تفکر نقادانه

«جدول عنصرها در آینده به چه شکل خواهد بود؟»

می‌دانید که همهٔ ۱۱۸ عنصر جدول دوره‌ای شناسایی و توسط آیوپاک تأیید شده است، به‌طوری که هیچ خانه‌ای در جدول خالی نیست. بنابراین چنین به نظر می‌رسد که جست‌وجو برای کشف عنصرهای طبیعی به پایان رسیده و تنها راه افزایش شمار عنصرها، تهیه و تولید آنها به‌صورت ساختگی است. شاید شما نیز گزارش‌هایی دربارهٔ ساخت و شناسایی عنصر شمارهٔ ۱۲۰ یا ۱۲۱ در آزمایشگاه‌های تحقیقاتی و مدرن شنیده باشید. شناسایی عنصرها با عدد اتمی بیشتر از ۱۱۸، سبب خواهد شد تا طبقه‌بندی تازه‌ای از عنصرها ارائه شود زیرا در جدول دوره‌ای امروزی، جایی برای آنها پیش‌بینی نشده است. در صورت کشف این عنصرها، آنها را در کجای جدول قرار می‌دهید؟ چگونه و بر چه اساسی آنها را طبقه‌بندی خواهید کرد؟

شارل ژانت شیمی‌دان فرانسوی در سال ۱۹۲۷ با کنار هم چیدن عنصرهای شناخته شده در زمان خود، الگویی ارائه کرد که بر اساس آن می‌توان عنصرهای با عدد اتمی بزرگ‌تر از ۱۱۸ را نیز طبقه‌بندی کرد.

الف) دربارهٔ این طبقه‌بندی، ملاک آن، روندهای دوره‌ای، شمار عنصرهای دستهٔ g و ... در کلاس گفت‌وگو و جدول را از جنبه‌های گوناگون نقد کنید.

ب) شما چه جدولی پیشنهاد می‌کنید؟ توضیح دهید.

رفتار عنصرها و شعاع اتم[1]

رفتارهای فیزیکی فلزها شامل داشتن جلا[1]، رسانایی الکتریکی[2] و گرمایی[3]، خاصیت

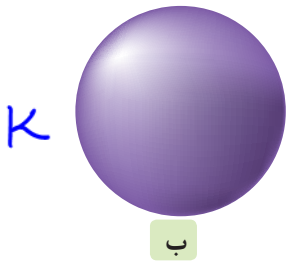
۱ـ Atomic Radius

جدول پیشنهادی شارل ژانت (۱۹۳۲ـ۱۸۴۹ میلادی) با مدل کوانتومی همخوانی داشت. در دو ردیف جدید این جدول، زیر لایه g به عنوان زیر لایه پنجم پس از زیر لایه‌های s، p، d و f پر می‌شود.

۵۷ La لانتان ۱۳۸.۹۰	۵۸ Ce سریم ۱۴۰.۱۰	۵۹ Pr پراسئودیمیم ۱۴۰.۹۰	۶۰ Nd نئودیمیم ۱۴۴.۲۰	۶۱ Pm پرومتیم [۱۴۵]	۶۲ Sm ساماریم ۱۵۰.۴۰	۶۳ Eu اروپیم ۱۵۲.۰۰	۶۴ Gd گادولینیم ۱۵۷.۳۰	۶۵ Tb تربیم ۱۵۸.۹۰	۶۶ Dy دیسپروزیم ۱۶۲.۵۰	۶۷ Ho هولمیم ۱۶۴.۹۰	۶۸ Er اربیم ۱۶۷.۳۰	۶۹ Tm تولیم ۱۶۸.۹۰	۷۰ Yb ایتربیم ۱۷۳.۰۰
۸۹ Ac اکتینیم [۲۲۷]	۹۰ Th توریم ۲۳۲.۰۰	۹۱ Pa پروتاکتینیم ۲۳۱.۰۰	۹۲ U اورانیم ۲۳۸.۰۰	۹۳ Np نپتونیم [۲۳۷]	۹۴ Pu پلوتونیم [۲۴۴]	۹۵ Am امریسیم [۲۴۳]	۹۶ Cm کوریم [۲۴۷]	۹۷ Bk برکلیم [۲۴۷]	۹۸ Cf کالیفرنیم [۲۵۱]	۹۹ Es اینشتینیم [۲۵۲]	۱۰۰ Fm فرمیم [۲۵۷]	۱۰۱ Md مندلیم [۲۵۸]	۱۰۲ No نوبلیم [۲۵۹]
دستهٔ f													
دستهٔ g													

