## شروع مطالعات بشر

■ در ابتدا برای انسان سه سؤال مطرح بود:

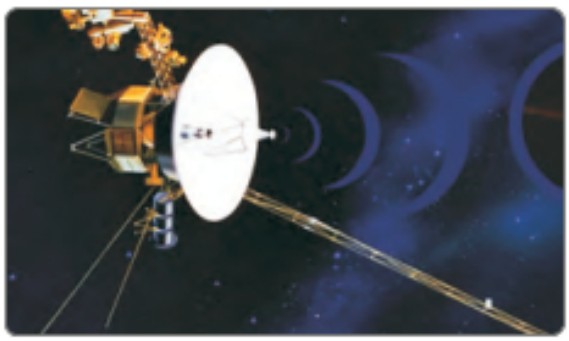
۱- **جهان هستی چگونه به وجود آمده است؟** پاسخ به این پرسش بزرگ و بنیادی در قلمرو **علوم تجربی** نمی‌گنجد و آدمی تنها با مراجعه به چهارچوب اعتقادی و بینش خود و در پرتو آموزه‌های وحیانی می‌تواند به پاسخ این پرسش دست یابد. (۲)

۲- **جهان هستی چگونه شکل گرفته است؟**

۳- **پدیده‌های طبیعی چرا و چگونه رخ می‌دهند؟** شیمی‌دان‌ها با مطالعهٔ **خواص و رفتار ماده و برهم‌کنش نور با ماده** در راستای یافتن پاسخ این سؤال سهم بسزایی داشته‌اند، تلاش برای رسیدن به پاسخ این سؤالات سبب شد تا دانش ما دربارهٔ **جهان مادی** *(نه معنوی!)* افزایش یابد. (۱ و ۲)

■ شواهد تاریخی که از سنگ‌نبشته‌ها و نقاشی‌های دیوار غارها به دست آمده است، نشان می‌دهد که انسان اولیه با نگاه به آسمان و مشاهدهٔ ستارگان در پی فهم نظام و قانونمندی در آسمان بوده است. (۲)

■ نمونه‌ای از تلاش دانشمندان جهت شناخت سامانهٔ خورشیدی سفر طولانی دو فضاپیمای وویجر ۱ و ۲ در سال ۱۹۷۷ میلادی است که مأموریت داشتند شناسنامهٔ شیمیایی و فیزیکی *(نه فقط یکی از این دو!)* سیاره‌های **مشتری، زحل، نپتون و اورانوس** را تهیه کنند. این شناسنامه‌ها می‌توانند



حاوی اطلاعات زیر باشند:

۱ نوع عنصرهای سازنده

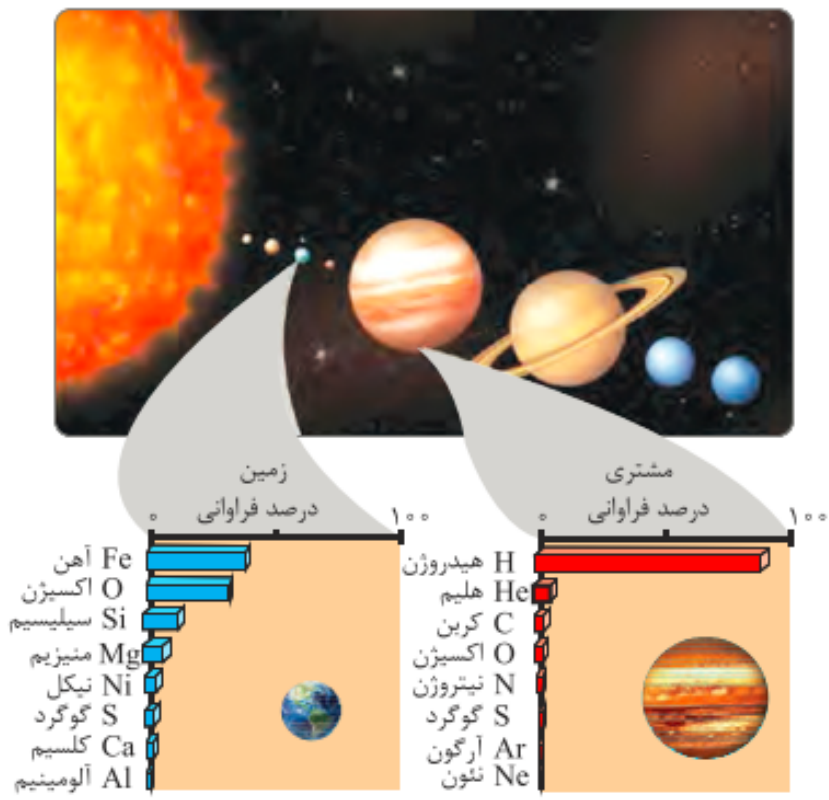
۲ ترکیب‌های شیمیایی در اتمسفر آن‌ها *(نه خود آن‌ها!)*

۳ ترکیب درصد مواد

- آخرین تصویر ارسالی فضاپیمای وویجر ۱ پیش از خروج از سامانهٔ خورشیدی، تصویر سیارهٔ زمین از فاصلهٔ تقریبی ۷ میلیارد کیلومتری بود. (۲)

## عنصرها چگونه پدید آمده‌اند؟

- مطالعهٔ کیهان، به ویژه سامانهٔ خورشیدی به یافتن پاسخ پرسش مهم **چگونگی پیدایش عنصرها** کمک شایانی می‌کند. (۲)
- با بررسی **نوع و مقدار** عنصرهای سازندهٔ برخی سیاره‌های سامانهٔ خورشیدی و مقایسهٔ آن‌ها با عنصرهای سازندهٔ خورشید می‌توان به درک بهتری از **چگونگی تشکیل عنصرها** دست یافت. (۲)
- شکل زیر عنصرهای سازندهٔ دو سیارهٔ مشتری و زمین را نشان می‌دهد. نکات شکل را به خاطر بسپارید: (۳)



*ابتدا در جدول زیر به مقایسهٔ دو سیارهٔ زمین و مشتری نگاهی بیندازید:*

| بررسی از دیدگاه | مقایسه |
|---|---|
| فاصله تا خورشید | زمین **سومین** و مشتری **پنجمین** سیارهٔ نزدیک به خورشید است. |
| دمای سطح سیاره | دمای سطح زمین **بیشتر** از مشتری است، به طور کلی هر چه سیاره‌ای به خورشید نزدیک‌تر باشد، گرم‌تر است. |
| حجم | زمین حجم **کم‌تری** از مشتری دارد، سیارهٔ مشتری بزرگ‌ترین سیارهٔ سامانهٔ خورشیدی است. |
| چگالی | زمین چگالی **بیشتری** از مشتری دارد، زیرا مشتری عمدتاً گازی و زمین عمدتاً سنگی است. |
| ترتیب فراوانی ۸ عنصر فراوان | در زمین: $Fe > O > Si > Mg > Ni > S > Ca > Al$<br>در مشتری: $H > He > C > O > N > S > Ar > Ne$ |

*حالا بریم سراغ نکات دقیق‌تر:*

۱ عنصر گوگرد در هر دو سیاره رتبهٔ **ششم** را در میان فراوان‌ترین عنصرها دارد.

۲ دو عنصر **گوگرد و اکسیژن** جزو فراوان‌ترین عنصرها در هر دو سیارهٔ مشتری و زمین هستند.

۳ سیارهٔ مشتری در میان فراوان‌ترین عنصرهای خود **هیچ فلزی** ندارد و **عمدهٔ عنصرها** *(نه همهٔ آن‌ها!)* در این سیاره نافلزهای گازی هستند.

۴ سیارهٔ مشتری حالت گازی دارد، چون بیشتر *(نه همه!)* عنصرهای آن تا دماهای بسیار پایین گازی‌اند.

۵ **بیشتر** عنصرهای فراوان زمین *(به‌جز اکسیژن!)* جامد هستند و در سنگ‌ها به حالت ترکیب وجود دارند؛ و به همین دلیل سیارهٔ زمین جامد است و جزو سیاره‌های سنگی به شمار می‌آید.

۶ **فراوان‌ترین عنصر** در سیارهٔ زمین، آهن و در سیارهٔ مشتری، هیدروژن است.

۷ سه گاز نجیب **هلیم، نئون و آرگون** در مشتری یافت می‌شوند. *(با گازهای نجیب در همین فصل آشنا می‌شویم.)*

۸ درصد فراوانی همهٔ عنصرها در زمین از ۵۰ درصد کم‌تر است و فراوانی آهن و اکسیژن بسیار به هم نزدیک است.

۹ در مشتری، درصد فراوانی هیدروژن بسیار بیشتر از بقیهٔ عناصر و نزدیک به ۹۰ درصد است. بقیهٔ عنصرهای مشتری درصد فراوانی بسیار کمی دارند.

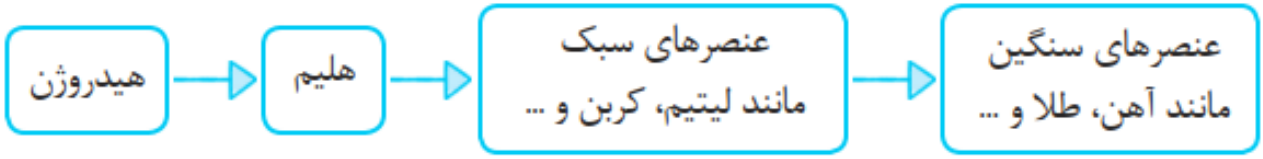
۱۰ فراوان‌ترین
- عنصر موجود در سیارهٔ زمین ← آهن
- عنصر موجود در سیارهٔ مشتری ← هیدروژن
- عنصر موجود در جهان هستی ← هیدروژن (۷۶)
- عنصر موجود در پوستهٔ زمین ← اکسیژن **(علوم نهم)**
- نافلز موجود در سیارهٔ زمین ← اکسیژن

۱۱ در سیارهٔ زمین آهن، فراوان‌ترین فلز، اکسیژن، فراوان‌ترین نافلز و سیلیسیم فراوان‌ترین شبه‌فلز است. *(با شبه‌فلزات در سال یازدهم آشنا می‌شویم.)*

۱۲ فراوان‌ترین عنصر در سیارهٔ مشتری یعنی هیدروژن، در زمین جزو فراوان‌ترین عنصرها نیست و هم‌چنین فراوان‌ترین عنصر موجود در سیارهٔ زمین یعنی آهن در مشتری جزو فراوان‌ترین عنصرها نیست.

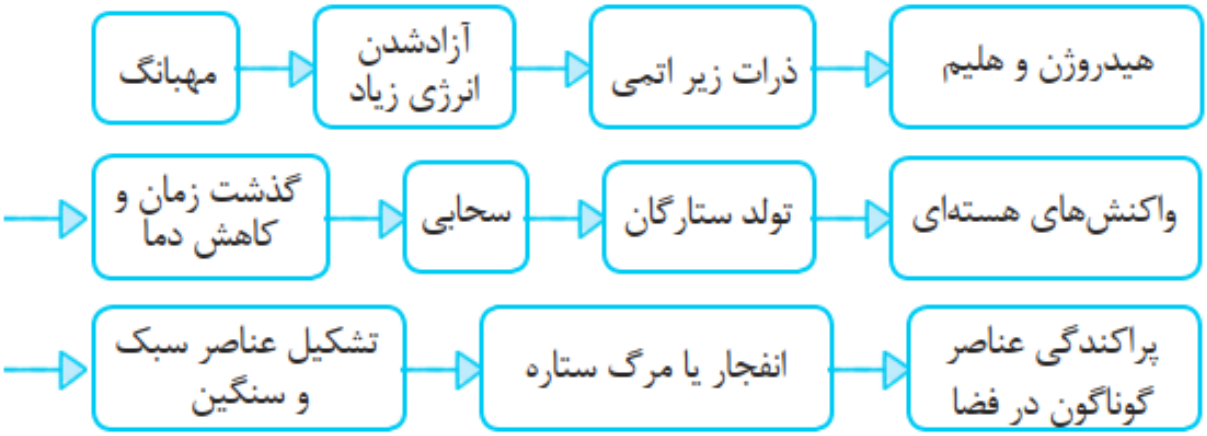
- با توجه به مقایسهٔ فراوانی عنصرهای مشتری و زمین درمی‌یابیم که عنصرها به صورت **ناهمگون** در جهان هستی توزیع شده‌اند. (۴)
- برخی دانشمندان *(نه همهٔ آن‌ها!)* معتقدند که جهان با انفجار مهیبی به نام **مهبانگ** آغاز شده و طی آن انرژی بسیار عظیمی آزاد شده است. در مهبانگ پس از به وجود آمدن **ذرات زیر اتمی** الکترون، پروتون و نوترون، عنصرهای **هیدروژن و هلیم** ایجاد شدند. با **گذشت زمان و کاهش دما**، گازهای هیدروژن و هلیم متراکم شده و مجموعه‌های گازی به نام **سحابی** را به وجود آوردند که باعث **تولید کهکشان‌ها و ستاره‌ها** شد. (۴)

- یک مثال از یک سحابی که در آن ستارگان زایش می‌شوند، سحابی عقاب است که تلسکوپ هابل عکس آن را گرفته است. (۴)
- درون ستاره‌ها *(مانند خورشید)* و در دماهایی بسیار بالا واکنش‌های هسته‌ای رخ می‌دهد که در این واکنش‌ها عنصرهای سبک به عنصرهای سنگین تبدیل می‌شوند. از این رو **ستارگان** کارخانهٔ تولید عنصرها هستند. (۴)
- **دما و اندازهٔ** یک ستاره تعیین می‌کند که در آن‌چه عنصرهایی ساخته شوند؛ هر چه‌قدر دمای یک ستاره **بیشتر** باشد. شرایط برای تولید **عنصرهای سنگین‌تر** مانند طلا و آهن مساعدتر است. (۴)
- کتاب درسی روند تشکیل عنصرها را به شکل زیر نمایش داده است: (۴)




- ستارگان پس از میلیون‌ها سال نورافشانی پایداری خود را از دست داده و با مرگ یک ستاره، انفجاری بزرگ رخ می‌دهد که سبب پراکندگی عنصرهای تشکیل‌دهنده در فضا می‌شوند. (۴)

*عزیزان نحوهٔ تولید عنصرها طی جملات بالا برای شما شرح داده شد؛ برای راحتی کار و به خاطر سپردن آن‌ها ترتیب زیر را برای شما رسم کرده‌ام:*




- انیشتین رابطهٔ زیر را جهت محاسبهٔ میزان انرژی تولیدشده در واکنش‌های هسته‌ای ارائه کرد:

$$E = mc^2$$

که در آن جرم (m) برحسب کیلوگرم، انرژی (E) برحسب ژول و سرعت نور (c) $۳\times۱۰^{۸}$ برحسب متر بر ثانیه است. $۱\,J = ۱\,kg.m^{۲}.s^{-۲}$

## آیا همهٔ اتم‌های یک عنصر پایدارند؟

$${}^{A}_{Z}E$$

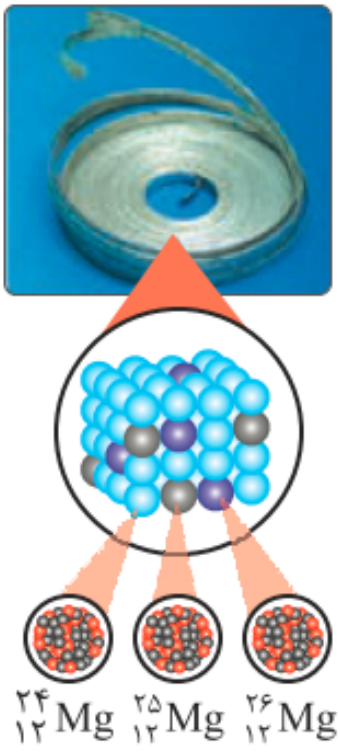
### نماد یک عنصر را به صورت مقابل نمایش می‌دهند: (۵)

