

آزمون حضوری  
شماره یک



## مرورنامه آزمون آزمایشی خیلی سبز

نام درس	مباحث	از صفحه	تا صفحه	مؤلف	ویراستار
شیمی (۱)	فصل اول صفحه ۱ تا ۱۵	۲	۸	عباس سرمایه معصومه سعیدی سروش عبادی	بنیامین یعقوبی

## (فصل کیهان، زادگاه الفبای هستی)

— مقدمه —

● انسان همواره با سه یرسش زیر روبه‌رو بوده است:

- ۱ هستی چگونه پدید آمده است؟ ← پاسخ به این پرسش در قلمرو علم تجربی نمی‌گنجد.
- ۲ جهان کنونی چگونه شکل گرفته است؟ ← علم تجربی تلاش گسترده‌ای برای یافتن پاسخ این پرسش‌ها انجام داده و این تلاش‌ها پدیده‌های طبیعی چرا و چگونه رخ می‌دهند؟
- ۳ سبب افزایش دانش ما دربارهٔ جهان مادی شده است.

**مثال** دانشمندان دو فضای پیمای و و بجر (۱) و (۲) را برای شناخت بیشتر سامانه خورشیدی به فضا فرستادند.

مأموریت فضاپیماهای  
وویجر (۱) و (۲)

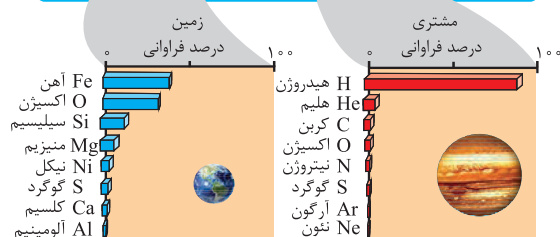
گذر از کنار برخی سیاره‌ها ← مشتری، زحل، اورانوس و نپتون (سیاره‌های گازی)  
تهیه و ارسال شناسنامه فیزیکی و شیمیایی این سیاره‌ها ← به دست آوردن اطلاعاتی مانند نوع عنصرهای سازنده، ترکیب‌های شیمیایی در اتمسفر آن‌ها و ترکیب درصد این مواد

## عناصرها چگونه پدید آمدند؟



مطالعهٔ کیهان، به‌ویژه سامانهٔ خورشیدی کمک زیادی برای یافتن پاسخ  
بر سش «چگونگی پیدایش عنصرها» می‌کند.

🌱 با بررسی نوع و مقدار **عنصرهای سازنده** برخی سیاره‌های سامانه خورشیدی (مانند زمین و مشتری) و مقایسه آن با **عنصرهای سازنده** خورشید، می‌توان به درک بهتری از **چگونگی تشکیل** عناصر دست یافت.



تو جدول زیر بعضی از ویژگی‌های مهم دو سیاره زمین و مشتری را براتون آوردم.  
اون‌ها رو به صورت مقایسه‌ای تو ذهنون save کنین!

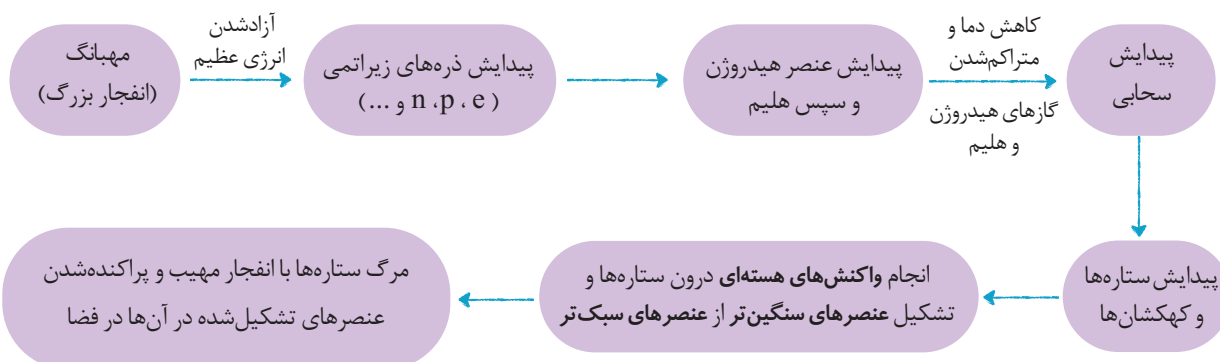
ویژگی	نام سیاره	زمین	مشتري
فراوان ترین عنصر	آهن (Fe)	هیدروژن (H)	
درصد فراوانی فراوان ترین عنصر	کمتر از ۵۰ درصد (حدود ۴۰٪)	بیشتر از ۵۰ درصد (حدود ۹۰٪)	
عنصری با کمترین فراوانی در بین ۸ عنصر	آلومینیم (Al)	نئون (Ne)	
در بین ۸ عنصر فراوان، چه نوع عنصرهایی در آن وجود دارد؟	فلز، نافلز و شبه فلز	فقط نافلز	
بیشتر از چه جنسی است؟	سنگ	گاز	
اندازه (شعاع)	زمین > مشتري		
فاصله از خورشید	زمین > مشتري		
عنصرهای مشترک در بین ۸ عنصر اصلی	اکسیژن (O) و گوگرد (S)		
درصد فراوانی عنصرهای مشترک	مشتري > زمین		