چکش‌خواری، شکل‌پذیری (مانند قابلیت ورقه و مفتول شدن) و... است. در حالی که رفتار شیمیایی فلزها به میزان توانایی اتم آنها به‌از دست دادن الکترون وابسته است. هر چه اتم فلزی در شرایط معین آسان‌تر الکترون از دست بدهد، خصلت فلزی بیشتری دارد و **فعالیت شیمیایی**[۱] آن بیشتر است.

روندهای تناوبی در جدول بر اساس کمیت‌های وابسته به اتم قابل توضیح است. یکی از این کمیت‌ها، شعاع اتمی است. در شیمی دهم آموختید که مطابق مدل کوانتومی، اتم را مانند کره‌ای در نظر می‌گیرند که الکترون‌ها پیرامون هسته و در لایه‌های الکترونی در حال حرکت‌اند. بنابراین می‌توان برای هر اتم شعاعی در نظر گرفت و آن را اندازه‌گیری کرد. بدیهی است که شعاع اتم‌های مختلف، یکسان نیست و هرچه شعاع یک اتم بزرگ‌تر باشد، اندازهٔ آن اتم نیز بزرگ‌تر است (شکل ۴).

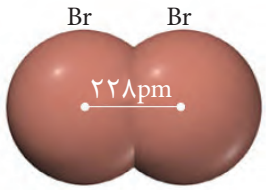


شکل ۴ـ مقایسهٔ نسبی شعاع اتمی لیتیم (الف) و پتاسیم (ب).

آیا میان شعاع اتم‌ها و خصلت فلزی یا نافلزی آنها رابطه‌ای هست؟ اکنون با انجام دادن فعالیت صفحه بعد به رابطه بین خصلت فلزی و نافلزی با شعاع اتم پی می‌برید.

آیا می‌دانید

تعیین اندازهٔ اتم همانند جرم آن بسیار دشوار است. برای برخی اتم‌ها نصف فاصله بین هسته‌های دو اتم یکسان در پیوند اشتراکی یگانه را شعاع اتم در نظر می‌گیرند. برای نمونه:



$$\text{شعاع اتم برم} = \frac{۲۲۸\ \text{pm}}{۲} = ۱۱۴\ \text{pm}$$

$$۱\,\text{pm} = ۱۰^{-۱۲}\,\text{m}$$

۱ـ Chemical Reactivity

مثال) $Na + Cl \rightarrow NaCl$

$(Na^+ \text{ و } Cl^-)$

با هم بیندیشیم

۱ـ با توجه به جایگاه عنصرهای لیتیم، سدیم و پتاسیم (**فلزهای قلیایی**[1]) در جدول دوره‌ای، پیش‌بینی کنید در واکنش با گاز کلر، اتم‌های کدام‌یک آسان‌تر الکترون از دست خواهد داد؟ چرا؟

پتاسیم - زیرا شعاع بزرگتری دارد.

۲ـ تصویر زیر واکنش این فلزها با گاز کلر را در شرایط یکسان نشان می‌دهد. آیا داده‌های این تصویر پیش‌بینی شما را تأیید می‌کند؟ (راهنمایی: هرچه ماده‌ای سریع‌تر و شدیدتر واکنش بدهد، فعالیت شیمیایی بیشتری دارد).

یادآوری: انرژی نور بنفش > زرد > قرمز

الف) لیتیم　　ب) سدیم　　پ) پتاسیم

واکنش‌پذیری

۳ـ به نظر شما آیا جملهٔ «هرچه شعاع اتمی یک فلز بزرگ‌تر باشد، آسان‌تر الکترون از دست می‌دهد» درست است؟ چرا؟

بله - زیرا الکترون از هسته دورتر است و نیروی جاذبهٔ هسته بر روی آن کمتر است.

