

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# علوم تجربی

محتوای تکمیلی ویژه مدارس استعدادهای درخشان

پایه نهم دوره اول متوسط



این کتاب به منظور فراهم کردن مواد آموزشی تکمیلی مورد نیاز مدارس استعداد‌های درخشان، توسط مرکز ملی پرورش استعداد‌های درخشان و دانش پژوهان جوان و دفتر تألیف کتاب‌های درسی عمومی و متوسطه نظری طراحی و تألیف شده است.

نام کتاب: علوم تجربی - محتوای تکمیلی ویژه مدارس استعداد‌های درخشان  
پایه نهم دوره اول متوسطه - ۹۲۴

شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف: محمود امانی طهرانی، محمد نستوه، کورش امیری‌نیا، سیده طاهره آقامیری، رضا گلشن مهرجردی، عباسعلی مظفری و ناصر جعفری (اعضای شورای برنامه‌ریزی)  
بهناز اسدی، وحید افشار، سیدرمضان حسینی، افشین دانش‌نژاد، سیدصمد صفوی، محمدمهدی کاوه سمنانی، سید میثم فدایی، امیرمحمد گمینی، سید محمد هاشمی‌نسب (اعضای گروه تألیف)  
واحد تحقیق، توسعه و آموزش علوم دفتر تألیف کتاب‌های درسی عمومی و متوسطه نظری (نظارت) - افشین دانش‌نژاد (ویراستاری و نظارت علمی) - عاطفه کاشفی‌پور (ویراستاری ادبی)

شناسه افزوده آماده‌سازی: احمدرضا امینی (مدیر امور فنی و چاپ) - سلامه مصدقی (طراح گرافیک، طراح جلد، پشت جلد و صفحه‌آرا) - محمدحسین احمدی (امور آماده‌سازی)

نشانی سازمان: تهران، خیابان ایرانشهر شمالی، ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)  
تلفن: ۹-۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶ کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹  
وبگاه: [www.chap.sch.ir](http://www.chap.sch.ir) و [www.irtextbook.ir](http://www.irtextbook.ir)

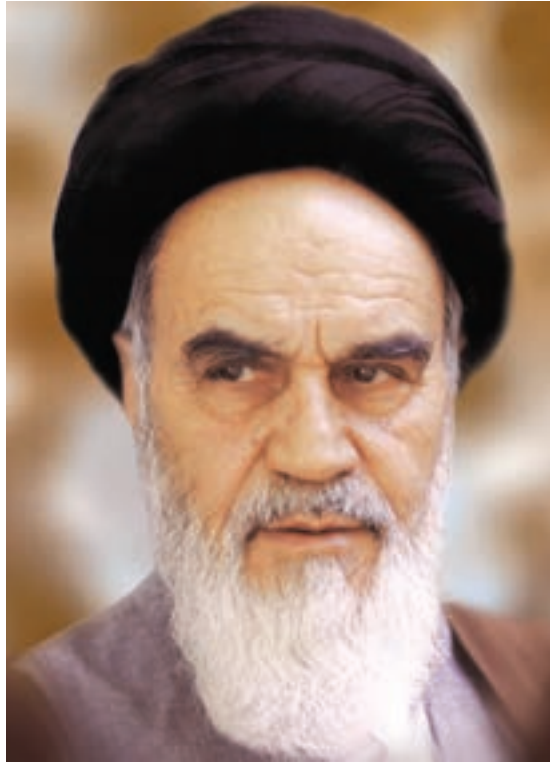
ناشر: شرکت افست: تهران - کیلومتر ۴ جاده ابعلی، پلاک ۸، تلفن: ۷۷۳۳۹۰۹۳، دورنگار: ۷۷۳۳۹۰۹۷، صندوق پستی: ۴۹۷۹-۱۱۱۵۵

چاپخانه: شرکت افست «سهامی عام» ([www.Offset.ir](http://www.Offset.ir))

سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ چهارم ۱۳۹۸

حق چاپ محفوظ است.

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۰۵-۲۷۲۳-۸ ISBN 978-964-05-2723-8



بنیان‌گذار کبیر جمهوری اسلامی، حضرت امام خمینی «قَدَسَ سِرُّهُ»

ما در شرایط جنگ و محاصره توانسته‌ایم آن همه هنرآفرینی و اختراعات و پیشرفت‌ها داشته باشیم. ان‌شاءالله در شرایط بهتر، زمینه کافی برای رشد استعداد و تحقیقات را در همه امور فراهم می‌سازیم. مبارزه علمی برای جوانان زنده کردن روح جستجو و کشف واقعیت‌ها و حقیقت‌هاست.



