



شناخت کیهان سالیان سال است که همچنان ادامه دارد. نمونه‌ای از آن، سفر طولانی و تاریخی دو فضاپیما به نام‌های وویجر ۱ و ۲ در سال ۱۹۷۷ میلادی برای شناخت بیش‌تر سامانه خورشیدی است. آخرین تصویری که وویجر ۱ پیش از خروج از سامانه خورشیدی از زادگاه خود گرفت، از فاصله تقریبی ۷ میلیارد کیلومتری بوده است. دو فضاپیما مأموریت داشتند با گذر از کنار سیاره‌های مشتری، زحل، اورانوس و نپتون، شناسنامه فیزیکی و شیمیایی آن‌ها را تهیه کنند و بفرستند. این شناسنامه‌ها می‌تواند حاوی اطلاعاتی مانند نوع عنصرهای سازنده، ترکیب‌های شیمیایی در اتمسفر آن‌ها و ترکیب درصد این مواد باشد.



- فراوان‌ترین عنصر در سیاره مشتری، هیدروژن است که حدود ۹۰٪ و فراوان‌ترین عنصر در سیاره زمین آهن است که از ۵۰٪ کم‌تر است.
- عنصرهای مشترک این دو سیاره گوگرد و اکسیژن می‌باشد.
- در سیاره مشتری، عنصر فلزی یافت نمی‌شود و به عنصر گازی معروف است.

عنصرها به صورت ناهمگون در جهان هستی توزیع شده‌اند. این یافته‌ها باعث شد تا دانشمندان بتوانند چگونگی پیدایش عنصرها را توضیح دهند به طوری که برخی از آن‌ها بر این باورند که سرآغاز کیهان با انفجاری مهیب (مهبانگ) همراه بوده که طی آن انرژی عظیمی آزاد شده است. در آن شرایط پس از پدید آمدن ذره‌های زیر اتمی مانند الکترون، پروتون و نوترون، عنصرهای هیدروژن و هلیوم پا به عرصه جهان گذاشتند. با گذشت زمان و کاهش دما، گازهای هیدروژن و هلیوم تولید شده، متراکم شد و مجموعه‌های گازی به نام سحابی ایجاد کرد. بعدها این سحابی سبب پیدایش ستاره‌ها و کهکشان شد.

درون ستاره‌ها همانند خورشید در دماهای بسیار بالا، واکنش‌های هسته‌ای رخ می‌دهد، واکنش‌هایی که در آن‌ها از عنصرهای سبک‌تر، عنصرهای سنگین‌تر پدید می‌آیند.

ستاره‌ها متولد می‌شوند، رشد می‌کنند و زمانی می‌میرند. مرگ ستاره اغلب با یک انفجار بزرگ همراه است که باعث می‌شود عنصرهای تشکیل شده در آن در فضا پراکنده شود. به همین دلیل ستارگان را کارخانه تولید عناصر می‌دانیم.



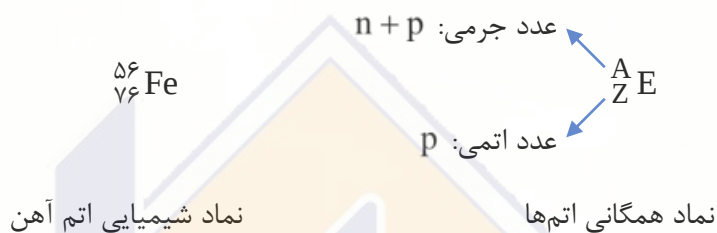
خورشید نزدیک‌ترین ستاره به زمین است که دمای بسیار بالایی دارد. انرژی گرمایی و نور خیره کننده خورشید به دلیل تبدیل هیدروژن به هلیوم در واکنش‌های هسته‌ای است. واکنش‌هایی که در آن‌ها انرژی هنگفتی آزاد می‌شود. در واکنش‌های شیمیایی که در زندگی روزمره اتفاق می‌افتد، مقدار انرژی مبادله شده بسیار کم‌تر است.

