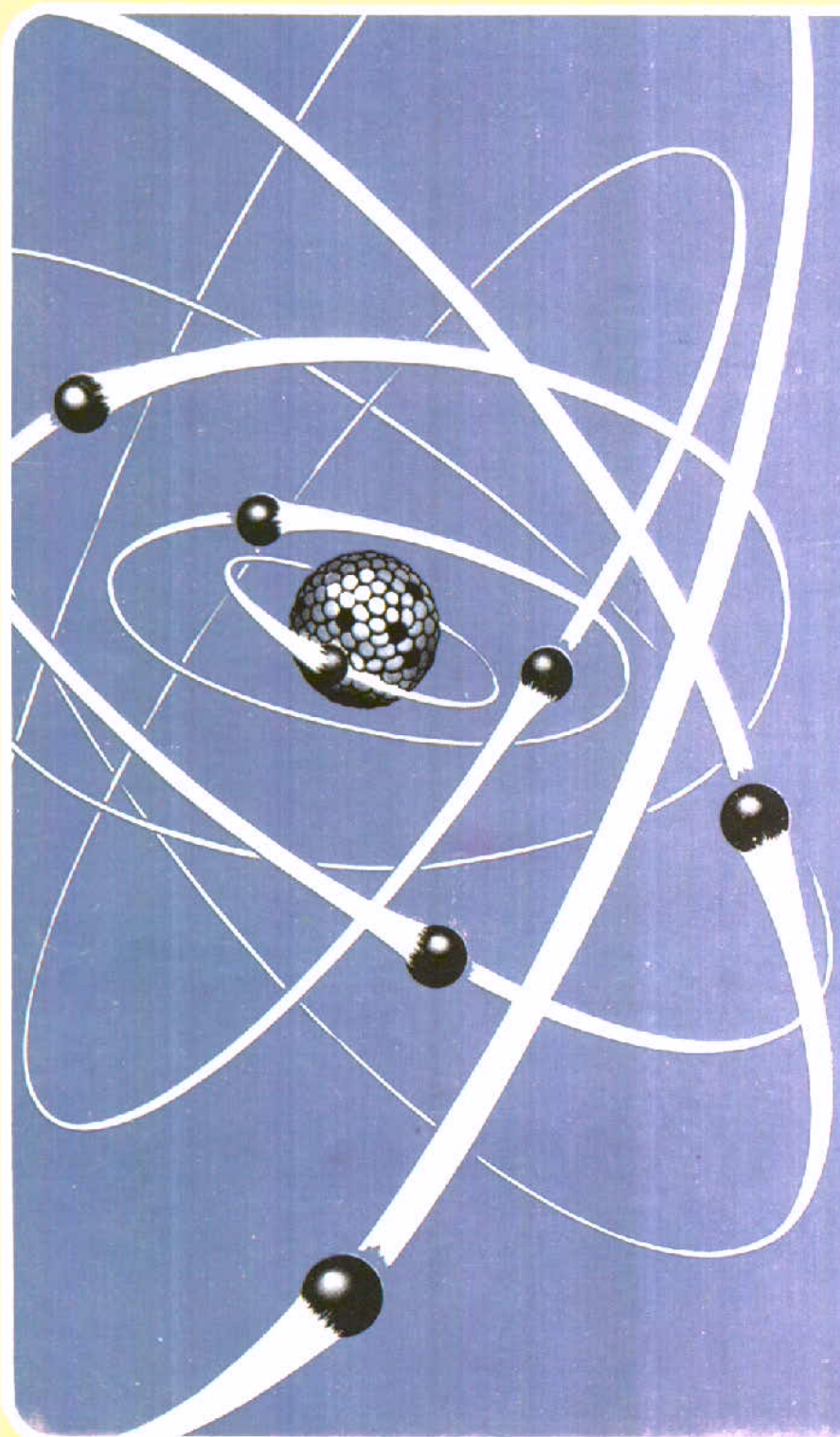


# آموزش شیمی

رشد

مهرماه

۱۳۸۵



NEON



ARGON



KRYPTON

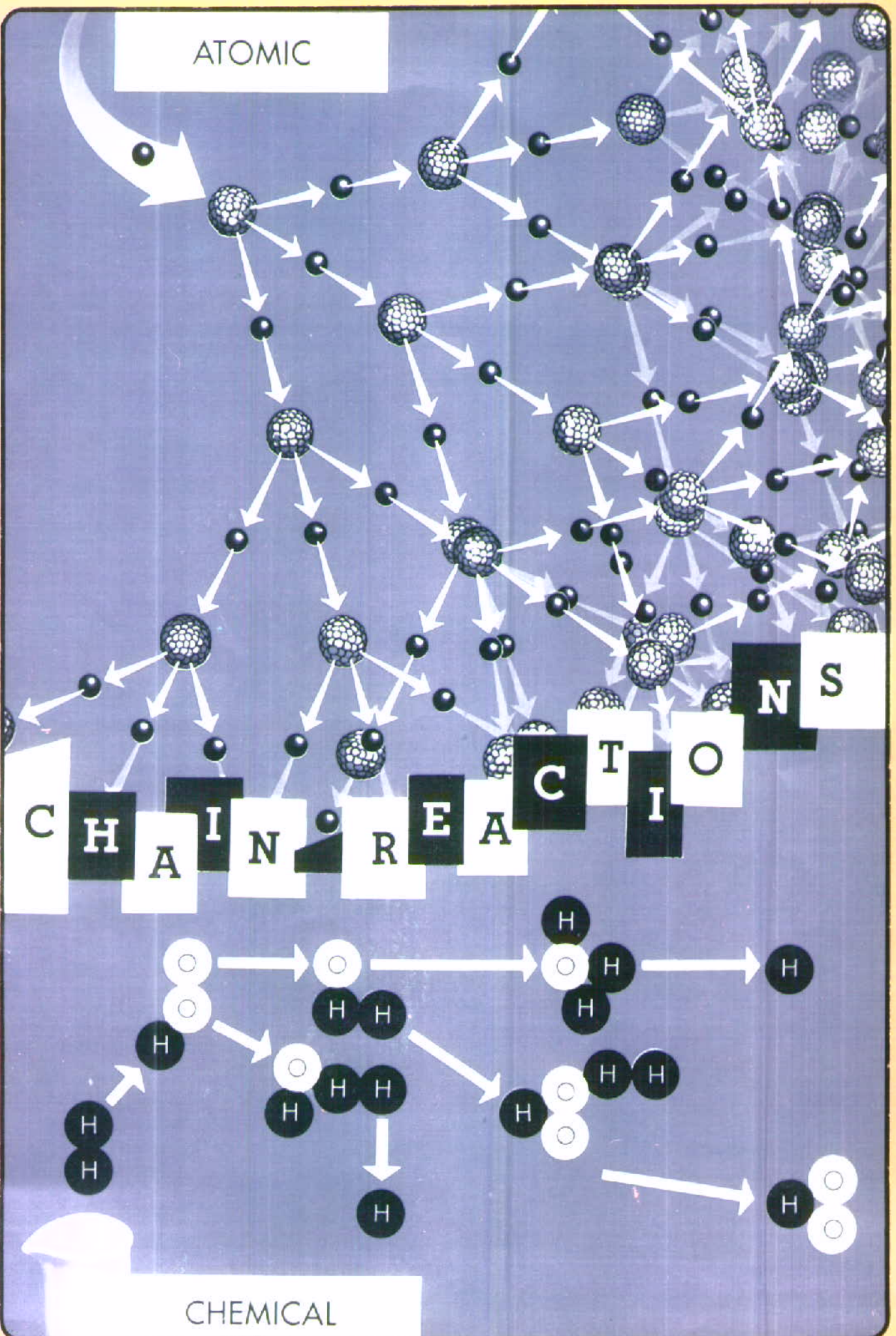


XENON

ATOMIC

C H A I N R E A C T I O N S

CHEMICAL



## رشد آموزش شیمی

سال هفتم - بهار ۱۳۷۰ - شماره مسلسل ۲۷

نشریه گروه شیمی دفتر برنامه ریزی و تألیف کتب درسی سازمان  
پژوهش و برنامه ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش  
سر دبیر : سید رضا آقا پور مقدم  
مسئول هماهنگی و تولید: فتح الله فروغی  
شورای نویسندگان:

دکتر حسین آقائی            حسام الدین امینی

دکتر محمدرضا ملاردی        سید رضا آقا پور مقدم

دکتر مسعود روحی لاریجانی    محمد باقر جلالی

صفحه آرا : علی نجفی

نشانی: تهران - صندوق پستی ۳۶۳ - ۱۵۸۵۵

تلفن ۴ - ۸۳۹۲۴۲ داخلی ۴۲

مجله رشد آموزش شیمی هر سه ماه یک بار به منظور اعتلای دانش دبیران  
و دانشجویان دانشگاهها و مراکز تربیت معلم و سایر دانش پژوهان در این  
رشته منتشر می شود. جهت ارتقاء کیفی آن نظرات ارزشمند خود را به  
صندوق پستی تهران ۳۶۳ - ۱۵۸۵۵ ارسال فرمائید.

سلام بر معلم و مبارك باد روز معلم

### «دوازدهم اردیبهشت»

برای این که خوانندگان محترم به ویژه معلمان ارجمند  
آگاهی یابند که تاکنون چه مقاله هایی در این مجله (رشد  
آموزش شیمی) چاپ شده است. فهرست موضوعی مقاله های  
چاپ شده با نام نویسنده یا مترجم از شماره ۱ تا شماره ۲۴  
در شماره های ۲۵، ۲۶ مجله آمده است. در ضمن همکاران  
محترمی که مایل هستند برای این مجله مقاله بنویسند، به فهرست  
مقاله های چاپ شده توجه فرمایند و نیز نکات زیر را در نظر  
داشته باشند:

- مضمون مقاله به مطالب کتابهای شیمی دبیرستان مربوط  
باشد.

- مآخذ و منابع در آخر آورده شود؛ اگر مقاله ترجمه  
باشد. متن خارجی با ترجمه باید همراه باشد.

- جدولها، نمودارها و ... جداگانه بروی کاغذ رسم  
شود.

- همه مقاله های ارسالی توسط شورای نویسندگان مجله  
رشد آموزش شیمی بررسی می شود و در صورت تصویب  
چاپ خواهد شد.

در پایان از همکاران و دوستداران شیمی که ما را یاری  
کرده اند، تشکر می کنیم و از خداوند مهربان می خواهیم که ما  
را در انجام آنچه که رضای اوست موفق بدارد.

سر دبیر

### فهرست

- |    |                        |  |
|----|------------------------|--|
| ۳  | سر دبیر                | سر مقاله                                   |
| ۴  | دکتر محمدرضا ملاردی    | آموزش شیمی                                 |
| ۱۰ | دکتر علی سیدی          | کاتالیز همگن، ناهمگن و آنزیمی              |
| ۱۸ | دکتر حسین آقائی        | مروری بر چگونگی راه یافتن ...              |
| ۲۷ | ابوالفضل سعدی نام      | انرژی شبکه ای یونی                         |
|    |                        | پژوهشی در عظمت شگرف خلقت در يك سلول        |
| ۳۱ | محمد باقر جلالی        |  |
| ۴۱ | آوات (آرامان) طاهر پور | شیمی و کشاورزی                             |
| ۴۴ | حسام امینی             | اهتجان گزینش                               |
| ۴۶ | غلامحسین لطیفی         | منگائیمتری                                 |
| ۴۹ | دکتر احمد نصیر احمدی   | آرایش مولکولی                              |
|    |                        | دو هین المپیا بین المللی شیمی لهستان       |
| ۵۳ | دکتر علی سیدی          |  |
|    |                        | سومین المپیا بین المللی شیمی مجارستان      |
| ۵۶ | دکتر علی سیدی          |  |
| ۶۰ | دکتر منصور عبدینی      | فری مغناطیس                                |
| ۶۲ |                        | اخبار                                      |
| ۶۳ |                        | آشنایی با کتابها و مجله های شیمی           |
| ۶۵ |                        | روش جدید برای تعیین آرایش الکترونی در آنها |

بر اساس رای جلسه مورخ ۶۸/۸/۲۷ مرکز سیاستهای علمی و پژوهشی وزارت فرهنگ  
و آموزش عالی اعتبار علمی این نشریه «علمی و ترویجی» تعیین شده است.

در چند سال گذشته، توجه زیادی به طرح آماده سازی دانش آموزان در دوره های پیش دانشگاهی بویژه در درس شیمی معطوف شده است. ضمن بازدیدهای مکرری که از کلاسهای درس شیمی دبیرستانها در یک دوره چندین ساله در منطقه به عمل آمده بود و با بحث و گفتگوهایی که با دبیران شیمی در دبیرستانها انجام گرفت، دو مسئله اساسی زیر، در زمینه آموزش شیمی در دبیرستانها، بیش از مسائل دیگر، نظر دست اندرکاران را به خود جلب کرد:

- (۱) بسیاری از آزمایشگاههای شیمی در دبیرستانها، برای نیل به هدفهای آموزشی مناسب نیستند.
- (۲) بسیاری از دبیران درس شیمی دبیرستانها، از دانش و مهارتهای ویژه لازم برای تدریس این درس،

برخورداري كافي ندارند.

برای حل مسئله اول، مسئولین به فکر تأسیس يك آزمایشگاه شیمی مرکزی مجهز برای استفاده دبیران و دانش آموزان منطقه، افتادند. برای برطرف کردن مشکل دوم، طبق معمول، چند دوره بازآموزی همراه با عملیات آزمایشگاهی برای دبیران شیمی طرح ریزی و اجرا شد. آنچه که در این مقاله آمده است، گزارش نتایج به دست آمده از یکی از این دوره های تابستانی کوتاه مدت يك هفته ای است که در زمینه های روش حل کردن مسائل شیمی و پاسخ دادن به پرسشهای مندرج در کتاب درسی سال اول دبیرستان و نیز چگونگی استفاده از ابزارهای آزمایشگاهی و وسایل کمک آموزشی ضمن تدریس در کلاس درس، با شرکت بیست تن از دبیران شیمی در تابستان سال ۱۹۸۸ در منطقه ایلینویز غربی در آمریکا دایر شده بود.

### وضعیت تحصیلی و سابقه تدریس دبیران شرکت کننده


به هر يك از بیست نفر دبیر شرکت کننده، در آغاز دوره، يك پرسشنامه درباره میزان تحصیلات، سابقه تدریس، سابقه شرکت در دوره های بازآموزی و غیره داده شد. پس از پر کردن این پرسشنامه ها، مندرجات آنها مورد بررسی قرار گرفت و اطلاعات جالب و آموزنده ای به شرح زیر، به دست آمد:

#### (۱) وضعیت تحصیلی

ساعت های درس شیمی و آموزش ویژه دبیری از ۶ تا ۶۰ ساعت در هر ترم در کالج متغیر بود. هشت نفر از آنها درس شیمی را به عنوان درس اصلی در دوران تحصیل در کالج گذرانیده بودند. اما هشت نفر دیگر، شیمی را ضمن تحصیل در رشته زیست شناسی، دو نفر آن را ضمن تحصیل در رشته فیزیک، يك نفر آنها، ضمن تحصیل در رشته کشاورزی و چالب آن که یکی از آنها شیمی را ضمن تحصیل در رشته زبان انگلیسی گذرانیده بود. در مجموع چهار نفر از آنها شیمی را به عنوان درس فرعی انتخاب کرده بودند.

#### (۲) سابقه تدریس

سابقه تدریس دبیران شرکت کننده بین يك تا بیست و چهار سال متغیر بود. تنها چهارده نفر از آنها



**آموزش**  
**تجربیهی**

گزارشی از یک دوره بازآموزی

دکتر محمد رضا ملاردی

۱-۱ کاربرد روی ارقام و اعداد در اندازه‌گیریها به ویژه تأکید بر ارقام با معنی و روش گرد کردن

(Rounding off) ارقام

۱-۲ آشنایی با علامتها و نشانه‌های علمی و کاربرد آنها.

۱-۳ آشنایی با واحدها و ابعاد کمیتها و کاربرد آنها در محاسبه‌ها.

۱-۴ رسم نمودارهای مربوط به اندازه‌گیریها

۲-۱ نوشتن فرمول شیمیایی ترکیبها و نوشتن معادله واکنشهای شیمیایی،

۲-۲ انجام محاسبه‌های مبتنی بر کاربرد مول، جرم و تأکید بر وزن فرمولی (جرم مولکولی)

۲-۳ محاسبه ترکیب درصد اجزای تشکیل دهنده یک ترکیب،

۲-۴ چگونگی محاسبه تعداد مول، مولکول، اتم یا یون و از یک جرم معین یا تعیین جرم تعداد معینی از مولها، مولکولها، اتمها یا یونها.

۲-۵ تعیین فرمول تجربی و فرمول مولکولی اجسام.

۳-۱ انجام محاسبه‌های مبتنی بر قانونهای حاکم بر گازها با تأکید بر قانون بویل (Boyle)، قانون شارل (Charles) و قانون ترکیب حجمی گازها (یا قانون گیلو - ساک: Gay - Lussac)، تبدیل حجم گازها به شرایط متعارفی (STP) و قانون آووگادرو،

۳-۲ روش محاسبه حجم مولی گازها و تبدیل حجم گازها به جرم، مول، مولکول و تعیین جرم تعداد معینی از مولها یا مولکولهای گاز، تبدیل تعداد معینی از مولکولهای گاز به مول و غیره.

۴-۱ انجام محاسبه‌های استوکیومتری با تأکید بر معادله‌های شیمیایی، مفهوم مول و قانون گازها.

۴-۲ درک مفهوم واکنش دهنده‌های محدود کننده (Limiting reactants)

۴-۳ محاسبه بازدهی واکنشها،

۵-۱ مروری بر شیمی محلولها و pH با تأکیدی بر درک مفهوم انواع غلظتها

۵-۲ انجام محاسبه‌هایی در زمینه تعیین غلظت محلولها، تغییرات غلظت هنگام رقیق کردن و یا مخلوط کردن محلولها،

۵-۳ محاسبه نرمالیه، مولاریته و مولالیه محلولها

۵-۴ محاسبه غلظت یون نیدروژن و محاسبه pH محلولها

۵-۵ رسم نمودارهای تیتراسیون به روش pHسنجی

همه سالهای تدریس، شیمی را نیز درس داده بودند. شش نفر از آنها، یکسال در میان شیمی را در دبیرستان تدریس کرده بودند. بعضی از آنها در هر ترم تنها در یک کلاس (۲۰ تا ۲۴ دانش‌آموز) و بعضی در چند کلاس در هر ترم شیمی را تدریس کرده بودند. این دبیران، بین ۱۰ تا ۹۰ درصد وقت کلاس را به حل مسائل و تا ۲۰ درصد وقت کلاس را به استفاده از وسایل کمک آموزشی در تدریس شیمی و عملیات آزمایشگاهی اختصاص داده بودند.

### ۳) سابقه شرکت در دوره‌های بازآموزی

۱۵ نفر از دبیران شرکت کننده، در یک تا دو دوره بازآموزی که پیشتر در زمینه تجزیه شیمیایی با استفاده از ابزار کوچک آزمایشگاهی تشکیل شده بود، شرکت کرده بودند.

### مشق پروتکل‌های دوره

هدف اصلی از برگزاری این دوره بازآموزی یک هفته‌ای برای دبیران شیمی، تقویت بنیه آنها در زمینه‌های روش حل مسائل و تدریس شیمی با استفاده از وسایل کمک آموزشی و نمایشی در کلاس درس، به ویژه در سال اول دبیرستان بود.

برای نیل به این هدف، در این دوره، صبح هر روز (حدود سه ساعت) به آموزش روشهای حل مسائل شیمی و عصر هر روز (سه ساعت) به کار در کارگاه و تهیه وسایل کمک آموزشی و آموزش روش تدریس شیمی با استفاده از این وسایل در کلاس درس یا آزمایشگاه اختصاص یافته بود.

### موضوعها

موضوعهای گوناگونی در زمینه آموزش روش حل مسائل شیمی و تدریس عملیات آزمایشگاهی برای این دوره در نظر گرفته شده بود که مهمترین آنها عبارت بودند از:

### الف) در زمینه حل مسائل

مسائل طرح شده را می‌توان به پنج بخش، به شرح زیر تقسیم کرد:

I) در زمینه محلولها

- ۱- جدا کردن ذرات آهن از دانه‌های غلات، به کمک يك آهنربای قوی
- ۲- استفاده از وسایل آزمایشگاهی برای نشان دادن این اصل که: «مواد در حلالهایی که ساختار مشابه با آنها دارند، بهتر حل می‌شوند» (Like dissolves like). حل شدن ید در تری کلروتری فلئورواتان و حل شدن  $\text{CuSO}_4$  در آب، به‌عنوان نمونه برای این منظور انتخاب شده بود.
- ۳- انحلال انتخابی و نوبتی و تبلور. حل شدن  $\text{PbI}_2$  در آب جوش و آب سرد، به عنوان نمونه، برای این منظور انتخاب شده بود.
- ۴- گرمای انحلال. حل شدن  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  در آب به عنوان نمونه‌ای از انحلال گرماگیر و حل شدن  $\text{CaCl}_2$  بی آب، در آب به‌عنوان نمونه‌ای از انحلال گرمازا انتخاب شده بود.
- ۵- تهیه محلول فوق اشباع. به‌عنوان نمونه، از محلول آبی استات سدیم استفاده شده بود.
- ۶- کاربرد رسانایی یونها در محلولهای آبی. به عنوان نمونه، تیترا کردن تیئروکسید باریوم به‌وسیله اسید سولفوریک با استفاده از دستگاه رسانایی‌سنج ساده‌ای مانند يك لامپ الکتریکی.

II) در زمینه قانون گاوس

- ۱- مقایسه قدرت نشت  $\text{HCl}$  و  $\text{NH}_3$  (قانون گراهام)
- ۲- انبساط هوا در فشار ثابت بر اثر گرما (قانون شارل)
- ۳- اندازه‌گیری چگالی بخار يك مایع فرار (قانون آووگادرو)

III) در زمینه انواع واکنشهای شیمیایی

- ۱- واکنش جانشینی ساده (به‌عنوان نمونه، جانشینی

شدن  $\text{Cu}$  به‌وسیله  $\text{Al}$  در محلول آبی  $\text{CuSO}_4$ ).

- ۲- واکنش جانشینی دوگانه (تجزیه مضاعف). واکنش محلول نیترات سرب با یدید پتاسیم به عنوان نمونه انتخاب شده بود.
- ۴- واکنش خنثی شدن، برای نمونه، خنثی شدن شیر منیزی ( $\text{MgO}$  و  $n\text{H}_2\text{O}$ ) با  $\text{HCl}$  در مجاورت شناساگر یونیورسال انتخاب شده بود.

- ۵- واکنش اکسیداسیون - احیا. به‌عنوان نمونه، نشان دادن آب مس بر سطح يك فلز و یا احیای  $\text{Cr}_2\text{O}_7$  (نارنجی رنگ) با  $\text{H}_2\text{O}_2$  به‌عنوان عاملهای اکسیدکننده و احیا کننده و تشکیل  $\text{Cr}^{3+}$  (سبزرنگ)، انتخاب شده بود. آغاز فعالیت

در آغاز، يك سخنرانی به‌منظور آشنا کردن دبیران با روشهای حل مسئله و روش تدریس شیمی با استفاده از وسایل کمک آموزشی و آزمایشگاهی در کلاس درس توسط سرپرست دوره به‌عمل آمد و به‌دنبال آن چندین مسئله نمونه انتخابی مطرح شد، ارائه درس با استفاده از وسایل کمک آموزشی توسط تنی چند از معلمان انجام گرفت. دربارهٔ محاسبات و کاربرد ریاضی در شیمی و فایده‌های تدریس با استفاده از وسایل آزمایشگاهی و کمک‌آموزشی برای دانش‌آموزان بحث و گفتگو شد.

برای رفع نیاز دبیران شیمی و دانش‌آموزان، يك دستورالعمل و همچنین ابزارهای آموزشی تکمیلی مانند برنامه‌های کامپیوتری، اسلایدهای رنگی، دستگاه اورهد (overhead) و وسایل کمک‌آموزشی بین شرکت‌کنندگان توزیع شد.

توضیح درباره هر جلسه تدریس شیمی به کمک وسایل کمک‌آموزشی، نه‌تنها توصیف ابزارهای آموزشی لازم و روشهایی را که باید به‌کار گرفت، شامل می‌شد، بلکه دربارهٔ اصول و نکات تکمیلی و آنچه که دانش‌آموزان باید از تدریس در هر جلسه بیاموزند نیز بحث و راهنمایی شد. علاوه برآن، دربارهٔ ضبط و ربط وسایل کمک-آموزشی در پایان هر جلسه تدریس نیز توضیح کافی داده شد.

در پایان کار این دورهٔ بازآموزی يك هفته‌ای، تمامی ابزارهای آزمایشگاهی و وسایل کمک‌آموزشی مورد استفاده، توسط دبیران شرکت‌کننده ضبط و ربط شد. اکثر معلمان پس از بازگشت به‌محل کار خود گزارش دادند که ۷۵ تا ۱۰۰ درصد دانش‌آموزان آنها، از ابزارهای آموزشی که طرز به‌کار بستن آنها در این دوره آموزش داده شده بود، توانستند استفاده کنند.

## نتایج حاصل

در پایان این دوره آموزشی، پرسشنامه ویژه‌ای بین دبیران شرکت کننده توزیع شد و از آنها خواسته شد که به پرسشهای مطرح شده در آن، پاسخ دهند. از تجزیه و تحلیل پاسخهای داده شده و تفسیر اطلاعات به دست آمده از آنها، نتایج زیر حاصل شد:

## الف) در زمینه روشهای حل مسایل

- ۱- دست کم در بین شرکت کنندگان، یک نفر وجود داشت که با موضوعهای زیر آشنایی نداشت:
  - جزئیات ارقام بامعنی،
  - قاعده «فرد - زوج» در گرد کردن ارقام.
  - کاربرد زیروندها به صورت نسبتهای مولی،
  - تبدیل تعداد مولها، تعداد مولکولها یا اتمها به جرم و یا تبدیل جرم معینی از ماده به تعداد مولها یا مولکولها و اتمها،
  - کاربرد قانون گازها و مسائلی که به استوکیومتری مربوط اند،
  - بیان غلظت به صورت درصدوزنی یا درصد حجمی،
- ۲- دو تن از دبیران، پیش از شرکت در این دوره، با مورد های زیر، برخورد نکرده بودند:
  - قانون کیلو - ساک،
  - قانون آوگادرو و حجم مولی گازها،
  - واکنش دهنده محدود کننده
  - غلظت یون  $H^+$  و مقیاس pH
  - استفاده از چگالی در محاسبه غلظت محلولها
- ۳- سه تن از دبیران با مورد های زیر:
  - آنالیز ابعادی در تبدیل واحدهای بین المللی به واحدهای انگلیسی
  - قانون گازهای ایده آل
  - محاسبه های مربوط به مخلوط کردن و رقیق کردن محلولها، آشنایی نداشتند.
- ۴- چهار تن از دبیران با مفهومی نرمالیه و تیتراژ کردن به روش pH سنجی نا آشنا بودند.
- ۵- پنج تن از آنها، مفهوم مولالیه را نمی دانستند.
- ۶- شش تن از آنها، با مفهوم کسر مولی آشنا نبودند.
- ۷- هفت تن از آنها درصد وزنی یک ماده را در حجم معینی از محلول نمی توانستند حساب کنند.

به طور کلی دبیران، در زمینه حل مسائل مربوط به محلولها و pH، با دشواری روبرو بودند. اما در سایر زمینه ها، بیشتر آنها با مسائل طرح شده، آشنایی کافی داشتند.

در یک بررسی روشن شد که این دبیران در سطح مسایل مربوط به سال اول دبیرستان یا دشواری خاصی مواجه نبودند. البته، دو تن از آنها در زمینه حل مسایل مربوط به محاسبه استوکیومتری بر اساس معادله های شیمیایی، مهارت و اطمینان نداشتند. سیزده تن از آنها در زمینه مسائل مربوط به شیمی محلولها و pH، ورزیدگی لازم را از خود نشان ندادند. قابل توجه است که تنها یکی از آنها نظر داده بود که طرح مسایل درباره محلولها و pH در سطح سال اول دبیرستان، مناسبت ندارد.

## دوچشمه دشواری مسایل طرح شده از نظر دانش آموزان

به نظر هیجده تن از دبیران مسایل بخش ۱، به نظر شانزده تن از آنها، مسائل بخش ۲، به نظر ده تن از آنها مسائل بخش ۳ و به نظر شش تن از آنها مسائل بخش ۴ برای دانش آموزان دشوار بود. تنها یکی از دبیران نظر داد که غیر از بخش ۱، مسایل طرح شده در همه بخشهای دیگر دشوار بود. نه تن از آنها معتقد بودند که مسائل بخش ۴ بسیار دشوار بود.

به طور کلی، مسائل بخشهای ۱ تا ۵، به ترتیب از نظر دو، سه، نه، سیزده و یازده تن از دبیران دشوار بود.

با وجود این، همه شرکت کنندگان بر این باور بودند که برخی از اطلاعات به دست آمده در زمینه روش حل مسائل شیمی، بسیار مفید بود و آنها را می توان به دانش آموزان منتقل کرد. مقایسه سرعت عمل دبیران در آغاز و پایان این دوره، در زمینه توانایی حل مسایل شیمی به روشنی نشان می دهد که مهارت قابل توجهی در روشهای حل مسایل کسب کردند.

## در زمینه تئوریسی یا استفاده از مسایل کمک آموزشی و کارهای عملی

صورتی از ۱۵ موضوع در زمینه کارهای عملی با

موضوعهایی که تعداد کمتری از دبیران (۵ تا ۶ نفر) آنها را کاملاً جدید قلمداد کرده بودند، موضوعهای B.۱، B.۳، D.۱ و D.۲ بود.

همه دبیران شرکت کننده پذیرفته بودند که این موضوعهای پانزده گانه انتخاب شده برای تدریس، بسیار مفید بودند و آنها را به دانش آموزان خود، انتقال خواهند داد. قابل توجه است که هیچیک از دبیران شرکت کننده، بر این باور نبودند که این موضوعها برای تدریس دشوار باشند.

استفاده از وسایل کمک آموزشی و آزمایشگاهی در اختیار دبیران قرار داده شد و از آنها خواسته شد تا موضوعهایی را که برای آنها کاملاً تازهگی داشت، مشخص کنند و نیز دست کم ۵ موضوع از بین این ۱۵ موضوع را که در آزمایشگاه یا کلاس درس به احتمال زیاد تدریس کرده اند و یا احتمال کم می دادند که تدریس کرده باشند، یادداشت کنند. صورت این موضوعها و نظر دبیران درباره آنها در جدول زیر، گردآوری شده است:

### آمار پاسخ دبیران در مورد موضوعهای انتخابی

شماره	موضوعهای انتخابی برای تدریس	تعداد دبیرانی که این موضوعها برای آنها تازهگی داشت	تعداد دبیرانی که این موضوعها را به احتمال زیاد تدریس کرده بودند	تعداد دبیرانی که این موضوعها را به احتمال کم، تدریس کرده بودند
A ۱	جدا کردن آهن از غلات	۱۹	۱۶	۱
B ۱	حلالیت یون مس (II) و I <sub>۲</sub>	۸	۹	۱
۲	متبلور کردن PbI <sub>۲</sub>	۵	۸	۵
۳	گرمای انحلال NH <sub>۴</sub> NO <sub>۳</sub> در آب	۶	۷	۳
۴	فرایند فوق سیر شدن محلول استات سدیم،	۱۳	۵	۴
۵	تیر کردن محلولها به روش رسانایی سنجی (با لامپ)	۱۳	۱۰	۳
C ۱	نشت گازهای NH <sub>۳</sub> و HCl	۹	۸	۷
۲	قانون شارل	۱۳	۹	۲
۳	محاسبه جرم مولکولی با استفاده از چگالی بخار	۱۵	۶	۹
D ۱	واکنش جانشینی Cu <sup>۲+</sup> با Al	۶	۷	۲
۲	تشکیل رسوب از محلولهای یونی	۶	۷	۲
۳	خنثی کردن شیر منیزی Mg(OH) <sub>۲</sub>	۱۳	۸	۲
۴	آب مس کاری روی فلزها	۷	۶	۴
۵	بررسی H <sub>۲</sub> O <sub>۲</sub> به عنوان عامل اکسید کننده و احیا کننده	۱۵	۲	۷
۶	احیای Cr <sub>۲</sub> O <sub>۷</sub> <sup>۲-</sup> (نارنجی) و تبدیل آن به Cr <sup>۳+</sup> (سبز)	۱۱	۲	۹



آموزان و دور کردن ذهن آنها از صحنه درس و کلاس خواهد شد، نیز باید دوری جست.

(۵) برخی از کارهای مقدماتی مانند تهیه محلولها و وزن کردن مواد و مانند آنها را باید پیش از حضور در جلسه درس انجام داد.

(۶) پیش از انجام دادن هر آزمایش و یا نمایش هر عمل شیمیایی، باید درباره آن بحث کوتاه لازم را به میان آورد و در مورد رویدادهای جنبی احتمالی آن دانش‌آموزان را آگاهی داد.

(۷) از آنجایی که برخی از واکنشهای شیمیایی به‌کندی صورت می‌گیرند و انجام آزمایش، زمانی نسبتاً طولانی لازم دارد، باید در مورد استفاده از وقتی که ممکن است تلف شود، پیش‌بینی انجام کار مناسب دیگری را برای سرگرم کردن دانش‌آموزان در جلسه، به‌عمل آورد.

همه دبیران قول داده بودند که ابزارهای آموزشی و روشهای پیشنهاد شده در دستورالعمل این دوره را به کار خواهند بست و به‌تمام نکاتی که برای راهنمایی دبیران، به‌ویژه، در مورد اعمال تغییرات ابتکاری در موضوعهای انتخابی برای تدریس، به‌آنها اشاره شد، عمل خواهند کرد.

### لرنیایی بهره‌دهی این دوره

دبیرانی که در این دوره بازآموزی شرکت داشتند، همگی رضایت و خوشنودی کامل خود را از شرکت در این ابراز داشتند. ۱۹ تن از آنها اظهار داشتند که این دوره بی‌نظیر یا دست‌کم بسیار جالب بوده است. ۱۸ تن از آنها اطمینان داده بودند که در بازگشت و آغاز کار در ترم بعدی، دانش‌آموزان خود را از آموخته‌های خویش در این دوره، بهره‌مند خواهند کرد.

به‌طور کلی، برگزاری این دوره اعتماد به نفس در معلمان، به‌ویژه در زمینه حل مسئله‌های شیمی به‌وجود آورد. تدریس با استفاده از ابزارهای آموزشی در کلاس درس یا آزمایشگاه را به صورت یک امر عملی و ساده‌ای جلوه‌گر ساخت. سرانجام، روحیه تازه‌ای در بعضی از آنها برای دست زدن به‌انجام آزمایش‌های جدید و تدریس همراه با آزمایشهای جدید در کلاس، به‌وجود آورد.

این گزارش با استفاده از منبع زیر تهیه شده است:

The Western Illinois University high school Chemistry Project. A regional high school chemistry Center. M. Venugopalan, J. Chem. Educ. Vol 67, February 1990.

دبیرانی که در این دوره شرکت داشتند، نکات مهم زیر را به‌دبیران شیمی دبیرستانها توصیه کردند.

### (الف) در زمینه روش حل مسائل شیمی

(۱) خواندن دقیق صورت مسئله به‌منظور درک کامل آنچه که در آن مطرح است.

(۲) خلاصه کردن صورت مسئله یا در واقع، داده‌ها و خواسته‌های مطرح شده در صورت مسئله.

(۳) نوشتن معادله‌ها و رابطه‌های مربوط به قانونهایی که به آن مسئله ارتباط دارد و برای حل کردن آن مسئله باید به کار روند.

(۴) کنترل ابعاد کمیتها در رابطه‌ها به‌منظور سازگاری واحدها.

(۵) قرار دادن مقادیر عددی به‌جای علامتها در رابطه‌ها.

(۶) انجام محاسبه‌ها و به‌دست آوردن جواب مسئله.

(۷) تعمق درباره درستی و اعتبار پاسخ به‌دست آمده.

(۸) تشخیص جواب درست مورد نظر.

تقریباً همه دبیران شرکت کننده در این دوره باز-آموزی بر کاربرد واحدهای مناسب، ارقام بسا معنی،

نشانه‌گذاری علمی، ابعاد کمیتها و فاکتورهای تبدیل (Conversion Factors) توافق و تأکید داشتند (البته برخی از آنها، روش قدیمی یعنی «روش تناسب» را ترجیح می‌دادند).

### (ب) در زمینه تدریس عملی

(۱) در آغاز جلسه تدریس عملی، باید اصول ویژه، یعنی آنچه را که دانش‌آموزان باید بیاموزند، شرح داد.

(۲) تمام ابزار کمک‌آموزشی لازم برای تدریس را باید پیش از برگزاری جلسه تدریس فراهم کرد، طرز کار آنها و طرز کار کردن با آنها را مورد بررسی قرار داد و از درستی کار آنها اطمینان حاصل کرد.

(۳) از کاربرد ابزارهای اضافی و غیر ضروری باید دوری جست.

(۴) از وقت‌کشی که باعث پراکندگی حواس دانش-

برسلیوس به این جسم يك نیروی مرموز نسبت داد و آن را نیروی کاتالیزوری نامید. در سال ۱۸۹۴، استوالد (Oswald) پیشنهاد کرد که کاتالیزورها اجسامی هستند که سرعت واکنشهای شیمیایی را افزایش می دهند بدون آن که خود در جریان این واکنشها مصرف شوند. این تعریف امروز نیز همچنان مورد استفاده است.



دامنه کاربرد کاتالیزورها بسیار گسترده است. در تولید تجارتي سوختها، مواد شیمیایی غذاها و داروها بسیار مورد استفاده قرار می گیرند. کاتالیزورها در فرایندهای طبیعی، نظیر تثبیت نیتروژن، متابولیسم و فتوسنتز نیز نقش مهمی به عهده دارند.

### طبقه بندی کاتالیزورها

پروتونها، یونها، اتمها، مولکولها یا مجموعه های بزرگتر می توانند کاتالیزور باشند. به طور سنتی، کاتالیزورها را به همگن (Homogeneous)، ناهمگن (Heterogeneous) و آنزیمی (Anzymatic) طبقه بندی می کنند.

پروتونها، یونها، اتمها و مولکولها را می توان مثالهایی از کاتالیزورهای همگن به شمار آورد. علاوه بر این، کمپلکسهای فلزی و ترکیبهای آلی فلزی نیز جزء مهمترین اعضای این طبقه از کاتالیزورها محسوب می شوند. همان طور که از نامشان استنباط می شود، این کاتالیزورها بخشی از فاز گازی یا حل شده در فاز مایع، همراه با مواد اولیه شرکت کننده در واکنش، می باشند.