۴ـ جدول زیر را کامل کنید و توضیح دهید بین شمار لایه‌های الکترونی با شعاع اتم چه رابطه‌ای وجود دارد.

شمار لایه‌های الکترونی ↑ شعاع اتم ↑

نماد شیمیایی عنصر	$_{3}Li$	$_{11}Na$	$_{19}K$
آرایش الکترونی فشرده	$[He]2s^1$	$[Ne]3s^1$	$[Ar]4s^1$
نماد آخرین زیرلایه	$2s^1$	$3s^1$	$4s^1$
تعداد لایه‌های الکترونی در اتم	۲	۳	۴
شعاع اتمی (pm)	۱۵۲	۱۸۶	۲۳۱

۵ـ با توجه به جدول زیر، پیش‌بینی کنید اتم کدام‌یک از فلزهای گروه دوم (**فلزهای قلیایی خاکی**[2]) جدول دوره‌ای در واکنش با نافلزها، آسان‌تر به کاتیون M^{2+} تبدیل می‌شود. چرا؟

نام و نماد شیمیایی فلز	Mg (منیزیم)	Ca (کلسیم)	Sr (استرانسیم)
شعاع اتمی (pm)	۱۶۰	۱۹۷	۲۱۵

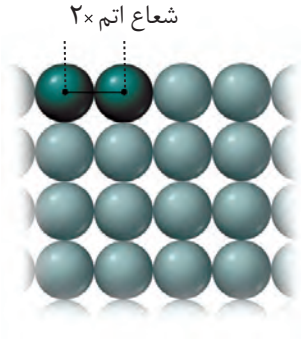
Sr زیرا شعاع اتمی بزرگ‌تری دارد و راحت‌تر الکترون از دست می‌دهد.

1- Alkaline Metals

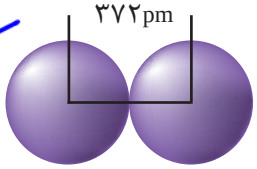
2- Alkaline Earth Metals

آیا می‌دانید

شعاع دستهٔ دیگری از اتم‌ها به روش زیر اندازه‌گیری می‌شود.



برای نمونه شعاع اتم سدیم برابر با ۱۸۶ پیکومتر است.



تولیدنور، آزادسازی گرما، تشکیل رسوب و خروج گاز نشانه‌هایی از تغییر شیمیایی هستند. هرچه شدت نور یا آهنگ خروج گاز آزاد شده بیشتر باشد، واکنش شیمیایی سریع‌تر و شدیدتر بوده و واکنش‌دهنده فعالیت شیمیایی بیشتری دارد.

از نظر شعاع اتمی:

$K > Na > Li$

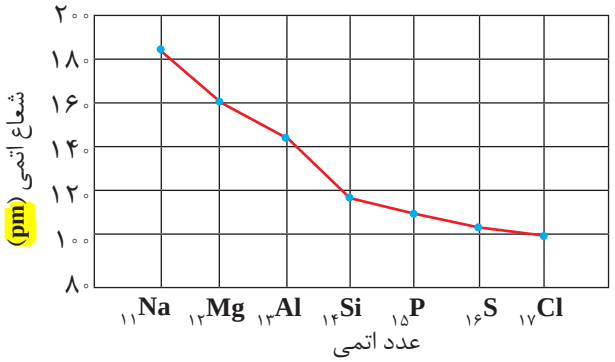
$Sr > Ca > Mg$

در یک گروه از بالا به پایین ⇐ شعاع اتمی ↑ خاصیت فلزی ↑

در یک دوره از چپ به راست ⇐ شعاع اتمی ↓ خاصیت نافلزی ↑

یکی دیگر از روندهای تناوبی، روند تغییر شعاع اتمی عنصرهای جدول دوره‌ای است. در یک گروه، از بالا به پایین شعاع اتمی افزایش می‌یابد، زیرا تعداد لایه‌های الکترونی بیشتر می‌شود. در حالی‌که در یک دوره، شعاع اتمی عنصرها از چپ به راست کاهش می‌یابد؛ زیرا در یک دوره، تعداد لایه‌های الکترونی ثابت می‌ماند در حالی‌که تعداد پروتون‌های هسته افزایش می‌یابد. با افزایش تعداد پروتون‌ها، نیروی جاذبه‌ای که هسته به الکترون‌ها وارد می‌کند افزایش یافته و بدین ترتیب شعاع اتم کاهش می‌یابد (نمودار ۱).

