

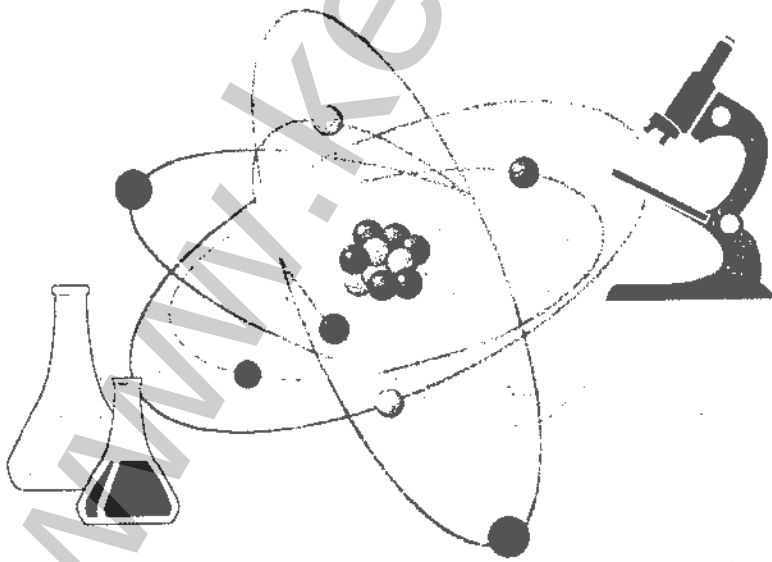
شیمی عمومی

((۱))

نگرش کاربردی

نگارش ساده

برای دانشجویان رشته زیست شناسی ، تغذیه و کشاورزی



تألیف

دکتر منصور رحمانی

۱۳۸۴



انتشارات جعفری

رحمانی، منصور، ۱۳۳۰-
شیمی عمومی (۱) / تألیف منصور رحمانی، - تهران: جعفری،
۱۳۸۴.

ز، ۲۶۴ ص: منصور، جدول، نمودار.
۴۰۰۰ ریال: 1-48-964-ISBN

شیمی عمومی (۱) نگارش ساده، نگارش کاربردی برای دانشجویان
رشته زیست‌شناسی، تغذیه و کشاورزی...
فهرست‌نویسی بر اساس اطلاعات فیبا.
کتابنامه: ص [۲۵۳-۲۵۴].

شیمی -- راهنمای آموزشی (عالی). ۲. -- مسائل، تمرینها و غیره
(عالی). الف. عنوان. ب. عنوان: شیمی عمومی (۱): نگارش ساده،
نگارش کاربردی برای دانشجویان رشته زیست‌شناسی، تغذیه و کشاورزی.
۵۴۰/۷ QD۴۰ / ۳ ش ۹
کتابخانه ملی ایران
۴۸۲-۲۱۱۱۶

نام کتاب:

شیمی عمومی (۱)

تألیف:

دکتر منصور رحمانی

ناشر:

جعفری

نوبت چاپ:

اول مهرماه ۱۳۸۴

چاپ:

سارنگ

صحافی:

سارنگ

شمارگان:

۱۰۰۰ نسخه

شابک:

۹۶۴-۶۰۸۸-۴۸-۱

قیمت:

۴۰۰۰ ریال

مرکز پخش: تهران - روبروی دانشگاه تهران - انتشارات جعفری
فروشگاه: ۶۶۴۹۳۱۵۴

کلیه حقوق برای ناشر و مؤلف محفوظ است و هرگونه تکثیر
بدون اجازه مؤلف ممنوع می‌باشد و سبکد فابونی دارد.

به نام خداوند جان و خرد

کزین برتر اندیشه بر نگذرد

سپاس بی کران بر پروردگار بی همتا که مرا یاری فرمود تا بتوانم کتاب شیمی عمومی - ۱ را
برای دانشجویان عزیز رشته های زیست شناسی ، تغذیه و کشاورزی فراهم آورم .
نظر به اینکه برای رشته های فوق ، کتاب شیمی اختصاصی وجود نداشت کتاب حاضر براساس
سر فصل های مصوب وزارت علوم ، تحقیقات و فن آوری با نگارشی ساده و نگارشی کاربردی
تدوین گردید که امیدوارم مورد استفاده قرار گیرد .

مهر ماه ۱۳۸۴ - منصور رحمانی

شهرست مندرجات

فصل ۱ - (مقدمه)

شرح	صفحه
۱-۱: تاریخچه	۱
۱-۲: ماده : (مخلوط- مخلوط همگن ، نا همگن ، ماده خالص ، تفاوت مخلوط و مرکب)	۲
۱-۳: اصول اندازه گیری	۶
۱-۴: قواعد بیان ارقام : (ارقام با معنی ، قانون صفرها ، قواعد بیان چهار عمل اصلی ، قواعد گرد کردن اعداد غیر ضروری)	۷
۱-۵: واحد های اندازه گیری	۱۰
۱-۶: روش محاسبات در شیمی : (محاسبه درصد ها ، محاسبه نسبت ها ، چگالی)	۱۲

فصل ۲ - (اتم و ساختار آن)

شرح	صفحه
۲-۱: نظریه ها و قوانین : (نظریه اتمی دالتون ، ایزوتوپ)	۱۵
۲-۲: پژوهش های اولیه در باره اتم : (ماهیت الکتریکی ماده ، اثبات وجود الکترون ، پرتوکاتدی، نسبت e/m ، آزمایش تامسون ، محاسبه بار و جرم الکترون ، آزمایش ، میلیکان اثبات وجود پروتون و بار مثبت آن ، آزمایش گلداشترین	۱۷
۲-۳: پرتو زایی هسته : (پیشنهاد مدل اتمی ، اثبات سه نوع پرتو متشده از عناصر رادیواکتیو با ویژگی آن ها ، آزمایش های رادرفورد ، اثبات وجود نوترون و بار آن)	۲۳
۲-۴: پرتو ایکس	۲۷
۲-۵: مدل های اتمی	۳۰

