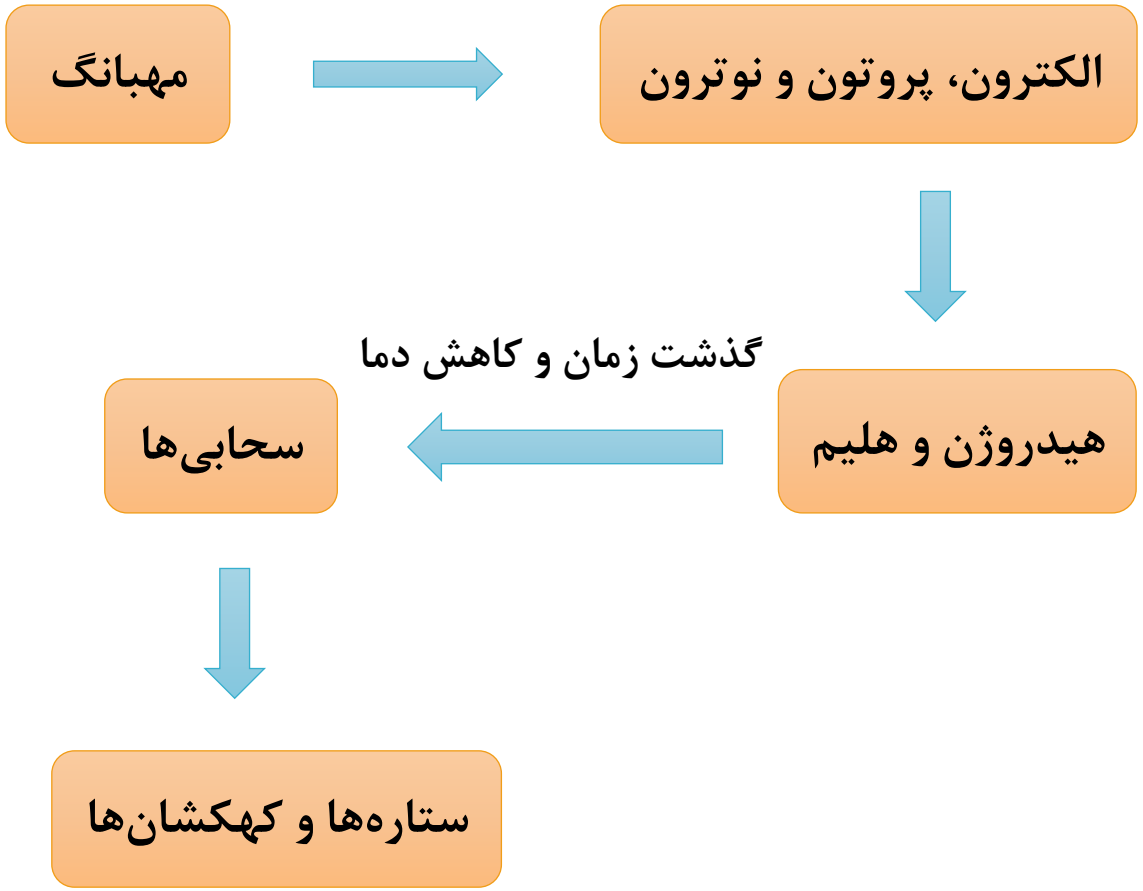
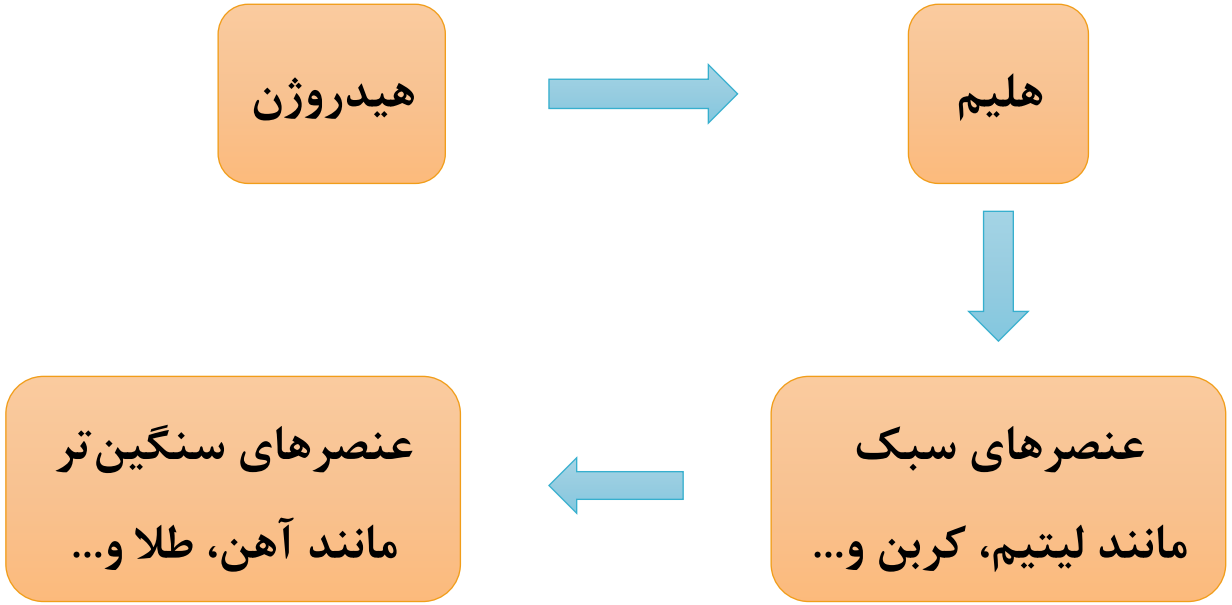
عنصرها چگونه پدید آمدند؟



درون ستاره ها همانند خورشید در دماهای بسیار بالا و ویژه، واکنش‌های هسته ای رخ می دهد؛ واکنش هایی که در آنها از عنصرهای سبک تر، عنصرهای سنگین تر پدید می آید.



ستاره ها متولد می شوند؛ رشد می کنند و زمانی می میرند. مرگ ستاره اغلب با یک انفجار بزرگ همراه است که سبب می شود عنصرهای تشکیل شده در آن در فضا پراکنده شود.

درون ستاره ها به دلیل انجام واکنش های هسته ای، انرژی بسیار زیادی آزاد می شود.
اینشتین رابطهٔ زیر را برای محاسبهٔ انرژی تولید شده در این واکنش ها ارائه کرد:

$$E=mc^{۲}$$

این رابطه به «اصل هم‌ارزی جرم و انرژی» معروف است.

m جرم ماده بر حسب کیلوگرم

c سرعت نور (۳×۱۰^{۸} متر بر ثانیه)

E انرژی آزاد شده بر حسب ژول

آزمون کانون – ۲۳ مهر ۹۵

۱۲/۲ گرم کربن را وارد واکنش زیر کرده‌ایم. اگر مجموع جرم نوترون‌ها ۶/۰۶ گرم و مجموع جرم پروتون‌ها ۶/۰۵۴ گرم باشد، تغییرات انرژی در این واکنش چند ژول است؟

(سرعت نور $\frac{m}{s}$ ۳×۱۰^{۸})

$$_{۱۲}C \longrightarrow ۶\,{}_{۱}^{۱}p + ۶\,{}_{۰}^{۱}n$$

۱) $۷/۷۴ \times ۱۰^{۱۲}$

۲) $۲/۵۸ \times ۱۰^{۷}$

۳) $۵/۴ \times ۱۰^{۱۲}$

۴) $۱/۸ \times ۱۰^{۶}$

۱۰) اگر در واکنش تبدیل هیدروژن به هلیم، ۰/۰۰۲۴ گرم ماده به انرژی تبدیل شود، در این واکنش هسته‌ای، چند کیلوژول انرژی تولید می‌شود و این مقدار انرژی به تقریب چند گرم آهن را ذوب خواهد کرد؟ (برای ذوب‌شدن یک گرم آهن، ۲۴۷ ژول انرژی نیاز است.)

۱) $۸/۷۴۵\times۱۰^{۸}$ ـ $۲/۱۶\times۱۰^{۱۱}$

۲) $۵/۳۳۵\times۱۰^{۸}$ ـ $۲/۱۶\times۱۰^{۸}$

۳) $۵/۳۳۵\times۱۰^{۸}$ ـ $۲/۱۶\times۱۰^{۱۱}$

۴) $۸/۷۴۵\times۱۰^{۸}$ ـ $۲/۱۶\times۱۰^{۸}$

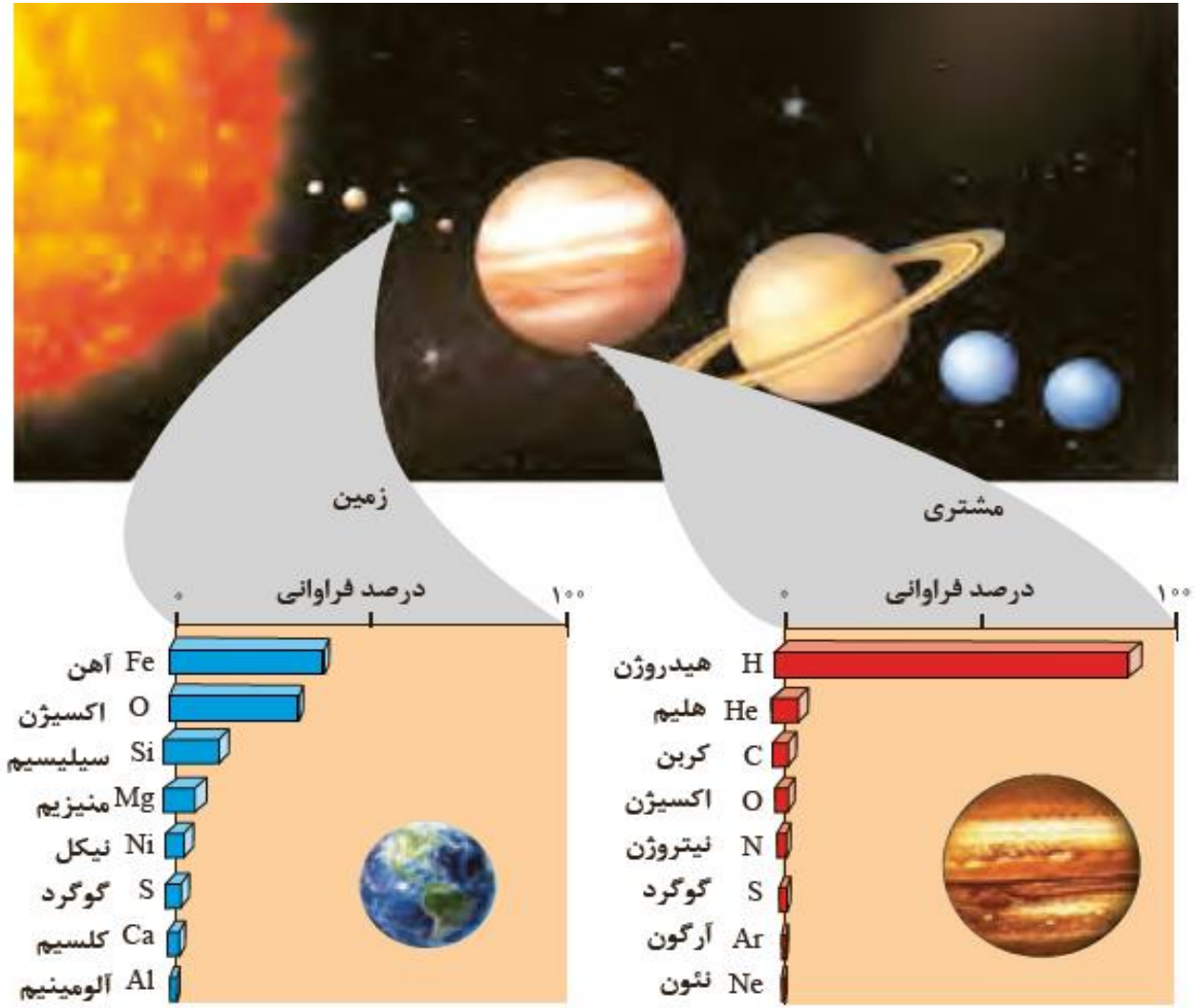
طی تبدیل هر گرم هیدروژن به هلیم در واکنش های هسته‌ای ۲/۴ میلی‌گرم ماده به انرژی تبدیل می‌شود.

