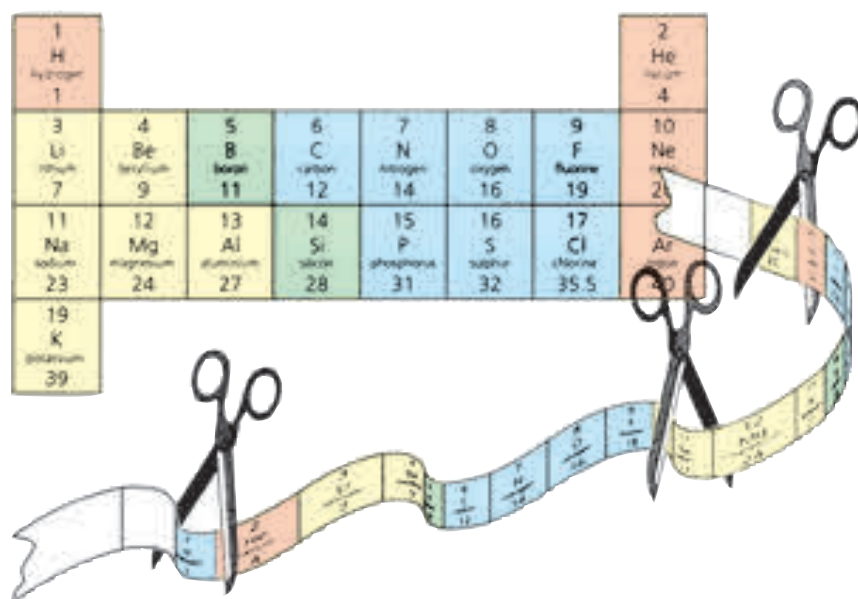


# فصل دوم

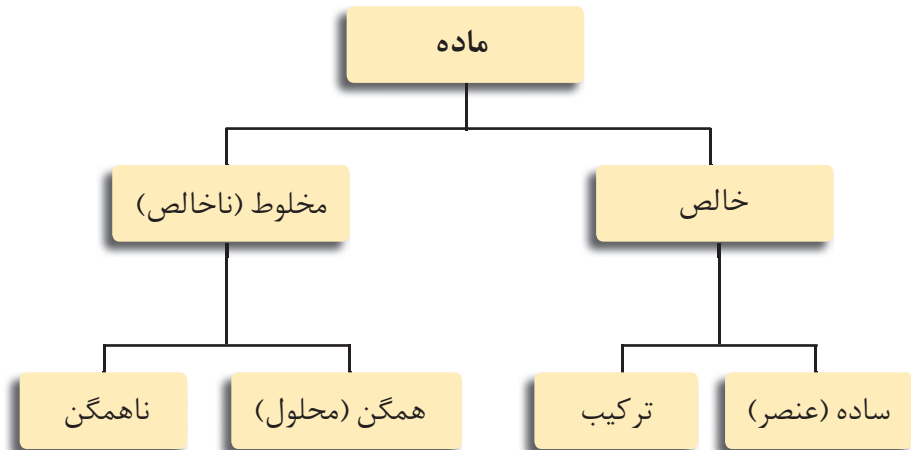
## خواص تناوبی عنصرها



## واحد یادگیری ۱

### روش تدریس پیشنهادی ۱: ایفای نقش

به معلم گرامی توصیه می‌شود نمودار زیر را روی تابلو رسم کند و از دانش‌آموزان بخواهد هر چه درباره آن می‌دانند، توضیح دهند.



### هدف‌های آموزشی

- ۱- انتظار می‌رود دانش‌آموز در پایان این واحد یادگیری، به اهمیت دسته‌بندی در زندگی اجتماعی و روش علمی پی ببرد.
- ۲- با بررسی روند تاریخی دسته‌بندی عناصرها، مهارت دسته‌بندی را در خود تقویت کند.
- ۳- با ملاک و معیار دسته‌بندی عناصرهای جدول تناوبی آشنا شود و اهمیت آن را درک کند.
- ۴- با ماهیت علم و تکامل‌پذیری نظریه‌های علمی آشنا شود.
- ۵- مهارت کشف نظام را در خود تقویت کند.

### ارزشیابی تشخیصی

- ۱- چرا اشیاء مختلف را دسته‌بندی می‌کنند؟
- ۲- چند دسته‌بندی را نام ببرید و مشخص کنید هر یک بر چه اساسی صورت گرفته است؟
- ۳- انواع ماده چگونه دسته‌بندی می‌شود؟

نظر دانش‌آموزان را بشنوید و آنها را جمع‌بندی کنید. سپس با طرح پرسش زیر توجه دانش‌آموزان را به موضوع درس جدید جلب کنید:

عناصرها را چگونه دسته‌بندی کرده‌اند؟

در ادامه از دانش‌آموزان بخواهید برای یافتن پاسخ این پرسش به نمایشی که توسط چند تن از دانش‌آموزان کلاس اجرا خواهد شد، توجه کنند.

سپس گروه نمایشی که قبلاً از بین دانش‌آموزان علاقه‌مند انتخاب شده‌اند، وارد کلاس می‌شوند. این گروه شامل یک نفر در نقش مندلیف و چند نفر از صاحب‌نظران زمان وی است. مضمون دیالوگ‌ها توسط معلم به صورت سؤال و جواب قبلاً در اختیار گروه قرار گرفته است. معلم به عنوان راوی و کارگردان نمایش اعلام می‌کند که نمایش حاضر نشان‌دهندهٔ

وقایع سال ۱۸۷۱ میلادی است. سپس دانشمندان موارد زیر را از مندلیف می‌پرسند و او جواب می‌دهد:

۱- ضمن معرفی خودتان زمینه فعالیت علمی خود را بیان کنید.

مندلیف: دمیتری ایوانوویچ مندلیف شیمیدان و فرزند یکی از مدیران مدرسه محلی در ۷ فوریه ۱۸۳۴



شکل ۱

در شهر توبولسک در کشور روسیه متولد شدم و در زمینهٔ دسته‌بندی عنصرهای شیمیایی مطالعه می‌کنم.

## ۲- چرا به فکر دسته‌بندی عنصرها افتادید؟ این کار چه مزایایی دارد؟

مندلیف: این کار مطالعه و بررسی خواص عنصرها را تسریع و تسهیل می‌کند.

## ۳- آیا قبل از شما دانشمندان دیگری هم عنصرها را دسته‌بندی کرده‌اند؟

### چگونه؟

مندلیف: بله، لاووازیه نخستین کسی بود که در این راه گام برداشت. او عناصر را به دو دستهٔ کلی فلز و نافلز تقسیم کرد. سپس در سال ۱۸۲۹ شیمیدان آلمانی یوهان ولفگانگ دوبراینر مشاهده کرد که عنصرها غالباً گروه‌هایی از سه عنصر، با خواص شیمیایی مشابه تشکیل می‌دهند. او تریادها (به معنای سه‌تایی‌ها) را برای آنها پیشنهاد کرد. برای نمونه او (کلر، برم و ید)؛ (کلسیم، استرونیوم و باریوم) را در دو گروه سه‌تایی قرار داده بود.

نیولندز شیمیدان انگلیسی در سال ۱۸۶۵ عنصرها را به ترتیب افزایش جرم اتمی به دنبال هم نوشت. با این کار، وی به نظم شگفت‌انگیزی دست یافت، به‌طوری که خواص شیمیایی و فیزیکی مشابه چند بار تکرار شد.

## ۴- نظر شما در مورد دسته‌بندی عنصرها چیست؟ این کار بر چه اساسی باید

### صورت بگیرد؟

مندلیف: من هم معتقدم خواص فیزیکی و شیمیایی عنصرها تابعی از جرم اتمی آنهاست. به این صورت که اگر عنصرها بر حسب افزایش جرم اتمی کنار هم مرتب شوند، خواص آنها به‌طور تناوبی تکرار می‌شود؛ به‌طوری که می‌توان عنصرهایی را که خواص مشابه دارند در یک گروه یا خانواده قرار داد.

## ۵- در حال حاضر (زمان مندلیف) چند عنصر شناخته شده است و شما آنها را

### چگونه دسته‌بندی کرده‌اید؟

مندلیف: ۶۳ عنصر شناسایی شده است که بنده آنها را براساس افزایش جرم اتمی به‌صورت جدول زیر دسته‌بندی کرده‌ام (تصویر جدول پیشنهادی خود را به حاضران نشان می‌دهد).

| ستون<br>دوره | I      | II     | III     | IV      | V      | VI     | VII     | VIII                     |
|--------------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|---------|--------------------------|
| 1            | H=1    |        |         |         |        |        |         |                          |
| 2            | Li=7   | Be=9.4 | B=11    | C=12    | N=14   | O=16   | F=19    |                          |
| 3            | Na=23  | Mg=24  | Al=27.3 | Si=28   | P=31   | S=32   | Cl=35.5 |                          |
| 4            | K=39   | Ca=40  | ?=44    | Ti=48   | V=51   | Cr=52  | Mn=55   | Fe=56, Co=59<br>Ni=59    |
| 5            | Cu=63  | Zn=65  | ?=68    | ?=72    | As=75  | Se=78  | Br=80   |                          |
| 6            | Rb=85  | Sr=87  | ?Yt=88  | Zr=90   | Nb=94  | Mo=96  | ?=100   | Ru=104, Rh=104<br>Pd=106 |
| 7            | Ag=108 | Cd=112 | In=113  | Sn=118  | Sb=122 | Te=125 | J=127   |                          |
| 8            | Cs=133 | Ba=137 | ?Di=138 | ?Ce=140 |        |        |         |                          |
| 9            |        |        |         |         |        |        |         |                          |
| 10           |        |        | ?Er=178 | ?La=180 | Ta=182 | W=184  |         | Os=195, b=197<br>Pt=198  |
| 11           | Au=199 | Hg=200 | Tl=204  | Pb=207  | Bi=208 |        |         |                          |
| 12           |        |        |         | Th=231  |        | U=240  |         |                          |

#### ۶- عناصر یک ستون را بر چه اساسی زیر هم قرار داده‌اید؟

مندلیف: من براساس تشابه خواص آنها را زیر هم قرار داده‌ام و به هر ستون یک خانواده می‌گویم.

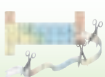
#### ۷- منظور شما از خانه‌های خالی (خانه‌هایی که علامت سؤال دارند) چیست؟

مندلیف: این خانه‌ها مربوط به عنصرهایی هستند که در حال حاضر ناشناخته‌اند و بعداً کشف خواهند شد و من با استفاده از اصل تشابه خواص عنصرهای یک گروه توانسته‌ام خواص آنها را پیش‌گویی کنم.

#### ۸- شما چه خواصی از عناصر ناشناخته را پیش‌گویی کرده‌اید؟ مثال بزنید.

مندلیف جدول زیر را توضیح می‌دهد:

| خواص پیش‌بینی شده                          | خواص عنصر                                  | عنصرهای پیش‌بینی شده |
|--|--|----------------------|
| ۶/۰ g/mL<br>کم<br>$Ea_2O_3$                | چگالی<br>نقطه ذوب<br>فرمول اکسید           | اکا* آلومینیم        |
| ۳/۵ g/mL<br>$Eb_2O_3$<br>در اسید حل می‌شود | چگالی<br>فرمول اکسید<br>انحلال‌پذیری اکسید | اکا بور              |



|            |                  |                   |
|------------|------------------|-------------------|
| اکاسیلیسیم | چگالی            | ۵/۵ g/mL          |
|            | نقطه ذوب         | زیاد              |
|            | رنگ              | خاکستری تیره      |
|            | فرمول اکسید      | EsO <sub>۲</sub>  |
|            | چگالی اکسید      | ۴/۷ g/mL          |
|            | فرمول نمک کلردار | EsCl <sub>۴</sub> |

\* «اکا» در زبان روسی به معنی «مشابه» است.

۹- شما فرمودید عناصرها را برحسب افزایش جرم اتمی کنار هم قرار داده‌اید، چرا نیکل را که جرم اتمی کمتری از کبالت دارد بعد از کبالت وید را بعد از تلور قرار داده‌اید؟ در صورتی که جرم اتمی کمتری دارد.

مندلیف: به نظر من این بی‌نظمی‌ها به علت خطا در اندازه‌گیری جرم اتمی عناصرها روی داده است. من براساس اصل تشابه خواص شیمیایی، ترجیح دادم آنها را جابه‌جا کنم.