● مقایسهٔ عنصرهای سازندهٔ مشتری و زمین و یافته‌هایی از این دست، نشان می‌دهد که عنصرها به صورت ناهمگن (غیریکنواخت) در جهان هستی توزیع شده‌اند.

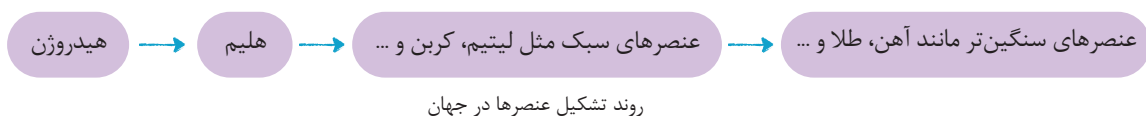
### – نظریهٔ مه‌بانگ و روند پیدایش عنصرها –

● برخی از دانشمندان معتقدند که سرآغاز جهان هستی با انفجاری بزرگ (مه‌بانگ) همراه بوده که طی آن انرژی زیادی آزاد شده است. با این انفجار، ابتدا ذره‌های زیراتمی مانند الکترون، پروتون و نوترون تشکیل شده‌اند.



● سحابی‌ها مجموعه‌های گازی شامل هیدروژن و هلیوم هستند که سبب پیدایش ستاره‌ها و کهکشان‌ها شدند.

● ستارگان را کارخانهٔ تولید عنصرها می‌دانند، زیرا درون ستاره‌ها (همانند خورشید)، در دماهای بسیار بالا، واکنش‌های هسته‌ای رخ می‌دهد و در این واکنش‌ها، از عنصرهای سبک‌تر، عنصرهای سنگین‌تر پدید می‌آید. با مرگ ستاره که اغلب با یک انفجار مهیب همراه است، عنصرهای تشکیل شده در آن، در فضا پراکنده می‌شود.



روند تشکیل عنصرها در جهان

● خورشید، نزدیک‌ترین ستاره به زمین است. انرژی گرمایی و نورانی خورشید به دلیل انجام واکنش‌های هسته‌ای است که در آن هیدروژن (عنصر سبک‌تر) به هلیوم (عنصر سنگین‌تر) تبدیل می‌شود.

### عدد اتمی و عدد جرمی

● به تعداد پروتون‌های هستهٔ اتم هر عنصر، عدد اتمی آن عنصر گفته می‌شود. عدد اتمی ( $Z$ ) هر عنصر، منحصر به فرد است و به کمک عدد اتمی، نوع عنصر را تعیین می‌کنند.

نماد شیمیایی عنصر  $\rightarrow {}^A_Z E$  ← عدد جرمی

● به مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های یک اتم، عدد جرمی گفته می‌شود.

● اتم، ذره‌ای خنثی است؛ بنابراین تعداد پروتون‌های یک اتم ( $Z$ ) با تعداد الکترون‌های آن ( $e$ ) برابر است.

● اتم‌ها با از دست دادن یا گرفتن الکترون به ذراتی باردار به نام یون تبدیل می‌شوند. در تبدیل اتم‌ها به یون، هستهٔ اتم دستخوش تغییر نمی‌شود؛ بنابراین عدد اتمی و جرمی (تعداد  $p$  ها و  $n$  ها) در اتم‌ها و یون‌های مربوط به آن‌ها، هیچ فرقی با هم نمی‌کند.