چند گرم هیدروژن به هلیم تبدیل شود تا در طی واکنش هسته‌ای $۱۰/۸\times۱۰^{۹}$ کیلوژول انرژی آزاد شود؟

$(C=۳\times۱۰^{۸}m.s^{-۱})$

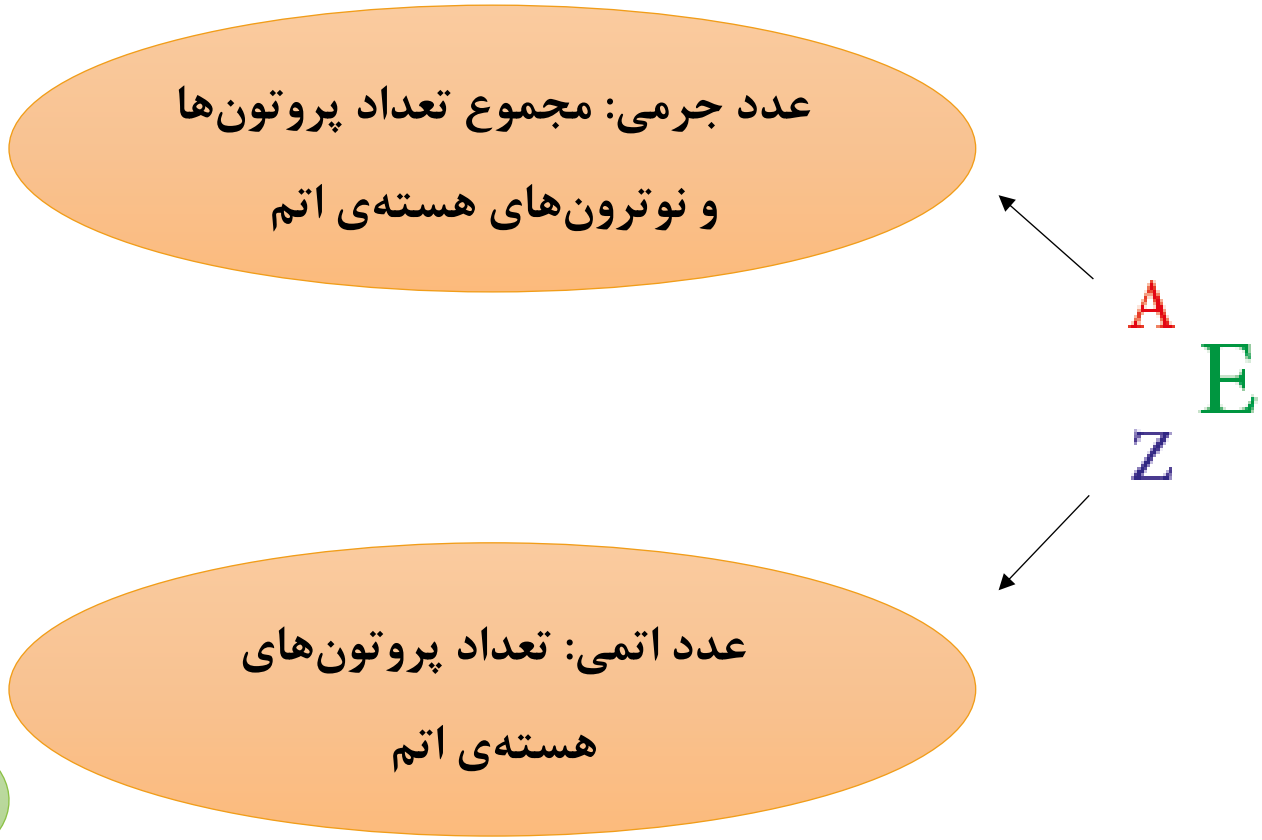
۱) ۰/۰۵ ۲) ۰/۵ ۳) ۵ ۴) ۵۰

شکل زیر عنصرهای سازندهٔ دو سیارهٔ مشتری و زمین را نشان می دهد.



تعداد الکترون‌ها و پروتون‌های یک اتم خنثی برابر هستند.

اگر اتمی یک یا چند الکترون بگیرد به آنیون (یون منفی) و اگر یک یا چند الکترون از دست بدهد به کاتیون (یون مثبت) تبدیل می‌شود.



مثال

$^{56}_{26}Fe$

پروتون	۲۶
نوترون	۳۰
الکترون	۲۶

مثال

$^{65}_{30}Zn^{2+}$

پروتون ۳۰

نوترون ۳۵

الکترون ۲۸

مثال

$^{16}_{8}O^{2-}$

پروتون ۸

نوترون ۸

الکترون ۱۰

۱۶- اگر یون A^{2+} دارای ۱۲۱ نوترون و ۷۸ الکترون و یون B^{3-} دارای ۴۱ نوترون و ۳۶ الکترون باشد، تفاوت عدد اتمی و تفاوت عدد جرمی دو عنصر A و B به ترتیب از راست به چپ، کدام است؟

۱) ۴۷ ـ ۱۲۶
۲) ۴۳ ـ ۱۲۶
۳) ۴۷ ـ ۱۲۷
۴) ۴۳ ـ ۱۲۷

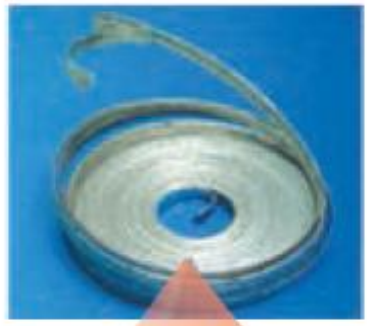
آزمون قلمچی– ۲۱ آذر ۹۳

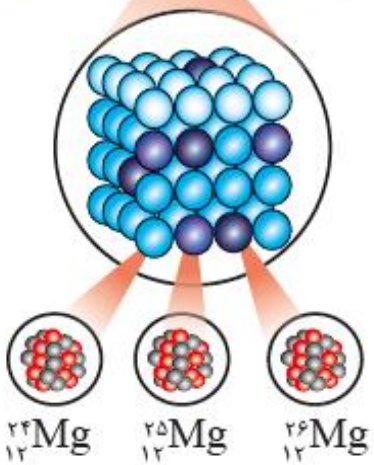
در یون $^{85}X^{+}$ ، اختلاف تعداد نوترون‌ها و الکترون‌ها برابر ۱۲ می‌باشد. عدد اتمی برای اتم خنثی X کدام است؟

۱) ۵۲ ۲) ۳۸ ۳) ۴۴ ۴) ۳۷

اغلب در یک نمونهٔ طبیعی از عنصری معین، اتم‌های سازنده، جرم یکسانی ندارند.

ایزوتوپ (هم‌مکان): اتم‌های یک عنصر که عدد اتمی یکسان و عدد جرمی متفاوت دارند.

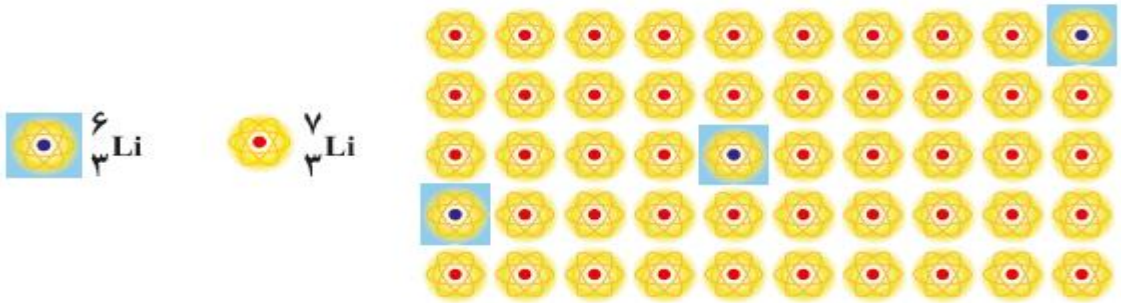




ایزوتوپ‌ها خواص شیمیایی یکسانی دارند، این در حالی است که همین ایزوتوپ‌ها در خواص فیزیکی وابسته به جرم، مانند چگالی با یکدیگر تفاوت دارند.

اغلب عنصرهای طبیعی مخلوطی از چند ایزوتوپ هستند.

به طور مثال



لیتیم دارای دو ایزوتوپ $^{6}_{3}Li$ و $^{7}_{3}Li$ است که با توجه به شکل بالا، درصد فراوانی هر ایزوتوپ را می‌توان حساب کرد.

$$^{6}_{3}Li \text{ درصد فراوانی} = \frac{3}{50} \times 100 = \%\ 6$$

$$^{7}_{3}Li \text{ درصد فراوانی} = \frac{47}{50} \times 100 = \%\ 94$$

هستهٔ **ایزوتوپ‌های ناپایدار**، ماندگار نیست و با گذشت زمان متلاشی می شود. این ایزوتوپ ها پرتوزا هستند و اغلب بر اثر تلاشی افزون بر ذره های پرانرژی، مقدار زیادی انرژی نیز آزاد می‌کنند.

هیدروژن

نماد ایزوتوپ / ویژگی ایزوتوپ	$^{1}_{1}H$	$^{2}_{1}H$	$^{3}_{1}H$	$^{4}_{1}H$	$^{5}_{1}H$	$^{6}_{1}H$	$^{7}_{1}H$
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)

رادیوایزوتوپ‌ها

اغلب هسته‌هایی که نسبت شمار نوترون‌ها به پروتون‌های آنها برابر یا بیش از ۱/۵ باشد، ناپایدارند و با گذشت زمان متلاشی می‌شوند.

$^{5}_{1}H$ $^{6}_{1}H$ $^{4}_{1}H$ $^{7}_{1}H$

کنکور ۹۸ – تجربی داخل

۲۳۹- نسبت شمار نوترون‌ها به شمار پروتون در سنگین‌ترین ایزوتوپ طبیعی عنصر هیدروژن، کدام است؟

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۷

آزمون قلمچی– ۳۱ خرداد ۹۸

اگر تفاوت شمار الکترون‌ها و نوترون‌ها در یون A^{2+}، ۷ برابر تعداد نوترون‌های سنگین‌ترین ایزوتوپ طبیعی هیدروژن باشد و همچنین مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های عنصر A، ۲۴ برابر تعداد نوترون‌های ایزوتوپ ساختگی هیدروژن با بیشترین نیم‌عمر باشد، عدد اتمی عنصر A کدام است؟

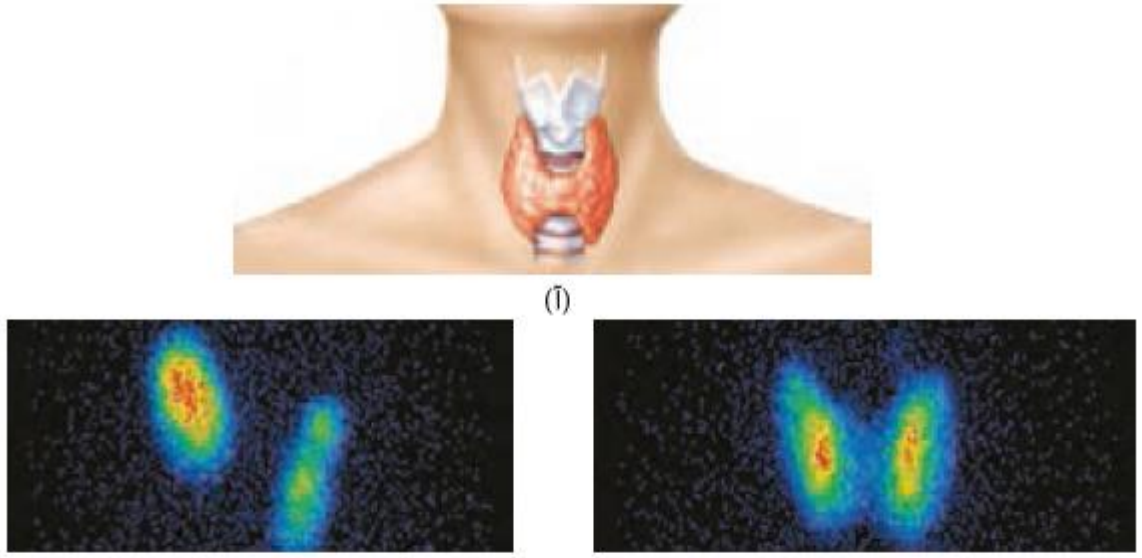
۱) ۴۲ ۲) ۴۳ ۳) ۴۴ ۴) ۴۵

کاربرد رادیوایزوتوپ‌ها

از ۱۱۸ عنصر شناخته شده، تنها ۹۲ عنصر در طبیعت یافت می شود؛ این بدان معنا است که ۲۶ عنصر دیگر ساختگی است.