## بسمه تعالی

### سخنی با خوانندگان، همکاران و دانش‌آموزان

«... من با پدر روزهای آخر هفته برای گردش به جنگل می‌رفتیم و آنجا چیزهای خیلی زیادی دربارهٔ طبیعت یاد می‌گرفتیم. دوشنبه‌ها، با بچه‌ها توی مزرعه بازی می‌کردیم. یک بار پسری به من گفت: «آن پرندۀ را می‌بینی که روی چمن‌ها نشسته است؟ اسمش چیست؟» گفتم: «هیچی ازش نمی‌دانم!» برگشت و گفت: «اسمش باسترک گلو قهوه‌ای است. پدرت بهت چیزی یاد نداده است؟» توی دلم بهش خندیدم. پدر قبلاً بهم یاد داده بود که اسم، هیچ چیز دربارهٔ آن پرندۀ به من یاد نمی‌دهد. او به من یاد داده بود که: «آن پرندۀ را می‌بینی؟ اسمش باسترک گلو قهوه‌ای است. توی آلمان بهش هالتسن فلوگل (Halzenflugel) می‌گویند و در چین چونگ لینگ. ولی اگر تو همهٔ اسم‌های آن پرندۀ را هم بدانی، هنوز چیز زیادی دربارهٔ آن پرندۀ نمی‌دانی. فقط می‌دانی که مردم آن را چی صدا می‌کنند. ولی باسترک آواز می‌خواند و به جوجه‌هایش یاد می‌دهد که چگونه پرواز کنند و در تابستان کیلومترها پرواز می‌کند و هیچ‌کسی هم نمی‌داند که از کجا راهش را پیدا می‌کند.» و خیلی چیزهای مشابه این. تفاوتی اساسی هست بین اسم یک چیز و آن چیزی که واقعاً وجود دارد.

.... یاد گرفتن واژه‌ها خیلی لازم است، اما این کار علم نیست. البته منظورم این نیست که چون علم نیست نباید آن را یاد بدهیم. ما دربارهٔ اینکه چه چیزی را باید یاد بدهیم حرف نمی‌زنیم؛ دربارهٔ این بحث می‌کنیم که علم چیست. این که بلد باشیم چطور سانتی‌گراد را به فارنهایت تبدیل کنیم علم نیست. البته دانستنش خیلی لازم است، ولی دقیقاً علم نیست. برای صحبت کردن با یک‌دیگر باید واژه داشته باشیم، کلمه بلد باشیم و درست هم همین است. ولی خوب است بدانیم که «فرق استفاده از واژه» و «علم» دقیقاً چیست. در این صورت، می‌فهمیم که چه وقت ابزار علم مثل واژه‌ها و کلمه‌ها را تدریس می‌کنیم و چه وقت خود علم را یاد می‌دهیم.<sup>۱</sup>

کتاب علوم تکمیلی، همان‌طور که از نام آن مشخص است؛ در تکمیل مطالب کتاب علوم پایهٔ نهم تألیف شده است. مطالب این کتاب در مفهوم وابسته به کتاب درسی و در ظاهر، مستقل از آن هستند؛ بنابراین، دبیران گرامی می‌توانند آن را به دو شکل تدریس کنند و دانش‌آموزان را به بهره‌برسانند. صورت نخست این که هر کادر، موضوع

یا فصل آموزشی را -بسته به صلاح‌دید- از کتاب تکمیلی پس از ارایهٔ مطلب از کتاب درسی تدریس شود و صورت دوم این که هر فصل این کتاب را پس از تدریس فصل متناظر از کتاب درسی تدریس گردد.

نکتهٔ مهم در به‌کارگیری کتاب حاضر این است که به آن به چشم یک راهنما و الگوی پیشنهادی برای تدریس مطالبی که خارج از محدودهٔ کتاب درسی، برای کلاس خود در نظر گرفته‌ایم؛ نگاه کنیم. این موضوع هم از باب گستره و عمق مطالب و هم از باب نحوه و روش‌های تدریس می‌تواند مفید باشد. تلاش شده است تا جای ممکن از بیان موارد کمی و مسأله‌های عددی پرهیز شود، این رویکرد حل مسأله را به دورهٔ دوم متوسطه می‌سپاریم. امیدواریم دبیران محترم نیز تلاش کنند مفاهیم این کتاب و یا مفاهیم مرتبط را با رویکرد عمیق بخشیدن به فهم مطالب کتاب رسمی عرضه کنند. برای همین هم هست که تمرین‌های زیادی در این کتاب گنجانده نشده است. بیشتر فعالیت‌ها در داخل متن کتاب تکمیلی وجود دارد، هر چند در برخی جاها مؤلفان تشخیص داده‌اند در پایان فصل تمرین‌هایی وجود داشته باشد.

امیدواریم و دوست داریم این مجموعه سرآغازی باشد بر طراحی تکالیف پژوهش محور در هر کلاس و مدرسه. به عنوان نمونه در فصل‌های حرکت و نیرو شما را با نرم‌افزاری آشنا کرده‌ایم که قابلیت اصلی آن تحلیل تصویر است، بنابراین شما با یادگیری آن می‌توانید تلاش کنید بسیاری از پدیده‌های اطرافتان را تکرار و یا بازسازی کرده، به کمک این‌گونه نرم‌افزارها آن را بررسی و تحلیل کنید. با انجام این‌گونه پژوهش‌ها شما علاوه بر درک بهتر پدیده‌ها، گام‌های اساسی برای رسیدن به یک تجربه و فهم برای حل پژوهش‌هایی که سرانجام آن آبادانی، رفاه و سرفرازی کشورمان است برخوردار خواهید داشت.