● در یون‌های مثبت (کاتیون‌ها) و منفی (آنیون‌ها) داریم:

$$\begin{aligned} & \left\{ \begin{array}{l} \text{تعداد پروتون‌ها} = Z \\ \text{تعداد نوترون‌ها} = A - Z \\ \text{تعداد الکترون‌ها} = Z - m \end{array} \right. \quad {}^A_Z E^{m+} \text{ (کاتیون)} \\ & \left\{ \begin{array}{l} \text{تعداد پروتون‌ها} = Z \\ \text{تعداد نوترون‌ها} = A - Z \\ \text{تعداد الکترون‌ها} = Z + m \end{array} \right. \quad {}^A_Z E^{m-} \text{ (آنیون)} \end{aligned}$$



● در مبحث عدد جرمی، مسائلی داریم که در آن عدد جرمی (مجموع شمار پروتون‌ها و نوترون‌ها) و تفاوت شمار نوترون‌ها و پروتون‌ها داده می‌شود. برای پاسخ‌دادن به این سؤال‌ها می‌توان از فرمول زیر استفاده کرد:

$$\text{(تفاوت شمار نوترون‌ها و پروتون‌ها) - عدد جرمی (A)} = \text{عدد اتمی (Z)}$$

**مثال** عدد جرمی عنصری ۷۹ و تفاوت شمار نوترون‌ها و پروتون‌های هسته آن برابر با ۱۱ است. این اتم دارای چند نوترون است؟

۳۴ (۱)      ۲۸ (۲)      ۴۵ (۳)      ۳۹ (۴)

پاسخ گزینه «۳»  $N = A - Z = 79 - 34 = 45$  تعداد نوترون  $\xrightarrow{A=79} \frac{79-11}{2} = \frac{68}{2} = 34$  عدد اتمی (Z)

● در مبحث عدد جرمی، مسائلی داریم که در آن عدد جرمی (مجموع شمار پروتون‌ها و نوترون‌ها) و تفاوت شمار نوترون‌ها و الکترون‌ها داده می‌شود. برای پاسخ به این سؤال‌ها:

۱) اگر گونه مورد نظر در سؤال اتم خنثی یا کاتیون باشد، می‌توان از فرمول زیر استفاده کرد:

$$\text{بار یون با علامت} + (\text{تفاوت شمار نوترون‌ها و الکترون‌ها}) - \text{عدد جرمی (A)} = \text{عدد اتمی (Z)}$$

۲) اگر گونه مورد نظر در سؤال یون منفی (آنیون) باشد و اختلاف شمار نوترون‌ها و الکترون‌ها در آن بیشتر از قدرمطلق بار یون باشد، از فرمول بالا استفاده می‌شود، ولی اگر اختلاف شمار نوترون‌ها و الکترون‌ها در یون منفی داده شده کم‌تر از قدرمطلق بار یون باشد، باید هر دو حالت  $N - e$  و  $e - N$  را در حل سؤال در نظر بگیریم تا ببینیم کدام درست است!

**مثال** در یون  $X^{2+}$ ، عدد جرمی برابر ۲۰۷ و اختلاف شمار نوترون‌ها و الکترون‌ها برابر ۴۵ است. عدد اتمی عنصر X کدام است؟

۸۲ (۱)      ۸۰ (۲)      ۷۸ (۳)      ۷۶ (۴)

پاسخ گزینه «۱»  $\frac{207 - (45) + 2}{2} = \frac{164}{2} = 82$  بار یون با علامت + (تفاوت شمار نوترون‌ها و الکترون‌ها) - عدد جرمی (A) = عدد اتمی (Z)

### ایزوتوپ (هم‌مکان)

- اغلب در یک نمونه طبیعی از یک عنصر، اتم‌های سازنده جرم یکسانی ندارند. به اتم‌های یک عنصر که دارای عدد اتمی یکسان ولی عدد جرمی متفاوت (در نتیجه داشتن تعداد نوترون‌های متفاوت) هستند، ایزوتوپ گفته می‌شود.
- خواص شیمیایی اتم‌های هر عنصر به عدد اتمی (Z) آن وابسته است؛ از این‌رو ایزوتوپ‌های یک عنصر همگی خواص شیمیایی یکسانی دارند و در جدول دوره‌ای عناصر تنها یک مکان (یک خانه) را اشغال می‌کنند. به همین دلیل به آن‌ها هم‌مکان می‌گویند.
- با توجه به این‌که جرم ایزوتوپ‌ها با هم فرق دارد، خواص فیزیکی وابسته به جرم مانند چگالی، نقطه ذوب و جوش ایزوتوپ‌ها با هم متفاوت است.
- فراوانی ایزوتوپ‌های یک عنصر در طبیعت یکسان نیست و معمولاً ایزوتوپی که فراوانی بیشتری دارد، پایدارتر است.

