پیامد یک سفر جهانی

جهانیان باید هم‌پیمان شوند

مهدیه سالارکیا، کارشناس ارشد شیمی آلی

اشاره

نه پرس‌وجو، نه نقشه و نه GPS (سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی)؛ به هیچ‌یک نیازی نداشتیم چون مقصد مشخص بود: بالای تپهٔ خارج شـــهر، عمارتی با معماری غریب. از همین‌جا هم سیمای غیرمعمولش قابل تشخیص بود و عجیب‌تر از همه، کنگره‌های نامتقارن بر فراز آن، که ظاهری لوکوموتیوگونه به آن می‌بخشید. با این همه بیش از آنکه مضحک باشد، ابهت دژهای جنگی را در بیننده تداعی می‌کرد.

در یک ســـال اخیر، با مناسبتی که تعیین شـــده بود، افراد از انواع ملیت‌ها به دیدار ســـاکنانی از این عمارت می‌رفتند که به نوعی آن‌ها را منسوب به خود می‌دانستند. برخی از آنان با شمار بیشتری از ساکنان، وعده ملاقات داشتند اما ما فقط می‌خواستیم خانم **زرگون** و آقای **بور** را ببینیم که گفته می‌شد با پارسیان، ارتباطی دیرینه داشته‌اند ...

کلیدواژه‌ها: سال جهانی جدول دوره‌ای عنصرهای شیمیایی، جدول مندلیف، تاریخ علم، بور، زیرکونیم

مقدمه

چینش عنصرهای شـــیمیایی در مجموعه‌ای که بررسی آن‌ها را ســـهولت و سرعت بخشـــد، ایده‌ای برجســـته بود که مسیر پژوهش‌های بعدی مربوط به قلمرو شیمی و علوم مرتبط با آن را هموار می‌کرد.

جدول دوره‌ای عنصرها، که امروز در اختیار ما قرار دارد، حاصل فعالیت جمعیِ دانشـــمندان در سراسر تاریخ علم است و اگرچه مندلیف پیشـــگام ارائهٔ طبقه‌بندی عنصرهای شیمیایی نبود اما شـــیوهٔ او در طراحی و پیاده کردن این ایده، بررسی‌های علمی را چنان به درســـتی جهت داد که امروزه، پس از ۱۵۰ ســـال از این اقدام مندلیف، جامعهٔ علمی جهانی در بزرگداشـــت جدول دوره‌ای عنصرها، ســـال میلادی ۲۰۱۹ را به‌عنوان سال جهانی این جدول نامید.

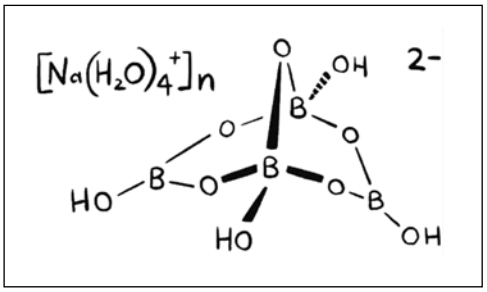
بـــه این بهانه، از دو عنصر شـــیمیایی ســـراغ می‌گیریم که با نام‌هایی ریشـــه گرفته از ایران‌زمین و فرهنـــگ اقوام فارس در جدول دوره‌ای جای گرفته‌اند.