قصدمان هم ارائهٔ محتوا برای تمامی فصول نبود اما با پیشنهاد دفتر محترم تألیف این امر محقق شد. برای کاهش حجم و افزایش فرایند دانش‌آموز-محوری در این کتاب، برای برخی فصول از روش یادگیری معکوس بهره گرفته‌ایم. همراه با این کتاب یک لوح الکترونیکی شامل فایل نرم‌افزار Tracker<sup>1</sup> و برای بخش‌های فشار و نجوم هم تعدادی فیلم در نظر گرفته شده است تا بخش عمده‌ای از آموزش و تکرار در خانه‌ها انجام شود و فرصت مناسبی برای بحث در کلاس در ایجاد گردد. هم‌چنین فصل ماشین‌ها ترجمه‌ای است از بخشی با همین نام از کتابی به نام Science Focus که انتشارات Pearson آن را به چاپ رسانده است و به پیشنهاد دفتر تألیف به کتاب تکمیلی افزوده شده است.

دیکنهٔ نوشته را بی‌غلط دانند و بس و هرکاری بنا به سلیقهٔ مختلف افراد و زاویهٔ دیدشان دارای ایرادهایی است. منتظر نظرات شما متخصصان، دبیران، دانش‌آموزان و اولیاء گرامی هستیم. ما را برای ارائهٔ بهتر یاری کنید. یکی از اهداف اصلی در نگارش این کتاب، ارتقای نگرش علمی دانش‌آموزان پایهٔ نهم مدارس سمپاد بوده است تا برای انتخاب آیندهٔ خود دید وسیع‌تری داشته باشند.

نوجوانان کنونی کشور عزیزمان جمهوری اسلامی ایران، در سال ۱۴۰۴، بی‌تردید با کسب یک تخصص در یکی از شاخه‌های علوم در شرف ورود به یکی از عرصه‌های علمی کشور هستند. امیدواریم از اکنون و رفته رفته با کسب درست مهارت‌های مورد نیاز یک دانشمند، شاهد ایرانی پویاتر و آبادتر باشیم.

با آرزوی موفقیت

## فهرست مطالب

۱	مواد و نقش آنها در زندگی .....	
۱۷	رفتار اتم‌ها با یکدیگر .....	
۳۱	به دنبال محیطی بهتر برای زندگی .....	
۴۴	حرکت چیست .....	
۶۴	نیرو .....	
۷۴	فشار و آثار آن .....	
۷۵	ماتسین‌ها .....	
۹۸	نگاهی به فضا .....	
۱۲۲	گوناگونی جانداران .....	
۱۳۰	دنیای گیاهان .....	
۱۳۹	جانوران بی‌مه‌ره .....	
۱۴۷	جانوران مه‌ره‌دار .....	
۱۶۰	با هم زیستن .....	





## فصل اول: مواد و نقش آنها در زندگی



در علم رده‌بندی جانداران، گیاهان مختلف بر اساس شباهت‌های میوه، دانه و گل‌های شان طبقه‌بندی می‌شوند. به‌طور مثال گیاهان تک‌لپه‌ای و دولپه‌ای. اما نهایتاً باید به این ضرب‌المثل باور داشت که:

«هر گلی، عطر و بوی خودش را دارد.»

## فلزهای باستانی

صفحه کتاب: ۲

حدود سه قرن است که علم و دانش انسان‌ها با سرعت بیش‌تری نسبت به گذشته رشد می‌کند و بخش عمده‌ای از علوم تجربی هم در این مدت به‌دست آمده‌اند؛ اما سابقه شناخت طبیعت پیرامون، به هزارها سال قبل باز می‌گردد. بیایید به قدیمی‌ترین فلزهایی که بشر شناخت، نگاهی بیاندازیم.



طلا، نقره، مس و آهن از قدیمی‌ترین فلزهایی هستند که انسان‌ها آنها را شناخته‌اند.

**طلا** و بعضی مواقع **نقره**، به شکل **خالص** (ترکیب نشده با عنصرهای دیگر) در طبیعت یافت می‌شوند و رنگ و درخشش آنها برای انسان‌های نخستین جذاب بوده‌است. **مس** اولین فلزی بوده که از کانه به‌دست آمده‌است.



شاید در سنگ‌هایی که برای ایجاد حلقه اطراف آتش به کار می‌رفته، به شکل اتفاقی قطعه‌ای «**مالاشیت**» (مس کربنات) وجود داشته‌است. در اثر گرمای آتش، فلز مس به شکل عنصری و مذاب به‌دست آمده و پس از آن، این شیوه برای استخراج فلز مس به کار رفته‌است.

ابزارهای فلزی اولیه که اجداد ما به کار می‌برده‌اند، آلیاژهایی هستند که اغلب از فلز آهن ساخته شده‌اند و این مورد مشخص می‌کند که ما از گذشته‌های دور، فلز آهن را می‌شناخته‌ایم (در تمرین‌های انتهای این فصل به این موضوع خواهیم پرداخت).

لازم به ذکر است که شناخت این فلزها، دست کم به ۴۰۰۰ سال پیش از میلاد برمی‌گردد!