فصل ۳- (ماهیت موجی و ذره ای ماده)

شرح

صفحه

- ۳-۱: ماهیت موجی تابش الکترومغناطیسی (مشخصات تابش الکترومغناطیسی ، طول موج ، فرکانس ، سرعت ، دامنه) ۳۲
- ۳-۲: ماهیت ذره ای تابش الکترومغناطیسی ، نظریه کوانتومی پلانک ۳۶
- ۳-۳: اثر فتو الکتریک ۳۷
- ۳-۴: انواع طیف پرتوهای الکترومغناطیسی (طیف نشری ، طیف پیوسته ، طیف اتمی ، طیف جذبی) ۳۸
- ۳-۵: ماهیت دو گانه ماده ۴۳
- ۳-۶: اصل عدم قطعیت ۴۳

فصل ۴- (نمادها)

شرح

صفحه

- ۴-۱: نماد عناصر ۴۶
- ۴-۲: توصیف اتم از نظر مکانیک کوانتومی (اعداد کوانتومی) ۴۷
- ۴-۳: آرایش الکترونی اتم بر اساس اصل آفبا (اولویت اشغال ، اصل طرد پائولی ، قاعده هوند) ۵۱
- ۴-۴: تعریف مولکول ۵۳
- ۴-۵: تعریف یون ۵۴
- ۴-۶: معادله های شیمیایی ۵۶
- ۴-۷: فرمول مولکولی و فرمول تجربی ۵۸
- ۴-۸: جرم اتمی ۵۹
- ۴-۹: عدد آووگادرو ۶۰
- ۴-۱۰: مول ۶۰
- ۴-۱۱: جرم مولی ۶۲

فصل ۵ - (نظام تناوبی در شیمی)

صفحه

شرح

۶۶	۵-۱: آشنایی با جدول تناوبی (تاریخچه - ساختار)
۷۰	۵-۲: شعاع اتمی
۷۱	۵-۳: شعاع یونی
۷۳	۵-۴: انرژی یونش
۷۴	۵-۵: اثر شعاع اتمی و یونی بر خواص شیمیایی
۷۵	۵-۶: الکترون خواهی
۷۷	۵-۷: الکترونگاتیوی

فصل ۶ - (استوی کیو متری)

صفحه

شرح

۸۱	۶-۱: ترکیب درصد عناصر
۸۲	۶-۲: درصد وزنی
۸۳	۶-۳: درصد حجمی
۸۳	۶-۴: تعیین فرمول تجربی
۸۶	۶-۵: محاسبات کمی بر مبنای معادلات
۸۷	۶-۶: محاسبات بر مبنای واکنشگر محدود کننده
۸۸	۶-۷: درصد باز دهی

فصل ۷ - (پیوند های شیمیایی)

صفحه

شرح

۹۰	۷-۱: انواع پیوند های شیمیایی [پیوند های درون مولکولی (یونی یا الکترووالانسی، کووالانسی، داتیو، فلزی) نیروهای جاذبه بین مولکولی (دو قطبی - دو قطبی، قطبی-یونی، قطبی-القایی، غیر قطبی و غیر قطبی - پیوند های هیدروژنی)]
----	---

- ۷-۲: رهنمود تشخیص نیروهای بین مولکولی ۱۰۳
- ۷-۳: پیوند پای و سیگما ۱۰۴
- ۷-۴: قطبیت مولکول ۱۰۵
- ۷-۵: شکل هندسی مولکول (ترسیم ساختار مولکولی به روش لوویس ، بار قراردادی
موارد استثنایی در قاعده هشتایی ، ساختار رزونانسی ، مدل دافعه جفت
الکترونی ظرفیت ، اوربیتال های هیبریدی) ۱۰۷
- ۷-۶: اوربیتال مولکولی (نمایش اوربیتال هر مولکول ، مرتبه پیوند) ۱۲۱

فصل ۸- (گرماشیمی)

صفحه

شرح

- ۸-۱: ماهیت انرژی ۱۲۶
- ۸-۲: انرژی داخلی ۱۲۷
- ۸-۳: واحد انرژی ۱۲۷
- ۸-۴: سیستم و محیط ۱۲۷
- ۸-۵: کار و گرما ۱۲۹
- ۸-۶: تابع های حالت ۱۳۰
- ۸-۷: آنتالپی (آنتالپی واکنش ، آنتالپی تشکیل) ۱۳۰
- ۸-۸: قانون هس ۱۳۵
- ۸-۹: پیش بینی واکنش ها ۱۳۸
- ۸-۱۰: انرژی آزاد گیبس ۱۳۹
- ۸-۱۱: دما و گرما (دماسنج ، ظرفیت گرمایی ، گرماسنجی) ۱۴۱
- ۸-۱۲: انرژی پیوند ۱۴۴

فصل ۹ - (مایعات، جامدات، گازها)

شرح

صفحه

۱۴۷	<u>مایعات</u>
۱۴۷	۹-۱: نظریه جنبشی مایعات
۱۴۷	۹-۲: تعریف فاز
۱۴۷	۹-۳: گرانروی
۱۴۹	۹-۴: کشش سطحی
۱۵۰	۹-۵: نیروی هم چسبی - نیروی چسبندگی
۱۵۱	۹-۶: تبخیر
۱۵۲	۹-۷: فشار بخار
۱۵۳	۹-۸: نقطه جوش
۱۵۵	۹-۹: گرمای تبخیر
۱۵۵	۹-۱۰: میعان
۱۵۶	۹-۱۱: نقطه ذوب - نقطه انجماد
۱۵۷	۹-۱۲: تصعید
۱۵۷	۹-۱۳: نمودارهای فاز
۱۶۰	<u>جامدات</u>
۱۶۰	۹-۱۴: انواع جامدات
۱۶۴	۹-۱۵: ویژگی انواع جامدات بلورین
۱۶۵	۹-۱۶: نقایص ساختار بلور
۱۶۶	۹-۱۷: نیمه رسانا
۱۶۸	<u>گازها</u>
۱۶۸	۹-۱۸: اهمیت گازها
۱۶۸	۹-۱۹: ویژگی گازها
۱۶۹	۹-۲۰: فرق گازها و مایعات

