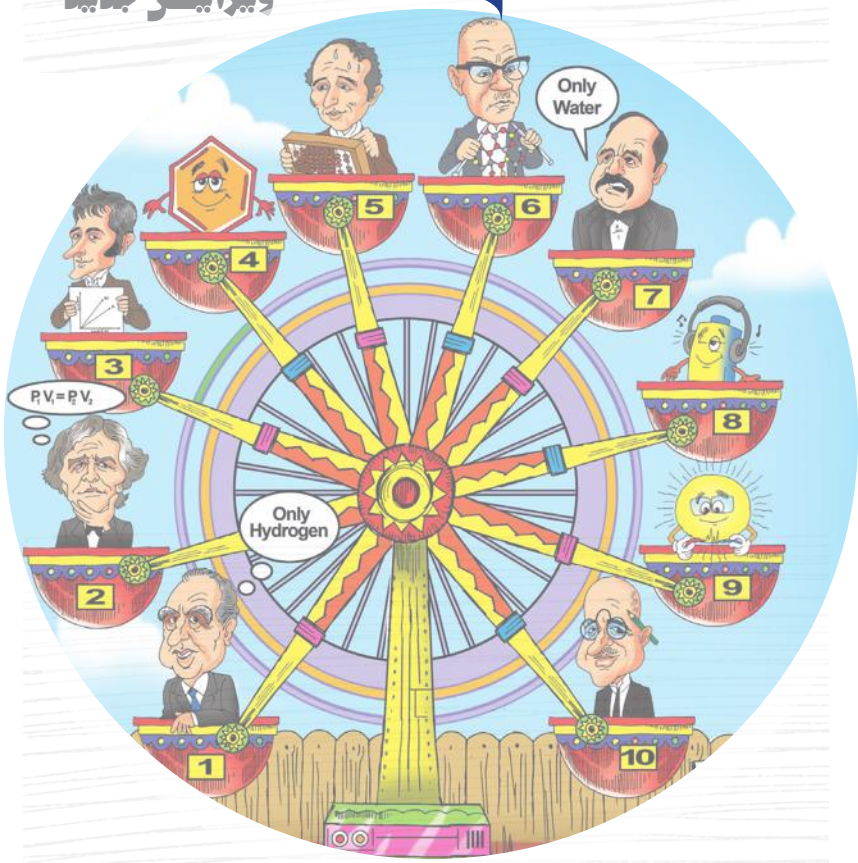
کتب آموزشی پیشرو

شیمی جامع

پایه دهم
پایه یازدهم
پایه دوازدهم
ویرایش جدید



تألیف و گردآوری:
افشین یزدان‌شناس

خیلی خیلی

کتاب درسی مهم است...

تقدیم به:

نگاه دقیق و عمیق همه اساتید محترم

و دانش‌آموزان عزیز

زیر ذره‌بین

مقدمهٔ مؤلف

سکانس اوّل از کجا شروع کنم؟ به نظر شما کتاب درسی رو هم باید بخونم یا جزوه کافیه؟ کدوم کتاب تست بهتره؟ و ...

سلام ... شاید این سؤالها و سؤالهای مشابه، ذهن شما را هم به خود مشغول کرده باشد، شاید هم امتحانات پایان ترم را با نمرهٔ عالی (۲۰) گذرانده باشید ولی در آزمون آزمایشی یا کنکور سراسری و ... (بگذریم).

واقعیت این است که تغییر سبک سؤالات شیمی کنکور در چند سال اخیر همهٔ دوستان را کم و بیش شوکه کرد! تعارف نداریم خود من هم با دیدن بعضی سؤال‌های درس شیمی کمی تا قسمتی تعجب می‌کردم که این حجم سؤال و محاسبات و ... آنهم در متوسط زمان یک دقیقه!! منصفانه است؟ (همین جا پیشنهاد و توصیه‌ام برای شما این است که خود را برای این چنین آزمون‌هایی در سال‌های پیش‌رو آماده کنید).

سکانس دوم چالش بعدی این است که سطح سؤال‌های کنکور سراسری در سال‌های اخیر با سطح مطالب و مثال‌های کتاب درسی چندان که چه عرض کنم ... اصلاً هم‌خوانی ندارد، امّا مطمئن باشید ایده و نقطهٔ شروع همهٔ این سؤال‌ها «کتاب درسی» است. در حقیقت طراحان آزمون سراسری با چیره‌دستی و دقت فراوان (البته بعضاً با چاشنی بی‌رحمی!) و به کمک علم ترکیب (بر خلاف تجزیه) سؤالاتی استخراج می‌کنند که ریشه آنها را می‌توان در سطر سطر و تمرین‌های کتاب درسی (مخصوصاً تمرین‌های دوره‌ای انتهای فصل‌ها) یافت. با این توضیحات گام بعدی برای آمادگی عالی برای این آزمون سرنوشت‌ساز، تسلط (نه صرفاً آشنایی!) بر کتاب درسی و زوایای مختلف آن است.

سکانس سوم کتابی که پیش رو دارید، به نوعی تحلیل نامهٔ کتاب درسی است که سعی دارد زاویهٔ نگاه شما داوطلبان و دانش‌آموزان را به زاویهٔ دید طراحان آزمون‌ها نزدیک کند. همچنین در برخی جاها و به فراخور موضوع و اهمیت آن چند سؤال از آزمون سراسری آورده شده که مطالعه پاسخ تشریحی آنها دست کمی از مطالعهٔ دقیق متن کتاب ندارد و شما را مطمئن می‌کند که تسلط بر کتاب درسی به معنای حضور قدرتمند در آزمون است.

بنابراین خیلی خیلی با حوصله و دقیق، پاسخ تشریحی آنها را مطالعه کنید. مطالعهٔ دقیق این مجموعه، مهم‌ترین کاری است که برای ورود موفق و قدرتمند به هر کتاب (منظورم کتاب تست است) و آزمونی باید انجام دهید و در حقیقت این کتاب مکمل و دوست همهٔ کتاب‌های شیمی موجود در بازار است. مطمئنام که شما به کمک دبیر محترمتان مطالب بیشتری را به آن خواهید افزود و هدف نهایی ما هم قطعاً همین بوده و هست.

در پایان از شما داوطلبان، دبیران محترم درسی شیمی و مشاوران گرامی به پاس همراهی همیشگی، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌کنم و بی‌صبرانه منتظر نظرات و انتقادات سازندهٔ شما به آدرس ایمیل زیر هستم. در پایان از مدیریت و همچنین کلیهٔ عزیزان بخش فنی انتشارات کاپ کمال تشکر را دارم.

افشین یزدان‌شناس

Afshin.698@yahoo.com

با کتاب‌های زیر ذره‌بین چه اهدافی را دنبال می‌کنیم؟

چندسالی است که رویکرد آزمون‌های سراسری با تغییراتی بنیادی روبه‌رو شده است. درکنکورهای اخیر با شیوه‌ای جدید از طرح سؤالات روبرو شدیم که لازمهٔ پاسخ دادن به آنها، تسلط کامل و بدون نقصِ کتاب‌های درسی را می‌طلبد! میزان این تغییرات به حدی بوده است که تقریباً همهٔ کتاب‌های کمک‌آموزشی موجود در بازار را با چالش بزرگی روبه‌رو کرده است! ناشران مختلف در صددِ اعمال تغییرات در کتاب‌های چاپ شدهٔ گذشته برآمدند، امّا واقعیت این است که باز هم دانش‌آموز قادر نیست با کمک این کتاب‌ها به اکثر سؤالات کنکور پاسخ دهد! آنچه در این میان بیش از همه جلب توجه می‌کند حجیم شدن کتاب‌های کمک آموزشی به دلیل توضیحات مفصل به‌منظور پوشش حداکثری سؤالات کنکور است. اما واقعیت در جای دیگری نهفته است؛ کتاب درسی! بله، کتاب درسی همان حلقهٔ گمشده‌ای است که به آن توجه کمتری می‌شود و متأسفانه دانش‌آموزان، در بسیاری از اوقات، کتاب درسی را کنار می‌گذارند!

زیر ذره‌بین بردنِ متن کتاب درسی، حاوی این پیام ساده است که:

کتاب درسی خیلی خیلی مهم است!

