



کتاب های  
موضوعی



# استوکیومیتری

## و سایر مسائل شیمی

آموزش به روش کتاب درسی و کنکور

سعید مراد پور





سال سوم دبیرستان

# استوکیومتری و سایر مسائل شیمی

{ روش کتاب درسی  
روش سرعتی کنکوری }  
سعید مرادپور

دارنده‌ی رتبه‌ی اول برترین روش‌های  
تدریس شیمی کشور

شامل مثال‌های کافی،  
نمونه‌های حل شده و  
تمرین‌های آموزشی  
هدفمند

حل تمام مسائل شیمی  
به کمک روش‌های  
سرعتی کنکوری از  
جمله تناسب و ...

آموزش پلکانی (از ساده  
به سخت) استوکیومتری  
و سایر مسائل شیمی  
سال سوم دبیرستان

حاوی نمونه تست‌های متنوع  
و ترکیبی تألیفی و کنکورهای  
سراسری

پاسخ تشریحی  
خودآزمایی‌ها و  
فکر کنید‌های  
کتاب درسی

شامل نمونه سؤال‌های  
امتحانات نهایی سال‌های  
اخیر آموزش و پرورش

پوشش حدود ۱۰ تا ۱۲ نمره از امتحانات نهایی و ۸ تا ۱۰ تست از تست‌های شیمی  
کنکور سراسری

سرشناسه: مرادپور، سعید، ۱۳۵۱ عنوان و نام پدیدآور: استوکیومتری و سایر مسائل شیمی سال سوم دبیرستان / مولف سعید مرادپور مشخصات نشر: تهران: مهرماه‌نوو، ۱۳۹۱. شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۳۱۷-۰۰۷-۰ وضعیت فهرست‌نویسی: فیبا موضوع: استوکیومتری - راهنمای آموزشی (متوسطه) / موضوع: استوکیومتری - مسائل و تمرینها و غیره (متوسطه) / موضوع: شیمی - راهنمای آموزشی (متوسطه) / موضوع: شیمی - مسائل، تمرین‌ها و غیره (متوسطه) / رده‌بندی کنگره: QD۴۸۱/۴م الف ۵/۱۳۹۱ / رده‌بندی دیویی: ۵۴۱/۲۶۰۷ / شماره کتابشناسی ملی: ۳۰۷۷۹۱۸

# استوکیومتری و سایر مسائل شیمی

مؤلف: سعید مرادپور

ویراستاران علمی: احمدعلی آزادبخت، سید جواد حسینی  
ویراستاران ادبی: رضییه سهرابی فرد، مرضیه ساکی نیا  
صفحه‌آرا: سمیه طاهرخانی  
چاپ اول، هزار و سیصد و نود و دو  
تیراژ: ۲۰۰۰ نسخه  
شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۳۱۷-۰۰۷-۰

قیمت: ۸۰۰۰ تومان

© کلیه حقوق این اثر محفوظ است.

انتشارات مهرماه

تهران، میدان انقلاب،  
خیابان ۱۲ فروردین،  
کوچه مینا، پلاک ۲۸  
تلفن: ۰۲۱-۶۶۴۰۸۴۰۰  
فکس: ۰۲۱-۶۶۹۶۴۴۳۶  
پيامک: ۰۲۱-۳۰۰۷۲۱۲۰  
mehromah.ir



# مقدمه



حدود ۲۵ تا ۳۰ درصد از کنکور شیمی را می‌توان مدیون چنابان استوکیومتری و دیگر مسایل شیمی سال سوم دبیرستان دانست. و البته کتاب حاضر گوی خود را در میدون نهاده و سفره‌ای متنوع برای کسب این در صد فراهم نموده است. بسم الله، پرمایین!

خداوند متعال را شاکرم که فرصتی دیگر برای بنده مهیا نمود تا بتوانم تجارب آموزشی بیست و چند ساله‌ی خود را در قالب تألیف یک سری کتاب‌های آموزشی - کنکوری شیمی در اختیار طیف وسیعی از هم‌وطنان عزیزم قرار دهم.