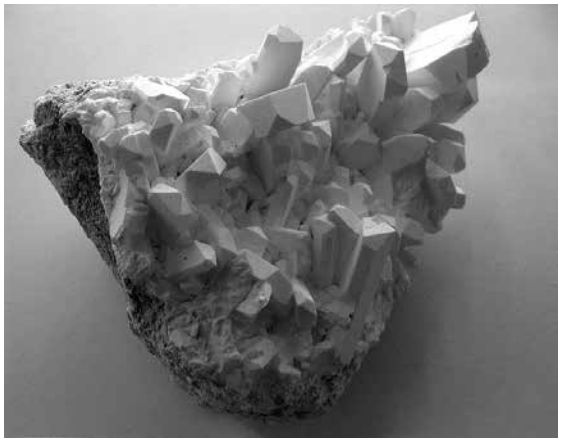
بور؛ ساکن خانهٔ شماره ۵

از روزگاران بسیار دور، ترکیب‌های بور در خدمت قدیمی‌ترین تمدن‌ها بوده‌اند، چنان‌که، در ۴۰۰۰ سال پیش از میلاد، بابلیان به‌عنوان مادهٔ کمک ذوب، یکی از ترکیب‌های معدنی بور را در زرگری به‌کار می‌بردند. این ترکیب که اکنون به بوراکس[۱] معروف است در فهرست کالاهای وارداتی مردمان بابل قرار داشت که آن را از سرزمین‌های تبت، در شرق دور تهیه می‌کردند. درواقع، اقوام بومی ساکن تبت به قدیمی‌ترین رسوبات معدنی حاوی بور دسترسی داشتند و آن را تینکال[۲] می‌نامیدند که نامی برگرفته از زبان سانسکریت بود. این اقوام از دیرباز در نظافت از این ماده

بهره می‌گرفتند. استفاده از بوراکس در فلزکاری، درمان بیماری‌ها و مومیایی کردن، میان مصریان باستان رواج داشته است. مردمان چین در ۳۰۰ سال پیش از میلاد نیز این ماده را برای لعاب دادن روی انواع ظرف‌ها و وسایل دیگر به‌کار می‌بردند. شاید به درستی این ادعاها دربارهٔ گستردگی کاربرد ترکیب‌های بور در روزگاران کهن شک داشته باشیم اما بنا به شواهد محکم تاریخی، استفاده از بوراکس در حوالی مکه و مدینه انکارناپذیر است. بر پایهٔ این شواهد، بازرگانان عرب در قرن هشتم میلادی تینکال را ـ به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع بوراکس ـ از راه جادهٔ ابریشم به چین صادر می‌کردند.

سابقهٔ کاربرد ترکیب‌های بور در اروپا به قرن دوازدهم میلادی می‌رسد اما نقطهٔ آغاز آشنایی اروپاییان با بوراکس در قرن هفتم ثبت شده است؛ هنگامی که جابر، شیمی‌دان ایرانی، در نوشته‌های خود این ترکیب‌ها را با نام بوره[۳] معرفی می‌کند. برای نخستین بار در قرن سیزدهم میلادی، بوره به دست مارکوپولو به اروپا عرضه می‌شود ولی سه قرن طول می‌کشد تا به کارایی آن در متالورژی پی برده شود. سپس در سال ۱۷۷۷، بوریک اسید در ایتالیا شناخته می‌شود و کاربردهای پزشکی آن گسترش می‌یابد.





▲ بوراکس ترکیبی معدنی از بور است که با نام‌های سدیم بورات، سدیم تترا بورات یا دی‌سدیم تترا بورات نیز شناخته می‌شود.

تولد عنصری به نام بور

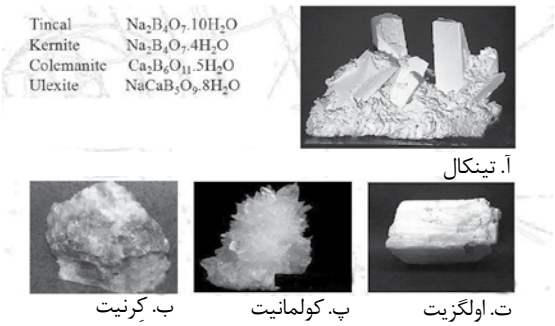
با اینکه از بور به‌عنوان عنصری یاد می‌شود که حضوری همه‌جانبه در خاک، آب و سنگ‌ها دارد و اگرچه که جست‌وجوی منابع معدنی آن در اروپا و ایالات متحده، در خلال قرن هجدهم میلادی در کانون توجه قرار داشت اما تا قرن نوزدهم، امکان دسترسی به شکل خالص و عنصری بور فراهم نشده بود.

