



آیا در آینده بر سر عناصر کمیاب زمین جنگ رخ خواهد داد؟

در کتاب اپرای فضایی «تلماسه» از «فرانک هربرت»، یک ماده طبیعی گران بها به نام «ترکیب ادویه» به مردم این توانایی را می‌دهد تا در پهنه‌های وسیع کیهان برای ساختن یک تمدن بین کهکشانی حرکت کنند!

در کتاب اپرای فضایی «تلماسه» از «فرانک هربرت»، یک ماده طبیعی گران بها به نام «ترکیب ادویه» به مردم این توانایی را می‌دهد تا در پهنه‌های وسیع کیهان برای ساختن یک تمدن بین کهکشانی حرکت کنند! در حالی که اینجا و در زندگی واقعی روی زمین، گروهی از فلزات طبیعی که به عنوان «عناصر کمیاب» زمین شناخته می‌شوند، تشکیل یک جامعه مبتنی بر فناوری را ممکن کرده‌اند. عناصری که برای بخش‌های الکترونیک مدرن، تقریباً حیاتی بوده و همین امر می‌تواند طمع برخی قدرت‌ها را برای کنترل و در اختیار داشتن آنها برانگیزد. در این گزارش قصد داریم به بررسی نقش برخی از عناصر کمیاب و مهم در دنیای فناوری بپردازیم.

به گزارش ایسنا، انقلاب صنعتی اول با دگرگونی‌های بزرگ در صنعت، کشاورزی، تولید و ترابری در بازه زمانی سال ۱۷۶۰ تا سال ۱۸۴۰ میلادی رخ داد و ابتدا در انگلستان آغاز شد و سپس به اروپا و آمریکا راه یافت و این تحولات باصنعتی شدن کارخانه‌ها و صنایع و بویژه استفاده از نیروی ماشین به جای نیروی انسان رقم خورد. در انقلاب صنعتی دوم، موسوم به «انقلاب فناوری» که نیمه دوم سده نوزدهم تا جنگ جهانی اول را شامل می‌شود، با ویژگی‌هایی چون فرآیند بسمر (اولین فرآیند صنعتی ارزان قیمت، برای تولید انبوه فولاد از آهن) در دهه ۱۸۶۰ میلادی همراه بود و بیشتر با تجهیز کارخانجات به برق، تولید انبوه و خط تولید شناخته می‌شود و با توسعه خط آهن، تولید آهن و فولاد در مقیاس انبوه، کاربرد گسترده ماشین‌آلات در تولید کارخانه‌ای، افزایش شدید استفاده از نیروی بخار و ارتباطات الکتریکی شکل گرفت تا بشر گام بلندتری به سوی زندگی مدرن بردارد.

پس از این دوره، انقلاب صنعتی سوم در دهه ۱۹۵۰ میلادی شروع شد که البته تاکنون نیز ادامه دارد و در آن بویژه استفاده از عناصر و فلزاتی با ویژگی‌های خاص در فناوری‌های مدرن هر روزه با رشد چشمگیری همراه می‌شود.

حال در این میان و در زندگی واقعی روی زمین، گروهی از فلزات طبیعی که به عنوان عناصر کمیاب شناخته می‌شوند، ایجاد جامعه مبتنی بر فناوری را ممکن ساخته و تقاضا برای این عناصر حیاتی تقریباً در تمام لوازم الکترونیکی مدرن به شدت در حال افزایش است. **عناصر کمیابی در زمین که شامل ۱۷ عنصر هستند** و برای ایجاد باتری‌های پیشرفته، لیزر، الکترونیک و تمام فناوری‌های نوظهور قرن بیست و یکم از جمله انتقال انرژی، حیاتی هستند.

عناصری که می‌توانند نقش بسیار تعیین‌کننده‌ای در انقلاب صنعتی چهارم داشته باشند.