در حال حاضر، تنها کتاب شیمی دبیرستان که امتحان آن جزو امتحانات نهایی محسوب می‌شود و نمره کتبی آخر سال آن در کنکور سراسری نیز تأثیرگذار است، کتاب شیمی سال سوم می‌باشد. کسب یک نمره‌ی خوب در امتحان کتبی این کتاب، ضمن بالا بردن معدل کتبی دیپلم، ذخیره‌ی مثبت بسیار ارزشمندی را نیز برای کنکور به همراه خواهد داشت.

حدود ۷ تا ۹ نمره از امتحانات نهایی آخر سال شیمی سال سوم به حل مسایل عددی و استوکیومتری اختصاص دارد که اغلب دانش‌آموزان را برای کسب این نمره، حساسی به رحمت می‌ندازد و البته بعضی‌ها را نیز می‌ندازد تو هچن! بعضی‌ها نیز دست به دامن همکلاسی‌های زرنگ‌تر شون می‌شن و بعضی‌ها هم دست به چیب خونواده محترم پرا دیپران خصوصی و شمار اندکی از ایشان نیز از خیر اون می‌گذرن و په نمره‌ی قهولی (کتفا می‌کنن!) په هر حال ... پگذریم ...



## روش آموزش در این کتاب

در این کتاب، سعی شده است طی یک آموزش پلکانی از ساده به سخت و کامل‌تر از کتاب‌های درسی و آموزشی - کنکوری موجود در بازار (البته این کتاب هم اکنون بدون رقیب و در حال رچر خوانی و تک‌تأ میدان است!) بر تسلط مخاطبین خود برای شرکت در امتحانات آموزش و پرورش، کنکورهای سراسری و المپیادهای شیمی بیفزاید. انشاء الله.

در کتاب استوکیومتری و سایر مسایل شیمی با استفاده از یک روند آموزشی خاص، برای تسلط کامل خوانندگان خود بر مسایل هر مبحث، گام‌های آموزشی زیر را در نظر گرفته است:

**گام اول:** آموزش پلکانی هر مبحث همراه با حل مثال‌های کافی از ساده به سخت با بیانی ساده و روان

**گام دوم:** آموزش روش کتاب درسی با بیانی ساده‌تر و روان‌تر برای پاسخ‌گویی به سؤال‌های امتحانات آموزش و پرورش

**گام سوم:** آموزش روش‌های سرعتی - کنکوری نظیر تناسب و روابط خاص در هر مبحث

**گام چهارم:** آرایه و حل نمونه‌های مسایل مختلف در پایان هر مبحث به دو روش کتاب درسی و کنکوری

**گام پنجم:** آرایه‌ی تمرین‌های متنوع در پایان هر مبحث و در لابلای کتاب با پاسخ‌های تشریحی در انتهای هر فصل

**گام ششم:** پاسخ به «خود را بیازماییدها» و «فکر کنیدها» ی کتاب درسی در انتهای هر فصل

**گام هفتم:** آرایه و حل نمونه سؤال‌های امتحانات نهایی آموزش و پرورش در پایان هر فصل

**گام هشتم:** آرایه‌ی تست‌های تألیفی و کنکورهای سراسری همراه با پاسخ‌های تشریحی در پایان هر فصل



## هدف‌های کتاب

کتابی که پیش روی شماست، براساس سه هدف زیر تألیف شده است:

- یادگیری بهتر، کامل‌تر و عمیق‌تر حل مسایل شیمی و استوکیومتری و تسلط کامل بر آن‌ها

- بالا بردن معدل کتبی در امتحانات نهایی

- آمادگی بیش‌تر برای حضور در کنکورهای سراسری و المپیادهای شیمی

از ۳۵ تست شیمی کنکور تجربی و ریاضی، بین ۶ تا ۸ تست به‌طور مستقیم به استوکیومتری و سایر مسایل شیمی سال سوم اختصاص می‌یابد. علاوه بر این ۶ تا ۸ تست، ۲ تا ۳ تست از بودجه‌ی شیمی سال چهارم نیز به مهارت در استوکیومتری وابسته است که: در مجموع کسب

## واکنش‌های شیمیایی و استوکیومتری

تعیین فرمول تجربی و مولکولی و درصد جرمی اتم‌ها در یک ترکیب

۱۰

یادآوری مفهوم مول و جرم مولی

۸

روش کلی حل مسایل به کمک تناسب (ویژه کنکور)

۲۵

روش کلی حل مسایل به کمک کسرهای تبدیل (ویژه امتحانات نهایی)

۱۴

درصد خلوص

۳۵

واکنش‌دهنده‌ی محدود کننده و اضافی

۴۷

مسایل عمومی استوکیومتری (روابط جرمی، مولی، حجمی و ...)