۱۶۹	۹-۲۱: فشار گازها (فشارسنج، هواسنج)
۱۷۱	۹-۲۱-۳: قانون بویل
۱۷۱	۹-۲۱-۴: قانون شارل-گیلوساک
۱۷۲	۹-۲۱-۴: دمای مطلق
۱۷۲	۹-۲۱-۵: قانون آمانتون
۱۷۳	۹-۲۲: قانون گازهای ایده آل
۱۷۴	۹-۲۳: قانون ترکیب حجمی گیلوساک و اصل آووگادرو
۱۷۵	۹-۲۴: اصل آووگادرو
۱۷۶	۹-۲۵: قانون فشارهای جزئی دالتون
۱۷۷	۹-۲۶: گازهای حقیقی و ایده آل
۱۷۷	۹-۲۷: انتشار گازها

فصل ۱۰- (محلول ها)

صفحه

شرح

۱۷۹	<u>تعریف</u>
۱۸۰	۱۰-۱: انواع حلالیت (سیری)
۱۸۰	۱۰-۲: چگونگی عمل حل شدن (محلول های ایده آل)
	۱۰-۳: عوامل مؤثر در حلالیت فیزیکی (سطح تماس، جاذبه بین مولکولی، اثر دما، اثر فشار،
۱۸۲	اصل لوشاتلیه، قانون هنری)
۱۸۹	۱۰-۴: آب پوشی (هیدراتاسیون)
۱۹۱	۱۰-۵: ترکیبات آب دار
	۱۰-۶: واحدهای غلظت (مولاریته، مولالیه، کسر مولی، غلظت درصد، غلظت در میلیون،
۱۹۲	نرمالیه)
۱۹۸	۱۰-۷: محلول سازی (رقیق سازی)
	۱۰-۸: خواص جمعی (کاهش فشار بخار، قانون راول، مواد نمگیر، صعود نقطه جوش و
۱۹۹	نزول نقطه انجماد، فشار اسمزی)

- ۲۰۹ ۱۰-۹: تقطیر
- ۲۰۹ ۱۰-۱۰: الکترولیت (خواص کولیگاتیو الکترولیت ها)
- ۲۱۲ ۱۰-۱۱: کلوئیدها (پراکنش نور، اثر تیندال، کلوئیدهای آب دوست و آب گریز، کلوئیدهای همبسته)

فصل ۱۱- (اسیدها و بازها)

صفحه

شرح

- ۲۱۶ ۱۱-۱: مقدمه و تعریف (نظریه آرنیوس، نظریه برونشتد، لوری، نظریه لوویس)
- ۲۲۰ ۱۱-۲: یونیزه شدن آب (PH، شناساگرهای PH)
- ۲۲۲ ۱۱-۳: قدرت اسید و باز
- ۲۲۴ ۱۱-۴: تاثیر ساختار مولکولی در قدرت اسیدی
- ۲۲۵ ۱۱-۵: اسید و باز ضعیف (رابطه PH و PK ماده)
- ۲۲۷ ۱۱-۶: هیدرولیز (آب کافت) (پیش بینی در محلول های نمکی)
- ۲۳۱ ۱۱-۷: ترکیبات آمفوتر
- ۲۳۱ ۱۱-۸: محلول های بافر

فصل ۱۲- (سرعت واکنش و تعادل شیمیایی)

صفحه

شرح

- ۲۳۳ ۱۲-۱: سرعت واکنش
- ۲۳۴ ۱۲-۲: عوامل مؤثر در سرعت واکنش (ماهیت واکنشگر، غلظت واکنشگر، قانون سرعت، نظریه برخورد، حالت گذار، دما، فشار، سطح، کاتالیزور)
- ۲۴۲ ۱۲-۳: تعادل شیمیایی (ثابت تعادل، برخی محاسبات تعادلی، تاثیر تغییر شرایط بر تعادل)
- ۲۴۸ ۱۲-۴: مکانیسم واکنش ها (مراحل واکنش، مولکولاریته)
- ۲۵۰ ۱۲-۵: مرتبه واکنش (تعیین مرتبه واکنش، تعیین زمان نیمه عمر، اصل لوشاتلیه)

فصل - ۱



Preface

۱-۱: تاریخچه

شیمی علمی است پویا که ویژگی‌های کمی و کیفی ساختار مواد و چگونگی تغییر و تبدیل آن‌ها را بیان می‌کند. شاید بتوان گفت که مرحله آغازین علم شیمی با دوران صنایع سنگی همراه بوده است. انسان بعداً با جنبه‌های کاربردی علم شیمی در صنایع دیگر نظیر صنایع فلزی، شیشه، پارچه ... آشنا گردید. تا ۶۰۰ سال پیش از میلاد، انسان به طور تجربی به ساخت ظروف سفالی و مسی و ساخت دارو می‌پرداخت بدون اینکه علت فرایندها را بشناسد. هزار سال پیش از میلاد فلاسفه هند معتقد بودند که اشیاء جهان از چهار ماده آب، هوا، آتش و خاک به وجود آمده‌اند. در سال‌های ۶۰۰-۳۰۰ ق.م فلاسفه یونان اعتقاد داشتند که اشیاء جهان از یک جوهره اولیه (prima materia) ساخته شده‌اند. به این ترتیب چون این علم در آن زمان با جنبه‌های فلسفی در آمیخت لذا هنری الهی (Divine Art) قلمداد و به نام علم کیمیا (شیمی) معروف گردید. بعضی از دانشمندان ایرانی از مشاهیر جهانی شیمی هستند... برتوله (Berthelot) شیمیدان فرانسوی که به پدر شیمی ستر ملقب است می‌گوید جابرابن حیان در علم شیمی مقامی را دارد که ارسطو در علم منطق داشت. کتاب سرالاسرار رازی که در مورد فرایندها و خواص شیمیایی مواد و داروها نوشته شده به زبان‌های انگلیسی، فرانسه و آلمانی ترجمه گردیده است.

