

# باهم زیستن

## فصل ۱۵



زنبوری که تازه شهد گلی را خورده، به سوی کندو در پرواز است که زنبورخوارِ گرسنه‌ای آن را شکار می‌کند. شاید این آخرین غذایش باشد! شاید شاهینِ گرسنه‌ای آن را در آسمان شکار کند یا هنگام جست و جو بین گل‌ها برای یافتن غذای بیشتر، شکارِ روباهی گرسنه شود!

چه ارتباطی بین زنبورخوار، زنبور، شاهین یا روباه وجود دارد؟ چگونه زندگی جانوری مانند روباه یا شاهین با زندگی گیاهی گلدار ارتباط پیدا می‌کند؟ چه عواملی بر زندگی این جانداران تأثیر می‌گذارد؟ تلاش برای پاسخ به چنین پرسش‌هایی، مورد علاقهٔ زیست‌شناسانی است که دربارهٔ ارتباط جانداران با همدیگر و با محیط مطالعه می‌کنند.

## بوم سازگان

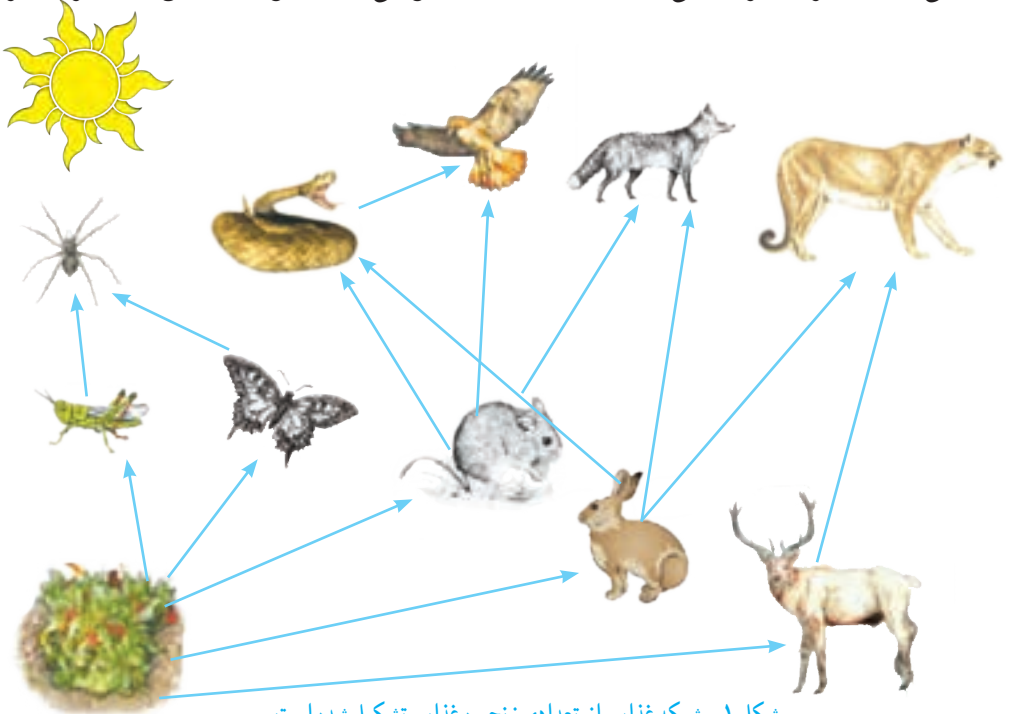
زنبورخوار در محیط زندگی اش تنها نیست. جانداران دیگری نیز در این محیط وجود دارند که بر آن تأثیر می‌گذارند و زنبورخوار نیز بر آنها تأثیر دارد. از طرفی این پرنده بدون آب و هوا زنده نمی‌ماند و مانند جانداران دیگر اکسیژن مصرف و کربن دی‌اکسید دفع می‌کند. محیط زندگی زنبورخوار از عوامل زنده (جانداران دیگر) و عوامل غیر زنده (مانند آب، هوا، دما) تشکیل شده است که بر هم تأثیر می‌گذارند. عوامل زنده و غیرزنده محیط و تأثیرهایی که برهم می‌گذارند، سامانه‌ای به نام **بوم‌سازگان** می‌سازند. انواع متفاوتی از بوم‌سازگان‌های خشکی، آبی و خشکی - آبی وجود دارد.