تکنسیم ($^{99}_{43}Tc$) نخستین عنصری بود که در واکنشگاه (راکتور) هسته‌ای ساخته شد.

تکنسیم در تصویربرداری پزشکی (تصویربرداری از غده‌ی تیروئید) کاربرد ویژه‌ای دارد.



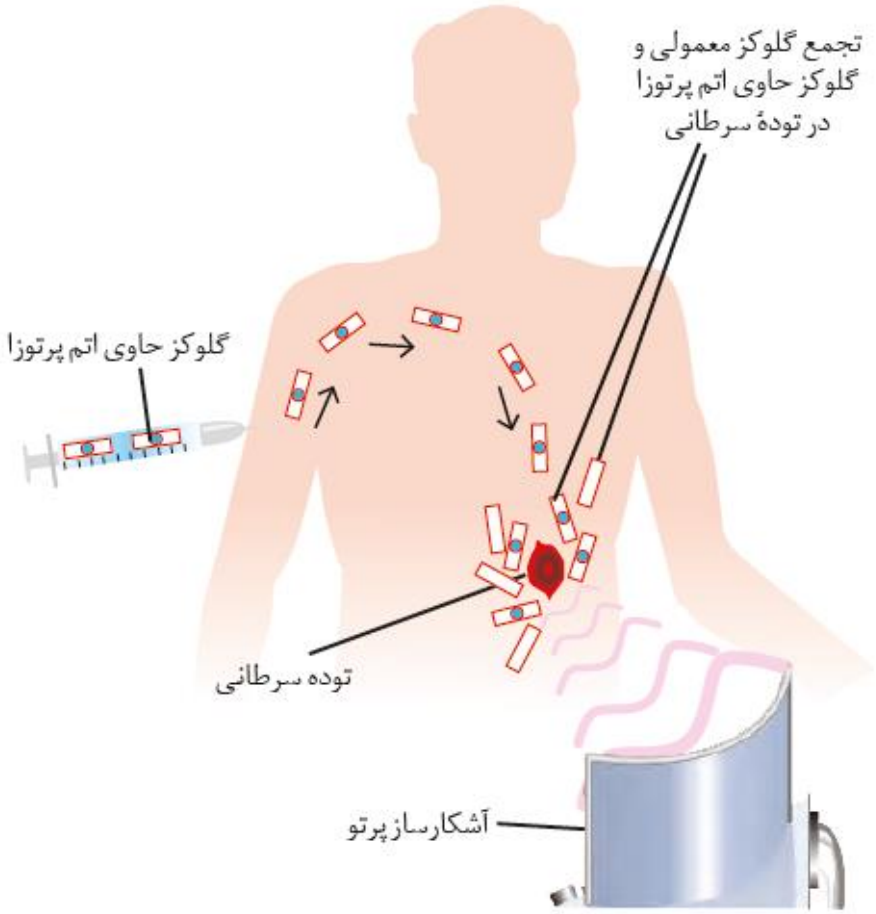
یون یدید با یونی که حاوی تکنسیم است، اندازه‌ی مشابهی دارد و غدهٔ تیروئید هنگام جذب یدید، این یون را نیز جذب می‌کند. با افزایش مقدار این یون در غدهٔ تیروئید، امکان تصویربرداری فراهم می‌شود.

اورانیم شناخته شده ترین فلز پرتوزایی است که یکی از ایزوتوپ‌های آن، اغلب به عنوان سوخت در راکتورهای اتمی به کار می‌رود. این ایزوتوپ $^{235}_{92}U$ بوده که فراوانی آن در مخلوط طبیعی از ۰/۷ درصد کمتر است.

غنی سازی ایزوتوپی

هدف از غنی سازی ایزوتوپی اورانیم، تولید اورانیمی است که دارای درصد بالایی از $^{235}_{92}U$ باشد.

تومه‌های سرطانی، یاخته‌هایی هستند که رشد غیرعادی و سریع دارند. شکل زیر اساس استفاده از رادیو ایزوتوپ‌ها را برای تشخیص تودهٔ سرطانی نشان می‌دهد.



آزمون قلمچی– ۲۰ مهر ۹۷

کدام عبارت درست است؟

۱) برخی از رادیوایزوتوپ‌ها پرتوزا و ناپایدار هستند.

۲) تولید طلا به روش واکنش‌های هسته‌ای به‌جای استخراج آن، صرفه اقتصادی دارد.

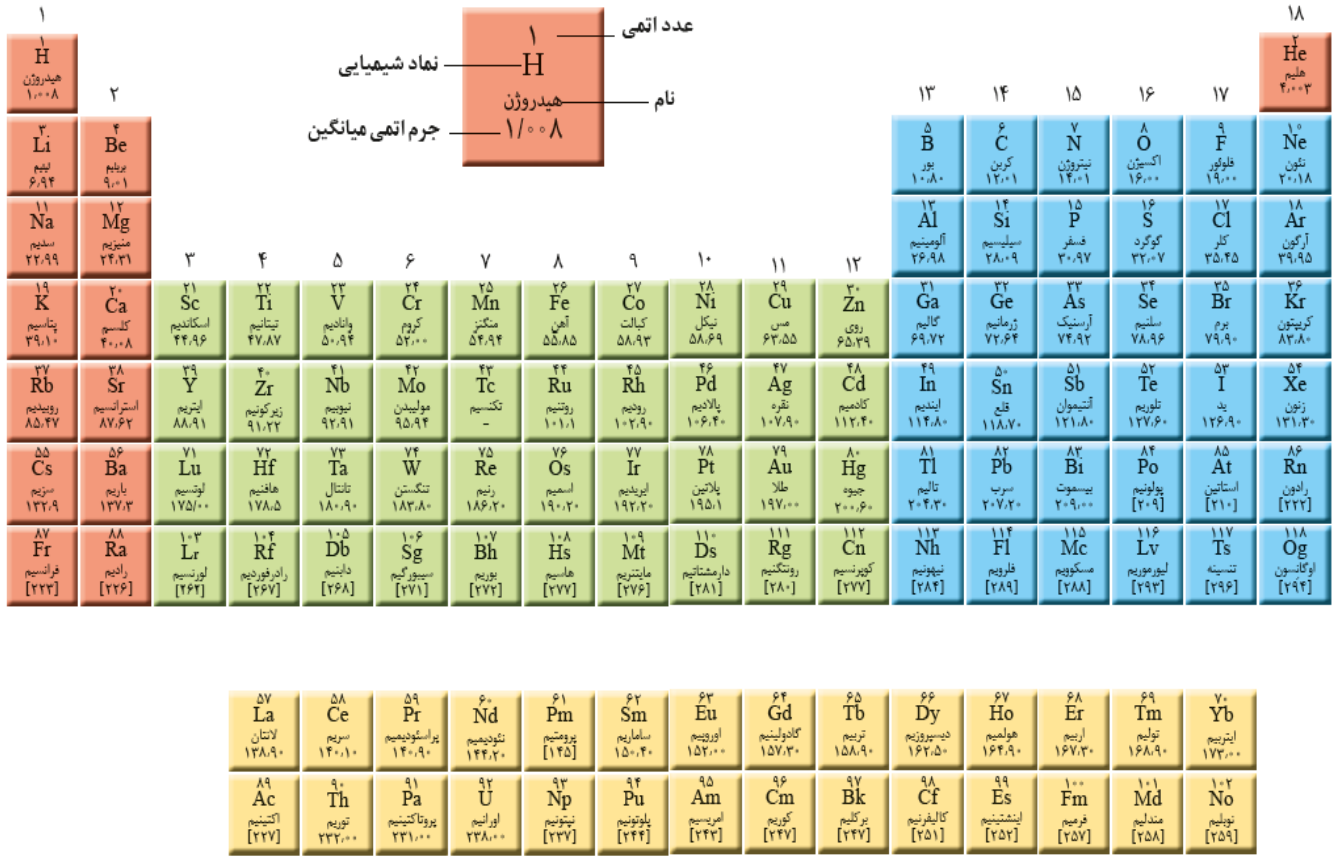
۳) $^{99}_{43}Tc$ شناخته شده ترین فلز پرتوزا است که یکی از ایزوتوپ‌های آن، اغلب به عنوان سوخت در راکتورهای اتمی به‌کار می‌رود.

۴) در میان ۷ ایزوتوپ هیدروژن، ۵ ایزوتوپ ناپایدار وجود دارد.

طبقه‌بندی عنصرها

شیمی‌دان‌ها ۱۱۸ عنصر شناخته شده را در جدولی با چیدمانی ویژه کنار هم قرار داده‌اند.

این جدول دارای ۱۸ گروه (ستون‌های عمودی) و ۷ دوره یا تناوب (ردیف‌های افقی) است که در آن ۱۱۸ عنصر بر حسب افزایش عدد اتمی مرتب شده‌اند.



با پیمایش هر دوره از چپ به راست، خواص عنصرها به طور مشابه تکرار می‌شود؛ از این رو نام این جدول را جدول دوره‌ای (تناوبی) عنصرها گذاشته‌اند.

خواص عنصرهایی که در یک گروه زیر هم قرار می‌گیرند، بسیار شبیه به هم است.

خواص شیمیایی عنصرهایی که در یک دوره از جدول جای دارند، متفاوت است.

چند مورد از عبارت‌های زیر درباره عنصرهای تشکیل دهنده دو سیارهٔ مشتری و زمین صحیح است؟

آ) فراوان‌ترین عنصر موجود در سیارهٔ زمین، آهن و فراوان‌ترین عنصر موجود در سیارهٔ مشتری، هیدروژن است.

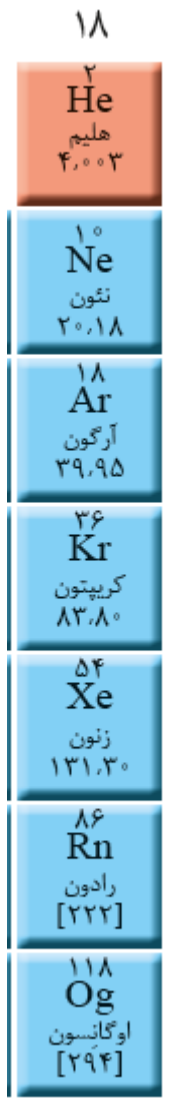
ب) اکسیژن و گوگرد عنصرهایی هستند که در هر دو سیارهٔ زمین و مشتری یافت می‌شوند.