دوره شیمی نوین از سال ۱۷۹۰ میلادی با قانون بقای جرم لاولوازیه شروع شد و امروزه شیمی در هر یک از رشته‌های تخصصی، معدنی، آلی، تجزیه، هسته‌ای، حیاتی ... تکامل بسیاری پیدا کرده است.

۱-۲: ماده (Matter)

به هر چیزی که فضا را اشغال کند و دارای جرم باشد «ماده» گفته می‌شود. ماده به یکی از دو حالت مخلوط یا خالص وجود دارد.

۱-۲-۱: مخلوط (Mixture)

مخلوط به مجموعه‌ای از دو یا چند ماده می‌گویند که در آن، مواد خواص خود را حفظ کرده باشند. مخلوط دو نوع است همگن و ناهمگن.

الف: مخلوط همگن (Homogenous Mixture) در این اختلاط مواد مخلوط شده در کل محصول به طور یکنواخت پراکنده شده و نسبت به هم قابل تشخیص نیستند. مخلوط همگن ممکن است به حالت گاز یا مایع و یا جامد باشد مانند اختلاط یکنواخت گازهای اکسیژن، نیتروژن، کربن دی‌اکسید در مخلوط همگن گازی هوا و یا اختلاط شکر و آب در مخلوط همگن مایع و یا اختلاط چربی‌های مختلف در مخلوط همگن جامد موم.

ب: مخلوط ناهمگن (Heterogenous Mixture) - در این نوع اختلاط، معمولاً مواد مخلوط شده یکنواخت نبوده و نسبت به هم قابل تشخیص می‌باشند مانند مخلوط شن و شکر و لی گاهی ممکن است مخلوط ناهمگن در ظاهر به صورت یکنواخت و همگن تلقی شود مانند خون که مخلوط ناهمگنی از انواع گلبول‌های خونی است و اجزاء آن با میکروسکوپ قابل رویت است.

۱-۲-۲: خالص (Pure)

ماده خالص آن است که ترکیبی ثابت و خواصی مشخص داشته باشد مثل اکسیژن، مس، آب و نمک طعام. اگر ماده خالصی بتواند به اجسام ساده‌تر از خود تبدیل شود به آن «مركب» (Compound) می‌گویند مثل آب و نمک طعام اما اگر قابل تجزیه نباشد به آن «عنصر» (Element) گفته می‌شود مانند اکسیژن و مس به عبارت دیگر اگر ذرات سازنده ماده خالص یک نوع باشد به آن عنصر و اگر چند نوع باشد به آن مرکب می‌گویند.

۱-۲-۳: تفاوت مخلوط و مرکب

الف: مخلوط را به هر نسبتی می‌توان تهیه کرد. مثلاً اگر گوگرد و براده آهن را روی هم بریزیم مخلوطی به دست می‌آید که نه رنگ آهن را دارد و نه رنگ گوگرد را. چنانچه براده آهن را بیشتر بریزیم مخلوط

خاکستری می شود و اگر مقدار گوگرد را افزایش دهیم مخلوط به رنگ زرد درمی آید. در حالی که در مرکب آب [در هر مقدار و در هر یک از اشکال مایع، یخ و یا بخار] همواره نسبت ترکیب دو هیدروژن با یک اکسیژن ثابت است.

نبا: اجسام خواص خود را در مخلوط حفظ می کنند در حالی که خواص اجسام در مرکب از بین می رود. مثلاً در مثال فوق اگر آهن ربایی را به مخلوط نزدیک کنیم، براده های آهن را از مخلوط به خود جذب می کند در حالی که اگر ۴ گرم از گوگرد را با ۷ گرم آهن حرارت دهیم جسم مرکب آهن سولفید به دست می آید که نه خاصیت آهن را دارد و نه خاصیت گوگرد را به طوری که اگر آهن را به آن نزدیک شود اتفاقی نمی افتد.

ج: اجسام مخلوط را به آسانی به روش های مختلف فیزیکی می توان از هم جدا کرد ولی مواد سازنده اجسام مرکب به راحتی از آن تفکیک نمی شوند و روش های شیمیایی خاصی را طلب می کنند.

دانشنامه

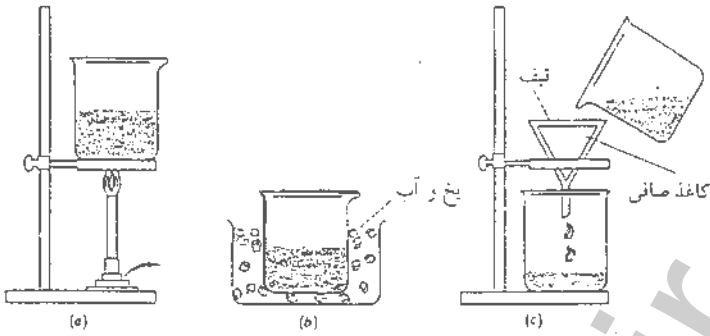
روش های جداسازی اجزاء مخلوط:

۱- صاف کردن (Filtration): دو جسمی را که قابلیت انحلال آن ها در یک دمای مشخص با هم متفاوت باشد می توان از طریق صاف کردن از یکدیگر جدا کرد. بطور مثال برای جدا کردن مخلوط نمک طعام از جوش شیرین ابتدا مخلوط را با آب ۷۰ درجه به صورت محلول درمی آوریم سپس دمای آن را به صفر تقلیل می دهیم. جوش شیرین رسوب می کند در حالی که در انحلال نمک تغییری به وجود نمی آید که با صاف کردن از هم جدا می شوند.

