و رو نویسی

اصول زیر و رونویسی

برای حل یک مسأله استوکیومتری روش‌های مختلفی وجود دارد، اما بی‌شک مفهومی‌ترین، سریع‌ترین و کم‌خطرترین روش پاسخگویی به یک تست استوکیومتری روشی است که خودم آن را ابداع کرده‌ام و نام آن را زیر و رونویسی گذاشته‌ام.

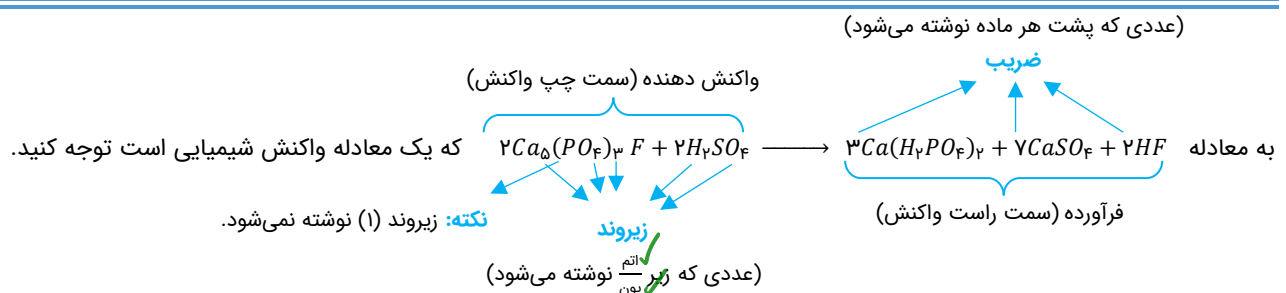
اساس این روش همان چیزی است که با نام تناسب در برخی کتاب‌ها خوانده‌اید، اما سرعت بیشتری دارد و احتمال اشتباه داوطلب را به نزدیک صفر رسانده‌ام.

اگر قبلاً این روش را از من آموخته‌اید، در دو جلسه قرار است تمام آنچه آموخته‌اید با سرعت و طبقه‌بندی برای شما مرور و بازآموزی شود. اگر قبلاً شاگرد من نبوده‌اید، مطمئن باشید قرار است تحولی در نگاه شما به استوکیومتری به وجود بیاید. چنانچه قبلاً از روش‌های دیگری برای حل مسائل استوکیومتری استفاده کرده‌اید، اصلاً نگران آموزش این روش نباشید، چون قرار است به شما درکی عمیق‌تر و دقتی بیشتر بدهم.

در ادامه ابتدا اصول روش زیر و رونویسی را می‌آموزید و سپس با هم به بررسی انواع مسائل استوکیومتری در دو بخش «استوکیومتری ساده» و «معماهای استوکیومتری» می‌پردازیم.

روش زیر و رونویسی ۳ گام دارد: ۱- موازنه واکنش ۲- زیر و رونویسی ۳- طرفین - وسطین

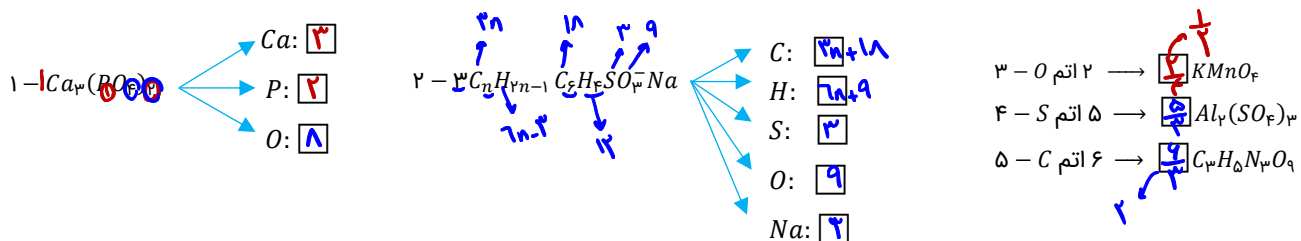
مرحله اول: موازنه



قانون پایستگی جرم و اتم: این قانون در واکنش‌ها شیمیایی برقرار است و طبق این قانون تعداد اتم‌های هر عنصر در سمت چپ و راست یکسان است؛ در نتیجه مجموع جرم مواد واکنش‌دهنده با فرآورده یکسان است. در موازنه کردن، ماموریت ما برابر کردن تعداد اتم‌های هر عنصر در دو طرف واکنش است و برای این کار با ضرایب بازی می‌کنیم و آن‌ها را تغییر می‌دهیم. (کاری با زیروند نداریم)

در موازنه محاسبه تعداد اتم هر عنصر و تعیین ضریب از مهم‌ترین کارهاست که با یک تمرین جامع هر دو موضوع را تمرین و مرور خواهیم کرد.

تعرین ۱: در هر کدام از موارد زیر، موارد خواسته شده را به دست بیاورید:



حال موازنه را در دو گام انجام می‌دهیم:

گام اول: (عنصر دو پر) یک اتم را می‌یابیم که در واکنش‌دهنده‌ها فقط در یک ماده (ماده A) و در فراورده‌ها نیز فقط در یک ماده (ماده B) حضور داشته باشد، آنگاه زیروند این اتم را به عنوان ضریب از A به B و از B به A می‌دهیم. اگر ۲ اتم این ویژگی را داشتند، برای اتمی این کار را انجام بدهید که در ترکیب‌های شلوغ‌تری باشند.