ما در این پروژه‌ایی که تعریف کرده‌ایم اهداف زیر را دنبال می‌کنیم:

۱ـ تأکید بیشتر و بیشتر بر متن کتاب درسی

در حقیقت ذره‌بین مؤلف روی متن کتاب درسی قرار می‌گیرد تا با نگاهی عمیق، دقیق و موشکافانه توجه دانش‌آموز را به نکات مورد نظر نویسندگان کتاب درسی، مدرسین و طراحان کنکور جلب نماید. ذره‌بین مورد نظر توسط دبیری حرفه‌ای، که خود تجربهٔ تألیف، تدریس و طراحی آزمون‌های مختلف را داشته است، روی متن کتاب درسی به حرکت درآمده است.

۲ـ بررسی بسیار دقیق‌تر شکل‌ها

تصاویر کتاب‌های درسی همواره از اهمیت بالایی در طرح تست‌های خاص و متفاوت برخوردار بوده‌اند؛ اما زاویهٔ دید طراحان کنکور، به‌ویژه در دو سالهٔ اخیر، این پیام بسیار مهم را به داوطلبان شرکت در کنکور منتقل کرده است که به هیچ وجه نباید از کنار تصاویر کتاب به سادگی عبور کرد!

۳ـ احترام گذاشتن به گروه مؤلفین کتاب‌های درسی

گروه تألیف کتاب‌های درسی معمولاً از بین اساتید حرفه‌ای و دبیران با تجربه‌ای تشکیل می‌شوند که سال‌های سال در این حوزه فعالیت کرده‌اند. استراتژی حاکم بر تألیف کتاب درسی توسط شورای عالی برنامه‌ریزی تدوین و ابلاغ می‌شود. سیاست‌های کلی این شورا باید به‌طور کامل توسط گروه تألیف در نظر گرفته شود. ممکن است ما با خیلی از این سیاست‌گذاری‌ها موافق نباشیم ولی باید واقعیت موجود را بپذیریم! در هر صورت این کتاب، کتاب درسی فرزندان ماست و در خاطره‌های درازمدت آنها ماندگار خواهد شد. رجوع موشکافانه به مطالب کتاب درسی، دقیقاً احترام گذاشتن به همهٔ اینهاست.

۴ـ به‌راحتی نقاط ضعف کتاب درسی در مواجهه با مثال‌های کنکوری مشخص می‌شود

قطعاً یکی از نکات مهمی که در هنگام مطالعهٔ کتاب‌های زیر ذره‌بین مشخص می‌شود کاستی‌های کتاب درسی است. ما تلاش کرده‌ایم مثال‌های کنکور را در جایگاه مناسب و مرتبط با متن کتاب قرار دهیم. دانش‌آموز با مقایسه این دو متوجه می‌شود که آیا می‌تواند با اطلاعات کتاب درسی از پَسِ تست‌های مطرح‌شده در کنکورهای گذشته بَربیاید یا خیر! با توجه به این موضوعِ کلیدی، تألیف کتاب‌های جدید با حجم کم که فقط نقاط ضعفِ کتاب را پوشش دهند نیاز جدیدی است که ناشران مختلف با آن روبه‌رو خواهند بود. ناشران باید در این حوزه کتاب‌های جدیدی را طراحی و تألیف نمایند.

۵ـ جلوگیری از سردرگمی دانش‌آموزان در میان انبوهی از کتاب‌های کمک‌آموزشی موجود در بازار

کاملاً با شما موافقیم. اولین سؤالی که برای شروع مطالعهٔ یک درس یا در آغاز سال تحصیلی در ذهن همهٔ دانش‌آموزان نقش می‌بندد این است: «کدام کتاب کمک آموزشی پاسخ‌گوی نیاز من در آزمون‌هاست؟» و برای پاسخ به این پرسش هر دبیری کتاب مورد نظر خود را پیشنهاد می‌دهد و اینجاست که دانش‌آموزان با انبوهی از توصیه‌ها روبه‌رو می‌شوند که قطعاً موجب سردرگمی خواهد شد. ما با قاطعیت توصیه و تأکید می‌کنیم که مطالعهٔ دقیق کتاب درسی، آن‌هم با رویکرد زیرذره‌بینی، از همان ابتدا دانش‌آموز را در مسیر واقعی موردِ نظر سیستم آموزشی و طراحان کنکور قرار می‌دهد. کتاب درسی زیرذره‌بین کتابی است که مکمّل هر یک از کتاب‌های کمک‌آموزشی موجود در بازار است و موجب می‌شود دانش‌آموز با تسلط بیشتری به تجزیه و تحلیل سؤالات کنکور بپردازد.

۶ـ هم در ابتدای مسیر و هم در انتهای راه

درحقیقت رویکردِ تدوین این کتاب، کاربرد دوگانه‌ای را در ذهن تداعی می‌کند. رویکرد اول قبل از مراجعه به سایر کتاب‌های کمک‌آموزشی است. در این حالت دانش‌آموز با نگاهی متفاوت‌تر و عمیق‌تر به سراغ این کتاب‌ها رفته و بیشترین استفاده را در زمان کوتاهی خواهد داشت. رویکرد دوّم، پس از مطالعهٔ کتاب‌های کمک‌آموزشی است. در این حالت نیز یک دورهٔ جمع‌بندی شیرین را با کتاب‌های زیر ذره‌بین تجربه خواهد کرد. در هر دو حالت، کتاب درسی زیرذره‌بین، یک دوست قابل اعتماد خواهد بود.

صمیمانه آرزو می‌کنیم موفقیت در کنکور سراسری، یکی از بهترین اتفاق‌های زندگی‌تان باشد.