۳۰

بازده درصدی

۵۸

استوکیومتری محلول‌ها

۳۹

پاسخ تمرین‌های فصل اول

۶۳

خود را بیازماییدها و فکر کنیدهای کتاب درسی

۸۰

تست‌های تألیفی و برگزیده‌ی کنکور سراسری

۹۲

نمونه سؤال‌های امتحانات نهایی

۸۷

استفاده از این کتاب را به تمام دانش‌آموزان و داوطلبین کنکور در هر سطح علمی که قرار دارند، به منظور رفع نیازها و تکمیل دانسته‌های خود و تسلط کامل بر حل مسایل شیمی با قصد بالا بردن معدل کتبی و آمادگی بیش‌تر برای شرکت در آزمون‌های ورودی دانشگاه‌ها، مراکز عالی و المپیادهای شیمی توصیه می‌کنم. باشد که مورد توجه این عزیزان قرار گرفته و ایشان را در راه رسیدن به آرزوهای علمی خود یاری رساند.

و اما؛ اول از خداوند متعال و بعد از آقایان احمد اختیاری، عباس گودرزی، ... همکاران گرامی آقایان احمد علی آزادبخت و سید جواد حسینی، خانم‌ها مرضیه ساکی نیا و راضیه سهرابی‌فر و سایر عزیزان از جمله‌ی آقایان ولی خدایاری و حمیدرضا آبانگاه که در آماده‌سازی این کتاب همکاری لازم را از ما دریغ ننمودند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

بدون شک این کتاب در ابتدای راه تکامل خود است؛ از کلیه‌ی صاحب‌نظران و علاقه‌مندان به پیشرفت علمی هم‌وطنان عاجزانه تقاضا دارم، پیشنهادات و انتقادات ارزنده‌ی خود را با saeed\_moradpoor@yahoo.com در اختیار مؤلف قرار دهند.

هموطن عزیز و دانش‌آموز گل!م!

امیدوارم معادلات زندگی‌تان موازنه شده، مسایل روزمره دشوارتان در حلال سعی و تلاشتان محلول، محلول زندگی‌تان دارای بیش‌ترین درصد جرمی موفقیت و از بالاترین درصد خلوص عشق و محبت، فراسیر شده باشد. با حداکثر بازدهی عیبی و گرماده‌ترین آنتالپی مهر و عطوفت، دوستانتان دارم و با بیش‌ترین غلظت مولال صمیم قلبم؛ تقدیم به خود خودتون