نکته: در دوره سوم از چپ به راست اختلاف شعاع اتمی هر دو عنصر با نافلز همسایه‌ی کاهش می‌یابد.



نمودار ۱ـ تغییر شعاع اتمی در دورهٔ سوم جدول دوره‌ای

نافلزها در واکنش‌های شیمیایی برخلاف فلزها تمایل دارند با گرفتن الکترون به آنیون تبدیل شوند. برای مثال نافلزهای گروه ۱۷ (هالوژن‌ها) با گرفتن یک الکترون به آنیون با یک بار منفی (**یون هالید**[۱]) تبدیل می‌شوند.

[Ar]۳d¹⁰ ٤s² ٤p⁵

[Ne]۳s² ۳p⁵

[He]۲s² ۲p⁵

خود را بیازمایید

الف) جدول زیر را کامل کنید.

نماد شیمیایی عنصر	$_{9}F$	$_{17}Cl$	$_{35}Br$
آرایش الکترونی فشرده			
نماد آخرین زیرلایه	۲p⁵	۳p⁵	٤p⁵
تعداد لایه‌های الکترونی در اتم	۲	۳	٤
شعاع اتمی (pm)	۷۱	۹۹	۱۱۴

ب) پیش‌بینی کنید در شرایط یکسان کدام هالوژن واکنش‌پذیرتر است. چرا؟

فلوئور ـ زیرا شعاع اتمی کوچک‌تری دارد و راحت‌تر الکترون می‌گیرد.

در تولید لامپ چراغ‌های جلوی خودروها، از هالوژن‌ها استفاده می‌شود.

۱ـ Halide Ion

پ) در جدول زیر شرایط واکنش این نافلزها با گاز هیدروژن نشان داده شده است. با توجه به آن، مشخص کنید آیا پیش‌بینی شما درست است.

نام هالوژن	شرایط واکنش با گاز هیدروژن
فلوئور	حتی در دمای $-۲۰۰^{\circ}C$ به سرعت واکنش می‌دهد.
کلر	در دمای اتاق به آرامی واکنش می‌دهد.
برم	در دمای $۲۰۰^{\circ}C$ واکنش می‌دهد.
ید	در دمای بالاتر از $۴۰۰^{\circ}C$ واکنش می‌دهد.

شکل ۵ـ الف) جلای نقره‌ای فلز سدیم در مجاورت هوا به سرعت از بین می‌رود و سطح آن کدر می‌شود.

شکل ۵ـ ب) در معماری اسلامی، گنبد و گلدستهٔ شماری از اماکن مقدس را با ورقه‌های نازکی از طلا تزیین می‌کنند.

ت) توضیح دهید خصلت نافلزی با شعاع اتمی چه رابطه‌ای دارد.

اگرچه همهٔ فلزها در حالت‌های کلی رفتارهای مشابهی دارند، اما تفاوت‌های قابل توجهی میان آنها وجود دارد، به‌طوری که هر فلز رفتارهای ویژهٔ خود را دارد. برای نمونه، فلز سدیم نرم است و با چاقو بریده شده و به سرعت در هوا تیره می‌شود اما آهن فلزی محکم است و از آن برای ساخت در و پنجرهٔ فلزی استفاده می‌شود. این فلز با اکسیژن در هوای مرطوب به کندی واکنش می‌دهد و به زنگ آهن تبدیل می‌شود. این در حالی است که طلا در گذر زمان جلای فلزی خود را حفظ می‌کند و همچنان خوش‌رنگ و درخشان باقی می‌ماند (شکل ۵).