مصطفی پویان
مدیر خانه‌زیست‌شناسی

فهرست

شیمی ۱
پایه دهم

فصل ۱ کیهان زادگاه الفبای هستی

ضمیمه ۱ ۱۴
ضمیمه ۲ ۳۴
ضمیمه ۳ ۴۰

فصل ۲ ردِّ پای گازها در زندگی

ضمیمه ۱ ۵۸
ضمیمه ۲ ۶۵
ضمیمه ۳ ۸۲

فصل ۳ آب، آهنگ زندگی

ضمیمه ۱ ۹۲
ضمیمه ۲ ۹۸
ضمیمه ۳ ۱۰۲

کنکور ۱۴۰۲ رشته تجربی ۱-۱۲۲
کنکور ۱۴۰۲ رشته ریاضی ۵-۱۲۲

فهرست

شیمی ۲
پایه یازدهم

فصل ۱ قدر هدایای زمینی را بدانیم

ضمیمه ۱ ۱۶
ضمیمه ۲ ۲۰
ضمیمه ۳ ۲۶
ضمیمه ۴ ۳۸
ضمیمه ۵ ۴۶

فصل ۲ در پی غذای سالم

ضمیمه ۱ ۵۸
ضمیمه ۲ ۶۴
ضمیمه ۳ ۶۸
ضمیمه ۴ ۷۲
ضمیمه ۵ ۷۴
ضمیمه ۶ ۹۰

فصل ۳ پوشاک، نیازی پایان ناپذیر

ضمیمه ۱ ۱۰۶
ضمیمه ۲ ۱۱۲
ضمیمه ۳ ۱۱۴

کنکور ۱۴۰۲ رشته تجربی ۱-۱۲۲
کنکور ۱۴۰۲ رشته ریاضی ۶-۱۲۲

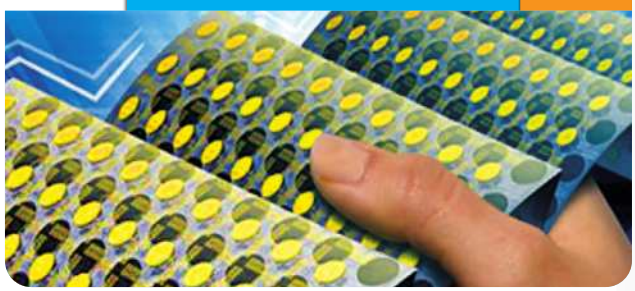
فهرست

شیمی ۳
پایه دوازدهم

فصل ۱ مولکول‌ها در خدمت تندرستی

ضمیمه ۱ ۱۲
ضمیمه ۲ ۱۶
ضمیمه ۳ ۲۴
ضمیمه ۴ ۲۸
ضمیمه ۵ ۳۲

فصل ۲ آسایش و رفاه در سایه شیمی



ضمیمه ۱ ۴۲
ضمیمه ۲ ۴۶
ضمیمه ۳ ۴۸
ضمیمه ۴ ۵۴
ضمیمه ۵ ۶۲

فصل ۳ شیمی جلوه‌ای از هنر، زیبایی و ماندگاری

ضمیمه ۱ ۸۸

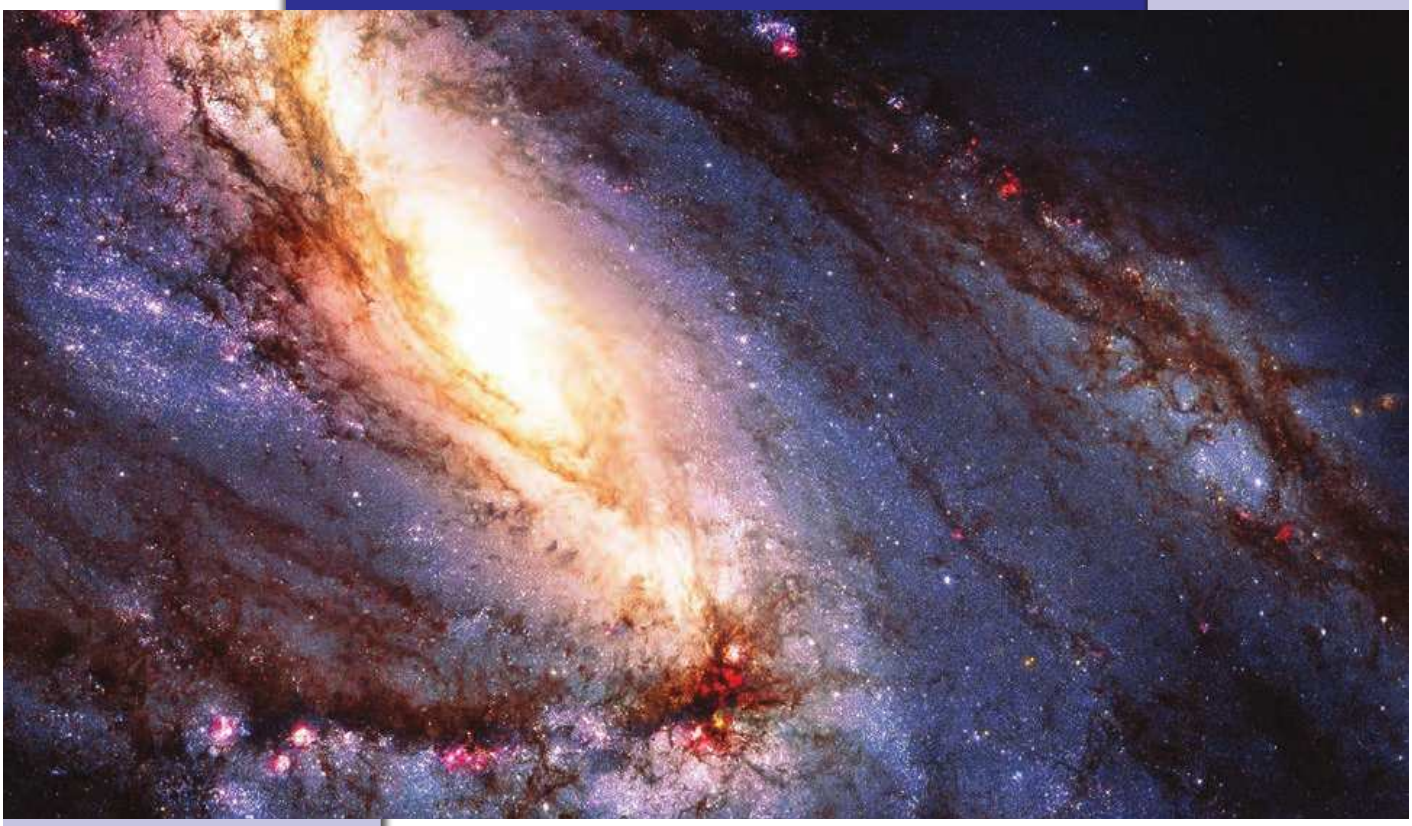
فصل ۴ شیمی، راهی به سوی آینده‌ای روشن‌تر

ضمیمه ۱ ۹۸
ضمیمه ۲ ۱۰۲
ضمیمه ۳ ۱۰۴
ضمیمه ۴ ۱۱۰
ضمیمه ۵ ۱۱۸

کنکور ۱۴۰۲ رشته تجربی ۱-۱۲۳
کنکور ۱۴۰۲ رشته ریاضی ۷-۱۲۳

فصل ۱

کیهان زادگاه الفبای هستی



«هوَ الَّـذی خَلَـقَ السَّمٰواتِ و الْاَرضَ فی سِتَّـةِ أیّـام» آیهٔ۴، سورهٔ حدید

او کسی است که آسمان‌ها و زمین را در شش روز آفرید.

شاید شما هم یکی از شیفتگان آسمان پرستارهٔ شبانگاهی باشید؛ سقفی زیبا و آکنده از اسرار و پرسش‌های بی‌شماری که از گذشته تاکنون ذهن کنجکاو انسان‌های هوشمند را مجذوب خویش ساخته است. در این فضای بی‌کران، ستارگان پرفروغ با نوری که می‌تابانند، پیوسته با ما سخن می‌گویند و پیام آگاه‌باش می‌فرستند؛ پیامی که از گذشته‌های دور، روایت می‌کند؛ از اینکه جهان هستی چگونه پدید آمده است؟ ذره‌های سازندهٔ جهان هستی طی چه فرایندی و چگونه به وجود آمده‌اند؟ پرسش‌هایی که یافتن پاسخ آنها بسیار دشوار است.

زمین در برابر عظمت آفرینش همانند آزمایشگاه بسیار کوچکی است که دانشمندان با آزمایش‌های گوناگون در آن، در تلاش برای یافتن پاسخ این پرسش‌ها هستند. شیمی‌دان‌ها با (۱) مطالعهٔ خواص و رفتار ماده، همچنین برهم‌کنش نور با ماده در این راستا سهم بسزایی (۲) داشته‌اند.

در پاسخ به پرسش‌های فوق

● شواهد تاریخی که از سنگ‌نبشته‌ها و نقاشی‌های دیوار غارها به‌دست آمده است نشان می‌دهد که انسان اولیه با نگاه به آسمان و مشاهدهٔ ستارگان در پی فهم نظام و قانونمندی در آسمان بوده است.

سه پرسش مهم

انسان همواره با پرسش‌هایی از این دست که «(۱) هستی چگونه پدید آمده است؟ (۲) جهان کنونی چگونه شکل گرفته است؟ (۳) پدیده‌های طبیعی چگونه و چرا رخ می‌دهند؟» روبه‌رو بوده و پیوسته تلاش کرده است برای این پرسش‌ها، پاسخ‌هایی قانع‌کننده بیابد. پاسخ به نخستین پرسش ـ که پرسشی بسیار بزرگ و بنیادی است ـ در قلمرو علم‌تجربی نمی‌گنجد و آدمی تنها با مراجعه به چارچوب اعتقادی و بینش خویش در پرتو آموزه‌های الهی می‌تواند به پاسخی جامع دست یابد.

اما پس از عبور از این قلمرو، علم‌تجربی تلاشی گسترده را برای یافتن پاسخ پرسش‌های دوم و سوم انجام داده است. این تلاش‌ها سبب شد تا دانش ما دربارهٔ جهان مادی افزایش یابد. امروزه ما دربارهٔ کیهان و منشأ آن اطلاعاتی داریم که نیاکانمان حتی نمی‌توانستند آنها را تصور کنند؛ برای نمونه ما به فضا می‌رویم؛ با عنصرهای موجود در نقاط گوناگون کیهان آشنا شده‌ایم؛ درپی یافتن زندگی در دیگر سیاره‌ها هستیم و مسافرت به مریخ را طراحی می‌کنیم. آشکار است که با گذشت زمان، انسان به پیشرفت‌هایی دست خواهد یافت که امروز در ذهن ما نمی‌گنجد.

تلاش دانشمندان برای شناخت کیهان همچنان ادامه دارد. نمونه‌ای از آن، سفر طولانی و تاریخی دو فضاپیما به نام‌های **وویجر ۱ و ۲** در سال ۱۹۷۷ میلادی (۱۳۵۶ خورشیدی) برای شناخت بیشتر سامانهٔ خورشیدی است (شکل ۱).