$$\text{درصد فراوانی ایزوتوپ X} = \frac{\text{تعداد ایزوتوپ‌های X}}{\text{تعداد کل ایزوتوپ‌های عنصر}} \times 100$$



# مرورنامه آزمون آزمایشی خیلی سبز

## شیمی

تو جدول زیر ایزوتوپ‌های طبیعی چند عنصر رو که تو کتاب درسی اومده براتون آورديم.

عنصر	شمار ایزوتوپ‌های طبیعی	نماد ایزوتوپ‌های طبیعی	ایزوتوپی با فراوانی بیشتر
منیزیم ( ${}_{12}\text{Mg}$ )	۳	${}^{24}_{12}\text{Mg}$ , ${}^{25}_{12}\text{Mg}$ , ${}^{26}_{12}\text{Mg}$	${}^{24}_{12}\text{Mg}$ (ایزوتوپ سبک‌تر)
لیتیم ( ${}_3\text{Li}$ )	۲	${}^6_3\text{Li}$ , ${}^7_3\text{Li}$	${}^7_3\text{Li}$ (ایزوتوپ سنگین‌تر)
هیدروژن ( $_1\text{H}$ )	۳	${}^1_1\text{H}$ , ${}^2_1\text{H}$ , ${}^3_1\text{H}$	${}^1_1\text{H}$ (ایزوتوپ سبک‌تر)
کلر ( ${}_{17}\text{Cl}$ )	۲	${}^{35}_{17}\text{Cl}$ , ${}^{37}_{17}\text{Cl}$	${}^{35}_{17}\text{Cl}$ (ایزوتوپ سبک‌تر)

شبهات‌های ایزوتوپ‌ها ← عدد اتمی (تعداد پروتون‌ها)  
← تعداد الکترون‌ها و موقعیت آن‌ها در جدول دوره‌ای  
← خواص شیمیایی

تفاوت‌های ایزوتوپ‌ها ← تعداد نوترون‌ها  
← عدد جرمی  
← خواص فیزیکی وابسته به جرم مانند چگالی، نقطه ذوب و جوش  
← میزان فراوانی در طبیعت و پایداری

- برخی از ایزوتوپ‌ها ناپایدارند و هسته آن‌ها، با گذشت زمان به صورت خودبه‌خود متلاشی می‌شود. این ایزوتوپ‌ها اغلب بر اثر تلاشی هسته، ذره‌های پرانرژی و مقدار زیادی انرژی آزاد می‌کنند. به این ایزوتوپ‌های پرتوزا و ناپایدار، **رادیوایزوتوپ** می‌گویند.
- اغلب (نه همه!) هسته‌هایی که نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌های آن‌ها برابر یا بیشتر از  $1/5$  باشد ( $\frac{N}{p} \geq 1/5$ )، ناپایدار و پرتوزا هستند. برای نکته بالا موارد استثنا هم وجود دارد، مثلاً  ${}^{99}_{43}\text{Tc}$  و  ${}^{14}\text{C}$  ایزوتوپ‌های پرتوزا هستند، ولی  $\frac{N}{p}$  آن‌ها برابر یا بزرگ‌تر از  $1/5$  نیست یا  ${}^{195}_{78}\text{Pt}$  دارای  $\frac{N}{p}$  برابر با  $1/5$  است ولی هسته‌ای پایدار است و پرتوزا نیست.
- نیم‌عمر هر ایزوتوپ نشان می‌دهد که آن ایزوتوپ تا چه اندازه پایدار است. نیم‌عمر، مدت‌زمانی است که طول می‌کشد تا نیمی از هسته ایزوتوپ پرتوزا متلاشی شود.