در سال ۱۸۰۸ همفری دیویی به تنهایی، و ژوزف لویی گی‌لوساک همراه با ژاک تنارد[۴]، موفق به جداسازی بور از ناخالصی‌ها شدند. دیویی متوجه شد با عبور جریان برق از محلول بورات، رسوبی قهوه‌ای‌رنگ روی یکی از الکترودها تشکیل می‌شود. او برای کاهش بوریک‌اسید از پتاسیم استفاده کرد و به عنصری جدید دست یافت که آن را بوراکیم[۵] نامید.

گی‌لوساک و تنارد برای کاهش بوریک‌اسید، از آهن در دمای زیاد استفاده کردند و نشان دادند که وقتی بور در هوا اکسید می‌شود، بوریک‌اسید به دست می‌آید. در سال ۱۸۲۴ برزیلیوس نیز بور را به‌عنوان عنصری جدید شناسایی کرد و سرانجام، بور به‌صورت کاملاً خالص در سال ۱۹۰۹ توسط وینتروپ[۶] تولید شد.

از آنجا که ترکیب‌های معدنی بور از گذشته‌های دور به بوره معروف بودند نام بور برای این عنصر جدید انتخاب شد. واژهٔ فارسی بوره، معنای درخشان دارد و معادل عربی آن یعنی بوراک[۷]، به معنای سفید است. بوره و بوراک هر دو نام‌هایی قدیمی برای همان ماده معدنی بوده‌اند که اکنون بوراکس خوانده می‌شود و منبع اصلی

ترکیب‌های بور و نمک بوریک‌اسید (H_3BO_3) به شمار می‌رود. این ماده از سوی آیوپاک، سدیم تترابورات دکاهیدرات نامیده شده است.



آ. تینکال

ت. اولگزیت پ. کولمانیت ب. کِرنیت

▲ شکل ۱ مهم‌ترین مواد معدنی تجاری بور که از معادن آفریقای جنوبی، چین، روسیه و ترکیه استخراج می‌شوند.

فراوانی و پراکندگی

همهٔ خاک‌ها در سرتاسر نقاط زمین، از مقداری بور برخوردارند. غلظت متوسط بور در خاک از ۱۰ppm تا ۲۰ppm متغیر است و مقدار متوسط آن در آب دریاها به ۴/۶ ppm می‌رسد. به هرحال اگر نشانه‌ای از بور هرجایی از زمین یافت شود بی‌تردید به حالت آزاد و عنصری نیست. ترکیب‌های بور در قالب مواد معدنی از جمله بوراکس، بورات‌ها و بوریک‌اسید همهٔ موجودیِ بور زمین را دربرگرفته‌اند، شکل ۱. رسوبات نواحی که سابقهٔ فعالیت آتشفشانی داشته‌اند از بیشترین غلظت بور برخوردارند و استخراج بور از این نواحی، اقتصادی‌تر است. چنین رسوباتی در ترکیه،

▲ در برخی چشمه‌های آب گرم، بوریک‌اسید وجود دارد. فرّار بودن بوریک‌اسید از دید زمین‌شناسان، می‌تواند سازوکاری برای تشکیل رسوبات بورات باشد.

بازرگانان عرب در قرن هشتم میلادی تینکال را ــ به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع بوراکس ــ از راه جادهٔ ابریشم به چین صادر می‌کردند