# واکنش پذیری فلزها

پژوهش کنید ..... صفحه کتاب: ۳

در این بخش، ابتدا با سه آزمایش، واکنش پذیری فلزها را با یکدیگر مقایسه کرده و سپس به جمع بندی در این حوزه می پردازیم. در مدرسه می توان این آزمایش ها را به شکل گروه های دونفری انجام داد.

## الف) واکنش با آب

● **وسایل و مواد مورد نیاز:** بشر ۲ عدد، قاشقک ۲ عدد، دست کش آزمایشگاهی، سدیم، پتاسیم  
● **شرح آزمایش:** درون دو بشر هم اندازه به یک میزان (حدود ۵۰ mL) آب بریزید؛ سپس با نظارت معلم تان قطعه کوچکی (در حد یک لپه کوچک) از فلز سدیم و به همان میزان پتاسیم بردارید. با هماهنگی هم گروهی تان به شکل هم زمان فلزها را داخل بشرها بیندازید (به فلزها دست نزنید؛ این کار را با اسپاتول یا قاشقک انجام دهید و حتماً دست کش به دست کنید) و به مشاهده بپردازید.

? کدام فلز سریع تر واکنش می دهد؟

? بر اساس این مشاهده، کدام فلز تمایل بیشتری به واکنش دارد؟



## ب) واکنش با اسید

● **وسایل و مواد مورد نیاز:** بشر ۲ عدد، پی پت، قاشقک، دست کش آزمایشگاهی، لیتیم، منیزیم، استیک اسید  
● **شرح آزمایش:** این بار هم درون دو بشر هم اندازه به یک میزان (حدود ۵۰ mL) آب بریزید و از معلم بخواهید تا به میزان ۵ mL از اسید به هر بشر اضافه کند (خودتان با اسید کار نکنید). سپس قطعه کوچکی از فلز لیتیم و به همان میزان نوار منیزیم بردارید (به همان اندازه قبل). با هماهنگی هم گروهی تان به شکل هم زمان فلزها را داخل بشرها بیندازید و به مشاهده بپردازید.  
! **نکته ایمنی:** به فلزها دست نزنید؛ این کار را با اسپاتول انجام دهید و حتماً دست کش به دست کنید.

? کدام فلز سریع تر واکنش می دهد؟

? بر اساس این آزمایش، میل کدام فلز به واکنش بیشتر است؟

## پ) واکنش سوختن

● **وسایل و مواد مورد نیاز:** چراغ الکلی، فندک یا کبریت، گیره یا پنس، دست کش آزمایشگاهی، منیزیم، مس



● **شرح آزمایش:** با کمک فندک و یا کبریت، چراغ الکلی را روشن کنید. حالا با کمک پنس، یک قطعه نوار منیزیم را روی شعله بگیرید و زمان را اندازه‌گیری نمایید. به محض آن که فلز شروع به درخشش کرد، آن را از شعله بیرون بیاورید و زمان را متوقف نمایید.

⚠ **نکته ایمنی:** هرگز به نور ناشی از سوختن منیزیم نگاه نکنید.

❓ همین کار را با قطعه‌ای از فویل مسی انجام دهید. چه مشاهده می‌کنید؟

❓ کدام فلز راحت‌تر واکنش می‌دهد؟ بر اساس این مشاهده، تمایل مس به واکنش بیشتر است یا منیزیم؟

❓ آیا می‌توانید تمایل فلزهای منیزیم، لیتیم، مس و پتاسیم به واکنش را مقایسه نمایید؟

❓ برای اطمینان از پاسخ خود، فویل مس را درون آب بیاندازید. چه مشاهده می‌کنید؟

### مجموعه واکنش پذیری فلزها: با مطالعه متن صفحه ۳ کتاب درسی و اجرای آزمایش آن صفحه و

هم‌چنین اجرای آزمایش همین قطعه آموزشی، متوجه شدید که سرعت واکنش فلزهای مختلف با یک واکنش‌دهنده مشخص، متفاوت است.

در علم شیمی، «واکنش‌پذیری» به معنی میل به واکنش دادن و سرعت بیشتر یک واکنش است. هرچه یک فلز با مواد بیشتر واکنش دهد و در واکنش‌ها، سریع‌تر عمل کند، می‌گوییم آن فلز واکنش‌پذیرتر است. «مجموعه واکنش‌پذیری فلزها» یک فهرست از نام فلزهای مختلف است که بر اساس واکنش‌پذیری خود، مرتب شده‌اند (جدول). در این فهرست، هرچه فلز واکنش‌پذیرتر باشد؛ در بالای فهرست قرار می‌گیرد. بدین ترتیب، واکنش‌پذیرترین فلز پتاسیم و فلز دارای کم‌ترین واکنش‌پذیری، پلاتین است.

همان‌طور که از آزمایش‌های خود به یاد دارید؛ فلزهای پایین سری، با آب و اسید واکنش نمی‌دهند و فلزهای بالایی واکنش می‌دهند؛ و هرچه به سمت پتاسیم می‌رویم، شدت و سرعت واکنش بیشتر می‌شود.

با توجه به مجموعه واکنش‌پذیری، به موارد زیر پاسخ دهید:

❓ ۱- واکنش‌پذیری آهن، منیزیم و روی را مقایسه کنید.