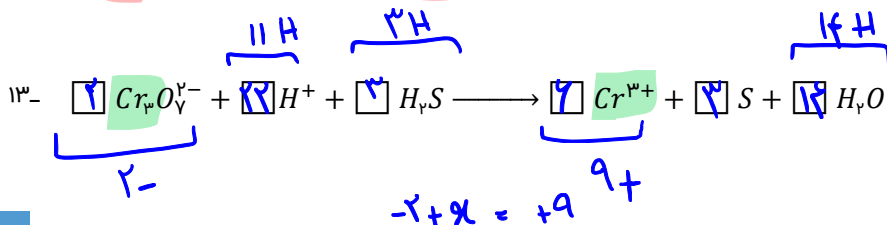
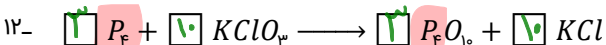
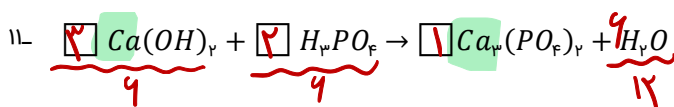
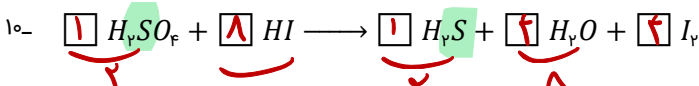
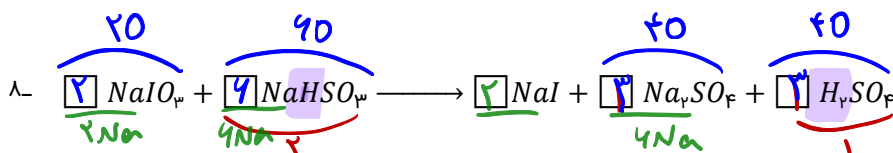
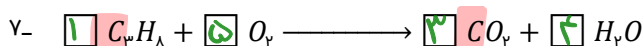
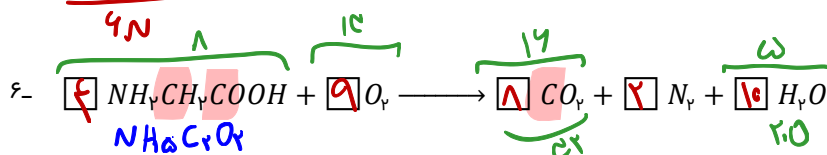
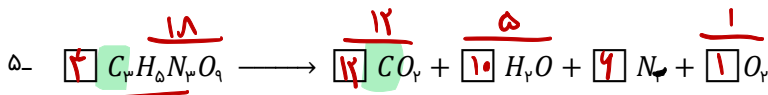
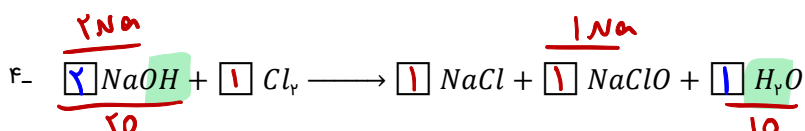
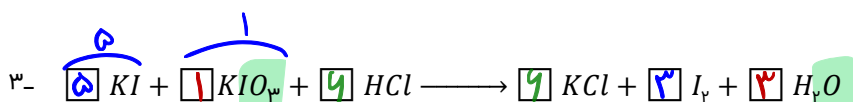
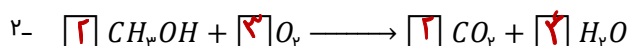
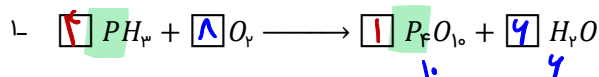
گام دوم: (عنصر تک پر) سپس در هر مرحله بین ترکیب‌های بی ضریب یک اتم را برای موازنه انتخاب کنید که فقط در یک ترکیب بی‌ضریب باشد و به آن ترکیب ضریبی بدهید که تعداد اتم در دو طرف واکنش برابر شود.

نکته: اگر در هر مرحله‌ای، ضریب ترکیبی کسری شد، تمام ضرایب را در مخرج آن کسر ضرب کنید تا مخرج از بین برود و در انتها ضریب ۱ را ننویسید.

سوتی نده: ضریب ۱ نوشته نمی‌شود، اما در سؤالاتی که مجموع ضرایب را می‌خواهد شمرده می‌شود.

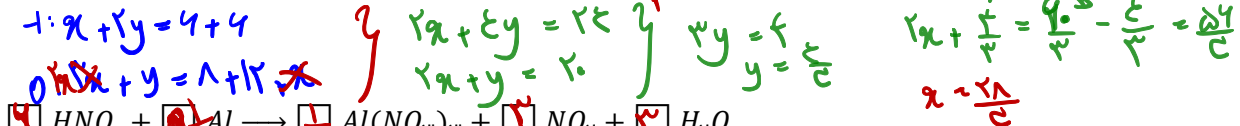
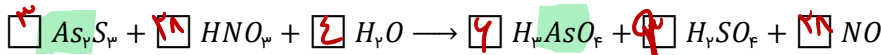
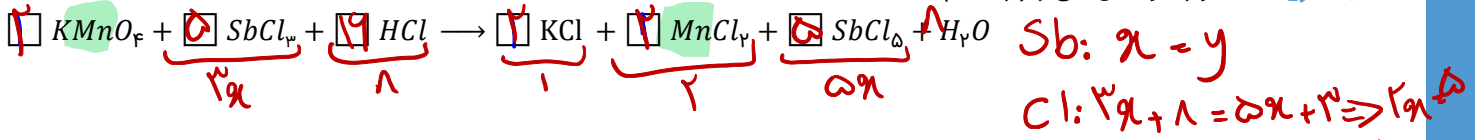
نکته: اگر مواد دارای بار الکتریکی باشند، می‌توان در گام دوم هر وقت فقط یکی از مواد باردار بدون ضریب بود، طوری به آن ضریب بدهیم که مجموع بارهای دوطرف با هم برابر شوند.