سعید مرادپور



## محلولا

قابلیت انحلال و نمودار  
انحلال پذیری

۱۷۳

آنتالپی انحلال

۱۷۰

غلظت ppm محلولها

۱۸۵

درصد جرمی  
محلولها

۱۸۲

غلظت معمولی  
و غلظت مولار  
محلولها

۱۹۱

درصد حجمی محلولها

۱۸۸

غلظت مولال محلولها

۱۹۵

درصد تفکیک  
یونی

۱۹۸

تعیین شروع نقطه‌ی  
جوش و انجماد

محلولهای آبی

۲۰۰

پاسخ تمرینهای  
فصل سوم

۲۰۳

خود را بیازماییدها و  
فکر کنیدهای کتاب

۲۱۲

نمونه سؤالهای  
امتحانات نهایی

۲۱۴

تستهای تألیفی و  
برگزیده‌ی کنکور

۲۱۹

سراسری

## ترمودینامیک شیمیایی

قانون اول  
ترمودینامیک

۱۰۹

ظرفیت گرمایی و انواع  
آن

۱۰۶

آنتالپیهای استاندارد

۱۱۶

$\Delta H$  در محاسبه‌های  
استوکیومتری

۱۱۱

محاسبه‌ی  $\Delta H$   
با استفاده از  
آنتالپیهای  
استاندارد  
تشکیل

۱۲۶

محاسبه‌ی  $\Delta H$  به کمک  
قانون هس

۱۲۱

محاسبه‌ی  $\Delta H$  با  
استفاده از آنتالپیهای  
پیوند

۱۳۰

پاسخ تمرینهای  
فصل دوم

۱۳۵

مسائل انرژی آزاد  
گیبس

۱۳۴

نمونه سؤالهای  
امتحانات نهایی

۱۴۷

خود را بیازماییدها و  
فکر کنیدهای کتاب  
درسی

۱۴۳

تستهای تألیفی و برگزیده‌ی  
کنکور سراسری

۱۵۵

# واکنش‌های تنییمیایی و استوکیومتری

## امتحانات سال سوم

نوبت اول	۶ تا ۸ نمره
نوبت دوم (نهایی)	۳ تا ۴ نمره
کنکور سراسری ریاضی / تجربی	
۳ تا ۴ تست	

- ۱ یادآوری مفهوم مول و جرم مولی
- ۲ تعیین فرمول تجربی و مولکولی و درصد جرمی اتم‌ها در یک ترکیب
- ۳ روش کلی حل مسایل به کمک کسرهای تبدیل (ویژه امتحانات نهایی)
- ۴ روش کلی حل مسایل به کمک تناسب (ویژه کنکور)
- ۵ مسایل عمومی استوکیومتری (روابط جرمی، مولی، حجمی و ...)
- ۶ درصد خلوص
- ۷ استوکیومتری محلول‌ها
- ۸ واکنش‌دهنده محدود کننده و اضافی
- ۹ بازدهی درصدی
- ۱۰ پاسخ تمرین‌های فصل اول
- ۱۱ خود را بیازماییدها و فکر کنیدهای کتاب درسی
- ۱۲ نمونه سؤال‌های امتحانات نهایی سال‌های اخیر
- ۱۳ نمونه سؤال‌های تألیفی و برگزیده کنکور سراسری





## ۱ یادآوری مفهوم مول و جرم مولی (مولکول گرم و اتم گرم)

اصطلاح مول (mol)، در بسیاری از موارد، از جمله در مورد اتم‌ها، مولکول‌ها، یون‌ها، الکترون‌ها و پیوندهای شیمیایی به کار می‌رود.

## مول (mol)

به تعداد  $6.022 \times 10^{23}$  ذره (اتم، مولکول، یون یا پیوند) یک مول گفته می‌شود.

$$1 \text{ mol} = 6.022 \times 10^{23} \text{ ذره}$$

## مثال

• ۵ / مول آهن دارای چه تعداد از اتم‌های آهن است؟

۱ mol Fe

اتم  $6.022 \times 10^{23}$

پاسخ:

۰ / ۵ mol

$$x \Rightarrow x = 0.5 \times 6.022 \times 10^{23} = 3.011 \times 10^{23} \text{ اتم}$$

## نکته

عدد  $6.022 \times 10^{23}$ ، نخستین بار توسط آووگادرو دانشمند ایتالیایی پیشنهاد شد.

## مولکول گرم

به جرم یک مول از مولکول‌های هر ماده گفته می‌شود. مولکول گرم هر ماده بر حسب گرم بیان می‌شود. وقتی گفته می‌شود جرم مولی  $\text{CO}_2$  برابر ۴۴ است، به این معناست که: جرم یک مول (تعداد  $6.022 \times 10^{23}$  عدد مولکول  $\text{CO}_2$ ) برابر ۴۴ گرم است.

$$1 \text{ mol CO}_2 = 44 \text{ g CO}_2$$

به عبارتی جرم یک مول از مولکول‌های کربن‌دی‌اکسید برابر ۴۴ گرم است. این مقدار جرم را **مولکول گرم** کربن‌دی‌اکسید نیز می‌گویند.

$$\text{CO}_2 = 44 \text{ g} \text{ مولکول گرم} = \text{جرم مولکولی CO}_2$$

## اتم گرم

در مواردی که اجزای سازنده‌ی ماده، اتم‌ها باشند می‌توان به جای واژه‌ی جرم مولی از **اتم گرم** (= جرم مولی) نیز استفاده کرد. اتم گرم برای موادی که از اتم‌ها ساخته شده‌اند و دارای مولکول نیستند، مانند Fe، Zn و... به کار می‌رود. به جرم یک مول از اتم‌های هر عنصر **اتم گرم** آن عنصر گفته می‌شود که یکای آن بر حسب گرم بیان می‌شود.