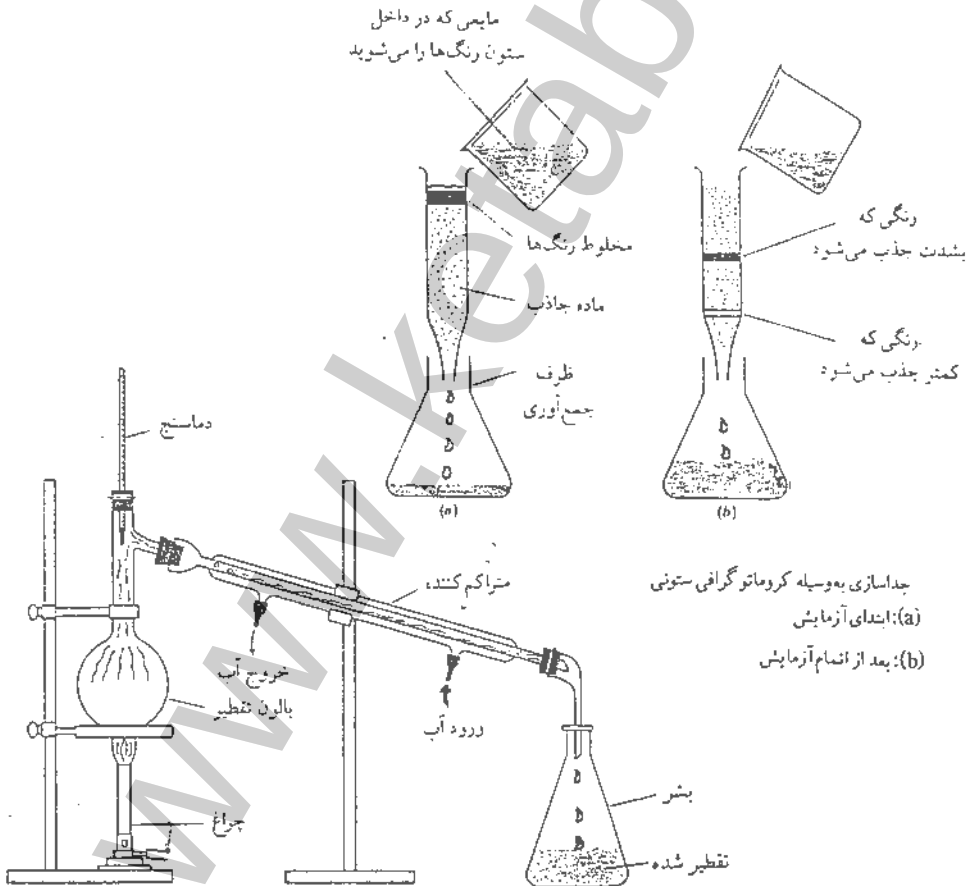
۲- تقطیر (Distillation): دو جسمی را که تبخیر آن ها در دو دمای متفاوت انجام می شود می توان به وسیله تقطیر از هم جدا کرد مثل جدا کردن آب خالص از آب دریا.

چنانچه مخلوط فراریت یکسانی داشته باشند از ستون تقطیر جزء به جزء استفاده می شود مثلاً بنزین و نفت سفید را به صورت تقطیر جزء به جزء در برج های تقطیر از هم جدا می کنند.

۳- کروماتوگرافی (Chromatography): در کروماتوگرافی مخلوط را که به صورت مایع و یا گاز است [و یا به این صورت در آورده ایم] به عنوان فاز متحرک از روی یک فاز ساکن [مثل آلومینیم اکسید، کلسیم یا منیزیم یا سدیم کربنات، ذغال فعال خاک رس و یا هر ماده مناسب دیگر عبور می دهند. اجزاء فاز متحرک بسته به میزان خصلت جذب سطحی خود به هنگام عبور از روی فاز ثابت جذب آن می گردد که بعداً آن را جدا می کنند. کروماتوگرافی روش های متنوعی دارد مثل ک. ستونی معمولی [برای جداسازی ویتامین ها، پروتئین ها و هورمون ها، در این نوع کروماتوگرافی قطر ذرات فاز ساکن $10-200 \mu m$ است]، ک. ستونی با کارایی بالا یا HPLC که با داشتن پمپ فشار، محدودیت سرعت فاز متحرک در نوع ستونی معمولی را نداشته و جداسازی بسیار بهتری را انجام می دهد، ک. یونی که در آن از ذراتی به نام رزین استفاده می شود. رزین ها پلیمر (بسیار) هایی هستند که یون های مخلوط را بسته به میزان شدت جذبشان به تدریج به خود می گیرند. ک. کاغذی که در آن کاغذی را که لکه مورد نظری روی آن قرار دارد تا خط پایین تراز لکه در حلالی فرو می برند، اجزاء لکه به تفاوت در حلال حل شده و در کاغذ بالا می روند و به این ترتیب از هن تفکیک می گردند . ک. لایه نازک که در اینجا نیز یک صفحه نازک شیشه ای یا پلاستیکی بجای ستون به صورت آغشته به فاز ثابت به کار می رود. ک. گازی که در آن مایعات فرار و یا مخلوط گازها از هم جدا می شوند.



نمایش اجزای آزمایشگاهی صاف کردن و تبلور مجدد، (a) جامدات در حداقل مقدار آب گرم حل می شود. (b) مخلوط سرد می شود. (c) جامدات متبلور شده و از محلول جدا می شوند و سپس مخلوط را صاف می کنند.