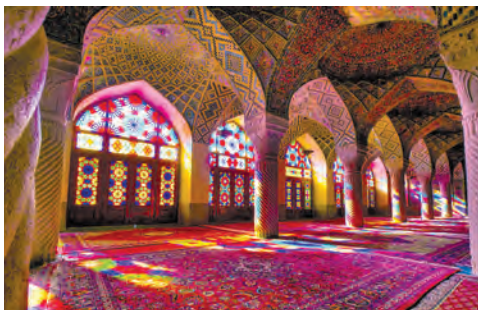
فلزهای دستهٔ d نیز رفتاری شبیه فلزهای دستهٔ s و p دارند. آنها نیز رسانای جریان الکتریکی و گرما هستند، چکش‌خوارند و قابلیت ورقه شدن دارند. با وجود این، هر یک از این فلزها نیز رفتارهای ویژه‌ای دارند که در ادامه با برخی از آنها آشنا می‌شویم.

گردن‌بند ساخته شده از سنگ فیروزه

دنیایی رنگی با عنصرهای دستهٔ d

یکی از اصیل‌ترین و ارزنده‌ترین صنایع دستی کشورمان شیشه‌گری است، صنعتی که پشتوانه و سابقه‌ای دیرینه دارد. گردن‌بندی با دانه‌های شیشه‌ای آبی رنگ متعلق به هزاران سال پیش که در ناحیهٔ شمال غربی ایران کشف شده و قطعات شیشه‌ای مایل به سبزی که طی کاوش‌های باستان‌شناسی در لرستان و شوش به‌دست آمده است، نشان از وجود این صنعت در روزگاران بسیار دور دارد. شیشه‌های رنگی و طرح‌دار در معماری پر نقش و نگار ایرانی بخشی از فرهنگ غنی ما است؛ پنجره‌هایی که در مساجد و خانه‌های تاریخی ایران به فراوانی دیده می‌شوند و هنگامی که خورشید بر آنها می‌تابد، نقشی از طرح و رنگ‌های خیره‌کننده در فضا پدیدار می‌شود (شکل ۶).

نمونه‌ای از شیشه‌های باستانی

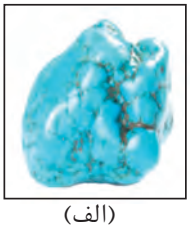


(الف)

(ب)

شکل ۶ـ الف) مسجد نصیرالملک شیراز یکی از زیباترین مساجد ایران است. عبور نور از میان شیشه‌های رنگی این مسجد در هنگام صبح، زیبایی خاصی به آن می‌بخشد. **ب)** نمایی از یک خانهٔ قدیمی در کاشان.

یکی از هدایای زمینی، سنگ‌های گران‌بهای آن است که به‌دلیل رنگ‌های گوناگون و زیبای خود، کاربرد گسترده‌ای در جواهرسازی دارند. شاید از خودتان پرسیده باشید که این تنوع و زیبایی رنگ‌ها در شیشه به دلیل وجود چه موادی است؟ چه چیزی سبب سرخی **یاقوت**[۱] شده است؟ چرا زمرد سبز رنگ است؟ رنگ زیبای سنگ فیروزه به چه دلیل است؟ در پاسخی ساده می‌توان گفت که این رنگ‌های زیبا، نشانی از وجود برخی ترکیب‌های فلزهای واسطه است (شکل ۷).



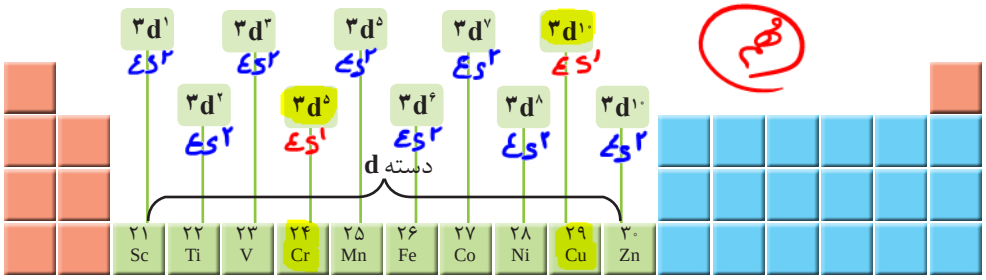
(الف)

(ب)

(پ)

شکل ۷ـ الف) فیروزه، ب) یاقوت سرخ و پ) زمرد

فلزهای دستهٔ d، دسته‌ای از عنصرهای جدول دوره‌ای هستند که زیر لایهٔ d اتم آنها در حال پر شدن است. در شکل زیر نخستین سری از این فلزها که در دورهٔ چهارم جدول جای دارند، نشان داده شده است.