این عناصر یا خاک‌های کمیاب، هزاران نیاز مختلف را برآورده می‌کنند. برای مثال، «سریم» به عنوان کاتالیزور برای پالایش نفت استفاده می‌شود و «گادولینیوم» نوترون‌ها را در راکتورهای هسته‌ای جذب می‌کند. اما برجسته‌ترین قابلیت‌های این عناصر در درخشندگی و مغناطیس آن‌ها نهفته است. رنگ آمیزی صفحه نمایش گوشی‌های هوشمند، نشان دادن صحت اسکناس‌های یورو و تقویت سیگنال‌ها از طریق کابل‌های فیبر نوری در کف دریا از جمله موارد زیادی است که به این عناصر کمیاب متکی است. در این تصویر مشاهده می‌کنید که چگونه یورپیم موجود در الیاف جاسازی شده در اسکناس یورو در زیر نور فرابنفش شفاف می‌شوند.

نور فرابنفش، الکترون‌های f یورپیم را تحریک می‌کند و آنها سپس به حالت اولیه خود بازمی‌گردند و در این فرآیند فوتون‌های نور مرئی را آزاد می‌کنند.

این عناصر همچنین برای ساخت برخی از قوی‌ترین و قابل اطمینان‌ترین آهنرباهای جهان ضروری هستند. آن‌ها امواج صوتی را در هدفون شما تولید می‌کنند، اطلاعات دیجیتال را از طریق فضا تقویت می‌کنند و مسیر موشک‌های جستجوگر گرما را تغییر می‌دهند. خاک‌ها (عناصر) کمیاب همچنین باعث رشد فناوری‌های سبز مانند انرژی باد و وسایل نقلیه الکتریکی می‌شوند و حتی ممکن است اجزای جدیدی را برای کامپیوترهای کوانتومی ایجاد کنند.

نگاهی به کاربرد فلزات در تکنولوژی

برخلاف عناصر کمیاب زمین، فهرست مشخصی از فلزات مورد استفاده در تکنولوژی وجود ندارد. فلزات مورد استفاده در تکنولوژی اغلب به عنوان فلزات نسبتاً کمیاب در نظر گرفته می‌شوند که معمولاً در دستگاه‌های با فناوری پیشرفته استفاده می‌شوند. این تجهیزات با تکنولوژی/ فناوری بالا در لوازم الکترونیکی مصرفی و تجهیزات پزشکی گرفته تا سیستم‌های دفاعی پیشرفته کاربردهایی دارند. برخی از فلزات مورد استفاده در تکنولوژی عبارتند از کبالت، لیتیوم، تانتالم، ایندیم، گالیم، نیوبیم، سلنیوم و زیرکونیوم. با توجه به اینکه عناصر کمیاب زمین همگی فلز هستند، می‌توان آن‌ها را به عنوان فلزات مورد استفاده در تکنولوژی نیز در نظر گرفت.

بسیاری از این عناصر کمیاب زمین و فلزات مورد استفاده در تکنولوژی اجزای حیاتی دستگاه‌های با فناوری پیشرفته ما هستند.

عناصر کمیاب زمین و فلزات مورد استفاده در فناوری چگونه استفاده می‌شوند؟

"سریم" در لامپ‌ها، تلویزیون‌ها و اجاق‌ها استفاده می‌شود.

"دیسپروزیوم" در آلیاژهای مورد استفاده در توربین‌های بادی، وسایل نقلیه الکتریکی و راکتورهای هسته‌ای استفاده می‌شود.

شود.

"اریوم" در لیزر و کابل های فیبر نوری استفاده می شود.

"یورپوم" در لامپ ها، راکتورهای هسته ای و لیزر استفاده می شود.

"گادولینیوم" در آهنرباها، راکتورهای هسته ای و تصویربرداری رزونانس مغناطیسی (MRI) استفاده می شود.

"هولمیم" در آهنرباها و راکتورهای هسته ای استفاده می شود.