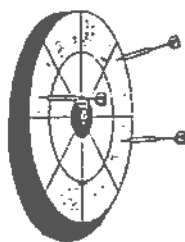


جدا سازی به وسیله کروماتوگرافی ستونی
(a): ابتدای آزمایش
(b): بعد از اتمام آزمایش

دستگاه ساده آزمایشگاهی تقطیر. آب سرد از پایین میرد وارد شده و پس از خشک کردن درون میرد از قسمت بالایی خارج می گردد. در اثر سرد شده درون میرد، بخار مترآکم شده مایع می گردد.

۳-۱: اصول اندازه‌گیری (Measurement)

در بیان اعداد دو حالت وجود دارد یکی آنکه عدد نتیجه شمارش است و به آن عدد قطعی می‌گویند مثل عدد مربوط به شمردن تعداد ۱۲ جلد کتاب و دیگری عددی که از اندازه‌گیری به دست آمده و به آن عدد غیرقطعی گفته می‌شود مثل عدد مربوط به اندازه‌گیری ابعاد یک جعبه که اگر ده نفر این اندازه‌گیری را انجام دهند گزارش همه آن‌ها یکسان نخواهد بود زیرا به علت خطای وسیله و یا خطای انسانی همواره در کمیت‌های اندازه‌گیری عدم قطعیت دیده می‌شود. در بیان عدد غیرقطعی نیز دو حالت وجود دارد: یکی اینکه اعداد اندازه‌گیری شده به هم نزدیک باشند، در این حالت می‌گویند دقت (Precision) اندازه‌گیری خوب بوده است و دیگر اینکه اعداد اندازه‌گیری شده به مقدار واقعی و صحیح نزدیک باشند در این حالت می‌گویند صحت (accuracy) اندازه‌گیری خوب بوده است. شکل (۱-۱) صحت و دقت در نشانه‌گیری با دارت را نشان می‌دهد.



صحت کم، دقت کم



صحت کم، دقت خوب



صحت خوب، دقت خوب

شکل ۱-۱: توجه نمادین صحت و دقت

صحت هر اندازه‌گیری عمدتاً بستگی به دقت وسیله اندازه‌گیری دارد. مثلاً صحت اندازه‌گیری با ترازویی که دقت آن تا 0.01g است بیشتر از ترازویی است که دقت آن تا 0.1g می‌باشد. به عنوان مثال اگر جرم دو جسم با ترازویی به دقت 0.0001 برابر با 2.2890 و 2.3124 گرم باشد، جرم هر دو جسم با ترازویی که دقت آن 0.1 است برابر با 2.3 گرم نشان داده خواهد شد.

نکته:

در ترازوی اول توزین 2.3 g را نمی‌توان به صورت 2.30 g نوشت زیرا دقت این ترازو تا 0.01 g نیست. در مقابل، صفر توزین 2.2890 g ترازوی دوم را نیز نمی‌توان حذف کرد. گزارش توزین دو ترازو باید به این صورت نوشته شود: $2.3124 \pm 0.0001\text{ g}$ و $2.2890 \pm 0.0001\text{ g}$ و $2.3 \pm 0.1\text{ g}$

۴-۱: قواعد بیان ارقام

۴-۱-۱: ارقام با معنی - قانون صفرها

مثال‌های بالا نشان می‌دهد که در اندازه‌گیری‌های دو ترازو عدم قطعیتی به اندازه یک واحد وجود دارد در واقع معلوم می‌شود که کیفیت اندازه‌گیری به گونه‌ای بوده است که تنها آخرین رقم نامطمئن است معذلتک تمام ارقام اندازه‌گیری شده فوق اعداد با معنی هستند یعنی وقتی می‌گوئیم $2.3 \pm 0.1\text{ g}$ یعنی جرم جسم ما می‌تواند بین 2.2 تا 2.4 گرم باشد یعنی حتی عدد نامطمئن هم می‌تواند موجودیت داشته باشد یا به عبارت دیگر با معنی باشد. به طور کلی تمام اعداد ناصفر با معنی هستند.

قانون صفرها

الف- تمام صفرهایی که سمت چپ اولین عدد ناصفر قرار دارند معنی‌دار نیستند زیرا فقط برای مشخص کردن محل ممیز به کار می‌روند مثلاً در عدد $0/0089$ دو رقم ۸ و ۹ و در عدد $0/00567$ سه رقم ۵ و ۶ و ۷ معنی‌دار می‌باشند.

ب- صفرهای بین دو عدد ناصفر با معنی هستند مثلاً در عدد 207.08 پنج رقم و در عدد 0.0401 سه رقم با معنی داریم.

ج- تمام صفرهای انتهای ارقام دارای اعشار معنی‌دار هستند مثلاً عدد 34.070 دارای ۵ رقم و عدد $0/0670$ دارای سه رقم با معنی است. در مورد عدد $4/00$ نیز سه رقم با معنی داریم.

۵- صفرهای سمت راست اعداد صحیح می‌توانند با معنی و یا بدون معنی باشند برای حل این مشکل عدد مربوطه را به صورت توانی از ۱۰ رقم ممیز آن عدد می‌نویسیم مثلاً عدد 600 را بسته به اینکه ۱ یا ۲ یا ۳ رقم با معنی داشته باشد به صورت 6×10^2 یا $6/0 \times 10^2$ و یا $6/00 \times 10^2$ خواهیم نوشت.

۵- صفرهای انتهای اعداد ناصفر که به یک اعشار ختم شوند معنی‌دار هستند مثلاً 200 دارای سه رقم بامعنی است در حالی که 200 یک رقم با معنی دارد.