پس از اتمام نمایش معلم اعلام می‌کند که مندلیف در ۲ فوریه ۱۹۰۷ در سن هفتاد و دو سالگی از دنیا رفت. سپس با توضیح جدول ۱ و متن، آن مطالب را جمع‌بندی می‌کند و از دانش‌آموزان می‌خواهد صفحه‌های ۲۹ تا ۳۱ کتاب درسی را روخوانی کنند.

## روش تدریس پیشنهادی ۲: الگوی دریافت مفهوم


به معلم گرامی توصیه می‌شود که جمله زیر را روی تابلو بنویسید و از گروه‌ها بخواهید که درباره آن بحث و گفت‌وگو کنند و نظرات و برداشت خود را بیان کنند.

هر سال فصل‌ها به‌طور منظم از بهار به تابستان، سپس به پاییز و زمستان تغییر می‌کنند. در نتیجه کشاورزان می‌دانند که می‌توانند دانه‌ها را در بهار بکارند و در تابستان یا پاییز برداشت کنند. به‌طور مشابهی شیمیدان‌ها نیز به دنبال روندهای تکرار شونده منظمی در خواص و رفتار عناصرها می‌گردند.


پس از چند دقیقه بحث و گفت‌وگو نظرات دانش‌آموزان را بشنوید ولی آنها را بررسی نکنید. در ادامه به آنها توضیح دهید که امروز قصد داریم ۲۰ عنصر از جدول را دسته‌بندی

|  |   |  |   |
|--|---|--|---|
|  <p><b>O</b></p> <p>جرم اتمی = ۱۶/۰۰<br/>اکسیژن</p>     |  <p><b>S</b></p> <p>جرم اتمی = ۳۲/۰۷<br/>گوگرد</p>   |  <p><b>Li</b></p> <p>جرم اتمی = ۶/۹۴<br/>لیتیم</p>     |  <p><b>Be</b></p> <p>جرم اتمی = ۹/۰۱<br/>بریلیم</p>      |
|  <p><b>B</b></p> <p>جرم اتمی = ۱۰/۸۱<br/>بور</p>        |  <p><b>C</b></p> <p>جرم اتمی = ۱۲/۰۱<br/>کربن</p>    |  <p><b>N</b></p> <p>جرم اتمی = ۱۴/۰۱<br/>نیتروژن</p>   |  <p><b>F</b></p> <p>جرم اتمی = ۱۹/۰۰<br/>فلوئور</p>      |
|  <p><b>Ne</b></p> <p>جرم اتمی = ۲۰/۰۰<br/>نئون</p>    |  <p><b>Na</b></p> <p>جرم اتمی = ۲۲/۹۹<br/>سدیم</p> |  <p><b>Mg</b></p> <p>جرم اتمی = ۲۴/۳۰<br/>منیزیم</p> |  <p><b>Al</b></p> <p>جرم اتمی = ۲۶/۹۸<br/>آلومینیم</p> |
|  <p><b>Si</b></p> <p>جرم اتمی = ۲۸/۰۹<br/>سیلیسیم</p> |  <p><b>P</b></p> <p>جرم اتمی = ۳۰/۹۷<br/>فسفر</p>  |  <p><b>Cl</b></p> <p>جرم اتمی = ۳۵/۴۵<br/>کلر</p>    |  <p><b>Ar</b></p> <p>جرم اتمی = ۳۶/۹۵<br/>آرگون</p>    |





**K**  
جرم اتمی = ۳۹/۰۱  
پتاسیم



**Ca**  
جرم اتمی = ۴۰/۰۸  
کلسیم

**K**  
نقطه ذوب:  $63^{\circ}\text{C}$   
نقطه جوش:  $766^{\circ}\text{C}$   
چگالی:  $0.85/\text{گرم بر میلی لیتر}$   
**K<sub>2</sub>O**

**Ca**  
نقطه ذوب:  $839^{\circ}\text{C}$   
نقطه جوش:  $1494^{\circ}\text{C}$   
چگالی:  $1.54/\text{گرم بر میلی لیتر}$   
**CaO**

**Be**  
نقطه ذوب:  $1287^{\circ}\text{C}$   
نقطه جوش:  $2500^{\circ}\text{C}$   
چگالی:  $1.84/\text{گرم بر میلی لیتر}$   
**BeO**

**Na**  
نقطه ذوب:  $98^{\circ}\text{C}$   
نقطه جوش:  $881^{\circ}\text{C}$   
چگالی:  $0.96/\text{گرم بر میلی لیتر}$   
**Na<sub>2</sub>O**

**P**  
نقطه ذوب:  $44^{\circ}\text{C}$   
نقطه جوش:  $280^{\circ}\text{C}$   
چگالی:  $1.82/\text{گرم بر میلی لیتر}$   
**P<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

**Li**  
نقطه ذوب:  $181^{\circ}\text{C}$   
نقطه جوش:  $1347^{\circ}\text{C}$   
چگالی:  $0.53/\text{گرم بر میلی لیتر}$   
**Li<sub>2</sub>O**

**Mg**  
نقطه ذوب:  $649^{\circ}\text{C}$   
نقطه جوش:  $1105^{\circ}\text{C}$   
چگالی:  $1.74/\text{گرم بر میلی لیتر}$   
**MgO**

**N**  
نقطه ذوب:  $-210^{\circ}\text{C}$   
نقطه جوش:  $-196^{\circ}\text{C}$   
چگالی:  $0.87/\text{گرم بر میلی لیتر}$   
**N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

کنیم. سپس کارتهایی را که قبلاً آماده کرده و به تعداد گروه‌ها تکثیر کرده‌اید در اختیار دانش‌آموزان قرار دهید و از آنها بخواهید کارتها را از یک تا ۲۰ بچینند (مطابق شکل). سپس با بررسی این کارتها، تلاش کنند آنها را در چند ستون زیر هم بچینند به این شرط که عنصرهایی که در یک ستون قرار می‌گیرند خواص فیزیکی و شیمیایی مشابهی داشته باشند.





شکل ۲. بیست عنصر مرتب شده بر حسب جرم اتمی

اجازه دهید گروه‌ها کار خود را انجام دهند. فعالیت آنها را کنترل و نظارت کنید. هر کجا لازم بود، آنها را راهنمایی کنید. بهترین راهنمایی این است که به آنها بگویید: توجه کنید کدام عنصرها (عنصر شماره چندم) را زیر هم قرار دادید. آیا ارتباطی بین این شماره‌ها وجود دارد؟

باز هم به آنها وقت کافی بدهید تا فکر کنند و کارت‌های خود را به روش‌های مختلف بچینند (یادآوری کنید که مندلیف نیز کارت‌ها را چندین بار به روش‌های گوناگون چید تا این که در یک روش به کشف مهمی دست یافت).

حال اگر گروهی دسته‌بندی مناسبی انجام داد، از نماینده آنها بخواهید تا روی تابلو روش گروه خود را توضیح دهد و بقیه گروه‌ها آن را بررسی کنند. در حین بررسی می‌توانید این نکته را اضافه کنید که عدد هشت در دسته‌بندی عنصرها نقش مهمی داشته است، به‌طوری که هشتمین عنصر از سری سمت چپ کارت سدیم با هشتمین عنصر از سری سمت راست سدیم در یک گروه قرار گرفته‌اند و ....

## بر دانش خود بیفزایید

### قانون تناوبی مندلیف، تناوب شیمیایی

شیمی‌دان‌ها در قرن نوزدهم به شدت مشغول فعالیت‌های علمی بودند. یکی از مهم‌ترین تلاش‌های آنها جداسازی و شناسایی همه عنصرها بود. شیمی‌دان‌ها در سراسر جهان ترکیب‌های مختلف را به عنصرهای سازنده آنها تجزیه کردند تا خواص عنصرها را مطالعه و بررسی کنند. در نتیجه این تلاش‌ها تا سال ۱۸۶۰ میلادی تقریباً ۷۰ عنصر از ۱۱۸ عنصری که امروزه شناخته شده‌اند، شناسایی، جداسازی و مطالعه شده بودند. به عبارت دیگر، در ساختار هزاران ترکیب یا مخلوط شیمیایی گوناگونی که بررسی شده بودند، فقط ۷۰ عنصر یافت می‌شد.





همچنان که عناصرها کشف می‌شدند، خواص آنها بررسی می‌شد و داده‌های زیادی به دست می‌آمد، از این رو دسته‌بندی این داده‌ها به روش‌های سودمند که بتواند به فهم خواص عناصرها کمک کند، ضروری به نظر می‌رسید.

شکل ۳. تصویری از ید، برم و کلر

دوبراینر<sup>۱</sup> (۱۸۴۹-۱۷۸۰) دانشمند آلمانی در سال ۱۸۲۹ میلادی دریافت که می‌توان عناصرها را در دسته‌های سه تایی (triads) مرتب کرد. وی مشاهده کرد که همه عناصرهای موجود در هر دسته سه‌تایی تشابه قابل توجهی در خواص شیمیایی دارند. هریک از این دسته‌ها روند منظمی را در خواص فیزیکی مانند چگالی، نقطه ذوب و به‌طور خاص در جرم اتمی نشان می‌دادند (جدول ۱).

جدول ۱. جدول سه تایی هالوژن

| عنصر | جرم اتمی | چگالی $\text{g.mL}^{-1}$ | نقطه ذوب | نقطه جوش |
|------|----------|--------------------------|----------|----------|
| کلر  | ۳۵/۴۵۳   | ۰/۰۰۳۲۱                  | -۳۴      | -۱۰۱     |
| برم  | ۷۹/۹۰۴   | ۳/۱۲                     | ۵۹       | -۷       |
| ید   | ۱۲۶/۹۰۴  | ۴/۹۳                     | ۱۸۵      | ۱۱۴      |

پس از وی در سال ۱۸۶۵ میلادی نیولندز<sup>۲</sup> (۱۸۹۸-۱۸۳۷) دانشمند انگلیسی پیشنهاد کرد که ۶۲ عنصر شناخته شده می‌توانند براساس افزایش جرم اتمی در هفت گروه مرتب شوند. او همچنین پیشنهاد کرد که عنصر هشتم، خواص مشابهی با عنصر گروه اول و عنصر نهم خواصی مانند عنصر دوم دارد. به‌طوری که خواص فیزیکی و شیمیایی ۲۰ عنصر نخست در گروه‌های هفت‌گانه تکرار می‌شد. جالب است بدانید که نظریه وی با تمسخر روبه‌رو شد و برای چاپ شدن در مجله‌های علمی تأیید نشد. اگرچه اساساً نگاه نیولندز به ارتباط تناوبی عناصرها درست بود، اما ۲۰ سال طول کشید تا نظر وی پذیرفته شود. سرانجام در سال ۱۸۸۷ نیولندز مدال دیوی (Davy) را با متانت و بزرگواری از انجمن سلطنتی انگلستان قبول کرد.

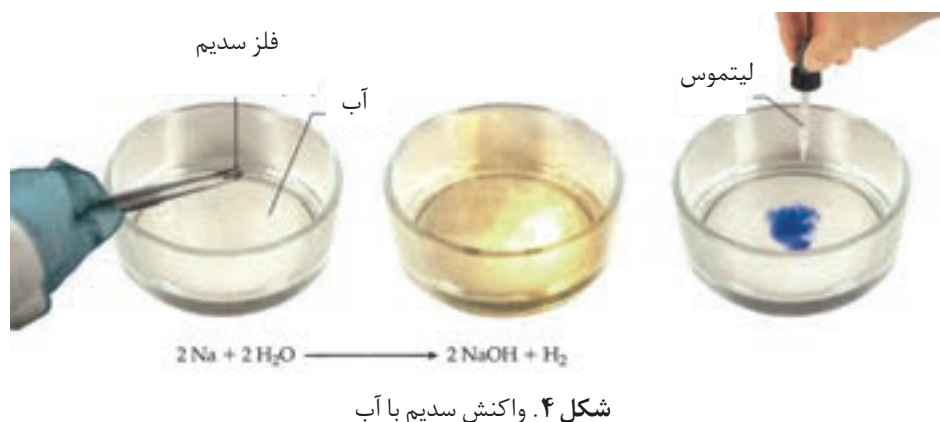
۱- J. W. Döbereiner

۲- J. A. R. Newlands

بزرگ‌ترین پیشرفت در زمینه دسته‌بندی عناصر با کارهای مندلیف<sup>۱</sup> (۱۸۳۴-۱۹۰۷) به دست آمد. وی در دهه ۱۸۶۰ میلادی، عناصر و خواص آنها را روی کارت‌های مشخصی فهرست کرد. سپس، چیدمان‌های گوناگونی از این کارت‌ها را برای یافتن الگوهای مشخص و متنوع بررسی کرد. وقتی که وی عناصر را برحسب افزایش جرم اتمی مرتب کرد، کشف مهمی رخ داد.