"لانتانیم" در آلیاژهایی که در باتری ها و وسایل نقلیه هیدروژنی استفاده می شود مورد استفاده قرار می گیرد.

"لوتیم" به عنوان کاتالیزور در پالایشگاه ها استفاده می شود.

"نئودیمیم" در آهن ربا و لیزر استفاده می شود.

"پرازئودیمیم" در موتورهای هواپیما، کابل های فیبر نوری و آهنرباها استفاده می شود.

"پروتمیم" در ضربان سازها و موشک های هدایت شونده استفاده می شود.

"ساماریوم" در دستگاه های مایکروویو و آهنربا استفاده می شود.

"تربیوم" در لامپ ها، دستگاه های حافظه و اشعه ایکس استفاده می شود.

"تولیوم" در لیزر استفاده می شود.

"ایتریم" (Ytterbium) در نمایشگرها، دستگاه های اشعه ایکس و کابل های فیبر نوری استفاده می شود.

"ایتریم" (Yttrium) در رادارها و به عنوان یک افزودنی در آلیاژهای مورد استفاده در دستگاه های با تکنولوژی بالا استفاده می شود.

"اسکاندیم" برای پیل های سوختی و آلیاژهای مورد استفاده در هواپیماهای جت استفاده می شود.

"گالت" در سوپر آلیاژها، توربین های جت و باتری های قابل شارژ استفاده می شود.

"لیتیوم" معمولاً در باتری ها استفاده می شود.

"تانتالیوم" در خازن ها، مقاومت ها و سایر تجهیزات الکترونیکی استفاده می شود.

"ایندیوم" اغلب در صفحه نمایش LCD استفاده می شود.

"گالیوم" در مدارهای مجتمع، ال ای دی و نیمه هادی ها استفاده می شود.

"نیوبیم" در آلیاژهای فولادی که بخشی از موتورهای جت و موشک ها هستند استفاده می شود.

"سلنیوم" در فتوسل ها و یکسو کننده ها استفاده می شود.

"زیرکونیوم" در نیروگاه های هسته ای استفاده می شود.

عناصر کمیاب زمین در کجاها یافت می شوند؟

ذخایر شناخته شده این عناصر کمیاب زمین در چند کشور در سراسر جهان یافت می شود. چین، برزیل، ایالات متحده آمریکا، ویتنام و روسیه بیش از ۷۵ درصد از ذخایر شناخته شده عناصر کمیاب زمین را در اختیار دارند.

اما وقتی صحبت از تولید این فلزات و عناصر خاکی کمیاب می شود، تصویر متفاوت به نظر می رسد. ایالات متحده از دهه ۱۹۶۰ تا ۱۹۹۰ با استفاده از معدن گذرگاه کوه در کالیفرنیا، تولید کننده پیشرو عناصر کمیاب زمین در جهان بود اما اخیراً، چین در تولید این عناصر کمیاب زمین در جهان پیشتاز است و از دهه ۱۹۹۰ این کار را انجام داده است.

پس از پایان جنگ سرد، مجموعه ای از شکست سیاست های ایالات متحده و اتحادیه اروپا به این منجر شد که چین تقریباً تولید و پالایش عناصر کمیاب زمین را در انحصار خود درآورد، به طوری که اتحادیه اروپا ۹۸ درصد عناصر کمیاب زمین خود را از چین وارد کرد. ایالات متحده نیز خیلی وضعیتش بهتر از اروپا نیست و ۷۸ درصد از واردات آن از چین است. با جدا شدن غرب از انرژی روسیه، وابستگی شدید آن به چین برای عناصر کمیاب زمین به درستی به عنوان عامل نگرانی شناخته شده است. ایالات متحده اکنون با سرعت بیشتری در حال حرکت است تا سلطه از دست رفته خود را احیا کند.