۲-۴-۱: قواعد بیان چهار عمل اصلی

تعداد ارقام با معنی حاصل ضرب یا تقسیم چند عدد باید مطابق با تعداد ارقام با معنی عدد با کم‌ترین دقت باشد. در صورتی که تعداد ارقام بامعنی حاصل بیشتر شد باید آن را گرد کرد. مثلاً مساحت مستطیلی به ابعاد 6/221 cm و 5/2 cm از نظر ریاضی از حاصل ضرب ابعاد آن به دست می‌آید که عدد $32/3492 \text{ cm}^2$ می‌باشد لکن با توجه به تعریف چون عدد با کمترین دقت یعنی 5/2 دارای دو رقم بامعنی است لذا پاسخ را باید فقط با دو رقم با معنی یعنی 32 گزارش نمائیم.

در حاصل جمع یا تفریق تعداد ارقام بعد از اعشاری باید مطابق با تعداد کمترین ارقام بعد از اعشاری اعداد اولیه باشد. چنانچه حاصل بیشتر شد باید آن را گرد کرد. مثلاً جمع ارقام زیر اگر چه از نظر ریاضی 104.722 می‌شود ولی بنا به تعریف چون کمترین ارقام بعد از اعشاری موجود در اعداد اولیه مربوط به 83 است که صفر تا رقم بعد از اعشاری دارد لذا حاصل جمع نیز باید صفر تا رقم بعد از اعشاری داشته

باشد لذا پس از گرد کردن 722، حاصل جمع را به صورت عدد 105 گزارش خواهیم کرد.

یک رقم اعشاری ← 20.4

سه رقم اعشاری ← 1.322

صفر رقم اعشاری ← 83

104.722

۳-۴-۱: قواعد گرد کردن اعداد غیر ضروری

(Rounding off unnecessary figures)

بسیاری از موارد اتفاق می افتد که تمامی اعداد بعد از اعشاری مورد نیاز نیست در این صورت ارقام بامعنی مورد لزوم را حفظ کرده و بقیه ارقام اعشاری را حذف می کنیم و مانده را به روش زیر گرد می نماییم:

الف- اگر عدد حذف شده خود ۵ بود یا بعد از آن فقط یک یا چند صفر قرار داشت به عدد مانده فرد یک واحد اضافه شده و عدد مانده زوج بدون تغییر گزارش می شود. مثلاً اگر محاسبه مورد نظر برای ما تا دو رقم بامعنی مطرح است هر دو عدد 4.750 و 4.850 به صورت 4.8 گزارش خواهند شد.

ب- اگر عدد حذف شده بزرگتر از ۵ باشد به مانده [چه زوج باشد و چه فرد] یک واحد اضافه خواهد شد مثلاً تا ۴ رقم بامعنی عدد 7.5647 را به صورت 7.565 و تا ۲ رقم به معنی عدد 6.2501 را به صورت 6.3 گزارش می کنیم.

ج- اگر عدد حذف شده کوچکتر از ۵ باشد به مانده هیچگونه تغییری نمی دهیم مثلاً عدد 3.6147 با سه رقم بامعنی، 3.61 خواهد شد.

تذکرات

خلاصه نویسی اعداد بزرگ

برای انجام آسان تر محاسبات در مورد اعداد با صفرهای زیاد می توان آن ها را به صورت عبارت علمی $a \times 10^b$ خلاصه کرد. در اینجا a همان عدد ناصفر داده مسأله است که یک اعشار به آن داده ایم و b یک عدد صحیح [مثبت یا منفی یا صفر] می باشد که برابر است با تعداد صفرهای بعد از اعشار عدد a با علامت مثبت و یا تعداد ارقام قبل از a تا اعشار عدد اصلی با علامت منفی به عنوان مثال عدد 7,500,000 را می توان به شکل 7.5×10^6 نوشت برای این کار ابتدا عدد ناصفر مسأله یعنی 75 را به صورت اعشار درمی آوریم [$a=7.5$] سپس تعداد ارقام سمت راست 7.500000 را می شماریم [$b=6$] و بالاخره ارقام را در رابطه $a \times 10^b$ قرار می دهیم. در مورد عدد

0.000,013 این عدد را می‌توان به صورت 1.3×10^{-5} نوشت برای این کار ابتدا عدد ناصفر

مسأله یعنی 13 را به صورت اعشاری می‌نویسم [$a = 1.3$] سپس ارقام قبل از a تا اعشار عدد

اصلی را می‌شماریم b به دست می‌آید [$b=5$] که آن را با علامت منفی خواهیم نوشت.

۵-۱: واحدهای اندازه‌گیری

دو سیستم به عنوان واحد اندازه‌گیری در شیمی متداول است یکی سیستم metric قدیمی (سانتیمتر-گرم-ثانیه = c.g.s) و دیگری سیستم بین‌المللی واحدها (SI)^۱. در سیستم بین‌المللی ۷ واحد اصلی وجود دارد که از آن تعدادی واحد فرعی مشتق شده است مثلاً واحد سرعت ثانیه/متر است که یک واحد فرعی است و از متر [واحد اصلی طول] و ثانیه [واحد اصلی زمان] مشتق شده است.