تعرین ۲: واکنش‌های زیر را موازنه کنید:



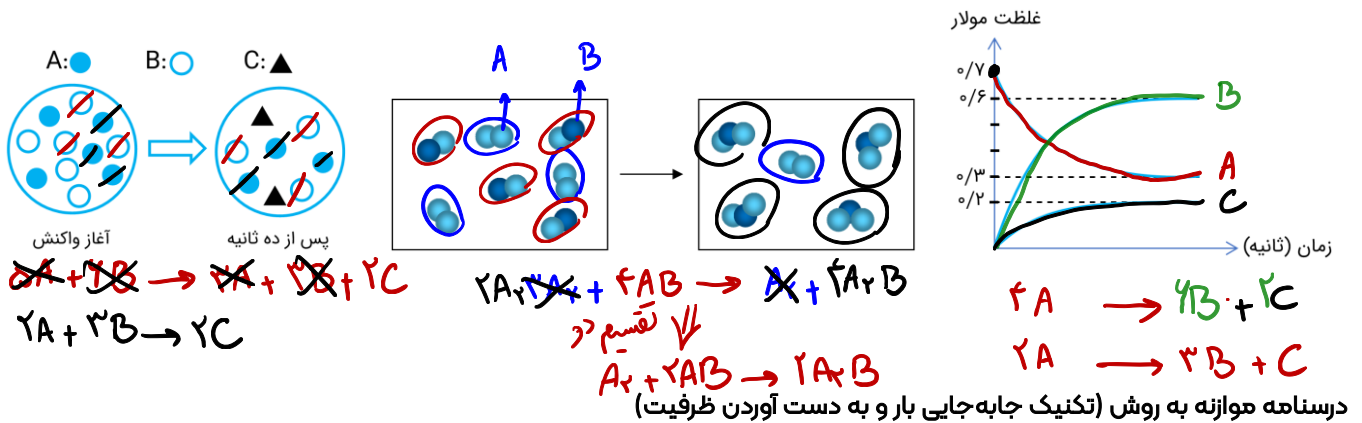
نکته: اگر در گام دوم عنصر تک پر پیدا نکردید، به عناصر بی ضریب ضرایب مجهول x, y و ... بدهید و سپس برای هر عنصر موجود در آنها یک معادله تساوی بین سمت چپ و راست بنویسید.

تمرین ۳: موازنه واکنش‌های زیر را انجام دهید.

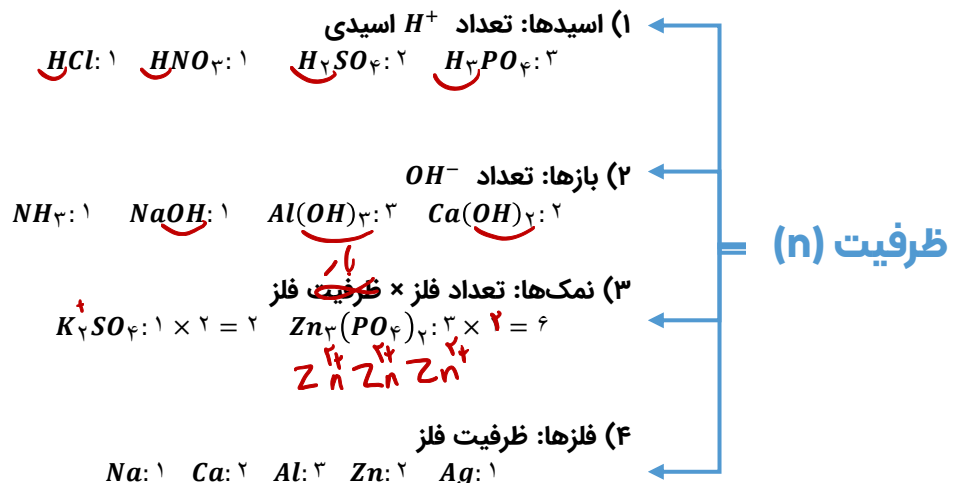


گاهی موازنه را باید برای شکل یا نمودار انجام بدهید که در تمرین زیر این مهارت را فرا می‌گیرید.

تمرین ۴: موازنه واکنش‌های زیر را انجام دهید.

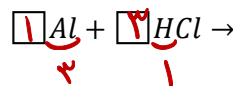
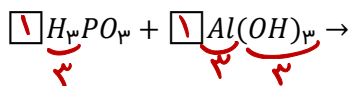
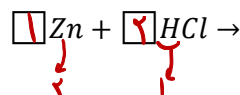
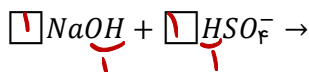


تکنیک جابه‌جایی بار: کافیت ظرفیت هر ماده را ضریب ماده دیگر بگذارید.



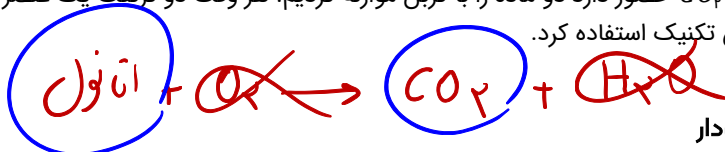
تمرین ۵: موازنه‌ی واکنش دهنده‌های زیر را بدون نوشتن فرآورده‌ها انجام دهید.





تکنیک عنصر مشترک: در حل سؤالات استوکیومتری هدفمند عمل کنید و از انجام کارهای اضافی اجتناب کنید! در موازنه کردن اگر ممکن بود فقط داده و خواسته مسأله را موازنه کنید. برای اینکار کافیت در دو ترکیب عنصر مشترکی وجود داشته باشد که فقط در این مواد موجود باشند و در سایر ترکیب‌ها نباشند.

مثال: در مسأله‌ای از شما جرم CO_2 حاصل از سوختن ۹۲ گرم اتانول را می‌خواهد. لازم نیست کل واکنش را بنویسید و موازنه کنید. بلکه کافیت بنویسید $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow \text{CO}_2$ چون کربن فقط در اتانول و CO_2 حضور دارد دو ماده را با کربن موازنه کردیم. هر وقت دو ترکیب یک عنصر مشترک داشتند که فقط در آن دو ترکیب وجود داشت می‌شود از این تکنیک استفاده کرد.



موازنه سریع سوختن هیدروکربن‌ها و مواد آلی هیدروژن‌دار

سوختن مواد آلی

کامل: فرآورده‌های CO_2 و H_2O تولید می‌شود.