قدرت های ماورایی عناصر کمیاب از الکترون های آن ها ناشی می شود

این عناصر کمیاب، "لانتانید"ها هستند و "لوتیتیوم" و همه ۱۴ عنصر بین "لانتانیمو - ایتربیوم" در یک ردیف از جدول تناوبی به اضافه "اسکاندیم" و "ایتریم" که در ذخایر سنگ معدنی مشابهی وجود دارند و خواص شیمیایی مشابهی با "لانتانید"ها دارند را شامل می شود. این فلزات خاکستری تا نقره ای اغلب چکش خوار (نرم و قابل انعطاف) با نقطه ذوب و جوش بالا هستند.

در واقع قدرت مخفی این عناصر در الکترون هایشان نهفته است. همه اتم ها دارای هسته ای هستند که توسط الکترون ها احاطه شده است که در مناطقی به نام «اوربیتال» زندگی می کنند. الکترون ها در دورترین اوربیتال ها از هسته، الکترون های ظرفیتی هستند که در واکنش های شیمیایی شرکت می کنند و با اتم های دیگر پیوند ایجاد می کنند.

بیشتر لانتانیدها دارای مجموعه مهم دیگری از الکترون ها به نام «الکترون های f» هستند که در ناحیه «گلدیلاک» واقع در نزدیکی الکترون های ظرفیتی اما کمی نزدیک تر به هسته قرار دارند. "آنا دو بتنکورت-دیس" شیمیدان معدنی در دانشگاه نوادا می گوید: «این الکترون های f هستند که باعث ایجاد خواص مغناطیسی و درخشندگی عناصر کمیاب خاکی هستند».

همانطور که در بالا اشاره کردیم خاک ها یا عناصر کمیاب ۱۷ عنصر هستند که در جدول بالا نیز به رنگ نارنجی مشخص شده اند. زیرمجموعه ای از خاک های کمیاب که به نام لانتانیدها (lanthanide) شناخته می شوند هر کدام حاوی یک لایه فرعی هستند که معمولاً الکترون های f را در خود جای می دهند و به عناصر خواص مغناطیسی و شب تابی می دهند.

لانتانیدها ۴۱ عنصر (سریوم، پرازئودیمیم، نئودیمیم، پروتمیم، ساماریم، یورپیم، گادولینیوم، تربیم، دیسپروزیوم، هولمیم، اربیم، تولیم، ایتریم و

لوتیم) با عددهای اتمی ۵۷ تا ۷۱ در جدول تناوبی هستند. نام این دسته از عناصر از فلز لانتان گرفته شده است. لانتانیدها فلزهایی براق هستند و واکنش پذیری شیمیایی قابل توجهی دارند.

خاک های کمیاب رنگ و نور را اضافه می کنند

در امتداد برخی از سواحل، دریای شب گاهی اوقات به رنگ سبز مایل به آبی می درخشد، زیرا "پلانکتون های بیولومینسانس" در امواج در حال تکان خوردن هستند. فلزات خاکی کمیاب نیز هنگام تحریک، نور ساطع می کنند و به گفته "بتنکورت-داس" ترفند این است که الکترون های f آن ها را به اصطلاح قلقلک می دهند.

دانشمندان و مهندسان می توانند الکترون های اف عناصر کمیاب را با استفاده از یک منبع انرژی مانند لیزر یا لامپ به حالت هیجان درآورند و سپس اجازه دهند دوباره به حالت اولیه اش بازگردند و وقتی لانتانیدها به حالت اولیه باز می گردند، نور ساطع می کنند.