❓ ۲- می‌دانیم مس با هیدروکلریک اسید واکنش نمی‌دهد. نظر شما

درباره واکنش طلا و هیدروکلریک اسید چیست؟

از مجموعه واکنش‌پذیری و نتایج آزمایش‌های همین قطعه آموزشی کمک بگیرید و به سؤال زیر پاسخ دهید:

❓ آیا می‌توان محلول هیدروکلریک اسید را درون ظرفی از جنس فلز

لیتیم قرار داد؟ چرا؟

❓ کات کبود، یک ماده شیمیایی دارای یون‌های مس است. به نظر

شما در «آزمایش کنید صفحه ۳ کتاب درسی» می‌توان به جای کات کبود از محلول نمک خوراکی استفاده کرد؟ چرا؟

نام	نماد
پتاسیم	K
سدیم	Na
لیتیم	Li
کلسیم	Ca
منیزیم	Mg
آلومینیم	Al
روی	Zn
آهن	Fe
مس	Cu
طلا	Au
پلاتین	Pt

## گوگرد و محصولات آن

تحقیق کنید ..... صفحه کتاب: ۴

گوگرد با نشانه شیمیایی S یک عنصر جامد و زرد رنگ است. این ماده در دهانه آتشفشان‌ها و همین‌طور نزدیک چشمه‌های آب گرم یافت می‌شود. گوگرد در مواد شیمیایی با ارزشی از جمله گوگرد تری‌اکسید ( $SO_3$ ) و هیدروژن سولفید ( $H_2S$ ) و سولفوریک اسید ( $H_2SO_4$ ) وجود دارد.



۱- با مراجعه به کتب مختلف و یا شبکه جهانی وب و همین‌طور پرسش از افراد متخصص و آگاه، درباره «چگونگی یافت شدن گوگرد در مناطق آتشفشانی» جست‌وجو کنید و نتیجه را به شکل شفاهی (سمینار) در کلاس ارائه دهید.

می‌دانیم سولفوریک اسید یک ماده مرکب شامل

عنصرهای هیدروژن، گوگرد و اکسیژن است. این ماده کاربردهای صنعتی بسیاری دارد که برخی از آنها در کتاب درسی ذکر شده است.

۲- روش تولید صنعتی سولفوریک اسید را بیابید (راهنمایی: گاز گوگرد تری‌اکسید هم با همین روش تهیه می‌شود).

۳- تلاش کنید به فهرست بزرگ‌ترین تولیدکنندگان سولفوریک اسید دست پیدا کنید و نام این کشورها را با کشورهای عضو گروه هشت (هشت کشور قدرت‌مند اقتصادی و پیشرفته صنعتی) مقایسه کنید. به نظر شما بین مقدار تولید و مصرف سولفوریک اسید در یک کشور و صنعتی بودن آن، رابطه‌ای وجود دارد؟

۴- وضعیت تولید سولفوریک اسید در صنایع شیمیایی کشور ما چگونه است؟ در این باره به جمع‌آوری اطلاعات بپردازید.

جالب است بدانید که عامل سوزش چشم هنگام خرد کردن پیاز هم سولفوریک اسید است! درون سلول‌های پیاز، موادی هستند که به راحتی تبخیر می‌شوند و به چشم ما می‌رسند. این مواد دارای اتم‌های گوگرد، با اشک ما واکنش داده و سولفوریک اسید تولید می‌کنند که چشم را می‌سوزاند.



# شیمی ضد علم

صفحه کتاب: ۵

## دستگاه‌های ردیاب مواد منفجره

**نیتروژن** در حالت عنصری ( $N_2$ )، گازی بی‌اثر است؛ ولی زمانی که با اتم‌های عناصری مانند کربن و اکسیژن ترکیب می‌شود، به ماده‌ی کلیدی بیشتر **بمب‌های شیمیایی** تبدیل می‌گردد. به همین دلیل دانشمندان ابزارهای متفاوتی برای شناسایی بمب‌ها ساخته‌اند. تعدادی از دستگاه‌های بمب‌یاب با پیدا کردن اتم نیتروژن (در کنار اتم کربن) عمل می‌کنند. به‌طور کلی، بمب‌یاب‌ها با دو روش کلی کار می‌کنند.



وقتی مقدار بمب زیاد باشد و در اجسام مختلف جاسازی شده باشد، از طریق تابش امواج الکترومغناطیسی خاص (چیزی شبیه نور، مانند اشعه‌ی ایکس) وجود نیتروژن را مشخص می‌کنند (مانند دستگاه‌های امنیتی در فرودگاه‌ها)؛ اما وقتی مقدار بمب کم باشد و یا توسط انسان حمل شود، از طریق وارد کردن بخارهای ناشی از بمب به درون دستگاه و با تجهیزات الکترونیکی پیچیده شناسایی نیتروژن انجام می‌شود.