جدول ۱-۱: هفت واحد اصلی SI

نماد	نام واحد	نام کمیت فیزیکی
Kg	Kilogram کیلوگرم	Mass جرم
M	Meter متر	Length طول
S	Second ثانیه	Time زمان
K	Kelvin کلوین	Temperature دما
A	Ampere آمپر	Electric current جریان الکتریسته
Mol	Mole مول	Amount of substance مقدار ماده خالص
Cd	Candela شمع	Luminous intensity شدت روشنایی

جدول ۱-۲: اندازه‌های کوچکتر و بزرگتر

اندازه	10^9	10^6	10^3	10^2	10^1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}
پیشوند	Gigga	Mega	Kilo	Hecto	Deca	Deci	Centi	Mili	Micro	Nano	Pico
نماد	G	M	K	H	da	D	C	m	μ	n	P

جدول ۱-۳: واحدهای فرعی SI

نام کمیت	چگالی	بار الکتریکی	انرژی	نیرو	فرکانس	فشار	سرعت	حجم
نام واحد	-	کولن	ژول	نیوتن	هرتز	پاسکال	-	-
نماد	Kg/m^3	C(A.S)	$\text{J}(\text{kg.m}^2/\text{s}^2)$	$\text{N}(\text{kg.m/s}^2)$	$\text{HZ}(\bar{\text{S}})$	$\text{Pa}(\text{N/m}^2)$	m/s	m^3

نکته‌ها:

۱- واحدهای فرعی حاصل تقسیم واحدهای اصلی را به صورت $\frac{A}{B}$ یا $A.B^{-1}$ می‌نویسند مثل m.s^{-1} یا

m/s

۲- هنوز بعضی از واحدهای غیر SI کماکان متداول هستند مثل:

انگستروم $\text{\AA} = 10^{-10} \text{ m}$

آتمسفر $\text{atm} = \text{torr} = 760 \text{ mmHg}$

اینچ $\text{inch} = 2.54 \text{ cm}$

پوند $\text{lb} = 435 \text{ g}$

۶-۱: روش محاسبات در شیمی

یکی از راه‌های حل مسائل در شیمی استفاده از روش ضریب تبدیل است. مراحل حل مسئله در این روش به ترتیب زیر است:

الف- نوشتن طرح محاسبه به صورت: ضریب تبدیل $\times$ داده مسئله = خواسته

ب- نوشتن رابطه واحدها

ج- نوشتن کسرهای ضریب تبدیل به طوری که صورت مخرج از یک مقیاس بوده و صورت هر کسر با مخرج دیگری قابل حذف باشد.

نکته‌ها:

الف- نماد تک تک اعداد باید در کل محاسبه نوشته شود.

ب- در پایان محاسبه فقط یک نماد در سمت راست باید باقی بماند که مطابق نماد سمت چپ باشد. در غیر این صورت حتماً در حل مسئله اشتباه رخ داده است.

ج- نوشتن کسرهای ضریب تبدیل را تا آن زمان ادامه می‌دهیم که احساس کنیم بجز نماد خواسته مسئله بقیه حذف شده‌اند.

مثال - ۱: ۸ متر چند اینچ است؟

حل:

الف- ضریب تبدیل $\times$ داده مسئله = خواسته

ب- $1\text{ m} = 100\text{ cm}$ و $1\text{ inch} = 2.54\text{ cm}$

ج-
$$\text{inch ?} = 8\text{ m} \times \frac{100\text{ cm}}{1\text{ m}} \times \frac{1\text{ inch}}{2.54\text{ cm}} = \frac{800\text{ inch}}{2.54} = 315\text{ inch}$$

۱-۶-۱: محاسبه درصدها.

در محاسبه درصدها، صورت و مخرج کسرهای ضریب تبدیل، همان درصد داده‌های مسأله است.

مثال - ۱: برای تهیه آلیاژی از ۷۵٪ مس، چند گرم نیکل را به ۵۰٪ گرم مس اضافه کنیم؟

حل:

الف - ضریب تبدیل $\times$ داده مسأله = خواسته

ب - $25^{\text{g}} \text{Ni} \rightleftharpoons 75^{\text{g}} \text{Cu}$ [یعنی متناسب است با]

ج - $g^{\text{Ni}} ? = 50g\text{Cu} \times \frac{25.0g\text{Ni}}{75.0g\text{Cu}} = 16.7g\text{Ni}$

مثال - ۲: نقره استرلینگ مرکب است از ۹۲/۵٪ نقره و مقداری مس، از ۳/۰۰ کیلوگرم نقره خالص

چند کیلوگرم نقره استرلینگ می‌توان ساخت؟

حل:

ضریب تبدیل $\times$ داده مسأله = خواسته

$100^{\text{Kg}} \text{Ag-st} \rightleftharpoons 92.5^{\text{Kg}} \text{Ag}$

$\text{Kg.Ag-st} = 3.00^{\text{Kg}} \text{Ag} \times \frac{100.0^{\text{Kg}} \text{Ag-st}}{92.5^{\text{Kg}} \text{Ag}} = 3.24^{\text{Kg}} \text{Ag-st}$

۲-۱-۶: محاسبه نسبت‌ها

در محاسبه نسبت‌ها، صورت و مخرج کسرهای ضریب تبدیل، همان نسبت‌های داده مسأله است.

مثال - ۱: اتومبیلی ۱۶ کیلومتر را در ۱۳ دقیقه طی می‌کند، سرعت آن چند کیلومتر در ساعت است؟

حل:

ضریب تبدیل $\times$ داده مسأله = خواسته

$$1^{\text{h}} = 60^{\text{min}}$$

$$\frac{\text{Km} ?}{1^{\text{h}}} = \frac{16^{\text{Km}}}{13^{\text{min}}} \times \frac{60^{\text{min}}}{1^{\text{h}}} = 74 \text{ Km/h}$$

تکته: در پایان محاسبه نسبت‌ها دو نماد باقی می‌ماند.

۳-۶-۱: چگالی (Density)

چگالی هر ماده عبارتست از مقدار جرم موجود در واحد حجم آن ماده $d = \frac{m}{V}$

مثال - ۱:

وزن یک تاج 1325g و حجم آن 124 cm^3 است چگالی تاج چقدر است آیا تاج طلای خالص است

[چگالی طلا = 19.32]

حل:

$$d = \frac{m}{V} = \frac{1325}{124 \text{ cm}^3} = 10.69 \text{ g/cm}^3$$

چون چگالی به دست آمده، از چگالی طلا [یعنی 19.32] خیلی کمتر می باشد این محاسبه نشان می دهد که به تاج فلزات کم عیار اضافه شده است.