(عناصرهای He، Ne و Ar در زمان مندلیف کشف نشده بودند، لذا وی عناصری دیگری را به جای آنها قرار داده بود).

با چیدن عناصر به این روش، مندلیف کشف کرد که خواص شیمیایی عناصر در یک الگوی منظم تکرار می‌شود. برای نمونه؛ خواص سدیم را در نظر بگیرید. عنصر سدیم آن قدر فعال است که در طبیعت به طور آزاد یافت نمی‌شود، اما دانشمندان عنصر سدیم را به صورت خالص از ترکیب‌های آن جدا کرده‌اند. سدیم، فلزی نقره‌ای رنگ و نرم با چگالی کم و نقطه ذوب پایین است. سدیم به شدت واکنش پذیر است به طوری که می‌توان واکنش پذیری زیاد آن را با انداختن یک تکه سدیم در آب به نمایش گذاشت (شکل ۴).



مانند همه دانشمندان آن زمان، مندلیف تمام آنچه را که درباره سدیم کشف شده بود، می‌دانست. اما، ذکاوت، تلاش و تمرکز سبب شد او از این اطلاعات، نکته مهمی را کشف کند و به جهانیان ارائه دهد. وی چیدمان‌های گوناگون کارت‌های خود را چندین بار بررسی کرد تا ارتباطی بین عنصرهایی که خواص مشابه دارند، بیابد. سرانجام در یک نوع از چیدمان‌ها، نکته جالبی توجه وی را جلب کرد و پی برد هشتمین عنصر از سری سمت چپ کارت سدیم با هشتمین عنصر از سری سمت راست سدیم دارای خواص شیمیایی یکسانی با سدیم‌اند. این عناصر لیتیم و پتاسیم بودند (شکل ۲). هر دو عنصر با

اکسیژن و آب واکنش می دهند و به ترتیب  $\text{K}_2\text{O}(\text{s})$ ،  $\text{Li}_2\text{O}(\text{s})$ ،  $\text{KOH}(\text{aq})$  و  $\text{LiOH}(\text{aq})$  می دهند که شبیه ترکیب های سدیم اند. وی همچنین مشاهده کرد که سایر ویژگی های شیمیایی و فیزیکی این سه عنصر شبیه یکدیگر است.

آیا این ترتیب فقط یک اتفاق بود؟!

**جدول ۲. هشت گروه به دست آمده از فعالیت مندلیف**

هنگامی که مندلیف جدول خود را ارائه کرد، ۷۰ عنصر شناخته شده بود. وقتی وی این عنصرها را در ستون‌های هشت‌تایی برحسب خواص شیمیایی مشابه مرتب کرد، برخی از خانه‌های جدول خالی ماند. این خانه‌ها متعلق به عنصرهایی بودند که تا آن زمان

شکل ۵. جای خالی، در گروه ۱۴

کشف نشده بودند (شکل ۵).

بر اساس این جدول، مندلیف موفق شد خواص شیمیایی و فیزیکی عنصرهایی که کشف نشده بودند را پیش‌بینی کند. این کار شبیه به یک ترفند و حقه بود. کاری که شیمیدان‌های پیش از وی قادر به انجام آن نبودند.

در واقع وی هیچ تفسیری برای تشابه خواص و تغییر تدریجی آنها در یک گروه و یا یک دوره نداشت ولی نظام‌های موجود در جدولش، به او جرأت داد تا خواص فیزیکی و شیمیایی برخی عنصرهای ناشناخته را پیش‌گویی کند. به گونه‌ای که با بررسی خواص عنصرهای بالا و پایین و نیز چپ و راست خانه‌های خالی و میانگین گرفتن از خواص آنها، این پیش‌گویی‌ها را انجام داد.

یکی از ناکامی‌های مندلیف این بود که مجبور شد عنصر سنگین‌تر  $^{127/6}\text{Te}$  را پیش از عنصر سبک‌تر  $^{126/9}\text{I}$  بگذارد تا تشابه خواص عنصرها در یک ستون رعایت شود. او تصور می‌کرد که این بی‌نظمی به دلیل دقت کم در اندازه‌گیری جرم اتمی  $\text{Te}$  است و باید جرم اتمی آن ۱۲۵ باشد! غافل از این که پس از کشف ساختار اتم معلوم شد جرم اتمی ملاک مناسبی برای دسته‌بندی عنصرها نیست!



شکل ۶. جدول ارائه شده توسط مندلیف و تمبری به افتخار فعالیت‌های وی

## واحد یادگیری ۲

### روش تدریس پیشنهادی: الگوی دریافت مفهوم

توصیه می شود ابتدا به کمک دانش آموزان مثال هایی از دسته بندی و مرتب کردن اجسام طبق ویژگی خاص بیان کنید. نمونه هایی چون نصب چند قاب عکس روی دیوار یا میز، اصول رعایت شده در چیدن کتاب ها در کتابخانه و ... طی این کار اهمیت ساماندهی و رعایت نظم در اجسام و زندگی را یادآور شوید.

سپس از دانش آموزان بخواهید چند پدیده طبیعی را که در طول سال، ماه یا هفته تکرار می شوند نام ببرند. مثال هایی چون: طلوع خورشید، روزهای هفته در تقویم، چرخه آب، برنامه کلاسی هفتگی و ... با این نمونه ها، توجه دانش آموزان را به مفهوم «تناوبی بودن» جلب کنید و معنای لغوی این اصطلاح را توضیح دهید.

پس از این مقدمه ادامه دهید که در جدول تناوبی علاوه بر رعایت اصول مشخص در تنظیم جدول، برخی ویژگی ها در هر دوره یا تناوب تکرار می شود و به همین دلیل آن را جدول تناوبی می نامیم. حال هدف های آموزشی درس را بیان کنید.

اکنون کارت های صفحه بعد را، در اختیار گروه ها (هر گروه یک برگ) قرار دهید و از آنها بخواهید با توجه به اطلاعات کارت ها یک جدول عناصر پیشنهاد دهند. به گروه ها متذکر شوید که در تنظیم جدول خود باید دو نکته را در نظر بگیرند:

۱- اساس تنظیم جدول را مشخص سازند.

۲- روند تناوبی موجود در جدول خود را تعیین کنند.

پس از تنظیم جدول، از نماینده هر گروه بخواهید جدول خود را معرفی و ویژگی های آن را به کلاس ارائه کند. بدون قضاوت اجازه دهید همه گروه ها نظر خود را بیان کنند و دیگر گروه ها نیز به نقد جدول ارائه شده بپردازند.

در ادامه از دانش آموزان بخواهید که جدول های خود را با جدول تناوبی امروزی مقایسه و نقایص جدول گروه خود را بیان کنند.

حال مطالب را جمع بندی کنید و جدول تناوبی امروزی و اساس تنظیم آن را توضیح دهید.

در ادامه از دانش آموزان بخواهید به کمک کارت ها، جدول تناوبی و داده های موجود در آن به پرسش های زیر پاسخ دهند و در مواردی که خواسته شده، قاعده مورد نظر را کشف کنند.

۱- روشی برای تعیین شماره دوره عناصرها از روی آرایش الکترونی ارائه دهید.

### هدف های آموزشی

انتظار می رود دانش آموز در پایان این واحد یادگیری،

۱- با چگونگی تنظیم جدول تناوبی امروزی آشنا شود.

۲- مفهوم قانون تناوبی را با ذکر مثال تعریف کند.

۳- مهارت شناسایی یک عنصر با توجه به شماره گروه و تناوب آن را کسب کند.

۴- با گروه های اصلی و واسطه آشنا شود.

۵- با خواص فلزها، شبه فلزها و نافلزها آشنا شود.

۶- به کاربرد برخی از شبه فلزها و عناصر در زندگی پی ببرد.

۷- مهارت تعیین جایگاه عنصر را در جدول تناوبی با توجه به عدد اتمی آن در خود تقویت کند.

### ارزشیابی تشخیصی

۱- مندلیف جدول خود را برچه اساسی تنظیم کرد؟

۲- علت به کار بردن مکان های خالی در جدول چه بود؟

۳- یک مورد از بی نظمی های مشاهده شده در جدول مندلیف را نام برده و علت آن را بنویسید.

۴- یک جدول تناوبی فرضی رسم کرده و جایگاه فلزها، نافلزها و شبه فلزها را در جدول مشخص کنید.

۵- اگر عدد اتمی عنصری ۳۸ باشد، جایگاه آن در جدول تناوبی (شماره دوره و گروه) آن را تعیین کنید.

|   |  |  |  |   |
|---|--|--|--|---|
| <p>Li</p> <p>لیتیم</p> <p>جامد</p> <p>۶/۴۱</p> <p>فلز</p>   | <p>Na</p> <p>سدیم</p> <p>جامد</p> <p>۲۲/۹۹</p> <p>فلز</p>  | <p>K</p> <p>پتاسیم</p> <p>جامد</p> <p>۳۹/۰۹</p> <p>فلز</p>   | <p>Mg</p> <p>منیزیم</p> <p>جامد</p> <p>۲۴/۳۰</p> <p>فلز</p>  | <p>Ca</p> <p>کلسیم</p> <p>جامد</p> <p>۴۰/۳۷</p> <p>فلز</p>  |
| <p><math>{}^7\text{Li}</math></p> <p><math>[\text{He}]2s^1</math></p> <p>ترکیب هیدروژن دار:</p> <p>LiH</p>                | <p><math>{}^{11}\text{Na}</math></p> <p><math>[\text{Ne}]3s^1</math></p> <p>ترکیب هیدروژن دار:</p> <p>NaH</p>      | <p><math>{}^{19}\text{K}</math></p> <p><math>[\text{Ar}]4s^1</math></p> <p>ترکیب هیدروژن دار:</p> <p>KH</p>                | <p><math>{}^{12}\text{Mg}</math></p> <p><math>[\text{Ne}]3s^2</math></p> <p>ترکیب هیدروژن دار:</p> <p>MgH<sub>۲</sub></p>      | <p><math>{}^{20}\text{Ca}</math></p> <p><math>[\text{Ar}]4s^2</math></p> <p>ترکیب هیدروژن دار:</p> <p>CaH<sub>۲</sub></p> |
| <p>F</p> <p>فلوئور</p> <p>گاز</p> <p>۱۸/۹۹</p> <p>نافلز</p>   | <p>Cl</p> <p>کلر</p> <p>گاز</p> <p>۳۵/۴۵</p> <p>نافلز</p>  | <p>Br</p> <p>برم</p> <p>مایع</p> <p>۷۹/۹۰</p> <p>نافلز</p>   | <p>He</p> <p>هلیوم</p> <p>گاز</p> <p>۴/۰۰</p> <p>نافلز</p>   | <p>Ne</p> <p>نئون</p> <p>گاز</p> <p>۲۰/۱۷</p> <p>نافلز</p>  |
| <p><math>{}^9\text{F}</math></p> <p><math>[\text{He}]2s^2 2p^5</math></p> <p>ترکیب هیدروژن دار:</p> <p>HF</p>             | <p><math>{}^{17}\text{Cl}</math></p> <p><math>[\text{Ne}]3s^2 3p^5</math></p> <p>ترکیب هیدروژن دار:</p> <p>HCl</p> | <p><math>{}^{35}\text{Br}</math></p> <p><math>[\text{Ar}]3d^{10} 4s^2 4p^5</math></p> <p>ترکیب هیدروژن دار:</p> <p>HBr</p> | <p><math>{}^2\text{He}</math></p> <p><math>1s^2</math></p> <p>ترکیب هیدروژن دار:</p> <p>—</p>                                  | <p><math>{}^{10}\text{Ne}</math></p> <p><math>[\text{He}]2s^2 2p^6</math></p> <p>ترکیب هیدروژن دار:</p> <p>—</p>          |
| <p><math>{}^5\text{B}</math></p> <p><math>[\text{He}]2s^2 2p^1</math></p> <p>ترکیب هیدروژن دار:</p> <p>BH<sub>۳</sub></p> | <p>Ar</p> <p>آرگون</p> <p>گاز</p> <p>۳۹/۹۴</p> <p>نافلز</p>  | <p>Al</p> <p>آلومینیم</p> <p>جامد</p> <p>۲۶/۹۸</p> <p>فلز</p>  | <p>O</p> <p>اکسیژن</p> <p>گاز</p> <p>۱۵/۹۹</p> <p>نافلز</p>  | <p>B</p> <p>بور</p> <p>جامد</p> <p>شبه فلز</p>  |
|   |  | <p><math>{}^{18}\text{Ar}</math></p> <p><math>[\text{Ne}]3s^2 3p^6</math></p> <p>ترکیب هیدروژن دار:</p> <p>—</p>           | <p><math>{}^{13}\text{Al}</math></p> <p><math>[\text{Ne}]3s^2 3p^1</math></p> <p>ترکیب هیدروژن دار:</p> <p>AlH<sub>۳</sub></p> | <p><math>{}^8\text{O}</math></p> <p><math>[\text{He}]2s^2 2p^4</math></p> <p>ترکیب هیدروژن دار:</p> <p>H<sub>۲</sub>O</p> |