اغلب این فلزها در طبیعت به شکل ترکیب‌های یونی همچون اکسیدها، کربنات‌ها و... یافت می‌شوند. برای نمونه آهن، دو اکسید طبیعی با فرمول‌های FeO و Fe_2O_3 دارد. در این

۱ـ Ruby

فلزهای دستهٔ d، به فلزهای واسطه معروف‌اند در حالی که فلزهای دسته s و p به فلزهای اصلی شهرت دارند.

بررسی آرایش الکترونی و رفتار عنصرهای با عدد اتمی بالاتر از ۳۶ جزء اهداف این کتاب نیست و طرح هرگونه پرسش از این بخش در آزمون‌های پایانی، نهایی و آزمون سراسری (کنکور) ممنوع است.

آیا می‌دانید

یاقوت همان آلومینیم اکسید است که در ساختار آن برخی از یون‌های آلومینیم با یون‌های Cr^{3+} جایگزین شده و رنگ سرخ زیبای یاقوت را ایجاد کرده است.

با عبور نور سفید از یک یاقوت، طول موج‌های بلندتر آن یعنی رنگ سرخ بازتاب می‌شود.

آیا می‌دانید

استفاده از نمک‌های گوناگون فلزهای واسطه در ساخت شیشه‌ها، رنگ‌های متنوعی ایجاد می‌کند.

نیکل (II) Ni^{2+} — کروم (III) Cr^{3+}

آهن (II) Fe^{2+} — کبالت (II) Co^{2+}

مس (II) Cu^{2+} — منگنز (III) Mn^{3+}

اکسیدها، کدام کاتیون‌های آهن وجود دارد؟ به نظر شما اتم آهن برای تشکیل این کاتیون‌ها، کدام الکترون‌های خود را از دست داده است؟ فلزهای دستهٔ d نیز به هنگام تشکیل کاتیون، الکترون‌های بیرونی‌ترین زیر لایه خود را از دست می‌دهند. پس آرایش یون‌های Fe^{2+} و Fe^{3+} به‌صورت زیر خواهد بود:

$$Fe: [Ar]\,3d^6\,4s^2 \xrightarrow{-2e} Fe^{2+}: [Ar]\,3d^6$$

$$Fe^{2+}: [Ar]\,3d^6 \xrightarrow{-e} Fe^{3+}: [Ar]\,3d^5$$

همان‌گونه که می‌بینید آرایش الکترونی یون‌های Fe^{2+} و Fe^{3+} همانند آرایش الکترونی هیچ گاز نجیبی نیست. بررسی‌ها نشان می‌دهد که اتم اغلب فلزهای واسطه با تشکیل کاتیون به آرایش گاز نجیب دست نمی‌یابند. در حالی که کاتیون حاصل از فلزهای اصلی اغلب به آرایش پایدار گاز نجیب می‌رسند، مانند:

$$_3Li: [_2He]\,2s^1 \longrightarrow {}_3Li^+: [_2He]$$

$$_{13}Al: [_{10}Ne]\,3s^2\,3p^1 \longrightarrow {}_{13}Al^{3+}: [_{10}Ne]$$

$$_{30}Zn: [_{18}Ar]\,3d^{10}\,4s^2 \longrightarrow {}_{30}Zn^{2+}: [_{18}Ar]\,3d^{10}$$

آرایش الکترونی یون روی شبیه هیچ گاز نجیبی نیست.

خود را بیازمایید

۱ـ اسکاندیم ($_{21}Sc$)، نخستین فلز واسطه در جدول دوره‌ای است که در وسایل خانه مانند تلویزیون رنگی و برخی شیشه‌ها وجود دارد.

الف) آرایش الکترونی اتم آن را بنویسید.

ب) کاتیون این فلز در ترکیب‌هایش، سه بار مثبت دارد. آرایش الکترونی فشرده کاتیون اسکاندیم را رسم کنید.