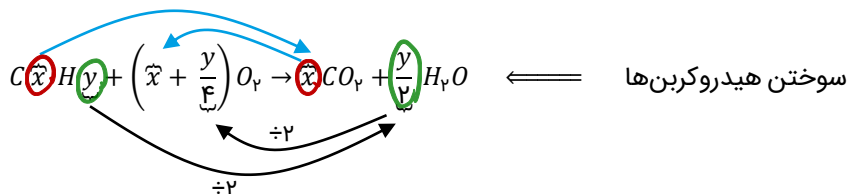
ناقص: فرآورده‌های CO و H_2O تولید می‌شود.

الگوریتم موازنه سریع: به ماده آلی ضریب یک بدهید، سپس به اندازه کربن، اکسید کربن تولید می‌شود و نصف هیدروژن‌ها هم آب تولید می‌شود. در انتها اگر نیاز بود، اکسیژن را عادی موازنه کن.

دمای اتاق $\leftarrow 25^\circ\text{C}$

$^\circ\text{C} \leftarrow \text{STP}$

توجه: در واکنش‌ها ۲ جا حالت آب را مایع در نظر بگیرید:



مرحله دوم: زیرنویسی و رو نویسی

پس از موازنه کردن، باید داده‌های موجود در مسأله را در زیر هر ماده بنویسیم و سپس معادل این داده‌ها را رو نویسی کنیم. آموزش این قسمت را بلیک تمرین فرا می‌گیرید. $(\text{O} = 16 \quad \text{H} = 1)$



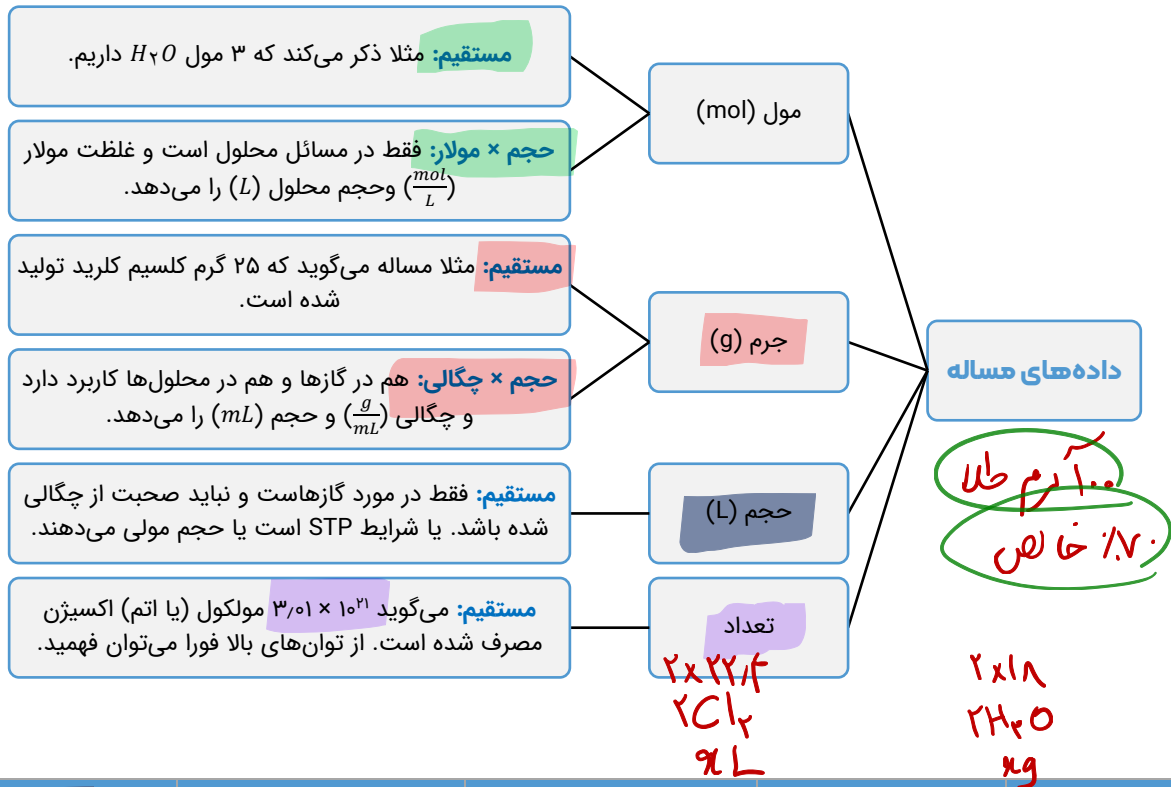
الف) به ازای مصرف ۵۰ مول CaCO_3 چند گرم H_2O تولید می‌شود؟

$$x = \frac{22.4 \times 16 \times 16}{1}$$

ب) اگر ۵۰ لیتر محلول ۵۰ مولار کلسیم کلرید تولید شود، چند لیتر CO_2 در شرایط STP تولید می‌شود؟

$$x = 22.4 \times 2 = 44.8$$

پ) اگر $10^{23} \times 12/04$ مولکول آب تولید شود چند لیتر CO_2 با چگالی $2 \frac{\text{g}}{\text{L}}$ تولید شده است؟



رونویسی	مول	جرم	حجم	تعداد
ضریب	ضریب	جرم مولی $\times$ ضریب	حجم مولی $\times$ ضریب (در STP ۲۲.۴)	$N_A \times$ ضریب
زیرنویسی	(مستقیم یا مولار $\times$ حجم) mol	(مستقیم یا چگالی $\times$ حجم) g	(مستقیم) L	(مستقیم) تعداد

غالباً در مرحله زیرنویسی داده‌هایی در مورد دو ماده از واکنش به ما می‌دهند (مثلاً جرم A و مول B) که یکی از آن‌ها مجهول و بقیه به صورت عددی معلوم هستند. داده‌ی مجهول را با X نشان دهید.

با درصد خلوص چه کنیم؟

درصد خلوص برای ماده‌ی خاصی که ذکر می‌شود و ما در عدد زیر آن ماده ضرب می‌کنیم. درصد خلوص واحد را تغییر نمی‌دهد. دقت کنید که ۷۰ درصد را در زیرنویسی به صورت $\frac{70}{100}$ یا ۰.۷ نوشت. در آینده خواهیم آموخت که درصد جرمی و ppm در فصل محلول‌ها شبیه درصد خلوص هستند، به علاوه وقتی ۲۰٪ هوا از اکسیژن است، درصد خلوص را ۲۰٪ می‌گیریم.

