

### شیمی دوازدهم

- فصل اول:** مولکول‌ها در خدمت تندرستی ..... ۸
- فصل دوم:** آسایش و رفاه در سایهٔ شیمی ..... ۳۳
- فصل سوم:** شیمی جلوه‌ای از هنر، زیبایی و ماندگاری ..... ۵۹
- فصل چهارم:** شیمی، راهی به سوی آینده‌ای روشن‌تر ..... ۷۸

### شیمی یازدهم

- فصل اول:** قدر هدایای زمینی را بدانیم ..... ۱۰۳
- فصل دوم:** در پی غذای سالم ..... ۱۳۱
- فصل سوم:** پوشاک، نیازی پایان‌ناپذیر ..... ۱۶۸

### شیمی دهم

- فصل اول:** کیهان زادگاه الفبای هستی ..... ۱۸۷
- فصل دوم:** رد پای گازها در زندگی ..... ۲۱۹
- فصل سوم:** آب، آهنگ زندگی ..... ۲۴۶

- ضمیمه ۱:** مواد ..... ۲۷۳
- ضمیمه ۲:** واکنش‌ها ..... ۲۹۷
- ضمیمه ۳:** عددها ..... ۳۱۲
- ضمیمه ۴:** رنگ‌ها ..... ۳۱۸



ص ۵۳ - ۵۰

## سلول سوختی، منبعی برای تولید انرژی سبز

- رایج ترین سوخت برای خودروها و نیروگاهها می باشند.
- سوخت های فسیلی
- استخراج و مصرف بی رویه آنها باعث شده تا ذخایر آنها به سرعت کاهش یابد.
- گسترش روز افزون آلودگی ناشی از مصرف آنها، جهان را با چالش روبه رو کرده است.
- سلول
- نوعی سلول گالوانی است.
- برای گذر از تنگنای تأمین انرژی و کاهش آلودگی محیط زیست پیشنهاد می شود.
- سوختی
- کارایی بیش تر از سوخت فسیلی دارد.
- می تواند ردپای کربن دی اکسید را کاهش دهد.
- دوستدار محیط زیست است و منبع انرژی سبز به شمار می آید.

با توجه به شکل های زیر که دو روش به همراه مراحلشان برای تبدیل انرژی شیمیایی موجود در یک سوخت به انرژی الکتریکی نشان داده شده است، مشخص می شود که در روش سلول سوختی هم کارایی بالاتر است و هم اتلاف انرژی به شکل گرما کم تر می باشد.

روش (۱)

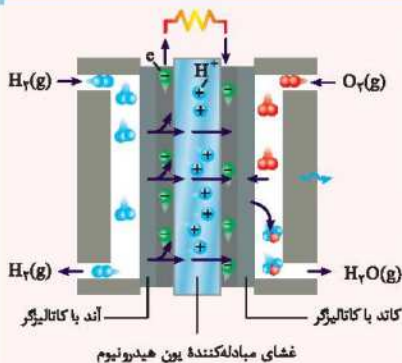


روش (۲)



سوزاندن گاز هیدروژن در موتور درون سوز، بازدهی نزدیک به ۲۰ درصد دارد در حالی که اکسایش آن در سلول سوختی بازده را تا سه برابر افزایش می دهد.

تصویرخانه



رایج‌ترین سلول سوختی، سلول هیدروژن - اکسیژن است. دستگاهی که در آن هیدروژن با اکسیژن به صورت کنترل شده واکنش می‌دهد و بغش قابل توجهی از انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. به شکل آن دقت کنید تا نکات را با هم بررسی کنیم:

۱ هر سلول سوختی دارای سه جزء اصلی است

- شش
- الکتروود آند
- الکتروود کاتد

قطب مثبت است.

در کنار آن گاز **اکسیژن** وارد می‌شود.

دارای **کاتالیزگر** است.

**اکسیژن** در واکنش با سوخت، یعنی همان هیدروژن، **کاهش** می‌یابد.

قطب منفی است.

در کنار آن سوخت، که همان **گاز هیدروژن** است، وارد می‌شود.

دارای **کاتالیزگر** است.