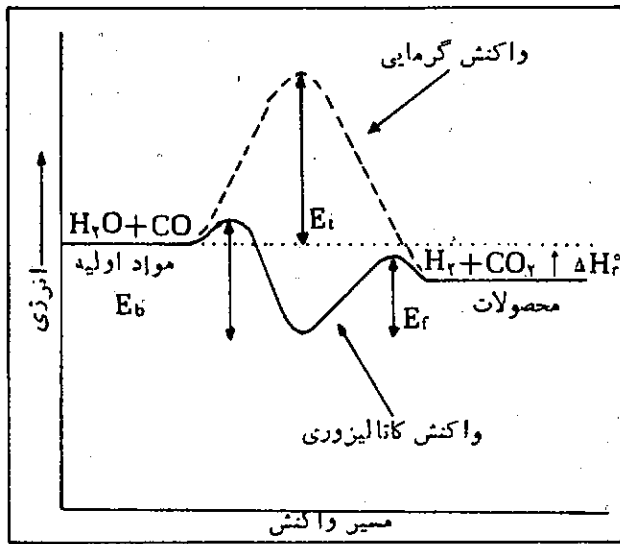
برخلاف کاتالیزورهای همگن، کاتالیزورهای ناهمگن معمولاً سطوح جامدی هستند که به سطوح جامد دیگر یا بخشی از يك پایه نامحلول نظیر پلمیرها، متصل شده اند و از این رو، به صورت فازی جدا از محیط مایعی که آنها را احاطه می کند، مورد استفاده قرار می گیرند. در این موارد، بدون توجه به شکل کاتالیزورها، جزء کاتالیزوری فعال در سطح مشترک میان جامد و مایع قرار می گیرد و ممکن است شامل اجزاء بسیار گوناگون باشد. برای مثال، يك یا دو اتم از سطح کل، مجموعه بزرگتری از اتمهای چنین سطحی، يك ترکیب آلی فلزی که به وسیله پیوندهای کووالانسی به این سطح متصل است یا يك خوشه مولکولی که بر روی این سطح قرار داد، کاتالیزورهایی از این طبقه به شمار می روند.

کاتالیزورهای آنزیمی، از این نظر که در محیط مایع حل

## و آنزیمی

از زمانهای گذشته کاتالیزورها در کارهایی مانند تهیه نان و ساخت پنیر به وسیله انسان مورد استفاده قرار گرفته اند. در بسیاری از موارد معلوم شد که برای راه اندازی «پخت دوم»، افزودن مقدار کمی از مواد موجود در «پخت اول»، به عنوان «آغازگر» ضرورت دارد. در سال ۱۸۳۵، برسلیوس (Berzelius) طی گزارشی مشاهدات قبلی شیمیدانهای نظیر تنار (Thenard)، دبوی (Davy) و دوبرینر (Dobereiner) را گردآوری و اعلام کرد که مقادیر بسیار کوچک از يك جسم خارجی می تواند جریان پیشرفت واکنشهای شیمیایی، چه غیر آلی و چه بیولوژیکی را به شدت تحت تأثیر قرار دهد.

خواهد داشت. برعکس، يك واكنش استوكيومتری فقط يك برگردان دارد.



نمودار فرضی تراز انرژی برای واکنش کاتالیزوری جابجایی گاز آب. گرمای کلی واکنش به وسیله  $\Delta H_f^\circ$  و همچنین سد انرژی فعالسازی واکنش چپ به راست و واکنش معکوس به ترتیب به وسیله  $E_f$  و  $E_b$  و سد انرژی فعالسازی واکنش گرمایی به وسیله  $E_i$  داده شده است.

راجع به تغییرات انرژی و الگوی معرفی شده در بالا می توان به چند نکته پراهمیت اشاره کرد:

۱- نمودار تراز انرژی فعالسازی واکنش کاتالیز شده پایین تر از سد انرژی فعالسازی واکنش گرمایی کاتالیز نشده است. علت اصل افزایش سرعت همین نکته است که هم در مورد واکنش چپ به راست و هم در مورد واکنش معکوس مؤثر است.

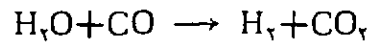
۲- بدون توجه به جزئیات مکانیسمی واکنش و تغییرات انرژی تبدیل مواد اولیه به محصولات، انرژیهای نسبی آنها که با  $\Delta H_f^\circ$  نشان داده شده، تغییر نمی کنند. این مطلب به این معنی است که تعادل ترمودینامیکی موجود میان آنها تغییر نمی کند. کاتالیزورها سرعت (سیددن) به تعادل را افزایش می دهند، ولی خود تعادل ترمودینامیکی را تغییر نمی دهند.

۳- همان طور که به وسیله واکنش استوکيومتری کلی نشان داده شده است. موضع کاتالیزوری  $\#$ ، مصرف یا تولید نمی شود. این واکنش با تکرار چرخه کاتالیزوری یا زنجیر اجرا می شود و در نهایت اجزای کاتالیزوری بدون تغییر باقی می مانند. این مطلب، مشاهدات یاد شده در سطور قبل را که گفتیم، مقادیر بسیار کوچک کاتالیزور می تواند مقادیر بسیار بزرگ از محصول به وجود آورد، توجیه می کند.

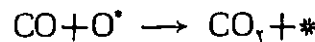
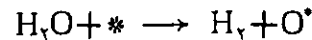
می شوند، شیشه کاتالیزورهای فاز مایع همگن می باشند. ولی منشأ بیولوژیکی دارند و در بین انواع سه گانه کاتالیزورها بالاترین سطح پیچیدگی را ارائه می دهند. همان طور که در ابتدای این گفتار اشاره شد، آنزیمها اولین کاتالیزورهای بودند که به وسیله انسان مورد استفاده قرار گرفتند. کاتالیزورهای آنزیمی، پروتئینهایی هستند که از تکرار واحدهای آمینو اسیدی تشکیل شده اند و اغلب به صورت مارپیچ دور خود پیچیده شده و یا به صورت تاخورده دارای ساختمانهای سه بعدی می باشند. ساختمانهای پروتئینی اغلب يك ساختمان آلی فلزی مرکزی را احاطه می کنند.

### اصول کاتالیز

اثر کاتالیزورها را می توان با يك مثال ساده، یعنی جابجایی واکنش گاز آب، که به وسیله اکسیدهای آهن و کروم کاتالیز می شود، نشان داد:



از این واکنش، به منظور تولید هیدروژن، در فرایندهای صنعتی گوناگون، استفاده می شود و مثالی است از واکنشی که به وسیله کاتالیزور نا همگن کاتالیز می شود، ولی اصولی که از آن به دست می آیند، می توانند در مورد واکنشهای کاتالیز شده به وسیله کاتالیزورهای همگن و آنزیمی نیز مورد استفاده قرار گیرند. فرم ساده شده این واکنش در زیر نشان داده شده است:



در مرحله اول، یکی از مواد اولیه، یعنی  $H_2O$ ، با موضع خالی کاتالیزور که با  $\#$  نشان داده شده است، واکنش می دهد. در نتیجه، یکی از محصولات، یعنی  $H_2$ ، و يك واسطه فعال، متشکل از يك اتم اکسیژن، که به موضع خالی کاتالیزور متصل است و با  $O^*$  نشان داده، تشکیل می شود. در مرحله دوم، ماده اولیه دیگر، یعنی  $CO$ ، با این واسطه واکنش می دهد. در نتیجه، محصول دیگر واکنش، یعنی  $CO_2$ ، تولید و موضع فعال کاتالیزور دوباره آزاد می شود. تغییرات انرژی این فرایند در شکل زیر نشان داده شده است. نکته کلیدی در این الگو این است که نمایانگر چرخه ای است که با پیشرفت واکنش بارها و بارها تکرار می شود. هر بار تکرار این چرخه را يك برگردان (Turn over) می نامند. يك کاتالیزور خوب میلیونها برگردان

۴- واسطهٔ O باید نه خیلی پایدار و نه خیلی ناپایدار باشد. اگر خیلی پایدار باشد، تجزیه نخواهد شد و محصولی به وجود نخواهد آورد؛ اگر خیلی ناپایدار باشد، اصولاً تشکیل نخواهد شد.

### برخورد اقتصادی با کاتالیز

کاتالیزورها نقش پراهمینی در اجتماع امروزی بازی می‌کنند. فروش کاتالیزور در ایالات متحده (کاتالیزورهایی که در تصفیهٔ نفت و فرایندهای شیمیایی مورد استفاده‌اند)، در سال

۱۹۸۵، به ۴/۸۶ بلیون پوند رسید که با ارزش معادل ۹۵۵ میلیون دلار مطابقت دارد. پیش‌بینی می‌شود که در سال ۱۹۹۰ این اعداد تا ۵/۴ بلیون پوند، مطابق با ۱۲ بلیون دلار افزایش یابند. اگر کاتالیزورهای صادراتی و کاتالیزورهای کنترل آلودگی را نیز اضافه کنیم، این اعداد در سال ۱۹۸۵ به ۵۱۰ میلیون دلار و در سال ۱۹۹۰ به ۶۲۰ میلیون دلار افزایش می‌یابند. جدول ۱ این اعداد را، با توجه به طبقات گوناگون کاتالیزور، به تفکیک مطرح می‌سازد. افزودن فروش کاتالیزورهای صنعت تخمیر، چند صد میلیون دلار به این اعداد اضافه می‌کند.

جدول ۱- تخمین حجم و فروش کاتالیزور در ایالات متحده

۱۹۹۰		۱۹۸۵		
ارزش (۱۰ <sup>۶</sup> دلار)	حجم (۱۰ <sup>۶</sup> پوند)	ارزش (۱۰ <sup>۶</sup> دلار)	حجم (۱۰ <sup>۶</sup> پوند)	
۶۲۰	۵۱۶۰	۵۲۵	۴۶۷۰	تصفیهٔ نفت
۲۷۵	۴۰۵	۲۵۰	۳۷۰	کراکینگ، کاتالیزوری
۲۴	۴/۷	۲۳	۴/۵	بازسازی (عمل رفرمینگ در پالایشگاه)
۴۰	۲/۰	۳۶	۱/۸	هیدروکراکینگ
۱۰۴	۳۸	۷۷	۲۸	بهسازی با هیدروژن
۱۷۷	۲۷۱۰	۱۶۰	۲۲۶۵	آلکیلاسیون
۵۰۰	۲۳۰	۴۱۰	۱۹۰	تولید شیمیایی
۲۲۰	۶۰	۱۷۵	۵۰	پلیمریزاسیون
۶۰	۱۱۰	۵۰	۹۰	آلکیلاسیون
۴۰	۱۱	۳۵	۹/۶	هیدروژناسیون
۱۲	۴/۶	۱۰	۳/۷	هیدروژن زدایی
۱۰۵	۱۴	۸۵	۱۱	اکسیداسیون، آموکسیداسیون و اوکسی کلراسیون
۶۰	۳۱	۵۵	۲۶	تولید آمونیاک، هیدروژن و متانول
۶۲۰	—	۵۱۰	—	صادرات و کنترل آلودگی
۱۷۴۰	۵۳۹۰*	۱۴۶۵	۴۸۶۰*	کل

\* - اعداد مربوط به صادرات و کنترل آلودگی منظور نشده است.

## کاربرد صنعتی کاتالیزورها

در بخش زیرمهمترین کاتالیزورهای مورد استفاده در تجارت در جهان، آنطور که در جدولهای ۱ و ۲ فهرست شده است، بررسی می‌شوند. بخش تصفیه نفت، مهمترین عملیات مورد استفاده در تولید سوخت را شامل می‌شود. در بخش مربوط به مواد شیمیایی، تعدادی از مهمترین فرایندهای مورد استفاده در تولید مواد شیمیایی صنعتی شرح داده می‌شود. در بخش مواد غذایی و دارویی، انحصاراً به توصیف آنزیمها می‌پردازیم.

### تصفیه نفت

در تصفیه نفت، پنج فرایند عمده وجود دارد: کراکینگ کاتالیزوری، بازسازی، هیدروکراکینگ، بهسازی با هیدروژن و آلکیلاسیون (جدول ۳). کراکینگ کاتالیزوری (Catalytic cracking) برای تبدیل برش نسبتاً سنگین نفت خام موسوم به گازوئیل، به محصول سبکتر که درصد هیدروکربنهای شاخه‌دار و هیدروکربنهای آروماتیک در آن زیاد باشد، به کار می‌رود. این مواد درجه اکتان بنزین را بالایی برند. بازسازی

اعداد بالا مربوط به بازار ایالات متحده است. اگر فروش اروپای غربی و ژاپن نیز اضافه شود، ارزش فروش کل جهان، در سال ۱۹۸۵، تا ۲/۵ بلیون دلار بالا می‌رود و پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۱۹۹۰ به حدود ۴-۵ بلیون دلار برسد.

کاتالیزورهای اسیدی، برای آلکیلاسیون در فاز مایع، بر تولید سوختها و مواد شیمیایی برتری دارند. این کاتالیزورهای همگن به صورت کلرید آلومینیم، اسیدهای سولفوریک، فسفریک و هیدروفلوئوریک ۹۰٪ حجم کل فرایندهای کاتالیزوری را تشکیل می‌دهند (جدول ۱). ولی از نظر ارزش، کاتالیزورهای ناهمگن ۸۰٪ فروش کل را تشکیل می‌دهند.

در مقایسه با کاتالیزورهای مورد استفاده در فرایندهای سوختی و شیمیایی، آنزیمها از نظر حجم و ارزش بازارهای کوچکتری را به خود اختصاص می‌دهند (جدول ۲). ارزش تخمینی فروش آنزیم در سراسر جهان، در سال ۱۹۸۵، ۲۹۰ میلیون دلار بوده است. در سال ۱۹۸۳، ارزش تخمینی دیگر، ۳۵۰-۴۰۰ میلیون دلار بوده است. این اعداد شامل ارزش آنزیمهای مورد استفاده داخلی به وسیله تولیدکنندگان غذایی و دارویی نیست. در سال ۱۹۹۰ پیش‌بینی می‌شود که فروش قابل رؤیت به حدود ۵۰۰ میلیون دلار برسد (جدول ۲).

جدول ۲- حجم و فروش تخمینی آنزیم در سراسر جهان

۱۹۹۰		۱۹۸۵		آنزیم
ارزش (۱۰ <sup>۶</sup> دلار)	حجم (۱۰ <sup>۶</sup> پوند)	ارزش (۱۰ <sup>۶</sup> دلار)	حجم (۱۰ <sup>۶</sup> پوند)	
۲۲۰	—	۸۰	۱/۰	پروتئاز قلیایی
۴۰	—	۴۵	۰/۱	گلوکز ایزومراز
—	—	۳۰	—	دباغی جرم
—	—	۳۰	۱/۲	پاپاین
۷۵	—	۳۰	۰/۰۲	مایه پنیرها
۵۰	—	۲۵	۰/۷	گلوکز آمیلاز
۲۵	—	۲۱	۰/۷	آمیلازهای دیگر
—	—	۶	۰/۰۲	پکتیناز
—	—	۳	۰/۰۸	بروملایین
—	—	۲۰	—	تمام آنزیمهای دیگر
۴۱۰	—	۲۹۰	۳/۸۲	کل

جدول ۳- کاتالیزورهای مورد استفاده در تصفیه نفت

کاتالیزورها	واکنشهای نمونه	فرایند
<p>زئولیت‌های مستقر شده بر پایه‌های سیلیس - آلومین</p>	<p>شکستن پیوند C-C:</p> $C_{18}H_{38} \rightarrow C_{10}H_{22} + C_8H_{16}$ <p>آلکیل زدایی:</p> $C_6H_5-C_4H_9 \rightarrow C_6H_6 + C_4H_8$ <p>انتقال هیدروژن:</p> $C_6H_{12} + 3C_8H_{16} \rightarrow C_6H_6 + 3C_8H_{18}$ <p>ایزومریزاسیون:</p> $n-C_{10}H_{20} \rightarrow i-C_{10}H_{20}$	<p>کراکینگ کاتالیزوری</p>
<p>Rh, Ir, Pt بر روی پایه‌های اکسید متخلخل</p>	<p>ایزومریزاسیون، حلقوی شدن همراه با هیدروژن زدایی</p> $n-C_7H_{16} \rightarrow \text{Cyclohexane-CH}_3 + H_2$ <p>آروماتیک کردن:</p> $\text{Cyclohexane-CH}_3 \rightarrow \text{Benzene-CH}_3 + 3H_2$	<p>بازسازی</p>
<p>Pd, Pt, W, Mo, Co, Ni مستقر شده بر پایه‌های سیلیکو آلومینات یا زئولیت</p>	<p>هیدروژنولیز:</p> $C_{16}H_{34} + H_2 \rightarrow C_7H_{14} + C_9H_{20}$	<p>هیدروکراکینگ</p>
<p>اکسیدهای: NiW یا NiMo, CoMo گوگردی شده بر روی پایه آلومین</p>	<p>گوگرد زدایی:</p> $R-SH + H_2 \rightarrow RH + H_2S$ <p>نیترژن زدایی:</p> $R-NH_2 + H_2 \rightarrow RH + NH_3$	<p>بهسازی با هیدروژن</p>
<p>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> یا HF مایع</p>	<p>آلکیلاسیون:</p> $i-C_4H_{10} + C_4H_8 \rightarrow \text{ایزواکتان}$	<p>آلکیلاسیون</p>

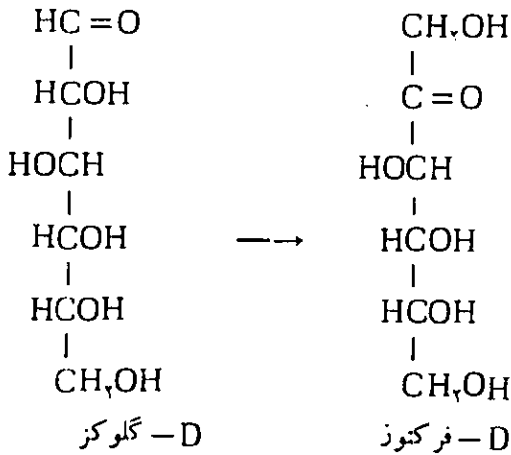
دارند زیرا باید تعداد کربنهای موجود در مواد اولیه را حفظ و مقدار قابل توجهی محصول فرعی گاز هیدروژن تولید کنند. کاتالیزورهای هیدروکراکینگ Hydrocracking شامل هیدروژنولیز ترکیبات نیتروژن دار و گوگرد دار قبل از کراکینگ کاتالیزوری است. سرانجام، آلکیلاسیون Alkylation ایزوبوتان و بوتینها را که در مرحله کراکینگ

(Reforming) بر روی نفتا، که برشی از نفت خام و قدری سبکتر از گازوئیل و شامل مقدار زیادی از پارافینهای راست - زنجیر است، انجام می شود. واکنشهای بازسازی، هیدروکربنهای موجود در برش نفتی اولیه را به گونه ای دوباره سازی یا «بازسازی» می کنند که درجه اکتان آن افزایش یابد. کاتالیزورهای بازسازی با کاتالیزورهای کراکینگ تفاوت

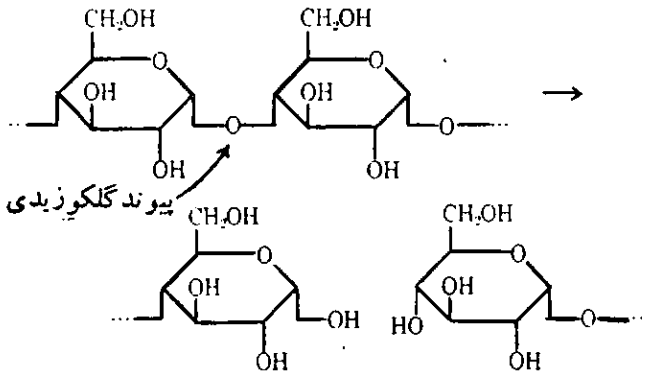
جدول ۴- کاتالیزورهای مورد استفاده در تولید شیمیایی

کاتالیزورها	واکنشهای نمونه	فرایند
هالیدهای Ti و آلکیل های Al و Mg	$nCH_2=CH_2 \xrightarrow{+} (CH_2-CH_2)_n$	پلیمریزاسیون پلی اتیلن خطی کم - چگالی:
AlCl <sub>3</sub>	$C_6H_6 + CH_2=CH_2 \rightarrow C_6H_5-CH_2CH_3$	آلکیلاسیون تولید اتیلن بنزن:
Ni، فلزهای نجیب پایه دار	روغن جامد → روغن مایع	هیدروژناسیون روغنهای مایع: (هیدروژن افزایی)
اکسید کروم - اکسید آلومینیم	$CH_2-CH_2-CH_2-CH_2 \rightarrow CH_2=CH-CH=CH_2$	هیدروژن زدایی تولید بوتادی ان:
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	$C_4H_{10} + O_2 \rightarrow C_4H_8O_2$	اکسیداسیون جزئی تولید انیدرید مالئیک:
Bi - Mo - Ox + افزودنیهای اکسیدی دیگر	$C_2H_6 + O_2 + NH_3 \rightarrow CH_2=CH-CN$	آموکسیداسیون تولید آکریلو نیتریل:
آهن فعال شده با MgO، K <sub>2</sub> O، Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	$N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$	سنتر آمونیاک تولید آمونیاک:
Ni پایه دار	$CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2$	بازسازی متان تولید هیدروژن:
CuO - ZnO - Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ، ZnO - Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	$CO + 2H_2 \rightarrow CH_3OH$	سنتر متانول تولید متانول:

می‌شود و در عمل به صورت متصل به رزینهای مبادله کننده یونی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این آنزیم گلوکز را به فروکتوز که یکی از سازندگان قند معمولی است، تبدیل می‌کند.



آنزیمهای دباغی چرم - این آنزیمها در دباغی برای جدا کردن گوشت از پوست مورد استفاده قرار می‌گیرند. معمولاً از لوزالمعده خوك و گاوبه دست می‌آیند و شامل مخلوطی از آنزیمها است که هم به پروتئینها و هم به چربیها حمله می‌کنند. آمیلازها - این آنزیمها پیوند گلوکزیدی را در نشاسته هیدرولیز می‌کنند.



۱- گلوکو آمیلاز در خون، کپک و باکتری یافت می‌شود. این آنزیم با جدا کردن واحد گلوکوزی انتهایی در زنجیر طولی کربوهیدراتهایی نظیر نشاسته، گلیکوژن، دکسترینها و مالتوزها، گلوکز تولید می‌کند. مهمترین کاربرد تجارتي آن در تولید شربت گلوکز، خمیر گلوکز و گلوکز متبلور است.

۲- آمیلازهای دیگر خانواده بزرگتری از آنزیمها را تشکیل می‌دهند که بر مواد اولیه گوناگون مؤثرند. در آب دهان، نسوج حیوانی، گیاهان، مخمرها و میکرواورگانیسمهای دیگر یافت می‌شوند. در ساخت چسب، شربت‌های نشاسته‌ای و در مراحل گوناگون محصولات نانوائی بسیار مورد استفاده‌اند. پکتینازها - این آنزیمها موجب تجزیه هیدرولیزی پیوند

کاتالیزوری تولید شده‌اند، به يك مخلوط ديمر، موسوم به آلکیلات (Alkylate) تبدیل می‌کند. این محصول برای تهیه بنزین با درجه اکتان بالا مصرف می‌شود.

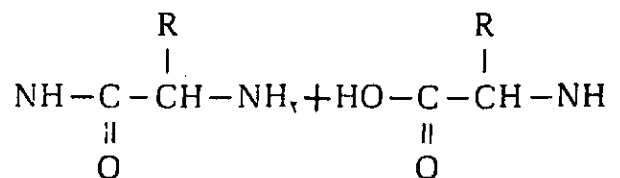
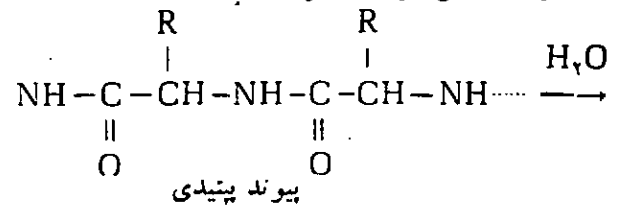
### تولید شیمیایی

فرایندهای کاتالیزوری در این مورد، نسبت به فرایندهای صنعت نفت، حجم خیلی کمتری را اشغال می‌کنند ولی محصولات فوق‌العاده مهم و بسیار متنوعی تولید می‌کنند. این فرایندها در جدول ۴ خلاصه شده‌اند.

### مواد غذایی، داروها و محصولات دیگر

این بخش کاربردهای صنعتی آنزیمها را در برمی‌گیرد و نسبت به دو بخش قبلی جزئیات بیشتری را مطرح می‌سازد: پروتئینازها - نقش این آنزیمها هیدرولیز کردن پیوند پپتیدی در پپتیدها است.

گوناگونی قابل ملاحظه‌ای در منبع، تخصص و شرایط واکنش برای این آنزیمها وجود دارد.



۱- پروتئینازهای قلیایی از باکتری به دست می‌آیند. این آنزیمها در پاک‌کننده‌ها، دباغی چرم، هیدرولیز پروتئینی، تهیه آبجو و بازیابی نقره از فیلم، کاربردهای فراوان دارند.

۲- پاپایین یک پروتئیناز گیاهی است که از میوه پاپایا به دست می‌آید. این آنزیم در داروهای کمک هضم نرم کننده دمل، تمیز کردن دندان، و مهمتر از همه، به عنوان نرم کننده گوشت، به کار می‌رود.

۳- بروملایین پروتئیناز گیاهی دیگری است که کاربردهای آن شبیه کاربردهای پاپایین است و از پس مانده‌های برداشت محصول آناناس به دست می‌آید.

۴- مایه پنیر يك پروتئیناز حیوانی است که از معده گوساله و همچنین از میکرواورگانیسمها به دست می‌آید. در تهیه پنیر برای دلجه کردن شیر مصرف می‌شود.

گلوکوایزومراز - این آنزیم در بسیاری از اورگانیسمها یافت



D - گلیکوزیدی در پکتینها می شود. این اجسام که اجسام پکتیکی نیز نامیده می شوند، اجزای پلیمری دیواره سلولهای گیاهی می باشند و مانند نشاسته، از واحدهای قندی متصل به هم، از طریق پیوندهای گلیکوزیدی، ساخته شده اند. شیمی این آنزیمها شبیه شیمی نشان داده شده در بالا برای آمیلازها است. مهمترین کاربرد پکتینازها در تولید آب میوه و سایر محصولات غذایی است.

## دور نمای کاتالیز

هر چند که اسیدها در فاز مایع همگن به شکل  $H_2SO_4$  و HF، کاتالیزورهایی هستند که در صنعت از نظر مصرف بزرگترین حجم را به خود اختصاص می دهند (جدول ۱)، تخصص آنها کم است و از این رو، کاربرد آنها در واکنشهای جدید، که تشکیل محصول به گزینش پذیری شدیدی نیاز دارد، بسیار محدود است. ترکیبات آلی فلزی، به عنوان کاتالیزورهای جدید، بسیار مورد توجه قرار گرفته اند، زیرا این امکان وجود دارد که در آنها پیوندهای آلی را به طور سیستماتیک تغییر دهیم و کاتالیزورهای با خواص مورد نظر به دست آوریم. پیشرفتهایی که در سنتز دقیق غیر آلی و آلی فلزی به دست آمده است، این امکان را به وجود آورده که کاتالیزورهای هابر طراحی کنیم. از دیدگاه صنعتی، کاربرد کاتالیزورهای همگن مشکل است زیرا جداسازی آنها از محصولات تشکیل شده، که در همان فاز قرار دارند، آسان نیست. ولی امتیاز فعالیت، گزینش پذیری یا سخت بودن شرایط واکنش این نقایص را تحت الشعاع قرار می دهد. برای فایسق آمدن بر مشکلات جداسازی، می توان از تکنیکهای جدید که شامل تثبیت کاتالیزور و کاتالیزور انتقال فاز Phase transfer catalysis است، استفاده کرد.

از دیدگاه مهندسی، کار کردن با کاتالیزورهای ناهمگن بسیار آسان است. زیرا در دمای بالا پایدارند و فازی جدا از مواد اولیه و محصولات تشکیل می دهند. از این رو، در صنعت کاربردهای گسترده ای پیدا کرده اند. از دیدگاه اصولی، درک نقش این کاتالیزورها، علی رغم اهمیتی که دارند، مشکل بوده است. پیشرفتهای جدید در زمینه علوم سطح و تکنیکهای گوناگون طیف سنجی، این وضعیت را به سرعت دگرگون ساخته و امکان بررسی کاتالیزورهای سطحی را در شرایط اجرای واکنش فراهم آورده است.

سطح فعال کاتالیزورهای ناهمگن محیطی متفاوت با مواضع فعال در کاتالیزورهای همگن یا کاتالیزورهای آنزیمی، در اختیاری می گذارد. در یک سطح، حضور مواضع مجاور و امکان نشر سطحی اجازه می دهد که اجزاء فعال متعددی در کنار یکدیگر قرار گیرند و با اینکه یک واسطه فعال معین از موضعی به موضعی دیگر نقل مکان کند. در کمپلکسهای فلزی همگن یا در آنزیمها، نیاز به مواضع آزاد که بتوانند پیوند کوئوردینا تيو تشکیل دهند، تعداد اجزایی را که می توانند با یک موضع فعال واکنش دهند، محدودتر می کند. علاوه بر آن به علت این که سطوح موجود می توانند از دیدگاه انرژی مواضع بسیار متنوعی را شامل باشند، و به علت این که تغییر پوشش می تواند انرژی کل سطح را تغییر دهد، تمایل به پذیرش این سطوح در شرایط واکنش متفاوت خواهد بود.

تخصص و فعالیت آنزیمها فوق العاده زیاد است. پیچیدگی مولکولی آنزیمها، فهم طرز کار آنها را بسیار مشکل می سازد. در بسیاری از موارد، آنزیمها قادرند فقط با یک گروه معین در مواد اولیه واکنش دهند، حتی موقعی که در حضور گروههای بسیار زیاد است. از این رو، می توانند واکنشها را در دماهای فیزیولوژیکی به انجام برسانند. همین واکنشها در حضور کاتالیزورهای ناهمگن، فقط در دمای بالا امکان پذیر خواهند بود. از دیدگاه صنعتی، به علت اینکه آنزیمها، نظیر کاتالیزورهای همگن، در محلول پراکنده می شوند، جداسازی آنها از محصولات واکنش مشکل است. برای حل این مشکل تکنیکهایی نظیر تثبیت کاتالیزور ابداع شده است. ولی در بسیاری از موارد، از آنزیمها به منظور شکستن پیوندها در توده ای از مواد اولیه یا مواد اولیه نامحلول استفاده می شود و تثبیت آنزیم در این موارد زیان آور است. محدودیتهای دیگری نیز وجود دارد: تهیه آنزیمها به صورت خالص مشکل است، در محدوده pH کوچکی کار می کنند و در برابر مواد شیمیایی قوی حساسند. یکی از راه حلهای موجود برای از میان بردن این مشکلات، استفاده از آنزیمهای سنتزی است که با تکنیکهایی مانند مهندسی ژنتیک ساخته می شوند. آنزیمهای سنتزی را می توان به آسانی خالص کرد، پایداری آنها را در برابر گرما یا عوامل تغییر ماهیت دهنده بالا برد، آنها را در حلالهای غیر آلی مورد استفاده قرار داد و حتی واکنشهای جدیدی را به کمک آنها کاتالیز کرد.

د - محاسبات جرمی در شیمی  
 «استوکیومتری»

یکی از فیلسوفان بزرگ و ریاضیدانان نامی، آلفرد نورت وایتهد می گوید «هر یک از رشته های علمی همچنانکه در راه توسعه و تکامل به پیش می رود، اندیشه های مربوط به آن بیشتر و بیشتر جنبه های ریاضی به خود می گیرد.» در واقع همانطور که در قسمت اول این نوشته یادآور شدیم شیمی جدید از موقمی در راه توسعه و تکامل اساسی خود قرار گرفت که لاوازیه، لومونوسوف و دیگر شیمیدانان معاصر آنها به اهمیت اندازه گیریهای کمی دقیق در شیمی پی بردند و پرسشهایی را که با پاسخهای کمی همراه بودند مطرح ساختند. بر فلاسفه و دانشمندان باستان نیز اهمیت ریاضی در فرا گرفتن علوم دیگر آشکار بوده است. برای مثال افلاتون فیلسوف بزرگ یونان باستان که برای مدتی طولانی و نزدیک به ۴۰ سال (۳۸۷-۳۴۷ پیش از میلاد) در باغی به نام آکادمی مشغول تعلیم و تربیت دانشجویان نخبه خود بود، دستور داده بود که با خطی زیبا و چشمگیر بر سر در آن باغ بنویسند «هر کس هندسه نمی داند راهی بدین باغ ندارد».

یکی از شیمیدانها (یاکیمیاگران) سده های میانی به نام راجر بیکن<sup>۳</sup> (۱۲۱۲-۱۲۹۲) که تجربه های زیادی در قلمرو شیمی آنروزی انجام داد، نیز معتقد بود که برای پیشرفت اصولی شیمی و علوم دیگر می باید از تکنیکهای ریاضی باری گرفته شود.

مفهوم استوکیومتری کلاسیک

(استوکیومتری قلمرویی از شیمی است که سروکارش با بستگیهای کمی میان عناصر در تشکیل اجسام مرکب و میان واکنش دهنده ها و محصولات در فرایندها و واکنشهای شیمیایی می باشد.) اصطلاح استوکیومتری از ادغام دو واژه یونانی Stoicheion به معنای «عنصر» یا نخستین عنصر و metron به معنای اندازه گیری به دست آمده است. در فارسی می توان آن را معادل محاسبه کمی در شیمی یا محاسبه جرمی در نظر گرفت. در هر حال شایان ذکر است که نظریه اتمی ماده به

مروری بر  
 چگونگی راه یافتن  
 اندازه گیری  
 در شیمی  
 «استوکیومتری»

دکتر حسین آقایی دانشیار دانشگاه تربیت معلم  
 در دو قسمت قبلی این نوشته که به ترتیب در شماره ۲۴، ۲۵ و ۲۶ مجله رشد آموزش شیمی و سیر تاریخی راه یافتن اندازه گیری در شیمی و از علم شیمی و سیر تاریخی راه یافتن اندازه گیری در شیمی و بررسی مفاهیم لازم در محاسبات جرمی را مورد بحث قرار دادیم. اینک در این قسمت آخر، برخی روشهای جدید محاسبه جرمی در شیمی را به بحث می گذاریم.

با پوشش فراوان  
 با پوشش فراوان از استاد ارجمند و نویسنده محترم این مقاله و خوانندگان عزیز، قسمت اول این مقاله در شماره ۲۵ و ۲۶ و قسمت دوم در شماره ۲۴ آمده است.

عنوان شالوده اصلی این قلمرو از شیمی به حساب می آید. در نظر داشتن برخی مفاهیم مقدماتی شیمی نظیر مفهوم اتم، مولکول، فرمول شیمیایی، فرمول مولکولی، ساختار فرمولی، یون، جرم اتمی، جرم فرمولی، جرم مولکولی، مول، اتم گرم، فرمول گرم، مولکول گرم، بون گرم، درصد جرمی، فرمول تجربی و نظایر آنها برای ادراک دقیق استوکیومتری بسیار ضروری است. بسیار نیکو است که معلمان محترم شیمی پیش از پرداختن به تدریس استوکیومتری اطمینان یابند که دانش - آموزانشان مفاهیم یاد شده در بالا را به خوبی فرا گرفته اند و می توانند از آنها به درستی استفاده کنند.

### فرمول تجربی

فرمولی تجربی یا ساده ترین فرمول یک ترکیب، فرمولی است که در آن ساده ترین نسبت بین اتمهای شرکت کننده در فرمول برقرار است. برای مثال فرمول مولکولی پراکسید هیدروژن به صورت  $H_2O_2$  است، در حالی که فرمول تجربی یا فرمول ساده آن  $HO$  می باشد. هرگاه زیروندهای نشانه های اتمی در فرمول مولکولی را تا آنجا که ممکن است ساده کنیم و در عین حال از داشتن زیروند کسری هم خودداری نماییم، به فرمولی که از این راه به دست می آوریم فرمول تجربی یا فرمول ساده گفته می شود. برای مثال همانطور که می دانید فرمول مولکولی بنزن  $C_6H_6$  است، حال اگر زیروندهای به کار رفته در  $C_6H_6$  را به ۶ ساده کنیم به  $CH$  می رسیم که همان فرمول ساده یا فرمول تجربی بنزن است.

برای تعیین فرمول تجربی یک ترکیب، در گام نخست باید تجزیه جرمی نمونه ای از آن را در دست داشته باشیم. نتیجه این تجزیه، گاهی اوقات به صورت درصد جرمی عناصر در ترکیب مورد نظر داده می شود. به عنوان مثال ترکیبی از فسفر و اکسیژن دارای  $43/6\%$  جرمی فسفر و  $56/4\%$  جرمی اکسیژن است، مطلوب است تعیین فرمول تجربی این ترکیب. برای تعیین فرمول تجربی باید عملیات زیر را به ترتیب انجام داد. روش کار در سایر موارد هم به همین ترتیب است. الف - عده مولهای هر عنصر در نمونه را تعیین می کنیم (وقتی درصد جرمی نمونه ای در دست باشد، جرم نمونه را  $100/0$  گرم در نظر می گیرند). برای تعیین عده مولهای هر عنصر در نمونه بایستی جرم عنصر در نمونه را به جرم یک

مول از آن تقسیم کرد:

$$? \text{mol P} = 43/6 \text{ g P} \div 31/0 \text{ g P} / 1 \text{ mol P} \\ = 1/41 \text{ mol P}$$

$$? \text{mol O} = 56/4 \text{ g O} \div 16/0 \text{ g O} / 1 \text{ mol O} \\ = 3/53 \text{ mol O}$$

ب - می دانیم که نسبت بین مول اتمها با نسبت بین اتمها یکی است. پس می توان گفت اتمهای P و O در ترکیب داده شده به نسبت  $1/41$  و  $3/53$  شرکت دارند. اما از آنجا که بنا به نظریه اتمی، کسری از اتم فاقد معنا است، لذا باید نسبتهای داده شده را طوری تغییر داد که از حالت کسری خارج شوند. یک راه مقدماتی برای این کار آن است که آنها را بر کوچکترینشان تقسیم کنیم:

$$\frac{1/41}{1/41} = 1/00 \quad \text{برای P}$$

$$\frac{3/53}{1/41} = 2/50 \quad \text{برای O}$$

ج - چون نسبتهای حاصل هنوز هم همگی به صورت اعداد درست نیست، باید آنها را در کوچکترین ضربی که بتواند همه آنها را به اعداد درست برگرداند ضرب کرد. در این مورد باید نسبتهای به دست آمده را در ۲ ضرب کرد:

$$1/00 \times 2 = 2/00 \quad \text{برای P}$$

$$2/50 \times 2 = 5/00 \quad \text{برای O}$$

بدینسان فرمول تجربی ترکیب مورد مطالعه  $P_2O_5$  می باشد.