جنگل گلستان نمونه‌ای از بوم‌سازگان خشکی و دریاچه زربوار نوعی بوم‌سازگان آبی است؛ درحالی که تالاب شادگان بوم‌سازگان آبی - خشکی است. باغچه، آبی‌دان (آکواریوم) یا حتی گلدان دارای گیاه نیز مثال‌هایی از بوم‌سازگان‌اند.

صرف نظر از اینکه بوم‌سازگان از چه نوع و در چه اندازه‌ای باشد دو فرایند مهم انتقال انرژی و چرخه مواد در آن اتفاق می‌افتد. انتقال انرژی در زنجیره‌ها و شبکه‌های غذایی رخ می‌دهد.

از تولیدکننده تا مصرف کننده

می‌دانید که هر زنجیره غذایی از تعدادی جاندار تشکیل می‌شود (شکل ۱). اولین حلقه هر زنجیره



شکل ۱- شبکه غذایی از تعدادی زنجیره غذایی تشکیل شده است.

غذایی، جاندار است که از مواد معدنی، مواد آلی می‌سازد. به چنین جاندارانی تولیدکننده می‌گویند. حلقه‌های بعدی زنجیره‌های غذایی، جاندارانی‌اند که این توانایی را ندارند و به آنها مصرف‌کننده می‌گویند. مصرف‌کنندگان به جانداران تولیدکننده وابسته‌اند؛ زیرا ماده و انرژی موردنیاز را از آنها به دست می‌آورند. تولیدکنندگانی که فتوسنتز انجام می‌دهند برای ماده و انرژی به چه چیزهایی وابسته‌اند؟ همین طور که در شکل ۱ می‌بینید، زنجیره‌های غذایی در یک بوم سازگان، به همدیگر وصل‌اند و شبکه‌ غذایی را تشکیل می‌دهند.

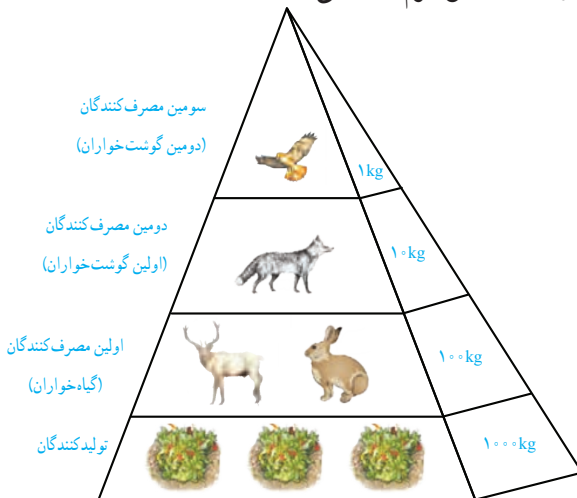
### خود را بیازمایید

این زنجیره، یکی از زنجیره‌های غذایی شکل ۱ است: گیاه ← ملخ ← عنکبوت  
شما زنجیره‌های دیگر این شکل را رسم کنید.