پ) تمامی عنصرهای یافت شده در سیاره مشتری، عنصرهایی در دورهٔ اول و دوم جدول تناوبی هستند.

ت) در میان ۸ عنصر فراوان‌تر کرهٔ زمین، هیچ‌کدام در طبیعت به حالت گاز دیده نمی‌شوند.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

تعیین گروه و دوره‌ی عنصر با توجه به عدد اتمی آن



مثال

$_{8}O$ | دوره : ۲ | گروه : ۱۶

مثال

$_{26}Fe$ | دوره : ۴ | گروه : ۸

آزمون قلمچی– ۹ بهمن ۹۴

خواص شیمیایی عنصر $_{33}As$ به خواص شیمیایی کدام عنصر شباهت بیشتری دارد؟

۱) $_{14}Si$ ۲) $_{53}I$ ۳) $_{51}Sb$ ۴) $_{17}Cl$

اگر عنصر ^{56}X در دورهٔ چهارم و گروه ۸ جدول تناوبی قرار داشته باشد و تعداد نوترون‌های آن، یکی کم‌تر از تعداد نوترون‌های عنصر ^{59}Y باشد، شمارهٔ دوره و گروه عنصر Y کدام است؟ (گزینه‌ها را از راست به چپ بخوانید).

۱) ۴ و ۷ ۲) ۴ و ۱۰ ۳) ۵ و ۷ ۴) ۵ و ۱۰

آزمون قلمچی– ۵ مهر ۹۸

اگر اختلاف تعداد الکترون و نوترون در یون $^{70}X^{3+}$ برابر ۱۱ باشد، عدد اتمی عنصر X کدام است و در کدام گروه از جدول دوره‌ای قرار دارد؟ (گزینه‌ها را از راست به چپ بخوانید.)

۱) ۳۱، ۱۲ ۲) ۳۱، ۱۳ ۳) ۳۹، ۱ ۴) ۳۹، ۲

جرم اتمی عنصرها

جرم اجسام گوناگون را بسته به اندازه و نوع آن‌ها با ترازوهای متفاوتی اندازه‌گیری می‌کنند.

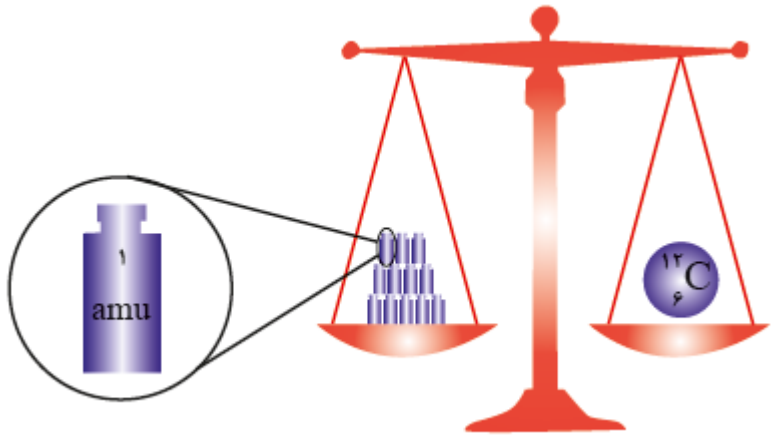
جرم طلا را با ترازوهای دقیق تر و یکای گرم

جرم هندوانه را با ترازوی معمولی و یکای کیلوگرم

جرم یک کامیون را با باسکول و یکای تن

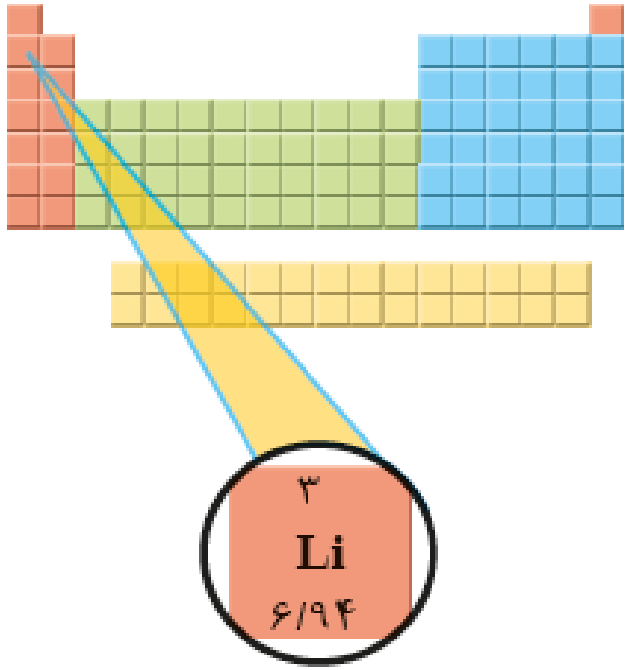
اتم ها بسیار ریزند به طوری که نمی‌توان آنها را به طور مستقیم مشاهده و جرم آنها را اندازه گیری کرد؛ به همین دلیل دانشمندان مقیاس جرم نسبی را برای تعیین جرم اتم ها به کار می برند.

مطابق این مقیاس، جرم اتم ها را با وزنه ای می سنجند که جرم آن $\frac{۱}{۱۲}$ جرم ایزوتوپ کربن–۱۲ است. به این وزنه، یکای جرم اتمی (amu) می‌گویند.



با تعریف amu، شیمی‌دان‌ها موفق شدند جرم اتمی دیگر عنصرها و همچنین جرم ذره‌های زیراتمی را اندازه گیری کنند. در این مقیاس جرم پروتون و نوترون در حدود ۱ amu بوده در حالی که جرم الکترون ناچیز و در حدود $\frac{۱}{۲۰۰۰}$ amu است.

با توجه به جرم نسبی پروتون و نوترون که هر کدام حدود ۱ amu است، جرم نسبی یک اتم را به تقریب معادل عدد جرمی آن در نظر می‌گیرند. با این توصیف جرم اتم $^{۷}_{۳}Li$ را می‌توان ۷ amu در نظر گرفت.



برخی ویژگی‌های ذره‌های زیراتمی

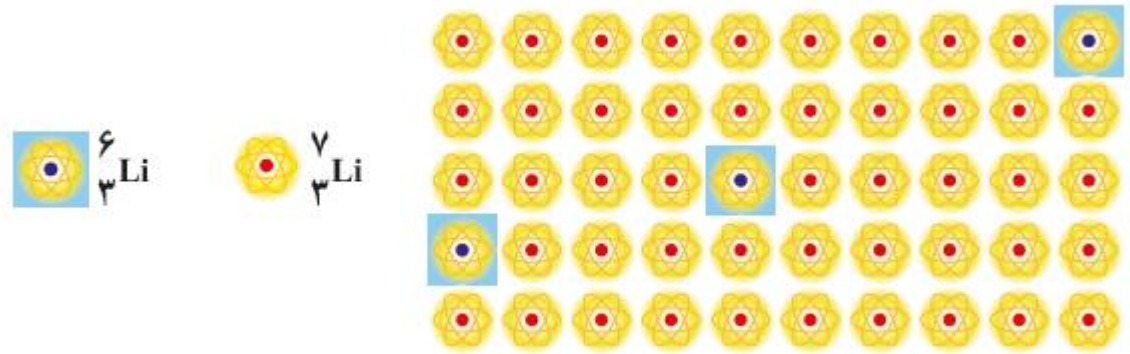
نام ذره	نماد*	بار الکتریکی نسبی	جرم (amu)
الکترون	$^{۰}_{-۱}e$	-۱	۰/۰۰۰۵
پروتون	$^{۱}_{+۱}p$	+۱	۱/۰۰۷۳
نوترون	$^{۱}_{۰}n$	۰	۱/۰۰۸۷

$$\overline{M} = \frac{M_1 a_1 + M_2 a_2 + \cdots}{a_1 + a_2 + \cdots}$$

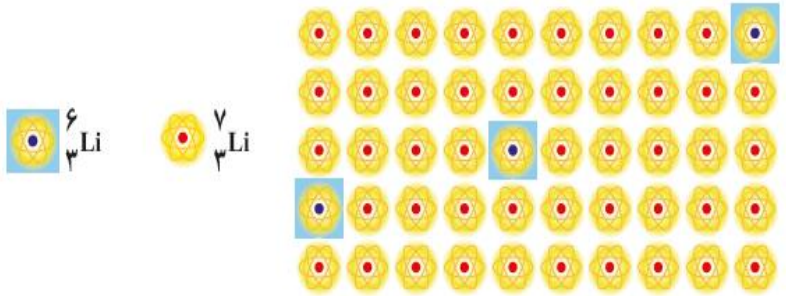
جرم اتمی میانگین

M_1 و M_2 جرم اتمی ایزوتوپ اول و ایزوتوپ دوم

a_1 و a_2 فراوانی ایزوتوپ اول و ایزوتوپ دوم



مثال



$$\frac{(7 \times 47) + (6 \times 3)}{47 + 3} = 6/94$$

$$^{6}_{3}Li \text{ درصد فراوانی} = \frac{3}{50} \times 100 = \%\ 6$$

$$^{7}_{3}Li \text{ درصد فراوانی} = \frac{47}{50} \times 100 = \%\ 94$$

شمارش ذره‌ها از روی جرم آن‌ها

از روی جرم مواد می توان شمار ذره های سازنده را شمارش کرد.

مثال

۴۵۰/۰۳

جرم مهره‌های داخل ظرف

۱۸۹۵/۷۶ − ۴۵۰/۰۳

۱۴۴۵/۷۳

جرم هر مهره به طور میانگین

۴/۲۹ g

۱۴۴۵/۷۳ ÷ ۴/۲۹ = ۳۳۷

اتم ها به طور باور نکردنی ریز هستند به طوری که نمی توان با هیچ دستگاهی و شمارش تک تک آنها، شمار آنها را به دست آورد؛ اما دریافتید که از روی جرم مواد می توان شمار ذره های سازنده را شمارش کرد.

مشکل

جرم عنصرها بر حسب واحد جرم اتمی (amu)

$$1\ \text{amu} = 1/66 \times 10^{-24}\ \text{g}$$

شیمی‌دان‌ها تعدادی از اتم‌ها را انتخاب کردند که جرم آن‌ها بر حسب گرم، معادل جرم یک اتم بر حسب واحد جرم اتمی (amu) باشد.

آن‌ها متوجه شدند که $۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}$ اتم از هر عنصر، جرمی بر حسب گرم دارد که معادل جرم اتم آن عنصر بر حسب واحد جرم اتمی (amu) است.

شیمی‌دان‌ها به $۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}$ از هر ذره، یک مول از آن ذره می‌گویند به طوری که جرم یک مول ذره بر حسب گرم، جرم مولی آن نامیده می‌شود. همچنین این عدد ($۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}$)، عدد آووگادرو نامیده می‌شود.