### الفرمول تجربی به فرمول مولکولی

از فرمول تجربی می توان به فرمول مولکولی رسید. برای این منظور باید جرم یک مول از ترکیب در دست باشد. ارتباط میان جرم یک مول از ترکیب که با M نشان می دهیم، با جرم فرمول ساده به صورت زیر است:

$$n \times M = \text{جرم فرمول ساده}$$

n عدد درستی است. در مثال بالا هرگاه جرم یک مول از ترکیب داده شده  $284/0 \text{ g/mol}$  باشد، فرمول مولکولی آن عبارت خواهد شد:

$$(142/0 \text{ g/mol}) \times n = 284/0 \text{ g/mol} \Rightarrow$$

$$n = 2$$

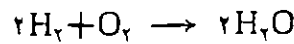
۲ × (فرمول تجربی) = فرمول مولکولی

$$= (P_2O_5) \times 2 = P_4O_{10}$$

لازم به یاد آوری است که در بیشتر اوقات فرمول تجربی و فرمول مولکولی با هم یکی درمی آید؛ به ویژه در مورد ترکیبات یونی که از مولکول درست نشده اند. در ترکیبات یونی مثل NaCl فرمول تجربی همان فرمول شیمیایی آن را هم نشان می دهد. فرمول شیمیایی یک ترکیب یونی نسبت یونهای تشکیل دهنده ترکیب را در یک واحد فرمولی می رساند. برای مثال فرمول تجربی نمک طعام به صورت NaCl به دست می آید که با فرمول شیمیایی آن یکی است.

### معادله شیمیایی

معادله شیمیایی طرحی است که برای معرفی واکنشهای شیمیایی موازنه شده بر حسب نشانه های آنها و فرمول ترکیبات به کار رفته مورد استفاده قرار می گیرد. اجسامی که با هم واکنش می دهند به نام واکنش دهنده اند و اجسامی که از واکنش به دست می آیند، محصولات نام دارند. برای مثال معادله واکنش سوختن هیدروژن در اکسیژن به صورت



می باشد. از یک معادله موازنه شده واکنش، می توان اطلاعات زیادی را به دست آورد:

الف - از روی آن مواد واکنش دهنده و محصولات واکنش مشخص می شود (البته در موقع نوشتن معادله یک واکنش، پیش از هر چیز باید مواد واکنش دهنده و محصولات آن واکنش به دقت معلوم و فرمول شیمیایی آنها نیز در دست باشد.)

ب - از آن می توان دریافت که واکنش دهنده ها مطابق چه نسبت جرمی یا نسبت مولکولی با هم واکنش می دهند و محصولات به نوبه خود نیز مطابق چه نسبت جرمی یا نسبت مولکولی حاصل می شوند. برای مثال از معادله واکنش سوختن هیدروژن اطلاعات زیر به دست می آید:

۱- گاز هیدروژن با گاز اکسیژن واکنش می دهد و از آن آب به دست می آید.

۲- دو مولکول گاز هیدروژن با یک مولکول گاز اکسیژن

ترکیب می شود و دو مولکول آب از آن به دست می آید.

۳- دو مول گاز هیدروژن با یک مول گاز اکسیژن واکنش می دهد و دو مول آب از آن حاصل می شود.

۴- ۴/۵ گرم گاز هیدروژن با ۳۲/۵ گرم گاز اکسیژن وارد واکنش می شود و ۳۶/۵ گرم آب از آن تولید می شود.

۵- می توان نسبتهای یاد شده را در یک عدد ضرب و یا بریک عدد تقسیم کرد.

۶- نسبت میان جرم یا عده مولهای هیدروژن و اکسیژن که با هم ترکیب شده اند و آبی که به دست آمده است، همواره ثابت است و تابع شرایط واکنش نیست.

در واقع با بهره گیری از اطلاعات بالا است که می توانیم به مسایل کمی در شیمی پاسخ دهیم. پیش از پرداختن به حل مسایل کمی، بهتر است به چند نکته مفدماتی دیگر نیز توجه کنیم:

- هر نشانه شیمیایی در یک معادله واکنش، هم بیانگر عنصر مورد نظر است، هم یک اتم از آن عنصر، و هم یک مول از آن و هم یک اتم گرم از آن را می رساند.

- هر فرمول شیمیایی در یک معادله واکنش نیز علاوه بر آنکه ترکیب شیمیایی مورد نظر را معرفی می کند، یک مولکول یا یک واحد فرمولی از آن، یک مول و یک مولکول گرم از آن را نیز می رساند.

برای مثال فرمول  $H_2O$  در معادله سوختن هیدروژن، از سویی نشانگر آب است، از سوی دیگر یک مولکول آب را نشان می دهد، این فرمول ( $H_2O$ ) به منزله یک مول آب ( $10^{23} \times 18.01528$  مولکول آب) نیز هست؛ از طرفی یک مولکول گرم آب یعنی ۱۸/۰۱۸۰۱۵۲۸ گرم آب را نیز می رساند. این نکته ها هر چند بسیار ساده و مفدماتی اند اما برای ادراک درست محاسبات کمی در شیمی بسیار مهم اند. دیران دلسوز باید سعی کنند این نکات را به روشنی به دانش آموزان خود یاد دهند و آنها را در این باره به تمرین وادارند.

در هر حال دانش آموزان به روشنی باید یاد بگیرند که معادله ای مانند:



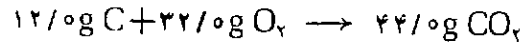
در بردارنده اطلاعاتی به شرح زیر است:

- از همه ساده تر اینکه، کربن با اکسیژن واکنش می دهد و از آن گاز دی اکسید کربن به دست آمده است.

– در معیار مولکولی واقعی، یک اتم کربن با یک مولکول اکسیژن ترکیب و از آن یک مولکول دی‌اکسید کربن حاصل می‌شود:

یک مولکول  $CO_2 \rightarrow$  یک مولکول  $O_2 +$  یک اتم C  
– یک مول اتم کربن با یک مول گاز اکسیژن واکنش می‌دهد و یک مول دی‌اکسید کربن را می‌دهد:

یک مول  $CO_2 \rightarrow$  یک مول  $O_2 +$  یک مول C  
–  $12/og$  کربن با  $32/og$  اکسیژن واکنش می‌دهد و  $44/og$  گاز دی‌اکسید کربن را به وجود می‌آورد:



– دست‌آخر، کربن و اکسیژن در این واکنش همواره به نسبت یک مول کربن و یک مول اکسیژن باهم واکنش می‌دهند و یک مول گاز دی‌اکسید کربن را تولید می‌کنند. از آنجا که این نسبت همواره ثابت است، پس می‌توان آن را در عددی ضرب یا تقسیم کرد. مثلاً گفت: ده مول کربن با ده مول اکسیژن واکنش می‌دهد و از آن ده مول دی‌اکسید کربن حاصل می‌شود، یا اینکه  $5/51$  مول C با  $5/51$  مول  $O_2$  ترکیب می‌شود و  $5/51$  مول  $CO_2$  را می‌دهد. باید بر روی این قسمت آخر بیشتر تأکید ورزید؛ زیرا به کمک آن است که می‌توان به حل مسایل استوکیومتری پرداخت.

### استفاده از نرخ در استوکیومتری

با مفهوم نرخ<sup>۲</sup> در اصطلاح همگانی یقیناً آشنا باشید. مثلاً وقتی می‌پرسید نرخ شکر چند است، منظور آن است که بهای یک واحد جرم از شکر چند است. مثلاً بهای هر کیلو شکر چند تومان است. یعنی برای خریدن یک کیلو شکر چند تومان باید پردازید.

می‌توان مفهوم نرخ را برای موارد دیگر نیز به کار برد، مثلاً از نرخ آب و برق، رشد جمعیت و غیره پرسید. نرخ آب یعنی بهای یک متر مکعب آب، نرخ برق یعنی بهای یک کیلووات ساعت برق و نرخ رشد جمعیت یعنی میزان رشد جمعیت در یک واحد از زمان مثلاً در یکسال یا در یک سده و مثل آن.

با اندکی دقت می‌توان دریافت که نرخ همان هم‌ارزشی چند واحد از یک کمیت با یک واحد از کمیت دیگر مرتبط با آن را بیان می‌کند. برای مثال اگر نرخ یک ماده غذایی در

بازار ۱۰۰ تومان است یعنی یک کیلو گرم از آن ارزشی معادل ۱۰۰ تومان دارد. این هم ارزشی را به طور علمی به صورت  $1Kg, 100$  تومان جسم

یا

$$\frac{100 \text{ تومان}}{1Kg \text{ جسم}} \quad \text{یا} \quad \frac{1Kg \text{ جسم}}{100 \text{ تومان}}$$

نشان می‌دهند. به همین ترتیب می‌توان هم ارزشی کیلووات ساعت برق با تومان را به صورت زیر نوشت:

$$\frac{3 \text{ تومان}}{1Kw \text{ hr}} \quad \text{یا} \quad \frac{1Kw \text{ hr}}{3 \text{ تومان}}$$

اکنون سعی می‌کنیم که مفهوم نرخ را در رابطه با کمیت‌های وابسته به شیمی به کار ببریم. یکی از موردهای بسیار ساده یافتن چگونگی هم‌ارزشی گرم با مول است و به عکس. در اینجا می‌توان از نرخ تبدیل گرم به مول یا مول به گرم جو یا شد. یعنی چند گرم از یک ماده نظیر یا هم‌ارزش با یک مول از آن ماده است و به عکس. هرگاه M گرم از یک ماده نظیر یک مول از آن باشد، یعنی:

$$M g \sim 1 \text{ mol}$$

با توجه به آن می‌توان نرخ مورد سؤال را به صورت:

$$\frac{1 \text{ mol}}{M g} \quad \text{یا} \quad \frac{M g}{1 \text{ mol}}$$

نوشت. اکنون باید دید چگونه از این نرخ برای تبدیل گرم به مول یا به عکس استفاده می‌کنیم. کمیتی را که باید تبدیل شود در نرخی که بتواند واحد مربوط به آن کمیت را حذف کند و واحد مورد در خواست را برجای گذارد ضرب می‌کنیم. چرا؟

مثال:  $48/og$  گاز اکسیژن ( $O_2$ ) شامل چند مول  $O_2$  است؟

برای پیدا کردن جواب، نخست هم‌ارزشی گرم با مول را برای اکسیژن به دست می‌آوریم. می‌دانیم که هر یک مول  $O_2$  دارای  $32/og$  جرم است.

$$1 \text{ mol}, O_2 \sim 32/og, O_2$$

پس نرخ تبدیل این دو به یکدیگر را معین می‌کنیم. این نرخ به یکی از دو صورت زیر است:

$$\frac{32/og, O_2}{1 \text{ mol}, O_2} \quad \text{یا} \quad \frac{1 \text{ mol}, O_2}{32/og, O_2}$$

خوگیرند و به آن عادت کنند خیلی سریع تر و آسان تر می توانند به حل این گونه مسایل پردازند، بدون آنکه دچار اشتباه شوند.

مثال: ۱۰۰۰/۵۰ مول بنزن چند گرم جرم دارد؟

جرم يك مول بنزن،  $C_6H_6$ ، ۷۸/۵ گرم است. پس فاکتور تبدیل در حالت کلی می تواند یکی از دو کسر زیر باشد:

$$\frac{1 \text{ mol, } C_6H_6}{78/5 \text{ g, } C_6H_6} \quad \text{یا} \quad \frac{78/5 \text{ g, } C_6H_6}{1 \text{ mol, } C_6H_6}$$

با در نظر گرفتن معلوم مسأله و مجهول آن داریم:

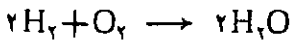
$$? \text{ g, } C_6H_6 = 1000/50 \text{ mol, } C_6H_6$$

$$\times \frac{78/5 \text{ g, } C_6H_6}{1 \text{ mol, } C_6H_6} = 7/8 \times 10^4 \text{ g, } C_6H_6$$

برخی از خوانندگان گرامی ممکن است بگویند نوشتن دنباله هایی مانند  $g$ ،  $mol$  و فرمول شیمیایی در سمت راست اعداد چه لزومی دارد. در پاسخ باید گفت از نظر علامتگذاریهای علمی و قرار دادهای مربوط به آن اهمیت این دنباله ها هیچ کمتر از خود آن اعداد نیست. از نظر علمی، هر گاه دنباله های مناسبی نظیر  $g$ ،  $mol$  و ... به دنبال اعداد داده شده برای تبیین دیمانسیون آنها ذکر نشود، آنها از نظر علمی ناقص اند و با درست نوشتن خود آن اعداد تفاوتی ندارد.

### محاسبه با استفاده از معادله شیمیایی

مثال: با در نظر گرفتن معادله شیمیایی:



معلوم دارید چند مول اکسیژن برای واکنش دادن با ۵/۰۰ مول هیدروژن لازم است و از آن چند مول آب به دست می آید؟

حل: ابتدا به بررسی هم ارزی میان معلوم داده شده و مجهول خواسته شده می پردازیم: در این مثال عده مولهای هیدروژن معلوم است و عده مولهای اکسیژن لازم به عنوان اولین مجهول می باشد. با توجه به معادله شیمیایی واکنش، هر دو مول هیدروژن با يك مول اکسیژن واکنش می دهد. پس در این واکنش دو مول  $H_2$  هم ارزش با يك مول  $O_2$  است:

$$2 \text{ mol, } H_2 \sim 1 \text{ mol, } O_2$$

اکنون کمیت معلوم را در آن نرخ که بتواند واحد داده شده در معلوم مسأله را حذف کند و واحد خواسته شده را باقی گذارد ضرب می کنیم. در این تبدیل، واحدی که باید حذف شود گرم است و واحد خواسته شده که باید باقی بماند مول است. بدینسان نرخ تبدیل  $\frac{1 \text{ mol, } O_2}{32/5 \text{ g, } O_2}$  است. ( در کسر مربوط به نرخ تبدیل، واحدی که در مخارج قرار می گیرد با واحدی که برای مقدار معلوم داده شده است، یکسان می باشد.) بدینسان:

$$? \text{ mol, } O_2 = 48/5 \text{ g, } O_2 \times \frac{1 \text{ mol, } O_2}{32/5 \text{ g, } O_2}$$

$$= 1/50 \text{ mol, } O_2$$

لازم است به خاطر داشته باشید که غالباً به جای اصطلاح نرخ تبدیل از فاکتور تبدیل<sup>۸</sup> نام برده می شود.

مثال:  $\frac{1}{100}$  مول گاز هیدروژن شامل چند مولکول گاز

هیدروژن است؟ نخست هم ارزی مول با مولکول را آشکار می کنیم. همانطور که می دانید هر يك مول مولکول شامل  $6/02205 \times 10^{23}$  مولکول است. بدینسان فاکتور تبدیل این دو به هم می تواند به یکی از دو صورت:

$$\frac{6/02205 \times 10^{23} \text{ مولکول}}{1 \text{ mol}}$$

یا

$$\frac{1 \text{ mol}}{6/02205 \times 10^{23} \text{ مولکول}}$$

باشد. در مثال داده شده، چون تعداد مولکولها از ما خواسته شده است پس باید آن فاکتوری را برای تبدیل به کار ببریم که مولکولها را بر جای گذارد و مول را حذف کند. بدینسان:

$$? \text{ molecules, } H_2 = \frac{1}{100} \text{ mol, } H_2 \times \frac{6/02205 \times 10^{23} \text{ molecules, } H_2}{1 \text{ mol, } H_2}$$

$$= 6/02205 \times 10^{21} \text{ molecules, } H_2$$

یادآوری: برخی از دبیران گرامی ممکن است تصور کنند که حل کردن این نوع مسایل از راه تناسب بستن آسان تر و سریع تر باشد. اما لازم است مؤکداً در نظر داشت، چنانچه دانش آموزان به درستی با روش استفاده از فاکتور تبدیل

فاکتور تبدیل در این هم‌ارزی می‌تواند به صورت:

$$\frac{1 \text{ mol, O}_2}{2 \text{ mol, H}_2} \text{ و یا } \frac{2 \text{ mol, H}_2}{1 \text{ mol, O}_2}$$

باشد. اکنون با انتخاب فاکتور تبدیل مناسب اولین جواب را به دست می‌آوریم:

$$\begin{aligned} ? \text{ mol, O}_2 &= 5/00 \text{ mol, H}_2 \times \frac{1 \text{ mol, O}_2}{2 \text{ mol, H}_2} \\ &= 2/50 \text{ mol, O}_2 \end{aligned}$$

برای رسیدن به دومین جواب خواسته شده، می‌گوییم که بنا به معادله شیمیایی داده شده، دو مول هیدروژن با تولید دو مول آب همراه است. پس چگونگی هم‌ارزی آن دو عبارت است از:

$$2 \text{ mol, H}_2 \sim 2 \text{ mol, H}_2\text{O}$$

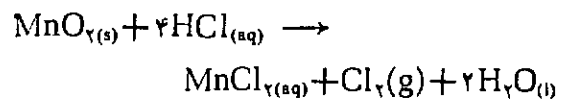
فاکتورهای تبدیل عبارت‌اند از:

$$\frac{2 \text{ mol, H}_2\text{O}}{2 \text{ mol, H}_2} \text{ و یا } \frac{2 \text{ mol, H}_2}{2 \text{ mol, H}_2\text{O}}$$

با استفاده از فاکتور تبدیل مناسب، به آسانی به دومین جواب مورد درخواست می‌رسیم.

$$\begin{aligned} ? \text{ mol, H}_2\text{O} &= 5/00 \text{ mol, H}_2 \times \frac{2 \text{ mol, H}_2\text{O}}{2 \text{ mol, H}_2} \\ &= 5/00 \text{ mol, H}_2\text{O} \end{aligned}$$

مثال: به کمک واکنش زیر می‌توان گاز کلر را تهیه کرد:



هرگاه در یک آزمایش ۵/۰۱۰ مول HCl مصرف شده باشد چند مول گاز کلر تولید شده است؟

حل: رابطه هم‌ارزی با در نظر گرفتن معادله موازنه شده واکنش عبارت است از:

$$4 \text{ mol, HCl} \sim 1 \text{ mol, Cl}_2$$

فاکتور تبدیل مناسب  $\frac{1 \text{ mol, Cl}_2}{4 \text{ mol, HCl}}$  است؛ از آنجا:

$$\begin{aligned} ? \text{ mol, Cl}_2 &= 5/010 \text{ mol, HCl} \times \frac{1 \text{ mol, Cl}_2}{4 \text{ mol, HCl}} \\ &= 0/0025 \text{ mol, Cl}_2 \end{aligned}$$

در مواقعی که معلوم داده شده مستقیماً بر حسب مول داده نشود، بلکه بر حسب گرم یا واحد دیگری بیان شده باشد، روش حل مسأله با یک تبدیل اضافی (مثلاً گرم به مول) مانند قبل خواهد بود.

مثال: هرگاه در مثال قبل ۲۵/۰g از  $\text{MnO}_2$  مصرف شده باشد، چند مول  $\text{Cl}_2$  از آن حاصل شده است؟

حل: نخست تعداد مولهای معلوم را حساب می‌کنیم:

$$\begin{aligned} ? \text{ mol, MnO}_2 &= 25/0 \text{ g, MnO}_2 \times \frac{1 \text{ mol, MnO}_2}{86/9 \text{ g, MnO}_2} \\ &= 0/288 \text{ mol, MnO}_2 \end{aligned}$$

سپس رابطه هم‌ارزی میان مولهای  $\text{MnO}_2$  و  $\text{Cl}_2$  را تعیین می‌نماییم. با در نظر گرفتن معادله موازنه شده واکنش داریم:

$$1 \text{ mol, MnO}_2 \sim 1 \text{ mol, Cl}_2$$

با توجه به آن:

$$? \text{ mol, Cl}_2 = 0/288 \text{ mol, MnO}_2$$

$$\times \frac{1 \text{ mol, Cl}_2}{1 \text{ mol, MnO}_2} = 0/288 \text{ mol, Cl}_2$$

حال اگر خواسته شود که مجهول بر حسب واحدی غیر از مول حساب شود، در آخر یک تبدیل دیگر (مثلاً مول به گرم) علاوه بر مراحل گفته شده در مثال بالا پیش خواهد آمد.

مثال: هرگاه در مثال بالا ۷/۳g اسید هیدروکلریک در واکنش شرکت نماید، چند گرم گاز کلر از آن حاصل می‌شود؟

حل: ابتدا تعداد مولهای اسید را حساب می‌کنیم:

$$\begin{aligned} ? \text{ mol, HCl} &= 7/3 \text{ g, HCl} \times \frac{1 \text{ mol, HCl}}{36/5 \text{ g, HCl}} \\ &= 0/20 \text{ mol, HCl} \end{aligned}$$

پس از آن، غده مولهای مجهول مورد درخواست را معین می‌کنیم:

$$\begin{aligned} ? \text{ mol, Cl}_2 &= 0/20 \text{ mol, HCl} \times \frac{1 \text{ mol, Cl}_2}{4 \text{ mol, HCl}} \\ &= 0/050 \text{ mol, Cl}_2 \end{aligned}$$

دست آخر غده مولهای  $\text{Cl}_2$  به دست آمده را به گرم تبدیل می‌کنیم:

با توجه به آن:

$$? \text{ mol, Fe} = 12/195 \text{ mol, H}_2 \times \frac{3 \text{ mol, Fe}}{3 \text{ mol, H}_2}$$

$$= 9/146 \text{ mol, Fe}$$

$$? \text{ g Fe} = 9/146 \text{ mol, Fe} \times \frac{55/85 \text{ g, Fe}}{1 \text{ mol, Fe}}$$

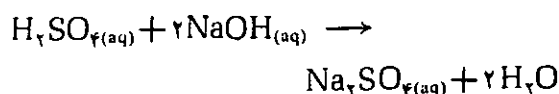
$$= 510/82 \text{ g Fe}$$

### استوکیومتری واکنشها در محلول

عده زیادی از واکنشها در محیط محلول صورت می گیرند؛ بدینسان که واکنش دهندهها پس از حل شدن در يك حلال باهم واکنش می دهند و محصولات به حال محلول را در همان حلال به وجود می آورند.

در تمام محاسبات مربوط به استوکیومتری، اساس کار همواره همان معادله موازنه شده واکنشها است؛ خواه واکنش در محیط يك حلال انجام شود و خواه بدون دخالت آن صورت گیرد. همانطور که در مثالهای قبل، از نسبت میان مولهای شرکت کننده در واکنش استفاده شد، در موقعی که واکنش در محیط يك حلال هم صورت می گیرد، از همان نسبتها برای انجام محاسبات لازم استفاده می شود. در موقع انجام محاسبات لازم در مورد واکنشهایی که در محلول رخ می دهند، باید به غلظت هریک از واکنش دهندهها و گاه محصولات به دقت توجه داشت؛ زیرا از روی حجم محلول و غلظت ماده حل شده در آن، به آسانی می توان عده مولهای ماده حل شده را پیدا کرد. غلظتی که در اینگونه محاسبات بیشتر به کار می رود، مولاریته است. مولاریته يك جسم حل شدنی در يك محلول برابر عده مولهای آن جسم در يك لیتر محلول می باشد.

مثال: چه حجم محلول  $\text{NaOH}$ ،  $0/800 \text{ M}$ ، برای خنثی کردن  $500/0 \text{ mL}$  محلول  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ،  $0/200 \text{ M}$ ، مطابق معادله زیر لازم است؟



حل: در گام نخست عده مولهای  $\text{H}_2\text{SO}_4$  را در محلول داده شده حساب می کنیم:

$$? \text{ g, Cl}_2 = 0/050 \text{ mol, Cl}_2 \times \frac{71/0 \text{ g, Cl}_2}{1 \text{ mol, Cl}_2}$$

$$= 3/5 \text{ g, Cl}_2$$

در صورت داشتن تسلط کافی، می توان هر سه مرحله بالا را به طور یکجا انجام داد:

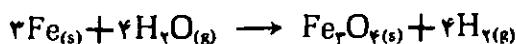
$$? \text{ g, Cl}_2 = 7/3 \text{ g, HCl} \left( \frac{1 \text{ mol, HCl}}{36/5 \text{ g, HCl}} \right)$$

$$\left( \frac{1 \text{ mol, HCl}}{36/5 \text{ g, HCl}} \right) \left( \frac{71/0 \text{ g, Cl}_2}{1 \text{ mol, Cl}_2} \right)$$

$$= 3/5 \text{ g, Cl}_2$$

در برخی اوقات در مورد واکنش دهندهها یا محصولاتی که به حالت گازند، ممکن است حجم آنها در شرایط معینی از دما و فشار مطرح شود. در این حالت هم باید حجم داده شده را با توجه دما و فشار آن به مول و یا به عکس تبدیل کرد.

مثال: در واکنش:



برای تهیه  $1000/0$  لیتر گاز هیدروژن با فشار  $1/000$  اتمسفر و دمای  $1000/0 \text{ K}$ ، چند گرم آهن مصرف خواهد شد؟

حل: ابتدا حجم مولی گاز در شرایط داده شده را به دست می آوریم. حجم، فشار و دمای يك مول گاز طبق رابطه  $PV = RT$  باهم در ارتباط اند:

$$V_{(\text{مولی})} = \frac{RT}{P}$$

$$= \frac{(0/08206 \text{ L atm/mol} \times \text{K}) \times 1000/0 \text{ K}}{1/000 \text{ atm}}$$

$$= 82/00 \text{ L/mol}$$

اکنون با استفاده از حجم مولی گاز در شرایط داده شده عده مولهای هیدروژن را تعیین کنیم:

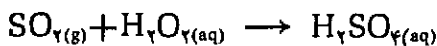
$$? \text{ mol, H}_2 = 1000/0 \text{ L, H}_2 \times \frac{1 \text{ mol, H}_2}{82/00 \text{ L, H}_2}$$

$$= 12/195 \text{ mol, H}_2$$

سرانجام با در نظر گرفتن معادله موازنه شده واکنش رابطه هم ارزی میان  $\text{Fe}$  و  $\text{H}_2$  را می نویسیم.

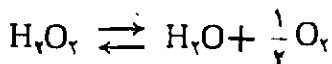






معلوم دارید ۱۰/۰۰۰ لیتر محلول آب اکسیژنه ده حجم، می تواند چند لیتر گاز دی اکسید گوگرد در فشار ۱/۰۰ اتمسفر و دمای ۲۶/۸۵C را به  $\text{H}_2\text{SO}_4$  تبدیل کند. (فشار داده شده ده حجم است).

حل: مفهوم آب اکسیژنه ده حجم آن است که اگر يك حجم از آن، مثلاً يك لیتر از آن مطابق واکنش:

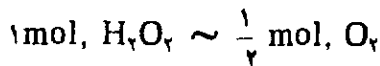


تجزیه شود، ده حجم اکسیژن (مثلاً ده لیتر اکسیژن) را تولید می کند. اکنون معلوم می داریم ۱۰/۰L محلول آب اکسیژنه به فرض تجزیه شدن چند لیتر اکسیژن را تولید خواهد کرد:

$$?L, \text{O}_2 = 10/00L, \text{H}_2\text{O}_2(\text{محلول})$$

$$\times \frac{10L, \text{O}_2}{1L, \text{H}_2\text{O}_2(\text{محلول})} = 100/0L, \text{O}_2$$

پس از آن باید دید چند مول  $\text{H}_2\text{O}_2$  در ۱۰/۰۰L محلول آن موجود بوده است.



و یا:



پس نخست باید عده مولهای اکسیژن را حساب کنیم. حجم يك مول اکسیژن در شرایط داده شده برابر است با:

$$V(\text{مولی}) = \frac{RT}{P}$$

$$= \frac{(0/0820L \text{ atm/mol K})(273/15 + 26/85^\circ\text{C})\text{K}}{1/00\text{atm.}}$$

$$= 24/6L/\text{mol}$$

$$?mol, \text{H}_2\text{O}_2 = 100/0L, \text{O}_2$$

$$\times \left( \frac{1\text{mol}, \text{O}_2}{24/6L \text{ O}_2} \right) \times \left( \frac{2\text{mol}, \text{H}_2\text{O}_2}{1\text{mol}, \text{O}_2} \right) \\ = 8/13\text{mol}, \text{H}_2\text{O}_2$$

اینک پس از معلوم شدن عده مولهای  $\text{H}_2\text{O}_2$  موجود در ده لیتر محلول، عده مولهای  $\text{SO}_2$  را حساب می کنیم. مطابق معادله موازنه شده واکنش داریم:

$$?mol, \text{H}_2\text{SO}_4 = 500/0\text{mL}, \text{H}_2\text{SO}_4 \times$$

$$\frac{0/200\text{mol}, \text{H}_2\text{SO}_4}{1000\text{mL}, \text{H}_2\text{SO}_4} = 0/100\text{mol}, \text{H}_2\text{SO}_4$$

پس از آن عده مولهای سود لازم برای خنثی کردن این اسید را به دست می آوریم. بر اساس معادله داده شده داریم:



$$?mol, \text{NaOH} = 0/100\text{mol},$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 \times \frac{2\text{mol}, \text{NaOH}}{1\text{mol}, \text{H}_2\text{SO}_4} = 0/200\text{mol}, \text{NaOH}$$

دست آخر از روی مولهای سود حساب شده حجم محلول آن را تعیین می کنیم:

$$?mL, \text{NaOH}(\text{محلول}) = 0/200\text{mol}, \text{NaOH}$$

$$\times \frac{1000\text{mL}, \text{NaOH}(\text{محلول})}{0/800\text{mol}, \text{NaOH}}$$

$$= 250/0\text{mL NaOH}(\text{محلول})$$

مثال: ۵۰/۰mL از يك محلول  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  با ۱۰۰/۰mL

محلول  $\text{HCl}$ ، ۰/۱۰۰M مطابق واکنش زیر خنثی می شود؛ مولاریته محلول  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  را حساب کنید.



حل:

$$?mol, \text{HCl} = 100/0\text{mL}, \text{HCl}$$

$$\times \frac{0/100\text{mol}, \text{HCl}}{1000/0\text{mL}, \text{HCl}}$$

$$= 0/0100\text{mol}, \text{HCl}$$

$$?mol, \text{Ba}(\text{OH})_2 = 0/0100\text{mol}, \text{HCl}$$

$$\times \frac{1\text{mol}, \text{Ba}(\text{OH})_2}{2\text{mol}, \text{HCl}}$$

$$= 0/00500\text{mol}, \text{Ba}(\text{OH})_2$$

$$?M, \text{Ba}(\text{OH})_2(\text{محلول}) = 0/00500\text{mol}, \text{Ba}(\text{OH})_2$$

$$\times \frac{1000\text{mL}, \text{Ba}(\text{OH})_2}{50/0\text{mL}, \text{Ba}(\text{OH})_2}$$

$$= 0/100M, \text{Ba}(\text{OH})_2$$

مثال: گاز دی اکسید گوگرد و محلول پراکسید هیدروژن

(آب اکسیژنه) مطابق واکنش زیر با هم واکنش می دهند:

در اینجا يك بار ديگر يادآور می‌شود در صورتی که دانش -  
آموزان با روش استفاده از فاکتور تبدیل در محاسبات آشنا  
شوند و بدان عادت کنند و با تمرینهای زیاد مهارت لازم را  
کسب نمایند، به سهولت خواهند توانست هر نوع تمرین یا  
مسأله مربوط به استوکیومتری را بدون مرتکب اشتباه شدن و  
با سرعت زیاد حل کنند. البته در آغاز به کارگیری فاکتور  
تبدیل باید با صبر و حوصله عمل کرد و از مثالهای بسیار  
آشنا و ساده شروع نمود و پس از برخورداری از مهارت لازم  
به مورد های پیچیده تر پرداخت.

در ضمن در جریان محاسبات مختلف، همواره باید به  
تعداد ارقام با معنا در اعداد توجه داشت، و قواعد مربوط به  
آن را در جمع و منها کردن ها و در ضرب و تقسیمها مراعات  
نمود. نوشتن دیمانسیونها (واحدهای داده در سمت راست  
اعداد) و به کار بردن آنها در محاسبات علمی کمال اهمیت را دارد  
و لذا از همه دبیران ارجمند و دلسوز درخواست می‌شود آن را  
در موقع تدریس استوکیومتری، مد نظر داشته باشند. در واقع  
هر نوع محاسبه علمی مشتمل بر دو نوع عملیات است؛ یکی  
انجام عملیات لازم بر روی اعداد و دیگری انجام همان  
عملیات بر روی واحدهای آنها. اهمیت دو نوع عملیات از  
نظری علمی فرق زیادی با هم ندارد. از نظر علمی، صرف نظر  
کردن از واحدهای داده شده یا اشتباه بر روی آنها نقیصه‌ای  
کمتر از جا انداختن يك عدد یا اشتباه کردن در عملیات بر روی  
اعداد نمی‌باشد.

در تدوین این قسمت از مقاله از همان منابع یاد شده در  
قسمت اول استفاده شده است.

1- Alfred North Whitehead

2- Academy

3- Roger Bacon

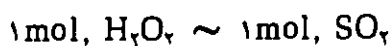
4- Stoichiometry

5- Reactants

6- Products

7- Rate

8- Conversion factor



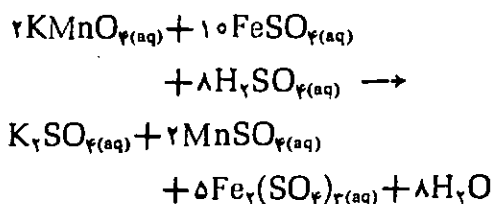
$$\times \frac{1 \text{ mol, SO}_7}{1 \text{ mol, H}_2\text{O}_7} = 8/13 \text{ mol, SO}_7$$

حال باید دید این تعداد مول  $\text{SO}_7$  چند لیتر حجم دارد. با  
در نظر گرفتن این که حجم مولی گازها در دما و فشار یکسان  
با هم مساوی است پس حجم مولی  $\text{SO}_7$  با حجم مولی  $\text{O}_7$   
یکی است. از آنجا:

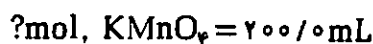


$$\times \frac{24/6L, \text{SO}_7}{1 \text{ mol, SO}_7} = 100/0L$$

مثال: محلول پرمنگنات پتاسیم در محیط اسیدی مطابق  
واکنش زیر با محلول سولفات آهن (II) بی رنگ می‌شود:



معلوم دارید 200/0 میلی لیتر محلول پرمنگنات پتاسیم  
0/01M با چند میلی لیتر محلول سولفات آهن 0/100M  
بی رنگ می‌شود.  
حل:



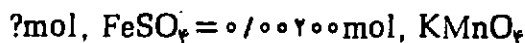
$$\times \frac{0/010 \text{ mol, KMnO}_7}{1000 \text{ mL, KMnO}_7}$$

$$= 0/0020 \text{ mol, KMnO}_7$$

چون مطابق معادله موازنه شده واکنش داریم:

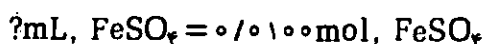


پس:



$$\times \frac{10 \text{ mol, FeSO}_7}{2 \text{ mol, KMnO}_7}$$

$$= 0/0100 \text{ mol, FeSO}_7$$

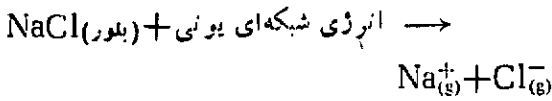


$$\times \frac{1000 \text{ mL, FeSO}_7}{0/100 \text{ mol, FeSO}_7}$$

$$= 100/0 \text{ mL FeSO}_7$$

و دمای عادی، قابلیت هدایتی مشابه با محلولهای آبی نمکها دارند. ظاهراً این پدیده از تحرك زیاد یونهای نقره در يك ساختمان بلوری ناشی می شود.

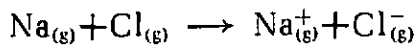
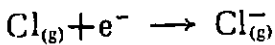
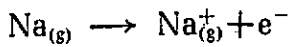
مقدار انرژی لازم جهت تبدیل يك مول از جامد یونی به یونهای گازی را انرژی شبکه یونی نامند:



اگر برای نمونه برای ایجاد بلور NaCl، فلز سدیم گازی اتم کلر را انتخاب نماییم. می توان تصور کرد که تشکیلا کلرید سدیم در ۳ مرحله زیر صورت می پذیرد:

- ۱- تبدیل اتمهای گازی به یونهای گازی.
- ۲- تشکیل کلرید سدیم دو اتمی گازی شکل از یونها.
- ۳- تشکیل بلور یونی.

انرژی لازم جهت عملی شدن مرحله اول به صورت زیر محاسبه می شود:



$$E = I_{\text{Na}} = 118.4 \text{ Kcal/mol}$$

$$E = -A_{(\text{Cl})} = -83.4$$

$$E = 35 \text{ Kcal/mol}$$

پس برای ایجاد يك جفت یون از اتمهای سدیم و کلر باید ۳۵ کیلو کالری انرژی صرف کنیم.

قانون جاذبه کولن نشان می دهد که در اثر نزدیک کردن دو ذره باردار با بار  $e^{-}$  و مختلف علامه از بینهایت تا فاصله ای در حدود  $r$ ، مقدار انرژی پتانسیل این دو ذره به اندازه  $\frac{-e^2}{r}$  کاهش می یابد. مطالعه مولکول دو اتمی NaCl گازی شکل، فاصله بین هسته ای  $2/38 \text{ \AA}$  را به دست می دهد. در نتیجه انرژی پتانسیل کولنی عبارت است از:

$$\frac{-e^2}{r} = \frac{-(4/8 \times 10^{-10})^2}{2/38 \times 10^{-8}}$$

$$= -9/68 \times 10^{-12} \text{ erg}$$

این مقاله به کتابهای شیمی سال دوم و چهارم رشته علوم تجربی و ریاضی فیزیک مربوط است.

# انرژی شبکه ای یونی

ابوالفضل سعدی نام

استادیار مجتمع دانشگاهی بیرجند

تفاوتی بین ترکیبهای یونی و کسوالانسی وجود دارد. که به طرز قرار گرفتن یونهای مثبت و منفی در اجسام یونی مربوط است. زیرا آرایش این مواد به نحوی است که تا حد امکان یونهای با بار مخالف در کنارهم چیده شده و بر اثر آن نیروی دافعه یونهای با بار یکسان حداقل می شود.

ترکیبهای یونی به حالت جامد، قابلیت هدایت بسیار کمتری داشته ولی به حالت مذاب، الکتریسیته را خیلی خوب هدایت می کنند. تعداد کمی از ترکیبهای یونی نظیر  $(M=K, Pb, NH_4)Mg_4I_5$  هستند که در حالت جامد

دو یون مجاور در فاصله  $2r_0$  بر روی یون سدیم فرضی مرکزی برابر  $\frac{2e^2}{2r_0}$  است و انرژی پتانسیل کل بلور عبارت است از

$$U = -\frac{2e^2}{r_0} + \frac{2e^2}{2r_0} - \frac{2e^2}{3r_0} + \dots$$

$$U = -\frac{2e^2}{r_0} \left[ \left(1 - \frac{1}{2}\right) + \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{4}\right) + \left(\frac{1}{5} - \frac{1}{6}\right) + \dots \right]$$

چون کلیه جمله‌های داخل پرانتز مثبت اند مجموع جمله‌های داخل کروشه بزرگتر از  $\frac{1}{2}$  و در نتیجه  $U$  کمتر از  $-\frac{e^2}{r_0}$  خواهد شد.