هیدروژن پیوسته وارد شده و **اکسایش** می‌یابد، به این ترتیب **یون هیدروژن** ( $H^+$ ) را ایجاد می‌کند.

۲ **معادله کلی** سلول به صورت  $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$  است.

۳ چون همه گونه‌های شرکت‌کننده در واکنش **خشنی** هستند، روند اکسایش و کاهش در معادله کلی به طور واضح معلوم نیست. شیمی‌دان‌ها برای حل این مشکل **عدد اکسایش** را ارائه کردند.



❖ برای تعیین عدد اکسایش هر ترکیب به صورت زیر عمل می‌کنیم:

آ) ساختار الکترون - نقطه‌های گونه‌های شرکت‌کننده را رسم می‌کنیم.

پ) در هر ساختار:

❖ به ازای هر جفت الکترون پیوندی میان دو اتم یکسان، یک الکترون به هر اتم نسبت می‌دهیم.

❖ به ازای هر جفت الکترون پیوندی میان دو اتم متفاوت، هر دو الکترون را به اتم با خصلت نافلزی بیش‌تر نسبت می‌دهیم.

❖ همه الکترون‌های ناپیوندی روی هر اتم را به همان اتم نسبت می‌دهیم.

پ) الکترون‌های نسبت داده‌شده به هر اتم را می‌شماریم و آن را از شمار الکترون‌های

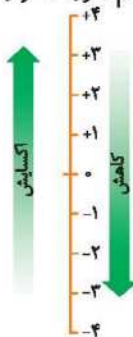
ظرفیت همان اتم کم می‌کنیم، عدد به‌دست آمده عدد اکسایش اتم مورد نظر را نشان می‌دهد.

❖ (تذکره) بیش‌تر شدن عدد اکسایش ← اکسایش

یافتن ماده مورد نظر ← ماده مورد نظر کاهش یافته است.

کم‌تر شدن عدد اکسایش ← کاهش یافتن ماده

مورد نظر ← ماده مورد نظر اکسیده شده است.



❑ چند نکته را جمع به تعیین عدد اکسایش:

❶ عدد اکسایش عناصر در حالت آزاد برابر صفر است.

عنصر	H <sub>۲</sub>	O <sub>۲</sub>	Mg	Fe	Cl <sub>۲</sub>
عدد اکسایش	۰	۰	۰	۰	۰

❷ عدد اکسایش یون‌های تک‌اتمی برابر بار آن‌ها است.

یون	F <sup>-</sup>	Al <sup>۳+</sup>	Na <sup>+</sup>	O <sup>۲-</sup>
عدد اکسایش	-۱	+۳	+۱	-۲

اغلب نافلزها و فلزهای واسطه در ترکیب‌های خود عدد‌های اکسایش گوناگونی دارند. برای نمونه عدد اکسایش آهن در  $FeCl_2$  و  $FeCl_3$  به ترتیب ۲+ و ۳+ است در حالی که عدد اکسایش گوگرد در  $Na_2S$  و  $SO_3$  به ترتیب ۲- و ۶+ است. با این که سلول‌های سوختی برخلاف باتری‌ها، انرژی شیمیایی را ذخیره نمی‌کنند اما در آن‌ها نیز پیوسته سوخت در شرایط کنترل‌شده، مصرف و جریان الکتریکی برقرار می‌شود. یکی از چالش‌هایی که در کاربرد سلول‌های سوختی هیدروژن - اکسیژن خودنمایی می‌کند، تأمین سوخت آن‌ها است.

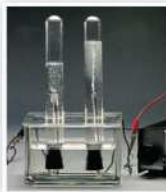
ص ۵۵ - ۵۴

### برقکافت آب، راهی برای تولید گاز هیدروژن

سلول‌های الکترولیتی: سلول‌هایی هستند که با اعمال یک ولتاژ بیرونی و عبور جریان الکتریکی از درون محلول الکترولیت می‌توان یک واکنش شیمیایی را در خلاف جهت طبیعی پیش راند.

#### تصویرخانه

برقکافت آب یکی از واکنش‌هایی است که در سلول‌های الکترولیتی انجام می‌شود. به شکل برقکافت آب دقت کنید تا نکات آن را با هم بررسی کنیم:



آب خالص رسانایی الکتریکی ناچیزی دارد، از این رو برای برقکافت آن باید اندکی الکترولیت به آب افزود.