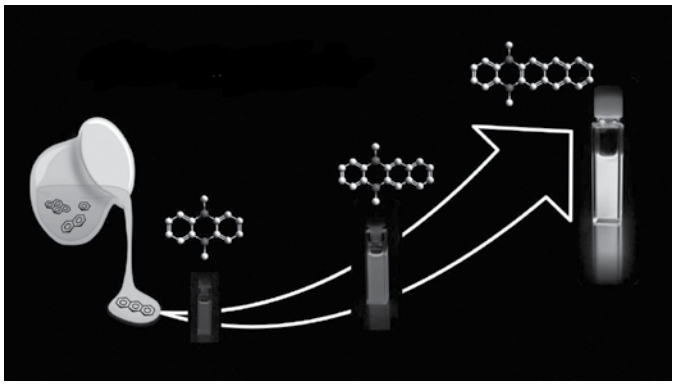
سرزمین‌های تبت، شیلی و بخش‌های غربی ایالات متحده، بیشتر نیاز جهانی بور را فراهم می‌کنند، چنان‌که استخراج بورات‌ها از معادن این نواحی، به دو میلیون تن در سال می‌رسد.

کاربردها

ـ در عرصهٔ ساخت نیم‌رساناها، افزودن بور به‌عنوان ناخالصی به سیلیسیم و ژرمانیم، بهبود در خواص نیم‌رسانایی را در پی دارد.

ـ بوراکس به‌صورت قطره و محلول‌های نگهداری لنزهای چشمی، برای محافظت و ایجاد محیط بافر استفاده می‌شود. افزودن این ماده به آب‌های سخت، در کاهش سختی آب مؤثر است.

ـ بورتری‌اکسید، B_2O_3، در ساخت ظرف‌های شیشه‌ای آزمایشگاهی، که باید در برابر گرما پایداری زیادی داشته باشند، به‌کار می‌رود.



▲ دیود نوری آلی؛ فراورده‌ای جدید ساخته شده از بور

ـ بورنیترید، BN، پس از الماس به‌عنوان سخت‌ترین ماده در مقیاس موهس[8] شناخته می‌شود و به دلیل پایداری گرمایی و شیمیایی زیاد، برای ساخت سرامیک‌های مقاوم در دمای بالا، کاربرد دارد.

ـ بورکربید، B_4C، در ساخت جلیقه‌های ضدگلوله و تانک‌های زره‌پوش به‌کار می‌رود.

ـ بوریک‌اسید، H_3BO_3، در تهیهٔ موادی که آتش را فرو می‌نشانند کاربرد دارد. این ماده خاصیت ضدمیکروبی ملایمی نیز از خود نشان می‌دهد که سبب شده است در تهیهٔ آنتی‌بیوتیک‌های جدید مورد توجه قرار گیرد.

ـ یکی از روش‌های درمان سرطان استفاده از ایزوتوپ ^{10}B است. در این روش، مقدار کافی از این ایزوتوپ به کمک عوامل انتقال‌دهندهٔ آن، در تودهٔ سرطانی نفوذ می‌کند. هنگامی که سلول‌های توده با نوترون‌های گرمایی بمباران می‌شوند، حضور ایزوتوپ بور جذب مقدار زیادی گرما را فراهم می‌کند و باعث نابودی سلول‌های سرطانی می‌شود.

نقطهٔ آغاز آشنایی اروپاییان با بوراکس در قرن هفتم ثبت شده است؛ هنگامی که جابر، شیمی‌دان ایرانی، در نوشته‌های خود این ترکیب‌ها را با نام بوره معرفی می‌کند

$$^{10}B+n \longrightarrow {}^{11}B \longrightarrow {}^{4}He+{}^{7}Li + ۲/۷۹MeV$$