## مثال

• اتم گرم Zn برابر ۶۵ است. این عبارت به این معناست که: جرم یک مول از اتم‌های روی (اتم  $6.022 \times 10^{23}$ ) برابر ۶۵ گرم است:

$$\text{Zn} = 65 \text{ g} \text{ اتم گرم}$$

## جرم فرمولی

در ترکیب‌های یونی مثل NaCl، جرم مولی را برابر **جرم فرمولی** آن ترکیب در نظر می‌گیریم.

$$\text{NaCl} = 58.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \text{ جرم فرمولی NaCl} = \text{جرم مولی NaCl}$$

به‌طور کلی جرم مولی را می‌توان به جای سه مفهوم به کار برد که عبارتند از:

اگر ذره‌های سازنده‌ی ماده  $\left. \begin{array}{l} \text{اتم‌ها باشند. مثل: Zn} \leftarrow \text{جرم مولی} = \text{اتم گرم} \\ \text{مولکول‌ها باشند. مثل: CO}_2 \leftarrow \text{جرم مولی} = \text{مولکول گرم} \\ \text{ترکیب‌های یونی باشند. مثل: NaCl} \leftarrow \text{جرم مولی} = \text{جرم فرمولی} \end{array} \right\}$

## جرم مولی (M)

شیمی‌دان‌ها اغلب مایلند به جای واژه‌های اتم‌گرم و مولکول‌گرم، از جرم مولی استفاده کنند. از نظر تعریف: جرم مولی یک ترکیب، به جرم یک مول ( $6.022 \times 10^{23}$ ) از اتم‌های یک عنصر یا مولکول‌های ترکیب گفته می‌شود و یکای آن، بر حسب گرم بر مول ( $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) بیان می‌شود. به عبارتی: «به جرم یک مول ذره، بر حسب گرم بر مول ( $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ )، جرم مولی می‌گویند.»

## محاسبه‌ی جرم مولی

برای محاسبه‌ی جرم مولی یک ترکیب، باید جرم‌های اتمی تمام اتم‌های تشکیل دهنده‌ی آن ترکیب را با هم جمع کرد. برای این کار، تعداد هر اتم را در جرم اتمی آنکه از جدول تناوبی استخراج شده است، ضرب نموده و با هم جمع می‌بندیم. به مثال‌های زیر توجه کنید:

$$\text{H}_2\text{O} \text{ جرم مولی} = 2\text{H} + 1\text{O} = 2(1) + 1(16) = 18 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$\text{SO}_3 \text{ جرم مولی} = 1\text{S} + 3\text{O} = 1(32) + 3(16) = 80 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ جرم مولی} = 2\text{H} + 1\text{S} + 4\text{O} = 2(1) + 1(32) + 4(16) = 98 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

## کاربرد جرم مولی

از جرم مولی در حل مسایل شیمی برای تبدیل گرم ماده به تعداد مول آن ماده و بالعکس استفاده می‌شود.

گرم  $\leftrightarrow$  مول

برای تبدیل مقدار گرم ماده به تعداد مول آن از جرم مولی و روابط زیر کمک می‌گیریم:

$$\text{تعداد مول (mol)} = \text{جرم ماده (g)} \times \frac{1 \text{ mol}}{\text{جرم مولی (g)}}$$

روش کتاب درسی

## مثال

• ۸g سدیم‌هیدروکسید (NaOH) معادل چند مول است؟ ( $1 \text{ mol NaOH} = 40 \text{ g}$ )

$$? \text{ mol NaOH} = 8 \text{ g NaOH} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{40 \text{ g NaOH}} = 0.2 \text{ mol NaOH}$$