## بمب فسفوری

**فسفر سفید** یکی از شکل‌های نافلز فسفر است که به‌طور خودبه‌خودی با اکسیژن واکنش داده، در هوا می‌سوزد. به همین دلیل، آن را زیر آب نگهداری می‌کنند. تا کنون برخی کشورها از این ویژگی فسفر برای ساخت تسلیحات کشتار جمعی استفاده کرده‌اند (از جمله آمریکا در



جنگ ویتنام و رژیم صهیونیستی در جنگ غزه). فسفر موجود در بمب‌ها در اثر تماس با پوست (و یا تنفس) منجر به سوختگی شدید پوست، ریه، اندام‌های داخلی بدن و استخوان‌ها می‌شود.



گرمای حاصل از بمب هم دمایی در حدود  $1000^{\circ}C - 800^{\circ}C$  ایجاد می‌کند. به‌علاوه این‌که، دود سفید حاصل از انفجار بمب، منجر به کاهش دید سربازان می‌شود.

امروزه استفاده از بمب‌های فسفوری ممنوع شده است و این بمب به عنوان یک سلاح شیمیایی دسته‌بندی می‌شود.

# مدل بور و آرایش الکترونی

تمرین ..... صفحه کتاب: ۶

حتماً از پارسال مدل اتمی بور را به خاطر دارید. در این مدل، الکترون‌ها در مدارهایی به دور هسته در گردش هستند. این مدارها از سمت هسته به بیرون شماره‌گذاری می‌شوند و هر یک، ظرفیت (گنجایش) مشخص برای پذیرفتن الکترون دارند. آرایش الکترونی را برای اتم‌های زیر رسم کرده (مطابق مثال) و به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

مثال:  ${}^8_6\text{O}$

${}_{16}\text{S}$ :

${}_{17}\text{Cl}$ :

${}_{11}\text{Na}$ :

${}_{19}\text{K}$ :

${}_{13}\text{Al}$ :

${}_{9}\text{F}$ :

- ۱- کدام دو عنصر در آخرین مدار خود دارای ۷ الکترون هستند؟ **?**  
۲- آرایش الکترونی اکسیژن شبیه به آرایش الکترونی کدام عنصر است؟ **?**

اگر قواعد یافتن آرایش الکترونی در مدل بور را به خاطر ندارید، به نکات زیر توجه کنید:

- ◀ ظرفیت هر مدار با شماره  $n$  برابر با  $2 \times (n^2)$  است.
- ◀ آخرین مدار دارای الکترون (هر مداری که باشد) نمی‌تواند بیش از ۸ الکترون در خود جای دهد.
- ◀ زمانی تعداد الکترون در یک مدار الکترونی می‌تواند بیش از ۸ باشد که مدار بیرونی‌تر، لاقط دارای ۲ الکترون باشد.

# جدول تناوبی عنصرها

صفحه کتاب: ۷

دانشمندان علم شیمی از همان اوایل تولد این علم به دنبال دسته‌بندی عنصرها بودند تا بتوانند آنها را بهتر بررسی کنند و بشناسند. اولین کسی که این کار را اجرا کرد، لاووازیهٔ فرانسوی بود که عنصرها را در چهار دسته از جمله فلزها و نافلزها قرار داد. بعد از او افراد زیادی اقدام به دسته‌بندی عنصرها کردند که از مهم‌ترین آنها می‌شود به «دوبراینر» اشاره کرد.

چند سال بعد (۱۸۷۰ میلادی) **دمیتری مندلیف**، شیمی‌دان اهل روسیه، یک جدول از عنصرهایی که تا آن زمان شناخته شده بودند، ارایه کرد. در این **جدول عنصرها** در دسته‌هایی (گروه‌هایی) با خواص مشابه قرار داشتند. در حدود سال ۱۹۲۰ «هنری موزلی» اندکی جدول مندلیف را تغییر داد و «جدول تناوبی عنصرها» شکل گرفت که شکل امروزی آن را در زیر می‌بینید:

H																	He																														
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne																														
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar																														
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																														
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe																														
Cs	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn																														
Fr	Ra		Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og																														
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tbody> <tr> <td>La</td><td>Ce</td><td>Pr</td><td>Nd</td><td>Pm</td><td>Sm</td><td>Eu</td><td>Gd</td><td>Tb</td><td>Dy</td><td>Ho</td><td>Er</td><td>Tm</td><td>Yb</td><td>Lu</td> </tr> <tr> <td>Ac</td><td>Th</td><td>Pa</td><td>U</td><td>Np</td><td>Pu</td><td>Am</td><td>Cm</td><td>Bk</td><td>Cf</td><td>Es</td><td>Fm</td><td>Md</td><td>No</td><td>Lr</td> </tr> </tbody> </table>																		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu																																	
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr																																	

جدول تناوبی، یکی از مهم‌ترین ابزارهای یک شیمی‌دان است و اطلاعات بسیار زیادی دربارهٔ رفتار شیمیایی عنصرها به ما می‌دهد؛ و همهٔ این‌ها به خاطر نحوهٔ چیدمان عنصرها در جدول است. به این شکل که در زیر توضیح داده شده است:

۱- در جدول تناوبی، عنصرها به ترتیب **افزایش عدد اتمی** به دنبال هم چیده شده‌اند. پس هر عنصر از عنصر قبلی خود یک پروتون بیشتر دارد. بنابراین در حالت خنثی، هر عنصر یک الکترون بیش از عنصر قبلی خودش در جدول دارد.