هدف

شکل ۱ـ عکس کرهٔ زمین از فاصلهٔ تقریبی ۷ میلیارد کیلومتری؛ آخرین تصویری که وویجر ۱ پیش از خروج از سامانهٔ خورشیدی از زادگاه خود گرفت.

م ز ا ن ← نماز

دو فضاپیما مأموریت داشتند با گذر از کنار سیاره‌های مشتری، زحل، اورانوس و نپتون، شناسنامهٔ فیزیکی و شیمیایی آنها را تهیه کنند و بفرستند. این شناسنامه‌ها می‌تواند حاوی اطلاعاتی مانند (۱) نوع عنصرهای سازنده، (۲) ترکیب‌های شیمیایی در اتمسفر آنها و (۳) ترکیب درصد این مواد باشد.

عنصرها چگونه پدید آمدند؟

یکی از پرسش‌های مهمی که شیمی‌دان‌ها در پی یافتن پاسخ آن هستند، چگونگی پیدایش عنصرهاست. جالب است بدانید که مطالعهٔ کیهان به ویژه سامانهٔ خورشیدی برای پاسخ به این پرسش، کمک شایانی می‌کند؛ برای نمونه با بررسی نوع و مقدار عنصرهای سازندهٔ برخی سیاره‌های سامانهٔ خورشیدی و مقایسهٔ آن با عنصرهای سازندهٔ خورشید می‌توان به درک بهتری از چگونگی تشکیل عنصرها دست یافت.

آیا می‌دانید

دانشمندان مسلمان علاقه زیاد به آسمان شب و مطالعه ستاره‌ها داشتند. **عبدالرحمٰن صوفی** یکی از ستاره‌شناسان ایرانی است که برای اولین بار گزارشی درباره کهکشان «آندرومدا» ارائه داده است. این کهکشان نزدیک‌ترین همسایه به سامانه خورشیدی است. او همچنین درباره موقعیت ستاره‌ها، اندازه و رنگ آنها در صورت‌های فلکی اطلاعات معتبری ارائه داده است.

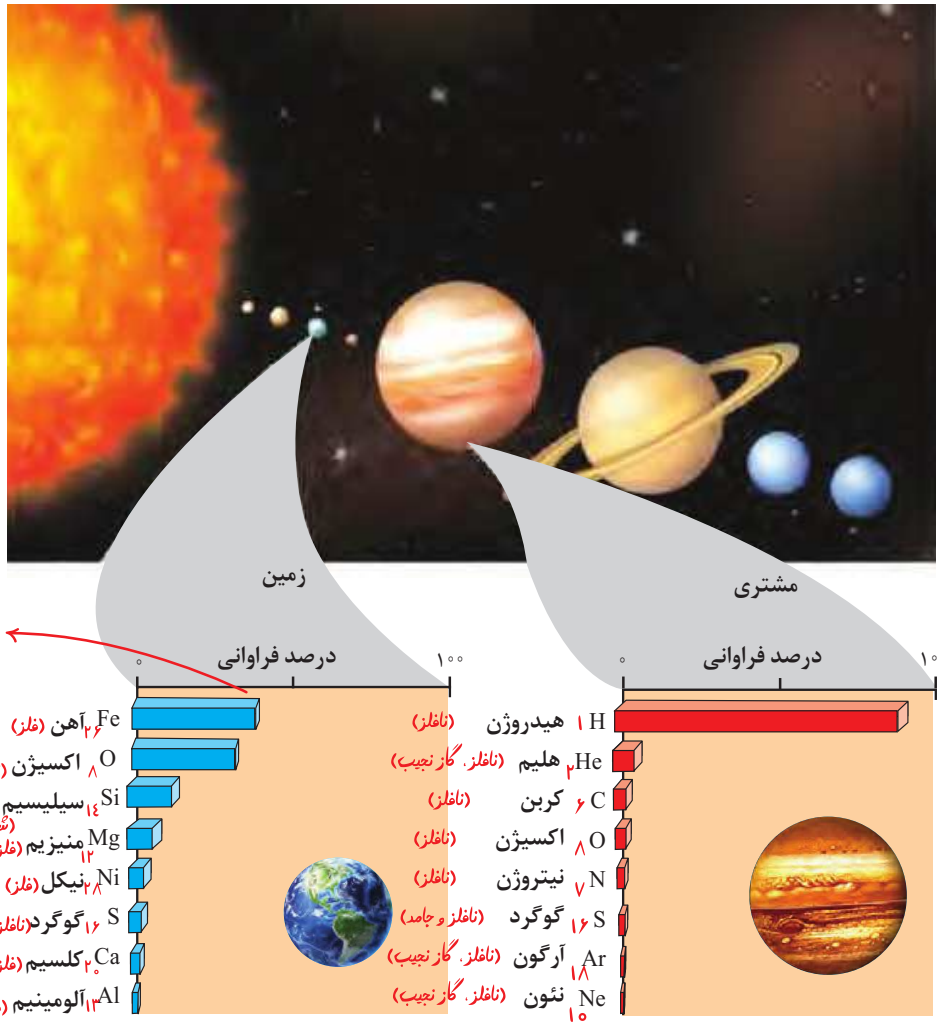
آیا می‌دانید

اخترشیمی، یکی از شاخه‌های جذاب شیمی است و به مطالعهٔ مولکول‌هایی می‌پردازد که در فضاهای بین ستاره‌ای یافت می‌شود. اخترشیمی‌دان‌ها توانسته‌اند وجود مولکول‌های گوناگونی را در مکان‌هایی بسیار دور ثابت کنند که تاکنون پای هیچ انسانی به آنجا نرسیده است.

خود را بیازمایید

پنجمین سیاره — سوّمین سیاره

شکل زیر عنصرهای سازندهٔ دو سیارهٔ مشتری و زمین را نشان می‌دهد. با توجه به آن به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.



درصد فراوانی عنصر آهن که فراوان‌ترین عنصر در زمین است به ۵۰ درصد هم نمی‌رسد، درحالی که درصد فراوانی هیدروژن (فراوان‌ترین عنصر موجود در مشتری) حدود ۹۰ درصد است.

آ) فراوان‌ترین عنصر در هر سیاره، کدام است؟

ب) عنصرهای مشترک در دو سیاره را نام ببرید. گوگرد (در هر دو سیاره، ششمین عنصر) و اکسیژن

پ) در کدام سیاره، عنصر فلزی وجود ندارد؟ مشتری

ت) پیش‌بینی کنید سیارهٔ مشتری بیشتر از جنس گاز است یا سنگ؟ چرا؟ گاز (عناصر نافلزی معمولاً گازی شکل‌اند)

ث) آیا به‌جز عنصرهای نشان داده شده در شکل، عنصرهای دیگری در زمین یافت می‌شود؟ چند نمونه نام ببرید. Mn (منگنز)، Cu (مس) و...

نکته

در بین هشت عنصر فراوان دو سیارهٔ زمین و مشتری:

۱- در سیارهٔ مشتری عنصر فلزی و شبه‌فلزی وجود ندارد و هشت عنصر فراوان مشتری همگی نافلزند.

۲- در سیارهٔ زمین هر سه نوع عنصر (فلز، نافلز و شبه‌فلز) وجود دارد.

۳- پنج عنصر (از هشت عنصر) در زمین، فلز هستند.

۴- دو نافلز (اکسیژن و گوگرد) در بین هشت عنصر فراوان دو سیاره مشترک است که یکی گازی (اکسیژن) و دیگری (گوگرد) جامد است.

آیا می‌دانید

سحابی بومرنگ، سردترین مکان شناخته شده در جهان هستی با دمای ۲۷۲°C- است که حدود ۵۰۰۰ سال نوری از زمین فاصله دارد و در صورت فلکی **سنتاروس** (**قنطورس**)[1] واقع شده است.