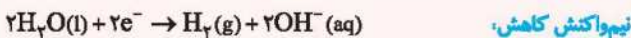
هر دو الکترود کاتد و آند درون یک الکترولیت قرار دارند.



۴۳ الکترودها در این سلولها اغلب از جنس **گرافیت** انتخاب می‌شوند.

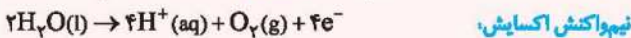
۴۴ در این سلولها **کاتد** را به **قطب منفی باتری** می‌بندیم و **آند** را به **قطب مثبت** آن وصل می‌کنیم.

۴۵ در کاتد یعنی قطب منفی نیم‌واکنش **کاهش** به شکل زیر انجام می‌شود:



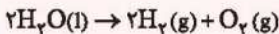
۴۶ در این قسمت چون **یون هیدروکسید** تولید می‌شود، خاصیت **بازی** ایجاد می‌شود و اگر کاغذ pH را در اطراف کاتد در محلول فرو کنیم به **رنگ آبی** در خواهد آمد.

۴۷ در آند یعنی قطب مثبت، نیم‌واکنش **اکسایش** به شکل زیر انجام می‌شود:



۴۸ در این قسمت چون **یون هیدرونیوم** تولید می‌شود، خاصیت **اسیدی** ایجاد می‌شود و اگر کاغذ pH را در اطراف آند در محلول فرو کنیم به **رنگ قرمز** در خواهد آمد.

۴۹ برای نوشتن معادله کلی باید نیم‌واکنش کاهش را در ۲ ضرب کنیم تا الکترون‌ها حذف شوند. واکنش کلی این سلول به صورت زیر خواهد بود:



ص ۵۶ - ۵۵

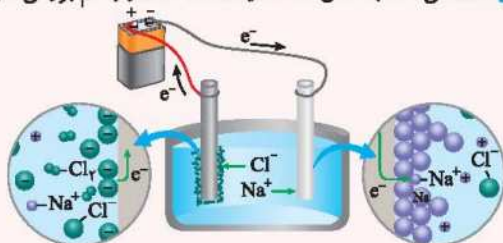
### برقکافت NaCl(l) و تهیه فلز سدیم

فلز سدیم یک **کاهنده قوی** با  $E^\ominus$  بسیار پایین است که در طبیعت به **حالت آزاد** یافت نمی‌شود و در ترکیب‌های طبیعی و گوناگون خود تنها به شکل **یون سدیم** وجود دارد. این موضوع نشان می‌دهد که یون‌های سدیم **بسیار پایدارتر** از اتم‌های سدیم هستند. به همین دلیل برای تهیه فلز سدیم باید انرژی زیادی مصرف کرد.



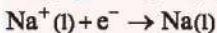
تصویرخانه

شکل زیر تهیه فلز سدیم را از برقکافت سدیم کلرید مذاب در یک سلول الکترولیتی نشان می‌دهد. به شکل دقت کنید تا نکات آن را با هم بررسی کنیم:



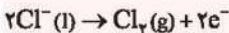
۱ سدیم کلرید خالص در  $801^{\circ}\text{C}$  ذوب می‌شود. افزودن مقداری کلسیم کلرید به آن، دمای ذوب را تا حدود  $587^{\circ}\text{C}$  پایین می‌آورد.

۲ یون سدیم به سمت قطب منفی (کاتد) رفته و با گرفتن الکترون کاهش می‌یابد:



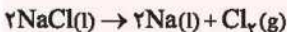
نیم‌واکنش کاهش:

۳ یون کلرید به سمت قطب مثبت (آند) رفته و با از دست دادن الکترون اکسایش می‌یابد:

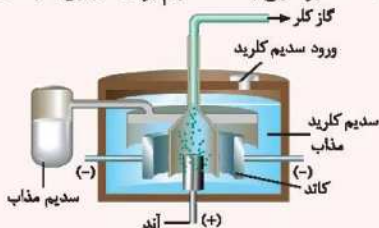


نیم‌واکنش اکسایش:

۴ معادله کلی واکنش به صورت زیر است:



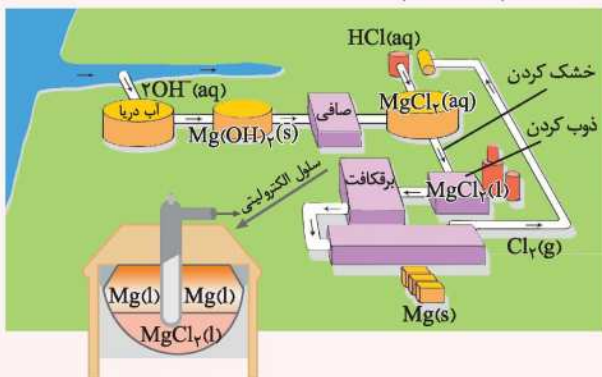
۵ سلول دانز یک سلول الکترولیتی است که در صنعت برای تهیه فلز سدیم به کار می‌رود. در این سلول، برقکافت سدیم کلرید مذاب انجام می‌شود. (این نکته در متن «آیا می‌دانید» آمده بود ولی به علت مهم بودن در این‌جا به آن اشاره کردیم).





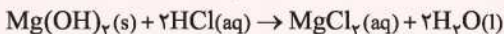
تصویرخانه

شکل زیر مراحل تهیه منیزیم از آب دریا را نشان می‌دهد. به شکل دقت کنید تا نکات را با هم بررسی کنیم:



۱ ابتدا یون  $Mg^{2+}$  محلول در آب دریا را با یون  $OH^-$  به صورت رسوب  $Mg(OH)_2$  درمی‌آورند:  $Mg^{2+}(aq) + 2OH^-(aq) \rightarrow Mg(OH)_2(s)$

۲ پس از جدا کردن  $Mg(OH)_2$  و صاف کردن آن، این ماده جامد را با محلول هیدروکلریک اسید واکنش می‌دهند تا  $MgCl_2(aq)$  ایجاد شود:



۳ پس از حرارت دادن ابتدا  $MgCl_2$  خشک شده و سپس با حرارت بیشتر  $MgCl_2$  به صورت مذاب درآمده و یون‌های  $Mg^{2+}(l)$  و  $Cl^-(l)$  ایجاد می‌شود:

$$MgCl_2(aq) \xrightarrow{\text{حرارت}} MgCl_2(s) \xrightarrow{\text{حرارت}} Mg^{2+}(l) + 2Cl^-(l)$$

۴ در  $MgCl_2(l)$  واکنش آندی و کاتدی به صورت زیر انجام می‌شود:



۵ گاز کلر تولیدشده پس از خشک کردن جمع‌آوری می‌شود و منیزیم هم پس از سرد شدن به صورت فلز منیزیم  $Mg(s)$  جمع‌آوری می‌شود.



۳ مرور نقشه پتانسیل الکتروستاتیکی در چند مولکول:

نام	فرمول شیمیایی	نقشه پتانسیل الکتروستاتیکی	( $\delta^-$ )	( $\delta^+$ )	توزیع بار	قطبیت
اتین	$C_2H_2$		کربن‌ها	هیدروژن‌ها	متقارن	ناقطبی
کربونیل سولفید	SCO		اکسیژن	کربن و گوگرد	نامتقارن	قطبی
گوگرد تری‌اکسید	$SO_3$		اکسیژن‌ها	گوگرد	متقارن	ناقطبی
آمونیاک	$NH_3$		نیتروژن	هیدروژن‌ها	نامتقارن	قطبی
کلروفرم	$CHCl_3$		کربن‌ها	هیدروژن و کربن	نامتقارن	قطبی
کربن تتراکلرید	$CCl_4$		کربن‌ها	کربن	متقارن	ناقطبی

ضمیمه ۱ مواد

دهم:

توضیحات	ماده
خاصیت پرتوزایی دارد و با آن سن اشیای قدیمی و عتیقه‌ها را تخمین می‌زنند.	$^{14}_6\text{C}$
برای تصویربرداری پزشکی کاربرد دارد.	تکنسیم ( $^{99}_{43}\text{Tc}$ )
به عنوان سوخت در راکتورهای اتمی به کار می‌رود.	اورانیم ( $^{235}\text{U}$ )
در تصویربرداری از دستگاه گردش خون استفاده می‌شود.	$^{59}\text{Fe}$
در تصویربرداری از بافت‌های سرطانی استفاده می‌شود.	گلوکز نشان‌دار
رنگ شعله قرمز دارد. جرم اتمی آن بر حسب amu برابر ۷ است. کم‌ترین چگالی را در میان فلزها دارد. کم‌ترین $E^\circ$ را در میان فلزها دارد. باتری ساخته شده از آن سبک و کوچک است و توانایی ذخیره انرژی زیادی دارد. در باتری‌های دگمه‌ای، تلفن و رایانه به کار می‌رود.	لیتیم (Li)
نام دیگر آن آهک است. برای کنترل اسیدی بودن آب دریاچه استفاده می‌شود. برای افزایش بهره‌وری در کشاورزی به خاک می‌افزایند، تا مقدار و نوع مواد معدنی در دسترس گیاه تغییر کند.	کلسیم اکسید (CaO)



<p>به جوّ بی‌اثر مشهور است. برای پر کردن تایلر خودروها استفاده می‌شود. در صنعت سرماسازی برای انجماد مواد غذایی کاربرد دارد. برای نگهداری نمونه‌های بیولوژیک در پزشکی استفاده می‌شود. اصلی‌ترین جزء سازندهٔ هواکره با واکنش‌پذیری کم است. به طور معمول با اکسیژن واکنش نمی‌دهد اما هنگام رعد و برق با هم تولید اکسیدهای نیتروژن را می‌کنند. حجم بادکنک پر شده در نیتروژن مایع به شدت کاهش می‌یابد. در مقایسه با اکسیژن از نظر شیمیایی غیرفعال‌تر و واکنش‌ناپذیرتر است. هر چند واکنش‌پذیری ناچیزی دارد، اما در صنعت، مواد گوناگونی از آن تهیه می‌کنند که آمونیاک مهم‌ترین آن‌هاست. نقطهٔ جوش آن <math>-196</math> درجهٔ سانتیگراد است.</p>	<p>گاز نیتروژن (<math>N_2</math>)</p>
<p>به عنوان محیط بی‌اثر در جوشکاری، برش فلزها و در ساخت لامپ‌های رشته‌ای به کار می‌رود. گازی بی‌رنگ، بی‌بو و غیرسمی است.</p>	<p>گاز آرگون (<math>Ar</math>)</p>
<p>در پر کردن بالن‌های تفریحی، هواشناسی و تبلیغاتی کاربرد دارد. در جوشکاری و کپسول غواصی کاربرد دارد. مهم‌ترین کاربرد آن خنک‌کنندهٔ قطعات الکترونیکی در دستگاه‌های تصویربرداری مانند MRI است. در کرهٔ زمین مقدار خیلی کمی از آن یافت می‌شود به طوری که مقدار ناچیزی از آن در هوا و مقدار بیش‌تری در لایه‌های زیرین پوستهٔ زمین وجود دارد. از واکنش‌های هسته‌ای در ژرفای زمین تولید می‌شود. ۷ درصد حجمی از مخلوط گاز طبیعی را تشکیل می‌دهد که به همراه سایر فراورده‌های سوختن بدون مصرف وارد هواکره می‌شود. علاوه بر هوای مایع می‌توان آن را از تقطیر جزء به جزء گاز طبیعی نیز به دست آورد.</p>	<p>گاز هلیم (<math>He</math>)</p>