۲- عنصرها را طوری در سطرها و ستون‌ها کنار هم می‌چینیم که عنصرهای زیر هم، **آرایش الکترونی مدار آخر مشابه** باشند.

- هدف مؤلفان از آوردن شکل جدول، حفظ کردن و به‌خاطر سپردن محل عناصر در آن نیست؛ تنها بر نظم و روند موجود در آن تمرکز کنید.



حالا بیا ببینیم در یک فعالیت، به چگونگی چینش عنصرها در جدول برسییم و متوجه شویم که چرا شکل جدول تناوبی به این شکل است:  
 الف) آرایش الکترونی چند عنصر ابتدایی جدول را بنویسید (مانند مثال):

<b>H</b>	۱	<b>He</b>	۲	<b>Li</b>	۲ ۱	<b>Be</b>		<b>B</b>	
<b>C</b>		<b>N</b>		<b>O</b>		<b>F</b>		<b>Ne</b>	
<b>Na</b>		<b>Mg</b>		<b>Al</b>		<b>Si</b>		<b>P</b>	
<b>S</b>		<b>Cl</b>		<b>Ar</b>		<b>K</b>		<b>Ca</b>	

ب) ۲۰ عنصر ابتدایی را در جدول زیر بچینید (از بالا و سمت چپ شروع کنید، به سمت راست بروید و در پایان هر ردیف، به ردیف بعدی بروید)، آرایش الکترونی شان را نیز، دوباره بنویسید.


اگر فعالیت را درست انجام داده باشید، با کمی دقت در وضعیت الکترونی اتم عنصرهای مختلف (مخصوصاً مدار آخر اشغال شده) متوجه حکمت این نحوه چینمان عنصرها در جدول می شوید.

بیاپید بحث را جمع‌بندی کنیم:

در جدول تناوبی...

اتم‌ها از اتم سمت چپ خود یک الکترون بیش‌تر دارند، ولی تعداد مدارهای الکترونی یکسان دارند.

اتم‌ها از اتم بالای خود یک مدار الکترونی بیش‌تر دارند، ولی تعداد الکترون آخرین مدارشان یکسان است (به جز مورد هلیوم، فکر می‌کنید هلیوم در جای اشتباهی قرار دارد؟).

دو مورد بالا موجب می‌شود عنصرهایی که در یک **گروه** (در یک **ستون** و زیر هم) قرار دارند؛ **رفتار شیمیایی مشابهی** (و نه یکسان) داشته باشند (از علوم هشتم به یاد دارید که خواص شیمیایی عنصرها ناشی از تعداد الکترون‌های آنها است) و در یک **دوره** (**ردیف** افقی)، از یک سوی جدول به سمت دیگر (مثلاً چپ به راست) خواص عنصرها به تدریج تغییر کند (همان‌طور که آرایش الکترونی مدار بیرونی‌شان به تدریج تغییر می‌کند).

لازم است بدانید که جدول تناوبی عنصرها دارای **۱۸ گروه** و **۷ دوره** است.

همان‌طور که گفتیم؛ لااوازیه عنصرها را در دسته‌های مختلف از جمله فلزها و نافلزها قرار داد. دسته‌بندی فلز و نافلز هنوز هم برای عنصرها به کار می‌رود. عنصرهای سمت چپ و میانه جدول را در دسته «فلزها» و عنصرهای سمت راست را در دسته «نافلزها» طبقه‌بندی می‌کنند. عنصرهای هر دسته شباهت‌های زیادی با هم دارند.

نافلزها	فلزها
نقطه ذوب و جوش پایین	نقطه ذوب و جوش بالا
شکننده (در حالت جامد)	چکش‌خوار و مقبول‌پذیر
سطح کدر و گرفته	سطح براق و درخشان
عایق برق و گرما	رسانای برق و گرما
چگالی پایین	چگالی بالا
در واکنش‌های شیمیایی آنیون می‌سازند.	در واکنش‌های شیمیایی کاتیون می‌سازند.

## پلیمرها

صفحه کتاب: ۱۱

این قسمت را با یک آزمایش شروع می‌کنیم:

در این آزمایش می‌خواهیم با یک مشاهده بسیار ساده، جهت‌گیری و آرایش مولکول‌های پلیمر را در کنار هم ببینیم.

● **وسایل و مواد مورد نیاز:** دستمال کاغذی، یک برگ کاغذ، سفره پلاستیکی یک‌بار مصرف

● **شرح آزمایش:** یک برگ دستمال کاغذی یک‌لا را بردارید و در دستان خود بگیرید. حالا آن را از یک جهت (مثلاً از طول) پاره کنید. در مرحله بعد، همان دستمال را از جهت دیگر (مثلاً از عرض) پاره کنید. چه می‌بینید؟

? **آزمایش بالا را با یک برگ کاغذ هم تکرار نمایید.** آیا مشاهده شما شبیه به مورد بالا است؟

? **آخرین آزمایش را بر روی یک تکه پلاستیک اجرا می‌کنیم.** سفره یک‌بار مصرف را در دست بگیرید. آن را یک بار از طول و بار دیگر از عرض بکشید. چه چیزی مشاهده می‌کنید؟