"بتنکورت-داس" شیمیدان معدنی می گوید که خاک های کمیاب به طور قابل اعتمادی طول موج های دقیقی از نور را هنگام برانگیختگی ساطع می کند. این دقت قابل اعتماد به مهندسان اجازه می دهد تا تابش الکترومغناطیسی را در بسیاری از لوازم الکترونیکی به دقت تنظیم کنند. **به عنوان مثال، تریپوم، نوری را با طول موجی در حدود ۵۴۵ نانومتر ساطع می کند که برای ساخت فسفر سبز در تلویزیون، کامپیوتر و صفحه نمایش گوشی های هوشمند مناسب است.** یورپوم که دو شکل رایج دارد برای ساخت فسفرهای قرمز و آبی استفاده می شود. در مجموع، این فسفرها می توانند صفحات نمایش را با بیشتر سایه های رنگین کمان رنگ کنند.

خاک ها (عناصر) کمیاب نور نامرئی مفیدی را نیز ساطع می کنند. ایترومیک عنصر کلیدی در ایتروم-آلومینیوم-گارنت (YAG) است که یک کریستال مصنوعی است که هسته بسیاری از لیزرهای پر قدرت را تشکیل می دهد. مهندسان طول موج این لیزرها را با اضافه کردن یک خاک کمیاب دیگر به کریستال های ایتروم-آلومینیوم-گارنت تنظیم می کنند. محبوب ترین انواع لیزرهای YAG با ترکیب نئودیمیم (لیزر نئودیمیم یاگ) ساخته می شود که برای همه چیز از برش دادن فولاد گرفته تا پاک کردن خالکوبی و فاصله یابی لیزری استفاده می شود. پرتوهای لیزر YAG با اریبوم (لیزر اریبوم یاگ)، گزینه خوبی برای جراحی های کم تهاجمی هستند زیرا به راحتی توسط آب موجود در گوشت جذب می شوند و بنابراین خیلی عمیق نمی شوند. **وجود لانتانیم برای ساخت شیشه های جاذب مادون قرمز در عینک های دید در شب بسیار مهم است**

"تیان ژونگ"، مهندس مولکولی در دانشگاه شیکاگو می گوید: «"اریبوم" اینترنت ما را هدایت می کند. بسیاری از اطلاعات دیجیتال ما از طریق فیبرهای نوری به عنوان نور با طول موج حدود ۱۵۵۰ نانومتر - همان طول موجی که "اریبوم" ساطع می کند - عبور می کند. سیگنال های کابل های فیبر نوری زمانی که از منبع خود دور می شوند، کم نور می شوند. از آنجایی که این کابل ها می توانند هزاران کیلومتر در کف دریا کشیده شوند، اریبوم برای تقویت سیگنال ها به فیبرها اضافه می شود.

عناصر کمیاب آهنرباهای قدرتمندی می سازند

در سال ۱۹۴۵، دانشمندان اولین رایانه دیجیتال قابل برنامه ریزی و همه منظوره در جهان (انیاک-ENIAC) را ساختند. انیاک با نام مستعار «مغز غول پیکر» وزنی بیش از وزن چهار فیل داشت و اندازه ای تقریبی دو سوم اندازه یک زمین تیس داشت.

کمتر از ۸۰ سال بعد، تلفن هوشمندی که امروز همه جا حاضر است با قدرت محاسباتی بسیار بیشتر از انیاک به خوبی در کف دستان ما قرار می گیرد. **جامعه این کوچک سازی فناوری الکترونیک را تا حد زیادی مدیون قدرت مغناطیسی استثنایی عناصر کمیاب است.** آهنرباهای ساخته شده از عناصر کمیاب می توانند همان کار آهنرباهای بزرگتر را که بدون خاک های کمیاب ساخته شده اند را انجام دهند.