A: **عدد جرمی** است که نشان‌دهندهٔ مجموع تعداد نوترون‌ها و پروتون‌ها است. $A = P + N$

Z: **عدد اتمی** است که نشان‌دهندهٔ تعداد پروتون‌ها است. $Z = P$

حتماً متوجه شدید که با کم‌کردن عدد اتمی (Z) از عدد جرمی (A) تعداد **نوترون‌ها** به دست می‌آید. $A - Z = N$

- بررسی‌ها نشان می‌دهند که اغلب (*نه همه!*) اتم‌ها در نمونهٔ طبیعی یک عنصر جرم یکسانی ندارند؛ مانند منیزیم که مخلوطی از سه **هم مکان یا ایزوتوپ** است. (۵)




- همان‌طور که در شکل می‌بینید $^{۲۴}_{۱۲}Mg$ **پایدارترین** ایزوتوپ است چون فراوانی آن از همه **بیشتر** است.
- ایزوتوپ‌های یک عنصر، **عدد جرمی (A) متفاوت** و **عدد اتمی (Z) یکسان** دارند. (۵)
- خواص شیمیایی تنها به **عدد اتمی** بستگی دارد. عدد جرمی در برخی **خواص فیزیکی وابسته به جرم** مانند چگالی تأثیر دارد. برای مثال ایزوتوپ‌های منیزیم خواص شیمیایی یکسان دارند و یک مکان را در جدول دوره‌ای اشغال می‌کنند، در حالی که چگالی آن‌ها با هم متفاوت است. (۵)

*در جدول زیر می توانید تفاوت‌ها و شباهت‌های ایزوتوپ‌های یک عنصر با یکدیگر را ببینید:*

| ایزوتوپ‌ها | |
|---|---|
| تفاوت | شباهت |
| عدد جرمی (A) | عدد اتمی (Z) |
| تعداد نوترون | تعداد پروتون و الکترون |
| خواص فیزیکی وابسته به جرم | خواص شیمیایی |
| میزان فراوانی در طبیعت و پایداری | جایگاه در جدول دوره‌ای و آرایش الکترونی |

*اول به سه تعریف زیر دقت کنید تا بریم سراغ یه جدول مهم:*

- **پرتوزایی:** برخی *(نه همه!)* اتم‌ها به سبب ناپایداری، پرتو از خود ساطع می‌کنند. به این اتم‌ها **پرتوزا** و به این خاصیت **پرتوزایی** می‌گویند، اغلب *(نه همه!)* هسته‌هایی که در آن‌ها نسبت تعداد نوترون‌ها به پروتون‌ها **بیشتر یا مساوی ۱/۵** باشد، ناپایدار بوده و با گذشت زمان متلاشی می‌شوند. یکی از استثناهای این عبارت $^{99}_{43}Tc$ است که این نسبت در آن کم‌تر از ۱/۵ است ولی ناپایدار و پرتوزا است. (۶) $N \geq 1/5P$
- **رادیوایزوتوپ:** به ایزوتوپ‌های پرتوزا و ناپایدار یک عنصر اصطلاحاً **رادیوایزوتوپ** می‌گویند. (۶)
- **نیم‌عمر:** نیم‌عمر یک ایزوتوپ نشان‌دهندهٔ مدت زمانی است که طول می‌کشد تا آن ایزوتوپ آن‌قدر پرتوزایی کند که جرم آن به نصف جرم اولیهٔ **همان ایزوتوپ** کاهش پیدا کند. به عبارتی دیگر به مدت‌زمانی که طول می‌کشد تا نیمی از هسته‌های ایزوتوپ‌های ناپایدار به هسته‌های پایدار تبدیل شود نیم‌عمر می‌گویند. هستهٔ یک رادیوایزوتوپ همواره در حال پرتوزایی است. (۶)

■ *دقت کنید که* پس از گذشت یک نیم‌عمر، نصف ایزوتوپ‌ها نابود نمی‌شود بلکه به هسته‌های پایدار تبدیل می‌شوند و انرژی نیز آزاد می‌کنند. (۶)

*و حالا میریم سراغ جدول:* (۶)

| ویژگی ایزوتوپ / نماد ایزوتوپ | نیم‌عمر | درصد فراوانی در طبیعت |
|---|---|---|
| ${}_{1}^{1}H$ | پایدار | ۹۹/۹۸۸۵ |
| ${}_{1}^{2}H$ | پایدار | ۰/۰۱۱۴ |
| ${}_{1}^{3}H$ | ۱۲/۳۲ سال | ناچیز |
| ${}_{1}^{4}H$ | $1/4\times10^{-22}$ ثانیه | ۰ (ساختگی) |
| ${}_{1}^{5}H$ | $9/1\times10^{-22}$ ثانیه | ۰ (ساختگی) |
| ${}_{1}^{6}H$ | $2/9\times10^{-22}$ ثانیه | ۰ (ساختگی) |
| ${}_{1}^{7}H$ | $2/3\times10^{-23}$ ثانیه | ۰ (ساختگی) |

بریم سراغ نکات جدول بالا:

**۱** یک نمونه هیدروژن دارای ۷ ایزوتوپ است ولی یک نمونهٔ **طبیعی** هیدروژن مخلوطی از سه ایزوتوپ است. *همان‌طور که در جدول هم کاملاً تابلو است! فقط سه ایزوتوپ اول یعنی* ${}_{1}^{1}H$، ${}_{1}^{2}H$ و ${}_{1}^{3}H$ *در طبیعت یافت می‌شوند و مابقی ساختگی هستند.*

**۲** از بین ایزوتوپ‌های هیدروژن ۵ ایزوتوپ ناپایدار هستند که شامل **همهٔ** ایزوتوپ‌های ساختگی (*یعنی* ${}_{1}^{4}H$، ${}_{1}^{5}H$، ${}_{1}^{6}H$ و ${}_{1}^{7}H$) و یک ایزوتوپ طبیعی یعنی ( ${}_{1}^{3}H$ ) می‌باشد، *پس هیدروژن مجموعاً ۵ رادیوایزوتوپ دارد.*

**۳ ترتیب پایداری ایزوتوپ‌های هیدروژن:**

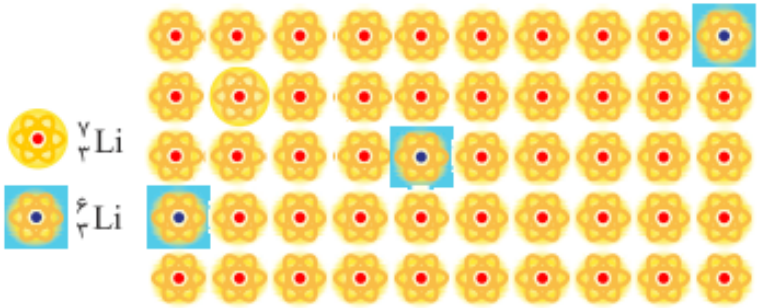
$${}_{1}^{1}H > {}_{1}^{2}H > {}_{1}^{3}H > {}_{1}^{5}H > {}_{1}^{6}H > {}_{1}^{4}H > {}_{1}^{7}H$$

*(بچه‌ها حواستون باشه که ترتیب پایداری ایزوتوپ‌های هیدروژن به ترتیب عدد جرمی نیست. برای مثال $^{5}_{1}H$ از همهٔ ایزوتوپ‌های ساختگی پایدارتر است.)*

**۴** از بین ایزوتوپ‌های طبیعی هیدروژن، فقط $^{3}_{1}H$ ناپایدار است. از بین ساختگی‌ها $^{5}_{1}H$ بیشترین پایداری و $^{7}_{1}H$ کم‌ترین پایداری را دارا هستند.

**۵** همواره در یک اتم تعداد نوترون‌ها **بیشتر یا مساوی** پروتون‌ها است. به غیر از فراوان‌ترین ایزوتوپ هیدروژن ($^{1}_{1}H$) که نوترون ندارد.

- درصد فراوانی هر ایزوتوپ نشان‌دهندهٔ میزان **پایداری** آن نسبت به ایزوتوپ‌های دیگر همان عنصر است. هر چه درصد فراوانی بیشتر باشد، پایداری **بیشتر** است. (۶)
- به ازای هر ۱۰۰ اتم لیتیم در طبیعت، ۹۴تای آن‌ها $^{7}_{3}Li$ و ۶تای آن‌ها $^{6}_{3}Li$ هستند، به عبارت دیگر درصد فراوانی $^{7}_{3}Li$، ۹۴ درصد و فراوانی $^{6}_{3}Li$، ۶ درصد است. (۶)




*همه‌چیز دربارهٔ ۷ ایزوتوپ هیدروژن:*

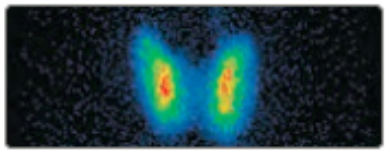
| | |
|---|---|
| تعداد ایزوتوپ‌های طبیعی | ۳ ایزوتوپ طبیعی داریم که عبارت‌اند از: $^{1}_{1}H$، $^{2}_{1}H$ و $^{3}_{1}H$ |
| تعداد ایزوتوپ‌های ساختگی | ۴ ایزوتوپ ساختگی داریم که عبارت‌اند از: $^{4}_{1}H$، $^{5}_{1}H$، $^{6}_{1}H$ و $^{7}_{1}H$ |
| تعداد رادیوایزوتوپ‌ها | از ۷ ایزوتوپ هیدروژن ۵تای آن‌ها رادیوایزوتوپ هستند که عبارت‌اند از: $^{3}_{1}H$، $^{4}_{1}H$، $^{5}_{1}H$، $^{6}_{1}H$ و $^{7}_{1}H$ |
| پایدارترین و فراوان‌ترین ایزوتوپ | از بین ۷ ایزوتوپ، $^{1}_{1}H$ پایدارترین ایزوتوپ است. |

| | |
|---|---|
| ناپایدارترین ایزوتوپ | از بین ۷ ایزوتوپ، $^{7}_{1}H$ ناپایدارترین ایزوتوپ است. |
| پایدارترین ایزوتوپ طبیعی | پایدارترین ایزوتوپ طبیعی $^{1}_{1}H$ است. |
| ناپایدارترین ایزوتوپ طبیعی | ناپایدارترین ایزوتوپ طبیعی $^{3}_{1}H$ است. |
| پایدارترین ایزوتوپ ساختگی | پایدارترین ایزوتوپ ساختگی $^{5}_{1}H$ است. |
| ناپایدارترین ایزوتوپ ساختگی | ناپایدارترین ایزوتوپ ساختگی $^{7}_{1}H$ است. |

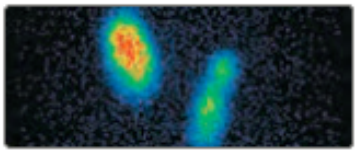
## تکنسیم، نخستین عنصر ساخت بشر

- تاکنون ۱۱۸ عنصر شناخته شده است که فقط ۹۲تای آن‌ها *(حدود ۷۸ درصد!)* **در طبیعت** یافت می‌شود و ۲۶ عنصر باقی‌مانده *(حدود ۲۲ درصد!)* **ساختگی** هستند و در آزمایشگاه‌های ویژه تحت شرایط خاص ساخته می‌شوند. (۷)
- **تکنسیم** ($^{99}_{43}Tc$) **اولین** عنصری است که به صورت **ساختگی** در راکتور یا واکنشگاه هسته‌ای توسط بشر ساخته شد. این رادیوایزوتوپ در **تصویربرداری پزشکی** مورد استفاده قرار می‌گیرد. (۷)
- از $^{99}_{43}Tc$ برای تصویربرداری **غدهٔ تیروئید** استفاده می‌شود، زیرا یون یدید ($I^-$) با یونی که حاوی $^{99}_{43}Tc$ است از لحاظ **اندازه** بسیار شبیه است و غدهٔ تیروئید هنگام جذب یدید، این یون را هم جذب می‌کند، با افزایش مقدار $^{99}_{43}Tc$ در غدهٔ تیروئید امکان تصویربرداری از آن فراهم می‌شود. (۷)

غدهٔ پروانه‌ای‌شکل تیروئید در بدن انسان



تصویر غدهٔ تیروئید سالم

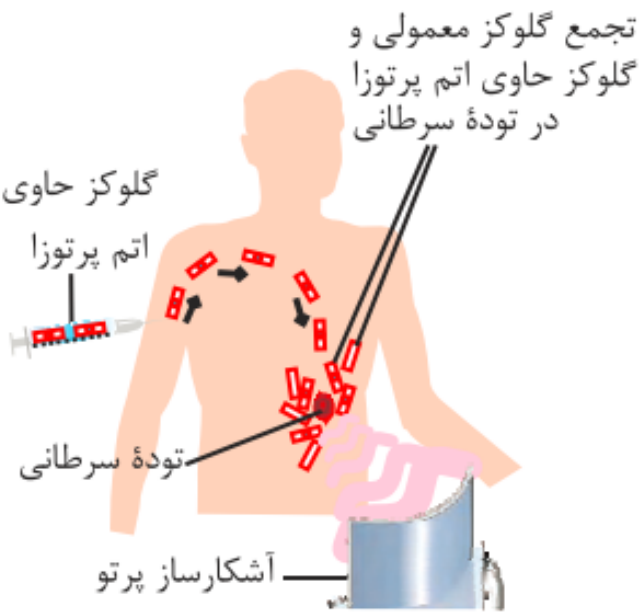


تصویر غدهٔ تیروئید ناسالم

- **همهٔ** رادیوایزوتوپ تکنسیم جهان باید در واکنشگاه (راکتور) به طور مصنوعی ساخته شود ولی از آن‌جا که نیم‌عمر این رادیوایزوتوپ **بسیار کم** است (*تقریباً نیم‌عمری حدود ۶ ساعت دارد*) نمی‌توان مقادیر زیادی از این عنصر را تهیه و به مدت طولانی نگه‌داری کرد، بنابراین بسته به نیاز، آن را با یک مولد هسته‌ای تولید و سپس مصرف می‌کنند. (۷)
- توجه کنید در جدول دوره‌ای عناصر که جلوتر خواهیم آموخت $^{99}_{43}Tc$ در گروه هفتم و دورهٔ پنجم زیر عنصر منگنز ($^{55}_{25}Mn$) قرار گرفته است. (۱۱)
- عنصر مس ($^{64}_{29}Cu$) نیز **حداقل** دارای یک رادیوایزوتوپ است زیرا در صفحهٔ ۷ کتاب درسی شکلی از مولد تولید رادیوایزوتوپ مس وجود دارد. (۷)
- با وجود خطرناک‌بودن رادیوایزوتوپ‌ها، بشر موفق به مهار و بهره‌گیری از آن‌ها شده است به طوری که از آن‌ها در پزشکی، کشاورزی و سوخت در نیروگاه‌های اتمی برای تولید **انرژی الکتریکی** استفاده می‌شود. (۷)
- **اورانیم، شناخته‌شده‌ترین فلز** (*نه عنصر!*) پرتوزایی است که یکی از ایزوتوپ‌های آن یعنی $^{235}U$ که فراوانی آن در مخلوط طبیعی کم‌تر از ۰/۷ درصد (*نه ۷ درصد!*) است، به عنوان **سوخت** در راکتورهای اتمی به کار می‌رود. (۷ و ۸)
- **غنی‌سازی ایزوتوپی:** یکی از مراحل مهم چرخهٔ تولید سوخت هسته‌ای است که طی آن مقدار ایزوتوپ مورد نظر را در **مخلوط ایزوتوپ‌های آن عنصر** افزایش می‌دهند. (۸)
- دانشمندان هسته‌ای ایران موفق شدند با فرایند غنی‌سازی ایزوتوپی مقدار $^{235}U$ را در مخلوط ایزوتوپ‌های آن افزایش دهند و نام ایران را در فهرست ده‌گانهٔ کشورهای هسته‌ای جهان ثبت کنند. با گسترش این صنعت می‌توان بخشی (*نه همه!*) **انرژی الکتریکی** مورد نیاز ایران را تهیه کرد. (۸)