نیم‌عمر کوتاه‌تر ← ایزوتوپ ناپایدارتر

### – ایزوتوپ‌های هیدروژن –

۷ ایزوتوپ هیدروژن ← ۳ ایزوتوپ طبیعی  
پایدار ←  ${}^1_1\text{H}$  (بیش از  $99/9$  درصد فراوانی در طبیعت)  
←  ${}^2_1\text{H}$  (فراوانی حدود  $0/01$  درصد در طبیعت)  
ناپایدار و پرتوزا ←  ${}^3_1\text{H}$  (درصد فراوانی در طبیعت ناچیز)  
۴ ایزوتوپ ساختگی ←  ${}^4_1\text{H}$ ,  ${}^5_1\text{H}$ ,  ${}^6_1\text{H}$ ,  ${}^7_1\text{H}$  (درصد فراوانی در طبیعت صفر)

${}^3_1\text{H} > {}^5_1\text{H} > {}^6_1\text{H} > {}^4_1\text{H} > {}^7_1\text{H}$  مقایسه پایداری و نیم‌عمر رادیوایزوتوپ‌های هیدروژن



## کاربرد برخی از رادیوایزوتوپ‌ها

۹۲ عنصر موجود در طبیعت (تقریباً ٪۷۸) — ۱۱۸ عنصر شناخته شده — ۲۶ عنصر ساختگی (تقریباً ٪۲۲) — در طبیعت وجود ندارند و در واکنشگاه هسته‌ای توسط انسان ساخته شده‌اند.

کاربرد	ویژگی‌های مهم	رادیوایزوتوپ‌ها و مواد پرتوزا
تصویربرداری غده تیروئید	نخستین عنصر مصنوعی ساخته شده توسط انسان - در طبیعت وجود ندارد - نیمه عمر آن کم است؛ بنابراین نمی‌توان مقادیر زیادی از این عنصر را ساخت و برای مدت طولانی نگهداری کرد. در دوره ۵ و گروه ۷ جدول تناوبی قرار دارد.	$^{99}_{43}\text{Tc}$ (تکنسیم)
اغلب به عنوان سوخت در راکتورهای اتمی	اورانیم شناخته شده ترین فلز پرتوزاست. درصد فراوانی ایزوتوپ $^{235}_{92}\text{U}$ (سوخت راکتورهای اتمی) در مخلوط طبیعی آن کمتر از ۰/۷ درصد است. فراوانی این ایزوتوپ را به کمک غنی سازی ایزوتوپی افزایش می‌دهند.	$^{235}_{92}\text{U}$ (اورانیم)
تشخیص توده سرطانی	به گلوکز حاوی اتم پرتوزا می‌گویند. - پس از تزریق به بدن همراه گلوکز معمولی، جذب اندام‌ها و بافت‌های سرطانی (مصرف گلوکز بالاتری دارند) شده و پرتوهای نشر شده از آن‌ها به کمک آشکارساز تشخیص داده می‌شود.	گلوکز نشان‌دار

• یون یدید با یونی که حاوی  $^{99}_{43}\text{Tc}$  است و برای تصویربرداری غده تیروئید استفاده می‌شود، اندازه مشابهی دارد و غده تیروئید هنگام جذب یدید، این یون را نیز جذب می‌کند.

• غنی سازی ایزوتوپی ← افزایش مقدار (فراوانی) یک ایزوتوپ در مخلوط ایزوتوپ‌های آن عنصر ← مثال ← افزایش فراوانی ایزوتوپ  $^{235}_{92}\text{U}$  در مخلوط ایزوتوپ‌های اورانیم

• کیمیاگری یعنی تبدیل عنصرهای دیگر به طلا، که امروزه با پیشرفت علم شیمی و فیزیک امکان پذیر است، اما به دلیل زیاده‌بودن هزینه تولید آن، صرفه اقتصادی ندارد.

## طبقه بندی عنصرها

• در جدول دوره‌ای (تناوبی) امروزی، عنصرها، براساس افزایش عدد اتمی سازماندهی شده‌اند؛ به طوری که از عنصر هیدروژن با عدد اتمی یک (H) آغاز و به عنصر شماره ۱۱۸ (اوگانسون، Og) ختم می‌شود.

• در هر ردیف افقی جدول، چیدمان عنصرها برحسب افزایش عدد اتمی است و دوره نام دارد. جدول تناوبی ۷ دوره دارد.

• هر ستون جدول، شامل عنصرها با خواص شیمیایی مشابه است و گروه نام دارد، به عنوان مثال همه عناصر گروه ۱۸ جدول، تمایل به انجام واکنش شیمیایی ندارند. جدول تناوبی ۱۸ گروه دارد.