این جا نیز بازهم پای الکترون های اف در میان است. عناصر کمیاب دارای اوربیتال های بسیاری از الکترون ها هستند، اما الکترون های اف دارای یک گروه خاص از هفت اوربیتال به نام ۴f-subshell هستند. در هر لایه فرعی، الکترون ها سعی می کنند خود را در بین اوربیتال های درونی پخش کنند. هر اوربیتال می تواند تا دو الکترون را در خود جای دهد. اما از آنجایی که لایه فرعی ۴f دارای هفت اوربیتال است و بیشتر عناصر کمیاب کمتر از ۱۴ الکترون f دارند، عناصر تمایل دارند اوربیتال های متعددی با تنها یک الکترون داشته باشند. به عنوان مثال، اتم های نئودیمیم دارای چهار عدد از این الکترون هاست، در حالی که "دیسپروزیوم" و "ساماریوم" مدارای پنج عدد هستند. مهم تر از همه، این الکترون های جفت نشده تمایل دارند به یک جهت حرکت کنند یا بچرخند. این همان چیزی است که قطب شمال و جنوب را ایجاد می کند که ما به طور کلاسیک آن را مغناطیس می دانیم.

از آنجایی که این الکترون های اف تنها در پشت لایه ای از الکترون های ظرفیتی حرکت می کنند، چرخش های همزمان آن ها تا حدودی در برابر نیروهای مغناطیسی زدایی مانند گرما و سایر میدان های مغناطیسی محافظت می شوند و برای ساخت آهن رباهای دائمی فوق العاده هستند. آهنرباهای دائمی، مانند آهنرباهایی که تصاویر را روی در یخچال نگه می دارند، برخلاف آهنرباهای الکترومغناطیسی که نیاز به جریان الکتریکی دارند و می توان آن ها را خاموش کرد، به طور غیرفعال میدان های مغناطیسی تولید می کنند که از ساختار اتمی آن ها ناشی می شود.

خاک های کمیاب محدودیت هایی دارند. به عنوان مثال، "نئودیمیم" خالص به راحتی خورده و شکسته می شود و کشش مغناطیسی در دمای بالای ۸۰ درجه سانتیگراد شروع به کاهش می کند. "دورگا پائودیال"، فیزیکدان نظری در آزمایشگاه ملی «ایمز» در آیووا، می گوید: تولیدکنندگان، برخی از خاک های کمیاب را با فلزات دیگر آلیاژ می کنند تا آهن رباهای انعطاف پذیرتری بسازند زیرا برخی از خاک های کمیاب می توانند میدان های مغناطیسی فلزات دیگر را هماهنگ کنند. همانطور که تاس های وزن دار ترجیحاً در یک طرف فرود می آیند، برخی از خاک های کمیاب مانند "نئودیمیم" و "ساماریوم" مغناطیس قوی تری در جهت

خاصی از خود نشان می دهند، زیرا دارای اوربیتال های نابرابر در زیر لایه های ۴f خود هستند، این پدیده که ناهمسانگردی مغناطیسی نامیده می شود، می تواند برای هماهنگ کردن میدان های فلزات دیگر مانند آهن یا کبالت برای فرموله کردن آهنرباهای قوی و بسیار قدرتمند استفاده شود.

قوی ترین آهنرباهای ساخته شده با استفاده از آلیاژ خاک های کمیاب، آهنرباهای نئودیمیم-آهن-بور هستند. به عنوان مثال، یک آهنربای آلیاژ نئودیمیم سه کیلوگرمی می تواند اجسام با وزن بیش از ۳۰۰ کیلوگرم را بلند کند! بیش از ۹۵ درصد آهنرباهای دائمی جهان از این آلیاژ خاکی کمیاب ساخته شده است. آهنرباهای نئودیمیم-آهن-بور در گوشی های هوشمند ارتعاش ایجاد می کنند، صداها را در هدفون ها تولید می کنند، خواندن و نوشتن داده ها را در درایوهای دیسک سخت فعال می کنند و میدان های مغناطیسی مورد استفاده در دستگاه های MRI را تولید می کنند. افزودن کمی دیسپروزیوم به این آهن رباها می تواند مقاومت حرارتی آلیاژ را افزایش دهد و آن را به انتخاب خوبی برای روتورهای تبدیل کند که در فضای داخلی داغ بسیاری از موتورهای خودروهای الکتریکی می چرخند.