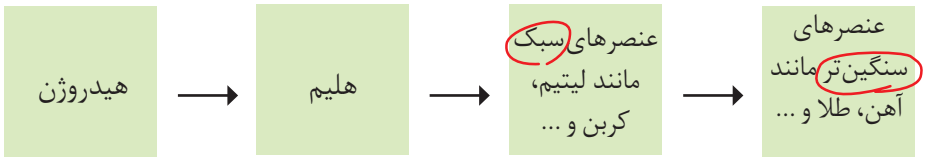
۱ – Centaurus

نکته

در بین هشت عنصر فراوان زمین، گاز نجیب وجود ندارد ولی سه عنصر (از هشت عنصر) فراوان سیارهٔ مشتری، گاز نجیب هستند (هلیم، آرگون، نئون)

دریافتید که نوع و میزان فراوانی عنصرها در دو سیارهٔ زمین و مشتری متفاوت است در حالی که عنصرهای مشترکی نیز در این دو سیاره هست. یافته‌هایی از این دست نشان می‌دهد که عنصرها به صورت ناهمگون در جهان هستی توزیع شده‌اند. این یافته‌ها باعث شد تا دانشمندان بتوانند چگونگی پیدایش عنصرها را توضیح دهند به‌طوری که برخی از آنها بر این باورند که سر آغاز کیهان با انفجاری مهیب (**مهبانگ**)[1] همراه بوده که طی آن انرژی عظیمی آزاد شده است. در آن شرایط پس از پدید آمدن[1] ذره‌های زیراتمی مانند الکترون، پروتون و نوترون،[2] عنصرهای هیدروژن و هلیم پا به عرصهٔ جهان گذاشتند. با گذشت زمان و کاهش دما، گازهای هیدروژن و هلیم تولید شده، متراکم شد و[3] مجموعه‌های گازی به نام **سحابی**[2] ایجاد کرد. بعدها این سحابی‌ها سبب پیدایش[4] ستاره‌ها و کهکشان‌ها شد.

درون ستاره‌ها همانند خورشید در دماهای بسیار بالا، واکنش‌های هسته‌ای رخ می‌دهد؛ واکنش‌هایی که در آنها از عنصرهای سبک‌تر، عنصرهای سنگین‌تر پدید می‌آیند. جالب است بدانید که **ستاره‌ها**[3] متولد می‌شوند؛ رشد می‌کنند و زمانی می‌میرند. مرگ ستاره اغلب با یک انفجار بزرگ همراه است که سبب می‌شود عنصرهای تشکیل شده در آن در فضا پراکنده شود. به همین دلیل باید ستارگان را کارخانهٔ تولید عنصرها دانست (شکل ۲).



شکل ۲ـ روند تشکیل عنصرها

خورشید نزدیک‌ترین ستاره به زمین است که دمای بسیار بالایی دارد. انرژی گرمایی و نور خیره‌کنندهٔ خورشید به دلیل تبدیل هیدروژن به هلیم در واکنش‌های هسته‌ای است، واکنش‌هایی که در آنها انرژی هنگفتی آزاد می‌شود. انرژی آزاد شده در واکنش هسته‌ای آن‌قدر زیاد است که می‌تواند صدها میلیون تن فولاد را ذوب کند. البته توجه داشته باشید که در واکنش‌های شیمیایی که در پدیده‌های طبیعی پیرامون ما و در زندگی روزانه رخ می‌دهند، مقدار انرژی مبادله شده بسیار کمتر است.

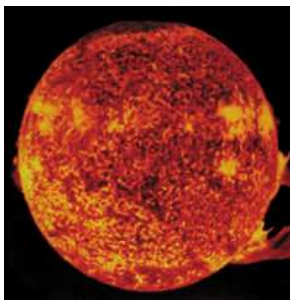
در یک نگاه کلی واکنش‌ها را می‌توان به دو دستهٔ واکنش‌های هسته‌ای و شیمیایی تقسیم کرد:

✓ **در واکنش‌های شیمیایی اتم جدیدی پدید نمی‌آید و می‌توان این دسته واکنش‌ها را تغییر آرایش اتم‌ها در نظر گرفت. در این دسته واکنش‌ها اصل پایستگی جرم صادق است و تقریباً در برنامهٔ شیمی دبیرستان شما فقط با این دسته واکنش‌ها سروکار دارید.**

✓ **در واکنش‌های هسته‌ای، در طی انجام واکنش، عنصر یا عنصرهای جدیدی پدید می‌آید (سبک‌تر یا سنگین‌تر). درمورد این واکنش‌ها باید از اصل پایستگی جرم و انرژی استفاده کنید و اساساً قانون انیشتین ($E=mc^2$) در مورد همین واکنش‌هاست. البته واکنش‌های هسته‌ای انواعی هم دارند که ضروریتی بر دانستن آنها برای شما وجود ندارد (پس نگران نباشید!!!).**

آیا می‌دانید

دمای سطح خورشید به حدود ۶۰۰۰°C و دمای درون آن به حدود ۱۰۰۰۰۰۰۰°C می‌رسد. در این ستاره به دلیل انجام واکنش‌های هسته‌ای در هر ثانیه ۵۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ کیلوگرم از جرم کاسته‌شده و به انرژی تبدیل می‌شود. آلبرت اینشتین رابطهٔ $E=mc^2$ را برای محاسبهٔ انرژی تولید شده در واکنش‌های هسته‌ای ارائه کرد. در این رابطه، m جرم ماده برحسب کیلوگرم، c سرعت نور برحسب متر بر ثانیه ($3\times10^8\ ms^{-1}$) و E، انرژی آزاد شده برحسب ژول است. بر این اساس اگر در یک واکنش هسته‌ای ۰/۰۰۲۴ گرم ماده به انرژی تبدیل شود، $2/16\times10^{11}$ ژول انرژی تولید خواهد شد. با این توصیف برآورد می‌شود که خورشید می‌تواند تا ۵۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ سال دیگر نورافشانی کند.



عنصر: فقط از یک نوع اتم تشکیل شده است. برخی عنصرها تک‌اتمی (مثل فلزات) و برخی چنداتمی هستند مانند N_2، O_2 و ...

ترکیب: از دو یا بیش از دو نوع عنصر تشکیل شده است، مثلاً آب (H_2O) از دو نوع عنصر (هیدروژن و اکسیژن) و سولفوریک‌اسید (H_2SO_4) از سه نوع عنصر (هیدروژن، گوگرد و اکسیژن) تشکیل شده‌اند.

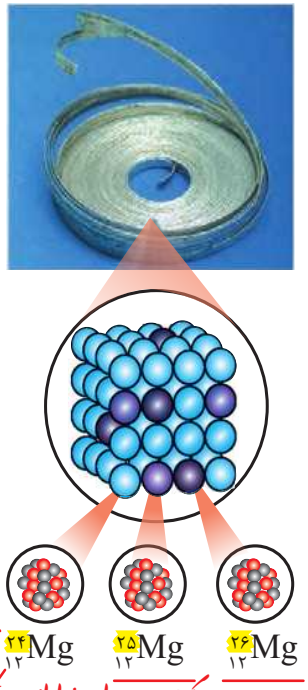
آیا همهٔ اتم‌های یک عنصر پایدارند؟

شیمی‌دان‌ها ماده‌ای را عنصر می‌نامند که از یک نوع اتم تشکیل شده باشد، برای نمونه منیزیم ($^{24}_{12}Mg$) و هلیم ($^{4}_{2}He$) عنصر به شمار می‌روند زیرا یک نمونه منیزیم حاوی اتم‌های منیزیم و یک نمونه هلیم حاوی اتم‌های هلیم است. جالب است بدانید بررسی‌ها نشان می‌دهد که اغلب در یک نمونهٔ طبیعی از عنصری معین، اتم‌های سازنده، جرم یکسانی ندارند. برای مثال بررسی یک نمونه منیزیم نشان می‌دهد که جرم همهٔ اتم‌های منیزیم در این نمونه یکسان نیست، بلکه مخلوطی از سه هم‌مکان (ایزوتوپ)[1] است (شکل ۳).

مثلاً همگی منیزیم هستند (عدد اتمی همگی ۱۲) ولی جرم متفاوتی دارند.

۳ ایزوتوپ دارد

عدد اتمی یکسان، عدد جرمی متفاوت



شکل ۳ـ ایزوتوپ‌های منیزیم در یک نمونهٔ طبیعی از آن.

● نماد E، حرف نخست واژهٔ Element به معنای عنصر است.