تحصیل باما

## ● اتم و نکات مهم آن

شیمی‌دان‌ها ماده‌ای را عنصر می‌نامند که از یک نوع اتم تشکیل شده باشد. اغلب در یک نمونه طبیعی از عنصری معین، اتم‌های سازنده، جرم یکسانی ندارند. برای مثال بررسی یک نمونه منیزیم نشان می‌دهد که جرم همه اتم‌های منیزیم در

این نمونه یکسان نیست، بلکه مخلوطی از سه هم‌مکان (ایزوتوپ است):  $^{24}\text{Mg}$  ,  $^{25}\text{Mg}$  ,  $^{26}\text{Mg}$



در یک اتم در حالت خنثی، تعداد پروتون با الکترون برابر است.

تنها ذره‌ای که می‌تواند از یک اتم کم و زیاد شود، الکترون است. (الکترون از دست بده میشه کاتیون، الکترون بگیره میشه آنیون)



تمرین

با توجه به ایزوتوپ‌های منیزیم جدول زیر را کامل کنید.

| ویژگی        | A | Z | شمار الکترون | شمار نوترون |
|--------------|---|---|--------------|-------------|
| نماد ایزوتوپ |   |   |              |             |
|              |   |   |              |             |
|              |   |   |              |             |

● ایزوتوپ

ایزوتوپ‌های یک عنصر  $Z$  یکسان (عدد اتمی یکسان (پروتون یکسان)) اما  $A$  متفاوت دارند (عدد جرمی متفاوت) به عبارتی نوترون‌های متفاوتی دارند. از آن‌جا که خواص شیمیایی اتم‌های هر عنصر به عدد اتمی آن وابسته است، ایزوتوپ‌ها خواص شیمیایی یکسان دارند در حالی که در خواص فیزیکی وابسته به جرم مانند چگالی با یکدیگر تفاوت دارند.

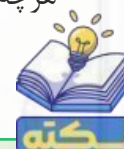
| نماد ایزوتوپ          | ${}^1_1\text{H}$ | ${}^2_1\text{H}$ | ${}^3_1\text{H}$ | ${}^4_1\text{H}$            | ${}^5_1\text{H}$            | ${}^6_1\text{H}$            | ${}^7_1\text{H}$            |
|-----------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| ویژگی ایزوتوپ         |                  |                  |                  |                             |                             |                             |                             |
| نیم‌عمر               | پایدار           | پایدار           | $12/32$ سال      | $1/4 \times 10^{-22}$ ثانیه | $9/1 \times 10^{-22}$ ثانیه | $2/9 \times 10^{-22}$ ثانیه | $2/3 \times 10^{-23}$ ثانیه |
| درصد فراوانی در طبیعت | $99/9885$        | $0/0114$         | ناچیز            | • (ساختگی)                  | • (ساختگی)                  | • (ساختگی)                  | • (ساختگی)                  |

با توجه به جدول بالا درمی‌یابیم که:

- هیدروژن دارای ۷ ایزوتوپ است، ۳ تا طبیعی و ۴ تا ساختگی!
- ${}^1_1\text{H}$  و  ${}^2_1\text{H}$  ایزوتوپ پایدارند.
- ${}^3_1\text{H}$ ،  ${}^4_1\text{H}$ ،  ${}^5_1\text{H}$  و  ${}^6_1\text{H}$  ایزوتوپ ناپایدار به حساب می‌آیند، یعنی رادیوایزوتوپ هستند.

رادیوایزوتوپ چیه؟

- اغلب اتم‌هایی که  $\frac{n}{p} \geq 1/5$  باشد، رادیوایزوتوپ‌اند (پرتوزا)
- هرچه فراوانی ایزوتوپی بیش‌تر باشد، پایداری آن بیش‌تر است.



نکته

فراوانی ایزوتوپ‌های منیزیم به‌صورت مقابل است:  ${}^{24}\text{Mg} < {}^{26}\text{Mg} < {}^{25}\text{Mg}$



نکته

فراوانی ایزوتوپ‌های لیتیم به صورت مقابل است:  ${}^6\text{Li} < {}^7\text{Li}$



تمرین

در یون  ${}^4\text{X}^{2+}$  تعداد نوترون‌ها ۸ واحد بیش‌تر از الکترون‌ها می‌باشد. عدد اتمی و تعداد نوترون‌های این یون را محاسبه کنید.