<p>یکی از مهم‌ترین گازهای تشکیل‌دهندهٔ هوا کره است. در هوا کره به صورت مولکول‌های <math>O_2</math> وجود دارد. در آب کره با ترکیب با هیدروژن به صورت آب وجود دارد. در سنگ کره به صورت ترکیب با سایر عناصر و عمدتاً در مخلوط سنگ‌ها وجود دارد.</p> <p>در ساختار همهٔ مولکول‌های زیستی مانند پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و چربی‌ها وجود دارد.</p> <p>گازی واکنش‌پذیر است و با اغلب عنصرها و مواد واکنش می‌دهد. بخش قابل توجهی از واکنش‌های شیمیایی که پیرامون ما رخ می‌دهد به خاطر وجود گاز اکسیژن در هوا است.</p> <p>فشار گاز اکسیژن هوا در سطح زمین حدود <math>20/9 \times 10^{-2}</math> اتمسفر است. با افزایش ارتفاع فشار اکسیژن کم می‌شود به همین علت کوهنوردان هنگام صعود به ارتفاعات، کپسول اکسیژن حمل می‌کنند.</p>	<p>اکسیژن (<math>O_2</math>)</p>
<p>گاز بی‌رنگ، بی‌بو و بسیار سمی است. چگالی این گاز کم‌تر از هوا است. قابلیت انتشار آن در محیط بسیار زیاد است. میل ترکیب هموگلوبین خون با این گاز بسیار زیاد و بیش از ۲۰۰ برابر اکسیژن است که این ویژگی باعث مسمومیت و فلج شدن سامانهٔ عصبی می‌شود.</p>	<p>کربن مونوکسید (CO)</p>
<p>کاتالیزگر واکنش <math>2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)</math> است. در نیم سلول استاندارد هیدروژن به عنوان الکترود استفاده می‌شود.</p>	<p>پلاتین (Pt)</p>
<p><math>Al_2O_3</math> به همراه ناخالصی</p>	<p>بوکسیت</p>
<p><math>Fe_2O_3</math> به همراه ناخالصی</p>	<p>هماتیت</p>

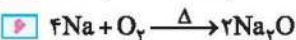
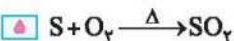
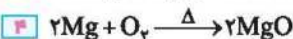
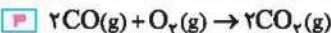


<p>مهم‌ترین گاز گلخانه‌ای می‌باشد. آتش‌سوزی در سکوهای نفتی و سوزاندن سوخت‌های فسیلی حجم انبوهی از این گاز را تولید می‌کنند. یک درخت تنومند سالانه حدود ۵۰ کیلوگرم از این گاز را مصرف می‌کند.</p> <p>برای تبدیل آن به مواد معدنی در نیروگاه‌ها و مراکز صنعتی آن را با منیزیم اکسید و کلسیم اکسید واکنش می‌دهند. سنگ‌های متخلخل در زیر زمین، میدان‌های قدیمی گاز و چاه‌های قدیمی نفت که خالی از این مواد هستند، جاهای مناسبی برای دفن این گاز هستند.</p> <p>گیاه برای رشد به آن نیاز دارد.</p>	<p>کربن دی‌اکسید (<math>CO_2</math>)</p>
<p>دارای سه پیوند اشتراکی و ۶ جفت الکترون ناپیوندی است. دگرشکلی از اکسیژن می‌باشد. در لایه بالایی هواکره (استراتوسفر) مانند پوششی کره زمین را احاطه کرده است. مقدار آن در هواکره ناچیز است. مانع ورود بخش عمده‌ای از تابش فرابنفش خورشید به سطح زمین می‌شود.</p> <p>اصطلاح لایه اوزون را به منطقه مشخصی از استراتوسفر می‌گویند که بیش‌ترین مقدار اوزون در آن محدوده قرار دارد. نقطه جوش آن <math>112^{\circ}C</math> - است و از اکسیژن بالاتر است. در صنعت برای گندزدایی میوه‌ها، سبزیجات و از بین بردن جانداران ذره‌بینی درون آب استفاده می‌شود.</p> <p>اوزون در استراتوسفر نقش مهم و حفاظتی دارد اما در لایه تروپوسفر، آلاینده‌های سمی و خطرناک به شمار می‌آید که سبب سوزش چشم و آسیب دیدن ریه‌ها می‌شود و نقش زیانبار و مضر دارد.</p>	<p>اوزون (<math>O_3</math>)</p>

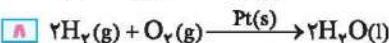
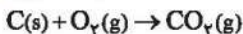
## واکنش‌ها ضمیمه ۲