### فکر کنید

(الف) آیا می‌توانیم بگوییم همهٔ شبکه‌های غذایی که روی کرهٔ زمین قرار دارند، به هم وصل‌اند؟  
(ب) دانش‌آموزی می‌گوید که تولیدکنندگان در هر زیستگاهی، گیاهان‌اند. شما چه فکر می‌کنید؟

به شکل ۲ توجه کنید! می‌بینید همهٔ ماده‌ای که گیاه با استفاده از انرژی خورشید ساخته است، به آخرین مصرف‌کننده نمی‌رسد؛ بلکه در هر تراز مقداری از ماده و انرژی آن کم می‌شود (آیا می‌دانید چرا؟). اگر مقدار انرژی و ماده‌ای را که در زنجیره‌های غذایی از جاندار به جاندار دیگر منتقل می‌شود، محاسبه کنیم، معلوم می‌شود که فقط حدود ۱۰ درصد ماده و انرژی از یک تراز به تراز بعدی منتقل می‌شود. کاهش مقدار ماده و انرژی را در بوم سازگان به شکل هرم نشان می‌دهند.



شکل ۲- هرم ماده و انرژی

## گفت و گو کنید

شیوع سرطان در منطقه‌ای زیاد شده است. کارشناسان علت آن را وجود نوعی ماده‌آلاینده در خاک زمین‌های کشاورزی و مراتع آن منطقه می‌دانند. چگونه این ماده که در خاک است، عامل سرطان در مردم آن منطقه شده است؟

## آیا می‌دانید

تأمین غذای کافی برای جمعیت روبه رشد کره زمین از مسائل انسان در عصر حاضر است. از طرفی حداکثر ۲ درصد نور خورشید در فرایند فتوسنتز به انرژی شیمیایی تبدیل می‌شود. به همین علت یکی از زمینه‌های پژوهشی، شناسایی و تولید گیاهانی است که کارایی بیشتری در استفاده از نور خورشید دارند.

آیا کربن‌هایی که در فتوسنتز به کربوهیدرات تبدیل می‌شوند، در بقایای گیاهان و جانوران باقی می‌مانند؟ کربن چگونه به محیط بر می‌گردد؟ بعضی مصرف‌کنندگان در بوم‌سازگان نقش تجزیه‌کنندگی دارند.

تجزیه‌کنندگان، انرژی مورد نیاز خود را از بقایای جانداران دیگر به دست می‌آورند (شکل ۳). انواعی از قارچ‌ها و باکتری‌ها نقش مهمی در تجزیه بقایای جانداران دارند. آنها مولکول‌های آلی را تا حد تشکیل مولکول‌های ساده‌ای مانند کربن‌دی‌اکسید، آب، گازهای گوگرددار و نیتروژن‌دار تجزیه می‌کنند و سبب برگشت مواد به خاک، آب و هوا می‌شوند. اکنون شاید بدانید که علت بوی بد بقایای در حال فساد جانوران و گیاهان چیست.



شکل ۳- قارچ روی تنه درخت رشد کرده است.

## فعالیت

- ۱- در یک فعالیت گروهی، یک بوم‌سازگان طبیعی یا مصنوعی را در محل زندگی خود به شکل تصویری گزارش کنید. این گزارش در بردارنده ویژگی‌های کلی، اجزای زنده و غیر زنده بوم‌سازگان باشد.
- ۲- با راهنمایی معلم یک بوم‌سازگان کوچک بسازید.

## روابط بین جانداران

بین جانداران در هر بوم‌سازگان سه نوع ارتباط همزیستی، شکار و شکارچی و رقابت را می‌توان تشخیص داد.

همزیستی: همسفرگی، همیاری و انگلی سه شکل از رابطه همزیستی‌اند. در همسفرگی یک جاندار سود می‌برد؛ در حالی که جاندار دیگر سود نمی‌برد یا زیانی نمی‌بیند. در همیاری هر دو جاندار سود می‌برند؛ در رابطه انگلی، میزبان زیان می‌بیند؛ ولی جاندار دیگری که درون یا روی بدن میزبان زندگی می‌کند و انگل نامیده می‌شود، سود می‌برد.