**برخی رادیوایزوتوپ‌های تولیدشده در ایران**

- اکنون رادیوایزوتوپ‌های Tc و رادیوایزوتوپی از فسفر در ایران تولید می‌شود. (۸)
- یکی از چالش‌های مهم صنعت هسته‌ای **دفع پسماند** راکتورهای اتمی است، زیرا پسماند راکتورهای اتمی خاصیت پرتوزایی داشته و خطرناک هستند. (۸)
- کیمیاگری *(یعنی تبدیل عنصرهای دیگر به طلا)* آرزوی دیرینهٔ بشر بوده است. با پیشرفت علم شیمی و فیزیک، امروزه انسان می‌تواند طلا تولید کند اما هزینهٔ تولید آن به اندازه‌ای زیاد است که صرفهٔ اقتصادی ندارد. (۸)
- گلوکز یا قند خون، منبع اصلی تأمین انرژی مورد نیاز سلول‌ها است. چگونگی مصرف گلوکز در بدن دربردارندهٔ اطلاعات زیادی دربارهٔ سوخت و ساز سلول‌ها است، یعنی هر گونه اختلالی در فرایند سوخت و ساز سلول‌ها، موجب اختلال در میزان این ماده در بدن شده و می‌تواند نشانهٔ ابتلا به بیماری‌های گوناگونی مانند سرطان باشد. (۹)
- چون بافت سرطانی رشد سریع و غیرعادی دارد، گلوکز بیشتری را جذب می‌کند. با تزریق **گلوکز نشان‌دار** یا به عبارتی گلوکز حاوی اتم پرتوزا، سلول سرطانی گلوکز معمولی و گلوکز **حاوی اتم پرتوزا** را بیشتر جذب می‌کند و امکان تصویربرداری از بافت سرطانی را فراهم می‌کند. (۹)
- دود سیگار و قلیان، مقدار قابل توجهی مواد پرتوزا دارد، از این رو افرادی که به سرطان ریه دچار می‌شوند، سیگاری هستند. (۹)



پژوهش‌ها نشـــان می‌دهد که مقادیر بسیار کمی از مواد پرتوزا در همه‌جا یافـــت می‌شود. البته میزان پرتوهای تابش‌شده بسیار اندک است و به طور معمول بر سلامت ما اثری نمی‌گذارد. (۹)

*اما بریم سراغ یک جمع‌بندی از رادیوایزوتوپ‌های معرفی‌شده:*

| رادیوایزوتوپ | توضیحات |
| --- | --- |
| تکنسیم (Tc) | ۱ اولین عنصر ساخت بشر است.<br>۲ برای تصویربرداری غدهٔ تیروئید کاربرد دارد.<br>۳ به علت نیم‌عمر کوتاه به اندازهٔ نیاز ساخته می‌شود.<br>۴ یون حاوی آن از لحاظ اندازه بسیار شبیه یون یدید است. |
| اورانیم (U) | ۱ شناخته‌شده‌ترین فلز پرتوزا است.<br>۲ یکی از ایزوتوپ‌های آن ($^{۲۳۵}U$) فراوانی کم‌تر از ۰/۷ درصد در طبیعت دارد.<br>۳ با فرایند غنی‌سازی ایزوتوپی مقدار $^{۲۳۵}U$ را در مخلوط ایزوتوپ‌ها افزایش می‌دهند.<br>۴ به عنوان سوخت در راکتورهای اتمی استفاده می‌شود. |
| آهن (Fe) | برای تصویربرداری از دستگاه گردش خون استفاده می‌شود زیرا یون آن در ساختار هموگلوبین وجود دارد. |
| رادون (Rn) | ۱ سنگین‌ترین گاز نجیب موجود در طبیعت است.<br>۲ بی‌رنگ، بی‌بو و بی‌مزه می‌باشد.<br>۳ در لایه‌های زیرین زمین طی واکنش‌های هسته‌ای تولید می‌شود. |
| گلوکز نشان‌دار | از نشان‌دار آن برای تصویربرداری از بافت‌های سرطانی استفاده می‌شود. |
| مس (Cu) | _____ |

## طبقه‌بندی عنصرها

■ **طبقه‌بندی:** یک مهارت در یادگیری مفاهیم علمی است که بررسی و تحلیل را آسان‌تر می‌کند. با استفاده از طبقه‌بندی، یافته‌ها و داده‌ها را سازمان‌دهی می‌کنند تا بتوان **سریع‌تر و آسان‌تر** به اطلاعات دسترسی یافت. (۹)

■ شیمی‌دان‌ها ۱۱۸ عنصر شناخته‌شده را در جدولی قرار دادند تا اطلاعات ارزشمندی از ویژگی‌های عنصرها به دست آورند و براساس آن، رفتار عنصرهای گوناگون را پیش‌بینی کنند. (۹)

■ در جدول دوره‌ای (تناوبی) امروزی، عنصرها براساس افزایش **عدد اتمی** ساماندهی شده‌اند. به گونه‌ای که عناصری با خواص شیمیایی مشابه در یک ستون قرار می‌گیرند. این جدول از عنصر هیدروژن با عدد اتمی یک آغاز و به عنصر اوگانسون (Og) با عدد اتمی ۱۱۸ ختم می‌شود. (۱۲)

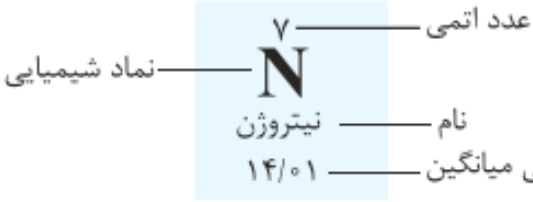
### جدول دوره‌ای

- ۷ ردیف افقی یا دوره ← عنصرها براساس افزایش عدد اتمی چیده شده‌اند.
- ۱۸ ستون یا گروه ← شامل عنصرها با خواص شیمیایی مشابه هستند.

**توجه** خواص شیمیایی عنصرهایی که در یک ردیف قرار می‌گیرند؛ با هم متفاوت است.

■ در هر دوره از **چپ به راست** خواص عنصرها به طور مشابه تکرار می‌شود، از این رو به این جدول، جدول دوره‌ای (تناوبی) می‌گویند. (۱۲)

■ هر خانه از جدول به یک عنصر معین تعلق دارد و حاوی **برخی** (نه همه!) اطلاعات **شیمیایی** آن عنصر است. (۱۲)




**توجه** *با جرم اتمی میانگین در چند صفحه جلوتر آشنا می‌شوید.*

■ در این جدول هر عنصر با یک نماد یک یا دو حرفی نشان داده شده است. در هر نماد، حرف اول به صورت بزرگ و اگر حرف دوم داشته باشد با حرف کوچک نمایش داده می‌شود. (۱۰)

■ با استفاده از نمادها، داده‌های عددی و خلاصه‌نویسی‌ها در جدول دوره‌ای، اطلاعات مفیدی مانند شمارهٔ گروه، دوره، شمار ذرات زیراتمی و ... را برای یک عنصر می‌توان به دست آورد. (۱۲)

■ چند مورد از اطلاعات جدول که مربوط به سال دهم است را در جدول زیر می‌بینید. (۱۰ و ۱۱)

| | |
|---|---|
| تعداد ردیف یا دوره | ۷ ردیف |
| تعداد گروه یا ستون | ۱۸ گروه |
| کوتاه‌ترین ردیف | ردیف ۱ با ۲ عنصر |
| بلندترین ردیف | ردیف‌های ۶ و ۷ با ۳۲ عنصر |
| کوتاه‌ترین گروه | گروه‌های ۴ تا ۱۲ با ۴ عنصر |
| بلندترین گروه | گروه ۳ با ۳۲ عنصر |

## جرم اتمی عنصرها

■ برای به دست آوردن جرم هر ماده نیاز به ترازو یا سنجهٔ مناسب با آن داریم برای مثال نمی‌توانیم طلا را با باسکول وزن کنیم. زیرا دقت **باسکول تنی تا یک‌دهم تن** و دقت **ترازوی زرگری تا یک‌صدم گرم** است. (۱۴)

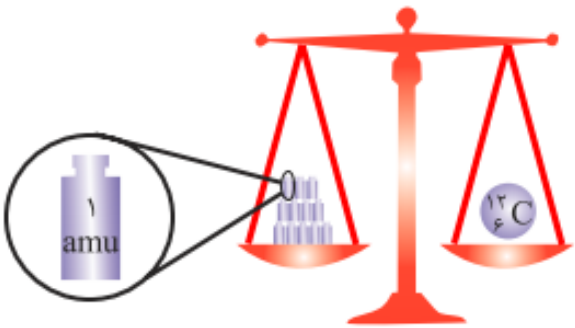
■ دانشمندان برای بررسی خواص فیزیکی و شیمیایی هر ماده باید بدانند چه جرمی از آن ماده وارد محیط آزمایش شده است، از این رو همواره در پی یافتن سنجه‌ای مناسب برای اندازه‌گیری جرم اتم‌ها بوده‌اند. (۱۴)

■ دانشمندان **مقیاس جرم نسبی** را برای تعیین جرم اتم‌ها به کار بردند. به دلیل این‌که اتم بسیار ریز است. مطابق این مقیاس، جرم اتم‌ها را با

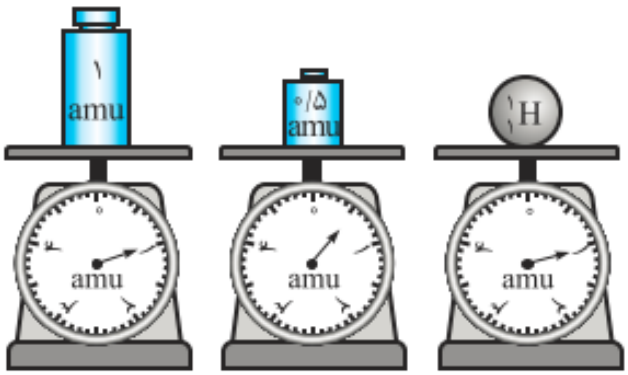
وزنه‌ای می‌سنجند که جرم آن $\frac{۱}{۱۲}$ **جرم ایزوتوپ کربن ـ ۱۲** است. به این وزنه یکای جرم اتمی «amu» یا «u» می‌گویند. (۱۴)

■ **amu یا u:** به $\frac{۱}{۱۲}$ جرم **فراوان‌ترین** ایزوتوپ کربن *(یعنی کربن ـ ۱۲)* یک amu یا یک u می‌گویند. (۱۴)

■ در یکی از تست‌ها به جای $\frac{۱}{۱۲}$ نوشته بود ۰/۰۸۳۳، پس از این به بعد حفظ می‌کنیم که $\frac{۱}{۱۲} = ۰/۰۸۳۳$ است.




در شکل مشخص است که جرم ایزوتوپ کربن ـ ۱۲ برابر ۱۲ amu است. (۱۴)




در شکل جرم اتم هیدروژن $(^{۱}_{۱}H)$ حدود ۱/۰۰۸amu گزارش شده است. (۱۴)

■ شیمیدان‌ها با مقیاس amu توانستند جرم اتمی عناصر دیگر و هم‌چنین جرم ذرات زیراتمی یا بنیادی مانند پروتون، نوترون و الکترون را نیز اندازه‌گیری کنند. (۱۵)

■ به جدول زیر دقت کنید و به نکات آن توجه کنید: (۱۵)

| نام ذره | نماد | بار الکتریکی نسبی | جرم(amu) |
|---|---|---|---|
| الکترون | $^{۰}_{-۱}e$ | −۱ | ۰/۰۰۰۵ |
| پروتون | $^{۱}_{+۱}p$ | +۱ | ۱/۰۰۷۳ |
| نوترون | $^{۱}_{۰}n$ | ۰ | ۱/۰۰۸۷ |

۱ جرم پروتون برابر نوترون و در حدود amu ۱ است. در حالی که جرم الکترون حدود $\frac{۱}{۲۰۰۰}$ amu است. از این رو **جرم نسبی** پروتون و نوترون را یک و جرم نسبی الکترون را صفر در نظر می‌گیرند. در واقع می‌توان از جرم الکترون صرف‌نظر کرد.

**جرم تقریبی:** پروتون = نوترون = ۱ amu = ۲۰۰۰ الکترون

**جرم دقیق:** الکترون <<< ۱ amu > پروتون > نوترون

۲ مقدار بار الکتریکی پروتون و الکترون **برابر ولی قرینه** است؛ نوترون هم بار ندارد و خنثی است. به همین دلیل بار نسبی الکترون (۱−)، پروتون (۱+) و نوترون صفر در نظر گرفته می‌شود.

۳ نماد ذره‌های زیراتمی به این صورت است که در **بالا سمت چپ، جرم نسبی و پایین سمت چپ، بار نسبی ذره** را نشان می‌دهند. برای مثال الکترون به صورت $_{-۱}^{۰}e$ و پروتون به صورت $_{+۱}^{۱}p$ نمایش داده می‌شود.

$$\text{جرم نسبی}\ X\ \text{بار نسبی}$$

۴ **عدد جرمی** (مجموع تعداد پروتون و نوترون) هر عنصر تقریباً با **جرم اتمی** عنصر برابر است؛ زیرا جرم نوترون برابر پروتون و تقریباً ۱ amu و جرم الکترون بسیار ناچیز است.

۵ **عدد جرمی یکا ندارد** ولی یکای جرم اتمی amu است.

■ با این توصیف جرم اتم $_{۳}^{۷}Li$ را می‌توان ۷ amu در نظر گرفت ولی با مشاهدهٔ جدول دوره‌ای می‌بینیم که جرم اتمی لیتیم ۶/۹۴ گزارش شده است.