پاسخ: ✓

روش تستی می‌توان به کمک رابطه‌ی زیر با سرعت بیشتری مسأله‌ی فوق را پاسخ داد:

$$\text{تعداد گرم ماده} = \text{جرم مولی ماده} \times n \Leftrightarrow n = \frac{m}{M}$$

$$n = \frac{8}{40} = 0.2 \text{ mol}$$

مول  $\leftrightarrow$  گرم

برای تبدیل تعداد مول یک ماده به تعداد گرم آن ماده، وجود جرم مولی ضروری است. برای این کار از روابط زیر استفاده می‌شود:

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

روش کتاب درسی

$$m = n \times M \Leftrightarrow \text{جرم مولی} \times \text{تعداد مول} = \text{تعداد گرم}$$

روش تستی

## مثال

• ۱/۵ مول سدیم‌هیدروکسید، چند گرم جرم دارد؟ ( $\text{NaOH} = 40 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ )

$$? \text{ g NaOH} = 1/5 \text{ mol NaOH} \times \frac{40 \text{ g NaOH}}{1 \text{ mol NaOH}} = 8 \text{ g NaOH}$$

پاسخ: ✓ روش کتاب درسی

$$m = n \times M = 1/5 \times 40 = 8 \text{ g NaOH}$$

روش تستی



## تعیین فرمول تجربی، فرمول مولکولی و درصد جرمی اتم‌ها در یک ترکیب



## فرمول تجربی (فرمول ساده)

فرمول تجربی یک ترکیب، ساده‌ترین نسبت صحیح بین تعداد اتم‌های آن ترکیب را نشان می‌دهد.  
در فرمول تجربی یک ترکیب اطلاعات زیر دیده می‌شود:

- ۱ نوع و تعداد انواع عنصرهای سازنده‌ی ترکیب
- ۲ ساده‌ترین نسبت تعداد اتم‌های ترکیب

## مثال

- فرمول تجربی استیک اسید  $\text{CH}_2\text{O}$  است. این فرمول به ما نشان می‌دهد استیک اسید از سه نوع عنصر  $\text{C}$ ،  $\text{H}$  و  $\text{O}$  تشکیل شده است به طوری که در آن، تعداد هیدروژن‌ها دو برابر تعداد کربن‌ها و اکسیژن‌ها است.

## نکته

فرمول تجربی تعداد دقیق اتم‌های سازنده‌ی ترکیب را مشخص نمی‌کند.

## فرمول مولکولی (فرمول شیمیایی)

فرمول مولکولی یک ترکیب، علاوه بر نوع عنصرهای سازنده‌ی ترکیب، تعداد واقعی اتم‌های ترکیب را نیز مشخص می‌کند.

## مثال

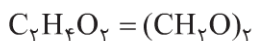
- فرمول مولکولی استیک اسید  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$  است که نشان می‌دهد هر مولکول استیک اسید از ۲ اتم کربن، ۴ اتم هیدروژن و ۲ اتم اکسیژن تشکیل شده است.

## فرمول مولکولی، مضربی از فرمول تجربی

به رابطه‌ی زیر توجه کنید:

$$\text{فرمول مولکولی} = (\text{فرمول تجربی})_x \quad \text{و} \quad x = 1, 2, 3, \dots$$

فرمول مولکولی یک ماده در واقع یک یا چند برابر فرمول تجربی آن است. به‌عنوان مثال: فرمول مولکولی استیک اسید دو برابر فرمول تجربی آن است:



برای استیک اسید:

۲(فرمول تجربی) = فرمول مولکولی

## نکته

برای دستیابی به فرمول تجربی یک ترکیب، کافی است زیروندهای فرمول مولکولی را ساده کنیم.

## مثال

- اگر فرمول مولکولی ترکیبی به‌صورت  $\text{C}_6\text{H}_6$  باشد، فرمول تجربی آن چیست؟

پاسخ: با ساده کردن زیروندهای فرمول مولکولی به فرمول تجربی دست می‌یابیم:  $\text{C}_6\text{H}_6 \div 6 = \text{CH}$

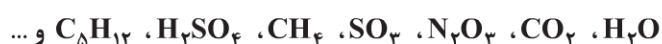
## نکته

در دو حالت، فرمول مولکولی و فرمول تجربی برای یک ترکیب یکسان هستند.