### خود را بیازمایید

هر یک از این شکل‌ها چه نوع همزیستی را نشان می‌دهد؟



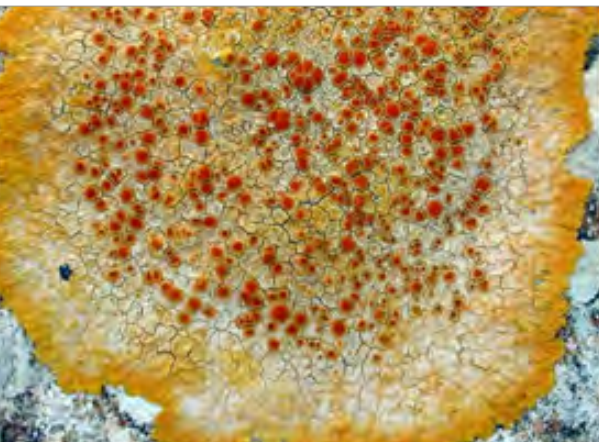
الف ..... ب ..... پ .....

الف) میگوی تمیزکننده در حال خوردن انگل‌های دهان مارماهی، ب) ماهی‌های کوچک همراه با کوسه شنا می‌کنند و پس مانده شکار کوسه را می‌خورند. پ) کنه در حال مکیدن خون انسان.

### فکر کنید

به نظر شما چه نوع رابطه‌ای بین زنبور و گیاه گل‌دار وجود دارد؟ انواعی از حشره‌ها در گرده افشانی گل‌ها نقش دارند؛ اما چرا گفته می‌شود که نقش زنبور عسل از همه مهم‌تر است؟

گاهی رابطه همزیستی دو جاندار به تشکیل موجودی جدید می‌انجامد. **گل‌سنگ** چنین موجودی است که از همزیستی قارچ و جلبک تشکیل می‌شود (شکل ۴). قارچ، مواد معدنی را برای جلبک فراهم می‌آورد و جلبک با انجام دادن فتوسنتز، کربوهیدرات‌های مورد نیاز خود و قارچ را تأمین می‌کند. بعضی گل‌سنگ‌ها به هوای آلوده حساس‌اند و از بین می‌روند؛ بنابراین مرگ گل‌سنگ‌ها ممکن است دلیلی برای آلودگی هوا باشد. گل‌سنگ‌ها سبب تشکیل خاک از سنگ می‌شوند، از گل‌سنگ‌ها مواد رنگی و دارویی استخراج می‌شود. همچنین بخشی از غذای جانورانی مانند گوزن را تشکیل می‌دهند.



شکل ۴- گل‌سنگ، به ویژه روی سنگ‌ها و به صورت لایه‌هایی به رنگ‌های متفاوت رشد می‌کند.



شکار و شکارچی: شکار کردن از راه‌های تأمین غذا در جانوران گوشتخوار است. بعضی جانوران شکارچی به دنبال طعمه می‌دوند (شکل ۵- الف)؛ اما جانوری مانند شقایق دریایی در جای خود ثابت است (شکل ۵- ب).



ب) شقایق دریایی در حال شکار نوعی خرچنگ



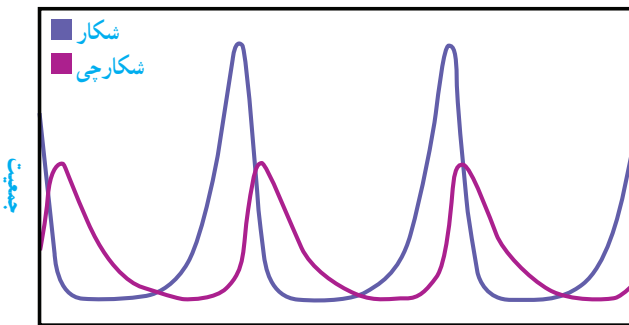
الف) شیر در حال شکار گاو وحشی

شکل ۵- جانوران به شیوه‌های متفاوتی شکار می‌کنند.