با بازده چه کنیم؟

بازده برای واکنش ذکر می‌شود (مثلاً بازده واکنش یا میزان پیشرفت واکنش ۷۰ درصد است یا ۷۰٪ واکنش‌دهنده مصرف می‌شود). بازده را زیر ماده واکنش‌دهنده می‌نویسیم و همانند درصد خلوص واحد را تغییر نمی‌دهد. بازده ۷۰ درصد را در زیر ماده به صورت $\frac{70}{100}$ یا ۰.۷ می‌نویسیم.

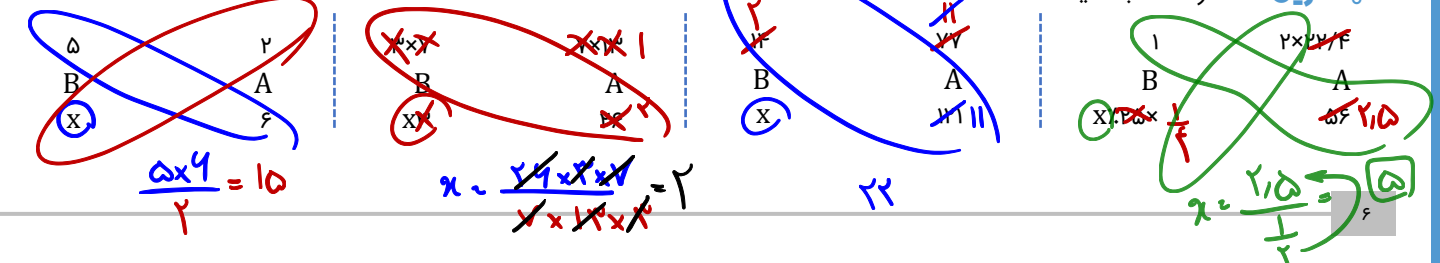
نکته: اگر در زیر $C_4H_8N_2O_9$ تعداد مولکول نوشته شده باشد، روی آن می‌نویسیم $4 \times N_A$ و اگر تعداد اتم نوشته شده باشد، می‌نویسیم $4 \times 20 \times N_A$.

Handwritten notes:
 بازده ۷۰٪
 درصد خلوص ۷۰٪
 $A \rightarrow B$
 $4 \times 20 \times N_A$
 تعداد اتم
 410.2×1.23

مرحله سوم: طرفین - وسطین

به ته خط رسیدیم! اکنون در زیر و روی ۲ ماده عددی نوشته‌ایم که مجموعاً ۴ سری عدد هستند. طرفین وسطین می‌کنیم و X مجهول را محاسبه می‌کنیم. ابتدا با یک تمرین طرفین وسطین را مرور می‌کنیم.

تعرین ۷: X را محاسبه کنید.



لازم است پیش از شروع محاسبات با ۲ تکنیک محاسباتی آشنا شوید: **صفر بی‌ارزش** و **ضرب یکان**
طبق صفر بی‌ارزش اگر با صفر نظر کردن از صفرهای سمت راست و ممیزهای گزینه‌ها، همچنان گزینه‌ها متفاوت باشند، می‌شود از صفرهای سمت راست و ممیزهای داده‌های مساله، صرف نظر کرد. طبق ضرب یکان، اگر یکان (رقم سمت راست) گزینه‌ها متفاوت باشد، می‌شود فقط یکان داده‌ها را در هم ضرب کرد.

تعرین ۸: اگر گزینه‌های یک سوال مطابق زیر باشد، آیا می‌توان از صفر بی‌ارزش استفاده کرد؟

$\frac{0}{17} (4)$ X	$\frac{0}{02} (3)$	$\frac{0}{5} (2)$	$\frac{0}{2} (1)$ ←
$\frac{88}{8} (4)$ ✓	$\frac{85}{3} (3)$ ✓	$\frac{99}{2} (2)$ ✓	$\frac{95}{1} (1)$ ←
$\frac{10}{4} (4)$	$\frac{5}{3} (3)$	$\frac{6}{2} (2)$	$\frac{1}{2} (1)$ ←
$\frac{3}{4} (4)$ ✓	$\frac{1}{3} (3)$	$\frac{2}{2} (2)$ ✓	$\frac{1}{2} (1)$ ←

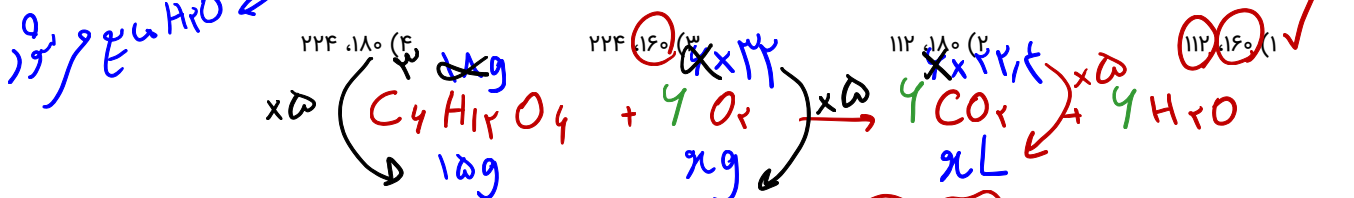
تعرین ۹: حاصل $14 \times 13 \times 7$ کدام است؟

۱۳۵۲ (۱) ۱۲۷۴ (۲) ۱۱۶۵ (۳) ۱۲۲۹ (۴)