تمرین

تعداد ذره‌های زیر اتمی را در یون  ${}^{80}_{35}\text{Br}^{-}$  حساب کنید.



تمرین

اگر در یون  $\text{X}^{+}$ ، شمار الکترون‌ها ۱۵ واحد کمتر از نوترون‌ها باشد، شمار الکترون‌های عنصر X چند است؟ (عدد جرمی عنصر X برابر ۱۰۸ است.)



تمرین

کدام یک از اتم‌های  ${}^{131}_{55}\text{A}$ ،  ${}^{126}_{54}\text{B}$ ،  ${}^{132}_{56}\text{C}$  و  ${}^{132}_{57}\text{D}$  ایزوتوپ یکدیگرند؟ چرا؟



تمرین

مشخص کنید چند مورد از ایزوتوپ‌های موجود در جدول می‌توانند پرتوزا باشند؟ چرا؟

|                  |                  |                  |                     |              |
|------------------|------------------|------------------|---------------------|--------------|
| ${}^7_3\text{Z}$ | ${}^6_3\text{M}$ | ${}^8_3\text{Y}$ | ${}^{11}_4\text{X}$ | نماد ایزوتوپ |
|------------------|------------------|------------------|---------------------|--------------|



تمرین

$\text{M}^{3+}$  دارای ۲۱ الکترون و ۲۸ نوترون است. عدد اتمی (Z) و عدد جرمی (A) عنصر M را تعیین کنید.



### تمرین

اگر A و B ایزوتوپ‌های یک عنصر و با عنصر C هم‌گروه باشند، با ذکر دلیل مشخص کنید هریک از موارد زیر درست هستند یا نادرست؟

الف) خواص شیمیایی C و A یکسان است.

ب) A و B چگالی متفاوتی دارند.

پ) عدد اتمی B و C یکسان است.

ت) تعداد ذرات زیر اتمی اطراف هسته دو اتم A و B باهم یکسان است.



### تمرین

اگر در یون  $^{3+}_{27}\text{Co}$  مجموع تعداد ذره‌های زیر اتمی برابر ۸۴ باشد، عدد جرمی اتم کبالت را به دست آورد.

### ● تکنسیم و نکات آن

از ۱۱۸ عنصر شناخته شده، تنها ۹۲ عنصر در طبیعت یافت می‌شود، یعنی ۲۶ عنصر دیگر ساختگی است. تکنسیم ( $^{99}_{43}\text{Tc}$ ) نخستین عنصری بود که در واکنشگاه (راکتور) هسته‌ای ساخته شد. این رادیوایزوتوپ در تصویربرداری پزشکی کاربرد ویژه‌ای دارد.

همه  $^{99}\text{Tc}$  موجود در جهان باید به‌طور مصنوعی و با استفاده از واکنش‌های هسته‌ای ساخته شده‌اند.

نیم‌عمر  $^{99}\text{Tc}$  کم است و نمی‌توان مقادیر زیادی از این عنصر را تهیه کرد.



### نکته

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



نکته

هنگام عکسبرداری از دندان‌ها در رادیولوژی باید با استفاده از پوشش‌های سربی از غده تیروئید در برابر پرتوهای پرانرژی و خطرناک محافظت کرد.

### ● اورانیم و نکات آن

اورانیم شناخته شده‌ترین فلز پرتوزایی است که یکی از ایزوتوپ‌های آن، اغلب به عنوان سوخت در راکتورهای اتمی به کار می‌رود. یکی از کاربردهای مواد پرتوزا، استفاده از آن‌ها در تولید انرژی الکتریکی است. ایزوتوپی که به عنوان سوخت در راکتور اتمی به کار می‌رود،  $^{235}\text{U}$  بوده که فراوانی آن در مخلوط طبیعی از ۷/۰ درصد کمتر است.

### ● غنی‌سازی ایزوتوپی

مقدار ایزوتوپ را در مخلوط ایزوتوپ‌ها افزایش می‌دهند، فرآیندی که یکی از مراحل مهم چرخه تولید سوخت هسته‌ای است.



نکته

رادیو ایزوتوپ‌های فسفر و تکنسیم، برخی از تولیدات ایران است.



نکته

پسماند راکتورهای اتمی خاصیت پرتوزایی دارند و خطرناک است. از این رو دفع آن‌ها از جمله چالش‌های صنایع هسته‌ای به شمار می‌آید.