### جمع‌آوری اطلاعات

جانوران شکارچی ویژگی‌های متفاوتی دارند که به آنها در شکار کردن طعمه کمک می‌کند. هر گروه، یک جانور شکارچی را انتخاب و درباره ویژگی‌هایی که به آن در شکار کردن کمک می‌کند، اطلاعاتی جمع‌آوری کند و گزارش را به صورت تصویری و جمله‌های کوتاه ارائه دهد.

### فکر کنید



این نمودار رابطه بین جمعیت شکارچی و جمعیت شکار را در یک منطقه نشان می‌دهد. درستی عبارت زیر را با استفاده از آن نشان دهید.

«تعداد شکارچسانی که می‌توانند در یک بوم سازگان زندگی کنند، به تعداد جانورانی بستگی دارد که شکار آنها می‌شوند».

جانورانی که شکار می‌شوند، ویژگی‌هایی دارند که احتمال شکار شدن آنها را کم می‌کنند. نوزاد کرمی شکل بعضی حشرات لکه‌های رنگی چشم‌مانندی در انتهای بدن دارد که آن را شبیه مار می‌کند (شکل ۶).



(ب)



(الف)

شکل ۶- نوزاد کرمی شکل حشره (الف) که شبیه مار (ب) است.

استتار: بعضی جانوران در جایی قرار می‌گیرند که تشخیص آنها از زمینه دشوار است و به این علت از دید شکار یا شکارچی مخفی می‌مانند. آیا ماهی را در شکل ۷- الف و حشره برگ‌ری را در شکل ۷- ب تشخیص می‌دهید؟



(ب)



(الف)

شکل ۷- نمونه‌هایی از استتار جانوران

رقابت : به شکل ۸ نگاه کنید. سنجاب ایرانی در جنگل های بلوط در ارتفاعات زاگرس زندگی می کند. فرض کنید این سنجاب بین دو شکارچی گرسنه گیر افتاده باشد. کدام شکارچی موفق می شود تا سنجاب را شکار کند؟ شاید بتوانیم جواب این پرسش را بدهیم؛ اما مسلم است که این جانوران برای غذا با هم رقابت می کنند گرچه خود از این رقابت آگاه نیستند!



شکل ۸- شکارچی ای برنده می شود که چابک تر باشد یا اینکه با آرامش بیشتر به سنجاب حمله کند.

رقابت هنگامی ایجاد می شود که جانداران نیازهای مشابهی داشته باشند و نیازهای خود را از منابع مشترکی تأمین کنند. جانوران معمولاً برای غذا، آب و محل زندگی با هم رقابت می کنند. گاهی رقابت چنان شدید می شود که دو جانور با هم می جنگند (شکل ۹).



ب) بین افراد گونه های متفاوت



الف) بین افراد یک گونه

شکل ۹- رقابت برای غذا

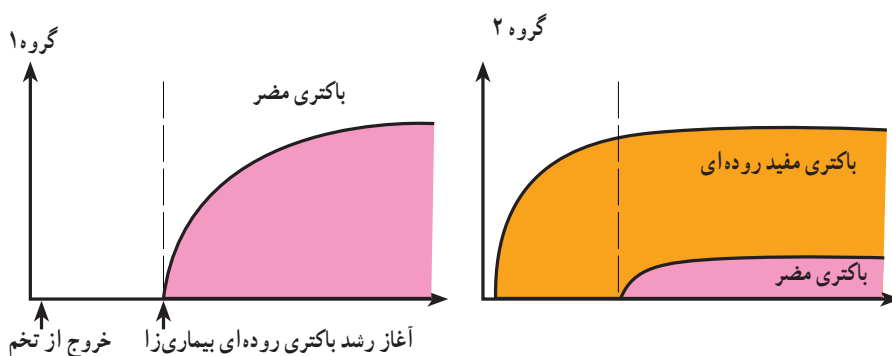
راه هایی برای کاهش رقابت بین افراد گونه های متفاوت وجود دارد. به این مثال توجه کنید : منابع غذایی جغد و شاهین یکی است. هر دو از جواندگان کوچک تغذیه می کنند. اما جغد در شب و شاهین



در روز شکار می‌کند؛ بنابراین تقسیم بندی زمان شکار، رقابت بین این دو گونه را کم می‌کند.