N_A

جرم اتمی ۱۲amu C ۱ اتم

جرم مولی ۱۲ g C 6.02×10^{23} اتم

1mol

جرم اتمی ۱۶amu O ۱ اتم

جرم مولی ۱۶ g O 6.02×10^{23} اتم

1mol

جرم مولکولی ۲۸amu CO ۱ مولکول

جرم مولی ۲۸ g 6.02×10^{23} مولکول

1mol

۹۰ گرم H_2O چند مول و چند مولکول است؟

($H=1$, $O=16$ g/mol)

۴۸ گرم CH_4 چند مول و چند مولکول است؟

($H=1$, $C=12$ g/mol)

$۳/۰۱ \times ۱۰^{۲۰}$ مولکول NH_3 چند مول و چند گرم است؟ ($H=۱$, $N=۱۴$ g/mol)

$۱۸/۰۶ \times ۱۰^{۲۵}$ مولکول CO_2 چند مول و چند گرم است؟ ($C=۱۲$, $O=۱۶$ g/mol)

۳٫۵ مول CH_3OH چند گرم و چند مولکول است؟ ($H=1$, $C=12$, $O=16$ g/mol)

۶ مول $C_6H_{12}O_6$ چند گرم و چند مولکول است؟ ($H=1$, $C=12$, $O=16$ g/mol)

در ۸۰۰ گرم SO_3 چند اتم اکسیژن وجود دارد؟ ($O=16$ ، $S=32$ گرم/مول)

در ۲۱۶ گرم N_2O_5 چند مول اتم نیتروژن و چند اتم اکسیژن وجود دارد؟ ($N=14$ ، $O=16$ گرم/مول)

آزمون قلم‌چی– سال ۹۷

در ۶۸۴ گرم آلومینیم سولفات ($Al_2(SO_4)_3$)، چه تعداد اتم گوگرد وجود دارد؟

(Al=۲۷,S=۳۲,O=۱۶:g.mol^{-1})

۱) $۳۶/۱۲\times۱۰^{۲۳}$

۲) $۴۰/۷\times۱۰^{۲۳}$

۳) $۳/۶۱۲\times۱۰^{۲۳}$

۴) $۴/۰۷\times۱۰^{۲۲}$

آزمون قلم‌چی– سال ۹۶

نسبت تعداد اتم‌ها در ۰/۴ گرم کلسیم به تعداد اتم‌ها در ۰/۲ گرم منیزیم، کدام است؟

$(Ca = ۴۰ , Mg = ۲۴ : g.mol^{-۱}$

۱) ۰/۲ ۲) ۰/۶ ۳) ۱/۲ ۴) ۲/۸

آزمون قلم‌چی– سال ۹۲

ترکیبی از فسفر و کلر با فرمول PCl_x داریم. اگر جرم $۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۰}$ مولکول از آن برابر $۰/۲۰۸۵\ g$ باشد، x کدام است؟

$(Cl = ۳۵/۵\ amu\ ,\ P = ۳۱\ amu)$

۱) ۲ ۲) ۳ ۳) ۴ ۴) ۵

آزمون قلم‌چی– سال ۹۴

اتم X دارای ۲ ایزوتوپ به جرم‌های ۳۱ amu و ۳۲ amu است، اگر از هر ۲۰ اتم X، ۱۵ اتم آن را ایزوتوپ سنگین‌تر و ۵ اتم آن را ایزوتوپ سبک‌تر تشکیل دهد، جرم اتمی میانگین اتم X چند amu است؟

۱) ۳۱/۳۵ ۲) ۳۱/۷۵ ۳) ۳۰/۳۵ ۴) ۳۱/۶۵

آزمون قلم‌چی– سال ۹۶

آلیاژی از آهن و مس حاوی ۳۰ درصد وزنی مس می‌باشد. نسبت تعداد اتم‌های آهن به تعداد اتم‌های مس در این آلیاژ کدام است؟

$(Cu = ۶۴ \text{ و } Fe = ۵۶ : g.mol^{-۱})$

۱) $\frac{۳}{۷}$

۲) $\frac{۷}{۳}$

۳) $\frac{۳}{۸}$

۴) $\frac{۸}{۳}$

آزمون قلم‌چی– سال ۹۷

نمونه‌ای شامل $۱۲/۰۴ \times ۱۰^{۲۱}$ مولکول از گاز کلر، ۰/۱۲ مول گاز گوگرد دی‌اکسید و $۱/۵۰۵ \times ۱۰^{۲۲}$ مولکول اکسیژن، چند گـــرم جرم دارد؟

$$(S = ۳۲, O = ۱۶, Cl = ۳۵/۵ : g.mol^{-۱})$$

۱) ۹/۵ ۲) ۱۱/۳۲ ۳) ۹/۹ ۴) ۱۰/۹۲

آزمون قلم‌چی– سال ۹۸

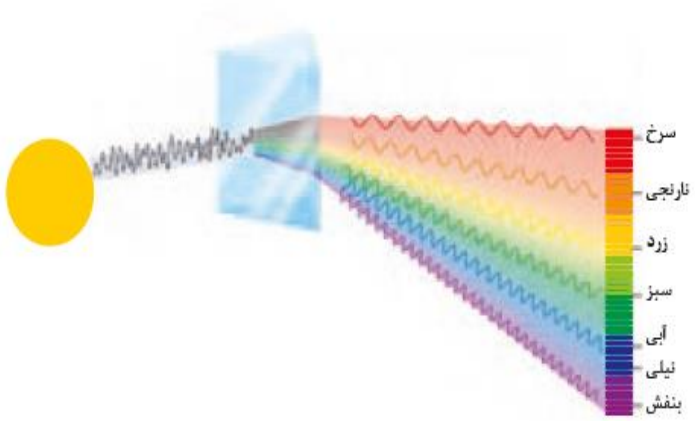
اگر در ۴/۱۷ گرم از ترکیب PCl_x، $۱/۲۰۴\times۱۰^{۲۲}$ اتم فسفر وجود داشته باشد، تعداد اتم‌های کلر موجود در ۰/۰۲ مول از این ترکیب کدام است؟ $(P=۳۱, Cl=۳۵/۵ : g.mol^{-۱})$

۱) $۶/۰۲\times۱۰^{۲۲}$ ۲) $۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}$ ۳) $۳/۶۱۳\times۱۰^{۲۲}$ ۴) $۳/۶۲۳\times۱۰^{۲۳}$

نور، کلید شناخت جهان

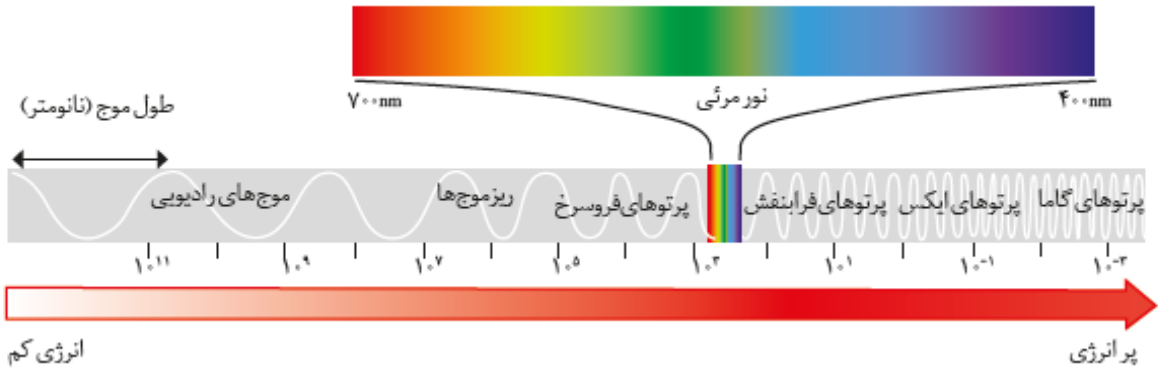
دانشمندان؛ اجزای سازنده و دمای خورشید و ستارگان را با استفاده از نوری که از آن‌ها به ما می‌رسد، تعیین می‌کنند.

نور خورشید، اگرچه سفید به نظر می رسد اما با عبور از قطره‌های آب موجود در هوا، تجزیه می‌شود و گستره‌ای پیوسته از رنگ‌ها را ایجاد می‌کند. این گسترهٔ رنگی، شامل بی نهایت طول موج از رنگ‌های گوناگون است.



چشم ما تنها می تواند گسترهٔ محدودی از نور را ببیند، که به آن گسترهٔ مرئی می‌گویند.

بررسی‌ها نشان می دهد که نور خورشید شامل گسترهٔ بسیار بزرگ‌تری از این پرتو هاست (از پرتوهای گاما تا امواج رادیویی). پرتو هایی که از نوع پرتوهای الکترومغناطیسی است و با خود انرژی حمل می‌کند به طوری که هر چه طول موج آن کوتاه‌تر باشد، انرژی بیشتری با خود حمل می‌کند؛ برای نمونه انرژی نور آبی از نور سرخ بیشتر است.



نشر نور و طیف نشری

بسیاری از نمک‌ها شعلهٔ رنگی دارند، به طوری که اگر مقداری از محلول نمک را با افشانه روی شعله بپاشیم، رنگ شعله تغییر می کند.

مثال

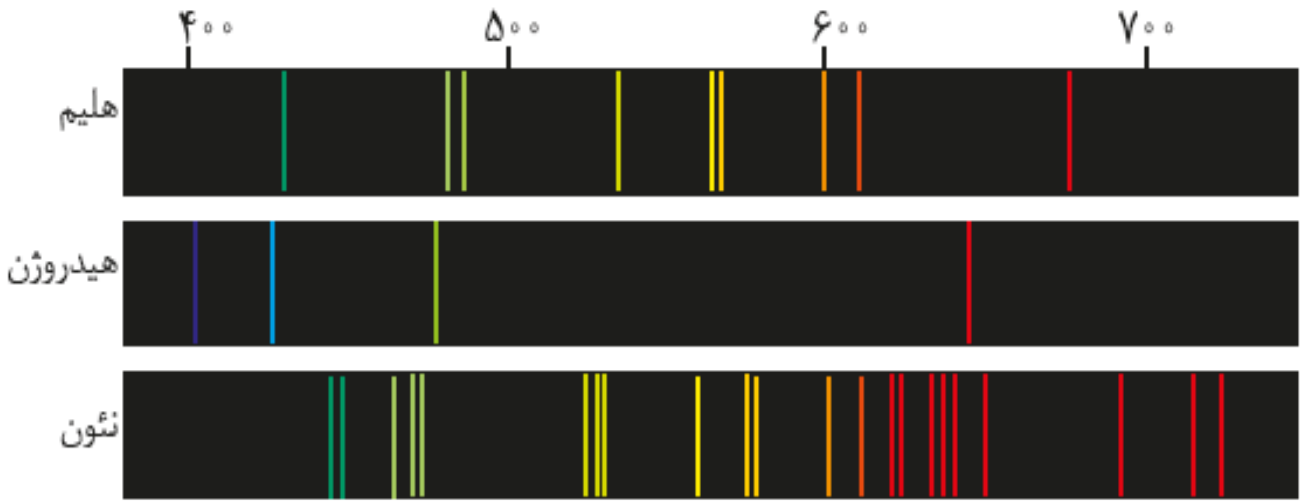
سبز	زرد	سرخ
مس (II) نیترات	سدیم نیترات	لیتیم نیترات
مس (II) کلرید	سدیم کلرید	لیتیم کلرید
مس (II) سولفات	سدیم سولفات	لیتیم سولفات
فلز مس	فلز سدیم	فلز لیتیم

شیمی دان ها به فرایندی که در آن یک مادهٔ شیمیایی با جذب انرژی، از خود پرتوهای الکترومغناطیس گسیل می دارد، نشر می‌گویند.

اگر نور نشر شده از یک ترکیب لیتیم دار در شعله را از یک منشور عبور دهیم، الگویی مانند شکل زیر به دست می آید که به آن طیف نشری خطی لیتیم می گویند.

از آنجا که طیف نشری خطی لیتیم در گسترهٔ مرئی، تنها شامل چهار خط یا طول موج رنگی است به آن طیف خطی می گویند.

بررسی ها نشان می دهد که هر عنصر، طیف نشری خطی ویژهٔ خود را دارد و مانند اثر انگشت ما، می توان از آن طیف برای شناسایی عنصر استفاده کرد.



کدام مطلب نادرست است؟

۱) نمک‌های مس، اگر در شعله قرار گیرند، رنگ آبی شعله به سبزی می‌گراید.

۲) خط‌های طیف نشری همه‌ی عنصرها در ناحیه مرئی قرار دارند.

۳) در طیف نشری خطی هیدروژن چهار خط یا نوار رنگی وجود دارد.