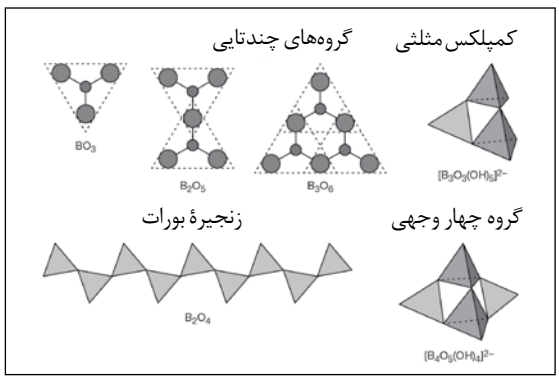
$$^{4}He+{}^{7}Li+۲/۳۱MeV$$

$$^{7}Li+۵+۰/۴۸MeV$$

ـ ترکیب‌های بور موادی ضروری برای رشد گیاهان سبز هستند و وظیفهٔ پمپ کردن مواد قندی را از بخش‌های پیر گیاه، به ریشه و قسمت‌های جوان آن به عهده دارند. همچنین باعث مقاومت دیوارهٔ سلول‌های گیاهی می‌شود. از این‌رو، در ترکیب کودهایی شیمیایی از ترکیب‌های بور استفاده می‌شود.

ـ بور در برابر نوترون به‌عنوان جاذبی عالی عمل می‌کند و در واکنش‌های هسته‌ای شدید برای کنترل روند فرایند، حضوری مؤثر دارد.

ـ آهن‌ربای NIB که عنصر نئودیمیم همراه آهن و بور در ساخت آن شرکت دارند، نمونه‌ای از یک آهن‌ربای بسیار قوی است که در دههٔ ۱۹۸۰ اختراع شد و از آن در رایانه‌ها، تجهیزات پزشکی، توربین‌های بادی، سامانه‌های شنیداری، تلفن‌های همراه و اسباب‌بازی‌ها استفاده می‌شود.

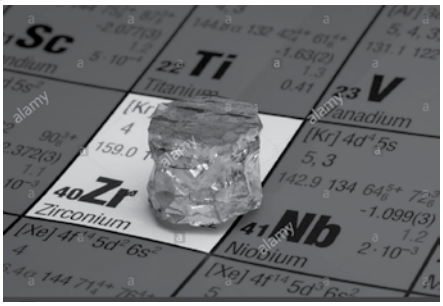


▲ اهمیت شیمی بور با توانایی بورات‌ها در تشکیل ساختارهای چهاروجهی و مثلثی و ایجاد کمپلکس با گروه‌های آلی ارتباط می‌یابد.

اثرهای زیست‌شناختی

ترکیب‌های بور بر پستانداران اثر زیان‌آوری ندارند ولی برای بندپایان به‌عنوان موادی سمی عمل می‌کنند. از این‌رو، در تهیهٔ حشره‌کش‌ها از بوراکس استفاده می‌شود. بنا بر پژوهش‌ها، بور در سلول‌های جانوری انباشته نمی‌شود و مسمومیت با آن تنها در کارگرانی دیده شده است که با مقدارهای زیاد آن در تماس بوده‌اند.

در مجموع، این عنصر در مقدارهای بسیار کم برای موجودات زنده ضروری به نظر می‌رسد اما سازوکار اثربخشی آن هنوز به روشنی تعیین نشده و تنها در این حد نتیجه‌گیری شده است که با گونه‌های هیدروکسیل‌دار در سامانه‌های زیست‌شناختی به تشکیل کمپلکس می‌پردازد و به‌عنوان عامل بازدارنده یا تحریک‌کننده روی آنزیم‌ها و کوآنزیم‌ها اثر می‌گذارد.



بالاترین رکورد گمنامی؛ پرچمی بر فراز خانهٔ شمارهٔ ۴۰

در سال ۲۰۱۴، قطعه‌ای میکروسکوپی از یک سنگ در نقطه‌ای دورافتاده از غرب استرالیا یافت شد. هنگامی که یابندهٔ آن، پروفسور جان ولی[9]، قدمت آن را ۴/۴ بیلیون سال اعلام کرد، پرده از واقعیتی پنهان برداشته شد: تشکیل بلورهای این سنگ هنگامی آغاز شده بود که پوستهٔ زمین شروع به سرد شدن کرد. پس این نمونه، به زمان تولد سیارهٔ ما، زمین اشاره می‌کند.