علت این است که در یک نمونه از عنصر لیتیم، همهٔ اتم‌ها عدد جرمی ۷ ندارند. همان‌طور که قبلاً گفته شد در یک نمونهٔ طبیعی لیتیم، ۹۴ درصد $_{۳}^{۷}Li$ و ۶ درصد $_{۳}^{۶}Li$ وجود دارد که با یک میانگین جرمی، مقدار جرم اتمی میانگین به دست می‌آید. (۱۵)

$$M = \frac{M_1F_1 + M_2F_2 + \cdots}{F_1 + F_2 + \cdots}$$

M: جرم اتمی میانگین

$F_1$، $F_2$ و ... : فراوانی هر ایزوتوپ

$M_1$، $M_2$ و ... : جرم هر ایزوتوپ

برای مثال در نمونه‌ای از لیتیم داریم:

$$M = \frac{(۷ \times ۹۴) + (۶ \times ۶)}{۹۴ + ۶} = ۶/۹۴$$

- در مثالی دیگر، کلر دارای دو ایزوتوپ $^{۳۵}_{۱۷}Cl$ به میزان ۷۵/۸ درصد و $^{۳۷}_{۱۷}Cl$ به میزان ۲۴/۲ درصد است که جرم اتمی میانگین آن به صورت زیر به دست می‌آید: (۱۵)

$$M = \frac{(۳۵ \times ۷۵/۸) + (۳۷ \times ۲۴/۲)}{۷۵/۸ + ۲۴/۲} = ۳۵/۴۸۴$$

- یک amu تقریباً برابر $۱/۶۶ \times ۱۰^{-۲۴}$ گرم است. به همین دلیل برای یک اتم نمی‌توان از واحد گرم استفاده کرد؛ چون بسیار کوچک است. (۱۷)
- دانشمندان با استفاده از دستگاه **طیف‌سنج جرمی**، جرم اتم‌ها را با دقت زیاد اندازه‌گیری می‌کنند. (۱۷)
- amu واحد بسیار کوچکی است که عملاً در آزمایشگاه بی‌استفاده می‌باشد؛ از این رو دانشمندان عددی را به دست آوردند که اگر آن تعداد از اتم‌ها را وزن کنیم، جرم قابل استفاده‌ای در آزمایشگاه به دست می‌آید. این عدد به افتخار **آمدئو آووگادرو** شیمی‌دان پرآوازهٔ ایتالیایی، عدد آووگادرو ($N_A$) نامیده شد. (۱۷)
- شیمی‌دان‌ها عدد آووگادرو ($۶/۰۲۲ \times ۱۰^{-۲۴}$) از هر ذره را یک **مول** از آن ذره نامیدند. (۱۸)
- **جرم مولی**: به جرم یک مول (تعداد $۶/۰۲۲ \times ۱۰^{۲۳}$) ذره **برحسب گرم**، جرم مولی آن می‌گویند. (۱۸)

■ گرم، رایج‌ترین یکای اندازه‌گیری جرم در آزمایشگاه شناخته می‌شود و چون یکای جرم اتمی **(amu)** یکای بسیار کوچکی است، کار با آن در آزمایشگاه غیرممکن است. (۱۸)

### یک مقایسه

| | |
|---|---|
| عدد اتمی (Z) | به تعداد پروتون‌های یک اتم می‌گوییم. برای مثال لیتیم ($^{7}_{3}Li$) دارای ۳ پروتون است؛ پس عدد اتمی آن ۳ است. ($Z = 3$) |
| عدد جرمی (A) | به مجموع تعداد پروتون و نوترون می‌گوییم؛ برای مثال لیتیم ($^{7}_{3}Li$) دارای ۳ پروتون و ۴ نوترون است؛ پس عدد جرمی آن ۷ است. ($A = 7$) دقت کنید که عدد جرمی واحد ندارد. |
| جرم اتمی (Z) | به جرم یک اتم برحسب amu جرم اتمی می‌گوییم؛ برای مثال یک اتم لیتیم ($^{7}_{3}Li$) جرمی **تقریباً** برابر ۷ amu دارد. (جرم اتمی تقریباً برابر عدد جرمی است.) |
| جرم مولی (A) | به جرم یک مول از یک اتم برحسب گرم می‌گوییم. برای مثال تعداد $۶/۰۲۲\times۱۰^{۲۳}$ از اتم لیتیم ($^{7}_{3}Li$) جرمی تقریباً برابر ۷ g دارد. ($M = 7\ g$) |

## نور، کلید شناخت جهان

■ نور، کلیدی است که با آن می‌توان رازهای آفرینش را رمزگشایی کرد. شاید بتوان گفت که نور، کلید قفل صندوقچهٔ رازهای جهان است. (۱۹)

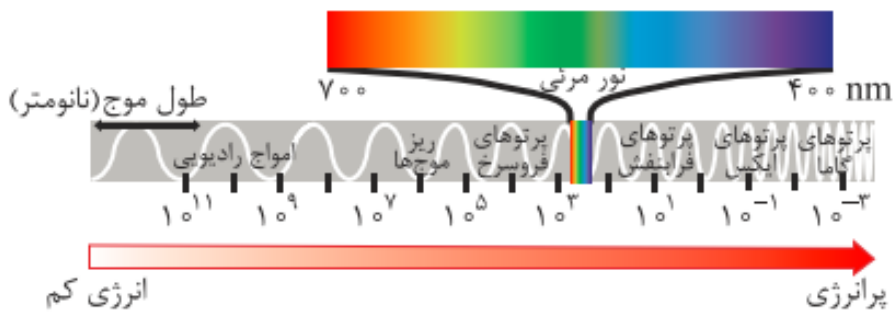
■ در بعضی اوقات نمی‌توان ویژگی‌ها و دمای اجسام را به طور مستقیم اندازه‌گیری کرد و در نتیجه ما **با استفاده از نور** آن‌ها این کار را انجام می‌دهیم.

**مثال ۱** خورشید و اجرام آسمانی آن‌قدر از ما دور هستند که به آن‌ها دسترسی نداریم.

**مثال ۲** بعضی اجسام آن‌قدر دمای بالایی دارند که یا دماسنجی برای اندازه‌گیری دمای آن‌ها وجود ندارد و یا دماسنج در مواجهه با آن دماها ذوب می‌شود. (۱۹)

- نور، گسترهٔ **رنگی** شامل بی‌نهایت طول موج از رنگ‌های گوناگون است. دانشمندان به کمک دستگاهی به نام طیف‌سنج می‌توانند از پرتوهای گسیل‌شده از مواد گوناگون، اطلاعات ارزشمندی دربارهٔ آن‌ها به دست آورند. برای مثال، نوری که از یک ستاره یا سیاره به ما می‌رسد، نشان می‌دهد آن ستاره یا سیاره از چه ساخته شده و دمای آن چه‌قدر است. (۱۹)
- چشم ما تنها می‌تواند گسترهٔ محدودی از نور را ببیند. به این گستره که رنگ‌های **سرخ، نارنجی، زرد، سبز، آبی، نیلی و بنفش** است، گسترهٔ **مرئی** می‌گویند. (۲۰)
- طول موج ($\lambda$) : یکی از ویژگی‌های موج است که به نزدیک‌ترین فاصلهٔ **دو نقطهٔ مشابه** در یک موج می‌گویند. طول موج با انرژی رابطهٔ **عکس** دارد. (۲۰)
- نور مرئی بخش کوچکی از گسترهٔ پرتوهای الکترومغناطیس است که طول موج آن حدود ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر می‌باشد. (۲۰)

به شکل دقت کنید: (۲۰)




## ترتیب طول موج امواج الکترومغناطیس:

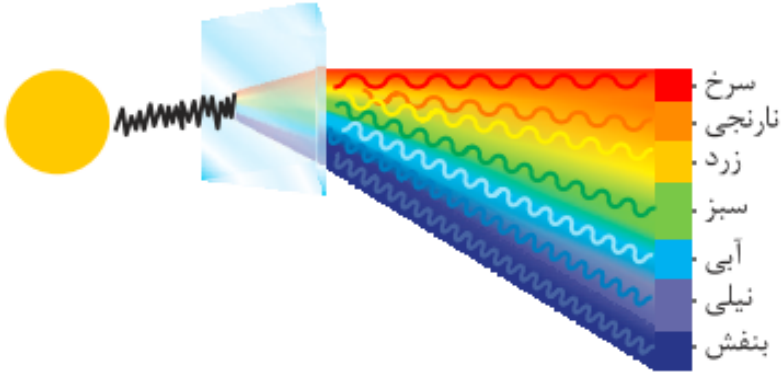
پرتوهای گاما < پرتوهای ایکس< پرتوهای فرابنفش< نور مرئی < پرتوهای فروسرخ< ریزموج‌ها < امواج رادیویی

### ترتیب طول موج نور مرئی:

بنفش < نیلی < آبی < سبز < زرد < نارنجی < سرخ

همان‌طور که گفتیم، ترتیب انرژی‌ها **عکس** طول موج است.

- بررسی‌ها نشان می‌دهد که نور خورشید شـــامل گسترهٔ بســـیار بزرگ‌تری از پرتوهای مرئی است ولی ما فقط قسمت مرئی آن را می‌بینیم. (۲۰)




- هر چه **انرژی** یک پرتو **بیشتر** باشد، میزان **انحراف** آن در عبور از منشور **بیشتر** است. (۲۰)

### میزان انحراف (انرژی) پرتوهای مرئی:

سرخ < نارنجی < زرد < سبز < آبی < نیلی < بنفش

به شکل مقابل دقت کنید: (۲۱)

با توجه به شکل می‌توانیم نتیجه بگیریم که چون ترتیب انرژی نورها به صورت آبی > زرد > قرمز است، حرارت نور آبی از همه **بیشتر** و قرمز از همه کم‌تر است؛ بنابراین:

دما: شعلهٔ گاز (۱۷۵۰ °C) < شعلهٔ شمع (۸۰۰ °C) < سشوار (۲۷۵۰ °C)

- بسیاری از ریموت‌ها و دستگاه‌ها مانند کنترل تلویزیون از گیرنده‌های **فروسرخ** ساخته شده‌اند که با چشم قابل دیدن نیست، اما ما می‌توانیم با دوربین موبایل آن‌ها را ببینیم. (۲۱)

## نشر نور و طیف نشری

- نور زرد لامپ‌هایی که در شب، آزادراه‌ها و خیابان‌ها را روشن می‌سازد، به دلیل وجود **بخار سدیم** در آن‌ها است. (۲۲)
- از لامپ **نئون** در ساخت تابلوهای تبلیغاتی برای ایجاد نوشته‌های **سرخ‌فام** استفاده می‌شود. (۲۲)
- تجربه نشان می‌دهد که بسیاری از نمک‌ها، شعلهٔ رنگی دارند. به طوری که اگر مقداری از محلول نمک را با افشانه روی شعله بپاشیم، رنگ شعله تغییر می‌کند.

| سبز | زرد | سرخ |
|---|---|---|
| مس (II) نیترات | سدیم نیترات | لیتیم نیترات |
| مس (II) کلرید | سدیم کلرید | لیتیم کلرید |
| مس (II) سولفات | سدیم سولفات | لیتیم سولفات |
| فلز مس | فلز سدیم | فلز لیتیم |

همان‌طور که می‌بینید، فلز مس و نمک‌های آن رنگ **سبز**، فلز سدیم و نمک‌های آن رنگ **زرد** و فلز لیتیم و نمک‌های آن رنگ **سرخ** به شعله می‌دهند؛ پس از روی رنگ شعله می‌توان به وجود عنصر فلزی در آن پی برد. (۲۲)

- دقت کنید که تشخیص نوع عنصر از راه رنگ شعله با چشم کار دقیقی نیست. برای مثال رنگ شعلهٔ باریم و مس هر دو سبز است و با چشم نمی‌توان به طور دقیق آن‌ها را تشخیص داد. (۲۲)

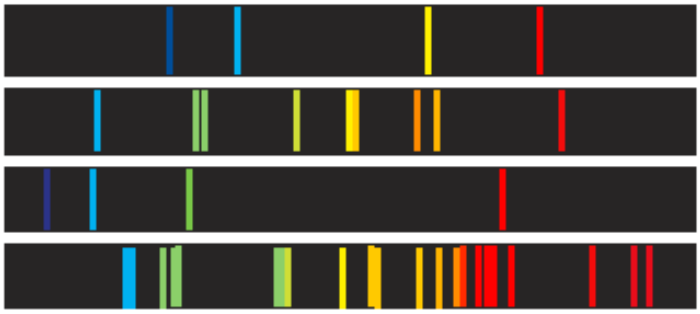
■ **نشر:** شیمی‌دان‌ها به فرایندی که در آن یک مادهٔ شیمیایی با جذب انرژی، از خود پرتوهای الکترومغناطیس گسیل می‌دارد، نشر می‌گویند. (۲۳)

■ اگر یک ترکیب لیتیم‌دار را روی شعله نگه داریم و نور **سرخ** شعله را از یک منشور عبور دهیم، الگویی مانند شکل زیر به دست می‌آید که به آن **طیف نشری خطی** لیتیم می‌گویند. (۲۳)

همان‌طور که می‌بینید طیف نشری خطی لیتیم دارای ۴ خط در **ناحیهٔ مرئی** است (*دقت کنید که ما فقط طیف‌های مرئی را می‌بینیم*). (۲۳)

■ هر فلز، طیف نشری خطی ویژهٔ خود را دارد و مانند اثر انگشت، می‌توان از آن طیف برای شناسایی فلز استفاده کرد. (۲۳)

■ به شکل مقابل که طیف نشری خطی برخی عنصرها را نشان می‌دهد، دقت کنید: (۲۳)




همان‌طور که می‌بینید تعداد خط‌ها در ناحیهٔ مرئی به صورت زیر است:

نئون (۲۲ خط) > هلیم (۹ خط) > هیدروژن (۴ خط) = لیتیم (۴ خط)

حتماً متوجه شدید که تعداد خط‌ها **در ناحیهٔ مرئی** ربطی به تعداد الکترون اتم ندارد.

■ از مقایسهٔ الگوهای مربوط به عناصری که آن‌ها را می‌شناسیم با یک مادهٔ مجهول می‌توان فهمید در آن ماده به صورت تقریبی چه عناصری وجود دارد.

## کشف ساختار اتم

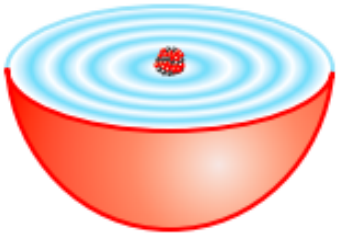
■ همان‌طور که در قبل دیدیم طیف نشری خطی هیدروژن در گسترهٔ مرئی دارای ۴ نوار مرئی با طول موج و انرژی معین بود. (۲۴)

■ **بور** پس از پژوهش‌های فراوان توانست مدلی برای **اتم هیدروژن** ارائه دهد. اگرچه مدل او با موفقیت توانست طیف نشری خطی هیدروژن را توجیه کند، اما توانایی توجیه طیف نشری خطی دیگر عنصرها را نداشت. (۲۴)

■ مدل بور می‌تواند برای گونه‌هایی به کار رود که دارای یک الکترون هستند مانند $_{1}H$، $_{2}He^{+}$، $_{3}Li^{2+}$ و ... (۲۴)

■ دانشمندان برای توجیه طیف خطی نشری بقیهٔ عنصرها **ساختار لایه‌ای** را برای اتم ارائه کردند. (۲۴)

■ **مدل لایه‌ای اتم:** در این مدل، اتم مانند کره‌ای است که هسته در فضای بسیار کوچکی در مرکز آن قرار دارد و الکترون‌ها در فضایی بسیار بزرگ‌تر و در لایه‌های پیرامون هسته توزیع می‌شوند. (۲۴)



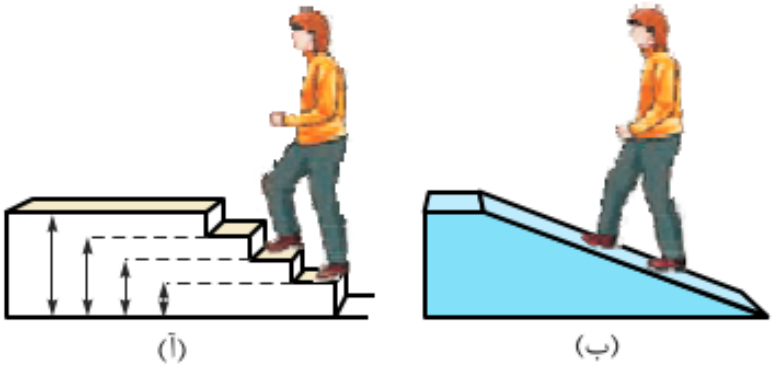
■ عزیزان می‌بینید که در شکل لایه‌ای اتم، هر بخش پررنگ، مهم‌ترین بخش از یک لایهٔ الکترونی را نشان می‌دهد. در واقع آن بخش مکانی است که **الکترون‌های آن لایه بیشتر وقت خود** را در آن فاصله از هسته سپری می‌کنند؛ پس الکترون در هر لایه‌ای باشد، در همهٔ نقاط پیرامون هسته حضور می‌یابد، اما در محدودهٔ یادشده **احتمال حضور** بیشتری دارد. (۲۴)

■ **عدد کوانتومی اصلی:** شمارهٔ هر لایه را نشان می‌دهد. این لایه‌ها را از هسته به سمت بیرون شماره‌گذاری می‌کنند و شمارهٔ هر لایه را با n نمایش می‌دهند. n عدد کوانتومی اصلی نامیده می‌شود. (۲۴)

حداکثر گنجایش تعداد الکترون در یک لایه $2n^2$ است.

| شمارهٔ لایه (n) | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ |
|---|---|---|---|---|---|
| حداکثر گنجایش | ۲ | ۸ | ۱۸ | ۳۲ | ۵۰ |

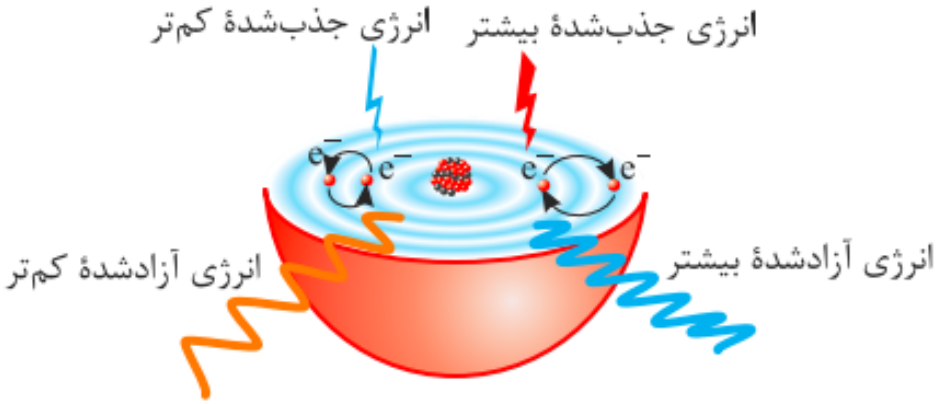
*قبل از این‌که جملات حفظی رو ادامه بدیم، می‌خوام کمی به نکته‌ای که برای شما توضیح می‌دم، توجه کنید.* فرض کنید وارد مغازهٔ سوپرمارکت شده‌اید و به فروشنده می‌گویید ۳/۵ عدد تخم‌مرغ می‌خواهید؟!! قطعاً به شما خواهد خندید. شما یا باید ۳ تخم‌مرغ بخرید یا ۴ تخم‌مرغ. این مفهوم کوانتوم است. کتاب درسی این مفهوم را با پله مثال زده است و می‌گوید شما بین دو پله نمی‌توانید بایستید.