نتیجه این که انرژی پتانسیل یک یون سدیم در کریستال یک بعدی ضعیف‌تر از انرژی یک یون سدیم در مولکول دو اتمی کلرید سدیم گازی است.

محاسبات فوق را نیز می‌توان برای بلور سه بعدی در نظر گرفت. انرژی حاصل از جاذبه کولنی در تمام شبکه یونی این بلور را می‌شود به صورت  $-\frac{Me^2}{r}$  بیان کرد که در آن،

$M$  ثابت مادلنگ (Madlung) نام دارد و مقدار آن بستگی به ساختار هندسی بلور خواهد داشت. در مورد شبکه بلور NaCl، مقدار  $M$  برابر با  $1/75$  است. بدین ترتیب اگر بقیه مقادیر موجود در رابطه، ثابت باشد، انرژی یونهای جامد کلرید سدیم کمتر از انرژی همین یونها در حالت گازی است. این نقصان انرژی در بلور به این علت ظاهر می‌شود که هر یون سدیم در اثر نیروی جاذبه کولنی به کلیه یونهای کلر پیوسته است. همچنین پیوستگی در مورد هر یون کلر نیز صادق است. فاصله بین هسته‌های یونهای بلور NaCl برابر با  $2/81 \text{ \AA}$  یعنی بیشتر از فاصله بین هسته‌های مولکول دو اتمی گازی این جسم است. بنابراین مقدار انرژی کولنی برای شبکه کلرید سدیم عبارت است از:

$$U = -1/75 \frac{e^2}{r} = -1/75 \times \frac{(4/8 \times 10^{-10})^2}{2/81 \times 10^{-8}}$$

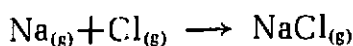
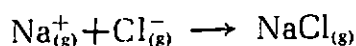
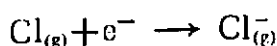
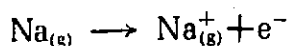
$$= -1/44 \times 10^{-11} \text{ ergs}$$

$$U = -207 \text{ Kcal/mol}$$

در این محاسبات، یونهای کلر و سدیم نقاط هندسی فرض شده‌اند

$$-\frac{e^2}{r} = -139/3 \text{ Kcal/mol}$$

مشاهده می‌کنیم که انرژی یک مول از NaCl به اندازه  $139/3$  کیلو کالری کمتر از انرژی یونهای جدا از هم است. بنابراین برای پیدا کردن انرژی آزاد شده در موقع ایجاد ذره NaCl از اتم‌های مربوطه در حالت گازی، باید این ۳ مرحله تشکیل را با هم جمع نمود:



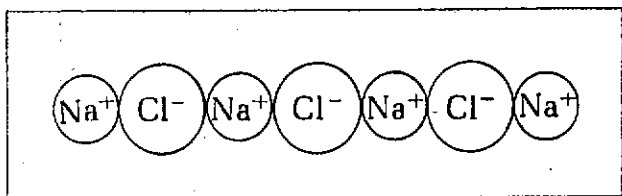
$$\Delta E_1 = 118/4 \text{ Kcal/mol}$$

$$\Delta E_2 = -83/4 \text{ Kcal/mol}$$

$$\Delta E_3 = -139/3 \text{ Kcal/mol}$$

$$\Delta E = -104/3 \text{ Kcal/mol}$$

مولکولهای دو اتمی و گازی شکل هالیدهای قلیایی را می‌توان در دماهای بالا تهیه و بررسی کرد ولی در دمای معمولی، این اجسام، جامدات یونی‌اند که فشار بخار بسیار اندک دارند. برای این که بدانیم چرا فشار بخار این ترکیبات در دمای عادی پایین است، مدلی ساده از یک بلور فرضی یک بعدی را در نظر می‌گیریم. این بلور از یونهای سدیم و کلر تشکیل شده است که یکی بعد از دیگری در مجاورت هم قرار گرفته‌اند.



برای محاسبه انرژی آزاد شده موقع تشکیل این بلور از یونهای گازی، باید در نظر داشت که انرژی پتانسیل کولنی بر روی یک یون سدیم عبارت از اثر بقیه یونهای موجود در بلور بر روی آن است. انرژی پتانسیل دو یون کلر مجاور در فاصله  $r_0$  می‌باشد در صورتیکه مقدار انرژی پتانسیل

و B ضریبی وابسته به جنس یونهاست. با وجود این می توان B را از رابطه فوق حذف کرد. زیرا با دانستن اینکه به ازاء مقداری از r که برای آن، بلور پایدارترین حالت را دارد مقدار U مینیمم خواهد بود یعنی موقعی که r به سمت  $r_0$  میل می کند U به مینیمم مقدار خود می رسد و از آنجا  $\frac{dU}{dr} = 0$  بوده و خواهیم داشت:

$$\frac{dU}{dr} = \frac{Me^{\gamma}}{r^{\gamma}} - \frac{nB}{r^{n+1}}$$

و اگر عبارت سمت چپ رابطه فوق را مساوی صفر قرار دهیم، داریم

$$\frac{Me^{\gamma}}{r_0^{\gamma}} - \frac{nB}{r_0^{n+1}} = 0 \quad B = \frac{Me^{\gamma}}{n} r_0^{n-\gamma}$$

که در آن  $r_0$  فاصله ای است که به ازای آن  $\frac{dU}{dr}$  برابر صفر می شود. با فرار دادن مقدار B در رابطه (I) می توان ارزش U را به سهولت محاسبه نمود:

$$U = -\frac{Me^{\gamma}}{r_0} + \frac{Me^{\gamma}}{nr_0} = -\frac{Me^{\gamma}}{r_0} \left(1 - \frac{1}{n}\right)$$

چون اندازه متوسط n تقریباً در حدود ۱۰ است انرژی حقیقی بلور NaCl، فقط ۱۰ درصد با مقدار اولیه U (محاسبه شده بدون در نظر گرفتن نیروی دافعه الکترونها) تفاوت دارد:

$$U = -\frac{Me^{\gamma}}{r_0} + \frac{Me^{\gamma}}{r_0} \times \frac{1}{10}$$

در مورد NaCl داریم:

$$U = -207 + 207 \times \frac{1}{10}$$

$$= -186/3 \text{ Kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$$

این مقدار نظری با مقدار تجربی ( $-183 \text{ Kcal/mol}$ ) سازگاری دارد.

### منابع:

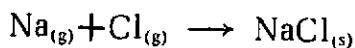
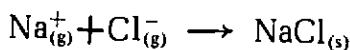
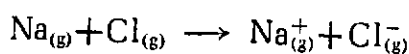
- ۱- اصول شیمی نو تألیف دکتر علی افضل صمدی.
- ۲- شیمی معدنی، اصول ساختمان و فعالیت شیمیایی تألیف جیمس لویی.

۳- University Chemistry Bruce H. Mahan.

و حال آنکه این طور نیست بلکه هر یون به وسیله ابرهای الکترونی (اریتالها) خود احاطه می شود در نتیجه بین یونهای مجاور، نیروی دافعه ای به علت تأثیر الکترونها دو یون بر روی یکدیگر ظاهر می شوند و این نیروی دافعه تقریباً به اندازه ۱۰ درصد، نیروی شبکه ای بلور را تغییر می دهد؛ به همین علت است که انرژی حقیقی شبکه بلوری NaCl برابر با  $-183$  کیلو کالری بر مول است.

اگر این مقدار انرژی را با انرژی کولنی محاسبه شده برای ذره دو اتمی گازی ( $-139/3 \text{ Kcal/mol}$ ) مقایسه کنیم متوجه می شویم که بلور کلرید سدیم از ملکول گازی آن به مراتب پایدارتر است و به همین دلیل فشار بخار NaCl جامد، پایین است.

محاسبه انرژی آزاد شده هنگام ایجاد NaCl جامد از اتمهای کلر و سدیم گازی چنین حساب می شود:



$$\Delta E_1 = 35 \text{ Kcal/mol}$$

$$\Delta E_2 = -183 \text{ Kcal/mol}$$

$$\Delta E = -148 \text{ Kcal/mol}$$

و چون  $\Delta E$  برای واکنش کلی، منفی است. بنابراین در موقع تشکیل کلرید سدیم جامد از اتمهای گازی آن، انرژی آزاد می شود یعنی NaCl جامد. پایدارتر از اتمهای مربوطه در حالت گازی است و دلیل آن جاذبه کولنی بین یونهای بلور است.

اگر بخواهیم نکته سنجی بیشتر کرده و تأثیر نیروی دافعه ابرهای الکترونی یونهای مجاور هم را در محاسبه انرژی پتانسیل شبکه بلوری وارد کنیم رابطه انرژی پتانسیل بلور را باید به صورت زیر تصحیح کرد:

$$U = -\frac{Me^{\gamma}}{r} + \frac{B}{r^n} \quad (I)$$

مشخص کننده نیروی دافعه الکترونها یونهای مجاور است که در آن n بسته به نوع یونها بین ۹ تا ۱۲ متغیر بوده

### آرایش الکترونی عناصرها

آرایش الکترونی			آرایش الکترونی			آرایش الکترونی		
عدد اتمی	نشانه	الکترونی	عدد اتمی	نشانه	الکترونی	عدد اتمی	نشانه	الکترونی
1	H	1s <sup>1</sup>	36	Kr	[Ar]4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4p <sup>6</sup>	71	Lu	[Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>1</sup>
2	He	1s <sup>2</sup>	37	Rb	[Kr]5s <sup>1</sup>	72	Hf	[Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>2</sup>
3	Li	[He]2s <sup>1</sup>	38	Sr	[Kr]5s <sup>2</sup>	73	Ta	[Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>3</sup>
4	Be	[He]2s <sup>2</sup>	39	Y	[Kr]5s <sup>2</sup> 4d <sup>1</sup>	74	W	[Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>4</sup>
5	B	[He]2s <sup>2</sup> 2p <sup>1</sup>	40	Zr	[Kr]5s <sup>2</sup> 4d <sup>2</sup>	75	Re	[Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>5</sup>
6	C	[He]2s <sup>2</sup> 2p <sup>2</sup>	41	Nb	[Kr]5s <sup>1</sup> 4d <sup>4</sup>	76	Os	[Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>6</sup>
7	N	[He]2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup>	42	Mo	[Kr]5s <sup>1</sup> 4d <sup>5</sup>	77	Ir	[Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>7</sup>
8	O	[He]2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup>	43	Tc	[Kr]5s <sup>2</sup> 4d <sup>5</sup>	78	Pt	[Xe]6s <sup>1</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>9</sup>
9	F	[He]2s <sup>2</sup> 2p <sup>5</sup>	44	Ru	[Kr]5s <sup>1</sup> 4d <sup>7</sup>	79	Au	[Xe]6s <sup>1</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup>
10	Ne	[He]2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup>	45	Rh	[Kr]5s <sup>1</sup> 4d <sup>8</sup>	80	Hg	[Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup>
11	Na	[Ne]3s <sup>1</sup>	46	Pd	[Kr]4d <sup>10</sup>	81	Tl	[Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6p <sup>1</sup>
12	Mg	[Ne]3s <sup>2</sup>	47	Ag	[Kr]5s <sup>1</sup> 4d <sup>10</sup>	82	Pb	[Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6p <sup>2</sup>
13	Al	[Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup>	48	Cd	[Kr]5s <sup>2</sup> 4d <sup>10</sup>	83	Bi	[Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6p <sup>3</sup>
14	Si	[Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup>	49	In	[Kr]5s <sup>2</sup> 4d <sup>10</sup> 5p <sup>1</sup>	84	Po	[Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6p <sup>4</sup>
15	P	[Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>	50	Sn	[Kr]5s <sup>2</sup> 4d <sup>10</sup> 5p <sup>2</sup>	85	At	[Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6p <sup>5</sup>
16	S	[Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup>	51	Sb	[Kr]5s <sup>2</sup> 4d <sup>10</sup> 5p <sup>3</sup>	86	Rn	[Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6p <sup>6</sup>
17	Cl	[Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup>	52	Te	[Kr]5s <sup>2</sup> 4d <sup>10</sup> 5p <sup>4</sup>	87	Fr	[Rn]7s <sup>1</sup>
18	Ar	[Ne]3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup>	53	I	[Kr]5s <sup>2</sup> 4d <sup>10</sup> 5p <sup>5</sup>	88	Ra	[Rn]7s <sup>2</sup>
19	K	[Ar]4s <sup>1</sup>	54	Xe	[Kr]5s <sup>2</sup> 4d <sup>10</sup> 5p <sup>6</sup>	89	Ac	[Rn]7s <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup>
20	Ca	[Ar]4s <sup>2</sup>	55	Cs	[Xe]6s <sup>1</sup>	90	Th	[Rn]7s <sup>2</sup> 6d <sup>2</sup>
21	Sc	[Ar]4s <sup>2</sup> 3d <sup>1</sup>	56	Ba	[Xe]6s <sup>2</sup>	91	Pa	[Rn]7s <sup>2</sup> 5f <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup>
22	Ti	[Ar]4s <sup>2</sup> 3d <sup>2</sup>	57	La	[Xe]6s <sup>2</sup> 5d <sup>1</sup>	92	U	[Rn]7s <sup>2</sup> 5f <sup>3</sup> 6d <sup>1</sup>
23	V	[Ar]4s <sup>2</sup> 3d <sup>3</sup>	58	Ce	[Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>1</sup> 5d <sup>1</sup>	93	Np	[Rn]7s <sup>2</sup> 5f <sup>4</sup> 6d <sup>1</sup>
24	Cr	[Ar]4s <sup>1</sup> 3d <sup>5</sup>	59	Pr	[Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>3</sup>	94	Pu	[Rn]7s <sup>2</sup> 5f <sup>6</sup>
25	Mn	[Ar]4s <sup>2</sup> 3d <sup>5</sup>	60	Nd	[Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>4</sup>	95	Am	[Rn]7s <sup>2</sup> 5f <sup>7</sup>
26	Fe	[Ar]4s <sup>2</sup> 3d <sup>6</sup>	61	Pm	[Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>5</sup>	96	Cm	[Rn]7s <sup>2</sup> 5f <sup>7</sup> 6d <sup>1</sup>
27	Co	[Ar]4s <sup>2</sup> 3d <sup>7</sup>	62	Sm	[Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>6</sup>	97	Bk	[Rn]7s <sup>2</sup> 5f <sup>9</sup>
28	Ni	[Ar]4s <sup>2</sup> 3d <sup>8</sup>	63	Eu	[Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>7</sup>	98	Cf	[Rn]7s <sup>2</sup> 5f <sup>10</sup>
29	Cu	[Ar]4s <sup>1</sup> 3d <sup>10</sup>	64	Gd	[Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>7</sup> 5d <sup>1</sup>	99	Es	[Rn]7s <sup>2</sup> 5f <sup>11</sup>
30	Zn	[Ar]4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup>	65	Tb	[Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>9</sup>	100	Fm	[Rn]7s <sup>2</sup> 5f <sup>12</sup>
31	Ga	[Ar]4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4p <sup>1</sup>	66	Dy	[Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>10</sup>	101	Md	[Rn]7s <sup>2</sup> 5f <sup>13</sup>
32	Ge	[Ar]4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4p <sup>2</sup>	67	Ho	[Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>11</sup>	102	No	[Rn]7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup>
33	As	[Ar]4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4p <sup>3</sup>	68	Er	[Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>12</sup>	103	Lr	[Rn]7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>1</sup>
34	Se	[Ar]4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4p <sup>4</sup>	69	Tm	[Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>13</sup>	104	Rf	[Rn]7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>2</sup>
35	Br	[Ar]4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4p <sup>5</sup>	70	Yb	[Xe]6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup>	105	Ha	[Rn]7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>3</sup>

ساختار الکترونی عناصرهای جدول تناوبی

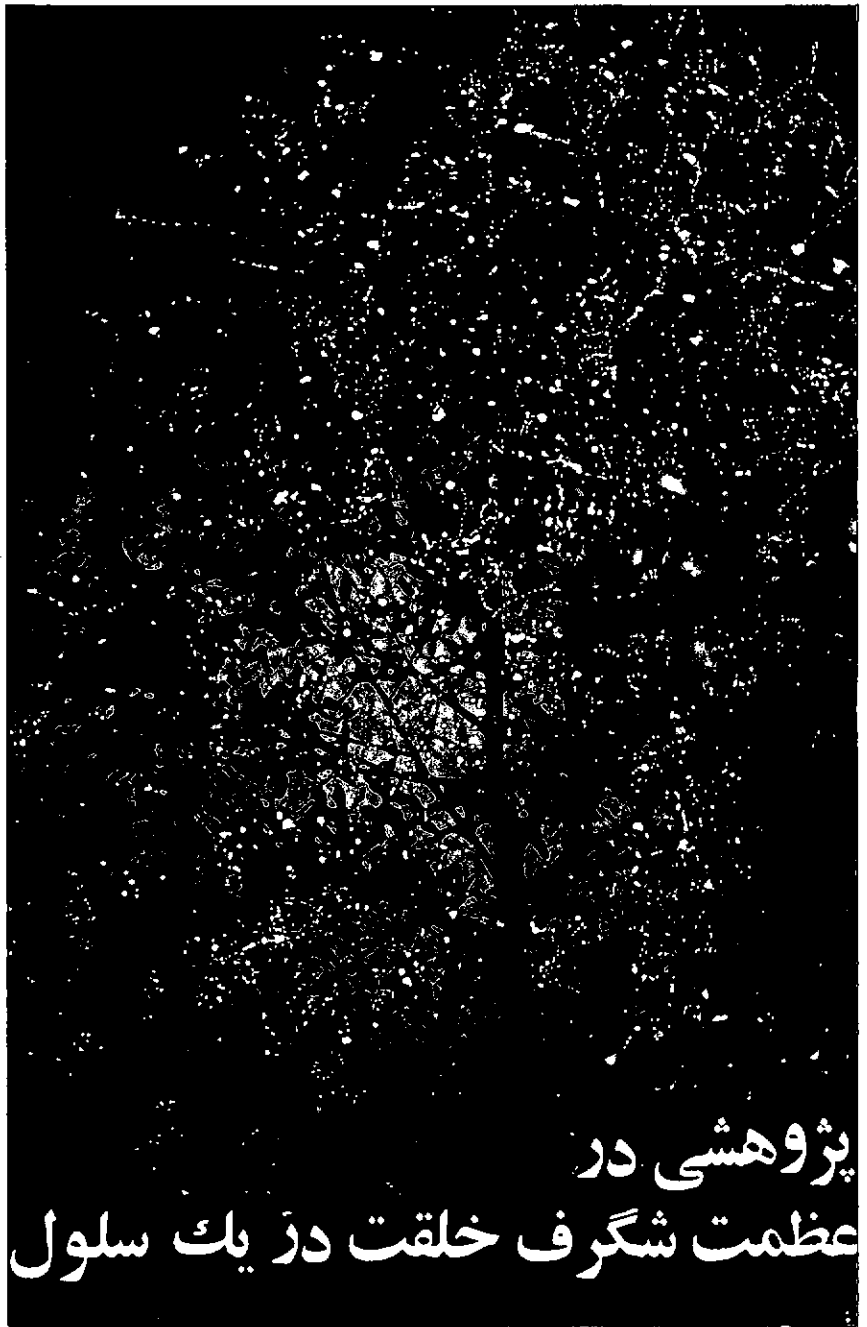
وعده کرده بودم که پس از بازگشت از شمال کشور نامهای برای بنویسم و اثرهای معنوی که این خطه سرسبز و خرم بر روح و فکرم گذاشته است بازگو کنم. به ویژه که در این سفر برای اولین بار «کرم شب تاب» را هم دیدم و ملاحظه شگفتی‌های بدن این حشره کوچک مرا و امی دارد که با بیان شرحی درباره آن شما را هم از آن آگاه کنم؛ لذا نامه خود را با این بیت شعر از عارف و فیلسوف معروف شیخ محمود شبستری آغاز می‌کنم:

به نام آنکه جان را فکرت آموخت

چراغ دل ز نور جان برافروخت  
امیدوارم که این نامه را به دقت بخوانی و در آن اندیشه کنی و بکوشی تا جان خود را با فروغ چراغ علم و دانش روشن کنی و با آن در زوایای تاریک جهان هستی در جستجوی روشنیهای جانبخش باشی.

باری پدرجان کسرانده‌های دریای مازندران بسیار زیبا است و نشاترود هم که شهرک زیبایی از این سامان است از طراوت و شادابی خاصی برخوردارند و در همین سفر اخیر که به آنجا رفته بودم و این نامه را تحت تأثیرات معنوی چشم اندازهای طرب‌انگیز آنجا می‌نویسم، در یکی از شبهای اقامت خود در این

شهرک «کرم شب تاب» را دیدم. حشره‌ای بسیار کوچک در لابلای علفها مثل الماس می‌درخشید و سوسو می‌کرد و شگفت‌انگیزتر این که گاهگاه همین کرم - شب تاب را در حال پرواز از بالای علفهای کوتاه می‌دیدم که ضمن پرواز هم از خود نور ساطع می‌کرد. مثل ستارگان، نور آبی زیبایی از بدنش می‌تابید و اطراف



## پژوهشی در عظمت شگرف خلقت در يك سلول

فرج مصعصری از «کرم شب تاب» در نامه‌ای به «خبرم»

نوشته و ترجمه‌ای از: محمد باقر جلالی تابستان ۱۳۶۶

مأخذ: دائرة المعارف و رلدوبوك ۱۹۶۷ و  
دائرة المعارفهای بریتانیکا و امریکانا کتابهای  
فیزیک و زیست‌شناسی و لغتنامه دهخدا -  
فرهنگ معین

او را روشن می‌کرد. برای اولین بار در عمر خود کرم شب‌تاب را می‌دیدم. قبلاً فکر می‌کردم چون نام این حشره کرم شب‌تاب است، باید فقط بر روی زمین یا روی علفها باشد اما آنها پرواز می‌کردند مسیر پرواز خود را در آن دل شب روشن می‌کردند و مانند خطی از نور در تاریکی از این شاخه به آن شاخه از بالای علفها می‌گذشتند. این خط نور، بسیاری از اوقات به صورت مارپیچ در بالای علفهای کوتاه باغچه‌ای که در آن منزل کرده بودیم در نوسان بود. آنها که مثل من قبلاً کرم شب‌تاب را ندیده بودند باور نمی‌کردند که حشره‌ای کوچک مثل چراغ بدرخشد و وقتی که با چشم خود روشنایی کرم شب‌تاب را می‌دیدند در عین حال که از دیدن آن لذت می‌بردند شگفت زده می‌شدند.

پدرجان خیلی دلم می‌خواست در باره کرم شب‌تاب بیشتر بدانم پس کودکانه به دنبال آن روشنی‌ها از این سو به آن سو رفتم و بالاخره با کوشش زیاد یک کرم شب‌تاب را گرفتم. حشره بسیار کوچکی بود. خیلی کوچک، در دست من هم از خود نور ظاهر می‌کرد. آن شب و روز بعد و روز بعد از آن هم که در نثار بودم اغلب سخن از چگونگی زندگی یا چگونگی نورافشانی کرم شب‌تاب بود. به تهران برگشتم از هر کس که فکر می‌کردم اطلاعاتی درباره حشرات یا این حشره کوچک دارد پرسش می‌کردم، کمتر به پرسشهای من پاسخهای قانع‌کننده می‌دادند. چه بسا حکایت و داستانی را هم که در کودکی شنیده بودند تعریف می‌کردند و مثال می‌آوردند. اما پدرجان هر روز که می‌گذشت پرسشهای بیشتری درباره این حشره در

ذهن من نقش می‌بست با خود می‌اندیشیدم که چرا اسم این حشره را کرم شب‌تاب یا کرم شب‌افروز نهاده‌اند؟ اگر کرم است چرا پرواز می‌کند؟ چرا از خود نور ظاهر می‌کند؟ اصلاً مکانیسم زایش این نور چیست؟ نکند با این نورافشانی می‌خواهد مطلبی را بگوید؟ کجای بدن این حیوان خاصیت نورزایی دارد؟ و از این قبیل پرسشها. پس فکر کردم بهتر است درباره کرم شب‌تاب تحقیقی بکنم و هر چه که جلوتر رفتم مطلب را مهمتر و ارزشمندتر یافتم.

به کتابهای فارسی و مأخذ خارجی اعم از فرانسه و انگلیسی مراجعه کردم آنچه را که یافتم یادداشت و منظم کردم و مطالبی را که برایت در این نامه می‌نویسم، حاصل همان مطالعات و دست‌آوردهایی است که زیست‌شناسان، حشره‌شناسان، زیست‌شیمی‌دانها و زیست‌فیزیکدانها درباره کرم شب‌تاب فراهم کرده‌اند و برای این که مستند باشد، منابع و مأخذ آن را هم در مواقع لزوم ذکر کردم تا چنانچه شما یا هر کس دیگر بخواهد مطالعات را دنبال کند، روش تحقیق روشن باشد.

## ۲- در منابع خارجی

اغلب کتابهای علمی که به نحوی با حشرات ارتباط دارند از این حشره مطالبی نوشته‌اند. دائرةالمعارفهایی که در ایران در دسترس است مثل دائرةالمعارف «ورلدبوک»<sup>(۱)</sup> یا دائرةالمعارف «بریتانیکا»<sup>(۲)</sup> یا دائرةالمعارف «آمریکانا»<sup>(۳)</sup> اطلاعات بیشتر و درست‌تری درباره کرم شب‌تاب نوشته‌اند برخی از آنها مقاله‌های پژوهشی پژوهشگران را نیز ذکر کرده‌اند از جمله یکی از دانشمندان به نام آقای دکتر «رالف دیویدسن»<sup>(۴)</sup> استاد دانشگاه اوهایو مقاله‌ای درباره کرم شب‌تاب دارد که اطلاعات مندرج ذیل بیشتر از نوشته او اخذ و ترجمه شده است.

## کرم یا مگس شب‌تاب؟

اولین نکته‌ای که در منابع خارجی درباره

به کتابهای فارسی و مأخذ خارجی اعم از فرانسه و انگلیسی مراجعه کردم آنچه را که یافتم یادداشت و منظم کردم و مطالبی را که برایت در این نامه می‌نویسم، حاصل همان مطالعات و دست‌آوردهایی است که زیست‌شناسان، حشره‌شناسان، زیست‌شیمی‌دانها و زیست‌فیزیکدانها درباره کرم شب‌تاب فراهم کرده‌اند و برای این که مستند باشد، منابع و مأخذ آن را هم در مواقع لزوم ذکر کردم تا چنانچه شما یا هر کس دیگر بخواهد مطالعات را دنبال کند، روش تحقیق روشن باشد.

## کرم شب‌تاب از دیدگاه پژوهشگرانی و دانشمندان

## ۱- در منابع فارسی

بسیاری از لغت‌نامه‌های فارسی کرم شب‌تاب را فقط تعریف کرده‌اند. مرحوم علامه دهخدا و دکتر محمد معین پا را کمی فراتر نهاده‌اند و توضیح بسیار مختصری داده‌اند. در لغت‌نامه مرحوم دهخدا، در صفحه



کرم شب تاب توجه مارا جلب می کند این است که همه آنها این حشره را «مگس» دانسته اند آن را «مگس آتشین» یا مگس شب تاب «Fire Fly» خوانده اند نه «کرم شب تاب» و عکسهایی هم که از کرم شب تاب چاپ کرده اند بیشتر به مگس شباهت دارد به عکس نگاه کنید.

داشته اند که در آن مرحله به صورت کرم درمی آید و آنها که نخستین بار به «لارو» این حشره برخورد کرده اند و آن را به عنوان کرم نامیده اند مسلماً اگر آنها در مرحله سوم زندگی که دوران بلوغ حشره است آن را می دیدند شاید آن را «مگس شب تاب» نام گذاری می کردند.

«Lampyridae» و مراحل زندگی آن به شرح زیر است:

کرم بالغ بر روی خاک تخم می گذارد. بعد از گذشت چهار هفته تخم کرم به لارو تبدیل می شود یعنی تخم مبدل به شکلی می شود که ما آن را در فارسی کرم می گوئیم و بالاخره در مرحله سوم زندگانی که مرحله بلوغ این حشره است به شکل یک مگس در می آید که در شکل شماره ۱ عکس آن را ملاحظه کردید. با چشم و دست و پایی شبیه مگس یا دو بال سخت و شفاف و به همین دلیل در رده بندی زیست شناسی این حشره را جزو سخت بالان یا قاب بالان به حساب می آورند در هر سه این حالات، شبنمای تابستان در مناطق مرطوب از کناره شکم بدن حشره نور ساطع می شود و لذا نام کرم شب تاب یا مگس آتشین یا شب چراغ یا کرم شب افروز هر کدام به مناسبتی به این حشره گفته می شود.



عکس از دائرةالمعارف ورلد بوک

نور از کجای بدن کرم شب تاب می تابد؟

کرم شب تاب حشره ای است که در حالت بلوغ در حدود یک سانتیمتر و یک میلی متر وزن طول دارد. آنقدر کوچک است که در شب آدمی فکر می کند همه جای بدن این حشره نورانی است و حال آنکه مطالعات علمی و عکسهایی که از این حشره برداشته شده است نشان می دهند که در هر یک از دو طرف شکم کرم شب تاب دو یا سه گروه سلولهای نورزا وجود دارد که بر اثر یک تحریک عصبی در داخل هر سلول یک واکنش شیمیایی ایجاد می شود که بر اثر همین واکنش شیمیایی یا واکنش زیستی، نور ساطع می شود. اما این که چه نوع کنش و واکنش شیمیایی یا چه

### مراحل زندگانی کرم شب تاب

زیست شناسان مراحل زندگانی این حشره را به صورت زیر مسود مطالعه و بررسی قرار داده اند:

- ۱- تخم
  - ۲- کرم یا لارو
  - ۳- حشره بالغ
- اسم علمی این حشره «لامپی ریدا» (۵)

البته باید توجه داشت که در مورد وجه تسمیه این حشره دانشمندانی که آنرا «مگس شب تاب» نام نهاده اند به سومین مرحله زندگانی کرم شب تاب توجه داشته اند والا این حشره در مرحله اول زندگانی که به صورت تخم و در دومین مرحله زندگانی که به صورت «لارو» یا مثلاً کرم شکل می گیرد باز هم از خوردن نور می دهد و شاید آنها که این حشره را کرم شب تاب نامیده اند به مرحله دوم زندگی او توجه

عناصری در يك سلول نورزا در این بازتاب مدخلیت دارند؛ مطلب بسیار مهم و درخورد عمق و دقت است و برای توجیه آن، جا دارد که در اینجا چند کلمه‌ای درباره سلول و شکل و ساختار آن برای ترویج و سپس تا آنجا که از پژوهشهای دانشمندان برمی آید نکاتی را هم درباره سلول و شکل و ساختار آن بیان کنم و سپس تا آنجا که تحقیقات دانشمندان برمی آید



مختصری هم درباره سلولهای نورزای کمرانه شکم کرم شب تاب و کنش و واکنشهای داخلی آن همانطور که قبلاً گفتم همه این اطلاعات بر اساس نوشته‌های دانشمندان پژوهشگری است که در کتابهای دائرةالمعارف و سایر کتب علمی درج شده است.

### سخنی درباره کوچکترین موجود زنده: سلول

پدرجان من در این نامه قصد این را نداشتم که با بیان نکات علمی و فنی نامه را طولانی کنم ولی پس از این که اطلاعات جمع آوری شده و ترجمه‌ها را مرتب کردم حیفم آمد که تو از آن بی خبر باشی. تمام موجودات زنده چه حیوان چه گیله از مجموعه‌های سلول به وجود آمده‌اند. بعضی از موجودات مثل آمیبها و باکتریها از يك سلول تشکیل شده‌اند ولی بدن من و شما از میلیاردها میلیاردها سلول تشکیل شده است.

### اندازه و ساختمان يك سلول

تحقیقات علمی نشان می‌دهد که به طور متوسط قطر يك سلول بین ۵/۵ تا ۱۵ میکرومتر است و برای این که يك تصور هر چند خام و ناقص از اندازه يك سلول داشته باشی باید توجه کنی که يك میکرومتر يك هزارم میلی‌متر است. پس وقتی که می‌گوییم قطر يك سلول نیم میکرومتر است یعنی نصف يك هزار میلی‌متر که مثلاً دو هزار سلول را می‌شود در يك میلی‌متر گنجاند هر چند که قطر تعدادی از سلولها در حدود ۵/۲ میکرومتر است و این که گفته شد نیم تا ۱۵ میکرومتر به لحاظ توجه به اکثریت بود در هر حال تا این

اواخر آگای از موجودی به این کوچکی کاری بسیار مشکل بود تا این که میکروسکوپ الکترونیک اختراع شد و تا حدی به شناخت این موجود از نظر فیزیکی کمک کرد. زیرا با میکروسکوپ الکترونیک اجسامی را که از دویا سه مولکول ساخته شده باشند می‌شود تشخیص داد و حال آن که در میکروسکوپهای نوری این مکان وجود ندارد.

به در حال اینک که يك شمای مختصری از این موجود کوچک یا بهتر بگوییم از این کوچکترین موجود زنده تصور کردید، بد نیست بدانید همین موجود کوچک خود هسته و پوسته‌ای دارد حالا فاصله بین هسته و پوسته چقدر است یا خود هسته سلول چقدر کوچک می‌تواند باشد و اعمال حیاتی را چگونه انجام می‌دهد همه این پرسشها می‌رساند که مطالعه يك سلول چقدر بفرنج و اطلاعات فراهم آمده چقدر ارزشمند می‌تواند باشد.

### شکل سلول

قبل از این که سلول توسط میکروسکوپ دیده شود تصورات گوناگون و اظہار نظرات متفاوتی از شکل آن وجود داشت اما حالا توسط میکروسکوپ الکترونیک از آن عکس می‌گیرند و آن را به وضوح مشاهده می‌کنند و ساختمان آن اعم از غشاه پلاسمایی دور آن و هسته سلول برای انسان از پیش آشنا تر است. به طور کلی شکل سلول عدسی یا کروی است اما باید توجه داشت که سلولهای مختلف اشکال مختلف هم دارند. برای مثال سلولهای گلبولهای قرمز خون شکل عدسی و شکل گلبولهای سفید خون با هم متفاوت است و حداقل ۵ یا ۶ نوع آن شناخته شده‌تر است سطح سلول را غشایی از جنس پلاسمای پوشانده

است که این غشاء پلاسمایی یا پوسته سلول در همهٔ واکنشهای شیمیایی و غیر شیمیایی سلول نقش بسیار مهم و حساسی را دارد و مثل يك مرکز تصمیم گیری برای كل سلول عمل می کند. برای آگاهی بیشتر از کار این غشاء پلاسمایی تنها به یادآوری يك قسمت از فعالیت های زیستی این غشاء پلاسمایی که خود پوسته ناچیزی از يك سلول است اکتفا می کنیم تا ملاحظه شود که این کوچکترین موجود زنده که سلول نامیده شده است از چه عظمتی برخوردار است.

### جذب و دفع انتخابی

پدر جان می خواستم در ضمن نامهٔ خود تا بلویی از زیبایی های شگرف خلقت را که در ساحل دریای مازندران با دیدن کرم شب تاب در ذهن من نقش بسته بود، برایت رسم کنم پس سخن از کرم شب تاب به علل نورزایی آن کشیده شد و برای بیان آن ناچار يك سلول از مجموعه سلولهای نور دهنده و برای توجیه بیشتر آن سلول بحث مختصری درباره شکل و اندازه و ساختمان سلول گفتم و به غشاء پلاسمایی که يك سلول را احاطه کرده است رسیدم و اینک یکی از اعمال پوسته سلول را که جذب یا دفع انتخابی آن باشد برایت به زبان ساده می نویسم تا با یکی از شگفت انگیزترین اعمال زیستی يك سلول آشنایی بیشتری پیدا کنی.

غشاء پلاسمایی سلول، خود پرده بسیار بسیار نازکی است که سلول را در بر گرفته و از عجایب هستی است و عمل آن اعجاب انگیز است، «خوب توجه کن گنجشک چیست که گوشش باشد» سلول خودش ۰/۲ میکرومتر است حالا پوستی که آن را در بر گرفته است باید به چه

نازکی باشد؟ همین پوسته به این نازکی مثل يك آزمایشگاه مجهز نوع عنصری را که بخواهد وارد سلول شود شناسایی می کند، قدرت آن را اندازه می گیرد، سود یا زیان آن را درمی یابد اگر آن را مفید تشخیص دهد به او اجازه ورود به سلول می دهد، راه ورود او را به سلول تعیین می کند، سرعت حرکت آن را در هنگام ورود مشخص می کند و اگر آن را مفید تشخیص ندهد بلافاصله با آن مبارزه می کند خودش پادزهر لازم را بر نامه ریزی می کند، می سازد از آن استفاده می کند و راه ورود آن ماده را به داخل سلول سد می کند یا آن را دور می کند همهٔ این اعمال را غشاء پلاسمایی سلول که می یاردها می یارده از آن وجود من و شما را تشکیل می دهد بدون استعانت از اندام دیگری مثلاً بدون این که مغز يك انسان یا يك حیوان به او در این مورد دستوری بدهد انجام می دهد. این خاصیت که غشاء پلاسمایی سلول ماده ای را که بخواهد جذب ماده ای را که نخواهد دفع می کند در اصطلاح علمی، خاصیت جذب و دفع انتخابی می نامند.

این جذب و دفع انتخابی جزئی از کارهایی است که غشاء پلاسمایی که خود جزئی از سلول می باشد، انجام می دهد. از غشاء پلاسمایی یا پوسته سلول که بگذریم، فعالیت های هسته را که برای زندگی و حیات خود سلول بسیار با اهمیت است، نباید از نظر دور نگاه داشته شود.

کنترل اعمال و کنش و واکنش های چگونگی درک و سنجش نوع و قدرت و ماهیت جسم خارجی که قصد ورود به سلول را دارد و چگونگی طراحی و صدور دستور العمل ساختن پروتئین های مورد نیاز جهت مبارزه یا لااقل رویارویی با عنصر خارجی و نظارت بر مبارزه مورد نیاز.

چگونگی حفظ و بقاء نسل خود و ایجاد همانند سازی یا تغییر ساختمان خود سلول در صورت لزوم، از جمله کارهای پوسته سلول است اینها که گفته شد تقریباً در همه سلولها ملاحظه می شود اما اگر یادتان باشد مسئله سلول از آنجا مطرح شد که می خواستم درباره سلولهای نوردهنده کناره شکم کرم شب تاب اطلاعات بیشتری پیدا کنم پس جا دارد بینم این سلولها چه نوع کنش و واکنشهایی غیر از این اعمال که در بالا از آن نام برده شد انجام می دهند البته بررسی این اعمال خود فهرستی مختصر از ظاهر این اعمال است و الا بررسی واقفیت با روند عمل و دستور العمل های اجرایی کنشها و واکنش های سلول در خور تعمق بسیار زیاد است.