به بیانی دیگر، قدیمی‌ترین همنشین زمین ما، سنگ‌هایی از این نوع بوده‌اند؛ سنگ‌های معدنی که در رعایت احترام به این قدمت، نامی قدیمی نیز برای آن‌ها برگزیده شده است: زیرکون که برگرفته از واژهٔ زرگون[10]، یکی از قدیمی‌ترین واژه‌ها در زبان فارسی و به معنی «شبیه طلا» است.

زیرکون سنگ معدنی با ترکیب شیمیایی زیرکونیم سیلیکات، $ZrSiO_4$، از جمله قدیمی‌ترین سنگ‌های قیمتی و منبع تجاری عنصر زیرکونیم است. این ترکیب معدنی تقریباً در سرتاسر زمین، به‌ویژه رسوبات آبرفتی، بستر رودها و دریاچه‌ها و ساحل دریاها، گسترش دارد اما غلظت آن چندان زیاد نیست. در عوض، مشخص شده است که ستاره‌های نوع S[11] از زیرکون فراوانی برخوردارند. با این حال، هم‌اکنون در هر شش قارهٔ جهان، معادنی غنی از زیرکون، مورد بهره‌برداری هستند. پس از زیرکون، سنگ معدن بادلیت[12] با ترکیب شیمیایی زیرکونیم‌اکسید، ZrO_2، منبع دیگری برای تهیهٔ زیرکونیم به‌شمار می‌رود. به هر حال

برای استخراج زیرکونیم، اســـتفاده از زیرکون، بسیار به‌صرفه‌تر از بادلیت شناخته شده است. گفتنی است در همهٔ ترکیب‌های معدنی حاوی زیرکونیم، هافنیم نیز به مقدار جزئی، در حد ۱ تا چند درصد، آن را همراهی می‌کند.

جدول ۱ مقایسه زیرکونیا و زیرکون

مادهٔ معدنی	ترکیب شیمیایی	سختی (مقیاس موهس)	منشا	ظاهر
زیرکونیا	ZrO_2	۸/۵	مصنوعی	شفاف‌تر
زیرکون	$ZrSiO_4$	۷-۷/۵	طبیعی	درخشنده‌تر

دورهٔ گمنامی پایان می‌یابد

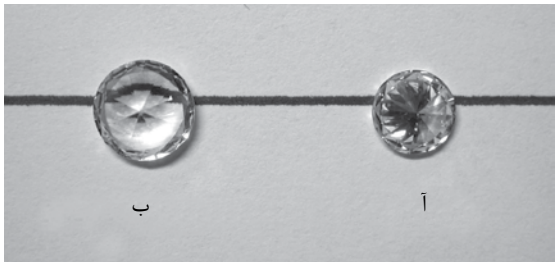
زیرکونیم تا قرن هجدهم میلادی در ترکیب قیمتی و پرطرفدار خود زیرکون، در محاق باقی مانده بود. سرانجام در سال ۱۷۸۹، مارتین هندریک کلاپروت[13] شـــیمی‌دانی آلمانی، که در عرصهٔ شیمی تجزیه‌ای و شناخت مواد معدنی فعالیت می‌کرد، به این دوره پایان داد.

کلاپروت در جریان بررســـی نمونه‌ای زیرکـــون که از منطقهٔ ســـیلان به دســـت آورده بود به وجود زیرکونیم پی برد و آن را زیرکونرد[14] نامید. دیوی در آغاز دههٔ ۱۸۰۰، نام زیرکونیم را برای ایـــن عنصر برگزید و پس از آن برزیلیوس نیز در ســـال ۱۸۲۴، موفق شد زیرکونیم را به‌صورت ناخالص به دست آورد.