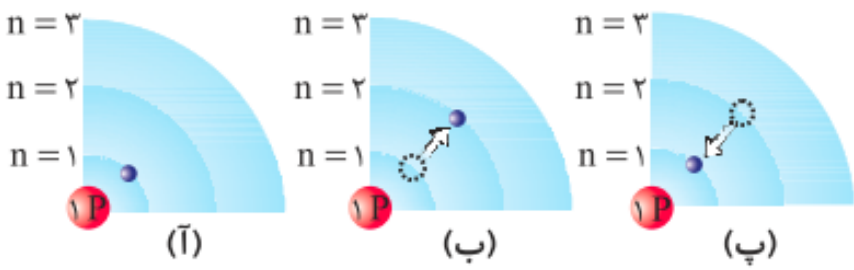
مقایسهٔ مصرف انرژی به صورت (آ) کوانتومی و (ب) پیوسته

حالا به مثال دیگر دقت کنید. فرض کنید سر سفره نشسته‌اید و می‌گویید ۱/۵ کفگیر برای شما برنج بریزند. این موضوع امکان‌پذیر است؛ پس شما ظاهراً برنج را یک کمیت پیوسته دانسته‌اید، ولی اگر از دید ریزتر دقت کنید، برنج هم یک کمیت کوانتومی است، چون دانه‌های برنج به صورت جدا هستند. پس برنج از دید **ماکروسکوپی** یک کمیت **پیوسته** و اما از نگاه **میکروسکوپی** یک کمیت **گسسته یا کوانتومی** است. کتاب درسی با گندم این مثال را توضیح داده است.

- **انرژی نیز همانند ماده** در نگاه ماکروسکوپی، پیوسته اما از نگاه میکروسکوپی، گسسته یا کوانتومی است. (۲۵)
- دادوستد انرژی الکترون هنگام انتقال بین لایه‌ها نیز به صورت کوانتومی است. وقتی به **اتم‌های گازی** یک عنصر با تابش نور یا گرم‌کردن، انرژی داده می‌شود، الکترون‌ها با جذب انرژی معین از لایه‌ای به لایهٔ بالاتر انتقال می‌یابند. هر چه انرژی جذب‌شده بیشتر باشد، الکترون به لایه‌های بالاتر انتقال می‌یابد و هنگام بازگشت، انرژی **بیشتری** آزاد می‌کند. (۲۶)




- از آن‌جایی که انرژی داد وستد شده هنگام انتقال الکترون در اتم، کوانتومی است و انرژی در پیمانه‌های معینی، جذب یا نشر می‌شود؛ چنین ساختاری را برای اتم، **مدل کوانتومی اتم** نامیدند. (۲۶)
- **مدل کوانتومی اتم:** براساس این مدل، الکترون‌ها در هر لایه، آرایش و انرژی معینی دارند و اتم از پایداری نسبی برخوردار است؛ به طوری که گفته می‌شود اتم در حالت پایه قرار دارد. (۲۶)
- انرژی الکترون‌ها در اتم با افزایش فاصله از هسته **افزایش** می‌یابد. (۲۶)
- اگر به اتم‌ها در حالت پایه انرژی داده شود، الکترون‌های آن‌ها با جذب انرژی به لایه‌های بالاتر انتقال می‌یابند. به اتم‌ها در چنین حالتی، اتم‌های **برانگیخته** می‌گویند. اتم‌های برانگیخته **پرانرژی و ناپایدارند**؛ از این رو می‌خواهند دوباره با از دست دادن انرژی به حالت پایدارتر و در نهایت به حالت پایه برگردند. (۲۶ و ۲۷)




آ) الکترون در حالت پایهٔ اتم هیدروژن

ب) الکترون در حالت برانگیخته از اتم هیدروژن

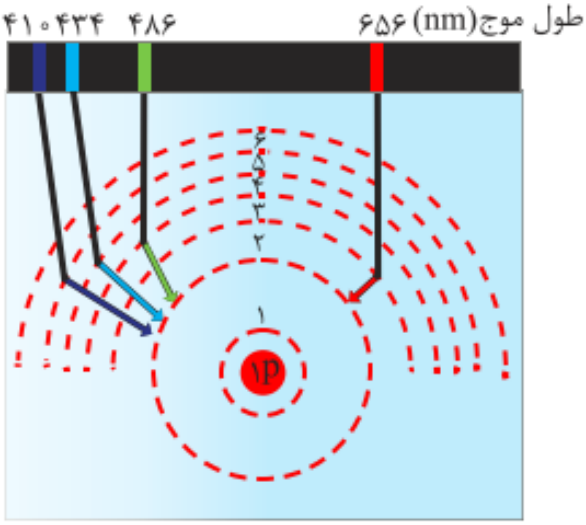
پ) بازگشت الکترون به حالت پایه

■ **مناسب‌ترین شیوهٔ** از دست دادن انرژی برای الکترون، **نشر نور** است. الکترون در اتم برانگیخته، هنگام بازگشت به حالت پایه، نوری با طول موج معین نشر می‌کند. (۲۷)

■ احتمالاً متوجه شدید که هر نوار رنگی در طیف نشری خطی عنصر، پرتوهایی است که هنگام بازگشت الکترون‌ها از لایه‌های بالاتر به لایه‌های پایین‌تر است. (۲۷)

■ با توجه به این‌که انرژی لایه‌های الکترونی در اطراف هستهٔ هر اتم به عدد اتمی آن وابسته است، انرژی لایه‌ها در همهٔ اتم‌ها با هم متفاوت است؛ بنابراین انتظار می‌رود هر عنصر طیف نشری خطی منحصر به فردی ایجاد کند. (۲۷)

■ برای مثال هیدروژن، چهار نوار رنگی در ناحیهٔ مرئی ایجاد می‌کند که به صورت مقابل است. (۲۷)




این رنگ‌ها را می‌توانید به این صورت به ترتیب افزایش طول موج حفظ کنید:

| انتقال | رنگ | طول موج |
|---|---|---|
| $n=۶ \rightarrow n=۲$ | بنفش | ۴۱۰ |
| $n=۵ \rightarrow n=۲$ | آبی | ۴۳۴ |
| $n=۴ \rightarrow n=۲$ | سبز | ۴۸۶ |
| $n=۳ \rightarrow n=۲$ | قرمز | ۶۵۶ |

همان‌طور که می‌دانید باسق به معنی **بلند** است و همان‌طور که می‌بینید از بنفش به قرمز، **طول موج‌ها بلند** می‌شوند.

- توجه داشته باشید که طول موج با انرژی رابطهٔ عکس دارد و در این رنگ‌ها، بنفش بیشترین انرژی و قرمز کم‌ترین انرژی را دارد.
- در ابتدای فصل گفتیم که هرچه انرژی بیشتر باشد، آن نور در منشور انحراف بیشتری خواهد داشت؛ پس اگر نور حاوی هیدروژن برانگیخته را از منشور رد کنیم، شکلی مطابق مقابل خواهیم دید.

- با تعیین دقیق طول موج نوارهای ایجادشده می‌توان به تصویر دقیقی از انرژی لایه‌های الکترونی و در واقع آرایش الکترونی دست یافت. (۲۷)

## توزیع الکترون‌ها در لایه‌ها و زیرلایه‌ها

- اگر عنصرها را با توجه به شیوهٔ پرشدن لایه‌های الکترونی و با فرض این‌که هر لایه، خود از بخش کوچک‌تری با نام **زیرلایه** تشکیل شده دسته‌بندی کنیم، می‌توانیم به جدول مقابل برسیم که عنصرها در چهار دسته قرار می‌گیرند. (۲۸)

- در مدل کوانتومی اتم، به هر نوع زیرلایه یک عدد کوانتومی نسبت داده می‌شود. این عدد را با نماد $(l)$ نمایش می‌دهند و **عدد کوانتومی فرعی** نامیده می‌شود. مقادیر معین برای آن به صورت زیر است: (۲۹)

$$l = \underset{s}{\overset{\downarrow}{۰}}, \underset{p}{\overset{\downarrow}{۱}}, \underset{d}{\overset{\downarrow}{۲}}, \underset{f}{\overset{\downarrow}{۳}}, \underset{g}{\overset{\downarrow}{۴}}, \ldots, (n-۱)$$

■ **حداکثر** گنجایش الکترونی زیرلایه‌ها به صورت دنبالهٔ زیر است که جملهٔ عمومی آن $4l+2$ با $l \geq 0$ است. (۲۹)

۲,۶,۱۰,۱۴,...

■ نماد هر زیرلایهٔ معین با دو عدد کوانتومی به صورت nl مشخص می‌شود که در آن n، **شمارهٔ لایه** و l، **نماد حرفی زیرلایه** است. برای مثال زیرلایهٔ 2p دارای $n=2$ و $l=1$ است. (۲۹)

| نماد زیرلایه | s | p | d | f | g | h |
|---|---|---|---|---|---|---|
| مقدار l | صفر | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ |
| حداکثر گنجایش زیرلایه $(4l+2)$ | ۲ | ۶ | ۱۰ | ۱۴ | ۱۸ | ۲۲ |

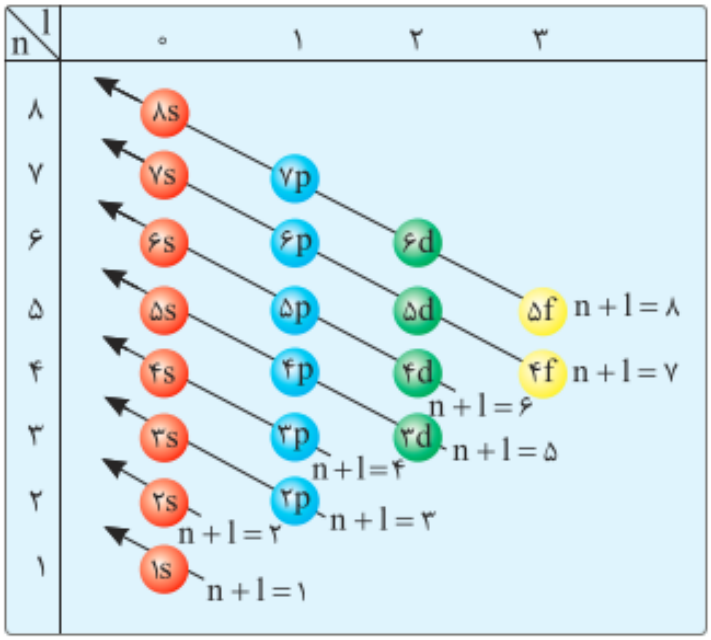
■ در هر لایه n زیرلایه موجود است. برای مثال لایهٔ سوم دارای سه زیرلایهٔ s، p و d است.

## آرایش الکترونی اتم

روند پرشدن زیرلایه‌ها نشان می‌دهد که پرشدن آن‌ها تنها به عدد کوانتومی اصلی وابسته نیست، بلکه از یک قاعدهٔ کلی به نام **قاعدهٔ آفبا** (واژهٔ آلمانی به معنای ساختن یا افزایش گام‌به‌گام است.) پیروی می‌کند. (۳۰)

■ مطابق این قاعده، هنگام افزودن یک الکترون به زیرلایه‌ها، اول زیرلایه‌های **نزدیک‌تر به هسته** پر می‌شوند که دارای **انرژی کم‌تری** هستند و سپس زیرلایه‌های بالاتر پر خواهند شد. (۳۰)

■ انرژی زیرلایه‌ها به n و $n+l$ وابسته است. به طوری که ابتدا زیرلایه‌ای




پر می‌شود که $n+l$ **کوچک‌تری** دارد و اگر برای ۲ یا چند زیرلایه $n+l$ یکسان بود، زیرلایه با $n$ **کوچک‌تر** پر می‌شود. (۳۱)

- قاعدهٔ آفبا آرایش الکترونی اتم **اغلب** (*نه همه!*) عنصرها را پیش‌بینی می‌کند. (۳۲)

برای مثال آرایش الکترونی **قابل انتظار** برای ۲ عنصر کروم و مس به صورت زیر است:

$$_{24}Cr : 1s^2 / 2s^2\,2p^6 / 3s^2\,3p^6\,3d^4 / 4s^2$$

$$_{29}Cu : 1s^2 / 2s^2\,2p^6 / 3s^2\,3p^6\,3d^9 / 4s^2$$

ولی به کمک روش‌های طیف‌سنجی پیشرفته، آرایش الکترونی این اتم‌ها با دقت تعیین و مشخص شده که در بیرونی‌ترین زیرلایهٔ خود تنها یک الکترون دارند و آرایش آن‌ها به صورت زیر است: (۳۲)

$$_{24}Cr : 1s^2 / 2s^2\,2p^6 / 3s^2\,3p^6\,3d^5 / 4s^1$$

$$_{29}Cu : 1s^2 / 2s^2\,2p^6 / 3s^2\,3p^6\,3d^{10} / 4s^1$$

- آرایش الکترونی اتم‌ها را به شیوهٔ دیگری نیز می‌توان نوشت که **آرایش الکترونی فشرده** خوانده می‌شود. در این آرایش الکترونی از **نماد گاز نجیب** استفاده می‌شود. برای مثال آرایش فشردهٔ عنصر سدیم به صورت مقابل است: (۳۲)

$$_{11}Na : [Ne]3s^1$$

■ لایهٔ ظرفیت: **بیرونی‌ترین لایهٔ اتم**، لایهٔ ظرفیت نام دارد که الکترون‌های آن، رفتار **شیمیایی** اتم را تعیین می‌کنند. به الکترون‌های این لایه، الکترون‌های ظرفیت اتم می‌گویند. (۳۲ و ۳۳)

■ توجه کنید که در عنصرهای دستهٔ d از دورهٔ چهارم، الکترون‌های ظرفیت شامل الکترون‌های موجود در زیرلایه‌های ۴s و ۳d است. برای مثال در اتم وانادیم، تعداد الکترون‌های لایهٔ ظرفیت برابر ۵ است. (۳۳)