• با پیمایش هر دوره از چپ به راست، خواص عنصرها به طور مشابه تکرار می‌شود.

• هر خانه از جدول به یک عنصر معین (و ایزوتوپ‌هایش) تعلق دارد و عدد اتمی عنصر، نماد شیمیایی، نام آن و جرم اتمی میانگین عنصر را مشخص می‌کند.

• نماد شیمیایی عنصرها یک یا دو حرفی است. حرف اول نام لاتین عنصر به صورت بزرگ و حرف دوم (در صورت دوحرفی بودن نماد) به صورت کوچک نوشته می‌شود.

عدد اتمی — Z — نماد شیمیایی  
نام — N — نیترژن  
جرم اتمی میانگین — ۱۴/۰۱





• برای تعیین تعداد عنصرهای موجود میان دو عنصر در جدول از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$۱ - (\text{اختلاف عدد اتمی دو عنصر}) = \text{تعداد عنصرهای موجود میان دو عنصر در جدول}$$

### جرم اتمی عنصرها

• جرم اجسام گوناگون را بسته به اندازه و نوع آن‌ها، با ترازوهای متفاوتی که دقت اندازه‌گیری متفاوت دارند، اندازه می‌گیرند. برای نمونه، دقت باسکول‌های تنی تا  $۰/۰۱$  تن و دقت ترازوهای زرگری تا  $۰/۰۱$  گرم است.

• با یک ترازوی مشخص می‌توان جرم اجسامی را اندازه‌گیری کرد که:

۱) جرم آن‌ها مقادیر صحیحی از دقت اندازه‌گیری ترازو باشد.

۲) جرم جسم از دقت ترازو کمتر نباشد.

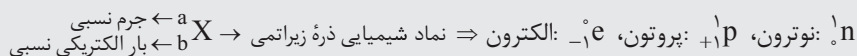
مثلاً با استفاده از یک باسکول چندتنی که دقت اندازه‌گیری آن تا  $۰/۰۱$  تن ( $۱۰ \text{ kg}$ ) است، نمی‌توان جرم یک هندوانه  $۶$  کیلوگرمی را اندازه‌گیری کرد؛ زیرا جرم هندوانه از دقت اندازه‌گیری این ترازو کمتر است. در واقع کم‌ترین جرمی که این ترازو نسبت به آن حساسیت دارد و می‌تواند آن را اندازه‌گیری کند  $۱۰$  کیلوگرم است؛ پس  $۶$  کیلوگرم را نشان نمی‌دهد. یا اگر دقت ترازویی برابر  $۰/۱$  میلی‌گرم باشد، می‌توان با آن جسمی به جرم  $۰/۳$  میلی‌گرم را اندازه‌گیری کرد ولی نمی‌توان جرم جسم  $۰/۳۵$  میلی‌گرم را به طور دقیق اندازه‌گیری کرد، ترازو  $۰/۵$  میلی‌گرم جرم جسم را نشان نمی‌دهد.

• اتم‌ها بسیار ریزند و نمی‌توان آن‌ها را به طور مستقیم مشاهده کرد؛ بنابراین نمی‌توان جرم آن‌ها را با یک‌گانه‌هایی مانند گرم و ... و با ابزارهایی مانند ترازوی معمولی و ... اندازه‌گیری کرد. از این‌رو دانشمندان از یک مقیاس نسبی (مقایسه‌ای) برای تعیین جرم اتم‌ها استفاده کردند.

• شیمی‌دان‌ها جرم یک اتم کربن -  $^{12}_6\text{C}$  را به عنوان مقیاسی (سنجه‌ای) برای جرم دیگر اتم‌ها انتخاب کردند و جرم این اتم را برابر با عدد  $۱۲$  در نظر گرفتند. سپس آن را به  $۱۲$  بخش یکسان تقسیم کرده و هر بخش را  $۱ \text{ amu}$  نامیدند.

• یکای جرم اتمی را  $\text{amu}$  می‌نامند و آن را با نماد  $u$  نیز نشان می‌دهند. یک  $\text{amu}$  برابر  $\frac{1}{12}$  جرم اتم کربن -  $^{12}_6\text{C}$  است.