## فعالیت

در آزمایشی جوجه‌های تازه از تخم درآمده را به دو گروه تقسیم کردند. گروه یک را با غذای بدون باکتری و گروه دوم را با غذایی تغذیه کردند که باکتری‌های مفید داشت. بعد از مدتی به هر دو گروه، نوعی باکتری دادند که باعث بیماری روده‌ای می‌شود. نمودارهای زیر تعداد باکتری‌های مضر را در دو گروه نشان می‌دهد. محور عمودی تعداد باکتری‌ها و محور افقی زمان را نشان می‌دهد. الف) این دو نمودار را با هم مقایسه کنید.



ب) امروزه به بعضی خوراکی‌ها زیست‌یار (پروبیوتیک<sup>۱</sup>)، مثل ماست و پنیر باکتری‌های مفید اضافه می‌کنند. با توجه به این نمودارها، این خوراکی‌ها چه نقشی در سلامت انسان دارند؟

## تنوع زیستی

تنوع زیستی در تعریفی ساده به معنای تنوع گونه‌های جانداران و محیطی است که این جانداران در آن زندگی می‌کنند. هر چه تعداد گونه‌های جانداران در محیط بیشتر باشد، تنوع زیستی آن محیط بیشتر است. مثلاً محیطی که ۳۰ گونه جاندار در آن زندگی می‌کند از محیطی با ۲۰ گونه جاندار، تنوع زیستی بیشتری دارد.

می‌دانید که جانداران نیازهای متفاوتی دارند و در زیستگاه‌هایی با آب و هوای متفاوت زندگی می‌کنند؛ بنابراین تنوع محیط به معنای فراهم شدن زیستگاه‌های مناسب برای زیستن انواعی از جانداران است. بر این اساس به دلیل وجود محیط‌های متنوع در ایران، کشور ما از کشورهایی است که تنوع زیستی زیادی دارد.

۱- Probiotic

تعداد گونه‌های گیاهی شناسایی شده در ایران تقریباً برابر با کل گونه‌های گیاهی در اروپاست؛ در حالی که اروپا چند برابر کشور ما وسعت دارد.

تنوع زیستی‌ای که امروزه روی کره زمین وجود دارد، در طی میلیون‌ها سال شکل گرفته است. در طول عمر زمین، عوامل طبیعی متفاوتی مانند یخبندان یا سقوط شهاب سنگ، سبب از بین رفتن گونه‌ها و در نتیجه کاهش تنوع زیستی شده؛ اما امروزه فعالیت‌های انسانی مهم‌ترین خطر برای کاهش تنوع زیستی و عامل انقراض گونه‌های جانوری و گیاهی‌اند. وقتی می‌گوییم گونه‌ای منقرض شده به این معناست که هیچ فرد زنده‌ای از آن گونه در طبیعت وجود ندارد. بزرگ‌ترین نمونه‌ای از جانوران منقرض شده است.

## گفت‌وگو کنید

گاه بعضی گونه‌های تازه وارد، با رشد سریع و استفاده بیشتر از منابع، مانع از رشد گونه‌های دیگر و در نتیجه سبب کاهش تنوع زیستی می‌شوند. به نظر شما استفاده از گونه‌های بیگانه، یعنی گونه‌هایی که به‌طور طبیعی در یک منطقه نبوده‌اند، برای توسعه فضای سبز چه زیان‌هایی ممکن است در برداشته باشد و چه چیزهایی را برای این کار باید در نظر گرفت؟

## فعالیت

با مراجعه به منابع معتبر گزارشی مبنی بر فعالیت‌های انسانی که تنوع زیستی را کاهش می‌دهند، تهیه کنید و به صورت تصویری ارائه دهید.