رنگ پوست بدن کرم شب تاب سیاه مایل به سرخ یا قهوه ای مایل به سرخ است اما در کرانه های دو طرف شکم کرم شب تاب در هر طرف دو یا چند دسته سلول به رنگ سبز مایل به زرد قرار دارد که همین سلولها در شب نور ظاهر می کنند. این سلولها را در اصطلاح علمی فتوسیت (Photocytos) نامیده شده اند.

در پشت این فتوسیت ها يك لایه ماده سفید رنگی وجود دارد که بعضی از محققان در آن قسمت اورات آمونیوم (Amunium urate) پیدا کرده اند. عناصر دیگری را که پژوهشگران در سلولهای پرتوزای کرم شب تاب یافته اند به شرحی که دائرة المعارف و ولد بوک از آن نام می برد عبارتند از:

۱- آدنوزین تری فسفات

(Adenosine Tri phosphate)

۲- لوسی فرین (Luciferin)

۳- اکسیژن

۴- منگنز

۵- لوسی فراز (Luciferase)

این پنج ماده به صورت منسجم در سلولهای نور دهنده کرم شب تاب با یک ماده شیمیایی دیگر کنترل می شوند و با یک حرکت عصبی کرم شب تاب ماده ای به نام پیروفسفات غیر آلی «Inorganic pyrophosphate» را آزاد می کند. این ماده باعث شکستن انسجام آن پنج ماده شیمیایی می شود و همین عمل موجب نوری می شود که ما آنرا می بینیم اما پس از چند ثانیه همین پیروفسفات آلی از بین می رود دوباره آن پنج ماده منسجم شده و نور خاموش می شود و این عمل تکرار و تکرار می شود.

### نور سرد چیست؟

دانشمندان آن روشنی را که از سلولهای نور دهنده کرم شب تاب ساطع می شود مورد آزمایش قرار داده اند و دریافته اند که این نور به خلاف انوار خورشید و سایر منابع روشنایی دیگر گرما ندارد و لذا در آزمایشگاهها در جایی که گرما آزمایشی را ممکن است ضایع کند یا حرارت خطرانی در پیش دارد، از وجود کرمهای شب تاب برای روشنایی استفاده می کنند (با این که در آن مقدار کمی اشعه مادون قرمز و فرا بنفش وجود دارد و ما می دانیم که اشعه مادون قرمز گرمازا است) و لذا از این نور به نور سرد تعبیر کرده اند در هر حال نور کرم شب تاب در آزمایشگاههای دقیق علمی به علت کم بود یا نبودن گرما بسیار مفید و نمر بخش است.

زندگانی «کرم شب تاب» مگس شب تاب

کرم شب تاب در خاک تخم می گذارد

پس از چهار هفته تخم به «لارو» قهوه ای رنگی تغییر شکل پیدا می کند. در دهان این «لارو» یک جفت آرواره وجود دارد که در داخل هر کدام سوراخی تعبیه شده است که حشره غذای خود را از داخل همین سوراخها به داخل بدن خود تزریق می کند. کرم شب تاب از معدود حشراتی است که با چشم خود می بیند راه خود و طعمه خود و جفت خود را تشخیص می دهد و بدسوی او می رود یا می پرد و حال آن که بسیاری از حشرات هستند که از علائم شیمیایی یا از طریق بازتابهای امواج برای یافتن راه خود استفاده می کنند. بدن او از سه قسمت سر و گلو و شکم تشکیل یافته است البته آن دسته که بال دارند از دو بال شفاف و سخت هم بهره مند هستند و از همین بالها در پرواز استفاده می کنند.

در مناطق استوایی دیده شده است که گاهگاه کرمهای شب تاب به صورت دسته جمعی و با دفعات منظم و پی در پی نور خود را ظاهریا خاموش می کنند یا گروهی در محلی اجتماع کرده نور خود را ساطع یا قطع می کنند و از دور، دیدن تعداد زیادی کرم شب تاب که با روشن و خاموش کردن سلولهای پرتو زایی خود منطفهائی را در اطراف خود روشن یا خاموش می کنند، بسیار جالب و دیدنی است اما این که چرا کرمهای شب تاب گاهی گروهی این بازی را در می آورند، معلوم نیست و دانشمندان با اذعان به واقعت آن از علت آن آگاهی ندارند و هنوز پاسخی به این چسرا؟ مثل بسیاری از چراهای مذکور در مقاله داده نشده است.

کرم شب تاب در کجا زندگی می کند؟

کرم شب تاب در اغلب نقاط جهان به

ویژه در مناطق گرمسیر و مرطوب یافت می شود ولی در مناطق استوایی به خصوص در کشور کو با کرمهای شب تاب زیاد است. در این کشور کرمهای شب تاب بسیار مورد توجه هستند و در بعضی از مناطق از آن برای زینت استفاده می کنند. مثلاً زنان کرمهای شب تاب را می گیرند و آنها را با سنجاق های کوچک بر روی زنجیرهای طلائی که به گردن می آویزند، سنجاق می کنند. این گردن بندها در شب مانند الماس در تاریکی می درخشند و به گردن بند زنان شکوه خاصی می بخشند و زننها برای مدت دو سه ساعتی که این کرم زنده است از نور افشانی او بهره مند می شوند. در بعضی نقاط دیگر به ویژه در مناطق گرم و استوایی تعدادی از کرمهای شب تاب را می گیرند و در فانوسی می گذارند و این کرمها با نور افشانی مداوم خود محوطه اطراف را کاملاً روشن می کنند و این دسته از مردم از این فانوسها برای استفاده از روشنایی بهره می گیرند.

### کرم شب تاب در آزمایشگاه

مهمترین و بهترین استفاده ای که تاکنون بشر از کرم شب تاب برده است استفاده ای است که دانشمندان و پژوهشگران از این حشره در آزمایشگاه می برند. می دانیم که بعضی از آزمایشهای شیمیایی در برابر نور روز یا نور الکتریسیته که هر دو گرمازا است نتایج رضایت بخشی ندارد و چه بسا که در مقابل نور، انجام آزمایش ممکن است خطرناک یا حداقل این که ممکن است نتیجه ای نداشته باشد. در این گونه موارد وجود کرمهای شب تاب کمک بزرگی برای پژوهشگران است. آنها مثل مردمی که از گذاشتن تعداد زیادی کرم شب تاب در داخل یک محفظه شیشه ای مثل یک فانوس

از کرمهای شب تاب بهره می گرفتند، تعدادی از این کرمها را در محفظه شیشه‌ای در آزمایشگاه نگاهداری می کنند و در پناه نور افشانی کرمهای شب تاب آزمایشهای خود را انجام می دهند.

نوری که از این کرمها ساطع می شود در اصطلاح دانشمندان نور سرد نام گرفته است. ظاهر قضیه این است که موجب آتش سوزی نمی شود ولسی حقیقت این است که این نور آن واکنشهای شیمیایی را که بر اثر گرما، تباه یا ضایع می شوند، حفظ می کند و آزمایش در نهایت امنیت بدون خطر انجام می شود.

مکانیسم این نور افشانی از نظر علمی چیست؟ و چه عوامل و عناصری سبب این نور افشانی می شود؟ دائرةالمعارف ورلد بوک آنها بر اساس پژوهشهای ارزنده دانشمندان بیان کرده است که آسامی و شرح مختصری از آن را برایت می نویسم: پدرجان دوست دارم، این قسمت نامه را به دقت مطالعه کنی زیرا بسیار مهم و دقیق است و حاصل گردآورده‌ائی از تحقیقات و مطالعات تعداد زیادی از دانشمندان است که در دائرةالمعارفها مندرج است. من البته کوشش می کنم مطلب را ساده بنویسم.

**۱- آدنوزین تری فسفات:**  
**ADENOSINE TRIPHOSPHATE**

این ترکیب شیمیایی از مشتقات اسید ریبونوکلیتیک است و فرمول شیمیایی  $(C_{10}H_{13}N_5O_7P_3)$  است و آدنوزین از تجزیه اسید ریبونوکلیتیک به آدنین (Adenine) و ریبوز (Ribose) به دست می آید. آدنین خود نوعی از باز پورین است با فرمول  $(C_5H_5N_5)$  که دارای اسید نوکلئیک و سیستم آنزیمی

متعددی است. از سوی دیگر ریبوز (ribose) ماده‌ای یا فرمول  $(C_5H_{10}O_5)$  است که از مشتقات اسید نوکلئیک به شمار می رود و آدنوزین تری فسفات یکی از مشتقات آدنوزین است که در بافت‌های عضلانی وجود دارد و عامل ذخیره نیرو است. حقیقت این است که بی بردن به کنه اشیاء از بشر ساخته نیست و اگر هم پیشرفتی شده باشد هنوز اندک است؛ زیرا با این مغز و فکر و ابزار و آزمایشگاهها و این آلات و اسباب کار آزمایشگاهی و محاسباتی، درک حقیقت اشیاء مشکل و شاید محال است. همین قدر خوب است بدانیم که یک دسته عظیمی از زیست‌شناسان معتقدند که اگر قرار باشد یک گسره از مواد را رمز و راز حیات بدانیم بی تردید اسید نوکلئیک جزو آن گروه خواهد بود؛ زیرا آنها زنجیره‌هایی مرکب از هزاران واحد نوکلئید به هم پیوسته‌اند و بسته به این که نوکلئید سازنده آن متعلق به کدام یک از گروههای زیر که از آنها نام می بریم باشد، تقسیم می شوند:

الف: گروه ریبوز (ribose) دار  
ب: گروه دی اکسی ریبوز دار که زنجیره‌های محنوی نوکلئیدهای ریبوز دار را اسید ریبونوکلیتیک با علامت اختصار (RNA) می نامند و زنجیره‌های دیگر آنها هستند که متشکل از نوکلئیدهای دی اکسی ریبوز دار است به اسید دی اکسی ریبونوکلیتیک خوانده شد و نشانه اختصاری آن هم (DNA) است.

پژوهشگران دانشمند تا کنون برای هر مولکول «DNA» سه ویژگی واکنشی را دریافته‌اند که آنها عبارتند از:

۱- کنترل اعمال و ساختار سلول یا صدور دستور العمل ساختن پروتئین‌های مخصوص مورد نیاز.

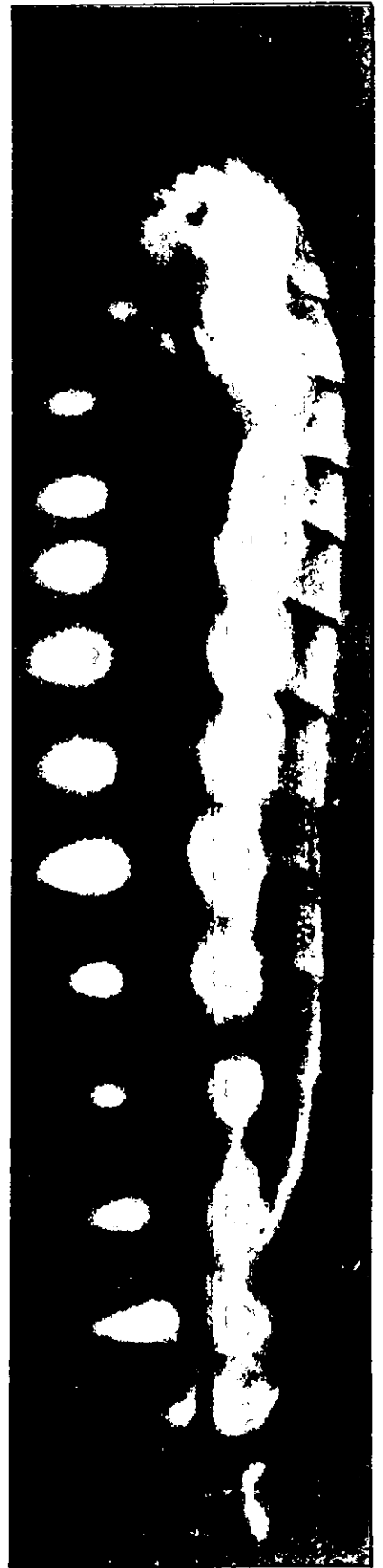
۲- همانند سازی به این معنی که هر مولکول «DNA» می تواند مثل خود را تولید کند.

۳- جهش در شرایط ویژه، به این معنی که هر مولکول «DNA» در محتوی بازهای نیتروژن دار تغییر مختصر اما دائمی ایجاد می کند و هنگامی چنین تغییراتی به وجود آمد صفات و ساختمان سلول نیز به تبعیت از آنها تغییر خواهد کرد و هنگامی که سلول تغییر پیدا می کند تمام بدن جاندار و نسلهای بعدی آن نیز دچار تغییر خواهد شد و این همان پدیده معروفی است که آن را «تکامل» نامیده‌اند.

علاوه بر آن «DNA» ماده سازنده «ژن» است که از قدیم زیست‌شناسان آن را ناقص صفات ارثی شناخته‌اند و حالا دانشمندان با مطالعات زیاد دریافته‌اند که کنترل متابولیسم و همانند سازی هم از اختصاصات آن است (چه بسا که در آینده خصوصیات دیگری نیز یافت شود). پس می شود گفت که مولکولهای (DNA) از ضروریات و بلکه یکی از پایه‌های اساسی زیست است و در نتیجه گروه اسید نوکلئیک را می شود از اسرار حیات به شمار آورد. ملاحظه می شود که یکی از عناصر موجود در سلولهای نورزای کرم شب تاب که آدنوزین تری فسفات باشد خود از مشتقات (Adenosine) است که آدنوزین از مشتقات اسید ریبونوکلیتیک می باشد و این مطالب که گفته شد جزئی از اعمال یک عنصر از عناصر متشکله یک سلول نورزا در کنار شکم کرم شب تاب است و همه عناصر متشکله در سلول و مجموعه سلولهای بدن هر انسان، هر حیوان و هر گیاه از این شگفتیها بسیار دارند.



دومین ماده‌ای که دانشمندان در



داخل سلولهای نوردهنده کرم شب تاب به نقل دائرةالمعارف وزلدبولک یافته اند لوسی فرین است. این همان رنگ دانه شب تاب است که در بدن برخی از موجودات وجود دارد. در مورد این ماده ضمن تحقیقات به نکات جالبی برخورد کردم برای اینکه مطالعه، ملاحظه و دقت در مضامین علمی فوق شما را خسته نکند، دیدم بهتر است که نکات جالب را ضمن این بررسی، چاشنی آن مطالب خستگی آور بکنم. آری لوسی فرین مشتق از لوسی فر (Lucifer) است که به معنی ستاره صبح یا ستاره زهره می باشد در زبان فارسی ستاره زهره را ستاره ناهید هم می گویند این ستاره در اصل «فسفر» یا فسفرس (Phosphorus) نام داشته است فسفر به معنی جسم تابنده یا جسم پرتودار یا جرقه دار است. نشانه شیمیایی آن را با حرف P مشخص کرده اند عدد اتمی ۱۵ و جرم اتمی آن ۳۰/۹۷۳۸ می باشد. فسفر به صورتهای مختلف وجود دارد که بهترین نوع آن زرد است که آسان و بدسرعت آتش می گیرد فسفر به شدت بدن را می سوزاند و سمی است به طوری که مقدار بسیار کمی از آن موجب مرگ می شود و لذا عنصر لوسی فرین که از عناصر سازنده سلولهای نورزای کرم شب تاب است ماده اصلی تابندگی و نورزایی آن سلولهاست شاید علت اصلی نام گذاری این حشره به شب افروز وجود همین لوسی فرین در داخل سلولها باشد. اکنون بینیم این لوسی فر یا فسفرس که در لغت معنی جسم تابنده را می دهد و در پرتوزایی کرم شب تاب نقش عمده ای دارد، چیست؟ فسفر عنصری است که بعضی انواع انرژی را جذب می کند و مقداری از آن را به صورت نور مریی پس می دهد مثل انرژی حاصل از پرتوهای ایکس یا

پرتوهای کاندی یا تشعشعات امواج فرابنفش یا ذرات آلفا - همین که انرژی تغییر شکل داد و به صورت نور درآمد می گویند این ماده فسفرسانس است و در حقیقت یعنی بازدهی نور از عنصری که به صورتی در معرض تشعشع انرژی قرار گرفته باشد. عنصر فسفرسانس ممکن است تا مدتی مدید پس از آن که در معرض تشعشع قرار گرفت از خود نور ظاهر کند این نورها ممکن است سبز، زرد، نارنجی، قرمز، یا مخلوطی از آنها باشد. رنگ نور حاصل بستگی به عنصری دارد که در معرض تشعشع قرار گرفته است و اگر این تشعشعات برای مدتی کم ادامه پیدا کند آن ماده را فلورسنت می گویند که معنی آن شکوفه آوری است برخی از فسفرسانس ها عبارتند از Getain و Celuaid و (عاج Irory) پارافین Parafin سریشم و پوسته تخم مرغ از اجسام معدنی هم مثلاً سولفیدها مثل سولفید باریم، سولفید کلسیم و سولفید سدیم فسفرسانس هستند همین فسفرسانس در بدن کرم شب تاب یا ماهی شب تاب نیز هست که در تاریکی شبهای گرم تابستان ما آن را در حالی که از کناره های شکم کرم شب تاب ساطع می شود، می بینیم این عمل را در مورد کرم شب تاب یا سایر جانوران و موجودات زنده Bioluminosece (بیولومینوسانس) یا فسفر افکنی وجود زنده یا پرتوزایی زیستی می نامند. اکنون که سخن به اینجا رسید پدرجان جا دارد که دو سه کلمه بیشتر درباره فسفر برای بنویسم تحقیقات دانشمندان حاکی است که فسفر عنصری است که گیاهان و جانوران برای رشد خود به آن نیاز دارند. گیاه نیاز خود را به فسفر از خاک و ترکیبهای فسفر موجود در آن تأمین می کند. جانوران هم فسفر مورد نیاز خود را از خوردن همان گیاهان که فسفر دارند به دست

می آورند و انسان هم مثل سایر جانوران برای رشد خود به فسفر نیازمند است اما نه فسفوری که در دسترس است بلکه فسفوری که در گیاهان مثل گندم و گرده و حبوبات و باقلا وجود دارد فسفر در مغز، استخوان، اعصاب، شیر، زرده تخم مرغ و ماهی نیز یافت می شود.

کمبود فسفر سبب بد شکل شدن استخوانها می شود. فسفر خالص در طبیعت خود به خود وجود ندارد لکن به صورت ترکیب در سنگها موجود است و برای به دست آوردن آن باید سنگهای فسفوری را گرما داد فسفر در کبریت سازی کاربرد دارد. فسفر خالص خود به خود در هوا می سوزد. فسفر از عناصر بسیار سمی است که باید با احتیاط با آن تماس گرفت ولذا می بینیم که دانشمندان پس از تحقیقات و مطالعات زیاد دریافته اند که در هر يك از سلولهای پرتوزای کرم شب تاب لوسی فر که همین فسفر باشد، وجود دارد. همین پرتوزایی کرم شب تاب بر اثر سوختن لوسی فرین یا فسفر موجود در آن سلول است. علاوه بر اینها که گفته شد لوسی فرین معانی دیگر هم دارد که مؤید مطالبی است که گفته شد چه قسمت اول کلمه «لوسی فر» به معنی ستاره صبح، از کلمه یونانی «لوسی نا» Lucina» به معنی الهه زایمان گرفته شده است و در اصطلاحات ادبی رومی و یونانی به جای کلمه ماه به کار می رفته است. به همین جهت است که لوسی فرین موجود در جمع عناصر سازنده سلولهای پرتوزای کرم شب تاب، در حقیقت همان لوسی فروس (Luciferus) به معنی دارای فروغ است.

### ۳- اکسیژن

هر چه در طبیعت وجود دارد برای

سوختن و روشن کردن باید به نحوی از اکسیژن استفاده کند در سلولهای نور دهنده کناره شکم کرم شب تاب عنصر اکسیژن نیز وجود دارد. وقتی انسان یا حیوان که اکسیژن هوا را گرفت، دی اکسید کربن پس می دهد. عمل سوختن اگر کند و آهسته باشد مثل زنگ زدن فلزها و اگر سریع باشد مثل سوختن اجسام گرما و نور را از خود سریعتر بروز می دهد. عملی که در سلولهای پرتوزای کناره شکم کرم شب تاب انجام می شود و ما روشنائی آبی رنگ درخشان آن را در نیمه شب های تابستان می بینیم، در حقیقت يك اكسيداسيون سريع است که بر اثر يك حرکت عصبی کرم شب تاب مقداری از اکسیژن موجود در سلولهای مذکور را در ترکیب با منیزیم و لوسی فرین و ادنوزین و تری فسفات و لوسی فرازمی سوزد و حاصل آن نوری است که ما می بینیم.

### ۴- منیزیم

ماده دیگری که در سلولهای پرتوزای «کرم شب تاب» یافته اند، منیزیم است. منیزیم فلزی بسیار رنگ سفید نقره ای است و به هنگام سوختن نور سفید مایل به زردی از آن به دست می آید. منیزیم در تهیه آلومینیم نقش اساسی دارد و از آن آلیاژهای مختلفی می سازند این عنصر در سلولهای پرتوزای کرم شب تاب یکی از اسباب سوختن است که با ترکیب اکسیژن و سایر عناصر سه گانه دیگر موجب سوختن و نورافشانی می شود. علامت شیمیایی منیزیم «Mg» و سبک ترین فلزی است که بشر از آن برای ساختن اشیاء استفاده می کند. دانشمندان پس از مطالعات زیاد دریافته اند که یکی از پنج عنصری که در سلولهای پرتوزای

کرم شب تاب وجود دارد منیزیم است و همان گونه که گفته شد به هنگام سوختن، نور سفید مایل به زردی از آن ساطع می شود که در سلولهای پرتوزای کرم شب تاب به رنگ آبی روشنی بدل می شود.

### ۵- لوسی فرین (Luci Pherase)

پنجمین ماده ای را که دانشمندان در يك سلول پرتوزای کناره شکم کرم شب تاب یافته اند، آنزیمی به نام لوسی فراز است این آنزیم، دیاستازی است که سبب تجزیه لوسی فرین می شود یعنی رنگ دانه موجود در سلول پرتوزا را تجزیه می کند و موجب نور افشانی می شود این را پرتوزایی زیستی نیز می گویند.

پدرجان در این نامه کوشش من بر این است که از به کار بردن اصطلاحات علمی تا حد ممکن خودداری کنم تا نامه خسته کننده نباشد ولی گاهی ناچار جمله ای را می نویسم. به هر تقدیر، گفتیم که در هر يك از دو طرف شکم کرم شب تاب دو یا سه گروه سلولهای نورزا وجود دارند و باز گفتیم که این سلولها مثل همه سلولهای تشکیل دهنده موجودات، اعمال حیاتی معمول مثل همه سلولهای دیگر را انجام می دهند و علاوه بر آن نور هم می دهند و چگونگی این پرتوزایی به شرح زیر است: «کرم شب تاب» در شبهای گرم تابستان مناطق مرطوب گرم، با يك حرکت عصبی از خود يك ماده شیمیایی را از طریق همان سلولهای پرتوزا، آزاد می کند. این ماده يك پیروفسفات غیر آلی

### (Inorganic -Pyrophosphate)

است که انسجام پنج ماده موجود در سلولهای پرتوزای کرم شب تاب را می شکند به این معنی که ماده سختی را که

پنج ماده مذکور در فوق را در داخل سلول به هم پیوند داده است از بین می برد ولذا نور ایجاد می شود اما پس از لحظه ای به علت يك واکنش شیمیایی دیگر پیروفسفات از بین می رود و آن پنج ماده دوباره به هم پیوندمی خوردند و مجدداً با تحريك اعصاب كرم شب تاب پیروفسفات آزاد می شود و آزاد شدن پیروفسفات پیوند سه هم بسته آن ۵ عنصر را باز از هم می گسلد و نور ظاهر می شود و واکنش شیمیایی دیگری آغاز می شود پیروفسفات را زایل می کند، نور به وجود آمده خاموش می شود و این روند تکرار و تکرار می شود نور ظاهر و خاموش می شود و همین روشن و خاموش شدن مداوم و مکرر کننده شكم كرم شب تاب است که ما آن را در شب تابستان می بینیم و در يك نگاه ساده هرگز به مخيله ما خطور نمی کند که چه واکنشهای عجیب و شگفت انگیز در داخل سلولها به وجود می آید تا ما روشنائی كرم شب تاب را ببینیم.

آری پدرجان این همه کنش و واکنش شیمیایی و این مکانیسم عجیب زایش نور و روشن و خاموش شدن بدن كرم شب تاب در شبهای گرم مناطق گرم و مرطوب جهان یا نور افشانی دسته جمعی آنان چه بر روی زمین و چه در حال پرواز آیا ما را به این فکر نمی اندازد که این همه شکوه و عظمت در يك سلول كوچك که همه هیکل آن نصف يك هزارم میلی متر است و تازه این پرتو زایی زیستی که در يك نقطه كوچکی در داخل این سلول انجام می شود چگونه و بر اساس چه قاعده و قانون و نظام معین و مشخص و دقیقی انجام می شود؟

این زایش نور در بدن يك حشره كوچك که خود مولد تشعشعات متنوع و گوناگونی از فرا بنفش گرفته تا سایر امواج با طول

موجهای كوچکتر و بلندتر اطراف محدوده آن چه، تأثیر عجیب و عظیمی بر محیط اطراف آن دارد؟

آیا بشر با همه این ادعاها، هرگز اطراف و محیط دور و بر خود را به قدر يك چند هزارم يك كرم شب تاب روشن می کند و آن انسانها که با راهنمایی های خردمندان خود و با آن افکار عالی بشریت را به بزرگراه سعادت راهبری می کنند و در حد اعلاي آن ائمه اطهار عليهم السلام که اعلام دین و دنیايند و سبيله قرب به سوی خدايند و دعوت کننده به ملاحظه این نکات كوچك و دقیق هستند تا عظمت غير قابل توصيف باری تعالی توجیه شود، برگردن بشریت حق خود را ثابت نکرده اند؟

هدف من از نوشتن این نامه تنها این است که بگویم كرم شب تاب را دیده ام چنین و چنان بسود منظورم بیشتر این است که ملاحظه این شکوه و عظمت از يك كرم كوچك شب تاب و آن همه زیبایی و طراوت هوا، دریا، کوه، جنگل، صحرا و بالاخره به رازهای جهان بی بردن به وجود خالق بی تر از سطح فکر و تخیل بشر و به عبارت بهتر سعدی:

«ای برتر از خیال و قیاس و گمان و وهم و از هر چه گفته اند و شنیدیم و خوانده ایم» است که آن خالق یکتا نه از این همه لطف، منتی بر کس دارد و نه توقعی و برای ما جز این نمی ماند که از صفای دل با کمال خضوع و خشوع سر تعظیم در درگاه عظیم او فرود آوریم و بفهمیم و بگوئیم الله اکبر. سبحان ربی العظیم و بحمده.

پدرجان سخن را کوتاه می کنم انسان هر وقت به هر چه از روی فکر و دقت توجه کند چه كوچك و چه بزرگ عظمت جهان خلقت را در آن می بیند و من هم آن شب

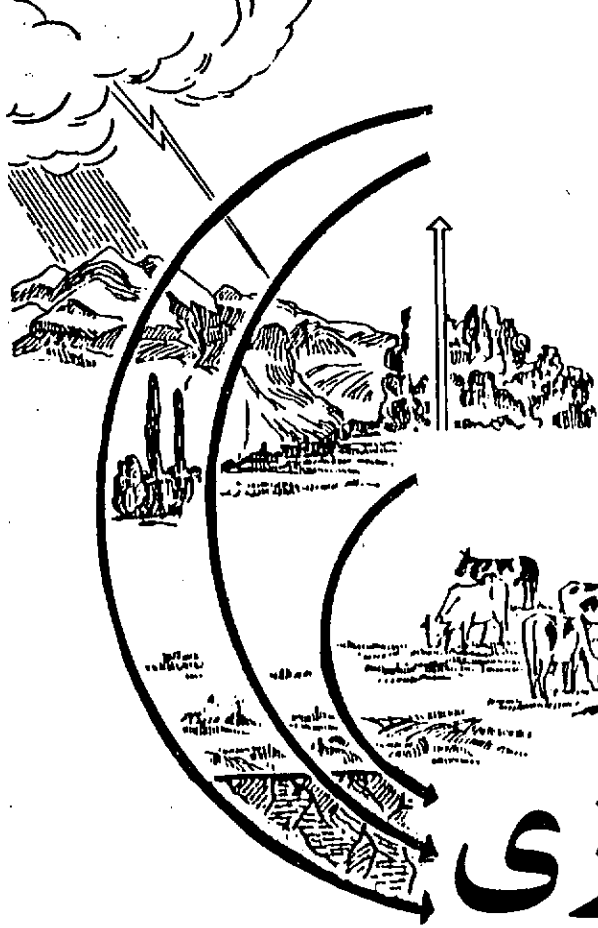
در نشتا رود وقتی که به كرم شب تاب بر خوردم و پرتو زایی زیستی حشره ای را دیدم حیف آمد که در نامه ای که برای تو می نویسم به آن اشاره ای نکرده باشم تا:

تا نه پنداری که این كرم است خرد یا که هر چه خواست خواهد خورد، خورد آن کنش این واکنش در جذب و دفع این کنش آن کوشش اندر جلب نفع هر چه بود و هست و باشد زان اوست جان جانان جهان در جان اوست رشتی بی برگردنش افکنده دوست می کشد آنجا که خاطر خواه اوست

#### زیر نویسها:

- 1- World Book Encyclopaedia
- 2- Britanica »
- 3- Americana »
- 4- The Article of Rolph Davidson (ph. D)
- 5- Lampy Ridac





# شیمی

## و کشاورزی

خدمات علم شیمی در  
محافظة از، تباهان

آوات (آرمان) ظاهرپور

شیمیایی اش بیشتر در آتمسفر به حالت آزاد وجود دارد. بسراستی نیتروژن در چنه ترکیبهایی یافت می شود؟ این سخن که نیتروژن بسی ارزشمندتر از کمینا بترین فلزهای گرانقیمت جهان است، سخنی درست است اما ذخیره زیادی که شامل ترکیبهای نیتروژندار، که تاکنون سطح زمین را پوشانیده اند بیه گونه ای وسیع نیستند. تنها استثناء مربوط است بسه رگه باریکی از نیترات سدیم در بیابانهای «آناکاما» سرزمین شیلی که برای مدنی قریب ۱۵۰ سال از اهمیت ویژه ای برخوردار بوده است نیتروژن دوسبزیجات و جانوران و سوخهای فسیلی و همچنین در ترکیبهای آلی نیتروژندار خاک وجود دارد.

کرد، و زمینهای جدید و منعی نو برای به دست آوردن غذا به دست آورد. اگر چه در ابتدا هر آنچه دسترس تر و خوشمزه تر بود را مصرف می کرد اما بعدها پی برد برای آنکه بتواند در یکجا به زندگی ادامه دهد باید دانه بکار د و از محصول خویش محافظت کند، تا آنجا که تمهیداتی چند برای اینکار از طریق تجربه بیشتر، به کار گرفت. کم کم علم پیشرفت کرد و کشاورزی خود را نیازمند به یاری علوم دیگر دانست و در این میان علم شیمی بسیار یاریش کرد.

نیتروژن درصد زیادی را در قشر زمین و همینطور در آتمسفر به خود اختصاص داده است. نیتروژن به واسطه خواص



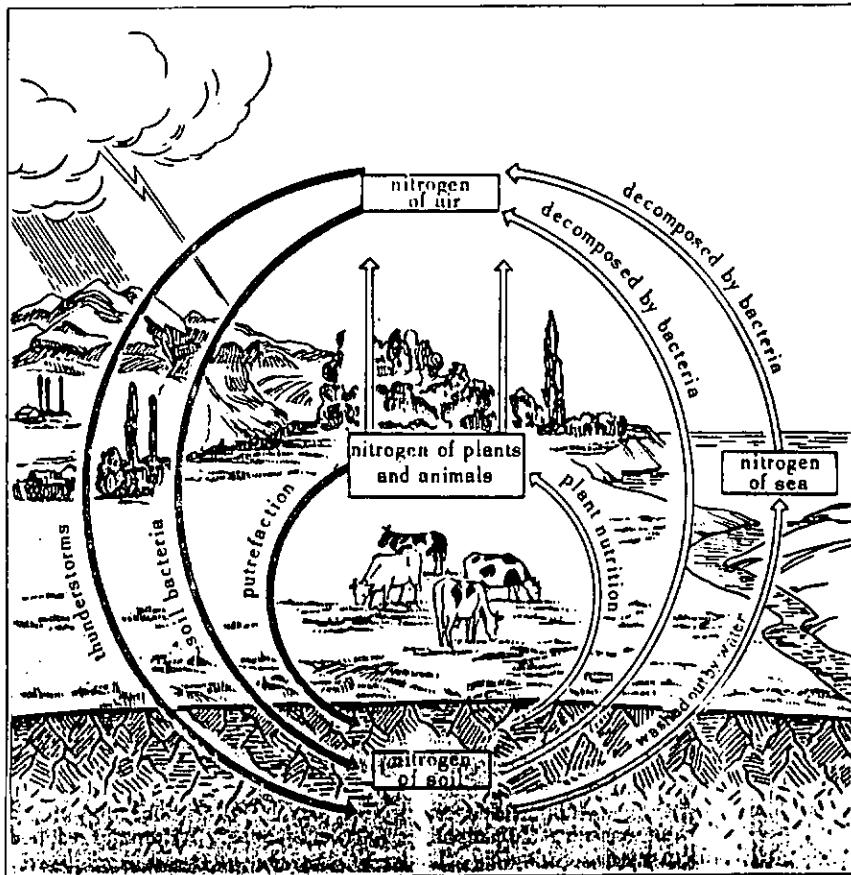
بینشی که علمی همانند شیمی در بشر به وجود آورد مسبب رویش جوانه هایی بود که تاثیراتی بس ژرف و شگرف در تاریخ زندگی بشر نهاد. بسیار وقایع به وقوع پیوستند تا این که عصر جدید را نظاره گر جهشهای حیرت انگیز علم کنند. از زمانهای گذشته تا کنون که تمدنهای مختلف در حوزه های مختلف و در کنار هر محل آبادی پا به عرصه وجود نهاده اند بدون تردید بشر از به دست آوردن ما یحتاج زندگی خویش غافل نبوده است. آن هنگام که به کشاورزی پی برد زندگیش به یکبار تغییر

جذب می نماید و همین امر سبب مرطوب شدن باروت می شود. اما سرنوشت شوره شیلی به همین جا ختم نشد. بالاخره محرز شد که می توان در مزارع از آن به عنوان کود شیمیایی استفاده کرد و بدین ترتیب شوره شیلی از اسلحه خانه ها و انبارهای باروت به مزارع راه یافت و از آن برای تهیه محصولات غذایی استفاده شد.

در سال ۱۸۹۸ « ویلیام کروکس » طی سخنرانیهای خود جهانیان را به این خطر آگاه گردانید که با برداشت روزافزون محصول از مزارع و محدود بودن ذخیره شوره شیلی خطر کمبود محصولات غذایی کشاورزی را تهدید می کند. این خبر بسان زنگ خطری بود که دانشمندان را برای جبران این نقیصه و پیشگیری از آن به آزمایشگاهها کشانید و سبب شد که روشهای سنتزی تهیه کودهای شیمیایی یکی

در انتهای قرن گذشته دانشمندان بر آن شدند تا بسه جستجوی طرق تثبیت نیتروژن آتمسفریک از کودهای شیمیایی بردارند. مدهای مدید اروپائیان برای تهیه باروتهای مورد نیاز خود از زغال سنگ، گوگرد و شوره استفاده می کردند، از طرفی ذخایر مربوط به شوره شیلی نیز شناسایی شده بود و تنها هنگامی، نیاز به سفر به آنسوی اقیانوس احساس شد که احتیاج به تهیه روزافزون باروت فوت گرفت، پس از اینکه جریان شوره شیلی از کشور شیلی به سمت اروپا به خاطر برخی وقایع تاریخی قطع شد، اروپائیان خود را مجبور می دیدند که برای ساختن شوره که همانطور که گفته شد جزء اصلی باروت آنان را تشکیل می داد، شروع به تلاش کنند. بعدها دریافتند که شوره شیلی که شامل مقادیر زیادی  $\text{NaNO}_2$  بود برای ساختن باروت چندان مفید نیست زیرا رطوبت هوا را

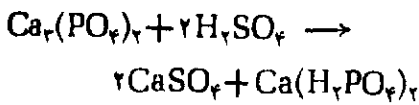
اما گیاهان قادر نیستند از طریق استفاده مستقیم از شکل آزاد نیتروژن هوا و یا شکل نیتروژن در ترکیبهای آلی نیتروژندار موجود در خاک، همانند سازی کنند، گیاهان نیتروژن موجود در خاک را بصورت یونهای آمونیم  $\text{NH}_4^+$  و نترات  $\text{NO}_3^-$  استخراج می کنند. از تغییر شکل ترکیبهای آلی نیتروژندار به توسط باکتریهای تثبیت کننده نیتروژن بوجود می آید. اما برخی از باکتریها برعکس، نیتروژن را بحالت آزاد تبدیل می کنند. برخی از باکتریها در خاک و برخی دیگر نیز در غدد ریشه های گیاهان تیره با قلا، زندگی می کنند. آنها از نیتروژن آزاد ماده سازی می کنند، این ماده سازی از طریق تبدیل نیتروژن آزاد به ترکیبهای آلی نیتروژندار صورت می گیرد. در طی تغییرات جوی از طریق آب باران اسید نیتریک به زمین می رسد و از این طریق خاک حاصلخیز می شود. این اسید نیتریک به نتراتهای گوناگون در خاک تبدیل می شود. استخراج نیتروژن، از این شیوه برای تثبیت میزان نیتروژن موجود در طبیعت، پیروی می کند. دوره نیتروژن در طبیعت از این طریق کامل می شود. از طریق کوه دادن ترانایی بارورسازی و حاصلخیزی خاک با در نظر گرفتن فرآیندهای طبیعی برداشت محصولات گیاهی در کشاورزی افزایش می یابد. با گسترش کشاورزی مسئله کمبود نیتروژن با ایجاد تنگنای بیشتری خود را ظاهر می کند. در نیمه اول قرن گذشته نیاز به استفاده از ترکیبهای معدنی نیتروژندار احساس شد؛ شوره شیلی در بسیاری از کشورهای جهان به عنوان کود شیمیایی به استفاده درآمد. اما این منبع ثابت نیتروژن قادر نبود احتیاجات رشد از طریق کودهای نیتروژندار را برآورده سازد و



پس از دیگری ابداع شود.