• هر یک از ذرات زیراتمی (الکترون، پروتون و نوترون) را با یک نماد نشان می‌دهند:



• در مقیاس جرم اتمی، جرم پروتون و نوترون به تقریب با هم برابر و در حدود  $۱ \text{ amu}$  است. (جرم نوترون اندکی از جرم پروتون بیشتر است).

در حالی که جرم الکترون ناچیز و در حدود  $۰/۰۰۰۵ \text{ amu} = \frac{1}{2000} \text{ amu}$  است.

• از آن‌جا که جرم پروتون و نوترون به تقریب با هم برابر و حدوداً  $۱ \text{ amu}$  است، عدد جرمی را می‌توان برابر با جرم اتمی در نظر گرفت. عدد

جرمی یکا ندارد (مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های هسته را نشان می‌دهد)، در حالی که یکای جرم اتمی،  $\text{amu}$  است:

$$^a_b\text{Li} \Rightarrow \begin{cases} \text{عدد جرمی} = n + p = a \\ \text{جرم اتمی} = a \text{ amu} \end{cases}$$



## جرم اتمی میانگین

در جدول تناوبی، جرم اتمی بیشتر عنصرها به صورت اعداد غیر صحیح و اعشاری بیان شده است. دلیل این امر این است که بیشتر عناصر در طبیعت به صورت مخلوطی از ایزوتوپها با جرمها و فراوانیهای متفاوت وجود دارند. در واقع جرم اتمی میانگین عنصرها در جدول تناوبی نوشته شده است.

اگر فراوانی هر ایزوتوپ را با  $F_1, F_2, \dots$  و جرم اتمی هر یک از آنها را با  $M_1, M_2, \dots$  و ... نشان دهیم، جرم اتمی میانگین ( $\bar{M}$ ) از رابطه زیر به دست می آید:

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2 + \dots}{F_1 + F_2 + \dots}$$

### نکته

اگر  $F_1, F_2, \dots$  به جای فراوانی، درصد فراوانی هر یک از ایزوتوپها باشد،  $F_1 + F_2 + \dots = 100$  خواهد بود؛ بنابراین در مخرج رابطه بالا

$$\bar{M} = \frac{M_1 F_1 + M_2 F_2 + \dots}{100}, F_1, F_2, \dots = \text{درصد فراوانی ایزوتوپها}$$

### نکته

برای ساده تر شدن محاسبات، می توان از فرمول زیر نیز برای محاسبه جرم اتمی میانگین استفاده کرد:

$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100} (M_2 - M_1) + \frac{F_3}{100} (M_3 - M_1) + \dots$$

درصد فراوانی ایزوتوپ ۲
درصد فراوانی ایزوتوپ ۳

↑
↑

جرم ایزوتوپ ۲
جرم ایزوتوپ ۳

اختلاف جرم ایزوتوپ ۲ با ایزوتوپ سبک تر
اختلاف جرم ایزوتوپ ۳ با ایزوتوپ سبک تر

**مثال** عنصر A دارای چهار ایزوتوپ با عدد جرمی ۴۹، ۵۱، ۵۳ و ۵۴ است. اگر مجموع فراوانی دو ایزوتوپ اول ۶۵ و فراوانی ایزوتوپ سوم ۱۵ درصد باشد، درصد فراوانی دو ایزوتوپ اول، به ترتیب از راست به چپ کدام اند؟ (عدد جرمی ایزوتوپها، برابر جرم اتمی آنها و جرم اتمی میانگین برای عنصر A، برابر  $50/95 \text{ amu}$  فرض شود).

(سراسری دافل تهرانی ۹۹)

$$14/5, 50/5 \quad (4) \quad 15, 50 \quad (3) \quad 17/5, 47/5 \quad (2) \quad 29/5, 35/5 \quad (1)$$

پاسخ گزینه «۲»

$$\bar{M} = M_1 + \frac{F_2}{100} (M_2 - M_1) + \frac{F_3}{100} (M_3 - M_1) + \frac{F_4}{100} (M_4 - M_1)$$

$$\Rightarrow 50/95 = 49 + \frac{F_2}{100} (51 - 49) + \frac{15}{100} (53 - 49) + \frac{2}{100} (54 - 49) \Rightarrow 50/95 = 49 + 0.02 F_2 + 0.06 + 1$$

$$\Rightarrow F_2 = 17/5 \Rightarrow F_1 = 65 - F_2 = 65 - 17/5 = 47/5$$