زیرکونیم در دمای معمولی، غیرفعال است که از وجود لایه‌ای نازک و محافظ در سطح آن نتیجه می‌شود. درواقع، این فلز میل فراوانی به جذب اکسیژن و نیتروژن موجود در هوا نشان می‌دهد و لایهٔ محافظ یاد شـــده از جنس اکسید یا نیترید، چنین چهره واکنش‌ناپذیری به آن بخشیده است. حتی بدون این لایهٔ محافظ هم، زیرکونیم در برابر اســـیدهای ضعیف و نمک‌های اســـیدی، پایداری نشان می‌دهد و تنها در HF، انحلال‌پذیری خوبی دارد و با افزایش دما با بسیاری از نافلزها وارد واکنش می‌شود. به دلیل پایـــداری در برابر خوردگی، از زیرکونیـــم در تهیهٔ آلیاژها و نوع ویژه‌ای فولاد استفاده می‌شود.

کاربردها

زیرکونیا[15] یا زیرکونیم دی‌اکسید، ترکیبی جامد و بسیار سخت به رنگ‌های سفید یا قهوه‌ای ـ زرد است و از آن جواهری شبیه الماس ساخته می‌شود که به الماس بدلی معروف است. از آنجا که درجهٔ سختی این ترکیب ۸/۵ تعیین شده است، در تهیهٔ مواد ساینده و نیز عاملی برای افزایش مقاومت شیشه و سرامیک‌هایی ـ که در ســـلول‌های سوختی به‌کار می‌روند و باید در برابر اسید و باز پایداری داشته باشند ـ استفاده می‌شود. سولفات زیرکونیم آبـــدار، $Zr(SO_4)_2.4H_2O$ ، به‌عنوان نرم‌کننده کاربرد دارد و در فرایند دباغی چرم ســـفید استفاده می‌شـــود. ترکیب‌های آلی زیرکونیم نیز به‌عنوان کاتالیزگر در کراکینگ نفت خام و پلیمر شدن اتیلن، کارایی ویژه دارند.



▲ شـــکل ۲ مقایســـهٔ آ. الماس با ب. زیرکونیا که به الماس بدل معروف است.

پایان سفر

هدف از تعریف مناسبت‌ها چیست؟ فرصتی برای نظر افکندن به گذشته‌ها، ارج نهادن به دستاوردها و برنامه‌ریزی برای تحقق خواســـته‌ها. پوشیده نیست که نوع بشـــر در اقوام و ملیت‌های گوناگون، از گذشـــته‌های دور تاریخ تا اعصار کنونی، دســـتی بر کشف عنصرهای سازندهٔ این کرهٔ خاکی داشته است.

اکنون که ســـفر برنامه‌ریزی شـــدهٔ ما به بهانهٔ یک بزرگداشت جهانی به پایان رسیده، شایســـته است جمعیت جهان متعهد شوند که از این دستاوردها در فضایی صلح‌آمیز، به دور از اقدامات تبعیض‌آمیز و زیر پا نهادن حقوق انســـانی، بهره‌برداری کنند و قدردانـــی از امانت و موهبت‌های آفریـــدگار را چنان که باید، به جای آورند. باشـــد که در سایهٔ دستیابی به کرامت‌های انسانی، با تکیه بر نیروی اندیشـــه و حس انسان‌دوستی، در فراهم کردن آرامش و آســـایش برای هم‌نوعان خود در سراسر جهان، کوشا باشند.

*** پی‌نوشت‌ها**

1. borax
2. tincal
3. baurach
4. Tenard, J.
5. boracium
6. Weintraub, E.
7. buraq
8. Mohs scale
9. Valley, J.
10. zargun
11. S-type
12. baddeleyite
13. Klaproth, M.H.
14. zirconerde (zircon earth)
15. zirconia

*** منابع**

1. An introduction to boron: history, sources, uses and chemistry www.ncbi.nlm.nih.gov.
2. Chemical properties, health and environmental effects www.lentech.com.
3. Boron: History. nautilus. fis.uc.pt>scenes-e>elem.
4. www.shimipedia.ir
5. www.merriam-webster.com>dictionary>tincal
6. Zircon meaning, Powers and history. www.jewelsform.com.
7. Zircon-world's oldest gemstone. www.gemrockauctions.com.
8. Martin Heinrich Klaproth, german chemist. www.britanica.com/zirconium