## اهمیت تنوع زیستی

گرچه انسان پیش از شناختن دقیق طبیعت از آن استفاده می‌کرد؛ اما با شناخت بوم‌سازگان‌ها توانست از مواهب طبیعی بهره بیشتری ببرد.

امروزه داروهای فراوانی از جانداران استخراج می‌شوند. ماده اولیه چند صد نوع دارو از جنگل‌های بارانی به دست می‌آید. حشرات مانند کفش دوزک با خوردن آفت‌ها به حفظ گیاهان کمک می‌کنند (شکل ۱۰). جانوران به ویژه حشرات در گرده افشانی بسیاری از گیاهان نقش دارند.

همچنین جانداران و فعالیت‌های آنها از موضوعات مورد علاقه مهندسان است. مثلاً ویژگی‌های تار عنکبوت مورد توجه مهندسانی است که می‌خواهند موادی با استقامت، انعطاف پذیری و در عین حال سبکی تار عنکبوت تولید کنند تا در وسایل متفاوت به کار برند. تار عنکبوت گرچه پروتئینی است؛ اما مقاومتی چند برابر فولاد دارد! شما چه فایده‌های دیگری برای تنوع زیستی می‌شناسید؟



شکل ۱۰- استفاده از حشره‌ها برای از بین بردن آفت‌ها

### آیا می‌دانید

مرجان‌ها در خلیج فارس، خانه و منبع غذای بسیاری از جانوران دریازی‌اند؛ بنابراین در حفظ تنوع زیستی خلیج فارس نقش مهمی دارند. آلودگی آب دریاها سبب مرگ مرجان‌ها می‌شود که نشانه آن بی‌رنگ شدن مرجان‌هاست.



### فعالیت

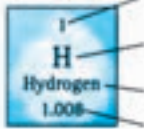
تنوع زیستی در ایران به علت‌های طبیعی و انسانی کاهش یافته است. بعضی گونه‌ها مانند سمندر لرستانی، خرس سیاه و ماهی کور غار در خطر انقراض‌اند. ماهی کور غار فقط در ایران یافت می‌شود. با مراجعه به منابع معتبر درباره وضعیت تنوع زیستی استانی که در آن زندگی می‌کنید، مقاله‌ای بنویسید و در آن پیشنهادهایی برای حفظ زیستگاه‌های طبیعی و جانداران آن ارائه دهید.

# جدول تناوبی عناصرها

عناصرهای گروه اصلی

گازهای نجیب

هالوژن‌ها



عدد اتمی  
 نماد شیمیایی  
 نام  
 جرم اتمی  
 میانگین

										گازهای نجیب									
										هالوژن‌ها									
										13	14	15	16	17	18				
										5	6	7	8	9	10				
										B	C	N	O	F	Ne				
										Boron	Carbon	Nitrogen	Oxygen	Fluorine	Neon				
										10.81	12.01	14.01	16.00	19.00	20.18				
										13	14	15	16	17	18				
										Al	Si	P	S	Cl	Ar				
										Aluminum	Silicon	Phosphorus	Sulfur	Chlorine	Argon				
										26.98	28.09	30.97	32.07	35.45	39.95				
10	11	12																	
28	29	30	31	32	33	34	35	36											
Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr											
Nickel	Copper	Zinc	Gallium	Germanium	Arsenic	Selenium	Bromine	Krypton											
58.69	63.55	65.39	69.72	72.64	74.92	78.96	79.90	83.80											
46	47	48	49	50	51	52	53	54											
Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe											
Palladium	Silver	Cadmium	Indium	Tin	Antimony	Tellurium	Iodine	Xenon											
106.4	107.9	112.4	114.8	118.7	121.8	127.6	126.9	131.3											
78	79	80	81	82	83	84	85	86											
Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn											
Platinum	Gold	Mercury	Thallium	Lead	Bismuth	Polonium (209)	Astatine (210)	Radon (222)											
195.1	197.0	200.6	204.4	207.2	209.0														
110	111	112	113	114	115	116	117	118											
Ds	Rg	Uub	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uus	Uuo											
Darmstadtium (281)	Roentgenium (280)	Ununbium (277)	Ununtrium (284)	Ununquadium (289)	Ununpentium (288)	Ununhexium (293)	Ununseptium ( )	Ununoctium (294)											