۱ زیروندها قابل ساده کردن نباشند.

۲ زیروند یک یا چند عنصر برابر یک باشد.

برخی مواد که دارای فرمول تجربی و فرمول مولکولی یکسان هستند، عبارتند از:



## تعیین فرمول تجربی و مولکولی یک ترکیب

برای تعیین فرمول تجربی یک ترکیب به ترتیب، مراحل زیر را انجام می‌دهیم:

مرحله ۱: مقدار گرم یا درصد جرمی هر عنصر را به تعداد مول آن تبدیل می‌کنیم.

مرحله ۲: تعداد مول‌های همه‌ی عناصر را بر کوچک‌ترین تعداد مول به‌دست آمده در مرحله‌ی (۱)، تقسیم می‌کنیم تا تعداد نسبی اتم‌های هر عنصر در ترکیب مورد نظر به‌دست آید.

## نکته

اگر تعداد اتم‌ها کسری (اعشاری) به‌دست آیند، همه‌ی عددهای به‌دست آمده در مرحله‌ی (۲)، را در کوچک‌ترین عدد صحیح که آن‌ها را از حالت کسری خارج کند، ضرب می‌کنیم.

مرحله ۳: از کنار هم قرار دادن اتم‌ها و زیروندهایشان، فرمول تجربی ترکیب به‌دست می‌آید.

مرحله ۴: چنان‌چه فرمول مولکولی را از ما خواسته باشند، به کمک روابط زیر، ابتدا مقدار  $x$  و سپس فرمول مولکولی ترکیب مورد نظر را به‌دست می‌آوریم:

$$x = \frac{\text{جرم فرمول مولکولی}}{\text{جرم فرمول تجربی}} \Rightarrow x(\text{فرمول تجربی}) = \text{فرمول مولکولی}$$

## مثال

از تجزیه‌ی عنصری یکی از اکسیدهای نیتروژن؛  $15/22\text{g}$  نیتروژن و  $24/78\text{g}$  اکسیژن به‌دست آمده است. اگر جرم مولی

این اکسید برابر  $92\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$  باشد، فرمول مولکولی آن را به‌دست آورید. ( $\text{O} = 16\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$  و  $\text{N} = 14$ )

پاسخ: ابتدا، تعداد مول‌های عناصر را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ mol N} = 15/22\text{g N} \times \frac{1\text{mol N}}{14\text{g N}} = 1/0.8 \text{ mol N}$$

$$? \text{ mol O} = 24/78\text{g O} \times \frac{1\text{mol O}}{16\text{g O}} = 2/17 \text{ mol O}$$

حال مقدار مول‌ها را بر کوچک‌ترین آن‌ها (یعنی  $1/0.8$ ) تقسیم می‌کنیم:

$$\frac{1/0.8 \text{ mol N}}{1/0.8} = 1 \text{ mol N}$$

$$\frac{2/17 \text{ mol O}}{1/0.8} \simeq 2 \text{ mol O}$$

از کنار هم قرار دادن اتم‌ها و زیروندهایشان فرمول تجربی  $\text{NO}_2$  به‌دست می‌آید.

برای تعیین فرمول مولکولی، با توجه به جرم مولی ابتدا  $x$  را تعیین می‌کنیم.

$$x = \frac{\text{جرم فرمول مولکولی}}{\text{جرم فرمول تجربی}} = \frac{92}{\text{جرم } \text{NO}_2} = \frac{92}{14+2(16)} = \frac{92}{46} = 2 \Rightarrow x = 2$$

$$\text{فرمول مولکولی} = (\text{فرمول تجربی})_x = (\text{NO}_2)_2 = \text{N}_2\text{O}_4$$

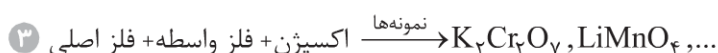
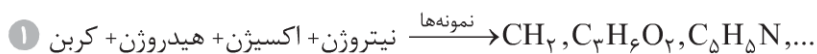
**تمرین ۱:** یک نمونه از هیدروکربنی شامل  $14/53\text{g}$  کربن (C) و  $4/84\text{g}$  هیدروژن (H) است. فرمول تجربی آن را