$_{35}Br : [Ar]3d^{10}4s^{2}4p^{5}$ ← ۲+۵=۷ تعداد الکترون ظرفیت

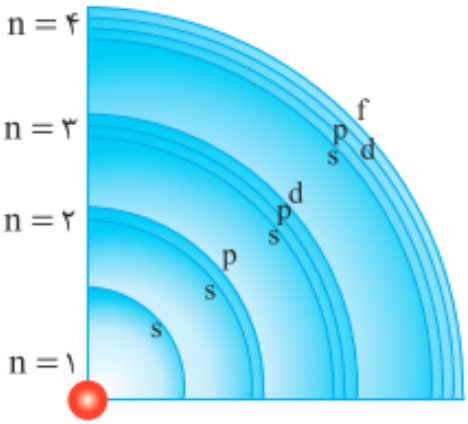
↓ شمارهٔ لایهٔ ظرفیت

$_{11}Na : [Ne]3s^{1}$ ← ۱= تعداد الکترون ظرفیت

↓ شمارهٔ لایهٔ ظرفیت

$_{23}V : [Ar]3d^{3}4s^{2}$

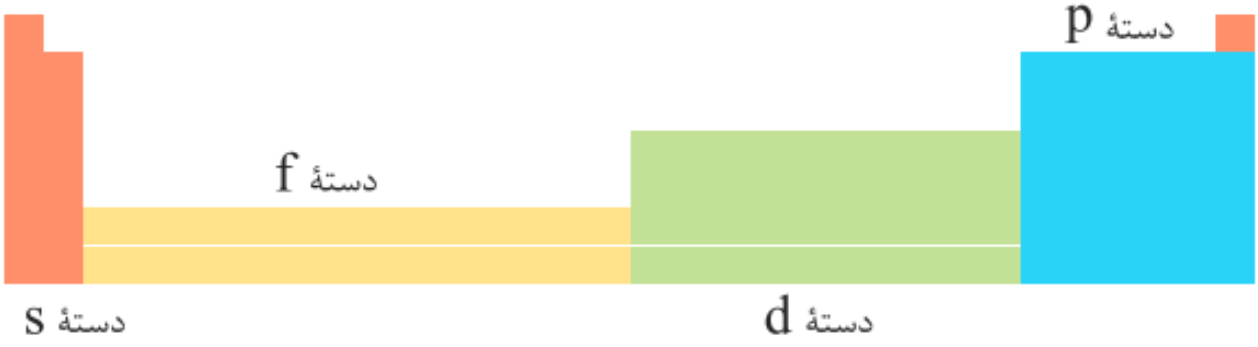
■ اهمیت آرایش الکترونی فشرده به دلیل نمایش آرایش الکترون‌ها در **لایهٔ ظرفیت** است. (۳۲)




■ پس تا این‌جا متوجه شدیم که مطابق مدل کوانتومی اتم، اتم را می‌توان کره‌ای در نظر گرفت که هستهٔ بسیار کوچک و سنگینی در مرکز آن جای دارد و محل تمرکز پروتون‌ها و نوترون‌ها است. پیرامون هسته، الکترون‌ها در لایه‌های الکترونی که خود دارای زیرلایه‌هایی هستند، حضور دارند. (۳۰)

■ قبلاً هم گفتیم که عناصر را می‌توان در جدول تناوبی به ۴ دسته تقسیم کرد. در واقع این دسته‌بندی براساس آخرین الکترون آن‌ها در حالت پایهٔ اتم است. برای مثال چون آرایش الکترونی اکسیژن به صورت: $_{8}O : 1s^{2} / 2s^{2}2p^{4}$ است

و آخرین الکترون وارد زیرلایهٔ p شده است؛ این عنصر را عنصری از دستهٔ p طبقه‌بندی می‌کنیم. (۳۴)




## دسته‌بندی عناصر براساس آخرین الکترون آن‌ها

| دسته | ویژگی | عناصر دسته |
|---|---|---|
| دستهٔ s | آخرین الکترون وارد زیرلایهٔ s می‌شود. | گروه‌های ۱ و ۲، هیدروژن و هلیم (۱۴ عنصر) |
| دستهٔ p | آخرین الکترون وارد زیرلایهٔ p می‌شود. | گروه‌های ۱۳ تا ۱۸ به‌جز هلیم (۳۶ عنصر) |
| دستهٔ d | آخرین الکترون وارد زیرلایهٔ d می‌شود. | گروه‌های ۳ تا ۱۲ به‌جز لانتانیدها و اکتنیدها (۴۰ عنصر) |
| دستهٔ f | آخرین الکترون وارد زیرلایهٔ f می‌شود. | لانتانیدها و اکتنیدها (۲۸ عنصر) |

## ساختار اتم و رفتار آن

- گازهای نجیب در طبیعت به صورت **تک‌اتمی** یافت می‌شوند که می‌توان نتیجه گرفت این عناصر، واکنش‌ناپذیر بوده و یا واکنش‌پذیری بسیار کمی دارند. (۳۴)
- با دقت به آرایش الکترونی گازهای نجیب درمی‌یابیم که به‌جز هلیم

که در لایهٔ آخر خود دو الکترون دارد، بقیهٔ گازهای نجیب در لایهٔ آخر خود هشت الکترون دارند. (۳۴)

$_{۲}He : ۱s^{۲}$

$_{۱۰}Ne : [He]\, ۲s^{۲}\, ۲p^{۶}$

$_{۱۸}Ar : [Ne]\, ۳s^{۲}\, ۳p^{۶}$

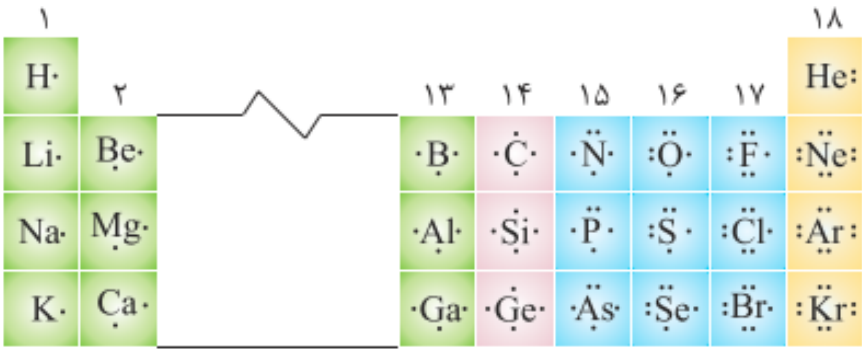
$_{۳۶}Kr : [Ar]\, ۳d^{۱۰} / ۴s^{۲}\, ۴p^{۶}$

■ با این توضیحات متوجه می‌شویم که بین **پایداری و آرایش الکترونی** لایهٔ ظرفیت اتم‌ها باید رابطه‌ای وجود داشته باشد؛ به طوری که اتم‌هایی که آرایشی شبیه گازهای نجیب یا هشت‌تایی دارند، واکنش‌پذیری چندانی ندارند، ولی اگر اتمی در لایهٔ ظرفیت شبیه گازهای نجیب نباشد، واکنش‌پذیر است. (۳۵)

■ **آرایش الکترون نقطه‌ای: لوویس** برای توضیح و پیش‌بینی رفتار اتم‌ها این آرایش را ارائه داد. مطابق این آرایش، الکترون‌های ظرفیت هر اتم پیرامون نماد آن با نقطه، نمایش داده می‌شود. برای مثال ($Na\cdot$ ، $\dot{C}\cdot$ ، $\cdot\ddot{P}\cdot$ ، $:\ddot{A}r:$) (۳۵)

■ رفتار **شیمیایی** هر اتم به تعداد الکترون‌های ظرفیت آن بستگی دارد. می‌توان هشت‌تایی‌شدن لایهٔ ظرفیت و دستیابی به آرایش گاز نجیب را مبنای میزان واکنش‌پذیری اتم‌ها دانست. (۳۶)

■ اتم‌ها می‌توانند با دادن، گرفتن و یا به اشتراک‌گذاشتن الکترون، به آرایش گاز نجیب برسند و پایدارتر شوند. (۳۶)




■ حالا خودتون رو آماده کنید که بریم سراغ یک «با هم بیندیشیم» که پر از نکات خوب است. (۳۷ و ۳۸)

نتایج شکل بالا را در جملات زیر برای شما طبقه‌بندی کرده‌ام:

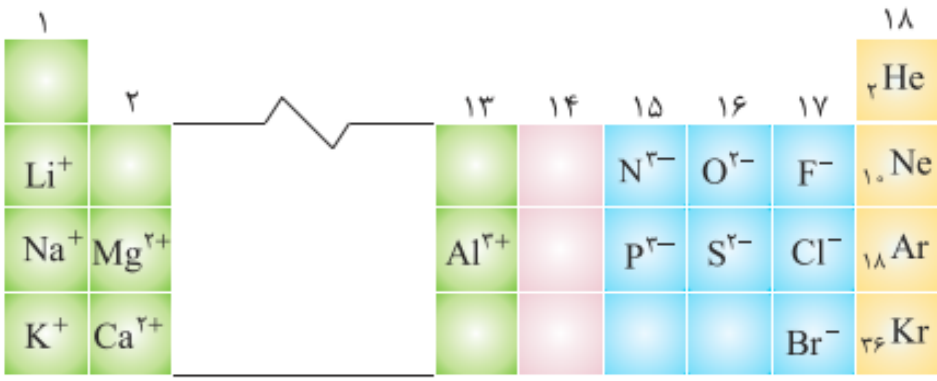
۱ آرایش الکترون ـ نقطه‌ای اتم‌های هم‌گروه، شبیه هم است. قاعدتاً هم باید این‌طور باشد؛ چون در یک گروه، تعداد الکترون‌های ظرفیتی یکسان است. البته به‌جز :He که دو الکترونی است.

۲ در عناصر دسته‌های s و p، تعداد الکترون‌های ظرفیتی برابر **یکان شمارهٔ گروه** است. برای مثال کربن در گروه ۱۴، دارای ۴ الکترون ظرفیتی و کلر در گروه ۱۷، دارای ۷ الکترون ظرفیتی است.

۳ عناصر گروه ۱۴ بیشترین تعداد الکترون منفرد را دارند؛ یعنی ۴ الکترون منفرد.

۴ **به طور کلی** می‌توان گفت که داشتن الکترون منفرد نشانه‌ای از واکنش‌پذیری است.

۵ تعداد الکترون‌های منفرد، میزان واکنش‌پذیری را مشخص نمی‌کند. برای مثال فلوئور (:F̈·) با یک الکترون منفرد از نیتروژن (·N̈·) با سه الکترون منفرد واکنش‌پذیری بیشتری دارد.



نتایج شکل صفحهٔ قبل را نیز در جملات زیر می‌بینید:

۱ به طور کلی اگر تعداد الکترون‌های ظرفیتی اتمی **کم‌تر یا برابر سه** باشد، آن اتم تمایل دارد **با از دست دادن** همه الکترون‌های ظرفیتی خود به آرایش گاز نجیب **قبل از خود** برسد.

۲ به طور کلی اگر تعداد الکترون‌های ظرفیتی اتمی **بیشتر یا برابر پنج** باشد، آن اتم تمایل دارد تعدادی الکترون **دریافت کند** تا به آرایش گاز نجیب **بعد از خود** برسد.

۳ بررسی گروه‌ها را به صورت جداگانه ببینید:

گروه ۱: **تمامی** اتم‌ها می‌توانند یک الکترون لایهٔ ظرفیت خود را از دست بدهند و با تبدیل به یون یک بار مثبت به آرایش **گاز نجیب قبل از خود** برسند. لیتیم به آرایش دوتایی هلیم و بقیه به آرایش هشتایی می‌رسند.

گروه ۲: **به‌جز بریلیم**، تمامی اتم‌ها می‌توانند دو الکترون لایهٔ ظرفیت خود را از دست بدهند و با تبدیل به یون دو بار مثبت به آرایش **گاز نجیب قبل از خود** برسند.

گروه ۱۳: در این گروه آلومینیم با از دست دادن سه الکترون و تشکیل یون سه بار مثبت به آرایش هشتایی می‌رسد و عناصر زیر آلومینیم نیز با وجود این‌که یون سه بار مثبت تشکیل می‌دهند به آرایش گاز نجیب نمی‌رسند.

**توجه** **بریلیم** از گروه ۲ و **بور** از گروه ۱۳ به جای تشکیل یون، الکترون به اشتراک می‌گذارند و پایدار می‌شوند زیرا یون آن‌ها بسیار ناپایدار است.

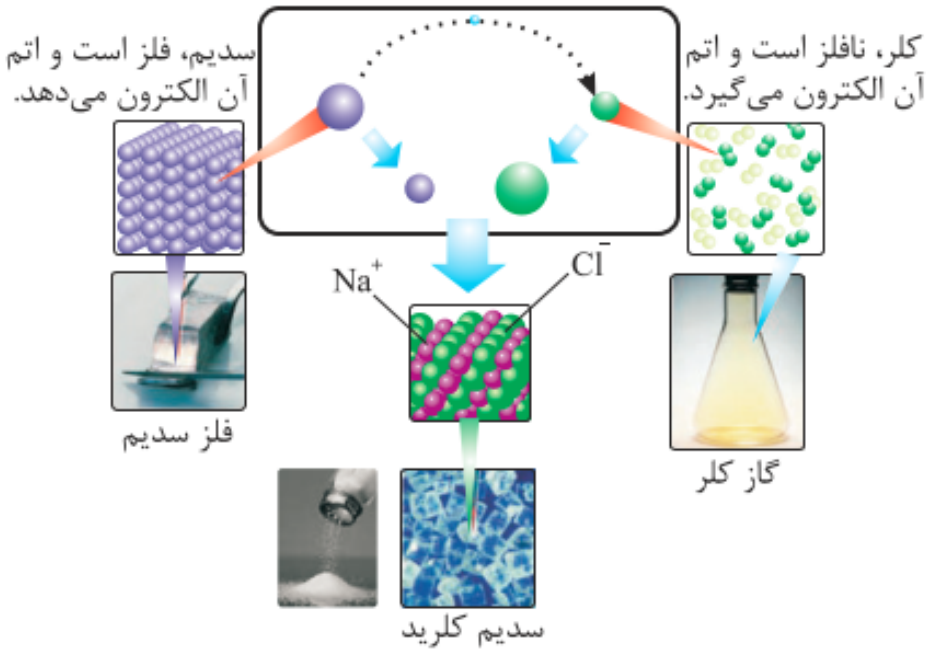
گروه ۱۵: نیتروژن و فسفر در این گروه با گرفتن ۳ الکترون و تشکیل یون سه بار منفی به آرایش گاز نجیب بعد از خود می‌رسند.

گروه ۱۶: اکسیژن و گوگرد در این گروه می‌توانند با دریافت ۲ الکترون و تشکیل یون دو بار منفی به آرایش گاز نجیب بعد از خود برسند.

گروه ۱۷: همگی عناصر این گروه با دریافت یک الکترون و تشکیل یون یک بار منفی به آرایش گاز نجیب بعد از خود می‌رسند.

## تبدیل اتم‌ها به یون

- **پیوند یونی:** هرگاه دو یون با بارهای الکتریکی ناهمنام کنار هم قرار بگیرند بین آن‌ها نیروی جاذبهٔ بسیار قوی برقرار می‌شود، به این نیروی جاذبه، پیوند یونی می‌گویند. (۳۸)
- **ترکیب یونی:** به ترکیب‌هایی که ذره‌های سازندهٔ آن‌ها یون است ترکیب یونی می‌گوییم. (۳۸)
- برای بهتر متوجه‌شـــدن مفاهیم بالا به شکل زیر دقت کنید و نکات آن را بخوانید: (۳۶)




۱ سدیم **فلزی جامد** از گروه ۱ است که با از دست دادن یک الکترون به یون $Na^+$ تبدیل شده و به آرایش گاز نجیب نئون می‌رسد و پایدار می‌شود. دقت کنید که **با از دست دادن الکترون، شعاع کوچک** می‌شود، پس:

شعاع: $Na > Na^+$

۲ کلـر **نافلـزی گازی‌شـکل و زردرنـگ** از گروه ۱۷ اسـت و با گرفتن یک الکترون به یون ($Cl^-$) تبدیل شده و به آرایش گاز نجیب آرگون می‌رسد و پایدار می‌شود. دقت کنید که **با گرفتن الکترون، شعاع بزرگ** می‌شود، پس: $Cl < Cl^-$ :شعاع

۳ با قرارگیری این دو یون کنار هم جاذبهٔ یونی بین آن‌ها تشکیل می‌شود و نمک خوراکی با فرمول NaCl پدید می‌آید که **نسبت کاتیون به آنیون** در آن ۱ به ۱ است. به NaCl **ترکیب یونی** می‌گوییم چون ذرات سازنده‌های آن، یون‌ها هستند.