تحصیل باما



نکته

گلوکز حاوی اتم پرتوزا (گلوکز نشان‌دار)، برای تشخیص نوعی توده سرطانی به کار می‌رود که از طریق تزریق وارد بدن بیمار می‌شود.

## ● جدول تناوبی (اصل کار)

- جدول تناوبی شامل ۱۸ گروه (ستون) و ۷ دوره (ردیف) است.
  - در این جدول هر عنصر با نماد یک یا دو حرفی نشان داده می‌شود، در هر نماد، حرف اول نام لاتین عنصر به صورت بزرگ نوشته می‌شود.
  - در جدول تناوبی، عناصرها براساس افزایش عدد اتمی سازماندهی شده‌اند.
  - هر گروه شامل عنصرهایی با خواص شیمیایی مشابه است.
  - خواص شیمیایی عنصرهایی که در یک دوره از جدول جای دارند، متفاوت است.
  - در هر دوره از چپ به راست، خواص عناصرها به‌طور مشابه تکرار می‌شود.
  - گروه ۱۸، به گازهای نجیب معروف است که میل به واکنش شیمیایی بسیار کمی دارند.
  - گروه ۱۷، به هالوژنها معروف است.
  - گروه ۱ به فلزات قلیایی (به جز H) و گروه ۲ به فلزات قلیایی خاکی معروف‌اند.
- گروه ۱ ← ۱    گروه ۲ ← ۲    گروه ۳ ← ۱۳ + ۳    گروه ۴ ← ۱۵ - ۳
- گروه ۵ ← ۱۶    گروه ۶ ← ۱۷    (این‌هایی که می‌بینی، یون پایدار اتم‌هاست.)

# تحصیل باما

الف)  ${}_{37}\text{Rb}$



## تمرین

از اتم آلومینیوم ( $^{27}_{13}\text{Al}$ )، یون پایدار  $\text{Al}^{3+}$  شناخته شده است. پیش‌بینی کنید اتم

کدامیک از عنصرهای زیر می‌تواند به کاتیونی مشابه  $\text{Al}^{3+}$  در ترکیب‌ها تبدیل شود؟

(پ)  $^{14}_7\text{N}$

(ب)  $^{31}_{31}\text{Ga}$

(الف)  $^{39}_{19}\text{K}$



## نکته

لطفاً عدد اتمی ۱ تا ۳۶ رو حفظ کن! گازهای نجیب رو با عدد اتمی کامل بلد باش!

## ● جرم اتمی، عنصرها و جرم اتمی میانگین

دانشمندان برای این‌که بتوانند خواص فیزیکی و شیمیایی هر ماده را در محیطی مانند بدن انسان، محیط زیست و ... بررسی کنند، باید بدانند که چه جرمی از اتم‌ها یا مولکول‌های آن ماده وارد محیط شده است، از این رو همواره در پی یافتن سنج‌های مناسب و در دسترس برای اندازه‌گیری جرم اتم‌ها بوده‌اند.

اتم‌ها بسیار ریزند به‌طوری که نمی‌توان آن‌ها را به‌طور مستقیم مشاهده و جرم آن‌ها را اندازه‌گیری کرد. به همین دلیل دانشمندان مقیاس جرم نسبی را برای تعیین جرم اتم‌ها به کار می‌برند.

جرم اتم‌ها را با وزنه‌ای می‌سنجند که جرم آن  $\frac{1}{12}$  جرم ایزوتوپ کربن - ۱۲ است. به این وزنه، یکای جرم اتمی

(amu) می‌گویند. (به عبارتی اگر جرم یک ایزوتوپ کربن - ۱۲ را برابر با عدد ۱۲ در نظر بگیریم، سپس به ۱۲ قسمت

تقسیم کنیم، هر بخش را ۱ amu می‌نامند.



## نکته

به‌طور تقریبی، جرم پروتون و نوترون در حدود ۱ amu بوده در حالی که جرم الکترون ناچیز و در حدود

$\frac{1}{2000}$  amu است.



نکته

یکای جرم اتمی را با نماد  $u$  نیز نشان می‌دهند. برای نمونه جرم اتمی میانگین هیدروژن برابر با  $1/008 \text{ amu}$  یا  $1/008 u$  است.