خود را بیازمایید

۱ـ می‌دانید که هر عنصر را با نماد ویژه‌ای نشان می‌دهند. در این نماد، شمار ذره‌های زیراتمی را نیز می‌توان مشخص کرد. هرگاه بدانید که اتمی از آهن ۲۶ پروتون و ۳۰ نوترون دارد، با توجه به الگوی زیر مشخص کنید که Z و A هر کدام، چه کمیتی را نشان می‌دهد؟

$Z = 26$ = عدد اتمی

$^{56}_{26}Fe$

۵۶ ← عدد جرمی = n+p

۲۶ ← عدد اتمی = p

نماد شیمیایی اتم آهن

$^{A}_{Z}E$

A = عدد جرمی = مجموع پروتون‌ها و نوترون‌ها

Z = عدد اتمی = تعداد پروتون‌ها

A - Z = تعداد نوترون‌ها

محل نوشته شدن عدد اتمی و عدد جرمی

نماد همگانی اتم‌ها

سمت چپ (پایین و بالای ذره) است.

۲ـ با توجه به نماد ایزوتوپ‌های منیزیم (شکل ۳)، جدول زیر را کامل کنید.

ویژگی / نماد ایزوتوپ	A	Z	شمار الکترون	شمار نوترون

دو رابطهٔ بسیار مهم و مفید

Δnp : اختلاف نوترون و پروتون

Δne : اختلاف نوترون و الکترون

I) $Z = \frac{A - \Delta np}{2}$

II) $Z = \frac{A - \Delta ne + q}{2}$

ایزوتوپ‌های یک عنصر دارای Z یکسان اما A متفاوت هستند، به دیگر سخن ایزوتوپ‌ها، اتم‌های یک عنصرند که در شمار نوترون‌ها با یکدیگر تفاوت دارند. از آنجا که خواص شیمیایی اتم‌های هر عنصر به عدد اتمی (Z) آن وابسته است؛ اتم‌های منیزیم همگی خواص شیمیایی یکسانی دارند و در جدول دوره ای عنصرها تنها یک مکان را اشغال می کنند؛ این در حالی است که همین ایزوتوپ‌ها در خواص فیزیکی وابسته به جرم، مانند چگالی با یکدیگر تفاوت دارند.

ذرهٔ X را درنظر بگیرید:

$^{A}_{Z}X^{q}$ (q: بار ذره)

شمارش ذرات زیراتمی این ذره به‌صورت زیر است:

۱) Z = تعداد پروتون

۲) $A-Z$ = تعداد نوترون

۳) $Z-(q)$ = تعداد الکترون

مثال: در یون مقابل $^{72}_{35}Br^{-}$

۳۵ = تعداد پروتون

۳۷ = $A - Z = 72 - 35$ = تعداد نوترون

۳۶ = $Z - (q) = 35 - (-1)$ = تعداد الکترون

نکته

● همواره در یک اتم تعداد نوترون‌ها بیش از پروتون‌ها یا حداقل مساوی پروتون‌هاست $(n \geq p)$ به‌جز در هستهٔ فراوان‌ترین ایزوتوپ هیدروژن $(^{1}_{1}H)$ که فاقد نوترون بوده و در این اتم $A = Z$ است.

● اختلاف تعداد الکترون و پروتون‌ها در یک ذره (Δpe)، همان بار ذره است. در یک کاتیون تعداد الکترون‌ها به‌اندازهٔ بار یون کمتر از تعداد پروتون‌ها و در یک آنیون، تعداد الکترون‌ها بیش از پروتون‌ها است.

هیدروژن ۷ ایزوتوپ دارد که:
- سه ایزوتوپ ($_1^1H$ ، $_1^2H$ و $_1^3H$) طبیعی و چهارتای دیگر ساختگی هستند.
- دو ایزوتوپ ($_1^1H$ ، $_1^2H$) پایدار و بقیه از ($_1^3H$ تا $_1^7H$) ناپایدارند.
- ترتیب فراوانی ایزوتوپ‌های هیدروژن: $_1^1H > {}_1^2H > {}_1^3H > {}_1^5H > {}_1^6H > {}_1^4H > {}_1^7H$

آیا می‌دانید

در میان ایزوتوپ‌های کربن، $_6^{14}C$ خاصیت پرتوزایی دارد و با استفاده از آن سن اشیای قدیمی و عتیقه‌ها را تخمین می‌زنند؛ برای نمونه پژوهشگران می‌پنداشتند که کشور مصر مهد صنعت فرش‌بافی بوده است؛ اما با پیدا شدن فرشی به نام پازیریک (Pazyryk) در کوه‌های سیبری و تعیین قدمت آن با استفاده از ^{14}C، مشخص شد که این فرش به ۲۵۰۰ سال پیش تعلق دارد و مهد آن ایران بوده است.

در مورد هیدروژن از $_1^3H$ تا $_1^7H$

شرط دیگر پرتوزایی را می‌توان عدد اتمی ۸۴ و بزرگ‌تر از آن درنظر گرفت ($Z \geq 84$)، اما عنصرهایی هستند که هیچ یک از شرط‌ها را نداشته ولی پرتوزا هستند، مانند عنصر معروف تکنسیم ($_{43}^{99}Tc$) که در آن عدد اتمی (۴۳) کوچک‌تر از ۸۴ بوده و نسبت تعداد نوترون‌ها به پروتون‌ها نیز کمتر از ۱/۵ است.

$$\frac{n}{p} = \frac{99-43}{43} = \frac{56}{43} = 1/3$$

البته می‌توان شرط فوق را به‌صورت زیر هم نوشت (اثبات با شما)

$$\frac{A}{Z} \geq 2/5$$

نسبت شمار نوترون به پروتون در سنگین‌ترین ایزوتوپ طبیعی هیدروژن کدام است؟ (تجربی ۹۸)

پاسخ: در $_1^3H$ این نسبت برابر ۲ است.

با هم بیندیشیم

نکته

$_1^3H$ را باید فراوان‌ترین ایزوتوپ ناپایدار هیدروژن دانست.

۱ـ داده‌های جدول زیر را به دقت بررسی کنید؛ سپس به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.

فراوان‌ترین ایزوتوپ ساختگی هیدروژن

نماد ایزوتوپ / ویژگی ایزوتوپ	$_1^1H$	$_1^2H$	$_1^3H$	$_1^4H$	$_1^5H$	$_1^6H$	$_1^7H$
نیم‌عمر	پایدار	پایدار	۱۲/۳۲ سال	$۱/۴\times۱۰^{-۲۲}$ ثانیه	$۹/۱\times۱۰^{-۲۲}$ ثانیه	$۲/۹\times۱۰^{-۲۲}$ ثانیه	$۲/۳\times۱۰^{-۲۳}$ ثانیه
درصد فراوانی در طبیعت	۹۹/۹۸۸۵	۰/۰۱۱۴	ناچیز	۰ (ساختگی)	۰ (ساختگی)	۰ (ساختگی)	۰ (ساختگی)

عدد اتمی ـ تعداد الکترون ـ خواص شیمیایی

عدد جرمی و تعداد نوترون‌ها و برخی خواص فیزیکی وابسته به جرم

آ) چه شباهت‌ها و چه تفاوت‌هایی میان این ایزوتوپ‌ها وجود دارد؟

ب) یک نمونهٔ طبیعی از عنصر هیدروژن، مخلوطی از چند ایزوتوپ است؟

پ) نیم‌عمر هر ایزوتوپ نشان می‌دهد که آن ایزوتوپ تا چه اندازه پایدار است. کدام ایزوتوپ هیدروژن از همهٔ ناپایدارتر است؟ (نیم عمر کمتری دارد)

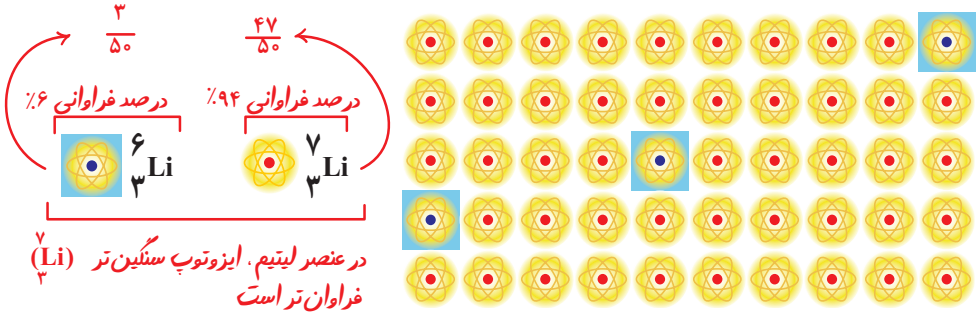
ت) هستهٔ ایزوتوپ‌های ناپایدار، ماندگار نیست و با گذشت زمان متلاشی می‌شود. این ایزوتوپ‌ها پرتوزا هستند و اغلب بر اثر تلاشی افزون بر ذره‌های پرانرژی، مقدار زیادی انرژی نیز آزاد می‌کنند. انتظار دارید چند ایزوتوپ هیدروژن پرتوزا باشد؟ $\frac{n}{p} \geq 1/5$

ث) اغلب هسته‌هایی که نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌های آنها برابر یا بیش از ۱/۵ باشد، ناپایدارند و با گذشت زمان متلاشی می‌شوند. چند ایزوتوپ هیدروژن دارای این ویژگی است؟

ج) اگر ایزوتوپ‌های پرتوزا و ناپایدار، **رادیوایزوتوپ**[۱] نامیده شود، چه تعداد از ایزوتوپ‌های هیدروژن، رادیوایزوتوپ به شمار می‌رود؟

چ) **درصد فراوانی**[۲] هر ایزوتوپ در طبیعت نشان‌دهندهٔ چیست؟ توضیح دهید.