دهمی

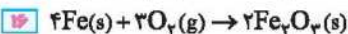
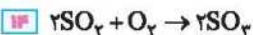
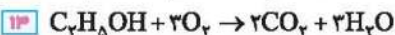
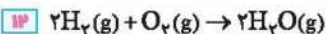
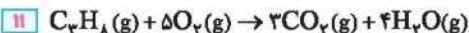
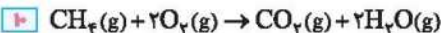
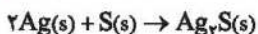
۱ انرژی + آب + کربن دی‌اکسید → اکسیژن + چربی‌ها یا قندها  
 ۲ (نور و گرما) انرژی + بخار آب + کربن دی‌اکسید + گوگرد دی‌اکسید → زغال‌سنگ + اکسیژن



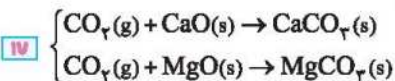
۷ کربن دی‌اکسید → اکسیژن + کربن



۹ نقره سولفید → گوگرد + فلز نقره



تبدیل  $CO_2$  به مواد معدنی:







## ضمیمہ ۳ عددها

نہجی

توضیحات	عدد
مقدر گرم ملدای کہ در تبدیل ہیدروژن بہ ہلیم بہ انرژی تبدیل می‌شود	۰/۰۰۲۴
تعداد ہم مکان‌ها (ایزوتوپ) منیزیم	۳
تعداد عناصر شناخته شده	۱۱۸
تعداد عناصری کہ در طبیعت یافت می‌شوند.	۹۲
تعداد عناصر ساختگی	۲۶
درصد فراوانی $^{235}\text{U}$ در مخلوط طبیعی کم‌تر از این عدد است.	۰/۷
تعداد دورہ‌های جدول تناوبی	۷
تعداد گروه‌های جدول تناوبی	۱۸
جرم اتمی ہیدروژن بر حسب amu یا u	۱/۰۰۸
جرم تقریبی نوترون و پروتون بر حسب amu	۱
جرم تقریبی الکترون بر حسب amu	$\frac{1}{2000}$
جرم الکترون بر حسب amu	۰/۰۰۰۵
جرم پروتون بر حسب amu	۱/۰۰۷۳
جرم نوترون بر حسب amu	۱/۰۰۸۷
جرم یک اتم ہیدروژن یا ہر amu بر حسب گرم	$1.66 \times 10^{-24}$
عدد آووگادرو ( $N_A$ )، بہ این تعداد از ہر ذرہ، یک مول از آن ذرہ می‌گویند.	$6.022 \times 10^{23}$
اگر این تعداد دانہ برف در سطح ایران بیارد، لایہ‌ای از برف بہ ارتفاع قلہ دنا ( $4500\text{m}$ ) = ہمہ کشور را می‌پوشاند.	
بازہ طول موج نور مرئی بر حسب نانومتر	۴۰۰ - ۷۰۰
تعداد خط‌ها یا طول موج‌های رنگی مربوط بہ طیف نشری خطی لیتیم	۴



## ضمیمہ ۴ رنگها

نہم:

رنگ	مادہ / توضیح
گاز بی رنگ	رادون
سفید رنگ / تجزیہ شود: گسترہ ای پیوستہ از رنگها	نور خورشید
نور زرد	بخار سدیم
سرخ رنگ	نئون
زرد رنگ	شعله فلز سدیم و ترکیب هایش
سبز رنگ	شعله فلز مس و ترکیب هایش
سرخ رنگ	شعله فلز لیتیم و ترکیب هایش
قرمز	انتقال الکترون از لایه ۳ به ۲
سبز	انتقال الکترون از لایه ۴ به ۲
آبی	انتقال الکترون از لایه ۵ به ۲
بنفش	انتقال الکترون از لایه ۶ به ۲
بی رنگ	آرگون
بی رنگ	هلیوم
رنگ شعله زرد	سوختن ناقص
رنگ شعله آبی	سوختن کامل در اکسیژن کافی
بی رنگ	کربن مونوکسید
نارنجی	سوختن گرد آهن
سفید	سوختن منیزیم
آبی	سوختن گوگرد
زرد	سوختن سدیم
قهوہ ای رنگ	زنگ آهن
سبز روشن	آهن (II) کلرید
طلایی	آهن (III) کلرید