نکته

جدول زیر مقیاس دقیق‌تری از  $\text{amu}$  را نشان می‌دهد. نمادها فوق‌العاده مهم هستند. در این نمادها، عددهای سمت چپ از بالا به پایین به ترتیب جرم نسبی و بار نسبی ذره را مشخص می‌کند.

| نام ذره | نماد*        | بار الکتریکی نسبی | جرم ( $\text{amu}$ ) |
|---------|--------------|-------------------|----------------------|
| الکترون | ${}_{-1}^0e$ | -1                | 0/0005               |
| پروتون  | ${}_{+1}^1p$ | +1                | 1/0073               |
| نوترون  | ${}_0^1n$    | 0                 | 1/0087               |

\* در این نماد، عددهای سمت چپ از بالا به پایین به ترتیب جرم نسبی و بار نسبی ذره را مشخص می‌کند.

### ● جرم اتمی میانگین

جرم اتمی میانگین هر عنصر همان جرم نشان داده شده در جدول دوره‌ای عناصر است که با فرمول زیر تعیین می‌شود.

$$\bar{M} = \frac{M_1F_1 + M_2F_2 + L}{F_1 + F_2 + L}$$

تحصیل باما

$M_1, M_2$ : جرم ایزوتوپ‌ها

$F_1, F_2$ : فراوانی ایزوتوپ‌ها



تمرین

یک نمونه طبیعی از عنصر بور  ${}_{11}B$ ، دارای ۶ اتم  ${}_{11}B$  و ۲۴ اتم  ${}_{11}B$  است. درصد

فراوانی هریک از ایزوتوپ‌های بور را محاسبه کنید.



تمرین

یک نمونه از ایزوتوپ‌های عنصر منیزیم دارای ایزوتوپ‌هایی به قرار زیر است. درصد فراوانی هر ایزوتوپ را پیدا کنید.

|                 |                 |                 |
|-----------------|-----------------|-----------------|
| $^{26}\text{M}$ | $^{25}\text{M}$ | $^{24}\text{M}$ |
| ۱               | ۴               | ۱۵              |



تمرین

اگر عنصر X با عدد اتمی ۱۷ دارای ۲ ایزوتوپ باشد که عدد جرمی ایزوتوپ سبک ۳۵ و درصد فراوانی آن ۷۵ درصد باشد.

الف) درصد فراوانی ایزوتوپ سنگین چقدر است؟

ب) اگر جرم اتمی میانگین این عنصر ۳۵/۵ باشد، عدد جرمی ایزوتوپ سنگین را محاسبه نمایید.



تمرین

کربن در طبیعت دارای سه ایزوتوپ  $^{12}\text{C}$ ،  $^{13}\text{C}$  و  $^{14}\text{C}$  است. اگر جرم اتمی میانگین آن برابر  $12/011\text{amu}$  باشد و فراوانی سبک‌ترین ایزوتوپ آن ۹۲٪ باشد، درصد فراوانی سنگین‌ترین ایزوتوپ کدام است؟

تحصیل باما



تمرین

درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را بررسی کنید.

- (۱) با خارج شدن یک نوترون از هسته اتم  ${}^3\text{H}$  پایداری اتم کاهش می‌یابد.
- (۲) اگر به جای اتم‌های  ${}^1\text{H}$  در مولکول  $\text{H}_2\text{O}$  ایزوتوپ  ${}^2\text{H}$  قرار گیرد، نقطه جوش و چگالی آن تغییر می‌کند.
- (۳) واکنش شیمیایی  ${}^7\text{Li}$  با آب همانند  ${}^6\text{Li}$  است.
- (۴) همه ایزوتوپ‌های اورانیم پرتوزا هستند.
- (۵) هر خانه از جدول دوره‌ای چهار ویژگی عدد اتمی، نماد شیمیایی، نام و عدد جرمی را برای عنصر مشخص می‌کند.
- (۶) در جدول تناوبی امروزی عناصرها بر اساس عدد جرمی سازماندهی شده‌اند.