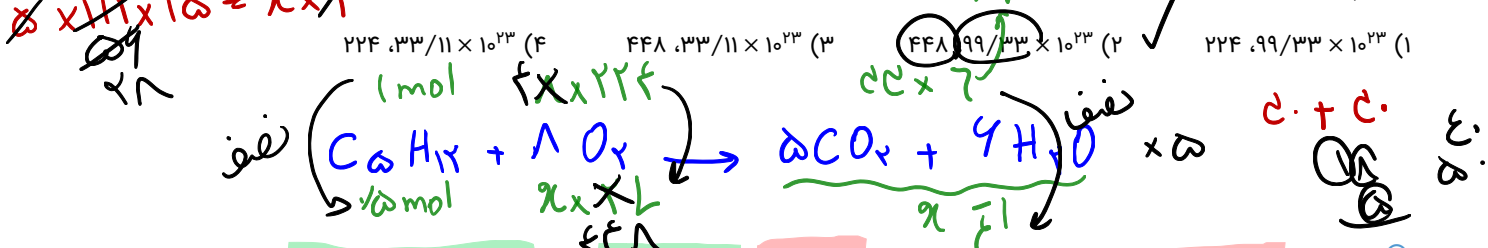
استوکیومتری ساده

حالا که اصول روش زیر و رونویسی را یاد گرفتید، بهتر است تعدادی تست استوکیومتری حل کنیم تا لذت حل مفهومی و سرعتی را بچشید. بیش از ۶۰ تا ۷۰٪ مسائل هیچ پیچیدگی ندارند، که من اسم این تیپ سؤالات را استوکیومتری ساده گذاشته‌ام.

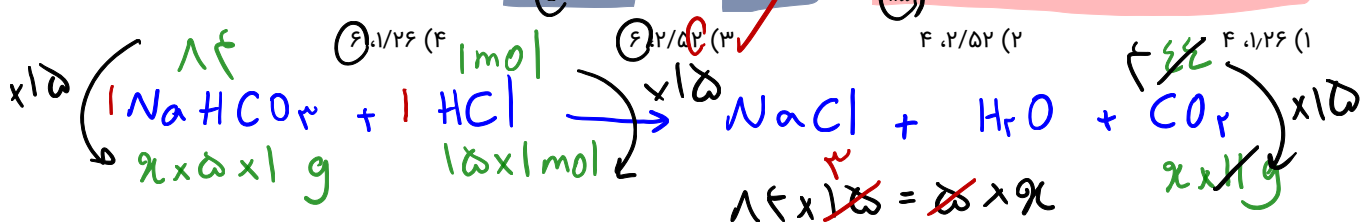
تعرین ۱۰: ۱۵۰ گرم گلوکز برای سوختن کامل، به چند گرم اکسیژن نیاز دارد و چند لیتر گاز در شرایط STP تولید می‌شود؟
($H = 1g.mol^{-1}$ و $C = 12g.mol^{-1}$, $O = 16g.mol^{-1}$)



تعرین ۱۱: از سوختن کامل ۵٪ مول پنتان، چند اتم در فرآورده‌ها وجود دارد و چند لیتر هوا در شرایط STP لازم است؟ (۲۰ درصد هوا اکسیژن است.)



تعرین ۱۲: ۵۰۰ میلی‌لیتر محلول سدیم هیدروژن کربنات ۱٪ جرمی با ۱۵۰ میلی‌لیتر محلول یک مولار هیدروکلریک اسید واکنش کامل می‌دهد. چگالی محلول سدیم هیدروژن کربنات چند $\frac{g}{ml}$ است و چند لیتر گاز CO_2 با چگالی $\frac{g}{L}$ تولید می‌شود؟

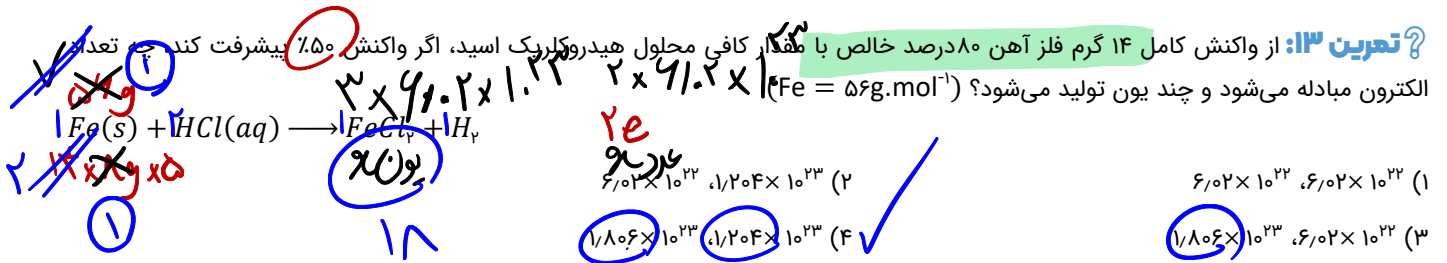


سوتی‌نده: واحد چگالی گازها $\frac{g}{L}$ است پس چگالی گاز را در حجم برحسب لیتر ضرب می‌کنیم تا جرم آن به دست بیاید، اما در محلول‌ها واحد چگالی $\frac{g}{ml}$ است، پس در محلول‌ها چگالی را در میلی‌لیتر ضرب می‌کنیم تا جرم محلول به دست بیاید و سپس در درصد جرمی ضرب می‌کنیم تا جرم حل‌شونده به دست بیاید.