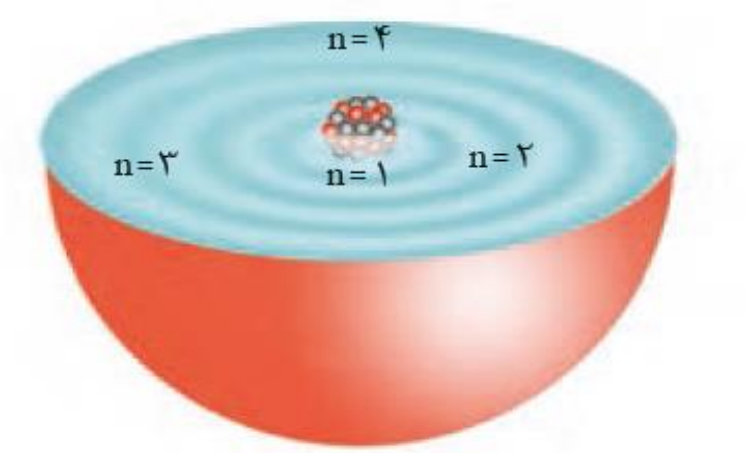
۴) بررسی طیف نشری خطی یک نمونه، می‌تواند به شناسایی فلزهای موجود در آن کمک کند.

کشف ساختار اتم

نیلز بور با مطالعه‌ی طیف نشری خطی گاز هیدروژن و با کمک طول موج خط‌های مشاهده شده در ناحیه‌ی مرئی این عنصر، توانست مدلی برای اتم هیدروژن ارائه کند.

مدل بور با موفقیت توانست طیف نشری خطی هیدروژن را توجیه کند اما توانایی توجیه طیف نشری خطی دیگر عنصرها را نداشت.

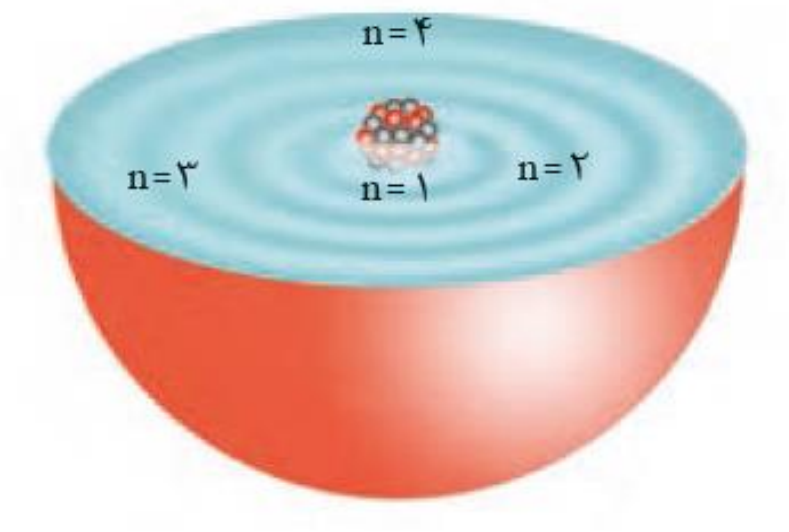
دانشمندان به دنبال توجیه و علت ایجاد طیف نشری خطی دیگر عنصرها و نیز چگونگی نشر نور از اتم ها، ساختاری لایه ای برای اتم (مدل کوانتومی اتم) ارائه کردند.



ساختار لایه‌ای اتم

در مدل کوانتومی اتم، هسته در مرکز آن قرار دارد و الکترون‌ها در لایه‌هایی پیرامون هسته توزیع می‌شوند. شماره‌ی هر لایه را با n نمایش می‌دهند. n، عدد کوانتومی اصلی نامیده می‌شود.

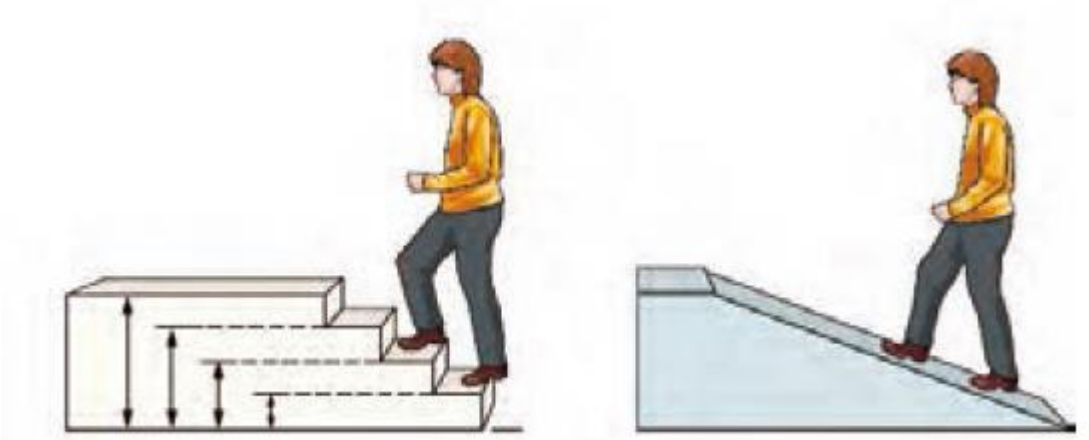
در مدل کوانتومی اتم، هر بخش پررنگ، مهم ترین بخش از یک لایهٔ الکترونی را نشان می دهد. بخشی که الکترون های آن لایه، بیشتر وقت خود را در آن فاصله از هسته سپری می‌کنند به این معنا که الکترون در هر لایه ای که باشد در همهٔ نقاط پیرامون هسته حضور می یابد اما در محدودهٔ یاد شده احتمال حضور بیشتری دارد.

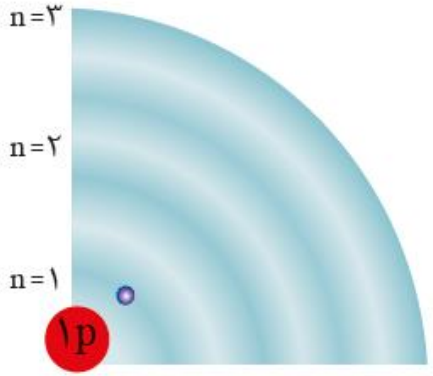


ساختار لایه‌ای اتم

نکتهٔ مهم و جالب توجه در این مدل، کوانتومی بودن دادوستد انرژی هنگام انتقال الکترون از یک لایه به لایهٔ دیگر است. در واقع الکترون هنگام انتقال از یک لایه به لایهٔ دیگر، انرژی را به صورت پیمانه ای یا بسته های معین، جذب یا نشر می‌کند.

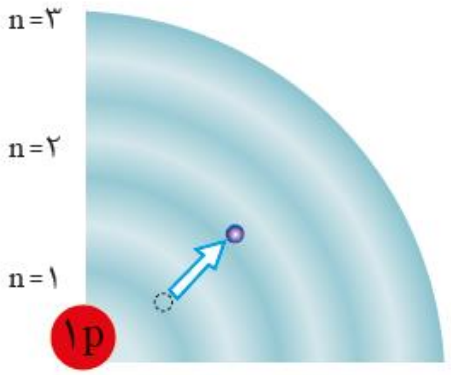
برای درک بهتر مفهوم کوانتومی بودن انرژی، تصور کنید برای رسیدن به بالای یک بلندی دو راه وجود دارد:



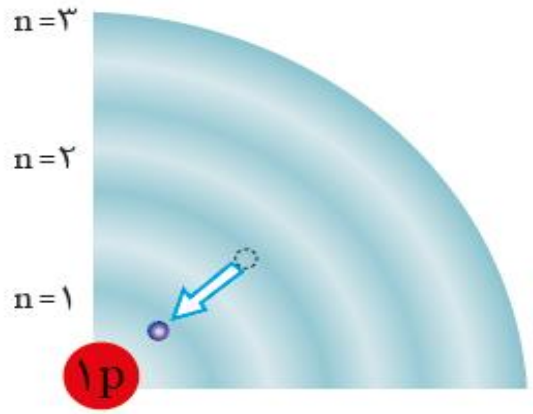


در مدل کوانتومی اتم، الکترون ها در هر لایه، آرایش و انرژی معینی دارند و اتم از پایداری نسبی برخوردار است به طوری که گفته می‌شود اتم در حالت پایه قرار دارد.

حال اگر به اتم‌ها در حالت پایه انرژی داده شود، الکترون‌های آنها با جذب انرژی به لایه‌های بالاتر انتقال می یابد. به اتم‌ها در چنین حالتی، اتم های برانگیخته می‌گویند.

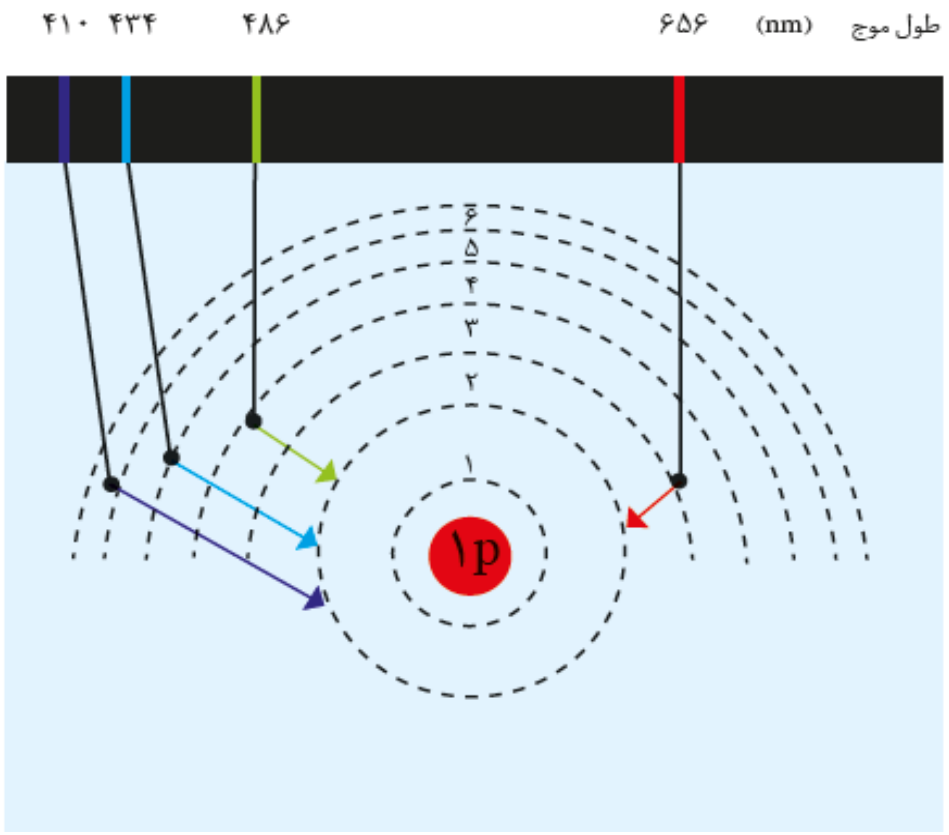


اتم‌های برانگیخته پرانرژی و ناپایدارند؛ از این رو تمایل دارند دوباره با از دست دادن انرژی به حالت پایدارتر و در نهایت به حالت پایه برگردند.



از آنجاکه برای الکترون، نشر نور، مناسب ترین شیوه برای از دست دادن انرژی است، الکترون ها در اتم برانگیخته، هنگام بازگشت به حالت پایه، نوری با طول موج معین نشر می کنند.

اینک می‌توان گفت هر نوار رنگی در طیف نشری خطی هر عنصر، پرتوهای نشر شده هنگام بازگشت الکترون‌ها را از لایه های بالاتر به لایه های پایین‌تر نشان می‌دهد.



کدام یک از مطالب زیر نادرست می‌باشد؟

۱) رنگ شعله‌ی ترکیب‌های مس (II) نیترات و لیتیم نیترات به ترتیب سبز و سرخ می‌باشد.