تمرین

اتم اکسیژن ( ${}^8\text{O}$ ) در ترکیب با فلزها به یون اکسید ( $\text{O}^{2-}$ ) تبدیل می‌شود. اتم کدامیک از عناصر زیر می‌تواند آنیونی با بار الکتریکی همانند یون اکسید تشکیل دهد؟ چرا؟

پ ( ${}^{35}\text{Br}$ )

ب ( ${}^{16}\text{S}$ )

الف ( ${}^{15}\text{P}$ )

تحصیل باما



تمرین

فرض کنید عنصر برم دو ایزوتوپ  ${}^{79}\text{Br}$  و  ${}^{81}\text{Br}$  دارد. اگر جرم اتمی میانگین برم  $79/9$  باشد درصد فراوانی هر ایزوتوپ را به‌دست آورید.



تمرین

عدد اتمی عنصر E برابر ۲۵ است. اگر اتم آن با از دست دادن ۳ الکترون به یون تبدیل شود و شمار نوترون‌های آن ۵ واحد از شمار پروتون‌های آن بیشتر باشد، نماد گونه داده شده را با تعیین a، b و n کامل کنید.

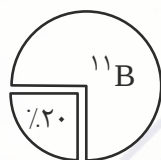
(نهایی فرداد ۱۴۰۳)



تمرین

شکل زیر درصد فراوانی دو ایزوتوپ اتم بور ( ${}^{10}\text{B}$ ،  ${}^{11}\text{B}$ ) را نشان می‌دهد. جرم اتمی میانگین اتم بور را برحسب amu محاسبه کنید.

(نهایی فرداد ۱۴۰۳)



تحصیل باما

## تست‌های چهارگزینه‌ای

**تست ۱** نسبت مجموع شمار ذره‌های زیر اتمی در  ${}^5\text{H}$  به مجموع شمار ذره‌های زیر اتمی در  ${}^2\text{H}$ ، چند برابر

مجموع شمار ذره‌های زیر اتمی در  ${}^2\text{H}$  است؟ (تجربی ۱۴۰۳)

- (۱) ۱ (۲) ۱ (۳) ۰/۵ (۴) ۰/۲۵

(ریاضی ۱۴۰۳)

**تست ۲** کدام موارد زیر درست است؟

- (الف) عنصر، ماده‌ای است که از ایزوتوپ‌های یکسان تشکیل شده باشد.  
(ب) حدود ۷۸ درصد از عناصر شناخته شده، در طبیعت یافت می‌شوند.  
(پ) حدود ۶ درصد از لیتیم موجود در طبیعت، از ایزوتوپ‌های سبک آن تشکیل شده است.  
(ت) اتم‌هایی که نسبت شمار پروتون‌ها به نوترون‌ها در هسته آن، برابر یا بیش از ۱/۵ باشد، ناپایدارند.
- (۱) الف و ت (۲) الف و ب (۳) پ و ت (۴) ب و پ

(ریاضی دی ۱۴۰۱)

**تست ۳** چند مورد از مطالب زیر درست است؟

- اورانیم ۲۳۵، فراوان‌ترین ایزوتوپ اورانیم است.
- اورانیم معروف‌ترین عنصر پرتوزای طبیعی است.
- از اورانیم ۲۳۵، در واکنشگاه‌های اتمی استفاده می‌شود.
- غنی‌سازی ایزوتوپی، یکی از مراحل مهم چرخه تولید سوخت هسته‌ای می‌باشد.

- (۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴

**تست ۴** اگر عنصری دارای سه ایزوتوپ با جرم‌های اتمی  ${}^{27/9}\text{amu}$ ،  ${}^{29/9}\text{amu}$  و  ${}^{30}\text{amu}$  به ترتیب

فراوانی ۹۲٪، ۵٪ و ۳٪ باشد، جرم اتمی میانگین آن، برابر چند amu است؟ (تجربی دی ۱۴۰۱)

- (۱)  $28/063$  (۲)  $28/892$  (۳)  $29/054$  (۴)  $29/951$

(ریاضی فارغ ۱۴۰۱)

**تست ۵** در دمای  $25^\circ\text{C}$ ، حالت فیزیکی کدام عنصر با سه عنصر دیگر متفاوت است؟

- (۱) برم (۲) گوگرد (۳) آلومینیوم (۴) ژرمانیم