- هر ترکیب یونی از لحاظ بار الکتریکی **خنثی** است زیرا **مجموع** بار الکتریکی آنیون‌ها با مجموع بار الکتریکی کاتیون‌ها برابر است. (۳۹)
- **یون تک‌اتمی:** به کاتیون یا آنیونی که تنها از یک اتم تشکیل شده است یون تک‌اتمی می‌گوییم، مانند $Na^+$ ، $Cl^-$ ، $Ca^{2+}$ (۳۹)
- **ترکیب یونی دوتایی:** ترکیب‌های یونی که تنها از دو نوع عنصر ساخته شده‌اند ترکیب دوتایی می‌گوییم، مانند NaCl ، $CaCl_2$ و ... (۳۹)

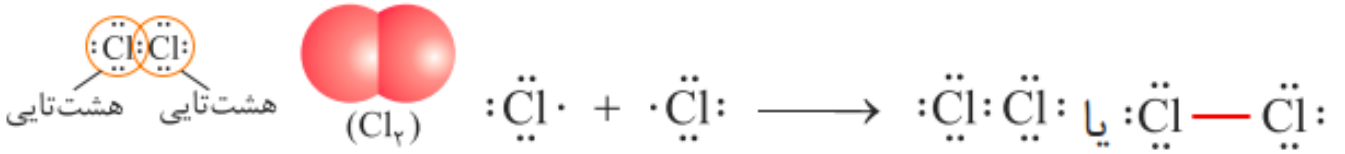
## تبدیل اتم‌ها به مولکول

- **پیوند اشتراکی (کووالانسی):** برخی اتم‌ها به جای از دست دادن یا گرفتن الکترون، برای رسیدن به پایداری الکترون‌های خود را با یک یا چند اتم به **اشتراک** می‌گذارند. این الکترون‌های به اشتراک گذاشته شده باعث اتصال دو اتم به یکدیگر در مولکول می‌شوند. به این پیوندها، اشتراکی یا کووالانسی می‌گویند. (۴۱)
- **مواد مولکولی:** مواد شیمیایی که در ساختار خود مولکول دارند و یونی در آن‌ها وجود ندارد، مواد مولکولی نامیده می‌شوند. (۴۰)

■ **فرمول مولکولی:** به فرمول شیمیایی که افزون بر نوع عنصرهای سازنده، شمار اتم‌های هر عنصر را نشان می‌دهد، فرمول مولکولی می‌گویند. (۴۱)

■ برای متوجه‌شدن مفاهیم بالا به نکتهٔ زیر دقت کنید: (۴۰)

**گاز کلر،** که خاصیت **رنگ‌بری و گندزدایی** دارد از مولکول‌های دواتمی ($Cl_2$) تشکیل شده است. با توجه به آرایش الکترون ـ نقطه‌ای اتم کلر می‌توان تشکیل این مولکول را به صورت زیر نشان داد:




**مدل فضا پرکن:** روشی برای نمایش سه‌بعدی گونه‌های شیمیایی است که در آن اتم‌ها به صورت کروی نشان داده می‌شوند. (۴۱)

■ هرگاه به جسمی مانند یک خیارشور جریانی متناوب با ولتاژی حدود ۱۱۰ ولت وارد کنیم، به علت برانگیختگی اتم‌های مولکول‌های سازندهٔ آن، خیارشور شروع به درخشیدن می‌کند. (تمرین ۴ صفحهٔ ۴۲)

■ **دگرشکل (آلوتروپ):** به شکل‌های گوناگون مولکولی یا بلوری یک عنصر که در طبیعت وجود دارد. دگرشکل می‌گوییم. برای مثال عنصر کربن دارای دو دگرشکل معروف گرافیت و الماس است. (تمرین ۷ صفحهٔ ۴۳)

■ در قرن ۱۶ میلادی قطعهٔ بزرگی از گرافیت خالص کشف شد که بسیار نرم بود. به دلیل شکل ظاهری گرافیت مردم در آن زمان می‌پنداشتند که گرافیت از سرب تشکیل شده است. امروزه با آن‌که می‌دانیم مغز مداد از جنس گرافیت است، اما این ماده هم‌چنان به سرب مداد معروف است. (تمرین ۷ صفحهٔ ۴۳)

## آشنایی با هوا کره

- زمین در فضا درون هاله‌ای از گازها در چرخش است؛ که این گازها:

۱ سرشار از هوای پاک هستند.

۲ گرمای خورشید را در خود نگه می‌دارند.

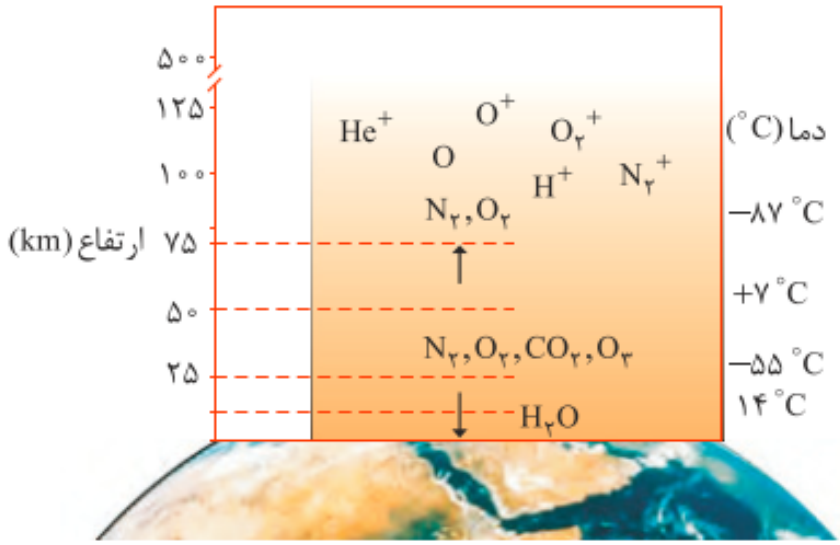
۳ ساکنان زمین را از پرتوهای خطرناک کیهانی محافظت می‌کنند.

۴ آب را در سراسر سیارهٔ زمین توزیع می‌کنند.

به این ترتیب زمین با چرخش خود زندگی را دوام می‌بخشد. (۴۵)

- هواکره: لایهٔ فیروزه‌ای پیرامون زمین، اتمسفر زمین یا همان هواکره است که اغلب **هوا** نامیده می‌شود. (۴۶)
- اگر زمین را به سیب تشبیه کنیم، ضخامت هواکره نسبت به زمین به نازکی پوست سیب می‌ماند. (۴۶)
- در میان سیاره‌های سامانهٔ خورشیدی، تنها زمین اتمسفری دارد که امکان زندگی را روی آن فراهم می‌سازد. این اتمسفر مخلوطی از گازهای گوناگون است که تا فاصلهٔ ۵۰۰ کیلومتری از سطح زمین امتداد یافته است. (۴۶)
- جاذبهٔ زمین گازهای موجود در هواکره را پیرامون خود نگه می‌دارد و مانع خروج آن‌ها از اتمسفر می‌شود. از طرفی **انرژی گرمایی** (یعنی همان مجموع انرژی جنبشی) مولکول‌ها سبب می‌شود تا پیوسته آن‌ها در حال جنبش باشند و در سرتاسر هواکره توزیع شوند. (۴۶)
- اغلب (*نه همه!*) گازها نامرئی هستند به طوری که ما نمی‌توانیم هوا را ببینیم و به طور معمول (*نه همواره!*) وجود آن را پیرامون خود حس نمی‌کنیم. (۴۶)
- میان گازهای هوا، واکنش‌های شیمیایی گوناگونی رخ می‌دهد که اغلب (*نه همواره!*) برای ساکنان زمین سودمند هستند. (۴۶)

به شکل زیر دقت کنید تا نکات را با هم بررسی کنیم: (۴۷)




۱ برخی از خاصیت‌های هواکره مانند دما به صورت لایه‌ای در حال تغییر هستند به همین دلیل می‌توانیم نتیجه بگیریم که هواکره ساختار **لایه‌ای** دارد.

۲ به‌جز **اتم‌ها** و **مولکول‌ها**، **یون‌های مثبت** نیز در هواکره وجود دارد. در یکی از آیا می‌دانیدهای فصل ۱ بررسی کردیم که مولکول‌ها بر اثر تابش پرتوهای کیهانی از جمله پرتو فرابنفش به یون‌های مثبت تبدیل می‌شوند.

۳ هواکره از لایه‌های زیر تشکیل شده است:

### الف. لایهٔ اول (تروپوسفر)

۱ نزدیک‌ترین لایه به سطح زمین است.

۲ دمای آن تقریباً از ۱۴+ درجهٔ سلسیوس (۲۸۷ کلوین) شروع می‌شود و تا ۵۵− درجهٔ سلسیوس (۲۱۸ کلوین) کاهش می‌یابد.

۳ دما در این لایه به ازای هر کیلومتر، تقریباً ۶ درجهٔ سلسیوس افت می‌کند.

۴ ارتفاع تقریبی این لایه ۱۱/۵ کیلومتر است که معمولاً بین ۱۰ تا ۱۲ کیلومتر در نظر می‌گیرند.

### ب. لایهٔ دوم (استراتوسفر)

۱) دما در این لایه در حال افزایش است و از ۵۵− به ۷+ درجه می‌رسد.
۲) این لایه تا حدود ۵۰ کیلومتری سطح زمین ادامه دارد و ضخامت آن حدود ۳۹ کیلومتر است.
۳) لایهٔ اوزون در این قسمت هواکره قرار دارد.

### پ. لایهٔ سوم (مزوسفر)

۱) دما در این لایه کاهش می‌یابد و از ۷+ به ۸۷− درجهٔ سلسیوس می‌رسد.
۲) این لایه تا ۷۵ کیلومتری سطح زمین ادامه دارد و ضخامت آن حدود ۲۵ کیلومتر است.

### ت. لایهٔ چهارم (ترموسفر)

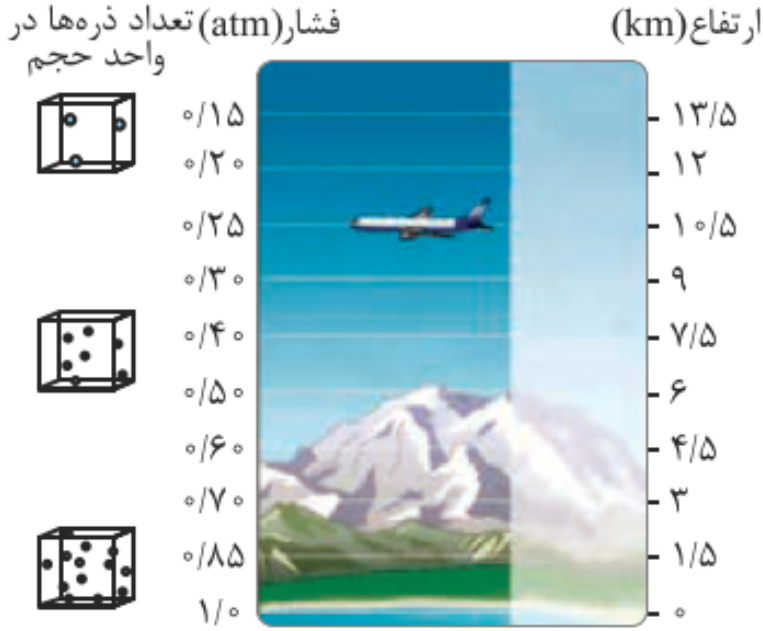
۱) دما در این لایه افزایش می‌یابد.
۲) این لایه تا حدود ۵۰۰ کیلومتری سطح زمین ادامه دارد.
۳) علاوه بر مولکول‌های گازی مانند $O_2$ و $N_2$ اتم‌هایی مانند $O$ و یون‌های مثبتی نظیر $N_2^+$، $O_2^+$، $He^+$، $O^+$ و ... نیز حضور دارند.

۴ **نیتروژن و اکسیژن** گازهایی هستند که در **همهٔ هواکره** موجود هستند. ولی **بخار آب** تنها در **لایهٔ اول** موجود است.

۵ در هر **سه لایهٔ اول**، **کربن دی‌اکسید و اوزون** وجود دارد؛ ولی مقادیر آن‌ها متفاوت است برای مثال اوزون در لایهٔ دوم بیشتر است.

■ **فشار گاز:** فشار هر گاز، ناشی از برخورد مولکول‌های آن گاز با دیوارهٔ ظرف است. هواکره نیز به دلیل داشتن گازهای گوناگون فشار دارد و این فشار در همهٔ جهت‌ها و به میزان یکسان بر بدن ما وارد می‌شود. (۴۷)

به نکات شکل زیر دقت کنید: (۴۷)




۱ در هواکره با **افزایش ارتفاع** و فاصله گرفتن از سطح دریای آزاد، **فشار** به طور مرتب **کاهش می‌یابد**؛ زیرا تعداد ذرات در واحد حجم کاهش می‌یابد.

۲ در ارتفاع ۶ کیلومتری از سطح دریاهای آزاد، فشار هوا برابر ۰/۵ اتمسفر است که دقیقاً نصف فشار هوا در سطح اقیانوس‌ها است و در ارتفاع ۱۰/۵ کیلومتری فشار هوا ۰/۲۵ اتمسفر است که یک چهارم فشار هوا در سطح اقیانوس‌ها است.

۳ میزان کاهش فشار در ارتفاع‌های پایین‌تر بیشتر است و هر چه ارتفاع بیشتر می‌شود، میزان کاهش فشار، کم‌تر است.

۴ چون فشار هوا **به طور پیوسته** در حال کاهش است از روی مقدار آن نمی‌توان به لایه‌ای بودن هواکره پی برد.

این هم یک جمع‌بندی از مطالب گفته‌شده:

| شمارهٔ لایه | اول (تروپوسفر) | دوم (استراتوسفر) | سوم (مزوسفر) | چهارم (ترموسفر) |
|---|---|---|---|---|
| روند فشار | کاهشی | کاهشی | کاهشی | کاهشی |
| روند دما | کاهش از حدود ۱۴+ تا حدود ۵۵− درجهٔ سانتی‌گراد | افزایش از حدود ۵۵− تا حدود ۷+ درجهٔ سانتی‌گراد | کاهش از حدود ۷+ تا حدود ۸۷− درجهٔ سانتی‌گراد | در کتاب بررسی نشده است، ولی افزایشی است. |
| حدود ارتفاع | صفر تا ۱۱ کیلومتر | ۱۱ تا ۵۰ کیلومتر | ۵۰ تا ۸۰ کیلومتر | ۸۰ تا ۵۰۰ کیلومتر |
| حدود ضخامت | ۱۱ کیلومتر | ۳۹ کیلومتر | ۲۵ کیلومتر | ۴۲۰ کیلومتر |
| گونه‌های مهم | $O_3$ ،Ar، $H_2O$ ، $CO_2$، $N_2$ ، $O_2$ | $CO_2$ ، $O_3$ ، $N_2$ ، $O_2$ | $CO_2$ ، $O_3$ ، $N_2$ ، $O_2$ | $H^+$ ، $He^+$ ، $O_2^+$ ، $O^+$ ، $O$ ، $N_2^+$ ، $N_2$ ، $O_2$ |

■ برای تبدیل دما برحسب درجهٔ سلسیوس به دما برحسب کلوین می‌توانیم از رابطهٔ زیر استفاده کنیم. (۴۸)

$K = {}^\circ C + ۲۷۳$ یا کلوین = سلسیوس + ۲۷۳

## هوا، معجونی ارزشمند

■ نیتروژن، اکسیژن و کربن دی‌اکسید از جمله گازهای هواکره هستند که در زندگی روزمره نقش حیاتی دارند. (۴۸)

■ زندگی جانداران گوناگون در زیست‌کره با گازهای هوا، گره خورده است. گیاهان با بهره‌گیری از نور خورشید و مصرف کربن دی‌اکسید، اکسیژن موردنیاز جانداران را تولید می‌کنند. جانداران ذره‌بینی، گاز نیتروژن را برای مصرف گیاهان در خاک تثبیت می‌کنند. (۴۸)

**کاربردهای نیتروژن (۴۸)**

۱) بسته‌بندی مواد خوراکی
۲) پرکردن تایر خودروها
۳) در صنعت سرماسازی برای انجماد مواد غذایی
۴) نگه‌داری نمونه‌های بیولوژیکی در پزشکی

■ علت استفاده از گاز نیتروژن برای بسته‌بندی **واکنش‌پذیری ناچیز** آن است. گاز نیتروژن ($N_2$) پیوند سه‌گانهٔ محکمی دارد که واکنش‌پذیری آن را بسیار کاهش داده است. (۴۸)

**پرکردن تایر خودروها با گاز نیتروژن دو مزیت دارد.**

۱) نیتروژن به علت واکنش‌پذیری ناچیز به ساختار **فلزی** درون لاستیک آسیب کم‌تری می‌زند و عمر تایر را افزایش می‌دهد.
۲) به علت بزرگ‌تربودن مولکول‌های نیتروژن باد لاستیک کم‌تر خالی می‌شود.