۲ـ شکل زیر شمار تقریبی اتم‌های لیتیم را در یک نمونه طبیعی از آن نشان می‌دهد. با توجه به آن، درصد فراوانی هر یک از ایزوتوپ‌های لیتیم را حساب کنید.



۱- Radioisotope

۲- Fractional Abundance

نکته

در جدول دوره‌ای موجود درکتاب درسی، تنها عنصری که فاقد جرم اتمی میانگین است، عنصر تکنسیم است.

تکنسیم، نخستین عنصر ساخت بشر

معادل ۷۸٪

از ۱۱۸ عنصر شناخته شده، تنها ۹۲ عنصر در طبیعت یافت می‌شود؛ این بدان معنا است که ۲۶ عنصر دیگر ساختگی است. شیمی‌دان‌ها همواره با یافتن کاربردهای منحصر به فرد هر عنصر، انگیزهٔ کافی برای ساختن عنصرهای جدید را داشته‌اند. تکنسیم ($^{99}_{43}Tc$) نخستین عنصری بود که در **واکنشگاه (راکتور)**[1] هسته‌ای ساخته شد. این رادیوایزوتوپ در تصویربرداری پزشکی کاربرد ویژه‌ای دارد (شکل ۴).

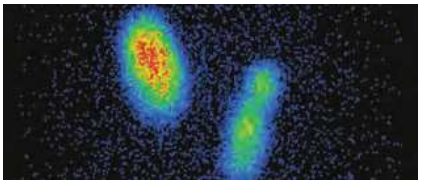
معادل ۲۲٪

(خارج، تجربی ۹۸)

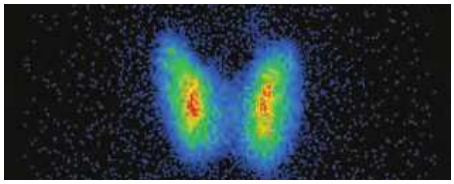
اتم با خاصیت پرتوزایی

$^{99}_{43}Tc \rightarrow \begin{cases} p = e = 43 \\ n = A - Z = 99 - 43 = 56 \end{cases}$

(آ)



(پ)



(ب)

شکل ۴ـ آ) غدهٔ پروانه‌ای‌شکل تیروئید در بدن انسان ب) تصویر غدهٔ تیروئید سالم

پ) تصویر غدهٔ تیروئید ناسالم

این عنصر در طبیعت وجود ندارد

همهٔ ^{99}Tc موجود در جهان باید به‌طور مصنوعی و با استفاده از واکنش‌های هسته‌ای ساخته شود. از آنجا که نیم عمر ۶ ساعت آن کم است و نمی‌توان مقادیر زیادی از این عنصر را تهیه و برای مدت طولانی نگهداری کرد، بسته به نیاز، آن را با یک مولد هسته‌ای تولید و سپس مصرف می کنند.

● نمونه‌ای از یک مولد رادیو ایزوتوپ تکنسیم

توجه: اندازهٔ یونِ حاوی تکنسیم با یون I^- برابر است، بنابراین برابری اندازهٔ یون تکنسیم با یون یدید عبارتی نادرست است.

● از تکنسیم (^{99}Tc) برای تصویربرداری غدهٔ تیروئید استفاده می‌شود زیرا یون یدید با یونی که حاوی ^{99}Tc است، اندازهٔ مشابهی دارد و غدهٔ تیروئید هنگام جذب یدید، این یون را نیز جذب می‌کند. با افزایش مقدار این یون در غدهٔ تیروئید، امکان تصویربرداری فراهم می‌شود.

ما می‌توانیم

رادیوایزوتوپ‌ها اگرچه بسیار خطرناک هستند، اما پیشرفت دانش و فناوری، بشر را موفق به مهار و بهره‌گیری از آنها کرده است، به طوری که از آنها در پزشکی، کشاورزی و سوخت در نیروگاه‌های اتمی استفاده می‌شود. **اورانیم** شناخته‌شده‌ترین فلز پرتوزایی است که یکی از ایزوتوپ‌های آن، اغلب به عنوان سوخت در راکتورهای اتمی به‌کار می‌رود (شکل ۵).

^{235}U

● اولین عنصر پرتوزا شناخته شده در آزمایشگاه: $^{99}_{43}Tc$

● شناخته‌شده‌ترین فلز پرتوزا: ^{235}U

۱- Reactor

شکل ۵ـ یکی از کاربردهای مواد پرتوزا، استفاده از آنها در تولید انرژی الکتریکی است.

کیمیاگری (تبدیل عنصرهای دیگر به طلا) آرزوی دیرینهٔ بشر بوده است. با پیشرفت علم شیمی و فیزیک، انسان می‌تواند طلا تولید کند اما هزینهٔ تولید آن به‌اندازه‌ای زیاد است که صرفهٔ اقتصادی ندارد.

این ایزوتوپ، ^{235}U بوده که فراوانی آن در مخلوط طبیعی از ۰/۷ درصد کمتر است. دانشمندان هسته‌ای ایران با تلاش بسیار موفق شدند مقدار آن را در مخلوط ایزوتوپ‌های این عنصر افزایش دهند. به این فرایند، **غنی‌سازی ایزوتوپی**[1] گفته می‌شود؛ فرایندی که یکی از مراحل مهم چرخهٔ تولید سوخت هسته‌ای است. با این کامیابی ستودنی، نام ایران در فهرست دهگانهٔ کشورهای هسته‌ای جهان ثبت شد. با گسترش این صنعت می‌توان بخشی از انرژی الکتریکی مورد نیاز کشور را تأمین نمود (شکل ۶).

افزایش غلظت اورانیوم ۲۳۵ در مخلوط

شکل ۶ـ برخی رادیوایزوتوپ‌های تولید شده در ایران

بنابراین برخی از ایزوتوپ‌های فسفر نیز دارای خاصیت پرتوزایی هستند.

اما جالب است بدانید که پسماند راکتورهای اتمی هنوز خاصیت پرتوزایی دارد و خطرناک است؛ از این رو دفع آنها از جمله چالش‌های صنایع هسته‌ای به شمار می‌آید.

آیا می‌دانید

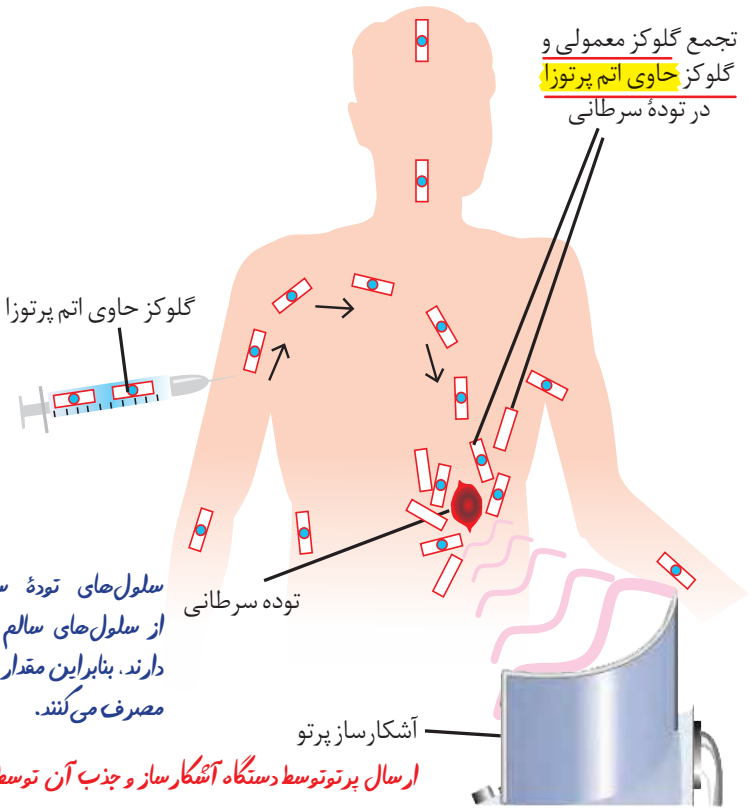
^{59}Fe یک رادیوایزوتوپ است و در تصویربرداری از دستگاه گردش خون به کار می‌رود زیرا یون‌های آن درساختار هموگلوبین وجود دارند.