۲- روشی برای تعیین شماره گروه هر عنصر از روی آرایش الکترونی ارائه دهید.  
 ۳- از روی عدد اتمی هر عنصر و مکان گازهای نجیب، چگونه می‌توان شماره دوره و گروه آن را تعیین کرد؟

مثال: عنصر A در کدام دوره و گروه است؟

از مقایسه A با Kr، درمی‌یابیم اگر از Kr سه خانه به عقب برگردیم، به A می‌رسیم؛ یعنی  $18 - 3 = 15$ ، در نتیجه عنصر A در گروه ۱۵ و دوره چهارم است.  
 به دانش‌آموزان زمان کافی بدهید تا پاسخ پرسش‌ها را بنویسند. سپس از نماینده هر گروه بخواهید پاسخ پرسش را ارائه دهد. پاسخ تمام گروه‌ها را بشنوید و آن را تأیید، اصلاح یا کامل نمایید. در پایان از دانش‌آموزان بخواهید مطالب صفحات ۳۱ و ۳۲ را روخوانی کنند.

## بر دانش خود بیفزایید

### جدول تناوبی امروزی

دسته‌بندی عناصرها کمک شایانی به پیشنهاد مدل‌های اتمی و دستیابی به ساختار اتم کرد. به گونه‌ای که، آن دسته از مدل‌های اتمی‌ای پذیرفته می‌شد که توانایی بیشتری برای توجیه و تفسیر خواص عناصرها و ترکیب‌های آنها داشت.

در سال ۱۹۱۳ میلادی، موزلی<sup>۱</sup> (۱۸۸۷-۱۹۱۵) دانشمند جوان انگلیسی که با رادرفورد کار می‌کرد، مشخص نمود که طول موج تابش‌های X نشر شده از هر عنصر با تعداد پروتون‌های آن عنصر، ارتباط مستقیم دارد:  $\sqrt{v} = a(z - b)$ ، فرکانس پرتو ایکس نشر شده از آند فلزی دستگاه، Z عدد اتمی فلز در آند، a ثابت برابر با  $5 \times 10^{-7} \text{ s}^{-1/2}$  و  $b = 1$  است). پس از این آزمایش‌ها، شیمی‌دان‌ها پی بردند که دسته‌بندی عناصرها با افزایش عدد اتمی، ناهماهنگی‌های جدول مندلیف را برطرف می‌کند.

**ویژگی‌های جدول تناوبی:** آیا تاکنون اطلاعات داده شده در جدول‌های ورزشی از یک روزنامه را بررسی کرده‌اید؟ در این جدول‌ها، برخی از نمادها، خلاصه‌نویسی‌ها، واژه‌های مخفف و مجموعه‌ای از کدها به کار می‌رود. اگر شما با این ویژگی‌ها آشنا نباشید، برای یافتن اطلاعات مفید از آن سر درگم خواهید شد!  
 جدول تناوبی نیز دارای نمادها، داده‌های عددی، خلاصه‌نویسی‌ها، کدها و ... است که اطلاعات زیادی دربارهٔ عناصرها ارائه می‌دهد.

<sup>۱</sup> - H.G.J. Moseley



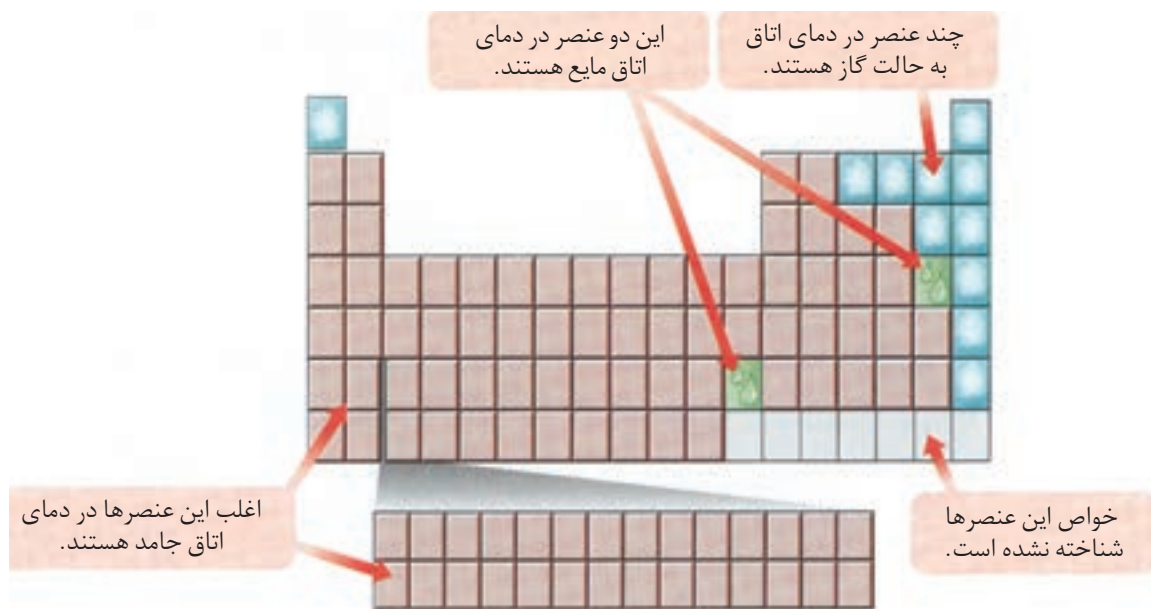
## جدول تناوبی چه اطلاعاتی به ما می دهد؟

آ) جدول تناوبی شماره گروه، تناوب، حالت فیزیکی و نوع عنصرها را نشان می دهد.

(شکل ۷.۷ آ و ب)



شکل ۷.۷ آ



شکل ۷.۷ ب، برخی از مشخصات جدول تناوبی

ب) جدول تناوبی محل قرار گرفتن اکتینیدها و لانتانیدها را نشان می‌دهد.

شماره ۱ ۲ ۳ ۴ ۵ ۶ ۷

۱ ۲ ۳ ۴ ۵ ۶ ۷ ۸ ۹ ۱۰ ۱۱ ۱۲ ۱۳ ۱۴ ۱۵ ۱۶ ۱۷ ۱۸

۱A 2A 3A 4A 5A 6A 7A 8A 9A 10A

عنصر ۸

عنصر ۱۸

عنصر ۳۲

فلزهای واسطه

لانتانیدها و اکتینیدها

شکل ۸. نمایش دیگری از جدول تناوبی

پ) جدول تناوبی همچنین دسته‌بندی عنصرها را براساس زیرلایه‌های درحال پرشدن نشان می‌دهد، زیرا خواص شیمیایی عنصرها وابسته به آرایش الکترونی آنها است. از این‌رو، وقتی عنصرها را با پرشدن لایه‌ها و زیرلایه‌ها بررسی می‌کنید، چهار دسته از عنصرها به‌دست خواهد آمد.

۱ ۲ ۳ ۴ ۵ ۶ ۷ ۸ ۹ ۱۰ ۱۱ ۱۲ ۱۳ ۱۴ ۱۵ ۱۶ ۱۷ ۱۸

1s 2s 3s 4s 5s 6s 7s

3d 4d 5d 6d

7p 6p 5p 4p 3p 2p

۱A 2A 3A 4A 5A 6A 7A 8A 9A 10A

فلزهای واسطه

نمایندۀ عنصرهای دسته s

نمایندۀ عنصرهای دسته p

نمایندۀ عنصرهای دسته d

نمایندۀ عنصرهای دسته f

شکل ۹. جدول تناوبی عنصرها و دسته‌بندی آنها

## گروه‌ها را چگونه شماره گذاری می‌کنند؟

شکل ۱۰، قراردادهای شماره گذاری گروه‌های جدول تناوبی را در آمریکا و اروپا نشان می‌دهند. در این قراردادها، حرف A، گروه اصلی و حرف B، گروه فرعی را نشان می‌دهند.

شکل ۱۰-آ. جدول تناوبی عنصرها - قرارداد آمریکایی

شکل ۱۰-ب، جدول تناوبی عنصرها - قرارداد اروپایی

در دهه‌های اخیر شماره گذاری گروه‌ها به یکی از موضوعات جالب تبدیل شده بود؛ به گونه‌ای که پس از بحث‌های فراوان و مداوم، سرانجام آیوپاک در سال ۱۹۸۵ میلادی پیشنهاد کرد که گروه‌ها را از شماره ۱ تا ۱۸ شماره گذاری کنند (شکل ۱۱).

شکل ۱۱. جدول تناوبی عنصرها - قرارداد آیوپاک



یافته‌های جدید دربارهٔ خواص فیزیکی و شیمیایی عنصرها (به‌ویژه عنصرهای تناوب ششم و هفتم) سبب شده است تا دانشمندان دسته‌بندی جدیدی از عنصرها را ارائه دهند. در این دسته‌بندی جدید، محل لانتانیدها و اکتینیدها تغییر کرده است (شکل ۱۲).