63	64	65	66	67	68	69	70				
Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb				
Europium	Gadolinium	Terbium	Dysprosium	Holmium	Erbium	Thulium	Ytterbium				
152.0	157.3	158.9	162.5	164.9	167.3	168.9	173.0				

95	96	97	98	99	100	101	102				
Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No				
Americium (243)	Curium (247)	Berkelium (247)	Californium (251)	Einsteinium (252)	Fermium (257)	Mendelevium (258)	Nobelium (259)				



## عنصرهای گروه اصلی

فلزهای قلیایی  
فلزهای قلیایی خاکی

فلزها  
شبه فلزها  
نا فلزها

جامد  
مایع  
گاز

عنصرهای واسطه

1																
1	فلزهای قلیایی		عنصرهای واسطه													
1	1	2														
1	3	4														
2	11	12														
2	19	20	21	22	23	24	25	26	27							
3	37	38	39	40	41	42	43	44	45							
4	55	56	71	72	73	74	75	76	77							
5	87	88	103	104	105	106	107	108	109							
6	Fr	Ra	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt							
7	Fr	Ra	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt							

## لانثانیدها

57	58	59	60	61	62
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm
Lanthanum	Cerium	Praseodymium	Neodymium	Promethium	Samarium
138.9	140.1	140.9	144.2	(145)	150.4

## آکتینیدها

89	90	91	92	93	94
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu
Actinium	Thorium	Protactinium	Uranium	Neptunium	Plutonium
(227)	232.0	231.0	238.0	(237)	(244)



## فهرست منابع

- جان هیثوم و مایکل باون، مجموعه دو جلدی پیش‌بینی - مشاهده - توضیح، انتشارات مدرسه، ۱۳۹۳.
- بریان آرنولد، درک فیزیک با رویکرد تصویری، انتشارات مدرسه ۱۳۹۲.
- مارک الس - کریس هانیول، مجموعه ۴ جلدی فیزیک، انتشارات مدرسه، ۱۳۹۰.
- هیکمن، جانورشناسی بی مهرگان، انتشارات مدرسه، ۱۳۸۵.
- هیکمن، جانورشناسی مهره‌داران، انتشارات مدرسه، ۱۳۸۹.
- بیولوژی سولومون، ترجمه و نشر: خانه زیست‌شناسی، ۱۳۸۹.
- زیست‌شناسی با رویکرد مولکولی (BSCS)، ترجمه و نشر: انتشارات فاطمی، ۱۳۹۰.
- فرهنگ نامه نجوم فضا، نشر طلایی، ۱۳۹۳.
- ادوارد جی. تاربوک و همکار، مبانی زمین‌شناسی، انتشارات مدرسه، ۱۳۸۳.
- Shipman, An Introduction to Physical Science, 13th Edition, 2013.
- Tillery, Physical Science 9th Edition, 2012.
- Ostdiek. Inquiry into Physics, 6th Edition, 2008.
- Hewitt Lyons, Suchocki Yeh, Conceptual Integrated Science, 2013.
- Biauca Franchi Martelli, New Focus on Science, 2011.
- Reece Campbell, Biology, 8th Edition, 2008.
- Eddaelman, CPO Science, Life Science, 2007.
- Bernard Pipkin, Geology and the Environmental, 5th Edition, 2008.
- Tarbuck & Lutgens, Erath: An Introduction to Physical Geology, 6th Edition, 1999.
- Silberberg, General Chemistry, 2007.
- Thornes, Science, GCSE, Chemistry, 2010.
- Callister, An Introduction to Chemistry, 2007.
- Stacy, Living by Chemistry, 2010.