از جمله عناصر دیگری که برای گیاهان اهمیت و ارزش بسزایی دارد فسفر است. اگر چه فسفر در ساختمان پروتئینها و چربیها دخالت ندارد و نقش ساختمانی در دیواره سلولها نیز ندارد اما در فرآیندهای بیوشیمیایی گیاه از مهمترینها بحساب می آید. پدیده فتوسنتز بدون وجود این عنصر حیاتی امکان پذیر نیست. نه تنها در گیاه بلکه در جانوران نیز وجود این عنصر عامل حیاتی محسوب می شود. اگر چه هدف ما بحث بر روی مکانیسمهای پیچیده عمل فتوسنتز نیست اما اشاره به این نکته حائز اهمیت است که طی مراحل نوری و تاریکی، وجود ترکیبهایی همچون  $NBDPH_p$ ,  $NADP$ ,  $ADP$ ,  $ATP$  بدون وجود فسفر امکان پذیر نیست. اگر فسفر نباشد این ترکیبات نیستند و اگر این ترکیبات نباشند ماده سازی و در نهایت ساختن پروتئینها امکان پذیر نخواهد بود. گذشته از اینها ابداع روش کروماتوگرافی توسط شیمیدانان و به کارگیری ایزوتوپهای رادیواکتیو که ره آورد تلاش فیزیکدانان محسوب می شود، نقشهای بسیار ارزنده ای در کشف مراحل و مکانیسمهای فتوسنتز داشته اند.

نیاز به کود سوپرفسفات به عنوان کود مرسوم فسفر دارد در کشاورزی رونق گرفت. با واکنش معروف زیر که منجر به تولید سوپرفسفات می شود آشنا هستیم:



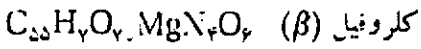
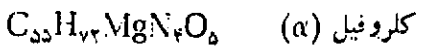
«ژوستوس لیبیگ» دانشمند شهیر آلمانی استفاده از کودهای شیمیایی را تا حدی گسترش داد که شاخه ای از علم شیمی در این زمینه پا به عرصه وجود نهاد.

علم شیمی در این زمینه همواره به دنبال این بوده است که نیازهای اساسی گیاه را به بهترین وجه برای به دست آوردن محصول بهتر و مرغوبتر برطرف نماید. گیاه برای ادامه حیات خود علاوه بر مواد و عناصر اصلی  $C, H, O, N, P$  نیاز به بهره گیری از عناصر دیگر نیز دارد. این عناصر به دو دسته ماکروالمانها

(**Macroelements**) که شامل عناصری همچون  $N, K, Ca, Mg, S, P$  و گاهی  $Na$  و  $Cl$  هستند و میکروالمانها (**Microelements**) یا اولیگوالمانها (**Oligoelements**) که شامل عناصر  $V, Mn, Cl, B, Zn, Cu, Mo, Fe$  و  $Co$  هستند، تقسیم بندی می شوند. غلظت ماکروالمانها در مقام مقایسه با میکروالمانها در خاک بیشتر است.

**آهن و منگنز** نقشی حائز اهمیت را در فتوسنتز گیاهان به عهده دارند، عنصری همچون آهن در سبز نگاه داشتن برگ گیاه از اهمیتی ویژه برخوردار است. مس ( $Cu$ ) توانایی جذب نیتروژن را در گیاه افزایش می دهد و کمبود آن سرانجام سبب می شود که عمل پروتئین سازی در گیاه مختل شود. ترکیبهای «اورگانومتالیک» در گیاه که شامل عنصر مولیبدن ( $Mo$ ) هستند، از مهمترین اجزاء «دیاستازها» (آنزیمها) در گیاهان هستند. مولیبدن عامل مهمی در

تبدیل فسفاتهای غیر آلی است. تولید کلروفیل در گیاه که فاکتور اصلی در عمل فتوسنتز و ماده سازی است بدون وجود فلز منیزیم و آنهم به صورت یون  $Mg^{2+}$  امکان پذیر نیست. کلروفیل دارای دو نوع  $\alpha$  و  $\beta$  است که در هر دو نوع  $Mg$  وجود دارد:

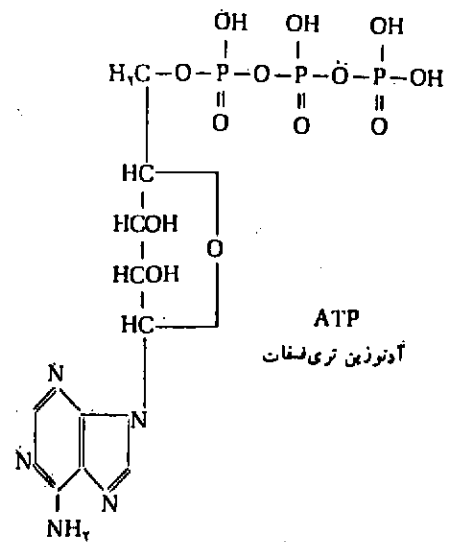


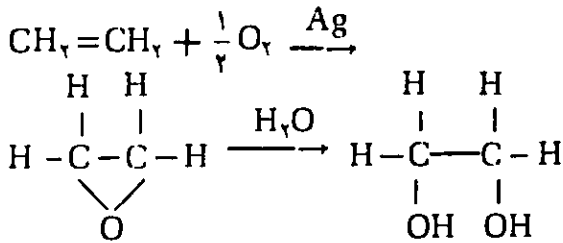
«لیبیگ» از جمله کسانی بود که به تجزیه بافتهای گیاهی همت گماشت و در طی اعمال تجزیه گیاهان و بافتهای گیاهی توانست وجود ده عنصر  $C, H, O, N, Ca, K, S, P, Mg, Fe$  را در گیاه تشخیص دهد. روشی که «لیبیگ» بکار برد موسوم به تجزیه احتراقی است. نارسایی روش «لیبیگ» این بود که ماده لازم برای انجام آزمایش مقداری بسیار کم بود و همین طور جدا نمودن یک ترکیب به گوندای خاص غالباً بسیار دشوار بود.

اکنون بشر با استفاده از روشهای گوناگون این عناصر را در اختیار گیاه قرار می دهد تا گیاه به عنوان اولین حلقه زنجیره غذایی، برای تولید بهتر و مناسبتر ماده سازی نماید. از جمله خدمات ارزنده ای که شیمی به کشاورزی کرده است تجهیز انسان در مقابل آفات گیاهی بوده است و این مهم از طریق سنتز و بکارگیری ضد آفتها و حشره کشها امکان پذیر شده است.

### پانوشتها:

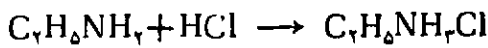
۱- آناکاما (ATAKAMA): در واقع این نام مربوط به ایالتی است که این بیابانها در آن ایالت (آناکاما) در کشور شیلی واقع شده است. مساحت این ایالت ۷۸/۲۶۶ کیلومتر مربع بوده و مرکز آن «کوپیاپو» است.





کاتالیزور اکسیداسیون اتیلان، تحت اثر اکسیژن هوا، معمولاً فلز نقره است.

۴- در هر لیتر محلول نرمال اسید کلریدریک، ۳۶/۵ گرم HCl وجود دارد بنابراین در ۱۰ میلی لیتر آن جرم HCl برابر ۰/۳۶۵ گرم است. جرم اتیل آمین لازم با توجه به واکنش زیر به دست می آید:

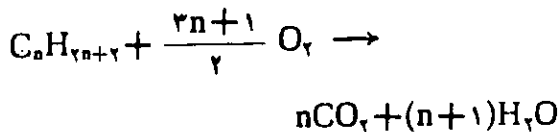


$$25/g \quad 36.5/g$$

$$x \quad 0.365$$

$$x = 0.25$$

۵- با توجه به گزینه‌ها، می توان دانست که تیدروکربن، الکان است بر اساس واکنش:

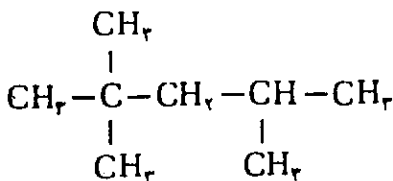


می توان نوشت:

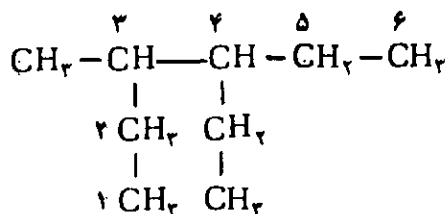
$$(n+1) \times 18 = 1/2(14n+2)$$

$$n=5 \rightarrow \text{C}_5\text{H}_{12}$$

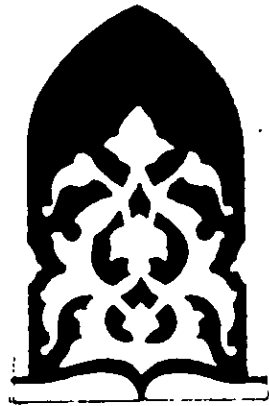
۶- در:



هر چهار نوع کربن وجود دارد:



۴- اتیل - ۳- متیل - هگزان است.



## پاسخهای

# امتحان گزینش دانشجو

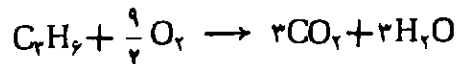
## گروه آزمایشی

## علوم ریاضی و فنی

## مرحله اول ۱۳۶۹-۷۰

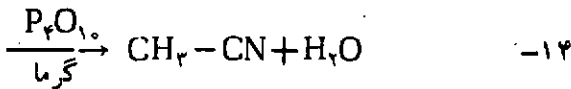
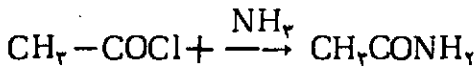
### حسام امینی

۱- بر اساس واکنش:

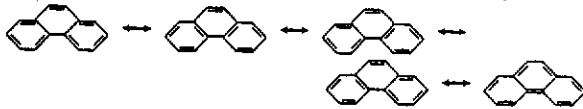


می توان دانست که هر مول پروپن با ۴/۵ مول اکسیژن به طور کامل می سوزد با توجه به این که هر مول آلکن با  $\frac{3n}{2}$  مول اکسیژن می سوزد نیز می توان به گزینه درست رسید.

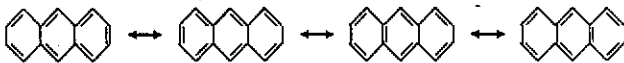
۳- واکنشهای انجام شده چنین است:



۱۵- فناترن  $\text{C}_{14}\text{H}_{10}$  با آنتراسن ایزومر است. فرمول ساختمانی آن را می توان هیبریدرزونانسی از ۵ شکل رزونانسی دانست:



انرژی رزونانس آن برابر ۹۳/۵ کیلوکالری برمول است. قابل توجه است که آنتراسن هیبریدرزونانس از ۴ شکل رزونانسی است:



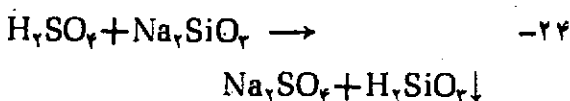
انرژی رزونانس آن برابر ۹۳/۵ کیلوکالری برمول است. قابل توجه است که آنتراسن هیبریدرزونانسی از ۴ شکل رزونانسی است:

انرژی رزونانس آن برابر ۸۴ کیلوکالری برمول است.

۱۹- در فرمول ساختمانی  $\text{H-O-N} \begin{matrix} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{O} \end{matrix}$  پنج پیوند

کووالانسی مشاهده می شود که يك پیوند آن از نوع  $\pi$  است. ۲۲- فسفات کلسیم  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  در آب نامحلول است و به همین علت توسط ریشه گیاهان جذب نمی شود.

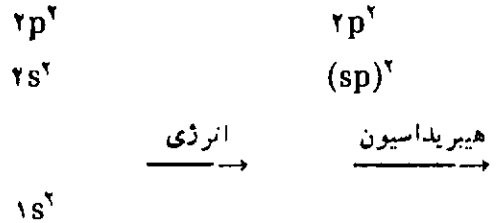
۲۳- از آنجا که تعداد ترازهای الکترونی در مورد Si برابر ۳ و در مورد کربن برابر ۲ است؛ طول پیوند Si-H از C-H بلندتر است به همین علت انرژی پیوندی آن کمتر و فعالیت شیمیایی آن بیشتر و پایداری آن کمتر است.



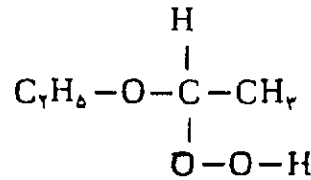
۲۵- هیبریداسیون اربیتالهای اتم مرکزی در  $\text{CF}_4$  و  $\text{NH}_3$  از نوع  $sp^3$  و در  $\text{BF}_3$  از نوع  $sp^2$  و در  $\text{SF}_6$  از نوع  $sp^3d^2$  است.

لازم به یادآوری است که با توجه به کتاب شیمی سال چهارم، رادیکالها باید بر اساس حروف الفبا خوانده شوند.

۸- هیبریداسیون اربیتالهای اتم کربن در استیلن از نوع  $sp$  است. آرایش الکترونی اتم کربن در حالت اصلی، برانگیخته و هیبریدی چنین است:

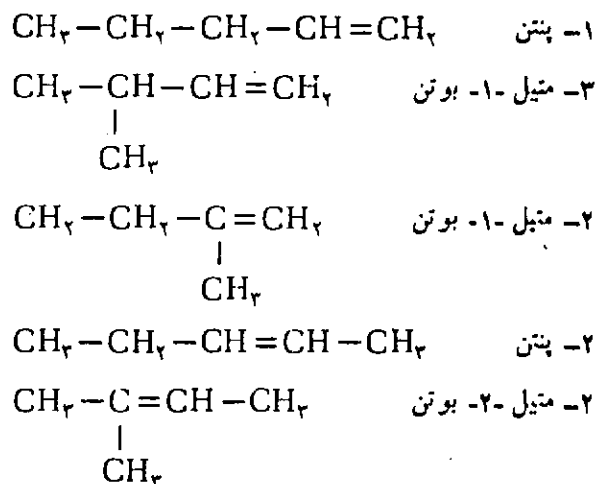


۹- دی اتیل اتر در برابر نور و اکسیژن هوا به تدریج به پراکسید و هیدروپراکسید مبدل می شود. فرمول ساختمانی بگونه از آن



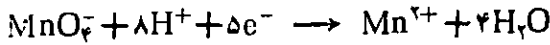
است که هیدروپراکسی اتوکسی اتان نام دارد.

۱۱- فرمول ساختمانی ایزومرهای اتیلنی  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  چنین است:



۱۳- در فرمول ساختمانی گلوکز عاملهای آلدهیدی و الکلی وجود دارند. چون گلوکز فرمولهای حلقوی نیز دارد و در این شکلها عامل آلدهیدی وجود ندارد؛ باید در متن تست، اشاره شود که منظور شکل زنجیری آن است:

کاهش ۵ واحد از عدد اکسیداسیون منگنز نشانگر آن است که مولکول  $KMnO_4$  پنج (۵) الکترون می گیرد. آن را می توان طبق معادله زیر نشان داد:

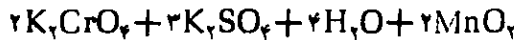


با توجه به مطالب گفته شده اکی والان گرم پرمنگنات برابر با

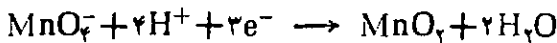
$$E = \frac{158.03}{5} = 31.61g$$

خواهد بود.

هنگام اکسید شدن در محیط قلیایی یا خنثی، منگنز (VII) به منگنز (IV) احیا می شود و به صورت دی اکسید منگنز (صحيح تر این است کسه بگویم به صورت هیدروکسید  $MnO(OH)_2$ ) درمی آید که يك رسوب قهوه ای رنگ است:



تغییری که در یون  $MnO_4^-$  در این حال به وجود می آید طبق معادله زیر است:

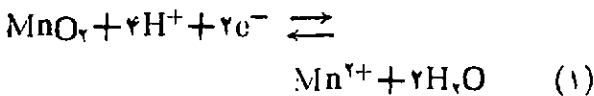


بنابراین اکی والان گرم  $KMnO_4$  در این حالت برابر با

$$E = \frac{158.03}{3} = 52.68g$$

خواهد بود.

تفاوت عدد اکسیداسیون در محیط اسیدی و قلیایی را می توان چنین بیان کرد که یون  $Mn^{2+}$  و دی اکسید منگنز طبق واکنش زیر قابل تبدیل به یکدیگرند:



طبق معادله (۱) افزایش اسید، واکنش تعادلی را در جهت مستقیم یعنی تبدیل  $MnO_2$  به  $Mn^{2+}$  پیش می برد و به همین علت است که هنگام تیتراژ کردن با پرمنگنات، در محیط اسیدی ابتدا  $MnO_4^-$  سپس بلافاصله  $Mn^{2+}$  طبق معادله ۱ به دست می آید.

برعکس در محیط قلیایی و خنثی که مقدار  $H^+$  کاهش می یابد واکنش ۱ به طرف چپ یعنی در جهت تشکیل  $MnO_4^-$  که در این شرایط پایدارتر است، پیش می رود.



# منگانیمتری

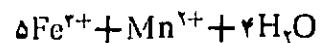
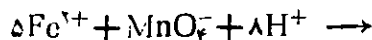
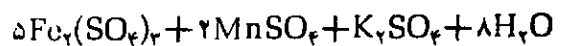
## مشخصات عمومی روش

تنظیم از: غلامحسین لطیفی

معلم شیمی دبیرستان البرز

روش منگانیمتری بر اساس واکنشهای اکسیداسیون با یون پرمنگنات  $MnO_4^-$  پایه گذاری شده است. اکسیداسیون در محیط اسیدی بهتر از محیط قلیایی و خنثی انجام می گیرد.

هنگام اکسیداسیون در محیط اسیدی ( $H^+$ ) منگنز (VII) که در ترکیب  $KMnO_4$  (عدد اکسیداسیون +۷) است به کاتیون  $Mn^{2+}$  احیا می شود و به صورت نمکی از منگنز (II) اسید به کلورید شده درمی آید. مثلاً اگر  $FeSO_4$  به عنوان احیا کننده و عمل اکسیداسیون در محیط اسید سولفوریک باشد واکنش طبق معادله زیر انجام خواهد شد:



یادآوری می‌شود که اگر اسید کافی نباشد در محیط اسیدی هم امکان تشکیل  $MnO_4^-$  وجود دارد.

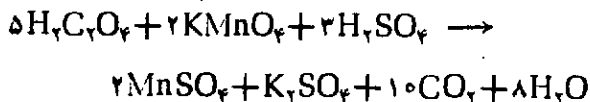
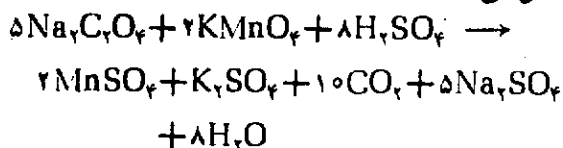
با مقایسه این دو حالت تیتراژ باید بدو ملاحظه کرد که پتانسیل اکسیداسیون نرسمال زوج  $MnO_4^-/Mn^{2+}$  (ولت ۱/۵۱) خیلی بالاتر از پتانسیل اکسیداسیون نرسمال زوج  $MnO_4^-/MnO_2$  (ولت ۰/۵۹) است بنابراین فعالیت اکسید کننده گسی پرمنگنات پتاسیم در محیط اسیدی قابل مقایسه با محیط قلیایی نیست (در محیط اسیدی خیلی بالاتر است. تعداد احیا کننده‌هایی که می‌توانند با پرمنگنات پتاسیم تیتراژ شوند در حالت اول خیلی بیشتر از حالت دوم است در محیط اسیدی احیا کننده بیشتری نسبت به محیط قلیایی مصرف می‌شود).

به علاوه هنگام تیتراژ کردن در محیط اسیدی یونهای  $Mn^{2+}$  که تقریباً بی‌رنگ هستند باقی می‌ماند اما در محیط قلیایی یا خنثی رسوب قهوه‌ای تیره  $MnO_2$  تشکیل می‌شود که تشخیص نقطه اکی والان را خیلی مشکل می‌کند به این دلایل در تجزیه حجمی غالباً از واکنشهای اکسیداسیون پرمنگنات پتاسیم در محیط اسیدی استفاده می‌شود.

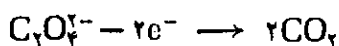
### تعیین تیتراژ محلول پرمنگنات پتاسیم

چون پرمنگنات پتاسیم خالص نیست و همیشه ناخالص  $MnO_4^-$  به همراه دارد به علاوه، به وسیله احیا کننده‌هایی مانند آمونیاک، مواد آلی که با غبار وارد آب می‌شوند غلظت پرمنگنات پتاسیم بلافاصله پس از تهیه کاهش می‌یابد بنابراین تهیه محلول مشخص از پرمنگنات پتاسیم غیر ممکن است و باید قبل از سنجش، تیتراژ آن را با محلولهای پایه که غلظت آنها مشخص است معلوم کرد. برای تعیین تیتراژ محلول پرمنگنات پتاسیم مواد پایه گوناگونی وجود دارد که در بین آنها بهتر از همه  $Na_2C_2O_4$  می‌باشد و پس از آن اسید اکسالیک ( $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ ) است. اکسالات سدیم چون آب تبلور ندارد در اثر ماندن تغییر نمی‌کند و وزن آن با فرمولش مطابقت دارد و به همین جهت مناسبتر است. خالص کردن آن با تبلور مجدد در دمای  $240^\circ C$  تا  $250^\circ C$  ممکن است اکسالات سدیم نم‌گیر (جاذب الرطوبه) نیست و در اثر نگهداری تجزیه نمی‌شود. تصفیه  $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$  نسبت به  $Na_2C_2O_4$  کمی مشکلتر است این اسید نیز نم‌گیر نیست و لسی آب تبلور دارد و برعکس  $Na_2C_2O_4$  می‌تواند شکفته شود (به‌گرد تبدیل شود).

این دو ترکیب با پرمنگنات پتاسیم طبق معادله‌های زیر واکنش می‌دهند:



در هر دو حالت اکسیداسیون یون  $C_2O_4^{2-}$  طبق شمای زیر انجام می‌شود:



بنابراین اکی والان گرم  $Na_2C_2O_4$  و  $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$  برابر است با:

$$E_{Na_2C_2O_4} = \frac{134/00}{2} = 67/00 \text{ g}$$

$$E_{H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O} = \frac{126/06}{2} = 63/03 \text{ g}$$

### تهیه محلول پایه

به وسیله ترازوی آنالیتیک دقیقاً مقدار نمونه مورد آزمایش برای تهیه ۲۵۰ ml محلول ۰/۰۲N از اکسالات سدیم را وزن کنید.

محاسبه مقدار لازم

$$0/02 \times 67/00 \times 0/250 = 0/335 \text{ g}$$

و یا مقدار نمونه مورد آزمایش را برای تهیه ۲۵۰ ml محلول ۰/۰۲N اسید اکسالیک وزن کنید.

محاسبه مقدار لازم

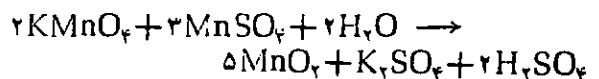
$$0/02 \times 63/03 \times 0/250 = 0/315 \text{ g}$$

این نمونه را با دقت، کاملاً در بالن ژوژه (بالن حجمی) ۲۵۰ ml منتقل کنید و آن را به کمک آب مقطر سرد حل کنید محلول را با آب به حجم برسانید (آب بریزید تا به خط نشانه کردن بالن برسد). خوب مخلوط کنید (در بالن ژوژه را پس از به حجم رساندن ببندید و چند بار آن را سرو ته کنید تا خوب مخلوط شود).

## تیترو کردن محلول پرمنگنات

به کمک پی‌بت مقدار دلخواهی (معمولاً ۲۵/۰۰ ml) از محلول پایه‌ای که به ترتیب بالا تهیه کرده‌اید بردارید و ۱۰ تا ۱۵ ml محلول ۲N اسید سولفوریک به آن اضافه کنید (برای تبدیل اسید غلیظ به اسید ۲N به یک قسمت اسید هفده قسمت آب اضافه کنید تا به ۲N تبدیل شود مثلاً برای ۱۸ ml اسید سولفوریک ۲N از اسید غلیظ باید ۱۷ ml آب را با ۱ ml اسید غلیظ مخلوط کرد) و مایع را تا ۷۰ تا ۸۰°C درجه گرم کنید (نگذارید بجوشد چون که هنگام جوشیدن اسید اکسالیک تجزیه می‌شود). محلول  $KMnO_4$  (که غلظت آن را می‌خواهیم پیدا کنیم) را در یک بورت بریزید (بهتر است بورت‌هایی که برای محلول پرمنگنات به کار می‌برید دارای شیرشیشه‌ای باشد. چون پرمنگنات لاستیک و کائوچو را خراب می‌کند) و سطح مایع را روی صفر بورت تنظیم کنید (اگر سطح زیرین مایع خوب قابل خواندن نباشد می‌توان لبه سطح بالایی را خواند).

سپس محلول  $KMnO_4$  را قطره‌قطره به محلول گرم اکسالات سدیم اضافه کنید. هر قطره بعدی را بایسد وقتی اضافه کرد که رنگ قطره قبلی ناپدید شده باشد. قطرات اولیه  $KMnO_4$  نسبتاً دیربی‌رنگ می‌شود ولی به محض این که کمی  $Mn^{2+}$  تشکیل شد (که در واکنش مورد نظر نقش کاتالیزور را دارد) تغییر رنگ بعدی عملاً سریع است. بایسد عمل افزودن پرمنگنات تا آنجا ادامه یابد که رنگ محلول فقط با افزودن یک قطره  $KMnO_4$  به رنگ گلی کم رنگی درآید که تا حدود ۱ تا ۲ دقیقه از بین نرود (زیرا در اثر زیاد ماندن رنگ پرمنگنات به علت تأثیر  $Mn^{2+}$  بر پرمنگنات به تدریج کاهش می‌یابد) طبق معادله زیر:



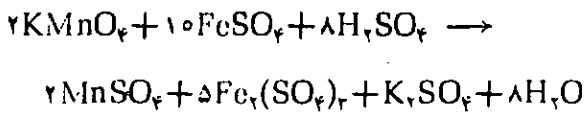
حداقل سه بار دیگر عمل تیترو کردن را دقیقاً تکرار کنید و از نتایج مناسب میانگین بگیرید (اختلاف این نتایج نباید از ۰/۱ ml تجاوز کند).

محاسبه: با توجه به حجم محلول  $KMnO_4$ ، حجم و نرمالینه معلوم محلول پایه، نرمالینه محلول پرمنگنات را طبق معمول حساب کنید:

$$(N_1 V_1 = N_2 V_2)$$

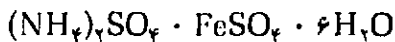
## سنجش آهن (II)

یکی از مهمترین سنجشها بدروش منگانیمتری سنجش حجمی آهن (II) می‌باشد که در این عمل آهن (II) طبق معادله زیر اکسید می‌شود:



پس از یادداشت کردن حجم  $KMnO_4$  مصرف شده با دانستن نرمالینه آن (که از آزمایش قبل معلوم شد) مقدار آهن را می‌توان محاسبه کرد.

به عنوان مثال مقدار آهن را در محلول مور (Mohr) که نمک مضاعفی است و ترکیب آن با فرمول



مطابقت دارد معین می‌کنیم.

طرز عمل - مقداری از نمک مسور را چنان بردارید که بعد از حل کردن و به حجم ۲۵۰ ml رساندن محلول تقریباً ۰/۰۲N بدست آید. موقع حل کردن نمونه مورد آزمایش تا نصف بالن محلول دو نرمال اسید سولفوریک بریزید سپس با آب مقطر محلول را به حجم برسانید و به دقت محلول را هم بریزید (علت حل کردن نمونه مورد آزمایش در آب اسیدی جلوگیری از هیدرولیز سولفات آهن (II) می‌باشد) سپس مانند آنچه که برای اسید اکسالیک گفته شد تیترو کنید با این تفاوت که عمل باید در سرما انجام گیرد زیرا نمکهای فرو (آهن (II) با اکسیژن هوا اکسید می‌شود.

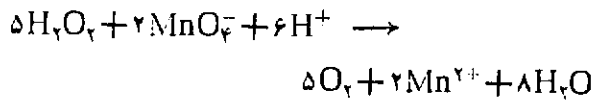
۲۵ ml محلول نمک مور را با پی‌بت بردارید و در ارن بریزید و با محلول سنجیده  $KMnO_4$  تیترو کنید تا با یک قطره اضافی پرمنگنات رنگ قرمز کم رنگی ظاهر شود عمل را یک یا دوبار دیگر دقیق تکرار کنید و از اعداد مناسب میانگین بگیرید.

از روی حجم پرمنگنات مصرف شده و با معلوم بودن نرمالینه آن و حجم محلول سولفات آهن (II) نرمالینه سولفات آهن را حساب کنید و از آنجا مقدار آهن را در نمونه داده شده یعنی در ۲۵۰ ml محلول پیدا و درصد Fe را در نمک مور حساب کنید.

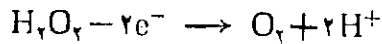


## سنجش محلول پراکسید هیدروژن $H_2O_2$

این سنجش بر اساس واکنش زیر است:



چنانکه از این واکنش برمی آید پراکسید هیدروژن نقش یک احیا کننده را بازی می کند و اکسیژن آزاد می کند



بنابراین اکی والان گرم آن برابر است با:

$$E_{H_2O_2} = \frac{M}{2} = \frac{34/02}{2} = 17/01g$$

چون پراکسید هیدروژن تجارتنی تقریباً ۳۰٪  $H_2O_2$  دارد باید آن را خیلی در آب رقیق کرد و برای این منظور نمونه ای از آن را در بالن حجمی ۲۵۰ml رقیق کنید به طوری که تقریباً به یک محلول ۵/۵۲N تبدیل شود (به نسبت ۱ به ۱۰۰۰) ۲۵ml آن را با ۵ تا ۱۰ میلی لیتر محلول اسید سولفوریک اسیدی کنید و با محلول پرمنگنات، ۲ تا ۳ بار تیترا کنید. از نتایج مناسب میانگین بگیرید و طبق معمول نرمالیت محلول پراکسید هیدروژن را حساب کنید. سپس مقدار کلی آن را در نمونه یعنی در ۲۵۰ میلی لیتر حساب و درصد آن را پیدا کنید. اگر منظور پیدا کردن ارزش حجمی پراکسید هیدروژن باشد، نرمالیت آن را در عدد ۵/۶ ضرب کنید تا ارزش حجمی آن به دست آید:

$$a = N \cdot 5/6$$

اکی والان حجمی پراکسید هیدروژن برای نرمالیت پراکسید هیدروژن ارزش حجمی

این دو سنجش در سطح کلاس سوم دبیرستان قابل اجرا است و برای تفهیم رابطه محلولهای نرمال ( $N_1 V_1 = N_2 V_2$ ) عملی است.

این مقاله به کتاب شیمی سال چهارم رشته علوم تجربی و ریاضی فیزیک مربوط است.

# آرایش مولکولی

R.S.D.L

دکتر احمد نصیراحمدی

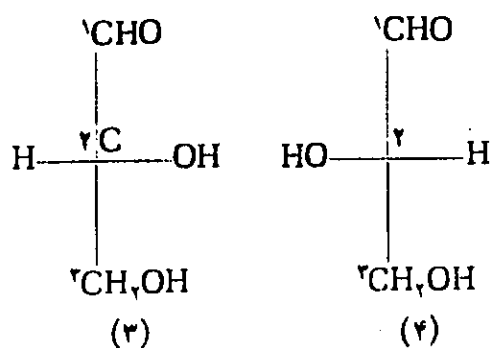
در سال ۱۸۴۸ لوئی پاستور در اکول نرمال

(Ecole normale) پاریس ضمن مطالعه و بررسی کارهای دیگر همفکران خود، موفق به مشاهده پدیده هایی شد که تا آن زمان بدان اشاره نشده بود. وی ضمن پژوهش روی بلورهای غیر فعال نوری تارتراست سدیم آمونیم، دو نوع بلور را جدا کرد که محلول هر کدام از آنها در آب به طور جداگانه فعال نوری بود و یکی نور پلاریزه را به طرف چپ و دیگری به همان نسبت نور پلاریزه را به طرف راست منحرف می کرد، اما در سایر خواص یکسان بودند. بدین ترتیب پاستور پیشنهاد کرد که دو شکل بلوری این جسم یکی تصویر دیگری در آینه هست که بر رویهم منطبق نمی شوند. با این توصیف نوع جدیدی از ایزومری پیشنهاد شد.

بوتلروف (A. Butlerov)، در سال ۱۸۶۳ نوشت «اگر حقیقتاً اتم وجود دارد، دلیلی وجود ندارد که همه تلاشها را برای تعیین آرایش فضایی آنها در مولکولها، بی نتیجه انگاریم، چون آینده ما را در تعیین این آرایشها رهنمون خواهد بود».

جی. وانهوف (J. H. Van't Hoff) در سال ۱۸۷۴ هنگامی که ۲۲ سال داشت، در مقاله معروف خود تحت عنوان «موقعیت اتمها در فضا» اظهار داشت: «برای این که یک جسم فعال نوری باشد، باید حداقل یک کسربن نامتوازن داشته باشد» در این صورت اسم کسربن نامتوازن در مرکز یک

(کربن شماره ۲) به دو صورت زیر نشان داد:



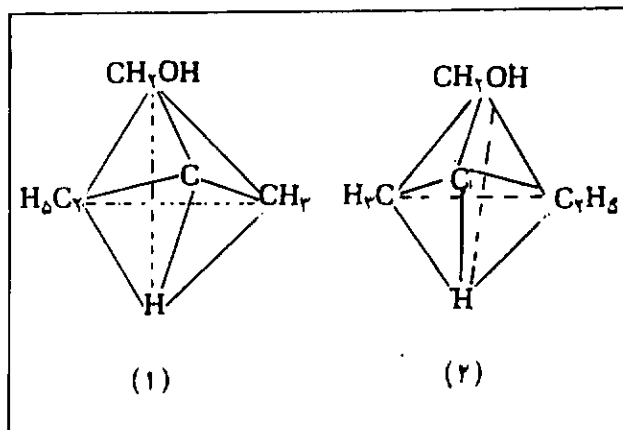
فیشراعلام داشت که برای هر مولکول با n اتم کربن نامتقارن  $2^{n-1}$  جفت انانتیومر وجود دارد. با این حساب برای گلیسرآلدئید با یک اتم کربن نامتقارن  $2^{1-1} = 2^0 = 1$  جفت انانتیومر وجود داشت (فرمول ۳ و ۴). وی این جفت انانتیومر را با توجه به فعالیت نوری آنها با حرف D (حرف اول کلمه Dextero) و L (حرف اول کلمه Laevo) مشخص کرد.

روزانوف (Rosanoff) در سال ۱۹۰۶ بدون در نظر گرفتن فعالیت نوری، آرایش جفت انانتیومر را مورد توجه قرار داد، بدین ترتیب که در فرمول فیشر برای گلیسرآلدئید، اگر OH متصل به کربن نامتقارن یعنی کربن شماره ۲ در سمت راست قرار گیرد آن را با Δ و اگر در سمت چپ قرار گیرد آن را با λ مشخص کرد. بدین ترتیب فرمول (۳): Δ- گلیسرآلدئید و فرمول (۴): λ- گلیسرآلدئید است. بعدها حروف Δ و λ با D و L جایگزین شد به طوری که فرمول (۳): D- گلیسرآلدئید و فرمول (۴): L- گلیسرآلدئید نامیده شد. حدود پنج دهه بعد که آرایش مطلق در سال ۱۹۵۱ توسط بیچوت (J.M. Bijvoet) کشف شد، معلوم شد که D- گلیسرآلدئید پیشنهادی روزانوف «راست بر» و L- گلیسرآلدئید «چپ بر» می باشد. این هماهنگی فعالیت نوری با آرایش مولکولی تصادفی است و همیشه چنین همخوانی بین آنها وجود ندارد. بنابراین، برای جلوگیری از چنین اشتباهی علامت (+) به مفهوم راست بر و علامت (-) به مفهوم چپ بر را بین علامتهای تعیین کننده آرایش، یعنی D، L و نام مولکول مربوطه قرار می دهند. بدین ترتیب، اسامی کامل جفت انانتیومر گلیسرآلدئید به صورت D- (+) و L- (-) گلیسرآلدئید و L- (-) و D- (+) گلیسرآلدئید بیان می شود.

حال سواری پیش می آید که سیستم تعیین کننده آرایشهای

چهاروجهی و چهار گروه مختلف متصل به این کربن در رئوس آن چهاروجهی قرار می گیرند و زاویه پیوندی بین آنها نیز ۲۸'، ۱۰۹° است.

همزمان با وانتهوف، نظریه مشابهی توسط جی. آ. لوبل (J. A. Le bel) منتشر شد. نتایج کارهای این دو شیمیدان به بنیاد شیمی فضایی منتهی شد. وانتهوف در توجیه کربن نامتقارن، آمیل الکل را مورد توجه قرار داد که به دو صورت زیر وجود دارد که یکی تصویر دیگری در آینه است:

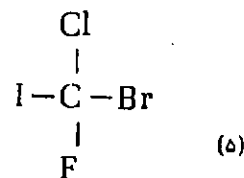


دو جسم بالا در برخورد با نور پلاریزه یکی آن را به سمت راست منحرف می کند که آن را راست بر یا (dextrorotatory) می گویند و دیگری آن را به همان نسبت به سمت چپ منحرف می کند که آن را چپ بر یا (Laeveorotatory) می گویند. هر کدام از این دو جسم را آیزومرهای نوری (Optical antipodes) یا انانتیومر (enantiomer) می گویند. دو جسم (۱) و (۲) بر روی هم منطبق نمی شوند.

در سال ۱۸۹۳ لرد کلوین (Lord Kelvin) مولکولهایی را که بر روی تصویر خود در آینه منطبق نمی شوند کایرال (Chiral) نام گذاشت و به بیان دیگر اعلام داشت که این ترکیبها دارای کایرالیت (Chirality) اند. کان، اینگولد و پرلوگ (Cahn, Ingold & Perlog) در سال ۱۹۶۴ به جای اصطلاحات فوق کلمات دیسیمیتریک (dissymmetric) و دیسیمیتری (dissymmetry) را به کار بردند.

امیل فیشر در سالهای ۱۸۹۱ تا ۱۸۹۶ برای تعیین آرایش فندهای منوساکارید، با استفاده از نظریه وانتهوف و لوبل، آرایش گلیسرآلدئید را که دارای یک کربن نامتقارن است

D و L قادر به توجیه آن نیست مانند فرمول (۵):

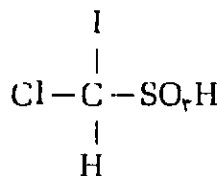


برای توجیه آرایش چنین مولکولهایی، در سال ۱۹۶۵ کان، اینگولد، و پرلوگ سیستم جدیدی را پیشنهاد کردند که در این جا به نام سیستم CIP (حرف اول نام سه دانشمند فوق) معرفی می شود.

در این سیستم که طی دو مرحله توجیه می شود، پیشوند S و R جایگزین D و L می شود.