| Atomic number | Symbol | Atomic weight                 |
|---------------|--------|-------------------------------|
| 1             | H      | hydrogen<br>(1.007 94)        |
| 2             | He     | helium<br>(4.002 602)         |
| 3             | Li     | lithium<br>(6.941 15)         |
| 4             | Be     | beryllium<br>(9.012 182)      |
| 5             | B      | boron<br>(10.811 7)           |
| 6             | C      | carbon<br>(12.010 7)          |
| 7             | N      | nitrogen<br>(14.006 42)       |
| 8             | O      | oxygen<br>(15.999 4)          |
| 9             | F      | fluorine<br>(18.998 4032)     |
| 10            | Ne     | neon<br>(20.179 7)            |
| 11            | Na     | sodium<br>(22.989 76928)      |
| 12            | Mg     | magnesium<br>(24.304 7)       |
| 13            | Al     | aluminum<br>(26.981 5386)     |
| 14            | Si     | silicon<br>(28.085 5)         |
| 15            | P      | phosphorus<br>(30.973 762)    |
| 16            | S      | sulfur<br>(32.06)             |
| 17            | Cl     | chlorine<br>(35.453)          |
| 18            | Ar     | argon<br>(39.948)             |
| 19            | K      | potassium<br>(39.098 3)       |
| 20            | Ca     | calcium<br>(40.078)           |
| 21            | Sc     | scandium<br>(44.955 912)      |
| 22            | Ti     | titanium<br>(47.88)           |
| 23            | V      | vanadium<br>(50.941 5)        |
| 24            | Cr     | chromium<br>(51.996 1)        |
| 25            | Mn     | manganese<br>(54.938 045)     |
| 26            | Fe     | iron<br>(55.845)              |
| 27            | Co     | cobalt<br>(58.933 195)        |
| 28            | Ni     | nickel<br>(58.693 4)          |
| 29            | Cu     | copper<br>(63.546)            |
| 30            | Zn     | zinc<br>(65.38)               |
| 31            | Ga     | gallium<br>(69.723)           |
| 32            | Ge     | germanium<br>(72.630)         |
| 33            | As     | arsenic<br>(74.921 6)         |
| 34            | Se     | selenium<br>(78.96)           |
| 35            | Br     | bromine<br>(79.904)           |
| 36            | Kr     | krypton<br>(83.80)            |
| 37            | Rb     | rubidium<br>(85.467 8)        |
| 38            | Sr     | strontium<br>(87.62)          |
| 39            | Y      | yttrium<br>(88.905 84)        |
| 40            | Zr     | zirconium<br>(91.224)         |
| 41            | Nb     | niobium<br>(92.906 38)        |
| 42            | Mo     | molybdenum<br>(95.94)         |
| 43            | Tc     | technetium<br>(98)            |
| 44            | Ru     | ruthenium<br>(101.07)         |
| 45            | Rh     | rhodium<br>(102.905 5)        |
| 46            | Pd     | palladium<br>(106.367 5)      |
| 47            | Ag     | silver<br>(107.868 2)         |
| 48            | Cd     | cadmium<br>(112.411 8)        |
| 49            | In     | indium<br>(114.818)           |
| 50            | Sn     | tin<br>(118.710)              |
| 51            | Sb     | antimony<br>(121.757)         |
| 52            | Te     | tellurium<br>(127.6)          |
| 53            | I      | iodine<br>(126.905 47)        |
| 54            | Xe     | xenon<br>(131.29)             |
| 55            | Cs     | caesium<br>(132.905 451)      |
| 56            | Ba     | barium<br>(137.327)           |
| 57            | La     | lanthanum<br>(138.905 47)     |
| 58            | Ce     | cerium<br>(140.12)            |
| 59            | Pr     | praseodymium<br>(140.907 68)  |
| 60            | Nd     | neodymium<br>(144.242)        |
| 61            | Pm     | promethium<br>(144.912 74)    |
| 62            | Sm     | samarium<br>(150.36)          |
| 63            | Eu     | europraseium<br>(151.964)     |
| 64            | Gd     | gadolinium<br>(157.25)        |
| 65            | Tb     | terbium<br>(158.925 32)       |
| 66            | Dy     | dysprosium<br>(162.500 81)    |
| 67            | Ho     | holmium<br>(164.930 329)      |
| 68            | Er     | erbium<br>(167.259)           |
| 69            | Tm     | thulium<br>(168.934)          |
| 70            | Yb     | ytterbium<br>(173.054)        |
| 71            | Lu     | lutetium<br>(174.967)         |
| 72            | Hf     | hafnium<br>(178.49)           |
| 73            | Ta     | tantalum<br>(180.947 88)      |
| 74            | W      | tungsten<br>(183.84)          |
| 75            | Re     | rhenium<br>(186.207)          |
| 76            | Os     | osmium<br>(190.23)            |
| 77            | Ir     | iridium<br>(192.222)          |
| 78            | Pt     | platinum<br>(195.083)         |
| 79            | Au     | gold<br>(196.966 569)         |
| 80            | Hg     | mercury<br>(200.59)           |
| 81            | Tl     | thallium<br>(204.383 3)       |
| 82            | Pb     | lead<br>(207.2)               |
| 83            | Bi     | bismuth<br>(208.980 4)        |
| 84            | Po     | polonium<br>(209)             |
| 85            | At     | astatine<br>(210)             |
| 86            | Rn     | radon<br>(222)                |
| 87            | Fr     | francium<br>(223)             |
| 88            | Ra     | radium<br>(226)               |
| 89            | Ac     | actinium<br>(227)             |
| 90            | Th     | thorium<br>(232.037 7)        |
| 91            | Pa     | protactinium<br>(231.036 889) |
| 92            | U      | uranium<br>(238.028 91)       |
| 93            | Np     | neptunium<br>(237.048 173)    |
| 94            | Pu     | plutonium<br>(244.064 22)     |
| 95            | Am     | americium<br>(243.061 36)     |
| 96            | Cm     | curium<br>(247.070 35)        |
| 97            | Bk     | berkelium<br>(247.070 35)     |
| 98            | Cf     | californium<br>(251.080 88)   |
| 99            | Es     | einsteinium<br>(252.083 10)   |
| 100           | Fm     | fermium<br>(257)              |
| 101           | Md     | meitnerium<br>(258)           |
| 102           | No     | nobelium<br>(259)             |
| 103           | Lr     | lawrencium<br>(262)           |

شکل ۱۲

## واحد یادگیری ۳

### هدف‌های آموزشی

- انتظار می‌رود دانش‌آموز در
- پایان این واحد یادگیری،
  - ۱- با عنصرهای گروه ۱ و ۲ جدول تناوبی آشنا شود.
  - ۲- رابطه بین واکنش‌پذیری فلزهای گروه ۱ و ۲ با انرژی نخستین یونش را کشف کند.
  - ۳- با برخی کاربردهای این عنصرها در زندگی آشنا شود و به اهمیت آنها پی ببرد.
  - ۴- علت تفاوت واکنش‌پذیری گروه ۱ و ۲ را توضیح دهد.
  - ۵- با انجام یک آزمایش، واکنش‌پذیری دو فلز قلیایی و قلیایی خاکی را با یکدیگر مقایسه کند.
  - ۶- مهارت انجام صحیح آزمایش را درباره فلزهای قلیایی و قلیایی خاکی در خود تقویت کند.
  - ۷- با شرایط نگهداری این عنصرها، آشنا شود.

### ارزشیابی تشخیصی

- ۱- سه ویژگی فلزها را نام ببرید. آیا این ویژگی‌ها به فلزهای قلیایی قابل تعمیم است؟
- ۲- کدام گزینه، آرایش الکترونی لایه ظرفیت اتم عناصر گروه ۱ را به درستی نشان می‌دهد؟  
( $ns^2$  ب) ( $ns^1$  آ)  
(پ) ( $ns^1$ )
- ۳- اگر نخستین انرژی یونش سدیم بیشتر از پتاسیم باشد، به نظر شما کدام فلز واکنش‌پذیرتر است؟ علت را توضیح دهید.
- ۴- با توجه به پاسخ پرسش ۴، چه انتظاری درباره روند واکنش‌پذیری فلزهای قلیایی و قلیایی خاکی دارید؟

## روش تدریس پیشنهادی: کاوشگری هدایت شده - یادگیری مشارکتی -

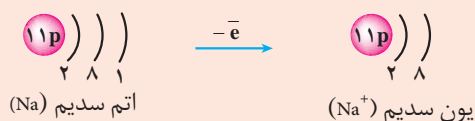
### پرسش و پاسخ

توصیه می‌شود فیلم‌های مربوط به فلزهای قلیایی و قلیایی خاکی را از سایت گروه شیمی دانلود کنید و در کلاس نمایش دهید. از دانش‌آموزان بخواهید در مورد خواص این دو گروه از فلزها با توجه به مطالب ارائه شده در فیلم صحبت کنند. سپس با معرفی هدف‌های آموزشی درس، کاربرگ زیر را که از قبل تهیه و تکثیر کرده‌اید، در اختیار گروه‌ها قرار دهید.

| کاربرگ کلاسی (گروهی - فردی)   | صفحه   |
|---|--------|
| نام و نام خانوادگی (نام اعضا):  | تاریخ: |
| موضوع درس:  |        |
| <p><b>داده‌ها:</b> جدول خواص عنصرهای گروه ۱ و گروه ۲ صفحه ۳۴ و ۳۶ کتاب درسی</p> <p><b>پرسش‌ها</b></p> <p>۱- در این دو گروه با افزایش عدد اتمی، عدد کوانتوم اصلی آخرین لایه چه تغییری می‌کند؟</p> <p>۲- با افزایش عدد اتمی در این دو گروه، تعداد لایه‌های الکترونی چه تغییری می‌کند؟</p> <p>۳- عنصرهای گروه ۱ در آخرین لایه الکترونی خود چند الکترون دارند؟</p> <p>۴- آرایش الکترونی آخرین لایه عنصرهای گروه ۱ چیست؟<br/>(<math>ns^1, ns^2, np^1</math>)</p> <p>۵- عنصرهای گروه ۲ در آخرین لایه الکترونی خود چند الکترون دارند؟</p> <p>۶- آرایش الکترونی آخرین لایه عنصرهای گروه ۲ چیست؟<br/>(<math>ns^2, ns^2, np^2, ns^1</math>)</p> |        |



۷- با توجه به تصویر زیر، عبارت داده شده را کامل کنید.



شکل ۱۳

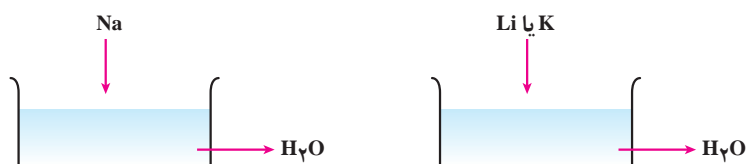
فلزهای قلیایی مانند سدیم با (از دست دادن - گرفتن) یک الکترون به یون (مثبت - منفی) تبدیل می‌شوند. یون این عناصر یک لایه الکترونی (کمتر - بیشتر) از اتم آنها دارد.

به گروه‌ها برای بررسی و تکمیل کاربرگ‌ها زمان کافی بدهید. بر کار آنها نظارت کنید و در صورت لزوم بدون ارائه پاسخ مستقیم، آنها را راهنمایی نمایید. پس از پایان فعالیت از هر گروه بخواهید پاسخ یکی از پرسش‌ها را به کلاس ارائه دهد. به کمک دیگر دانش‌آموزان، پاسخ داده شده را اصلاح یا تأیید نمایید.

در ادامه برای بررسی واکنش‌پذیری عنصرهای گروه ۱ و ۲ توصیه می‌شود آزمایش‌های زیر توسط گروه‌ها یا معلم با مقدار یکسانی از فلزها انجام پذیرد (یا می‌توانید فیلم این آزمایش‌ها را نمایش دهید).

در انجام آزمایش‌ها، مقدار یکسانی از فلزها را بردارید.

### آزمایش (۱)



شکل ۱۴

پس از انجام آزمایش از دانش‌آموزان بخواهید درباره روند تغییر واکنش‌پذیری در گروه ۱ قضاوت کنند. پاسخ آنها را تأیید و یا کامل کنید.

### آزمایش (۲)



شکل ۱۵

پس از انجام آزمایش از دانش‌آموزان بخواهید دربارهٔ روند تغییر واکنش‌پذیری در گروه ۲ قضاوت کنند. پاسخ آنها را تأیید و یا کامل کنید.

### آزمایش (۳)



شکل ۱۶

پس از انجام آزمایش از دانش‌آموزان بخواهید واکنش‌پذیری گروه ۱ را با گروه ۲ مقایسه کنند و دلیل اختلاف در واکنش‌پذیری را توضیح دهند. پاسخ‌های آنها را بشنوید اما دربارهٔ آن قضاوتی نکنید.

در ادامه توجه دانش‌آموزان را به آرایش الکترونی لایه‌های ظرفیت عنصرهای گروه‌های ۱ و ۲ جلب کنید و دلیل اختلاف در واکنش‌پذیری را توضیح دهید.

در پایان از دانش‌آموزان بپرسید، با توجه به مطالبی که تاکنون دربارهٔ فلزهای گروه ۱ و ۲ آموخته‌اید، چرا این عناصر در طبیعت فقط به صورت ترکیب با دیگر عناصر دیده می‌شوند و به صورت آزاد یافت نمی‌شوند؟

پاسخ دانش‌آموزان را بدون تأیید یا رد نظر آنها بشنوید و در کلاس به بحث بگذارید. سپس پاسخ پرسش را تأیید و کامل کنید.

در پایان توصیه می‌شود با مراجعه به جدول‌ها و متن کتاب درسی، درس را جمع‌بندی کنید.

## بر دانش خود بیفزایید

### گروه اول - فلزهای قلیایی

یکی از نمک‌های این فلزها به نام سدیم کلرید در دوران باستان شناخته شده بود و برای نگهداری و مزه‌دادن به غذاها به کار می‌رفت. تنظیم دو عنصر سدیم و پتاسیم برای بدن ما بسیار ضروری است. این دو عنصر پیش از دیگر عنصرهای هم‌گروه، به فاصلهٔ چند روز از یکدیگر در سال ۱۸۰۷ میلادی توسط همفری دیوی، از فراورده‌های برقکافت  $\text{NaOH}$  و  $\text{KOH}$  مذاب شناسایی شدند. در سال ۱۸۱۷ میلادی جی. ای. آرفودسون، شیمی‌دان جوانی که با جی. جی. برزلیوس کار می‌کرد، شباهت‌هایی را میان انحلال‌پذیری ترکیب‌های لیتیم با ترکیب‌های سدیم و پتاسیم شناسایی کرد. تا این که







شکل ۱۷. جداسازی نمک خوراکی ناخالص از آب دریا

سال بعد، دوباره دیوی، نخستین کسی بود که فلز لیتیم را جداسازی نمود ولی این بار از برقکافت  $\text{Li}_2\text{O}$  مذاب. عنصرهای روبیدیم و سزیم به ترتیب در سال‌های ۱۸۶۰ و ۱۸۶۱ به کمک طیف‌سنجی شناسایی شدند و بر پایهٔ رنگ بارزترین خط‌های نشری آنها، از واژه‌های سزیوس برای آبی آسمان و روبیدوس برای رنگ قرمز تند، نام‌گذاری شدند. عنصر فرانسیم تا سال ۱۹۳۹ که به عنوان ایزوتوپی پرتوزا و کم‌عمر از تلاشی هسته‌ای اکتینیم جداسازی شد، شناسایی نشده بود.