۲ـ جدول زیر را کامل کنید.

نماد فلز / یون	آرایش الکترونی	نماد فلز / یون	آرایش الکترونی
$_{23}V$	$[Ar]\,3d^3\,4s^2$	$_{24}Cr$	.....
V^{2+}	.....	Cr^{2+}	$[Ar]\,3d^4$
V^{3+}	.....	Cr^{3+}	.....

پیوند با صنعت

هر کجا که هستید به اطراف خود نگاهی بیندازید، آیا جسم یا وسیله‌ای می‌بینید که از جنس طلا باشد یا در ساختن آن از طلا استفاده شده باشد؟ شاید به دنبال زیورآلاتی مانند گردن‌بند، انگشتر، دستبند، گنبد طلایی یا مواردی مشابه می‌گردید. آیا فلز طلا را می‌توان در وسایل دیگر نیز یافت؟ طلا فلزی ارزشمند و گران‌بها است که افزون بر ویژگی‌های مشترک فلزها، ویژگی‌های منحصر به‌فردی نیز دارد. فلز طلا به اندازه‌ای چکش‌خوار و نرم است که چند گرم از آن را می‌توان با چکش‌کاری به صفحه‌ای با مساحت چند متر مربع تبدیل کرد.

شکل ۸- برخی کاربردهای طلا

به همین دلیل ساخت برگه‌ها و رشته سیم‌های بسیار نازک (نخ طلا) به‌راحتی امکان‌پذیر است. رسانایی الکتریکی[1] بالای طلا و حفظ[2] این رسانایی در شرایط دمایی گوناگون، همچنین واکنش ندادن[3] آن با گازهای موجود در هواکره و مواد موجود در بدن انسان همراه با بازتاب[4] زیاد پرتوهای خورشیدی از جمله ویژگی‌های خاص طلاست که سبب شده کاربردهای این فلز گسترش یافته و تقاضای جهانی آن روزبه‌روز افزایش یابد (شکل ۸).

هر چند طلا در طبیعت به شکل فلزی و عنصری خود نیز یافت می‌شود، اما مقدار آن در معادن طلا بسیار کم است. به‌طوری که برای استخراج مقدار کمی از آن باید از حجم انبوهی خاک معدن استفاده کرد. به همین دلیل پسماند بسیار زیادی تولید می‌شود. برای نمونه، در تولید مقدار طلای مورد نیاز برای ساخت یک عدد حلقهٔ عروسی حدود سه تن پسماند ایجاد می‌شود. از این‌رو استخراج طلا همانند دیگر فعالیت‌های صنعتی آثار زیان‌بار زیست‌محیطی بر جای می‌گذارد. امید است که در پیوند صنعت با دانشگاه و انجام پژوهش‌های مناسب، راه‌هایی برای استخراج فلزها پیدا شود که ضمن بهره‌برداری از منابع، منجر به کاهش ردپای محیط‌زیستی شده و هماهنگ با توسعه پایدار باشد. مجتمع طلای موته در اصفهان و زرشوران در آذربایجان غربی از منابع استخراج طلا در ایران هستند.

آیا می‌دانید

در خاک معدن طلای زرشوران، میزان طلا حدود ۴ppm است. به دیگر سخن در هر تن خاک این معدن، حدود ۴ گرم طلا وجود دارد. در مجتمع طلای موته اصفهان نیز سالانه حدود ۳۰۰ کیلوگرم طلا استخراج می‌شود.

● **«طلا که پاک است چه منتش به خاک است»** یک ضرب‌المثل ایرانی است اما یک مفهوم شیمیایی را بیان می‌کند. در مورد آن گفت‌وگو کنید.

آیا می‌دانید

سالانه در حدود ۴۰۰۰ تن طلا در جهان برای استفاده‌های گوناگون مانند موارد زیر، استخراج و تولید می‌شود.

زیورآلات و جواهرات
۲۳۹۸/۷ تن

پشتوانه ارزی
۲۵۳/۳ تن

الکترونیک
۳۱۰/۶ تن

دندان‌پزشکی
۵۷/۳ تن

صنایع دیگر
۷۵۰ تن