مرحله اول: در این مرحله باید چهار گروه متفاوتی که به اتم کربن نامتقارن متصل است، از نظر بزرگی به کوچکی مشخص و مرتب شوند و حق تقدم یا گروهی است که بزرگتر باشد. توجیه این موضوع به کمک قوانین ویژه ای (Sequence rules) به شرح زیر امکان پذیر است:

۱- اگر چهار اتم یا گروه مختلف به یک کربن نامتقارن متصل باشد حق تقدم بر مبنای عدد جرمی است و اتمی که دارای عدد جرمی بزرگتر باشد مقدم است مثلاً اسید کلروید و متان سولفونیک



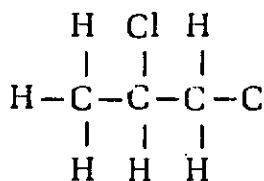
ترتیب تقدم عبارت است از



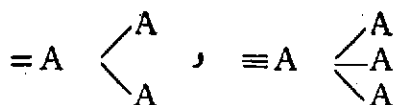
اگر دو اتم متصل به کربن مذکور ایزوتوپ یک عنصر باشند، اتمی که دارای عدد جرمی بیشتر است، مقدم می باشد.

۲- اگر دو اتم متصل به کربن نامتقارن یکسان باشند، برای تعیین این که کدام یک از دو گروه متصل به این دو اتم بزرگترند و حق تقدم خواهند داشت، مقایسه را بر روی اتمهای متصل به این دو اتم متمرکز می کنیم و بازم اگر یکسان باشند مقایسه روی اتمهای بعدی صورت می گیرد و... (در نهایت اگر دو گروه یکسان باشند کربن حامل این دو گروه یک کربن، متقارن نخواهد بود). مثلاً در ۲- کلرو بوتان، دو اتم از چهارم

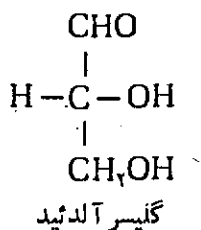
اتم متصل به کربن نامتقارن کربن اند. (با دایره مشخص شدند)، بنابراین مقایسه باید زوی اتمهایی که به این دو کربن متصل اند انجام پذیرد. یکی از آن دو کربن به سه اتم هیدروژن  $\text{H}\cdot\text{H}\cdot\text{H}$  متصل و دیگری به دو اتم هیدروژن و یک اتم کربن دیگر؛ یعنی  $\text{C}\cdot\text{H}\cdot\text{H}$  است، چون عدد اتمی کربن از هیدروژن بیشتر است، پس  $\text{C}_7\text{H}_5$  نسبت به  $\text{CH}_3$  مقدم است و ترتیب تقدم به صورت  $\text{H} < \text{CH}_3 < \text{C}_7\text{H}_5 < \text{Cl}$  می باشد.



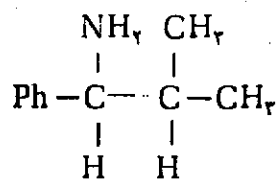
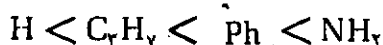
۳- پیوند دو گانه یا سه گانه معرف دو یا سه اتمی است که به وسیله پیوند به آن اتم متصل می باشند:



مثلاً در گلیسرآلدئید، ترتیب تقدم عبارت است از  $\text{CHO}\cdot\text{OH}$  (برای این که دارای O و H است)،  $\text{CH}_2\text{OH}$  (که دارای  $\text{H}\cdot\text{H}\cdot\text{O}$  است) و H.



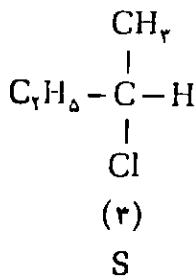
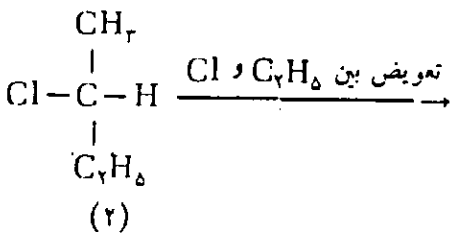
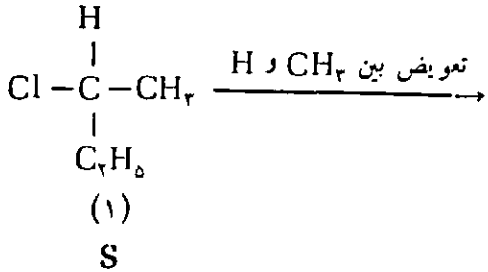
یسا در ۱- آمینو، ۲- متیل، ۱- فنیل پروپان، سه کربن فنیل  $(\text{C}, \text{C}, \text{C})$  نسبت به  $(\text{H}, \text{C}, \text{C})$  ایزوپروپیل مقدم است و ترتیب تقدم عبارت است از:



۱- آمینو، ۲- متیل، ۱- فنیل پروپان

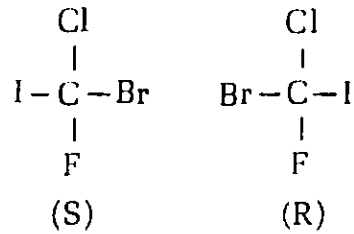
مرحله دوم:

انجام داده به طوری که در نتیجه این تعویض‌ها کوچکترین اتم متصل به کربن نامتقارن در خط افقی و یا در پایین قرار گیرد. آنگاه به یکی از دو روش ذکر شده آرایش آن کربن را تعیین می‌کنیم. به عنوان مثال، برای تعیین آرایش مولکولی ۲-کلرو بوتان (۱)، ابتداء يك تعویض بین H و CH<sub>3</sub> انجام می‌دهیم که در نتیجه آن جسم (۱) به (۲) تبدیل می‌شود. سپس يك تعویض دیگر در ساختمان (۲) انجام می‌دهیم مثلاً Cl و C<sub>4</sub>H<sub>9</sub> را معاوضه می‌کنیم تا جسم (۳) به دست آید. جسم (۳) در حقیقت همان جسم (۱) است زیرا همیشه يك جهت تعویض بین دو اتم متصل به يك کربن نامتقارن، آن جسم را به جسمی تبدیل می‌کند که همان جسم اول است. بنابراین آرایش جسم (۳) آرایش همسان جسم (۱) است که آرایش آن (S) می‌باشد

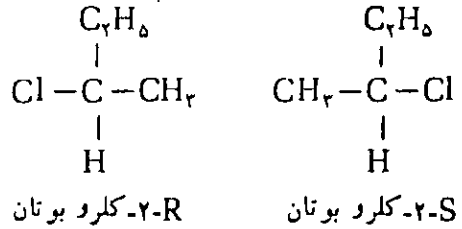


در خاتمه یادآوری این نکته ضروری است که برای نشان دادن آرایش اجسام راسمیک، به جای شکل پیشنهادی روزانوف که به صورت DL و یا (±) است، از پیشوند (RS) استفاده می‌شود.

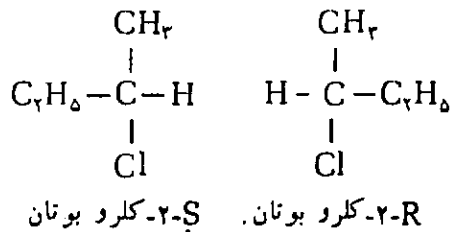
الف - مولکول را طوری نگاه می‌کنیم که اتم یا گروه کوچکتر در ساختمان دوبعدی در پایین باشد از سه اتم یا گروه باقیمانده، نگاهمان را از مبدأ یعنی گروه یا اتم بزرگتر شروع و به سمت اتم یا گروه کوچکتر می‌چرخانیم در این صورت. اگر جهت چرخش هم جهت با عقربه ساعت باشد آن آرایش را R (از واژه لاتینی راست = Rectus = right) و اگر خلاف جهت عقربه ساعت بود آن را S (از واژه لاتینی چپ = Sinister = Left) می‌گویند:



مثلاً ۲-کلرو بوتان با دو آرایش زیر وجود دارد:



ب - اگر اتم یا گروه کوچکتر به جای این که در پایین صفحه قرار گیرد، در روی خط افقی قرار گیرد، همانند حالت الف، عمل می‌کنیم با این اختلاف که حرکت هم جهت با عقربه ساعت را با (S) و خلاف جهت را با (R) مشخص می‌کنیم:



ج - اگر کوچکترین اتم متصل به کربن نامتقارن يك مولکول در صفحه دوبعدی در بالا قرار گیرد، برای تعیین آرایش آن مولکول، ابتداء دوبار تعویض بین دو اتم متصل به کربن نامتقارن

دومین

المپیاد بین المللی شیمی

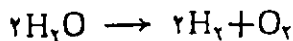
لهستان

Katowice

۱۹۶۹

و چون:

بنابراین:



$$n(H_2) = 2/04 \text{ mol}$$

$$n(O_2) = 1/02 \text{ mol}$$

$$V(H_2) = \frac{n(H_2) \times R \times T}{P}$$

$$= \frac{2/04 \text{ mol} \times 8/314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 293/15 \text{ K}}{101325 \text{ Pa}}$$

$$\approx 0/049 \text{ m}^3 \approx 49 \text{ dm}^3$$

$$V(O_2) = \frac{1}{2} V(H_2) \approx 0/0245 \text{ m}^3$$

$$\approx 24/5 \text{ dm}^3$$

تکلیف شماره ۲

ترکیب A شامل ۳۸/۶۷٪ پتاسیم، ۱۳/۸۵٪ نیتروژن و ۴۷/۴۸٪ اکسیژن است. این ترکیب، در اثر گرما، به ترکیب B تبدیل می شود که شامل ۴۵/۸۵٪ پتاسیم، ۱۶/۴۷٪ نیتروژن و ۳۷/۶۶٪ اکسیژن است.

مسئله:

۱- فرمولهای مولکولی این ترکیبها چیست؟ معادله شیمیایی مربوط را بنویسید.

حل

ترکیب A:

$$K_x N_y O_z \quad x:y:z = \frac{38/67}{39/1} : \frac{13/85}{14} : \frac{47/48}{16}$$

تکلیف شماره ۱

۲۰g سولفات پتاسیم در ۱۵۰cm<sup>3</sup> آب حل شد. این محلول را الکترولیز کردند. بعد از الکترولیز، مقدار سولفات پتاسیم موجود در محلول ۱۵٪ جرمی بود.  
مسئله:

۱- حجمهای نیتروژن و اکسیژن به دست آمده در دمای ۲۰°C و فشار ۱۰۱۳۲۵Pa چقدر بوده است؟

حل

در عمل الکترولیز فقط آب تجزیه شده است و مقدار کسل سولفات پتاسیم در محلول الکترولیت ثابت می ماند.

جرم آب در محلول:

الف) قبل از الکترولیز (با این فرض که  $d = 1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ):

$$m(H_2O) = 150 \text{ g}$$

ب) پس از الکترولیز:

$$m(H_2O) = m(\text{محلول}) - m(K_2SO_4)$$

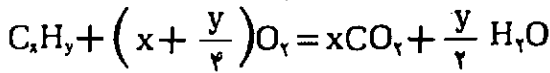
$$= \frac{20}{0/15} - 20 = 113/3 \text{ g}$$

جرم آب تجزیه شده در عمل الکترولیز:

$$m(H_2O) = 150 - 113/3 = 36/7 \text{ g}$$

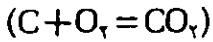
یعنی:

$$n(H_2O) = 2/04 \text{ mol}$$



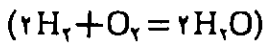
در نتیجه،  $\frac{0/020}{22/4}$  mol اکسیژن با کربن واکنش داده و

$\frac{0/020}{22/4}$  mol دی اکسید کربن تشکیل شده است:



$\frac{0/005}{22/4}$  mol اکسیژن برای هیدروژن ترکیب شده و

$\frac{0/010}{22/4}$  mol آب به دست آمده است:



$$n(C) = n(CO_2) = \frac{0/020}{22/4} \text{ mol}$$

$$n(H) = 2n(H_2O) = \frac{0/020}{22/4} \text{ mol}$$

$$x : y = n(C) : n(H)$$

$$= 0/020 : 0/020 = 1 : 1$$

از میان پاسخهای ممکن:

$C_2H_2, C_3H_4, C_4H_4, C_5H_6, \dots$  فقط  $C_2H_2$  شرایط داده شده در تکلیف را برآورده می کند، یعنی هیدرو کربن ناشناخته استیلین است.

### تکلیف شماره ۲

کریل کلسیم و آب مواد اولیه پایه در تولید ترکیبهای زیر می باشند:

الف) اتانول      ب) اسید استیک

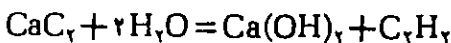
ج) اتیلن و پلی اتیلن      د) کلریدوینیل      ه) بنزن

مسئله:

۱- معادله های شیمیایی پایه را برای واکنشهای بنویسید که بدان وسیله بتوان ترکیبهای ذکر شده در بالا را به دست آورد.

حل

واکنش پایه:



از استیلین می توان ترکیبهای زیر را به دست آورد:

الف) اتانول

$$= 0/989 : 0/989 : 2/968$$

$$= 1 : 1 : 2$$

A:  $KNO_3$

ترکیب B:

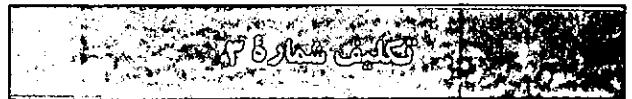
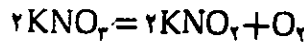
$$K_pN_qO_r \quad p:q:r = \frac{25/85}{39/1} : \frac{16/27}{14} : \frac{37/66}{16}$$

$$= 1/173 : 1/173 : 2/354$$

$$= 1 : 1 : 2$$

B:  $KNO_3$

معادله:



$10 \text{ cm}^3$  از یک هیدرو کربن گازی ناشناخته را با  $70 \text{ cm}^3$  اکسیژن مخلوط کردند و این مخلوط را توسط جرقه الکتریکی آتش زدند. هنگامی که واکنش پایان یافت و بخار آب مایع شد، حجم گازهای نهایی تا  $25 \text{ cm}^3$  کاهش یافت.

مسئله:

۱- اگر حجم گازها در شرایط دما و فشار استاندارد (STP) اندازه گرفته شده باشد، فرمول مولکولی هیدرو کربن ناشناخته چیست؟

حل

هیدرو کربن گازی ناشناخته دارای فرمول عمومی  $C_xH_y$  است.

$$n(C_xH_y) = \frac{0/010 \text{ dm}^3}{22/4 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}} = \frac{0/010}{22/4} \text{ mol}$$

موازنه اکسیژن:

قبل از واکنش:  $70 \text{ cm}^3$ ، یعنی:

$$\frac{0/070}{22/4} \text{ mol}$$

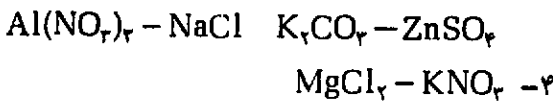
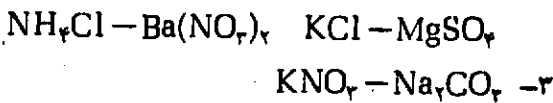
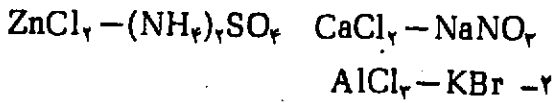
بعد از واکنش:  $25 \text{ cm}^3$ ، یعنی:

$$\frac{0/025}{22/4} \text{ mol}$$

اکسیژن مصرف شده در واکنش:

$$\frac{0/025}{22/4} \text{ mol}$$

با توجه به معادله:



(ب) لوله آزمایشهای شماره ۲ و ۵، هر یک دارای یکی از اجسام زیر است:

گلوکز، ساکارز، اوره، استات سدیم و اسید اکسالیک.  
مسأله:

۱- به کمک واکنشگرهایی که بر روی میز آزمایشگاه در دسترس می باشند، محتوای هر یک از لوله های آزمایش را مشخص کنید. دلیل آزمایشهایی را که انجام می دهید و همچنین پاسخهایتان را بنویسید و واکنشهای شیمیایی مورد نظر را به کمک معادله های مربوط تشریح کنید.

تذکره:

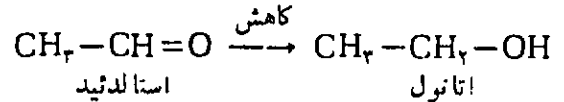
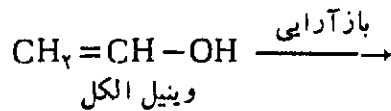
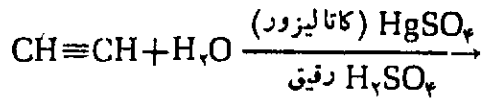
برای تشخیص اجسام داده شده در تکلیف بالا، واکنشگرهای زیر در دسترس دانش آموزان مسابقه دهنده بوده است:

۱N HCl، ۳N HCl، ۱N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>، غلیظ، ۲N NH<sub>4</sub>Cl، ۲۰٪ NaOH، ۲N NaOH، FeSO<sub>4</sub>، ۵/۱N AgNO<sub>3</sub>، ۲N BaCl<sub>2</sub>، ۲N CuSO<sub>4</sub>، ۱KMnO<sub>4</sub> ۵٪، آب مقطر، فنل فتالین، متیل اورانژ. به علاوه، امکانات آزمایشگاهی دیگری نظیر سیم پلاتین، شیشه کبالت و غیره در دسترس بوده است.

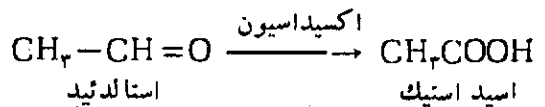
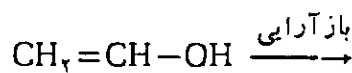
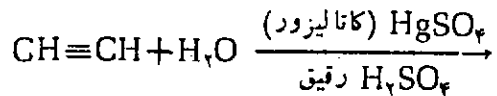
تکلیف شماره ۶ (تجزیی)

۱۰cm<sup>3</sup> محلول ۳N HCl را بر نمونه فلز (به دانش آموزان مسابقه دهنده، نمونه های به دقت توزین شده ای از منیزیم، روی یا آلومینیم داده شده بود) اثر دهید و تیتر و وزن آزاد شده در واکنش را در یک استوانه مدرج بر روی آب جمع آوری کنید. این تکلیف را به کمک وسایلی که در اختیار دارید، مطابق با دستورالعملهای داده شده اجرا کنید.

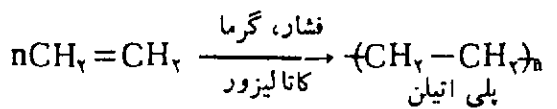
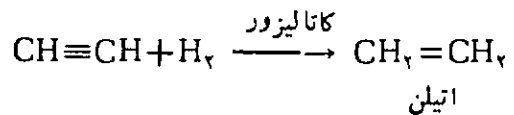
برای ساده کردن مسأله، جرم نمونه فلزی را از روی حجم تیتر و وزن، با این فرض که در شرایط STP اندازه گیری شده است، محاسبه کنید.



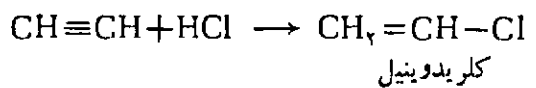
(ب) اسید استیک



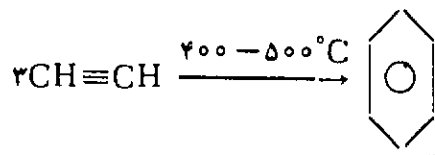
(ج) اتیلن، پلی اتیلن



(د) کلریدوینیل

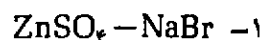


(ه) بنزن



تکلیف شماره ۵ (تجزیی)

(الف) سه لوله آزمایش شماره گذاری شده (۱-۳) دارای دو جسم از جفت های زیر (چهار امکان) می باشند:



سومین المپیاد بین المللی شیمی  
بوداپست ۱۹۷۰  
مجارستان

$$m(C) = ۱۲g$$

$$n(H_2O) = \frac{۲۷g}{۱۸g \cdot mol^{-1}} = ۱.۵mol$$

$$n(H) = ۳mol$$

$$m(H) = ۳g$$

این ترکیب اکسیژن نیز دارد، زیرا:

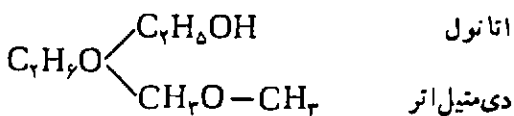
$$m(C) + m(H) = ۱۲g + ۳g = ۱۵g < ۲۳g$$

$$m(O) = ۲۳g - ۱۵g = ۸g$$

$$n(O) = ۰.۵mol$$

$$n(C) : n(H) : n(O) = ۱ : ۳ : ۰.۵ = ۲ : ۶ : ۱$$

فرمول تجربی این ترکیب  $C_2H_6O$  است.



در شرایط داده شده، اتانول مایع است و بنابراین، گاز ناشناخته دی‌متیل اتر است.

تکلیف شماره ۱

وقتی ۲۳g از یک گاز (دانسیته  $d = ۲.۰۵g \cdot cm^{-3}$  در STP) سوزانده شود، ۴۴g دی‌اکسید کربن و ۲۷g آب تولید می‌کند.

مسأله:

۱- فرمول ساختمانی این گاز (ترکیب) چیست؟

حل

ترکیب ناشناخته  $x$

باتوجه به قانون گازهای کامل:

$$M(x) = \frac{d(x) \times R \times T}{p} = ۴۶g \cdot mol^{-1}$$

$$n(x) = \frac{۲۳g}{۴۶g \cdot mol^{-1}} = ۰.۵mol$$

$$n(CO_2) = \frac{۴۴g}{۴۴g \cdot mol^{-1}} = ۱mol$$

$$n(C) = ۱mol$$



$$n(\text{NaOH}) = C \times V = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$\times 0.05 \text{ dm}^3 = 0.005 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.0025 \text{ mol} \quad \text{زیادی } \text{H}_2\text{SO}_4$$

مقدار  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ترکیب شده با نمونه B:

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.0025 \text{ mol} = n(\text{B})$$

$$M(\text{B}) = \frac{m(\text{B})}{n(\text{B})} = \frac{0.1715 \text{ g}}{0.0025 \text{ mol}}$$

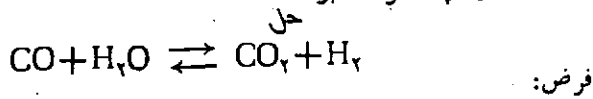
$$= 286 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

نمونه B:  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$



مونوکسید کربن با ۱/۵ برابر حجمش بخار آب مخلوط شد.

اگر ۸۰٪ مونوکسید کربن به دی‌اکسید کربن تبدیل شود، ترکیب درصد (جرمی و همچنین حجمی) مخلوط گازی، در حالت تعادل، چه خواهد بود؟



$$n(\text{CO}) = 1 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 1/5 \text{ mol}$$

$$\bar{n}(\text{CO}) = 0.2 \text{ mol}$$

$$\bar{n}(\text{H}_2\text{O}) = 0.1 \text{ mol}$$

$$\bar{n}(\text{CO}_2) = 0.1 \text{ mol}$$

$$\bar{n}(\text{H}_2) = 0.1 \text{ mol}$$

$$V_i = n_i \frac{R \times T}{P}$$

$$\varphi_i = \frac{V_i}{V} = \frac{n_i}{n}$$

درصد حجمی  $\text{CO}$ : ۸۰٪

$$\varphi(\text{CO}) = \frac{0.2 \text{ mol}}{1.1 \text{ mol}} = 0.18$$

درصد حجمی  $\text{H}_2\text{O}$ : ۲۸٪

$$\varphi(\text{H}_2\text{O}) = \frac{0.1 \text{ mol}}{1.1 \text{ mol}} = 0.09$$

درصد حجمی  $\text{CO}_2$ : ۳۲٪

$$\varphi(\text{CO}_2) = \frac{0.1 \text{ mol}}{1.1 \text{ mol}} = 0.09$$

درصد حجمی  $\text{H}_2$ : ۳۲٪

$$\varphi(\text{H}_2) = \frac{0.1 \text{ mol}}{1.1 \text{ mol}} = 0.09$$

### تکلیف شماره ۲

یک نمونه کربنات سدیم متبلور (سودا) به جرم ۱/۲۸۷g را تحت تأثیر مقدار اضافی اسید هیدروکلریک قرار دادند و  $100/8 \text{ cm}^3$  گاز (اندازه گیری شده در STP) آزاد شد.

یک نمونه دیگر کربنات سدیم متبلور، متفاوت با نمونه اول، به جرم ۰/۷۱۵g با  $50 \text{ cm}^3$  اسید سولفوریک ۰/۲N تجزیه شد. پس از تجزیه کامل کربنات سدیم، زیادی اسید سولفوریک خنثی شد (با تیتراسیون در مجاورت شناساگر متیل اورانژ) که  $50 \text{ cm}^3$  محلول هیدروکسید سدیم ۰/۱N لازم داشت.

مسأله ها:

۱- نمونه اول کربنات سدیم، به ازاء هر مولکول  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  چند مولکول آب دارد؟

۲- آیا هر دو نمونه کربنات سدیم، ترکیب درصد یکسان دارند؟

جرمهای اتمی نسبی:

$$\text{Ar}(\text{H}) = 1 : \text{Ar}(\text{Na}) = 23$$

$$\text{Ar}(\text{O}) = 16 : \text{Ar}(\text{C}) = 12$$

حل  
نمونه A:  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$

$$m(\text{A}) = 1/287 \text{ g}$$

$$PV = nRT: \quad n(\text{CO}_2) = \frac{P \times V}{R \times T}$$

$$= 0.0025 \text{ mol} = n(\text{A})$$

$$M(\text{A}) = \frac{m(\text{A})}{n(\text{A})} = \frac{1/287 \text{ g}}{0.0025 \text{ mol}}$$

$$= 286 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M(\text{A}) = M(\text{Na}_2\text{CO}_3) + x \times M(\text{H}_2\text{O})$$

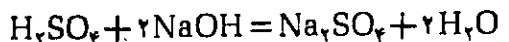
$$x = \frac{M(\text{A}) - M(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{M(\text{H}_2\text{O})}$$

$$= \frac{(286 - 106) \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 10$$

نمونه A:  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

نمونه B:  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$

$$m(\text{B}) = 0.715 \text{ g}$$



پیش از واکنش:

$$m(\text{CO}) = n \times M = 1 \text{ mol}$$

$$\times 28 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 28 \text{ g}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 1/5 \text{ mol} \times 18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 3.6 \text{ g}$$

پس از واکنش:

$$m(\text{CO}) = 0.2 \text{ mol} \times 28 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 5.6 \text{ g}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 0.7 \text{ mol} \times 18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 12.6 \text{ g}$$

$$m(\text{CO}_2) = 0.8 \text{ mol} \times 44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 35.2 \text{ g}$$

$$m(\text{H}_2) = 0.8 \text{ mol} \times 2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 1.6 \text{ g}$$

$$W_i = \frac{m_i}{m}$$

درصد جرمی CO، ۱۰/۲ ...

$$W(\text{CO}) = \frac{5.6 \text{ g}}{55.0 \text{ g}} \approx 10.2$$

درصد جرمی H<sub>2</sub>O، ۲۲/۹ ...

$$W(\text{H}_2\text{O}) = \frac{12.6 \text{ g}}{55.0 \text{ g}} \approx 22.9$$

درصد جرمی CO<sub>2</sub>، ۶۴/۰ ...

$$W(\text{CO}_2) = \frac{35.2 \text{ g}}{55.0 \text{ g}} \approx 64.0$$

درصد جرمی H<sub>2</sub>، ۲/۹ ...

$$W(\text{H}_2) = \frac{1.6 \text{ g}}{55.0 \text{ g}} \approx 2.9$$

تکلیف شماره ۲

آلیاژی شامل روییدیم و یکی دیگر از فلزهای قلیایی است. وقتی یک نمونه ۴/۶ گرمی از این آلیاژ تحت تأثیر آب قرار می‌گیرد، ۲/۲۴۱ لیتر نیتروژن در STP آزاد می‌شود.

مسئله‌ها:

۱- کدام فلز قلیایی جزء سازنده این آلیاژ است؟

۲- ترکیب درصد جرمی این آلیاژ چقدر است؟

جرمهای اتمی نسبی:

$$\text{Ar}(\text{Na}) = 23 : \text{Ar}(\text{Li}) = 7$$

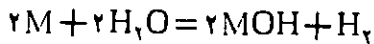
$$\text{Ar}(\text{Cs}) = 133 : \text{Ar}(\text{Rb}) = 85.5$$

$$\text{Ar}(\text{K}) = 39$$

حل

$$M = \text{فلز قلیایی}$$

واکنش:



$$n(H_2) = 0.1 \text{ mol}$$

$$n(M) = 0.2 \text{ mol}$$

$$\bar{M} = \frac{m}{n} = \frac{4.6 \text{ g}}{0.2 \text{ mol}} = 23 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

با تکیه بر جرمهای مولی تمام فلزهای قلیایی، فقط لیتیم می‌تواند مورد توجه قرار گیرد، یعنی این آلیاژ شامل روییدیم و لیتیم است.

$$n(\text{Rb}) + n(\text{Li}) = 0.2 \text{ mol}$$

$$m(\text{Rb}) + m(\text{Li}) = 4.6 \text{ g}$$

$$n(\text{Rb}) \times M(\text{Rb}) + n(\text{Li}) \times M(\text{Li}) = 4.6 \text{ g}$$

$$n(\text{Rb}) \times M(\text{Rb}) + [0.2 - n(\text{Rb})] \times M(\text{Li}) = 4.6$$

$$n(\text{Rb}) \times 85.5 + [0.2 - n(\text{Rb})] \times 7 = 4.6$$

$$n(\text{Rb}) \approx 0.0408 \text{ mol}$$

$$n(\text{Li}) \approx 0.1592 \text{ mol}$$

$$\% \text{Rb} = \frac{0.0408 \text{ mol} \times 85.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{4.6 \text{ g}}$$

$$\times 100 \approx 7.6$$

$$\% \text{Li} = \frac{0.1592 \text{ mol} \times 7 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{4.6 \text{ g}} \times 100 \approx 24.4$$

تکلیف شماره ۵

۲۰۰ گرم اکسید مس (II)، تحت تأثیر مقدار استوکیومتری محلول اسید سولفوریک ۲۰٪ داغ قرار گرفت تا محلول سولفات مس (II) به دست آید.

مسئله:

۱- وقتی این محلول را تا ۲۰°C سرد کنند، چند گرم سولفات مس (II) بلوری (CuSO<sub>4</sub> · ۵H<sub>2</sub>O) متبلور می‌شود؟

جرمهای اتمی نسبی:

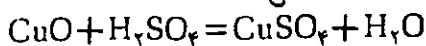
$$\text{Ar}(\text{S}) = 32 : \text{Ar}(\text{Cu}) = 63.5$$

$$\text{Ar}(\text{H}) = 1 : \text{Ar}(\text{O}) = 16$$

حلالیت CuSO<sub>4</sub> در ۲۰°C:

$$\text{S} = 20/9 \text{ g در } 100 \text{ g آب}$$

حل



$$n(\text{CuO}) = \frac{m(\text{CuO})}{M(\text{CuO})} = \frac{20 \text{ g}}{79.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}$$

$$= 0.2516 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{CuSO}_4) = 0.2516 \text{ mol}$$

حل

اکسید ۱:  $M_rO_x$

$$z : x = \frac{W(M)}{M(M)} : \frac{W(O)}{M(O)}$$

$$z : x = \frac{0/7745}{M(M)} : \frac{0/2255}{16} = \frac{54/95}{M(M)} \quad (1)$$

اکسید ۲:  $M_rO_y$

$$z : y = \frac{W(M)}{M(M)} : \frac{W(O)}{M(O)}$$

$$z : y = \frac{0/4952}{M(M)} : \frac{0/5048}{16} = \frac{15/695}{M(M)} \quad (2)$$

هنگامی که (۱) به (۲) تقسیم شود:

$$\frac{y}{x} = \frac{54/95}{15/695} = 3/5$$

$$\frac{y}{x} = \frac{y}{z}$$

یا قرار دادن  $x = z$  در معادله (۱):

$$M(M) = 54/95g \cdot mol^{-1}$$

$$M = Mn$$

اکسید ۱  $MnO$

اکسید ۲  $Mn_2O_7$

### تکلیف‌های شماره ۷ (تجزیه)

یک نمونه ناشناخته مخلوطی است از  $H_2SO_4$  ۱/۲ مولار و  $HCl$  ۱/۴۷ مولار. با کمک محلولها و امکانات موجود:  
۱- مقدار کسل (ارزش اسیدی) اسید موجود در  $1 dm^3$  از محلول را تعیین کنید.

۲- جرم اسید سولفوریک و همچنین جرم اسید هیدروکلریک موجود در  $1 dm^3$  از نمونه را تعیین کنید.

### تکلیف شماره ۸

به کمک واکنشگرها و امکاناتی که در دسترس می‌باشند، اجسام داده شده در لوله آزمایشهای شماره‌دار را به طور کیفی تجزیه کنید و فرمولهای شیمیایی آنها را بنویسید. معادله‌های ۱۵ واکنش شیمیایی را که بدان وسیله این اجسام تأیید شده‌اند، بنویسید.

۵ معادله برای واکنشهای رسوبی؛

۲ معادله برای واکنشهایی که در آنها یک گاز متصاعد می‌شود؛

۳ معادله برای واکنشهای اکسیداسیون - احیا.

محلول  $CuSO_4$  به دست آمده از واکنش:

$$m(CuSO_4 \text{ محلول}) = m(CuO) + m(H_2SO_4 \text{ محلول})$$

$$= m(CuO) + \frac{n(H_2SO_4) \times M(H_2SO_4)}{W(H_2SO_4)}$$

$$= 20g + \frac{0/2516 \text{ mol} \times 98g \cdot mol^{-1}}{0/2}$$

$$= m(CuSO_4 \text{ محلول}) = 143/28g$$

جزء جرمی  $CuSO_4$ :

الف) در محلول به دست آمده:

$$W(CuSO_4) = \frac{m(CuSO_4)}{m(CuSO_4 \text{ محلول})}$$

$$= \frac{n(CuSO_4) \times M(CuSO_4)}{m(CuSO_4 \text{ محلول})} = 0/28$$

ب) در محلول سیر شده  $CuSO_4$  در  $20^\circ C$ :

$$W(CuSO_4) = \frac{20/9g}{120/9g} = 0/173$$

ج) در  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  تبلور:

$$W(CuSO_4) = \frac{M(CuSO_4)}{M(CuSO_4 \cdot 5H_2O)} = 0/639$$

معادله موازنه جرم برای  $CuSO_4$ :

$$0/639m_1 + 0/173m_2 = 0/28m$$

$m_1$  = جرم  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  تبلور؛

$m_2$  = جرم محلول سیر شده  $CuSO_4$  در  $20^\circ C$ ؛

$m$  = جرم محلول  $CuSO_4$ ، به دست آمده از واکنش در

دمای بالاتر.

$$0/639m_1 + 0/173 \times (143/28 - m_1) = 0/28 \times 143/28$$

$$m_1 = 32/9g$$

بازده عمل تبلور  $32/9g$  ماده  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  است.

### تکلیف شماره ۹

اکسید یک فلز معین دارای  $22/55\%$  جرمی اکسیژن است.

یک اکسید دیگر از همین فلز،  $50/48\%$  جرمی اکسیژن دارد.

مسأله:

۱- جرم اتمی نسبی فلز چقدر است؟

# فری مغناطیس

توسط Kerro Knox by:

از مجله: Chemical Education, Vol. 66, No. 4, April 1989

ترجمه: دکتر منصور عابدینی  
استاد دانشگاه

۶۹/۳/۲۸

بحث درباره این موضوع که وجود الکترونهاى جفت نشده در يك يون، مانند  $Fe^{3+}$ ، يا يك مولكول مانند  $O_2$ ، به پيدائش خاصيت پارامغناطیسی مى انجامد، در درس شیمی مقدماتی متداول است. گفته مى شود که به طور تجربی خاصیت پارامغناطیسی بر اساس جذب اجسام پارامغناطیس به وسیله يك میدان آهنربایی، قابل مشاهده است ولى معمولاً در این مورد از مرتبه بزرگسى این نیروی جاذبه صحبتی به میان نمی آید. چنانچه دانش - آموزی بخواهد جشم جامدی مانند سولفات آلومینیم فریک،

$Fe(NH_4)(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ ، را که می دانیم پارامغناطیس است با يك آهنربای معمولی النیکو (آلیاژ  $Al, Ni, Co$ ) بردارد، مى بیند که هیچ ذره جامدی به قطبهای آهنربا نمی چسبد (جز اینکه احتمالاً تعدادی ذرات بسیار ریز به گوشه ها که در آنجا گرا دیان میدان از همه جا بیشتر است بچسبند). همین آهنربا که یونهاى آهن را در يك ترکیب جذب نمى کند، يك میخ آهنی را به شدت مى رباید.

(اجسام را بر اساس رفتار مغناطیسی آنها می توان به سه طبقه کلی تقسیم کرد: دیامغناطیس، پارامغناطیس و فرومغناطیس و زیر طبقه های آنها که انتی فرومغناطیس و فری مغناطیس است.) در اجسام دیامغناطیس کلیه الکترونها به صورت زوج شده اند و از این رو ممان (گشتاور) مغناطیسی خالصی در بین نیست. این اجسام به وسیله يك میدان مغناطیسی دفع می شوند ولى این نیرو فوق العاده ضعیف است و فقط به وسیله آهنربای قوی و يك دستگاه کاملاً حساس قابل اندازه گیری است. اجسام پارامغناطیس يك یا چند الکترون جفت نشده مجزا روی يك يون یا يك مولكول

دارند، که موجب به وجود آمدن يك ممان مغناطیسی خالص در آن نمونه مى شود. جهت یابی ممان مغناطیسی مستقر بر روی يك گونه، مستقل از جهت یا بیهای ممانهای مغناطیسی بر روی گونه های دیگر در ترکیب است به طوری که بر اثر تحريك گرمایی، کلیه این ممانها جهت بایبیهای تصادفی خواهند داشت و يك نمونه ماگروسکوپى از آن ترکیب دارای ممان مغناطیسی خود بخودی نیست. ولى، این جسم پارامغناطیس، تحت تأثیر يك میدان مغناطیسی خارجی، با وارد کردن مقداری جهت یابی خالص در مجموعه ممانهای مغناطیسی آن، به طور القایی مغناطیس مى شود. ترتیب این جهت یابیها به هیچ وجه کامل نیست و با حذف میدان مغناطیسی خارجی ناپدید مى شود. این ترتیب با بالا بردن دما به طور تصادفی در مى آید (قانون کوری). ولى در هر حال سبب مى شود که این جسم به همان اندازه که به وسیله مغناطیس پذیری آن اندازه گیری مى شود، به وسیله يك میدان آهنربایی جذب شود. نیروی پارامغناطیس هزار برابر بزرگتر از نیروی دیامغناطیس است، به طوری که این جسم به وسیله میدان آهنربایی جذب مى شود ولى این جاذبه با توجه به تجربه روزمره ما با يك میخ آهنی، ضعیف است. برای تکه های بزرگ، حجم کل را می توان تماماً در فضای با يك گرا دیان میدان مغناطیسی بالا در نزدیکی لبه های قطبهای يك آهنربا جاداد، زیرا نیروی ثقل کافی است که آنها را از آهنربا جدا کند و حتی يك آهنربای قوی النیکو نمی تواند آنها را بر باند.