$L \times \text{چگالی} = \text{جرم}$
 $ml \times \text{چگالی} = \text{جرم}$

بازها

مول

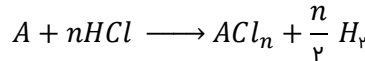


بار × تعداد

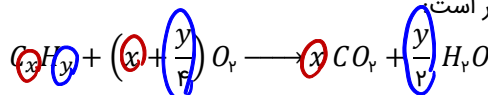
معماهای استوکیومتری

معمای زیروند و ظرفیت

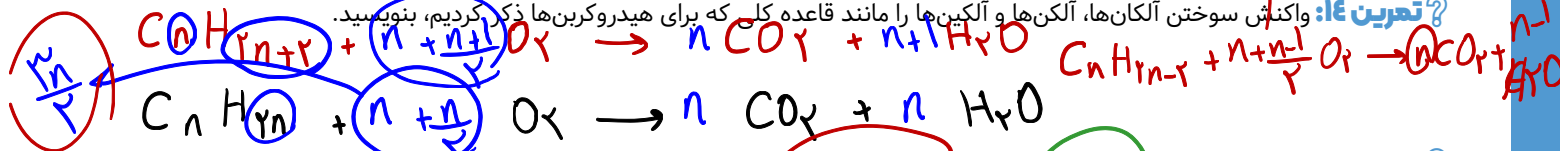
- اگر فلز A، ظرفیتی n ظرفیتی باشد، کلرید آن به صورت ACl_n و اکسید آن به صورت A_2O_n است، چون ظرفیت A به عنوان زیروند کلر و ظرفیت کلر به عنوان زیروند A نشان داده می‌شود.
- در معمای زیروند قرار است n را پیدا کنید. پیش از شروع تمرین‌ها این چند مفهوم را مرور می‌کنیم:
- ۱- واکنش فلز n ظرفیتی A، با هیدروکلریک اسید به صورت زیر انجام می‌شود:



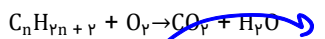
- ۲- واکنش سوختن یک هیدروکربن به صورت زیر است:



تعرین ۱۴: واکنش سوختن آلکان‌ها، آلکن‌ها و آلکین‌ها را مانند قاعده کلی که برای هیدروکربن‌ها ذکر کردیم، بنویسید.

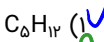
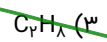


تعرین ۱۵: اگر برای سوختن ۴/۵ گرم از یک آلکان ۵۶ لیتر هوا لازم باشد، فرمول مولکولی آلکان مورد نظر کدام است؟ (شرایط را STP در نظر بگیرید.) ($C = 12, H = 1g/mol$)



$$12n + 2 = 27n + 9$$

$$n = 5$$

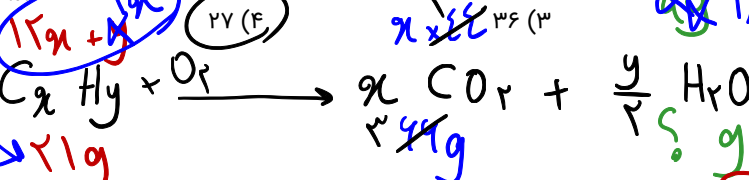


تعرین ۱۶: اگر ۲۱ گرم از هیدروکربنی سیر نشده در اثر سوختن ۶۶ گرم CO_2 تولید کند، چند گرم آب تولید می‌شود؟ ($O = 16, H = 1, C = 12g/mol$)

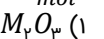
$$34x + 3y = 22x$$

$$3y = 4x$$

$$y = \frac{4}{3}x$$

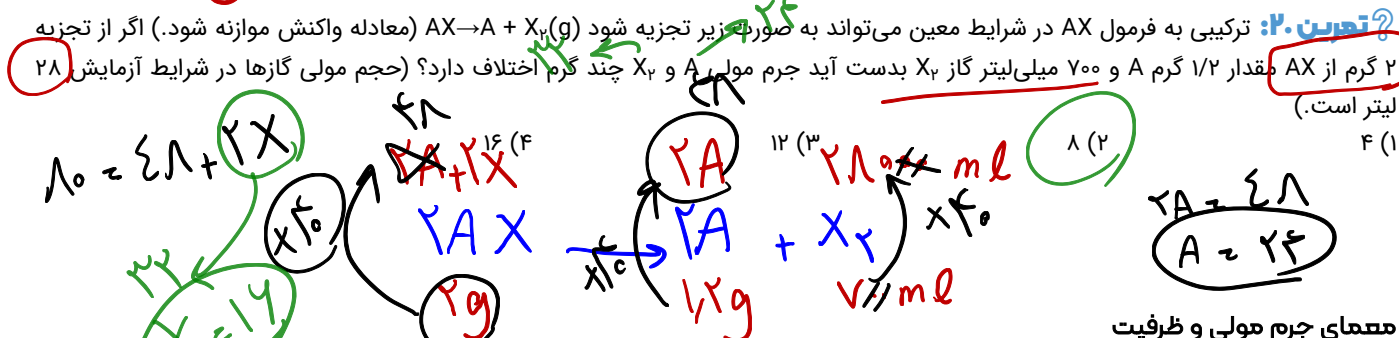
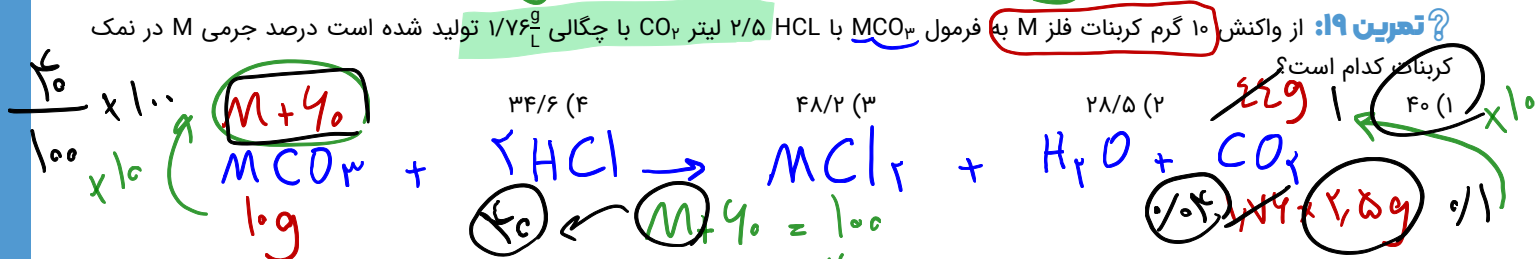
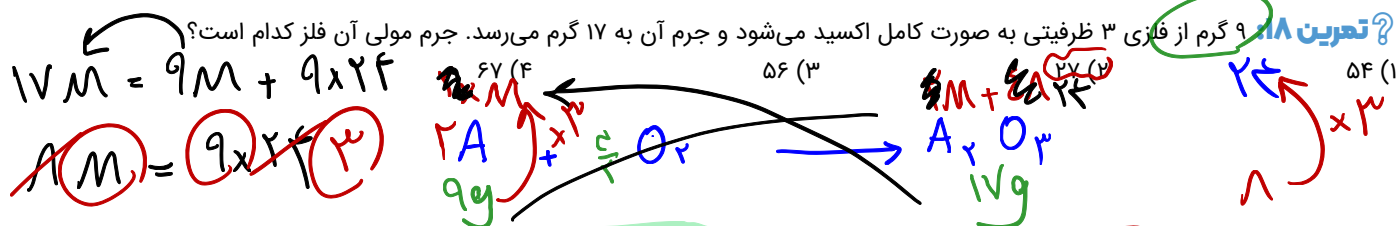