۱- Isotopic Enrichment

با هم بیندیشیم

بنابراین مصرف انرژی بیشتری نیز دارند.

توده‌های سرطانی، یاخته‌هایی هستند که رشد غیرعادی و سریع‌تری دارند. شکل زیر اساس استفاده از رادیوایزوتوپ‌ها را برای تشخیص نوعی تودهٔ سرطانی نشان می‌دهد. با بررسی آن، فرایند تشخیص بیماری را توضیح دهید.



طبقه‌بندی عنصرها

مزایای طبقه‌بندی

طبقه‌بندی کردن یکی از مهارت‌های پایه در یادگیری مفاهیم علمی است که (۱) بررسی و (۲) تحلیل را آسان‌تر می‌کند. در واقع با استفاده از طبقه‌بندی، یافته‌ها و داده‌ها را به شیوهٔ مناسبی سازماندهی می‌کنند تا بتوان سریع‌تر و آسان‌تر به اطلاعات دسترسی یافت. در درس علوم با اساس طبقه‌بندی عنصرها، مواد و جانداران آشنا شدید. شیمی‌دان‌ها نیز ۱۱۸ عنصر شناخته شده را براساس یک معیار و ملاک در جدولی با چیدمانی ویژه کنار هم قرار داده‌اند (شکل ۷). این جدول به آنها کمک می‌کند تا اطلاعات ارزشمندی از ویژگی‌های عنصرها را به دست آورند و براساس آن، رفتار عنصرهای گوناگون را پیش‌بینی کنند.

عدد اتمی (Z)

● به گلوکز حاوی اتم پرتوزا، گلوکز نشان‌دار می‌گویند.

● دود سیگار و قلیان، مقدار قابل‌توجهی مواد پرتوزا دارد. از این‌رو اغلب افرادی که به سرطان ریه دچار می‌شوند، سیگاری هستند.

آیا می‌دانید

پژوهش‌ها نشان می‌دهد که مقادیر بسیار کمی از مواد پرتوزا در همه جا یافت می‌شود. البته میزان پرتوهای تابش شده بسیار اندک است و به‌طور معمول بر سلامت ما اثری نمی‌گذارد. یکی از فراوان‌ترین مواد پرتوزا که در زندگی ما یافت می‌شود، گاز **رادون** است. رادون، گازی بی‌رنگ، بی‌بو، بی‌مزه و سنگین‌ترین گاز نجیب موجود در طبیعت است. این گاز پیوسته در لایه‌های زیرین زمین در واکنش‌های هسته‌ای تولید می‌شود و به دلیل دما و فشار زیاد در آن لایه‌ها به منافذ و ترک‌های موجود در سنگ‌های سازندهٔ پوستهٔ زمین نفوذ می‌کند.

تعداد عنصرهای هر دورهٔ جدول را به خاطر بسپارید:

* دورهٔ (تناوب) اوّل : ۲ عنصر
* دورهٔ (تناوب) دوّم و سوّم: ۸ عنصر
* دورهٔ (تناوب) چهارم و پنجم: ۱۸ عنصر
* دورهٔ (تناوب) ششم و هفتم: ۳۲ عنصر

جدول دوره‌ای عنصرها

هشت عنصر که با دایره نشان داده شده‌اند، شبه فلز محسوب می‌شوند و مانند مرزی بین فلزات (سمت چپ جدول) و نافلزات (سمت راست) قرار گرفته‌اند.

۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸
								۲ He هلیم ۴٫۰۰۳
			۵ B بور ۱۰٫۸۰	۶ C کربن ۱۲٫۰۱	۷ N نیتروژن ۱۴٫۰۱	۸ O اکسیژن ۱۶٫۰۰	۹ F فلوئور ۱۹٫۰۰	۱۰ Ne نئون ۲۰٫۱۸
			۱۳ Al آلومینیم ۲۶٫۹۸	۱۴ Si سیلیسیم ۲۸٫۰۹	۱۵ P فسفر ۳۰٫۹۷	۱۶ S گوگرد ۳۲٫۰۷	۱۷ Cl کلر ۳۵٫۴۵	۱۸ Ar آرگون ۳۹٫۹۵
۲۸ Ni نیکل ۵۸٫۶۹	۲۹ Cu مس ۶۳٫۵۵	۳۰ Zn روی ۶۵٫۳۹	۳۱ Ga گالیم ۶۹٫۷۲	۳۲ Ge ژرمانیم ۷۲٫۶۴	۳۳ As آرسنیک ۷۴٫۹۲	۳۴ Se سلنیم ۷۸٫۹۶	۳۵ Br برم ۷۹٫۹۰	۳۶ Kr کریپتون ۸۳٫۸۰
۴۶ Pd پالادیم ۱۰۶٫۴۰	۴۷ Ag نقره ۱۰۷٫۹۰	۴۸ Cd کادمیم ۱۱۲٫۴۰	۴۹ In ایندیم ۱۱۴٫۸۰	۵۰ Sn قلع ۱۱۸٫۷۰	۵۱ Sb آنتیموان ۱۲۱٫۸۰	۵۲ Te تلوریم ۱۲۷٫۶۰	۵۳ I ید ۱۲۶٫۹۰	۵۴ Xe زنون ۱۳۱٫۳۰
۷۸ Pt پلاتین ۱۹۵٫۱	۷۹ Au طلا ۱۹۷٫۰۰	۸۰ Hg جیوه ۲۰۰٫۶۰	۸۱ Tl تالیم ۲۰۴٫۳۰	۸۲ Pb سرب ۲۰۷٫۲۰	۸۳ Bi بیسموت ۲۰۹٫۰۰	۸۴ Po پولونیم [۲۰۹]	۸۵ At استاتین [۲۱۰]	۸۶ Rn رادون [۲۲۲]
۱۱۰ Ds دارمشتاتیم [۲۸۱]	۱۱۱ Rg رونتگنیم [۲۸۰]	۱۱۲ Cn کوپرنسیم [۲۷۷]	۱۱۳ Nh نیهونیم [۲۸۴]	۱۱۴ Fl فلرویم [۲۸۹]	۱۱۵ Mc مسکوویم [۲۸۸]	۱۱۶ Lv لیورموریم [۲۹۳]	۱۱۷ Ts تنسینه [۲۹۶]	۱۱۸ Og اوگانسون [۲۹۴]

بیشترین عدد اتمی جدول

بیشترین عدد جرمی جدول

۶۳ Eu اوروپیم 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
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]

دو ردیف ۱۴ عنصری متعلق به دورهٔ ششم و هفتم جدول (لانتانیدها و اکتینیدها)

شکل ۷ـ جدول دوره‌ای عنصرها. در این جدول هر عنصر با نماد یک یا دو حرفی نشان داده شده است. در هر نماد، حرف اول نام لاتین عنصر به‌صورت بزرگ نوشته می‌شود؛ برای نمونه نماد سه عنصر آلومینیم، آرگون و طلا به ترتیب Al، Ar و Au است که همگی با حرف A آغاز می‌شود.

حرف دوّم به‌صورت کوچک نوشته می‌شود. مثلاً نماد عنصر کبالت Co است و در صورتی که حرف دوّم (اکسیژن) به‌صورت بزرگ نوشته شود (CO) فرمول شیمیایی کربن مونوکسید خواهد بود.