برای این که جاذبه قوی آهنربایی داشته باشیم، ممانهای مغناطیسی مستقر روی تکه تکه گونه های يك جسم باید نسبت به یکدیگر، حتی در غیاب میدان، در يك

می‌توان به صورت  $Fe^{III}(Fe^{II}Fe^{III})O_4$  نوشت. در دمای اتاق این ترکیب فیری مغناطیس است و ممانها در منافذ چهاروجهی با ممانها در منافذ هشت وجهی به طور موازی و ناهمسو است (شکل ۱). در نتیجه يك ممان مغناطیسی دائمی مربوط به یونهای  $Fe^{II}$  خواهیم داشت زیرا که ممانهای آهن (III) اثر یکدیگر را حذف می‌کنند.

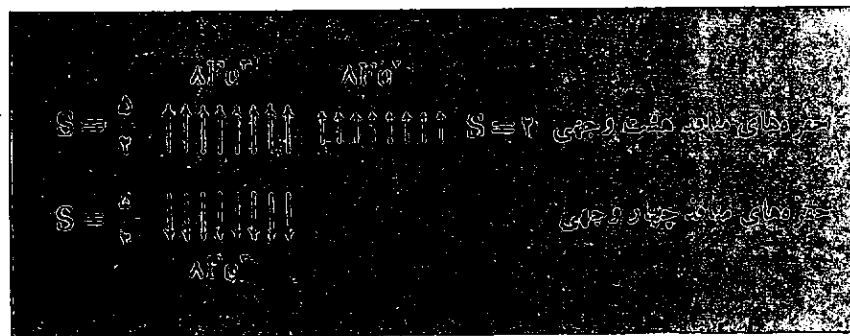
مگنتیت را می‌توان در حضور دانش آموزان سنتز کرد و برهم کنش آن را با يك آهنربا مشاهده و با يك ماده پارامغناطیس مقایسه کرد. برای يك سنتز مناسب محلولهای زیر را تهیه کنید:

### برای مخلوط A:

- ۱۰۰ mL محلول  $Fe^{3+}$  ۱M
- (سولفات آمونیوم فریک)
- ۵۰ mL محلول  $Fe^{2+}$  ۱M
- (سولفات آمونیوم فرو)
- ۲۵۰ mL آب مقطر

### برای مخلوط B:

- ۱۵۰ mL محلول  $Fe^{3+}$  ۱M
- ۲۵۰ mL آب مقطر



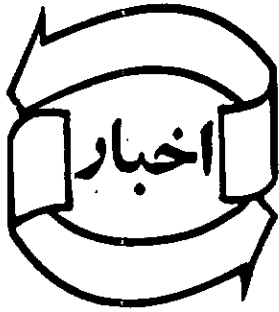
وجهی و چهار وجهی اثر یکدیگر را حذف می‌کنند و ممان مغناطیسی خود بخودی ناشی از یونهای  $Fe^{2+}$  باقی می‌ماند.

چون که ممانها در يك جهت، ممانهای جهت مخالف را حذف نمی‌کنند و چنین جسمی مانند يك جسم فرومغناطیس به شدت به وسیله میدان جذب می‌شود. این نوع ماده را «فیری مغناطیس» می‌نامند زیرا نمونه‌های آن بسه وسیله بسیاری از اکسیدهای مختلط شامل آهن و کاتیونهای دیگر به نمایش گذاشته می‌شود، که برای آنها نام غیرعلمی «فیریت‌ها» به کار می‌رود. این اجسام اساس آهنرباهای سرامیک‌اند که امروز متداول‌اند.

یکی از مواد فیری مغناطیس کانی  $Fe_3O_4$  است که آن را معمولاً «مگنتیت» می‌نامند. در اینجا آهن دارای دو حالت اکسایش مختلف است و ساختار آن به صورت اسپینل وارون است. اسپینل نام کانی  $MgAl_2O_4$  است که ساختار آن شامل آرایش انباشته مکعبی اتمهای اکسیژن است و یونهای منیزیم در منافذ چهاروجهی و یونهای آلومینیم در منافذ هشت وجهی قرار دارند. بسیاری از اکسیدهای مختلط به فرمول عمومی  $AB_2O_4$  چنین ساختاری را اختیار می‌کنند در حالی که بسیاری هم ساختار اسپینل وارون دارند که نیمی از یونهای B در منافذ چهار وجهی است،  $B(AB)O_4$  پس مگنتیت را به طور نامبتر

جهت ترتیب یابد. چنانچه برهم کنش تبادلی، این جهت یابینها را موازی و همسو سازد و کلیه ممانها در يك جهت قرار گیرند در آن صورت يك ممان مغناطیسی خود بخودی بسیار بزرگ، که جمع برداری تک تک ممانها در آن جسم است، نتیجه می‌شود. این انتظام فقط در حالت جامد رخ می‌دهد و از نوعی است که در اجسام فرومغناطیس آهن، کبالت، نیکل، دیسپروزیوم و گادولینیم و پاره‌ای از آلیاژها و ترکیبهای بین فلزی دیده می‌شود. این نیرو حدود هزار برابر بزرگتر از پارامغناطیس است و از این رو يك میخ آهنی به وسیله این آهنربا در برابر نیروی ثقل به راحتی جذب می‌شود.

در بعضی از جامدها که دارای گونه‌های با ممانهای مغناطیسی جداگانه‌اند، نوع دیگری از جفت شدن ممانها رخ می‌دهد. از برهم کنش بین گونه‌های همسایه معمولاً از طریق يك یون واسط، ممانهای آنها موازی و ناهمسو می‌شود. در ساده‌ترین موارد، مثل  $MnF_2$  نیمی از اسپینها در يك جهت و نیمی دیگر در جهت مخالف است به طوری که نقصان مغناطیس پذیری مشاهده می‌شود. این پدیده را «انتی فرومغناطیس» می‌نامند. بالاتر از يك دمای معین برای هر جسم که دمای نیل نامیده می‌شود، انرژی گرمایی بر جفت شدن این ممانهای جداگانه غالب می‌آید و جسم نظیر يك فاز نامنظم پارامغناطیس معمولی رفتار می‌کند. (برای يك جامد فرومغناطیس این دما را دمای کوری می‌نامند). موارد جالب توجه دیگر را وقتی مشاهده می‌کنیم که جفت شدن اسپینها موازی و ناهمسو است، ولی تعداد ممانها یا اندازه ممانها، و یا هر دو آنها برابر نیستند. در آن صورت مغناطیس خالص وجود دارد،



### سر بیعتربین اتومبیل با سوخت هیدروژن

یک اتومبیل جدید که با سوخت هیدروژنی می‌تواند با سرعت بیش از یک صد کیلومتر در ساعت حرکت کند در ژاپن ساخته شد.

این اتومبیل توسط تیم تحقیقاتی موسسه تکنولوژی موشکی ساخته شده است به گفته سازندگان، این خودرو می‌تواند با استفاده از یک لیتر هیدروژن ۳ کیلومتر راه را طی کند و با یک تانک پر حدود ۳۵۰ کیلومتر به طور مداوم به راه خود ادامه دهد. این موسسه اعلام کرد موتور دیزلی یک کامیون کوچک چنان تغییر داده شده که برای استفاده از سوخت هیدروژن مناسب باشد و سپس بر روی یک اتومبیل کورسی تعبیه شده است.

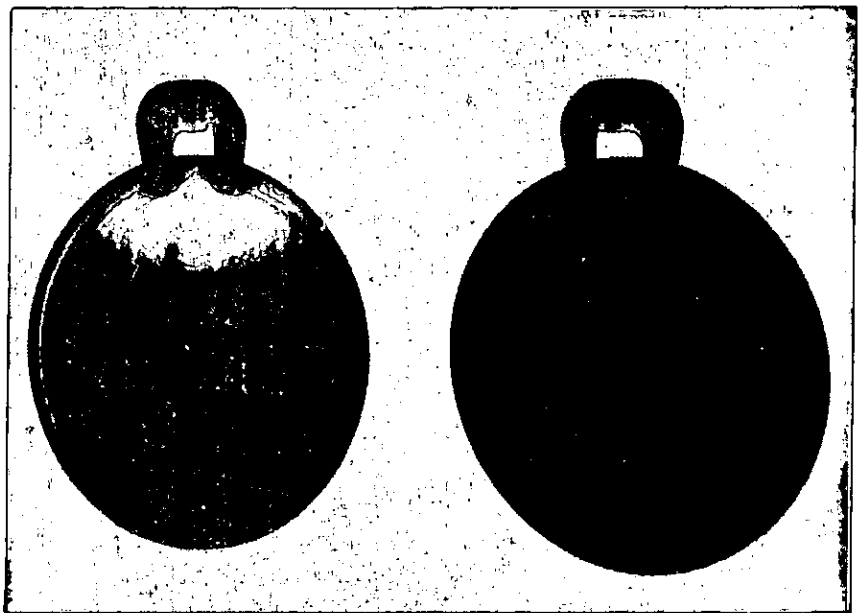
گفتنی است هیدروژن مایع داخل تانک این خودرو باید با استفاده از بمبهای فشار و وسایل دیگر در سرمای منهای ۲۵۳ درجه سانتیگراد حفظ شود مقامات کمپانی سازنده این خودرو متعقدند مدت زیادی طول خواهد کشید که خودرویی با سوخت هیدروژنی به طور انبوه تولید شود زیرا نگهداری هیدروژن مایع در سرمای بسیار پایین فوق‌العاده مشکل می‌باشد. خبرگزاری

جمهوری اسلامی ۶۹/۴/۱۵

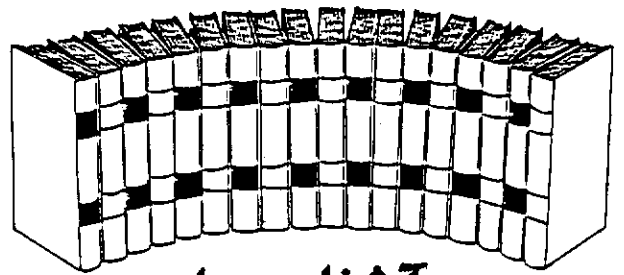
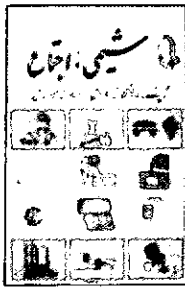
ناحیه تخلیه شده در نزدیکی قطبها را به وضوح نشان می‌دهد. مشاهده جا به جایی ذرات بر روی پرده نمایش و پیدایش ناحیه شفاف، هیجان انگیز تر از نتیجه استاتیک پایان کار در شکل (۲) است. در ظرف حاوی  $Fe_3O_4$  پارامگناطیس هیچ اثری مشاهده نمی‌شود.

و خاصیت دیگر این مواد فری مغناطیس، یکی رنگ سیاه شدید آنها در مقایسه با رنگ قرمز قهوه‌ای هماتیت است و این مشخصه ترکیبی است که در آن یک عنصر با ظرفیتهای مختلف خود، حضور دارد. یک نوار انتقال بار قوی و پهن مربوط به جهش الکترونی آسان بین یونهای  $Fe^{2+}$  و  $Fe^{3+}$ ، تمامی نور مرئی را جذب می‌کند. این حرکت آسان الکترون همچنین سبب می‌شود که مگنتیت یک رسانای نسبتاً خوب برق باشد و این خاصیت برای کاربردهای عملی مثلاً در مبدلها (ترانسفورمرها) نامطلوب است. در اینجا از فریت‌های دیگر استفاده می‌شود.

به هر یک از مخلوطهای A و B به طور جداگانه ۷۵ mL آمونیاک ۰/۱M اضافه می‌کنیم. مخلوط A رسوب سیاه رنگ  $Fe_3O_4$  آبدار را می‌دهد در حالی که B، هماتیت قرمز قهوه‌ای  $Fe_2O_3$  آبدار را می‌دهد. دوغابی از هر کدام را در یک ظرف پتری قرار می‌دهیم و این دو ظرف را در کنار هم روی یک پروژکتور اورهد (overhead projector) می‌گذاریم. آنها به صورت دایره‌های مات سیاه به نظر می‌آیند. در کنار هر یک از ظرفها یک آهنربای کوچک قوی را قرار می‌دهیم. در ظرفی که حاوی مگنتیت است به زودی یک لکه روشن ظاهر می‌شود (شکل ۲)، زیرا که جسم جامد جذب آهنربا می‌شود و در فاز مایع به حرکت در می‌آید. توده‌ای از جسم جامد در نزدیکی قطبها جمع و مشاهده می‌شود که جریانی از ذرات اکسید به سمت آن حرکت می‌کند. بعد از مدتی، جا بجایی ذرات جامد متوقف می‌شود و لکه‌ای روشن،



شکل ۲- اثر یک آهنربا بر روی دوغاب  $Fe_3O_4$  (سمت چپ) و  $Fe_2O_3$  (سمت راست) می‌شود. به صورتی که بر روی پروژکتور اورهد دیده می‌شود.



## آشنایی با

# کتابها و مجله‌های شیمی

فصل توسط آقایان دکتر محمدرضا ملاردی و دکتر نصیر احمدی در سطح سر فصلهای مصوبه ستاد انقلاب فرهنگی برای این درس تألیف شده است. عناوین فصلهای این کتاب عبارتند از:

- |                |   |
|----------------|---|
| فصل اول        | - سیر تکامل شیمی از آغاز پیدایش تا عصر حاضر |
| فصل دوم        | - تکنولوژی و نقش شیمی در زندگی              |
| فصل سوم        | - نقش شیمی در کشاورزی و تأمین مواد غذایی    |
| فصل چهارم      | - شیمی و مواد پاک‌کننده                     |
| فصل پنجم       | - شیمی در خدمت بهداشت و درمان جامعه         |
| فصل ششم        | - صنایع سفالگری و سرامیک‌سازی               |
| فصل هفتم       | - صنعت شیشه‌سازی                            |
| فصل هشتم       | - سنگهای قیمتی و مصنوعی                     |
| فصل نهم        | - آهن و کاربرد آن                           |
| فصل دهم        | - صنعت سیمان‌سازی و فرآورده‌های سیلیس       |
| فصل یازدهم     | - الیاف طبیعی                               |
| فصل دوازدهم    | - الیاف سنتزی                               |
| فصل سیزدهم     | - صنعت رنگسازی                              |
| فصل چهاردهم    | - صنعت رنگرزی                               |
| فصل پانزدهم    | - عکاسی                                     |
| فصل شانزدهم    | - صنعت چسب‌سازی                             |
| فصل هفدهم      | - صنعت کاغذ‌سازی                            |
| فصل هیجدهم     | - صنعت قند‌سازی                             |
| فصل نوزدهم     | - صنعت چرم‌سازی                             |
| فصل بیستم      | - صنعت زغال‌سنگ                             |
| فصل بیست و یکم | - صنایع پتروشیمی                            |
| فصل بیست و دوم | - صنایع آهن و فولاد                         |

عنوان مجله : علوم و تکنولوژی پلیمر

تاریخ نشر : بهمن ۱۳۶۹

سال سوم : شماره چهارم

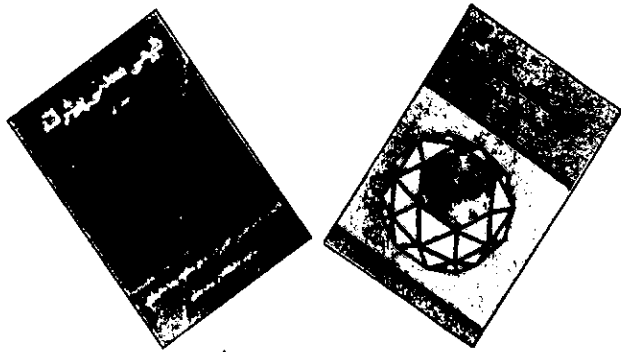
در این شماره آمده است: انرژی و پتروشیمی، پیوندی ناگسستنی (مهندس شهریار سبحانی)؛ گرماسنجی روشی تفاضلی و کاربرد آن در شناسایی پلیمرها (دکتر غلامرضا بخشنده)؛ بررسی سینتیک پخت و تخریب پلیمرها به کمک تجزیه گرمایی (مهندس یوسف جهانی)؛ فراورش گرما نریمهای تقویت شده با الیاف (هوری میوه‌چی)؛ پیشرفت‌هایی در صنعت تولید الیاف بشر ساخته (دکتر محمد حقیقت کیش)؛ آشنایی با گروه علوم پلیمر تحقیقات و توسعه علوم و تکنولوژی مواد پلیمری (از مرکز تحقیقات و توسعه علوم تکنولوژی مواد پلیمری)؛ اخبار و تازه‌های علمی (گردآوری و ترجمه مهندس سید مجتبی تقی‌زاده)؛ واژه‌نامه (زیر نظر: دکتر فتح‌الله فرهادی).

نام کتاب : شیمی و اجتماع

ناشر : مبتکران

چاپ اول : پاییز ۱۳۶۹

این کتاب در ۳۳۳ صفحه و در بیست و دو



نام کتاب : شیمی معدنی پیشرفته، جلد اول

نام مؤلفان : دکتر حسین آقابزرگ، دکتر محمدرضا ملاردی

ناشر : جهاد دانشگاهی دانشگاه تربیت معلم

تاریخ نشر : زمستان ۶۹

این کتاب توسط برادران دکتر حسین آقابزرگ و دکتر محمدرضا ملاردی استادان شیمی معدنی دانشگاه تربیت معلم تألیف شده است و به منزله کتاب درسی و مرجع شیمی معدنی، قابل استفاده برای دانشجویان دوره کارشناسی، کارشناسی ارشد و سایر علاقه مندان به شیمی معدنی و بلورشناسی است. مطالب این کتاب در پنج فصل به شرح زیر تدوین شده است.

**فصل اول** - اهمیت تقارن در شیمی - نظریه گروه و تقارن در شیمی

**فصل دوم** - خواص گروهها - گروههای نقطه‌ای، تعیین گروه نقطه‌ای گونه‌های شیمیایی مختلف تقارن بلور

**فصل سوم** - نرمهای طیفی و شیمی فضایی - تعیین نرمهای اسپین - ترسیم ایزومرهای فضایی با استفاده از تقارن، ایزومرهای فضایی از دیدگاه قضیه پولیا (Po'lya)

**فصل چهارم** - پیوند در مولکولهای Axn - شکل هندسی مولکولها، ترکیب خطی اوربیتالهای اتمی و هیبریداسیون مجموعه اوربیتالهای پایه.

**فصل ویژه** - بردارها، ماتریسها و نمایشهای گروه، افزون بر این، در پایان هر فصل چندین تمرین منظور شده است که پس از فصل ویژه، حل و پاسخ مشروح آنها ارائه شده است. در پایان چندین جدول پیوست از داده‌های مهم ضروری آورده شده است.

نام کتاب : تاریخ مختصر علم شیمی

نام مؤلفان : دکتر محمدرضا ملاردی، سید رضا آقابورمقدم

ناشر : انتشارات مدرسه (وابسته به دفتر انتشارات

کمک آموزشی)

تاریخ نشر : چاپ اول زمستان ۱۳۶۹

مطالب این کتاب در پانزده فصل همراه با دو پیوست به شرح زیر تألیف شده است:

**فصل اول** - (آشنایی با صنایع شیمیایی در ایران)

**فصل دوم** - (آغاز فعالیتهای علمی نظری در شیمی)

**فصل سوم** - (عصر کیمیاگری قدیم)

**فصل چهارم** - (عصر کیمیاگری جدید)

**فصل پنجم** - (صنایع شیمیایی در جهان اسلام)

**فصل ششم** - (کیمیاگری در اروپا)

**فصل هفتم** - (پیدایی نظریه فلوزیستون و کشف گازها)

**فصل هشتم** - (نظریه آنتی فلوزیستون)

**فصل نهم** - (پیدایی نظریه‌های دوگانگی یا نظریه

الکتروشیمیایی)

**فصل دهم** - (آغاز شیمی آبی نو)

**فصل یازدهم** - (تاریخچه طبقه‌بندی عنصرها)

**فصل دوازدهم** - (تاریخچه کشف ساختمان مواد)

**فصل سیزدهم** - (چگونگی کشف، سنتز و نامگذاری)

**فصل چهاردهم** - (تاریخچه زیست شیمی)

**فصل پانزدهم** - (نوبل و برندگان جایزه نوبل شیمی)

پیوست I (راهنمای الفبایی فارسی)

پیوست II (راهنمای الفبایی خارجی).

این کتاب که بیانگر تحول شیمی از کیمیاگری تا عصر حاضر است و روش کارشیمییدانها در پیگیری مشاهده‌های علم شیمی در گذشته چگونه بوده است و اکنون به کجارسیده است.

کتاب درسی دانشگاهی است که طبق مصوبه ستاد انقلاب فرهنگی معادل دو واحد درسی برای دانشجویان دوره کارشناسی تدریس می‌شود و در ضمن مرجعی برای پژوهشگران علوم است.

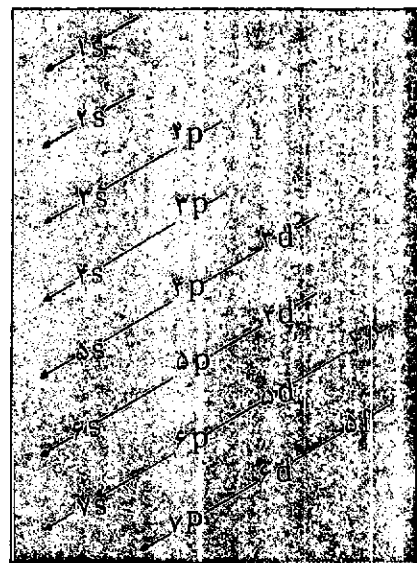


# روش جدید برای تعیین آرایش الکترونی در اتمها

ترجمه: حاجیمراد گندمکار

از: بخش طرحها و تحقیقات جهاد دانشگاهی دانشگاه تربیت معلم

تا کنون به عنوان يك معلم یا دانش آموز تجربه‌هایی را در مورد چگونگی تعیین آرایش الکترونی در يك اتم کسب کرده‌ایم. طریقه آن چنین بود که در يك ستون اوربیتالهای ۱s تا ۷s را زیر هم می‌چیدیم. در سطر دوم از سر ستون با اوربیتالهای ۲p شروع و تا ۷p زیر هم می‌نوشتیم. برای اوربیتالهای d و f نیز به طور مشابهی عمل می‌کردیم. در پایان نموداری شبیه آنچه در شکل است به دست

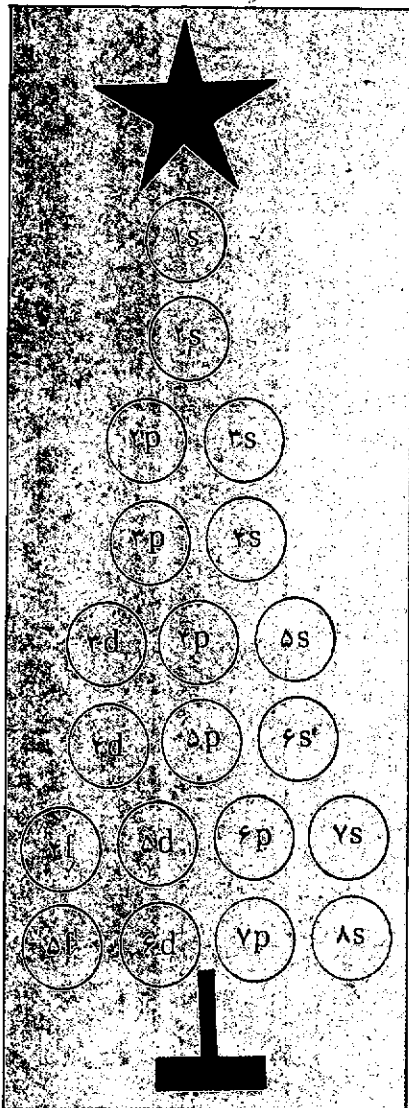


شکل ۱: خطهای مورب در روش «آفبا» برای آرایش الکترونی عناصر

می‌آمد. سپس خطهای موربی از میان اوربیتالهای مختلف شبیه آنچه در شکل ۱ نشان داده شده رسم می‌کردیم. تقریباً هر وقت سعی کردم این موضوع را در کلاس روی تخته سیاه نشان دهم، اگر دقت زیادی در ردیفها و ستونهای مستقیم نمی‌کردم، هرگز نمی‌توانستم به طور صحیح به خطوط مورب برسم. اغلب، دانش‌آموزان در رسم خطوط مورب مخصوصاً در موقع امتحانات دچار اشکال می‌شوند، زیرا آنها در ترسیم عجله می‌کنند.

ما يك روش ساده که ترسیم آن خیلی ساده‌تر از نمودار «آفبا» است یافته‌ایم که من شخصاً بیش از شش سال با موفقیت از آن استفاده کرده‌ام. به دلیل آنکه نمودار حاصل به مثلث پاسکال و درخت کریسمسی شباهت دارد آنرا «درخت کریسمسی پاسکال» می‌نامند. نمودار با رسم دو ردیف ۱s و ۲p، دو دایره‌ای، دو دایره‌ای، دو ردیف سه دایره‌ای و بالاخره دو ردیف چهار دایره‌ای شروع می‌شود (به شکل ۲ رجوع شود) به منظور حفظ روح کریسمسی دایره‌ها را به رنگهای مختلف در آورید. از بالا شروع و با حرکت از سمت راست دایره‌ها را از بالا به پایین ۱s تا ۸s علامتگذاری می‌کنیم. سپس از اولین ردیف دو دایره‌ای و از سمت راست از بالا به پایین با اوربیتالهای ۲p تا ۷p علامتگذاری می‌کنیم. در اولین ردیف سه دایره‌ای از سمت راست از بالا تا پایین از اوربیتالهای ۳d آغاز می‌کنیم ادامه می‌دهیم. بالاخره از اولین ردیف چهار دایره‌ای، دایره‌های باقی‌مانده را با اوربیتالهای ۴f و ۵f علامتگذاری می‌کنیم، (شکل ۲)، بدین ترتیب درخت کریسمس پاسکال کامل می‌شود.

اکنون از این درخت جهت تعیین آرایش الکترونی اتمها چنین استفاده می‌شود: از بالا رو به پایین از چپ به



شکل ۲: «درخت کریسمس پاسکال» برای آرایش الکترونی اتمها

راست حرکت می‌کنیم. برای مثال از این درخت جهت پیش‌بینی آرایش الکترونی اتم تنگستن (W) چنین استفاده می‌شود:

$$W = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2 4f^{14} 5d^4$$

این نتایج دقیقاً همان نتایجی است که با روش «خط مورب» پیشگویی می‌کردیم. به هر حال، مشاهده می‌شود این شکل سریعتر و آسانتری برای کمتر کردن تعداد خط‌هایی است که در اثر فقدان ادراک هندسی کامل به وجود می‌آید.

## درباره نشریات رشد آموزش تخصصی

مجلات رشد آموزش مواد درسی مدارس کشور که بمنظور ارتقاء سطح دانش معلمان و ایجاد ارتباط متقابل میان صاحب نظران، معلمان و دانشجویان با برنامه ریزان امور درسی از سوی دفتر تحقیقات و برنامه ریزی و تألیف سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش هر سه ماه یکبار - چهار شماره در سال - منتشر می شود در حال حاضر عبارتند از:

- |                         |                           |
|-------------------------|---------------------------|
| ۱ - آموزش ریاضی ۲۹      | ۶ - آموزش زبان ۲۷         |
| ۲ - آموزش شیمی ۲۶       | ۷ - آموزش زمین شناسی ۲۵   |
| ۳ - آموزش جغرافیای ۲۵   | ۸ - آموزش فیزیک ۲۵        |
| ۴ - آموزش ادب فارسی ۲۴  | ۹ - آموزش معارف اسلامی ۱۲ |
| ۵ - آموزش زیست شناسی ۲۲ | ۱۰ - آموزش علوم اجتماعی ۷ |

دیران، دانشجویان دانشگاهها و مراکز تربیت معلم و سایر علاقمندان به اشتراک این مجلات می توانند جهت دریافت چهار مجله در سال مبلغ ۸۰۰ ریال به حساب ۹۰۰۵۷ نزد بانک ملی شعبه خردمند جنوبی - قابل پرداخت در کلیه شعب بانک ملی - واریز و فیش آن را همراه با فرم تکمیل شده زیر به نشانی تهران، جاده آبعلی، خیابان سازمان آب بیست متری خورشید مرکز توزیع انتشارات کمک آموزشی کدپستی ۱۶۵۹۸ - تلفن ۷۷۵۱۱۰ - ارسال دارند. ضمناً معلمان، کارشناسان، مدیران، پژوهشگران و سایر علاقمندان به امور تعلیم و تربیت جهت آگاهی بیشتر از یافته های صاحب نظران می توانند با پرداخت مبلغ ۸۰۰ ریال در هر سال ۴ جلد فصلنامه تعلیم و تربیت دریافت نمایند.

مجلات رشد تخصصی در مراکز استان در کتابفروشیهای زیر و سایر شهرستانها در فروشگاههای معتبر مطبوعات بصورت فروش آزاد عرضه می شود

تهران:	انتشارات مدرسه - اول خیابان ایرانشهر شمالی	رشت:	کتابفروشی فرهنگستان خیابان نامجو جنب دانشگاه
اهواز:	کتابفروشی ایرانبور زیتون کارمندی خیابان کمیل بین زاویه و زهره بلاک ۲۰	زنجان:	کتابفروشی شهید بهشتی خیابان آیت... طالقانی
اصفهان:	کتابفروشی مهرگان چهار باغ ابتدای سید علی خان	سنندج:	کتابفروشی شهریار خیابان فردوسی
ارومیه:	کتابفروشی زینتاپور نمایندگی و خبرنگاری روزنامه	ساری:	شرکت ملزومات و معارف خیابان انقلا ب روبروی اداره برق داخل کوچه
اراک:	کتابفروشی گنج دانش بازارچه امیرکبیر	شیراز:	پیام قرآن میدان شهسدا جنب اداره آسوزش و پرورش مرکز فرهنگی
بندرعباس:	کتابفروشی مالوک خیابان سید جمال الدین اسدآبادی	کرمان:	فرهنگ سرای زمین بارک مطهری
باختران:	کتابفروشی دانشمند خیابان مدرس مقابل پارکینگ شهرداری	مشهد:	انتشارات آستان قدس رضوی خیابان امام خمینی روبروی باغ ملی
خرم آباد:	کتابفروشی آسیا خیابان شهدا شرقی	یاسوج:	کتابفروشی فرهنگ جنب سینمادنا خیابان شهید هرمزبور.

\* دانشجویان مرکز تربیت معلم می توانند با ارسال فتوکپی کارت تحصیلی خود از ۵۰٪ تخفیف برخوردار شوند.



## فرم اشتراک مجلات رشد تخصصی

اینجانب \_\_\_\_\_ با ارسال فیش واریز مبلغ ۸۰۰ ریال، متقاضی اشتراک یکساله مجله رشد آموزش \_\_\_\_\_ هستم.

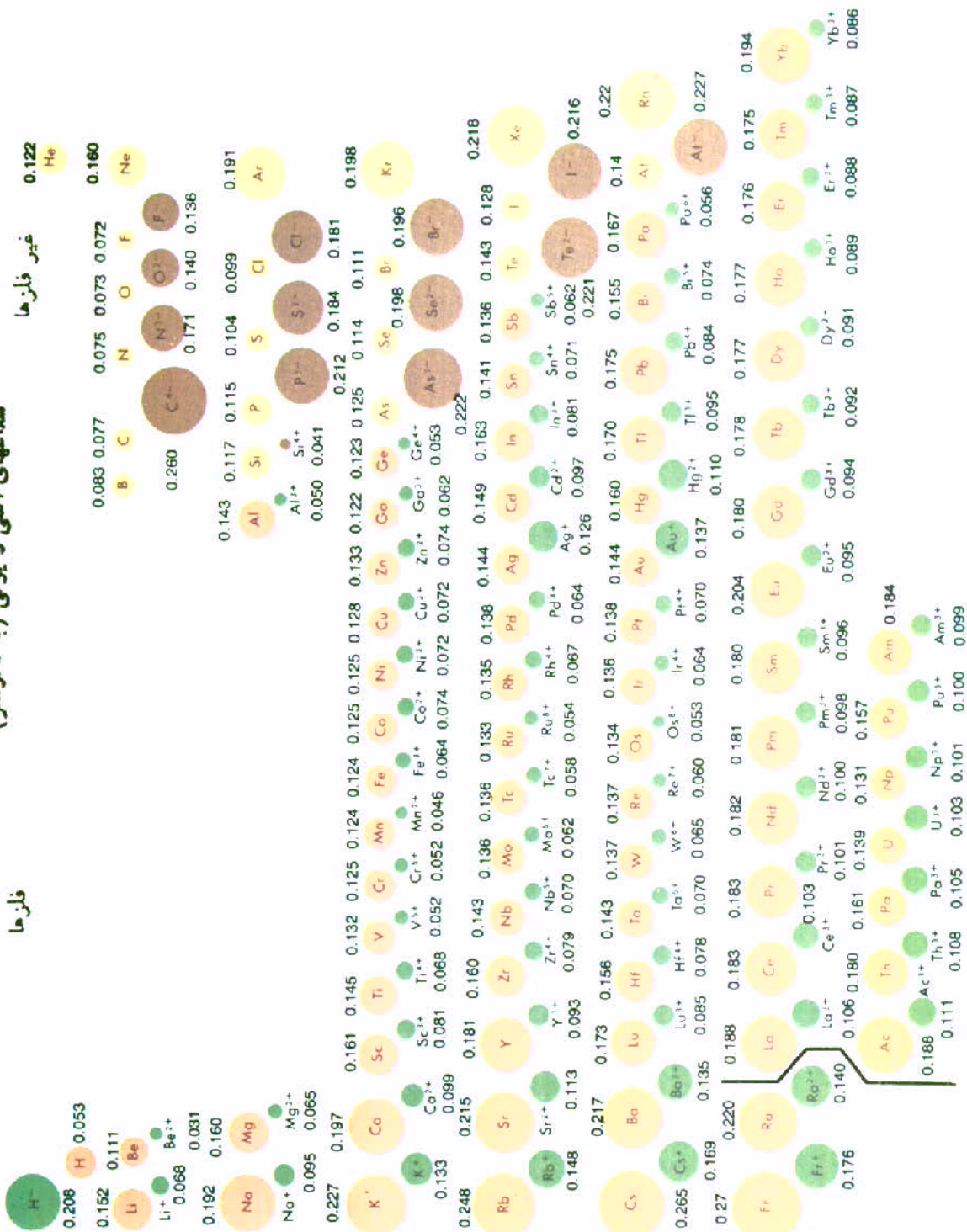
نشانی دقیق متقاضی: استان \_\_\_\_\_ شهرستان \_\_\_\_\_ کوچه \_\_\_\_\_

خیابان \_\_\_\_\_ بلاک \_\_\_\_\_ کدپستی \_\_\_\_\_ تلفن \_\_\_\_\_

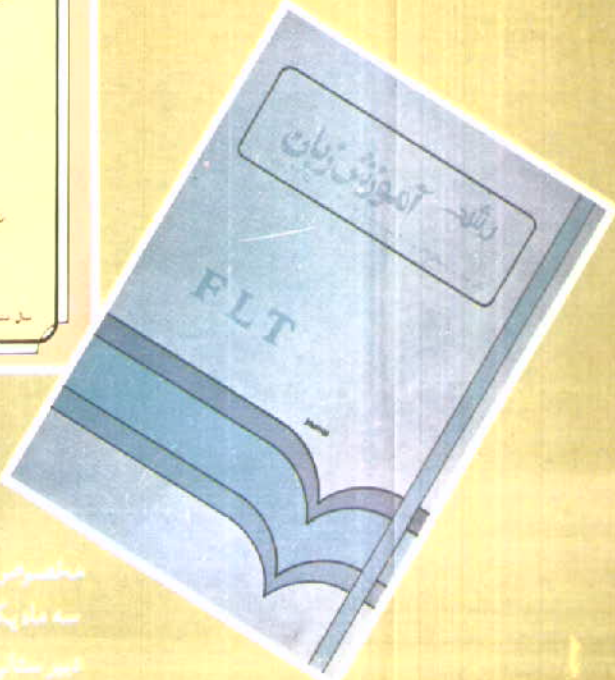
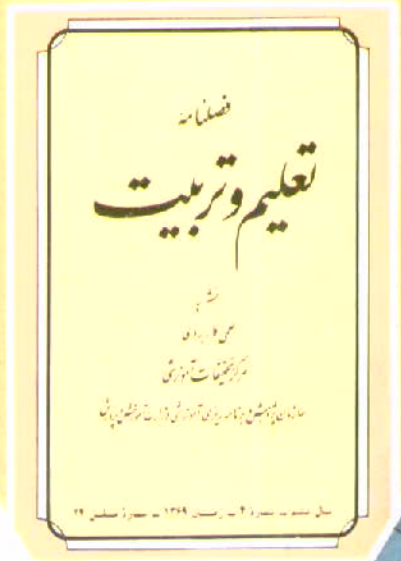
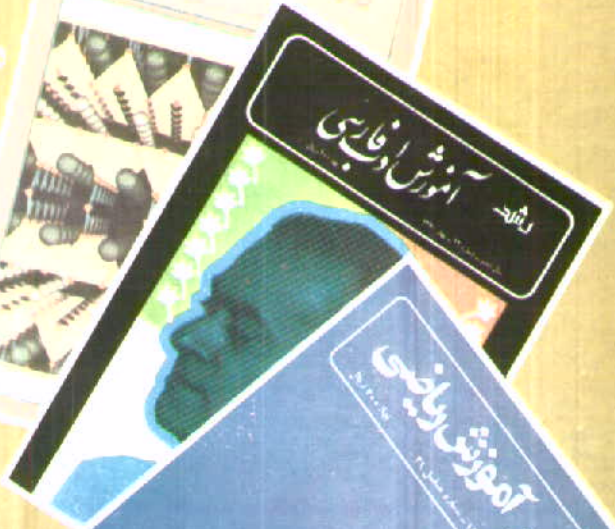
# شعاعهای اتمی و یونی (به نانومتر)

## فلزها

## غیر فلزها



قابل توجه  
دبیران و  
دانشجویان



ایا شما  
مجلات  
را ندید تخصصی

مخصوص دبیران و دانشجویان را که هر  
سه ماه یکبار در زمینه آموزش دروس  
غیرسانی منتشر می شود می خوانید!