(نهایی فرداد ۸۸)

به‌دست آورید. ( $\text{C} = 12$  و  $\text{H} = 1\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ )

## ترتیب چینش عناصر در فرمول تجربی

با توجه به نوع عنصرهای موجود در ترکیب، ترتیب چیده‌شدن عناصر در فرمول تجربی، معمولاً به یکی از شیوه‌های زیر است:





**تست نمونه:** ترکیبی دارای ۳۶/۵٪ فلز سدیم، ۲۵/۴۱٪ گوگرد و ۳۸/۰۹٪ اکسیژن است. فرمول تجربی آن کدام است؟

$$(O = 16 \text{ و } Na = 23 \text{ و } S = 32 : g.mol^{-1})$$



**پاسخ:** ابتدا تعداد مول‌ها را محاسبه می‌کنیم:

روش کتاب درسی

$$? \text{ mol Na} = 36/5 \text{ g Na} \times \frac{1 \text{ mol Na}}{23 \text{ g Na}} = 1/58 \text{ mol Na}$$

$$? \text{ mol S} = 25/41 \text{ g S} \times \frac{1 \text{ mol S}}{32 \text{ g S}} = 0/79 \text{ mol S}$$

$$? \text{ mol O} = 38/09 \text{ g O} \times \frac{1 \text{ mol O}}{16 \text{ g O}} = 2/38 \text{ mol O}$$

حال مقادیر به دست آمده را بر کوچک‌ترین آن‌ها (یعنی ۰/۷۹) تقسیم می‌کنیم تا تعداد هر یک از اتم‌ها در فرمول تجربی به دست آید:

$$\text{Na تعداد} = \frac{1/58}{0/79} = 2$$

$$\text{S تعداد} = \frac{0/79}{0/79} = 1$$

$$\text{O تعداد} = \frac{2/38}{0/79} = 3/01 \approx 3$$

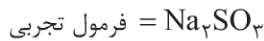


روش تستی از رابطه‌ی  $n = \frac{m}{M}$  تعداد مول‌ها را به دست می‌آوریم:

$$Na = \frac{36/5}{23} = 1/58 \div 0/79 = 2$$

$$S = \frac{25/41}{32} = 0/79 \div 0/79 = 1$$

$$O = \frac{38/09}{16} = 2/38 \div 0/79 \approx 3$$



**تمرین ۲:** تجزیه‌ی شیمیایی ترکیبی ثابت کرده است که این ترکیب دارای ۳۶/۳۶ درصد کربن، ۶/۰۷ درصد

هیدروژن و ۵۷/۵۷ درصد فلوئور است. اگر جرم مولی این ترکیب  $66 \text{ g.mol}^{-1}$  باشد، فرمول شیمیایی این ترکیب را به دست

آورید. ( $H = 1$  و  $C = 12$  و  $F = 19 : g.mol^{-1}$ )

درصد جرمی عناصرها در یک ترکیب

گاهی اوقات در تست‌های کنکور دیده می‌شود که جرم اتمی یا درصد جرمی عنصری در یک ترکیب مورد سؤال قرار می‌گیرد.

از آن جایی که پاسخ‌دهی به این گونه تست‌ها، از شیوه‌ی خاصی تبعیت نمی‌کند، مهارت علمی و قدرت خلاقیت داوطلب در

یافتن راه حل که اغلب به کمک بستن یک تناسب انجام می‌گیرد، بسیار کارگشاست.

به چند نمونه از این تست‌ها و چگونگی پاسخ به آن‌ها، دقت کنید.

بزودی از مجموعه  
کتاب‌های موضوعی  
منتشر می‌شود

مفاهیم و  
تناسب‌های  
معنایی

مثلثات

گرامر  
Grammar

استوکیومتری  
و سایر مسائل شیمی

درک مطلب  
Comprehension

ترجمه، تعریب  
مفهوم درک مطلب

عربی کنکور

تجزیه، ترکیب  
و اعراب‌گذاری  
عربی کنکور