آهنرباهای ساماریوم-کبالت که در دهه ۱۹۶۰ توسعه یافتند، اولین آهنرباهای ساخته شده از عناصر کمیاب محبوب بودند. اگرچه آهنرباهای ساماریم-کبالت کمی ضعیف تر از آهنرباهای نئودیمیم-آهن-بور هستند، اما آهنرباهای ساماریوم-کبالت مقاومت بالایی در برابر حرارت و خوردگی دارند، بنابراین در موتورهای پرسرعت، ژنراتورها، سنسورهای سرعت در خودروها و هواپیماها و در قسمت های متحرک برخی موشک های گرمایاب کاربرد دارند. آهنرباهای ساماریوم-کبالت همچنین قلب اکثر لوله های موج سفر را که سیگنال های سیستم های راداری و ماهواره های ارتباطی را تقویت می کنند، تشکیل می دهند. برخی از این لوله ها در حال انتقال داده ها از فضاپیما و ویجر ۱ در فاصله بیش از ۲۳ میلیارد کیلومتری هستند.

از آنجایی که آهنرباهای ساخته شده از عناصر کمیاب، قوی و قابل اعتماد هستند، از فناوری های سبز نیز پشتیبانی می کنند. آن ها در موتورها، پیشرانها، فرمان برقی و بسیاری از اجزای دیگر وسایل نقلیه الکتریکی کاربرد دارند. استفاده **تسلا** از آهنرباهای آلیاژی نئودیمیم در دوربردترین خودروهای مدل ۳ خود، نگرانی های زنجیره تامین را برانگیخته است. در حال حاضر **چین** اکثریت "نئودیمیم" جهان را تامین می کند.

آهنرباهای ساخته شده از عناصر کمیاب در بسیاری از توربین های بادی دریایی به عنوان جایگزینی برای گیربکس ها استفاده می شوند که این امر باعث افزایش کارایی و کاهش تعمیر و نگهداری می شود. مهندسان چینی به تازگی خط قطار موسوم به «رنگین کمان» را معرفی کرده اند که اولین خط قطار "مگلو" در جهان بر اساس آهنرباهای ساخته شده از خاک های کمیاب است که قطارها را قادر می سازد بدون مصرف برق حرکت کنند. این سیستم حمل و نقل به سیستم ماهواره ای ناوبری ۵G، سیستم موقعیت یاب BeiDou و فناوری های سنجش هوشمند مجهز شده است.

بر اساس این گزارش، در آینده خاک های کمیاب حتی ممکن است محاسبات کوانتومی را پیش ببرند. در حالی که رایانه های معمولی از بیت های باینری صفر و یک استفاده می کنند، رایانه های کوانتومی از کیوبیت ها استفاده می کنند که می توانند دو حالت را به طور همزمان اشغال کنند. به گفته "ژونگ"، همانطور که مشخص است، کریستال های حاوی خاک های کمیاب، کیوبیت های خوبی می سازند، زیرا الکترون های f محافظت شده می توانند اطلاعات کوانتومی را برای مدت زمان طولانی ذخیره کنند.

او می گوید روزی، دانشمندان کامپیوتر حتی ممکن است از خواص درخشندگی خاک های کمیاب در کیوبیت برای به اشتراک گذاشتن اطلاعات بین رایانه های کوانتومی و تولد یک اینترنت کوانتومی استفاده کنند.

شاید خیلی زود باشد که دقیقاً پیش بینی کنیم که عناصر یا همان فلزات یا خاک های کمیاب چگونه بر گسترش این فناوری های رو به رشد تأثیر خواهند گذاشت، اما ممکن است که فناوری های جهان، در آینده به عناصر کمیاب بیشتری نیاز داشته باشند و این احتمال وجود دارد که در آینده این موضوع باعث تغییراتی در سیاست های کشورهای قدرتمند جهان شود.