این فلزها هنگام سوختن بسته به نوع فلز می‌توانند، اکسید، پراکسید یا سوپراکسید تشکیل دهند (جدول ۳).

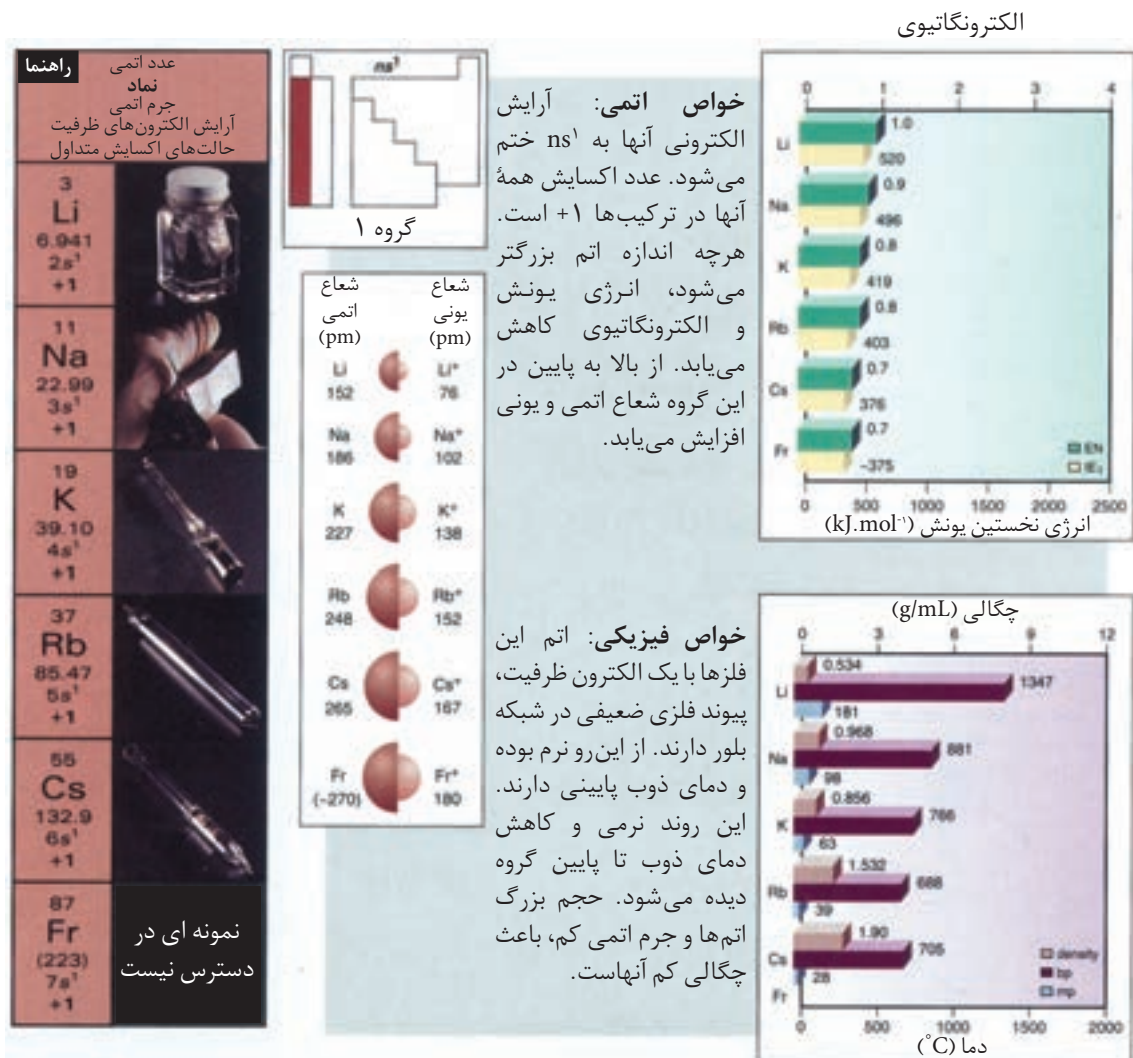
جدول ۳. فراورده‌های سوختن فلزهای قلیایی

| فلز قلیایی | اکسید                   | پراکسید                   | سوپراکسید      |
|------------|-------------------------|---------------------------|----------------|
| Li         | $\text{Li}_2\text{O}$   | $\text{Li}_2\text{O}_2^*$ |                |
| Na         | $^*\text{Na}_2\text{O}$ | $\text{Na}_2\text{O}_2$   |                |
| K          |                         |                           | $\text{KO}_2$  |
| Rb         |                         |                           | $\text{RbO}_2$ |
| Cs         |                         |                           | $\text{CsO}_2$ |

\* فراوردهٔ فرعی را نشان می‌دهد.

\* تفاوت در واکنش‌پذیری فلزهای قلیایی به سهولت تشکیل کاتیون  $+1$  و نیز پایداری کاتیون آن در شبکهٔ بلوری جامد و یا محلول در آب به صورت آب پوشیده وابسته است.

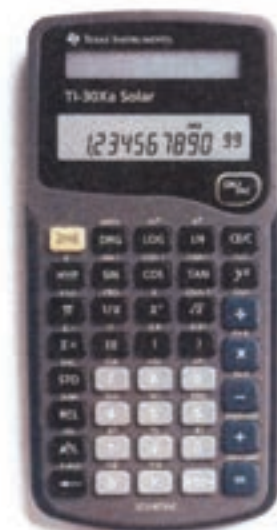
هیدروکسید فلزهای قلیایی، الکترولیت قوی اند و تقریباً همه ترکیب‌های این فلزها در آب محلول هستند. هیدروکسید، کربنات، فسفات و فلوئورید لیتیم از دیگر ترکیب‌های سایر فلزهای قلیایی انحلال‌پذیری کمتری در آب دارند. یون‌های  $\text{Na}^+$  را می‌توان به صورت سدیم روی اورانیل استات آب پوشیده،  $6\text{H}_2\text{O}(\text{s}) \cdot \text{NaZn}(\text{UO}_2)_2(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_4$  رسوب داد. یون‌های  $\text{K}^+$ ،  $\text{Rb}^+$  و  $\text{Cs}^+$  را می‌توان با  $\text{ClO}_4^-$  و  $\text{PtCl}_6^{2-}$  رسوب داد. یون‌های  $\text{Li}^+$  را می‌توان با  $\text{PO}_4^{3-}$  و نیز  $\text{F}^-$  به رسوب‌های  $\text{Li}_3\text{PO}_4$  و  $\text{LiF}$  تبدیل کرد. جدول زیر (شکل ۱۸) برخی ویژگی‌های فلزهای قلیایی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۸. برخی خواص فیزیکی و شیمیایی فلزهای قلیایی

## کاربرد فلزهای قلیایی

فلزهای قلیایی و نمک‌های آنها کاربردهای گسترده‌ای دارند. این فلزها با تابش نور، الکترون نشر می‌کنند (پدیده فوتوالکتریک). سزیم که آسان‌تر از دیگر فلزهای قلیایی الکترون از دست می‌دهد، در ساخت فوتوسل‌ها (دستگاه‌های نورسنج مانند ماشین حساب نوری و چشم الکترونیک) به کار می‌رود که پیام‌های نوری را به پیام‌های الکتریکی تبدیل می‌کند (شکل ۱۹). مهم‌ترین کاربرد سدیم به عنوان مایع خنک‌کننده در واکنش‌گاه‌های (راکتورها) هسته‌ای است. برخی از واکنش‌گاه‌های هسته‌ای در دمایی نزدیک به  $600^{\circ}\text{C}$  کار می‌کنند. از این رو آب که در  $100^{\circ}\text{C}$  می‌جوشد، برای خنک کردن آنها مناسب نیست؛ بنابراین برای این کار از سدیم که در  $889^{\circ}\text{C}$  می‌جوشد، استفاده می‌شود. لامپ بخار سدیم که نور زرد رنگی دارد، برای چراغ‌های روشنایی در بزرگراه‌ها به کار می‌رود.



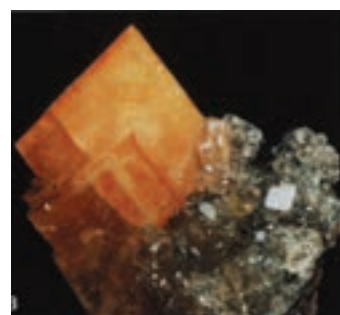
شکل ۱۹. ماشین حساب نوری

## پاسخ پرسش‌های «آزمایش کنید» صفحه ۳۵ کتاب درسی

- ۱- پتاسیم؛ زیرا آسان‌تر از سدیم و لیتیم الکترون لایه ظرفیت خود را از دست داده و کاتیون  $1+$  آب‌پوشیده تشکیل می‌دهد (جدا کردن الکترون ظرفیت از  $4s^1$  در پتاسیم نسبت به  $3s^1$  در سدیم و  $2s^1$  در لیتیم به انرژی کمتری نیاز دارد).
- ۲- در گروه فلزهای قلیایی، از بالا به پایین سرعت و شدت واکنش با آب افزایش می‌یابد (واکنش‌پذیری بیشتر می‌شود).
- ۳- برپایه فرضیه ارائه شده در پرسش ۲، سزیم باید واکنش شدیدتری از پتاسیم با آب سرد داشته باشد؛ زیرا پایین‌تر از بقیه قرار دارد.

## گروه دوم- فلزهای قلیایی خاکی

ترکیب‌های منیزیم و کلسیم از دوران باستان به کار می‌رفته‌اند. رومیان، ملاط‌های آهک ( $\text{CaO}$ ) مخلوط شده با شن و مصریان برای تزیین آرامگاه‌های خود در گچ مجسمه‌سازی، سنگ گچ ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) به کار می‌بردند. این دو عنصر قلیایی خاکی جزو فراوان‌ترین عنصرهای پوسته جامد زمین بوده و در بسیاری از کانی‌های معدنی یافت می‌شوند. استرانسیم و باریوم دارای فراوانی کمتری بوده و همانند منیزیم و کلسیم به شکل سولفات‌ها (مانند باریت، شکل ۲۰-آ) و کربنات‌ها در معدن و کانی‌های خود یافت می‌شوند. بریلیم از لحاظ فراوانی پنجمین عنصر این گروه است و بیشتر از کانی بریل،  $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_6$  به دست می‌آید (شکل ۲۰-ب). همه ایزوتوپ‌های رادیم پرتوزا هستند. رادیم نخستین بار در سال ۱۸۹۸ به وسیله پیر کوری و ماری کوری از سنگ معدن اورانیم پیچیلاند جداسازی شد.



آ) کانی باریت



ب) کانی بریل

شکل ۲۰

## واکنش پذیری فلزهای قلیایی خاکی

بریلیم حتی به صورت ملتهب نیز با آب واکنش نمی‌دهد. منیزیم فقط با آب جوش واکنش می‌دهد اما کلسیم، استرانسیم و باریم با آب سرد واکنش می‌دهند، به گونه‌ای که از کلسیم تا باریم بر سرعت و شدت واکنش افزوده می‌شود.



شکل ۲۱. واکنش‌پذیری منیزیم و کلسیم

انحلال‌پذیری اکسید این فلزها در آب از بالا به پایین افزایش می‌یابد؛ به گونه‌ای که BeO در آب حل نمی‌شود و MgO انحلال‌پذیری ناچیزی دارد و اکسیدهای کلسیم، استرانسیم و باریم در آب به خوبی حل شده و محلول قلیایی پدید می‌آورند. پایداری گرمایی کربنات فلزهای قلیایی خاکی نیز از بالا به پایین افزایش می‌یابد.



|                   |                   |                   |                   |          |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------|
| BaCO <sub>۳</sub> | SrCO <sub>۳</sub> | CaCO <sub>۳</sub> | MgCO <sub>۳</sub> | نمک      |
| +۲۶۷              | +۲۳۵              | +۱۷۸              | +۱۱۷              | ΔH واکنش |

## پاسخ پرسش‌های «آزمایش کنید» صفحه ۳۷ کتاب درسی

۱- کلسیم، زیرا آسان‌تر از منیزیم دو الکترون لایه ظرفیت خود را از دست می‌دهد و کاتیون ۲+ آب پوشیده تشکیل می‌دهد (جدا کردن دو الکترون ظرفیت از ۴s<sup>۲</sup> در کلسیم نسبت به ۳s<sup>۲</sup> در منیزیم به انرژی کمتری نیاز دارد).