۲) در اتم هیدروژن هر چه به سمت لایه‌های پرانرژی‌تر پیش می‌رویم، اختلاف انرژی بین لایه‌ها کاهش می‌یابد.

۳) طیف نشری خطی هلیم و هیدروژن در ناحیه‌ی مرئی دارای چهار خط می‌باشد.

۴) نور زرد لامپ‌هایی که شب هنگام خیابان‌ها را روشن می‌سازد، به دلیل وجود بخار سدیم آن‌ها می‌باشد.

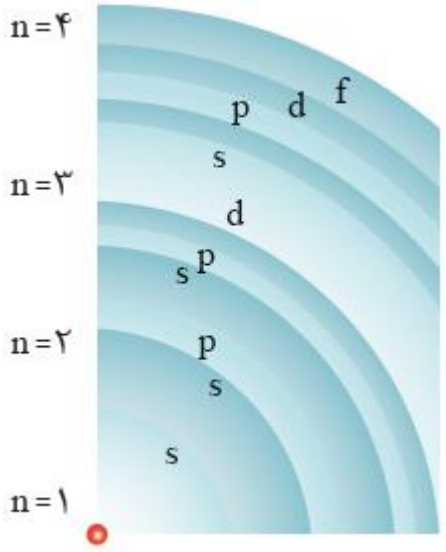
توزیع الکترون‌ها در لایه‌ها و زیر لایه‌ها

شماره‌ی لایه‌ی الکترونی را با n مشخص می‌کنیم و هر لایه، ظرفیت $2n^2$ الکترون را دارد. مثلا ظرفیت الکترونی لایه‌ی دوم ($n = 2$) برابر ۸ الکترون ($2 \times 2^2 = 8$) است.

هر لایه با شماره‌ی n دارای n زیر لایه است. در مدل کوانتومی اتم به هر نوع زیر لایه یک عدد کوانتومی نسبت می دهند. این عدد کوانتومی با نماد l نشان داده شده و عدد کوانتومی فرعی نامیده می‌شود. مقادیر معین و مجاز آن به صورت زیر است:

$l = 0, 1, \ldots\ldots$ و $n-1$

$4l + 2$				
۲	۶	۱۰	۱۴	
s	p	d	f	
0	۱	۲	۳	



زیرلایه‌های موجود در چهار لایهٔ الکترونی

مقدار n و l برای زیر لایه‌ها در سه لایهٔ الکترونی نخست

عدد کوانتومی اصلی	تعداد زیرلایه	عدد کوانتومی فرعی	نماد زیرلایه
n = ۱	۱	l = ۰	۱s
n = ۲	۲	l = ۰	۲s
		l = ۱	۲p
n = ۳	۳	l = ۰	۳s
		l = ۱	۳p
		l = ۲	۳d

چه تعداد از موارد زیر نادرست است؟

الف) حداکثر تعداد الکترونی که زیرلایه‌ای با عدد کوانتومی فرعی $l = ۳$ در خود جای می‌دهد ۱۰ عدد است.

ب) حداکثر تعداد الکترون‌های موجود در آخرین زیرلایه‌ی هر لایه‌ی الکترونی برابر $۲(۲n+۱)$ است.

پ) اگر با صرف انرژی ، الکترون اتم هیدروژن را از حالت پایه به حالت برانگیخته ببریم، هر چه فاصله‌ی الکترون از هسته بیش‌تر باشد، هنگام برگشت به حالت پایه نور با طول موج بلندتری را از خود ساطع می‌کند.

ت) اگر محلول نمک‌های حاوی مس، لیتیم و سدیم را با افشانه روی شعله بپاشیم، رنگ شعله را به ترتیب به سبز، زرد و سرخ تغییر می‌دهد.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

آزمون کانون – ۲۳ آبان ۹۳

براساس مدل کوانتومی، کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح نیست؟

۱) انرژی الکترون موجود در لایه‌ی چهارم بیش‌تر از لایه‌ی دوم است.

۲) الکترون معمولا در پایین‌ترین تراز انرژی ممکن قرار دارد.

۳) هنگامی که الکترون از لایه‌ی سوم به لایه‌ی اول بر می‌گردد، انرژی بیش‌تری نسبت به برگشت از لایه‌ی دوم به لایه‌ی اول آزاد می‌کند.

۴) اختلاف انرژی بین لایه‌های ۲ و ۳ کمتر از اختلاف انرژی بین لایه‌های ۳ و ۴ است.

آزمون کانون – ۸ بهمن ۹۵

طبق مدل کوانتومی اتم، کدام گزینه صحیح نیست؟

۱) الکترون‌ها در هر لایه، آرایش و انرژی معینی دارند.

۲) انرژی الکترون‌ها در اتم، با افزایش فاصله از هسته فزونی می‌یابد.

۳) الکترون‌ها در هر لایه، فقط در محدوده‌ی مشخصی می‌توانند قرار گیرند.

۴) اتم‌های برانگیخته تمایل دارند دوباره با از دست دادن انرژی به حالت پایدار برگردند.

کدام گزینه طول موج انتقال الکترون را از لایه‌ی چهارم به لایه‌ی دوم در اتم هیدروژن نشان می‌دهد؟

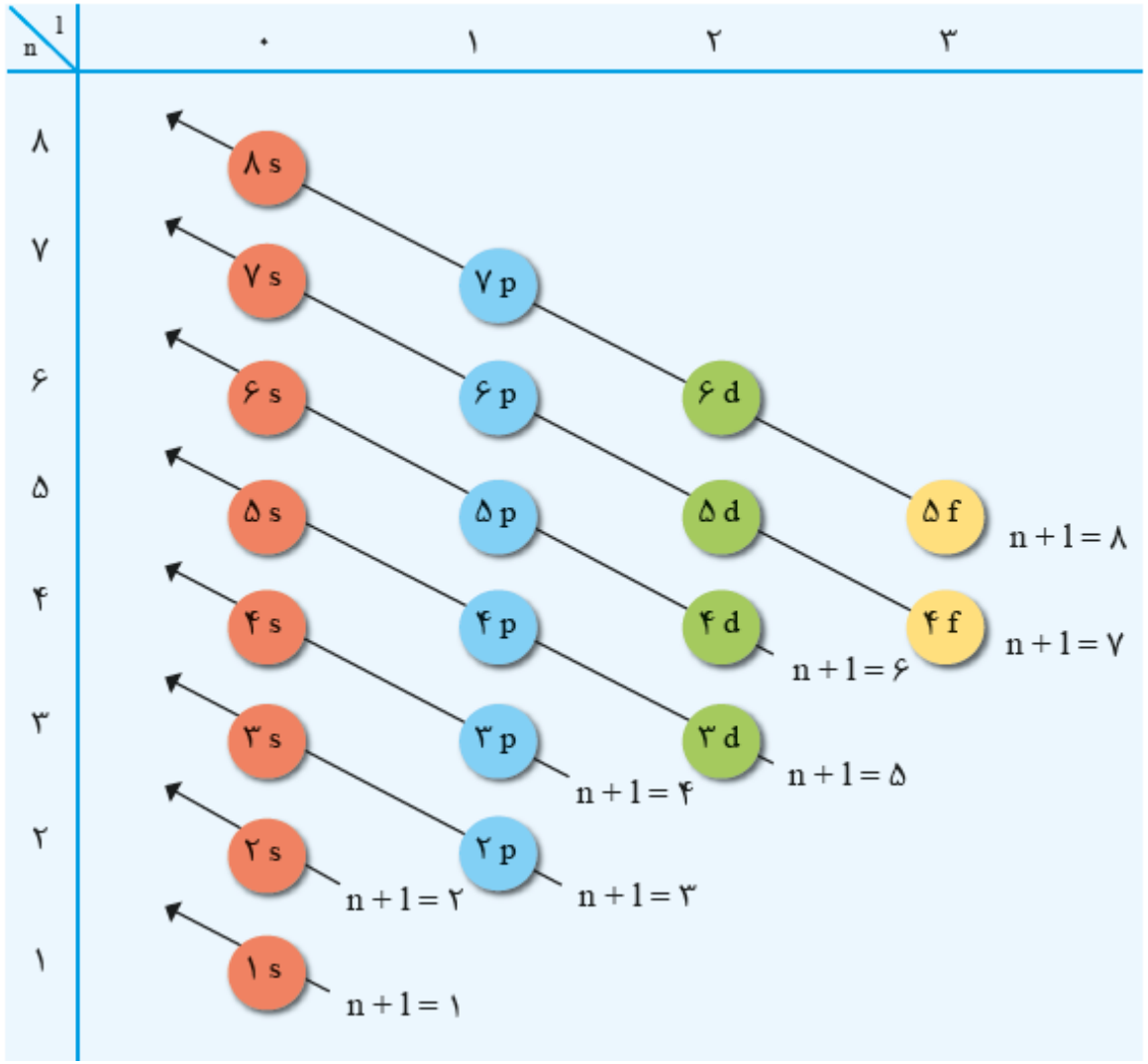
۱) ۴۸۶ ۲) ۶۵۶ ۳) ۴۳۴ ۴) ۴۱۰

آرایش الکترونی اتم

مطابق قاعدهٔ آفبا، هنگام افزودن الکترون به زیرلایه‌ها، نخست زیرلایه‌های نزدیکتر به هسته پر می‌شود که دارای انرژی کمتری است و سپس زیر لایه های بالاتر پر خواهد شد.

انرژی زیرلایه‌ها به n و n+1 وابسته است به‌طوری که اگر n+1 برای دو یا چند زیرلایه یکسان باشد، زیرلایه با n بزرگ‌تر، انرژی بیشتری دارد.

ترتیب پر شدن زیرلایه های الکترونی در اتم بر طبق قاعدهٔ آفبا:



$_{4}Be: 1s^2\ 2s^2$

$_{11}Na: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1$

$_{15}P: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^3$

$_{20}Ca: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2$

$_{22}Ti: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6 3d^2\ 4s^2$

داده های طیف سنجی نشان می دهد که آرایش الکترونی برخی اتم‌ها از قاعدهٔ آفبا پیروی نمی‌کند.

آرایش الکترونی فشرده

از آن جا که لایه های الکترونی در گازهای نجیب (هلیم He، نئون Ne، آرگون Ar، کریپتون Kr، زنون Xe و رادون Rn) پر هستند معمولاً برای خلاصه تر کردن آرایش های الکترونی، به جای لایه های الکترونی پر شده نماد شیمیایی گاز نجیب با همان تعداد الکترون را درون یک کروشه قرار می‌دهند.

مثال

$_{24}Cr : 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^4\ 4s^2 \Rightarrow 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^5\ 4s^1$

$_{29}Cu : 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^9\ 4s^2 \Rightarrow 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^1$

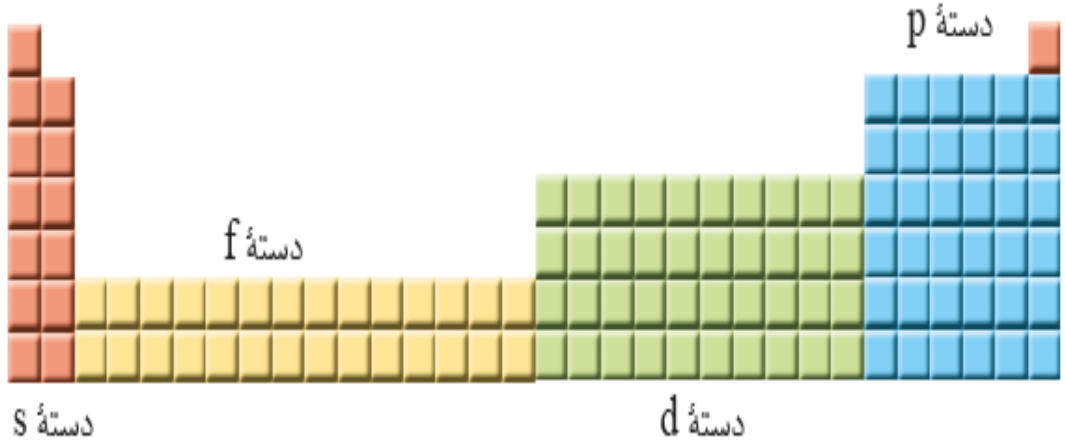
مثال

$_{19}K : 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1 = [Ar]\ 4s^1$

اهمیت آرایش الکترونی فشرده به دلیل نمایش آرایش الکترون‌ها در بیرونی ترین لایه به نام لایهٔ ظرفیت اتم است. لایهٔ ظرفیت یک اتم، لایه ای است که الکترون‌های آن، رفتار شیمیایی اتم را تعیین می‌کند. به الکترون‌های این لایه، الکترون‌های ظرفیت اتم می‌گویند.