■ میانگین بخار آب در هوا حدود **یک درصد** است، ولی در حالت کلی رطوبت هوا از جایی به جای دیگر و حتی ساعتی به ساعت دیگر متغیر است. (۴۹)

■ بررسی دانشمندان در مورد هوای به دام افتاده در بلورهای یخ در یخچال‌های قطبی و نیز سنگ‌های آتشفشانی نشان می‌دهد که از ۲۰۰ میلیون سال پیش تاکنون، نسبت گازهای سازندهٔ هواکره تقریباً ثابت مانده است. (۴۹)

■ درصد حجمی گازهای تشکیل‌دهندهٔ هوای خشک و پاک در لایهٔ تروپوسفر در جدول زیر نمایش داده شده است. (۴۹)

| نام گاز | درصد گاز در هوا |
|---|---|
| نیتروژن | ۷۸/۰۷۹ |
| اکسیژن | ۲۰/۹۵۲ |
| آرگون | ۰/۹۲۸ |
| کربن دی‌اکسید | ۰/۰۳۸۵ |
| نئون | ۰/۰۰۱۸ |
| هلیم | ۰/۰۰۰۵ |
| کریپتون | ۰/۰۰۰۱ |
| زنون و دیگر گازها | ناچیز |

۱ همان‌طور که می‌بینید عمدهٔ هواکره (حدود ۹۹ درصد) را گازهای **نیتروژن** و **اکسیژن** تشکیل داده‌اند و گاز **آرگون** مقام سوم (۰/۹۲۸ درصد) را داراست. بنابراین می‌توان هوا را منبع غنی برای تهیهٔ این گازها دانست. (۴۹)
حالا به نکات جدول توجه کنید: (۴۹)

۲ ترتیب درصد حجمی گازها در تروپوسفر:

$$N_2 > O_2 > Ar > CO_2 > Ne > He > Kr > Xe$$

۳ ترتیب حجمی گازهای نجیب در تروپوسفر:

$$Ar > Ne > He > Kr > Xe$$

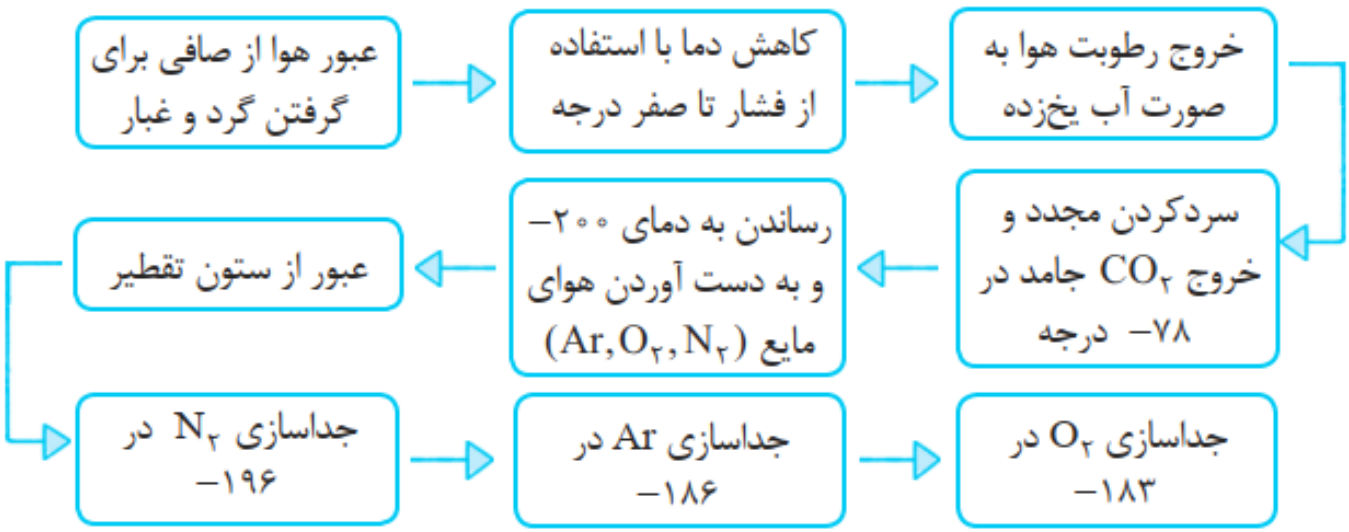
۴ تمامی گازهای فراوان هوای خشک (*غیر از کربن دی‌اکسید*) **عنصر** هستند.
■ در صنعت برای تهیهٔ گازهای $O_2$ ،$N_2$ و آرگون از **تقطیر جزءبه‌جزء** هوای مایع استفاده می‌کنند. (۴۹)

■ بهتر است بدانید که برای جداسازی مخلوط‌هایی که اختلاف نقطهٔ جوش زیادی دارند از **تقطیر ساده** و برای مخلوط‌هایی که اختلاف نقطهٔ جوش آن‌ها کم است از **تقطیر جزءبه‌جزء** استفاده می‌کنند.

■ به جدول زیر که ترتیب نقطهٔ جوش برخی از گازهای هواکره را نشان می‌دهد دقت کنید تا نحوهٔ تقطیر جزءبه‌جزء هوا را با هم بررسی کنیم: (۵۰)

| گاز | نقطهٔ جوش ($^\circ C$) |
|---|---|
| نیتروژن | −۱۹۶ |
| اکسیژن | −۱۸۳ |
| آرگون | −۱۸۶ |
| هلیم | −۲۶۹ |

■ مراحل تقطیر جزءبه‌جزء هوا در شکل زیر آمده است. (۵۰)




■ هر ماده‌ای که نقطهٔ جوش کم‌تری دارد با کاهش دما دیرتر مایع می‌شود و با افزایش دما زودتر به جوش می‌آید.

■ جداسازی گازهای آرگون و اکسیژن بسیار دشوار است زیرا دمای جوش آن‌ها **بسیار نزدیک** به هم است. (۵۰)

■ آرگون گازی بی‌رنگ، بی‌بو و غیرسمی است. واژهٔ آرگون به معنای تنبل است، زیرا واکنش‌پذیری ناچیزی دارد. آرگون به عنوان محیط بی‌اثر در جوشکاری، برش فلزها و هم‌چنین در ساخت لامپ‌های رشته‌ای به کار می‌رود. این گاز در پتروشیمی شیراز از تقطیر جزءبه‌جزء هوای مایع با خلوص بسیار زیاد تهیه می‌شود. این گاز در گروه ۱۸ و دورهٔ ۳ جدول دوره‌ای قرار دارد و مانند مابقی گازهای نجیب به صورت تک‌اتمی در طبیعت یافت می‌شود. (۵۰)

■ مقدار گازهای نجیب مانند هلیم، نئون، آرگون، کریپتون و زنون در هواکره بسیار کم است. از این رو به **گازهای کمیاب** نیز معروف هستند. (۵۱)

■ هلیم، سبک‌ترین گاز نجیب است که **بی‌رنگ و بی‌بو** بوده و در گروه ۱۸ و دورهٔ اول جدول دوره‌ای قرار دارد. (۵۱)

**کاربردهای هلیم** (۵۱)

۱) پرکردن بالن‌های تفریحی، هواشناسی و تبلیغاتی
۲) جوشکاری
۳) کپسول غواصی
۴) خنک‌کنندهٔ قطعات الکترونیکی در دستگاه‌های تصویربرداری مانند MRI (مهم‌ترین کاربرد هلیم)

■ چگالی هر گاز به طور کلی با جرم مولی آن رابطهٔ **مستقیم** دارد. با توجه به چگالی بسیار کم هلیم و واکنش‌ناپذیر بودن آن می‌توان بالن‌ها را برای بالارفتن از گاز هلیم پر کرد. (۵۱)

■ هلیم در کرهٔ زمین به مقدار خیلی کم یافت می‌شود؛ به طوری که مقدار

ناچیزی از آن در هوا و مقدار بیشتری از آن در لایه‌های زیرین پوستهٔ زمین وجود دارد؛ از این رو **منابع زمینی** آن از هواکره سرشارتر است و برای تولید هلیم در مقیاس صنعتی مناسب‌ترند. (۵۱)

- هلیم از واکنش‌های هسته‌ای در ژرفای زمین تولید می‌شود و پس از نفوذ به لایه‌های زمین، وارد میدان‌های گازی می‌شود. حدود ۷ درصد حجمی از مخلوط گاز طبیعی را هلیم تشکیل می‌دهد. (۵۱)

### راه‌های تهیهٔ هلیم (۵۲)

۱) تقطیر جزءبه‌جزء هوای مایع
۲) تقطیر جزءبه‌جزء گاز طبیعی

- میزان هلیم در هوای خشک حدود ۰/۰۰۰۵ درصد و در گاز طبیعی **حدود ۷ درصد** است. پس میزان وجود هلیم در گاز طبیعی ۱۴۰۰۰ برابر است. از این رو **تهیهٔ هلیم از گاز طبیعی مقرون به صرفه‌تر است.** (۵۲)
- جداسازی هلیم از گاز طبیعی به دانش و فناوری پیچیده‌ای نیاز دارد که متأسفانه در اختیار کشور ما نیست. (۵۲)

## اکسیژن گازی واکنش‌پذیر در هواکره

- اکسیژن گازی واکنش‌پذیر است و با **اغلب** *(نه همه!)* عنصرها و مواد واکنش می‌دهد؛ از این رو بخش قابل توجهی از واکنش‌های شیمیایی که پیرامون ما رخ می‌دهد به دلیل وجود گاز اکسیژن در هوا است؛ برای مثال فساد مواد غذایی، پوسیدن چوب، فرسایش سنگ و خاک، زنگ‌زدن وسایل آهنی، سوختن سوخت‌ها و ... از جمله این واکنش‌هاست. (۵۳)

## حضور اکسیژن (۵۲)

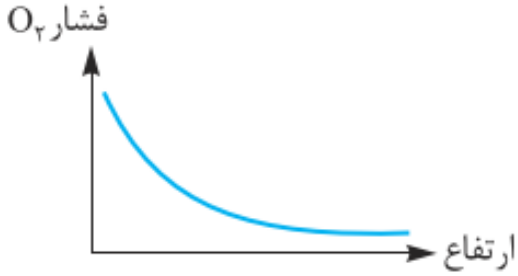
۱) **در هواکره:** به صورت مولکول‌های دواتمی $O_2$

۲) **در آب‌کره:** به صورت ترکیب با هیدروژن که همان آب است.

۳) **در سنگ‌کره:** به صورت ترکیب با سایر عناصر و عمدتاً در مخلوط سنگ‌ها

۴) **سایر جاها:** در ساختار همهٔ مولکول‌های زیستی مانند پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و چربی‌ها

- فشار گاز اکسیژن هوا در سطح زمین حدود $۲۰/۹ \times ۱۰^{-۲}$ اتمسفر است و در ارتفاع ۷/۹ کیلومتری به $۷/۶ \times ۱۰^{-۲}$ اتمسفر **کاهش** می‌یابد.




به همین دلیل کوهنوردان هنگام صعود به ارتفاعات، کپسول اکسیژن حمل می‌کنند. هواپیماها نیز اتاقکی از اکسیژن حمل می‌کنند تا هم فشار و هم مقدار اکسیژن در داخل هواپیما را تنظیم کند. (۵۲)

- آزادسازی انرژی شیمیایی ذخیره‌شده در مواد غذایی مانند چربی‌ها و قندها در سوخت‌وساز یاخته‌ای نیز به کمک اکسیژن انجام می‌شود تا بدین ترتیب انرژی لازم برای فعالیت‌های بدن فراهم شود. (۵۳)

**انرژی + آب + کربن دی‌اکسید ⟶ اکسیژن + چربی‌ها یا قندها**

- سوختن: واکنش شیمیایی است که در آن، یک ماده با **اکسیژن به سرعت** واکنش می‌دهد و بخشی از انرژی شیمیایی آن به صورت گرما و نور آزاد می‌شود. (۵۳ و ۵۴)

**نور و گرما + کربن دی‌اکسید + گوگرد دی‌اکسید + بخار آب ⟶ اکسیژن + زغال‌سنگ**

■ در چراغ پیه‌سوز واکنش سوختن چربی اتفاق می‌افتد و انرژی شیمیایی به انرژی نورانی و گرمایی تبدیل می‌شود. (۵۳)

| انواع سوختن سوخت‌های فسیلی | میزان اکسیژن در دسترس | محصولات | رنگ شعله |
|---|---|---|---|
| کامل | مقدار اکسیژن کافی است. | کربن دی‌اکسید، آب و ... | آبی |
| ناقص | مقدار اکسیژن کم است. | کربن مونواکسید، آب و ... | زرد |

■ کربن مونواکسید **گازی بی‌رنگ، بی‌بو** و **بسیار سمی** است. چگالی این گاز **کم‌تر** از هوا است و قابلیت انتشار بسیار زیادی در محیط دارد. (۵۴ و ۵۵)

■ میل ترکیبی کربن مونواکسید با هموگلوبین خون ۲۰۰ برابر اکسیژن است و پس از اتصال به هموگلوبین از رسیدن اکسیژن به بافت‌ها جلوگیری می‌کند. این ویژگی باعث مسمومیت می‌شود و سامانهٔ عصبی را فلج می‌کند و بدین ترتیب باعث مرگ می‌شود. (۵۵)

■ کربن مونواکسید از کربن دی‌اکسید ناپایدارتر است، به طوری که CO تولیدشده در سوختن ناقص در حضور اکسیژن و شرایط مناسب می‌سوزد و به $CO_2$ تبدیل می‌شود. (۵۴)

$$2CO(g) + O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g)$$

■ واکنش‌پذیری زیاد اکسیژن سبب می‌شود اغلب *(نه همه!)* عناصر فلزی و نافلزی در شرایط مناسب بسوزند. مانند سوختن گرد آهن و سدیم با شعلهٔ نارنجی و زرد، سوختن منیزیم با شعلهٔ سفید و سوختن گوگرد با شعلهٔ آبی. (۵۵)

■ گاز آرگون در هنگام جوشکاری با ایجاد **محیط بی‌اثر** از ورود اکسیژن جلوگیری می‌کند و مانع واکنش اکسیژن با فلز جوشکاری‌شده می‌شود و به همین دلیل باعث افزایش استحکام و طول عمر آن فلز می‌شود. (۵۶)