۲- در این گروه از بالا به پایین، الکترون‌های ظرفیت به تدریج از هسته دورتر می‌شوند و جدا شدن آنها به انرژی کمتری نیاز دارد؛ از این‌رو تشکیل کاتیون  $2+$  آسان‌تر خواهد شد. به همین دلیل باریوم واکنش‌پذیری بیشتری از دیگر فلزهای بالاتر از خود در این گروه دارد.

## فلزهای قلیایی خاکی در آلیاژها

بریلیم سبک‌ترین فلز قلیایی خاکی، بیشتر به همراه مس، نیکل و دیگر فلزها در آلیاژها به کار می‌رود. هنگامی که اندکی بریلیم به مس افزوده می‌شود با حفظ رسانایی خوب مس، استحکام آن را به طرز چشمگیری افزایش می‌دهد و مقاومت آن را در برابر خوردگی بالا می‌برد. زمرد سبز و زمرد کبود از دونوع سنگ معدن بریل که منبع معدنی Be است، به دست می‌آیند (رنگ سبز و آبی روشن این سنگ‌ها به دلیل مقدار ناچیزی کروم و برخی ناخالصی‌هاست).

آلیاژ منیزیم با آلومینیم بیشتر به عنوان ماده سازنده محکم و سبک به جای فولاد به کار می‌رود؛ در حالی که چگالی آن،  $\frac{1}{4}$  چگالی فولاد است. گاهی افزودن اندکی از فلزهای قلیایی خاکی دیگر به آلیاژها، به کیفیت آنها کمک می‌کند. در گذشته از رادیم در درمان غده‌های سرطانی استفاده می‌شد ولی امروزه ایزوتوپ‌های پرتوزای دیگر، جایگزین آن شده‌اند.



شکل ۲۲. کاربردی از آلومینیم در هواپیماسازی

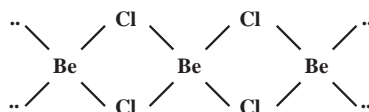
درصد عنصرهای به کار رفته در آلیاژ هواپیمای ایرباس ۳۲۰ A به شرح زیر است:

| عنصر       | Al | Mg  | Mn  | Ca  | Fe  | Si  |
|------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| ترکیب درصد | ۹۳ | ۵/۰ | ۸/۰ | ۵/۴ | ۵/۰ | ۷/۰ |



## ویژگی های فلزهای قلیایی خاکی

به جز Be دیگر عنصرهای این گروه خواص شیمیایی بسیار نزدیکی به یکدیگر دارند. اتم های Be به دلیل کوچکی بیش از اندازه، بیشتر در پیوندهای کووالانسی شرکت می کنند. برای نمونه  $\text{BeX}_2$  ( $\text{X} = \text{F}, \text{Cl}$ ) در حالت گازی، مولکول های خطی و مجزا دارد، اما در حالت جامد به صورت پلیمر درمی آید. در این پلیمر اتم های X نقش پل را بین مونومرها ایفا می کنند.



این فلزها را همانند فلزهای قلیایی از برقکافت نمک های مذاب تهیه می کنند. در جدول زیر برخی از ویژگی های فلزهای قلیایی خاکی ارائه شده است.



شکل ۲۳. برخی خواص فیزیکی و شیمیایی فلزهای قلیایی خاکی

## واحد یادگیری ۴

### روش تدریس: یادگیری مشارکتی، سخنرانی، نمایش

توصیه می شود پس از گروه بندی دانش آموزان، جدول تناوبی را به آنها نشان دهید و با اشاره به گروه های سوم تا هجدهم، هدف های آموزشی درس را بیان کنید. سپس پرسش زیر را با تعیین امتیاز معین بین گروه ها به رقابت بگذارید.

- آرایش الکترونی لایه ظرفیت گروه های ۱۳ تا ۱۸ چیست؟

پس از بررسی پاسخ گروه ها و تأیید یا اصلاح پاسخ ها، متن کتاب درسی را به قسمت های زیر تقسیم کنید:

۱- گروه سوم تا دوازدهم - عنصرهای واسطه

۲- عنصرهای گروه ۱۳ تا ۱۷

۳- عنصرهای گروه ۱۸

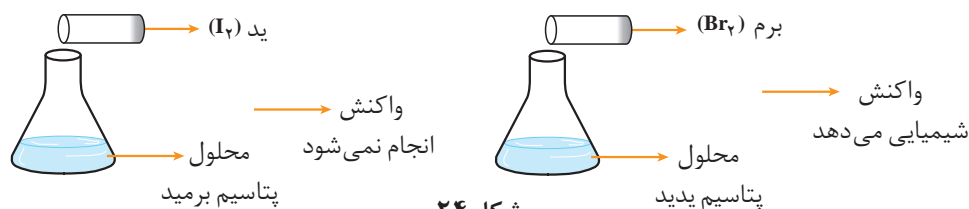
۴- هیدروژن یک خانواده تک عضوی

توصیه می شود این درس در محیط آزمایشگاه یا فضایی با جریان هوای مناسب یا تهویه انجام گیرد.

دانش آموزان هر قسمت را از روی کتاب درسی بررسی کنند و با تجزیه و تحلیل، داده ها و اطلاعات آنها را طبقه بندی کنند و پس از پایان زمان هر قسمت، هر گروه باید محتوای درسی را به کلاس ارائه دهد. با برجسته کردن نکات مهم هنگام ارائه مطالب هر گروه، توجه دیگر فراگیران را به مطالب اصلی جلب کنید و این نکات را به صورت خلاصه روی تابلو ثبت نمایید.

پس از آن که مطالب کتاب درسی توسط تمام گروه ها ارائه شد، به نکاتی همچون دو اتمی بودن مولکول هالوژن ها و روند تغییر فعالیت شیمیایی آنها اشاره کنید. توصیه می شود بارسم تصویر زیر روی تابلو از فراگیران بپرسید:

«این واکنش ها کدام ویژگی هالوژن ها را نشان می دهد؟ پس از بررسی گروهی، نتیجه را اعلام کنید.»



### هدف های آموزشی

انتظار می رود دانش آموز در پایان این واحد یادگیری:

- ۱- با عناصر گروه ۱۳ تا ۱۸ و جایگاه آنها در جدول تناوبی آشنا شود.
- ۲- معنی هالوژن را درک کند و با خواص عنصرهای این گروه آشنا شود.
- ۳- علت قرار گرفتن هیدروژن در یک گروه تک عضوی را توضیح دهد.
- ۴- آرایش الکترونی لایه ظرفیت گازهای نجیب را رسم کند و علت عدم واکنش پذیری آنها را توضیح دهد.
- ۵- با عنصرهای سوم تا دوازدهم و اهمیت و کاربرد برخی از این عناصر آشنا شود.

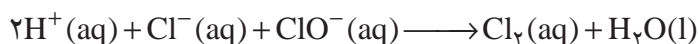
### ارزشیابی تشخیصی

- ۱- با توجه به جدول تناوبی موارد زیر را تعیین کنید.  
(آ) مکان فلزها  
(ب) مکان نافلزها  
(پ) مکان فلزهای واسطه  
(ت) تعداد ستون های جدول  
(ث) تعداد گروه های اصلی  
(ج) چند ماده آشنا از عناصر دسته p  
(چ) گروه گازهای نجیب و هالوژن
- ۲- لاتنانیدها جزو کدام دسته از عنصرهای واسطه هستند؟  
(آ) عنصرهای دسته d  
(ب) عنصرهای واسطه داخلی

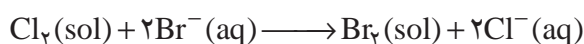


توصیه می‌شود برای بررسی پاسخ پرسش بالا و رسیدن به پاسخ کامل، آزمایش زیر را برای تکمیل بحث هالوژن‌ها انجام دهید.

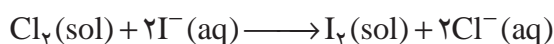
مقدار کمی سفیدکننده در لوله آزمایش بریزید و به آن کمی  $\text{CCl}_4$  بیفزایید. سپس چند قطره  $\text{HCl}$  غلیظ به مخلوط لوله اضافه کنید و با تکان دادن لوله، تولید گاز کلر و زرد شدن محلول  $\text{CCl}_4$  را به دانش‌آموزان نشان دهید.



سپس چند قطره محلول غلیظ  $\text{KBr}$  بیفزایید. تولید  $\text{Br}_2(\text{l})$  قرمز دیده می‌شود.



با افزودن محلول  $\text{KI}$ ، ید جامد ته‌نشین می‌شود.



با افزودن کمی  $\text{CCl}_4$  و رقیق کردن محلول، رنگ قرمز برم و بنفش ید بهتر دیده می‌شود.

## بر دانش خود بیفزایید

### عنصرهای گروه سوم تا دوازدهم

بیشتر فلزهایی که در زندگی روزمره به صورت خالص یا آلیاژ از آنها استفاده می‌شود، در این بخش از جدول تناوبی (دسته d) جای دارند. به ابزار و وسایلی مانند سکه، باتری، دوربین، ظروف غذاخوری، لوازم آشپزخانه، لوازم خانه، انواع خودرو، رایانه، تلفن همراه و نیز ماشین آلات و ابزار صنایع ساختمان، کشاورزی، داروسازی و ... دقت کنید! (شکل ۲۵). از سوی دیگر بشر در طول هزاران سال گفته‌های خود را با نقاشی ابراز می‌کرد و در این روند رنگدانه‌های متنوعی را در یک گستره بزرگ کشف کرد! در این گستره کاتیون‌های گوناگون فلزهای واسطه وجود دارند (شکل ۲۶).

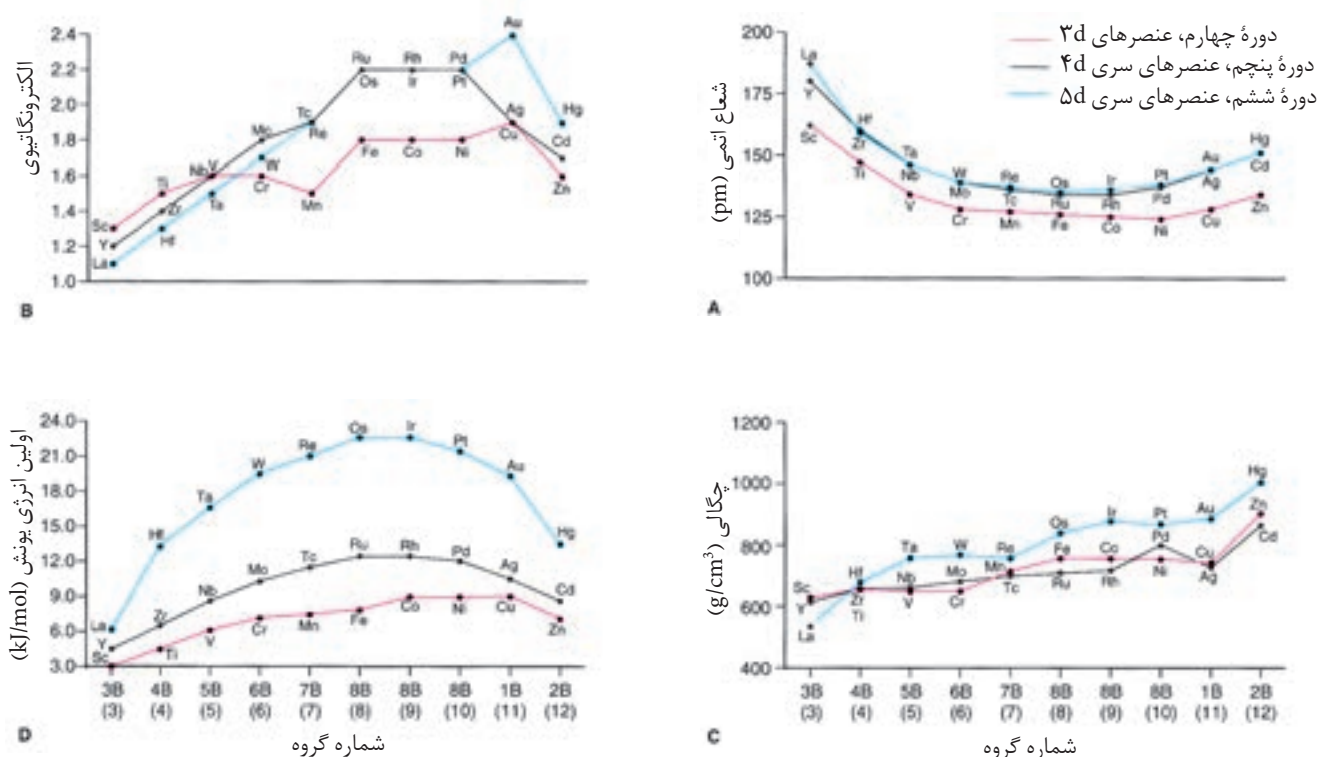


شکل ۲۶. اغلب مواد رنگی شامل یون‌های فلزهای واسطه هستند.