به عنصرهایی که زیر لایه d آن‌ها در حال پر شدن است، عناصر واسطه می‌گویند. الکترون‌های موجود در این زیر لایه و زیر لایه s بعد از آن ($[n-1]d\ ns$) را ***الکترون‌های ظرفیتی*** می‌گویند.

به عنصرهایی که زیر لایه s آنها در حال پر شدن است، عناصر اصلی دسته s می‌گویند. الکترون یا الکترون‌های موجود در این زیر لایه را ***الکترون‌های ظرفیتی*** می‌گویند.



به عنصرهایی که زیر لایه p آنها در حال پر شدن است، عناصر اصلی دسته p می‌گویند. مجموع الکترون‌های موجود در این زیر لایه و زیر لایه s قبل از آن ($ns\ np$) را ***الکترون‌های ظرفیتی*** می‌گویند.

تعیین موقعیت عنصرها در جدول دوره‌ای عنصرها

در آرایش الکترونی یک عنصر، بزرگترین عدد کوانتومی اصلی (n)، بزرگترین ضریب در آرایش الکترونی، شماره دوره (تناوب) عنصر در جدول تناوبی را نشان می‌دهد.

شماره گروه یک عنصر به صورت زیر تعیین می‌شود:

عناصر دسته s : شماره گروه برابر با الکترون‌های زیر لایه ns

عناصر دسته d : شماره گروه برابر با مجموع الکترون‌های زیر لایه‌های ns و (n - ۱)d

عناصر دسته p : شماره گروه برابر با مجموع الکترون‌های زیر لایه‌های ns np + ۱۰

آزمون کانون – ۱۱ مهر ۹۴

کدام آرایش الکترونی زیر، برای الکترون‌های ظرفیت یک اتم خنثی در حالت پایه درست است؟

۱) $3s^2\ 3d^1$　　۲) $3s^2\ 3p^6\ 3d^1$　　۳) $3d^9\ 4s^2$　　۴) $3d^5\ 4s^1$

آزمون کانون – ۱۰ دی ۹۴

اگر تعداد الکترون‌ها در ترازهای الکترونی $4s$ و $3d$ اتم خنثی عنصری با هم برابر باشند، آن عنصر به کدام گروه جدول تناوبی تعلق دارد؟

۱) ۳ ۲) ۶ ۳) ۴ ۴) ۱۷

ساختار اتم و رفتار آن

از مدت ها پیش شیمیدان‌ها پی بردند که گازهای نجیب در طبیعت به شکل تک اتمی یافت می شوند. این واقعیت بیانگر این است که این گازها واکنش ناپذیر بوده یا واکنش پذیری بسیار کمی دارند، از این رو پایدارند.

$_{2}He: 1s^{2}$

$_{10}Ne: [He]\ 2s^{2}\ 2p^{6}$

$_{18}Ar: [Ne]\ 3s^{2}3p^{6}$

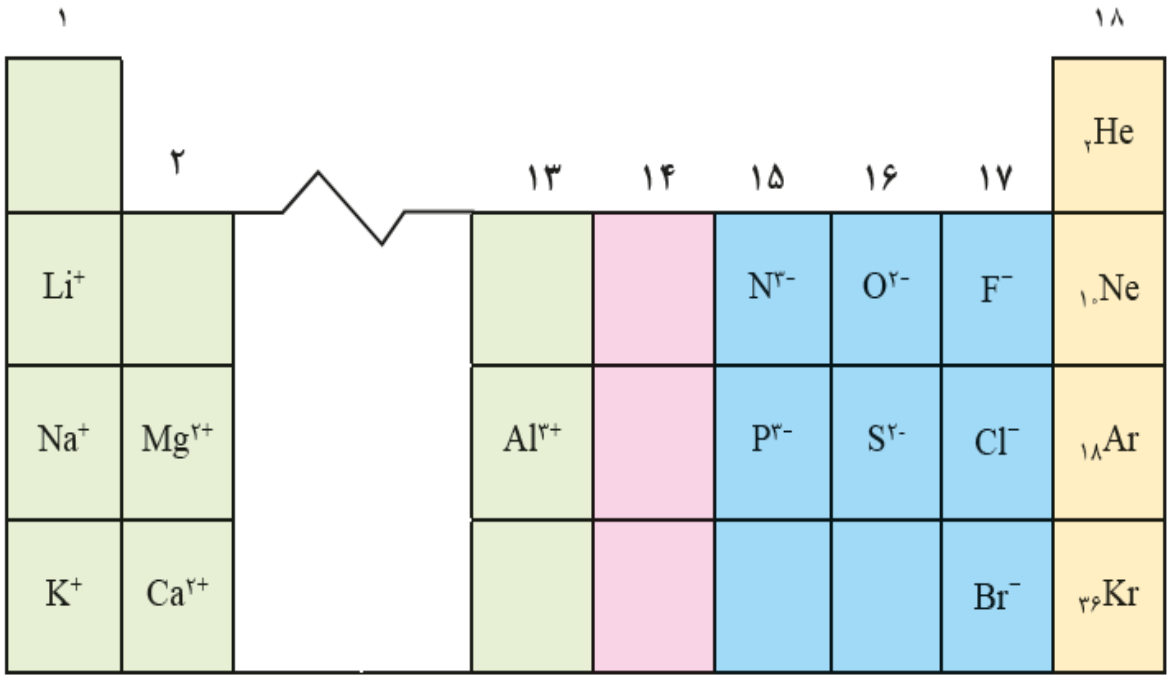
$_{36}Kr: [Ar]\ 3d^{10}\ 4s^{2}\ 4p^{6}$

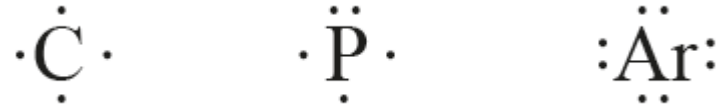
در لایهٔ ظرفیت این اتم‌ها، هشت الکترون وجود دارد (به جز هلیم که در تنها لایهٔ الکترونی خود، دو الکترون دارد).

بین پایداری و آرایش الکترونی لایهٔ ظرفیت اتم ها باید رابطه ای باشد به طوری که اگر لایهٔ ظرفیت اتمی، همانند آرایش الکترونی یک گاز نجیب و یا هشت تایی باشد، آن اتم واکنش پذیری چندانی ندارد؛ به دیگر سخن اگر لایهٔ ظرفیت اتمی چنین نباشد، آن اتم واکنش پذیر است.

رفتار شیمیایی هر اتم به تعداد الکترون های ظرفیت آن بستگی دارد به طوری که می‌توان دستیابی به آرایش گاز نجیب را مبنای رفتار آن‌ها دانست. در واقع اتم‌ها می‌توانند با دادن الکترون، گرفتن الکترون و نیز به اشتراک گذاشتن آن به آرایش یک گاز نجیب برسند و یا هشت تایی شوند تا پایدارتر گردند.

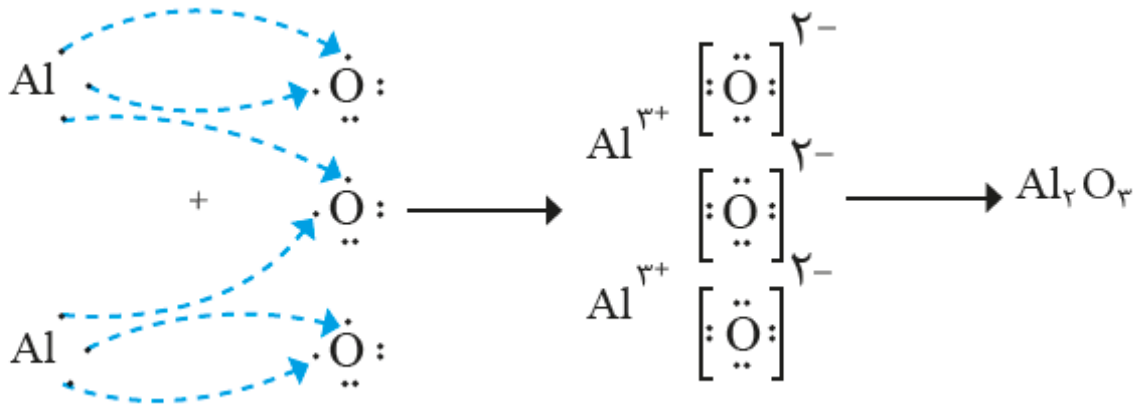
لوویس برای توضیح و پیش بینی رفتار اتم‌ها، آرایشی به نام الکترون نقطه‌ای ارائه کرد که در آن الکترون‌های ظرفیت هر اتم، پیرامون نماد شیمیایی آن با نقطه نمایش داده می‌شود.





ترکیب هایی از این دست که ذره‌های سازندهٔ آنها یون است، ترکیب یونی نام دارند.

هر ترکیب یونی از لحاظ بار الکتریکی خنثی است؛ زیرا مجموع بار الکتریکی کاتیون ها با مجموع بار الکتریکی آنیون ها برابر است. از این ویژگی می توان برای نوشتن فرمول شیمیایی ترکیب های یونی دوتایی بهره برد.



نام و نماد شیمیایی کاتیون		نام و نماد شیمیایی آنیون	
یون لیتیم	Li^+	یون برمید	Br^-
یون پتاسیم	K^+	یون یدید	I^-
یون منیزیم	Mg^{2+}	یون نیترید	N^{3-}
یون کلسیم	Ca^{2+}	یون سولفید	S^{2-}
یون آلومینیم	Al^{3+}	یون فلوئورید	F^-

میان یون‌های تولید شده به دلیل وجود بارهای الکتریکی ناهمنام، نیروی جاذبهٔ بسیار قوی برقرار می‌شود؛ نیروی جاذبه‌ای که پیوند یونی نامیده می‌شود.

منیزیم اکسید	MgO
پتاسیم اکسید	K_2O
لیتیم برمید	$LiBr$

کدام دو عنصر از عناصر فرضی داده شده، یک ترکیب یونی دوتایی با نسبت سه آنیون به یک کاتیون را تشکیل می‌دهند؟

$(_{13}A, _{5}B, _{8}C, _{9}D)$

۱) A و C ۲) A و D ۳) C و D ۴) B و C

با توجه به ترکیب‌های زیر، می‌توان دریافت که در ترکیب ..... آرایش الکترونی کاتیون با گاز نجیب ..... و آرایش الکترونی آنیون آن با گاز نجیب ..... یکسان می‌شود و در ترکیب ..... آرایش الکترونی کاتیون از قانون هشتایی پایدار پیروی نمی‌کند.

۱) پتاسیم نیترید- آرگون- نئون- آهن (III) کلرید

۲) منیزیم اکسید- نئون- آرگون- روی سولفید

۳) آلومینیم فلوئورید- نئون- نئون- سدیم اکسید

۴) کلسیم سولفید- آرگون- آرگون- منیزیم یدید