تعرین ۱۷: اگر ۵/۵ مول از کلرید فلز M با ۵۷ گرم آلومینیم سولفات واکنش بدهد، فرمول اکسید آن فلز کدام است؟ ($O = 16, S = 32, Al = 27g/mol$)



$$n = \frac{1}{1.5} = 2$$

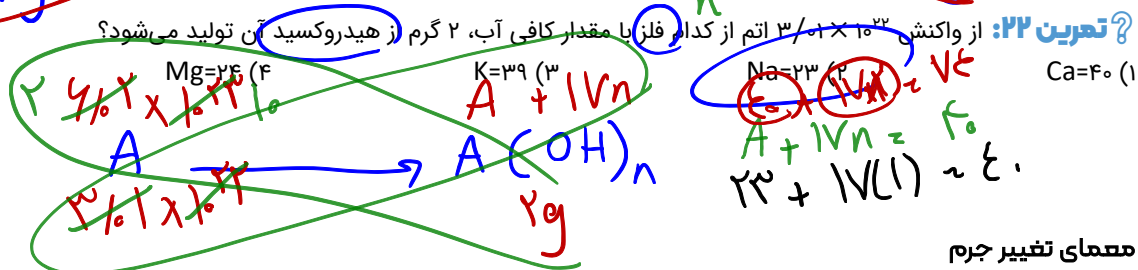
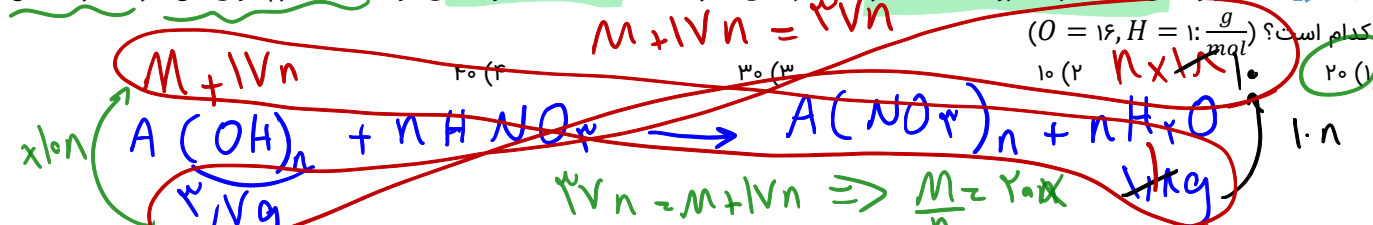
اگر در زیرنویسی ماده‌ای جرم داشته باشیم، در رونویسی آن «جرم مولی × ضریب» داریم که جرم مولی می‌تواند مجهول باشد.



معمای جرم مولی و ظرفیت

این تیپ ترکیبی از دو تیپ قبلی است و طراح نسبت جرم مولی به ظرفیت $(\frac{M}{n})$ را می‌خواهد.

تجربین ۲۱: از واکنش ۳/۷g از هیدروکسید یک فلز با مقدار کافی نیتریک اسید، ۱/۸g آب تولید می‌شود. نسبت جرم مولی این فلز به ظرفیت آن



معمای تغییر جرم

با یک مثال آموزش این بخش را شروع می‌کنیم. فرض کنید ۲۸ گرم CaO ناخالص با مقدار کافی CO_2 واکنش دهد و جرم مواد جامد به ۳۹ گرم برسد و درصد خلوص CaO را بخواهد، زیر و رونویسی را به چه صورتی انجام می‌دهید؟ مشخص است زیر CaO باید بنویسیم xg و ۲۸ ولی ۳۹ گرم را کجا بنویسیم؟ اگر جوابتان $CaCO_3$ است اشتباه می‌کنید، چون این ۳۹ گرم مخلوطی از $CaCO_3$ و باقی مانده‌ی CaO (ناخالصی) است. در این حالت می‌توانیم بگوییم جرم جامد از ۲۸ به ۳۹ رسیده است و این ۱۱ گرم افزوده شده قطعاً به گاز وارد شده مربوط است و ۱۱ را زیر CO_2 بنویسیم. پس از عدد ۳۹ مستقیماً استفاده نکردیم، بلکه از ۱۱ گرم جرم افزوده شده استفاده کردیم. گاهی گاز خارج می‌شود، مثلاً در واکنش $2KClO_3 \rightarrow 2KCl + 3O_2$ اگر ۴۹ گرم $KClO_3$ تجزیه شود و جرم ماده جامد بر جای مانده به ۳۹/۴ گرم برسد، می‌دانیم ۴۹ گرم را باید زیر $KClO_3$ زیرنویسی کنیم، ولی ۳۹/۴ قابل زیرنویسی زیر هیچ ماده‌ای نیست، بلکه می‌توان ۹/۶ گرم کاهش جرم را به O_2 نسبت دهیم.

در پایایی گاهی گاز هم وارد می‌شود و هم خارج می‌شود، مثلاً در $Fe_2O_3 + 3CO \rightarrow 2Fe + 3CO_2$ اگر جرم ماده جامد ناخالص از ۱۰۰ گرم به ۷۶ گرم برسد، ۱۰۰ گرم زیر Fe_2O_3 زیرنویسی می‌شود، اما ۷۶ گرم به تنهایی قابل زیرنویسی نیست، بلکه ۲۴ گرم کاهش جرم را می‌توان به ورود $3CO$ (+۸۴)