شکل ۲۵

معروف‌ترین عنصرهای گروه‌های ۳ تا ۱۲، فلزهای واسطه دسته d هستند. این عنصرها در طبیعت به صورت سنگ معدن‌های مختلف یافت می‌شوند (شکل‌های ۲۷، ۲۸ و جدول ۴).



شکل ۲۷. برخی از روندهای تناوبی عنصرهای واسطه



شکل ۲۸. تصویر فلزهای واسطه

آهن و کروم از معروف‌ترین فلزهای دسته ۳d هستند. سالانه ۹۰۰ میلیون تن فولاد تولید می‌شود. فولاد، آلیاژی از آهن، کربن و منگنز است. ۸۰٪ منگنز تولید شده، برای تولید آلیاژ فولاد به کار می‌رود.

جدول ۴. متالورژی فلزهای واسطه

| فلز | کانی                             | روش جداسازی  | حد واسط   | عامل کاهش (کاهنده) |
|-----|----------------------------------|--------------|---|--------------------|
| Ti  | TiO <sub>2</sub>                 | کلردار کردن  | TiCl <sub>4</sub>                               | Mg                 |
| Cr  | FeCr <sub>2</sub> O <sub>4</sub> | برشته کردن   | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                  | Al                 |
| Mn  | MnO <sub>2</sub>                 |              | Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                  | Al                 |
| Fe  | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | تشکیل سرباره | (a)   | C                  |
| Co  | CoAsS                            | برشته کردن   | CoO   | C                  |
| Ni  | Ni <sub>3</sub> S <sub>2</sub>   | کمپلکس کردن  | Ni(CO) <sub>4</sub>                             | H <sub>2</sub>     |
| Cu  | CuFeS <sub>2</sub>               | کانه شویی    | Ci <sup>2+</sup> (b)                            |                    |
| Zn  | ZnS                              | برشته کردن   | ZnO   | C                  |
| Mo  | MoS <sub>2</sub>                 | برشته کردن   | MoO <sub>3</sub>                                | H <sub>2</sub>     |
| W   | CaWO <sub>4</sub>                | کانه شویی    | WO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , WO <sub>3</sub> | H <sub>2</sub>     |
| Au  | Au                               | کانه شویی    | [Au(CN) <sub>2</sub> ] <sup>-</sup>             | Zn                 |
| Hg  | HgS                              | برشته کردن   | (c)   | S <sup>2-</sup>    |

(a) کلسیم سیلیکات به صورت ناخالص تشکیل می شود.

(b) یون سولفات به صورت ناخالص تشکیل می شود.

(c) گاز گوگرد دی اکسید به صورت ناخالص تشکیل می شود.

اگرچه کروم فقط ۱۲/۰ درصد از پوسته زمین را تشکیل می دهد، ولی این فلز یکی از مهم ترین فلزهای صنعتی است. اصلی ترین مصرف آن، تولید آلیاژهای فلزی است. نیکروم آلیاژی از نیکل و کروم به نسبت ۶۰ به ۴۰ است که برای تولید سیم های مولد گرما در وسایل الکتریکی مانند سشوار و توستر به کار می رود. فلزهای واسطه (به ویژه ردیف ۳d به جز Zn و Sc) بیش از یک عدد اکسایش در ترکیب های خود دارند (جدول ۵ - شکل های ۲۹ و ۳۰).

جدول ۵. عددهای اکسایش عنصرهای ۳d در ترکیب ها

| Zn   | Cu   | Ni   | Co   | Fe   | Mn   | Cr   | V    | Ti | Sc |
|------|------|------|------|------|------|------|------|----|----|
| (+۱) | +۱   | (+۱) | (+۱) |      | (+۱) | (+۱) | (+۱) |    |    |
| +۲   | +۲   | +۲   | +۲   | +۲   | +۲   | +۲   | (+۲) | +۲ |    |
|      | (+۳) | +۳   | +۳   | +۳   | (+۳) | +۳   | +۳   | +۳ | +۳ |
|      |      | (+۴) | (+۴) | (+۴) | +۴   | (+۴) | +۴   | +۴ |    |
|      |      |      |      | (+۵) | (+۵) | (+۵) | +۵   |    |    |
|      |      |      |      | (+۶) | (+۶) | +۶   |      |    |    |
|      |      |      |      |      | +۷   |      |      |    |    |

\* عددهای اکسایش درون پرانتز حالت های ناپایدار است و کمتر در ترکیب ها دیده می شود.



ترکیب‌های دارای  $\text{Cu}^+$ ،  $\text{Ag}^+$ ،  $\text{Au}^+$  و  $\text{Hg}_2^{2+}$  تنها ترکیب‌هایی‌اند که در آنها فلز واسطه حالت اکسایش (I) یا عدد اکسایش ۱+ دارد (دیامغناطیس بودن نمک‌های جیوه (I) با نماد  $\text{Hg}_2^{2+}$  سازگاری دارند؛ زیرا  $\text{Hg}^+$  الکترون جفت نشده دارد؛ در حالی که در  $\text{Hg}_2^{2+}$  همه الکترون‌ها جفت شده‌اند).



شکل ۲۹. برخی از اکسیدهای فلزهای واسطه



شکل ۳۰. رنگ یون‌های فلزهای واسطه

در گروه‌های ۳ تا ۱۲، از بالا به پایین حالت اکسایش بالاتر، پایداریتر شده و اهمیت بیشتری پیدا می‌کنند؛ زیرا با افزایش عدد اتمی و افزایش اندازه اتم، الکترون‌های زیرلایه d آسان‌تر در پیوندها شرکت می‌کنند.

در عنصرهای واسطه دوره چهارم یا عنصرهای d، یون‌های ۲+ پایداریتر است و یکی از مشخصه‌های آنهاست. این درحالی است که برای عنصرهای سنگین‌تر، عدد اکسایش ۲+ چندان متداول و پایدار نیست. برای نمونه  $\text{Fe}^{2+}$  دارای عدد اکسایش ۲+ و ۳+ در ترکیب‌های خود است، درحالی که  $\text{Os}^{2+}$  دارای عدد اکسایش ۴+، ۶+ و ۸+ در ترکیب‌های خود می‌باشد (جدول ۳). عنصرهای گروه ۶، آنیون‌های اکسیژن‌دار با

عدد اکسایش +۶ از فلز واسطه تشکیل می‌دهند؛ مانند کرومات ( $\text{CrO}_4^{2-}$ )، دی کرومات ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ )، مولیبدات ( $\text{MoO}_4^{2-}$ ) و تنگستات ( $\text{WO}_4^{2-}$ ).

یکی از ویژگی‌های مهم عنصرهای واسطه این است که یون‌های آن‌ها در هر ترکیب با عدد اکسایش معین، رنگی متفاوت از دیگری دارد (شکل ۳۱).

بسیاری از فلزهای واسطه با محلول آبی اسیدهای رقیق، آب و بخار آب واکنش داده و گاز هیدروژن آزاد می‌کنند. ولی هرچه به پایان عنصرهای d در هر دوره نزدیک می‌شویم، از میزان واکنش‌پذیری آنها کاسته می‌شود؛ به گونه‌ای که برخی عنصرها در گروه‌های ۸، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲ واکنش‌پذیری ناچیزی دارند. برای نمونه به Pd، Os، Ir، Rh، Ru، Ag، Pt و Au فلزهای نجیب می‌گویند.



شکل ۳۱. رنگ محلول‌های آبی برخی از نمک‌های فلزهای واسطه

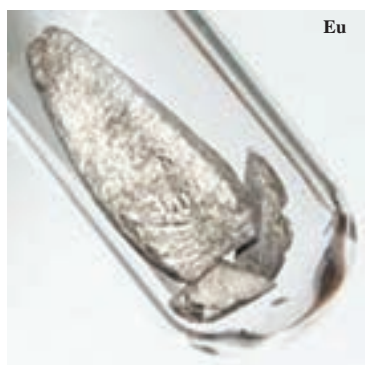
## لانتانیدها و اکتینیدها

این عنصرها در دو ردیف ۱۴ تایی در دوره ششم و هفتم قرار دارند و دسته f را تشکیل می‌دهند. ردیف نخست آن از  $\text{La}_{57}$  آغاز و به  $\text{Yb}_{70}$  ختم می‌شود و چون ویژگی‌هایی شبیه عنصر  $\text{La}_{57}$  دارند، به آنها لانتانیدها گفته می‌شود. اولین بار، این عنصرها به صورت اکسید کشف شدند. درصد فراوانی این عنصرها کمتر از ۵٪ در پوسته زمین است، از این رو به خاک‌های کمیاب معروف شده‌اند. سریم از سایر لانتانیدها فراوانی بیشتری دارد.

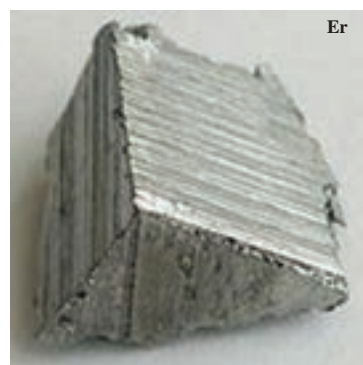




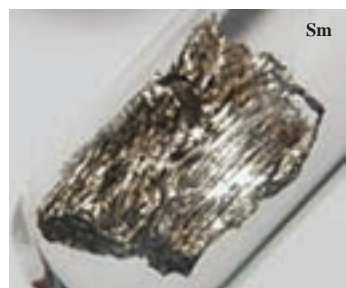
Lu



Eu



Er



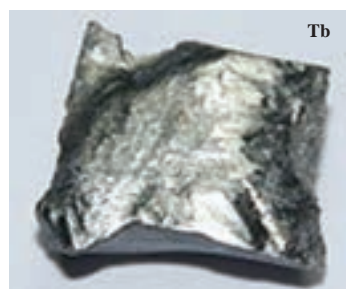
Sm



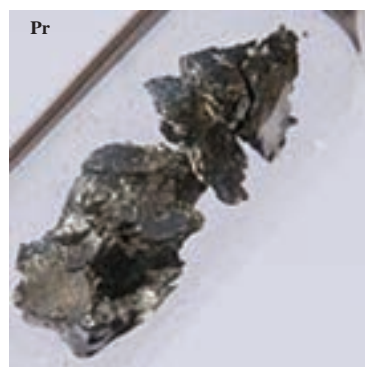
Ho



Dy



Tb



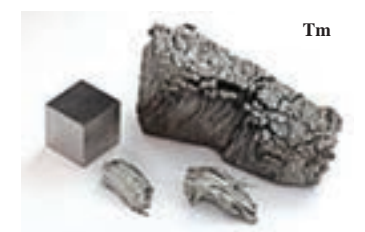
Pr



Nd



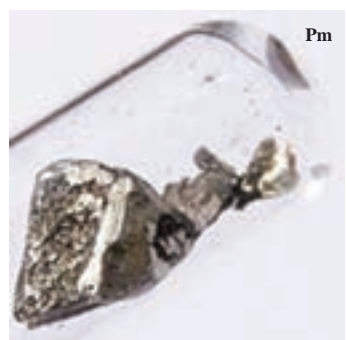
Yb



Tm



Ce



Pm



Gd

شکل ۳۲. تصویری از لانتانیدها و اکتینیدها