? **فکر می‌کنید چرا رفتار دستمال، برگ کاغذ و سفره یک‌بار مصرف در دو جهت مختلف تفاوت دارد؟** آیا می‌توانید جهت‌گیری چیدمان رشته‌های پلیمری را در این سه ماده مشخص کنید؟



همان‌طور که در بالا دیدید، رشته‌های مولکول‌های پلیمر در مواد مختلف، تا حدودی دارای چیدمان و نظم و جهت‌گیری مشخص هستند. متخصصان در زمینه مواد پلیمری از وضعیتی که در طبیعت بود، الهام گرفتند و سعی کردند تا تشکیل رشته‌های پلیمری را کاملاً تحت اختیار خود درآورند و موادی با ساختار مولکولی مهندسی‌شده ساختند. یک مثال آن را در ادامه خواهید دید. در بیشتر کشورهای، صنایع دفاعی و نظامی اهمیت و گسترش زیادی دارند؛ طوری که بسیاری از اختراعات و اکتشافات امروزه دنیا، در این صنایع رخ می‌دهد. یکی از کاربردهای مهم برای پلیمرهای طبیعی و مصنوعی هم در همین حوزه کشف شد.



چندین سال پیش، دانشمندان از کشسان بودن **تار عنکبوت** برای تولید **جلیقه ضد گلوله** استفاده کردند. به این ترتیب که با برخورد گلوله به توده تارهای عنکبوت درون جلیقه، این تارها کش می‌آیند و کمی حالت خود را از دست می‌دهند، ولی پاره نمی‌شوند. پس گلوله نمی‌توانست از جلیقه رد شود و به بدن آن فرد آسیب وارد کند. اما مشکل این نوع جلیقه‌ها این بود که اگر به شکل اتفاقی، گلوله دیگری در همان محل گلوله قبلی به جلیقه اصابت می‌کرد؛ می‌توانست از جلیقه عبور کند.

نسل بعدی جلیقه‌های ضد گلوله، با لایه‌ای از

**پلیمرهای مصنوعی** ساخته شد. این پلیمرها مولکول‌هایی شبیه **تسیبج** دارند! حالا فرض کنید یک گلوله با سرعت و انرژی زیاد به جلیقه اصابت می‌کند. انرژی گلوله به دانه‌های تسیبج منتقل می‌شود؛ آنها به دور نخ تسیبج شروع به چرخیدن می‌کنند و به تدریج انرژی خود را به شکل گرما از دست می‌دهند.



**?** به نظر شما، هر دانه تسیبج را فقط یک بار می‌شود به دور نخ تسیبج چرخاند؟!

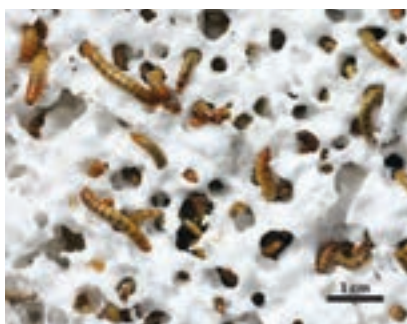
## بازیافت پلاستیک‌ها

صفحه کتاب: ۱۲

شاید واژه «پلی‌استایرن» را شنیده باشید. ظروف یک‌بار مصرف پلاستیکی و یونولیت (کائوچو) از نوعی پلی‌مر به نام پلی‌استایرن ساخته می‌شوند. این پلی‌مر ارزان است و به همین دلیل استفاده از آن رو به افزایش است. اما باید بدانید که پلی‌استایرن صدها سال بدون تغییر در طبیعت باقی می‌ماند.



دانشمندان بسیاری به دنبال حل این مشکل بودند و به‌تازگی گروهی از آنها توانستند نوعی کرم پیدا کنند که از پلی‌استایرن تغذیه می‌کند؛ کرم‌های پلاستیک‌خوار!



دانشمندان متوجه شدند که این کرم‌ها، اگر غذایی به جز پلی‌استایرن نداشته باشند، شروع به خوردن آن می‌کنند. آنها پلی‌استایرن را توسط باکتری‌های موجود در بدن خود به موادی از جمله گاز کربن دی‌اکسید تبدیل می‌کنند. نکته قابل توجه این‌که وقتی دانشمندان باکتری‌ها را از بدن کرم‌ها خارج کردند، مقدار مصرف پلی‌مر توسط باکتری‌ها کاهش یافت. دانشمندان هنوز نتوانسته‌اند از این کرم‌ها در مقیاس وسیع استفاده کنند و حکایت در این زمینه همچنان باقی است!

البته روش دیگری هم برای خلاصی از شر زباله‌های پلاستیکی وجود دارد: ساخت پلاستیک‌های زیست‌تخریب‌پذیر. ما در ادامه با روشی ساده، یکی از همین مواد را می‌سازیم.

در این آزمایش می‌خواهیم یک مادهٔ پلاستیکی بسازیم که با سرعت مناسبی در طبیعت تجزیه و تخریب شود.

این آزمایش را به شکل گروهی و دونفره انجام دهید.

● **وسایل و مواد مورد نیاز:** دست‌کش آزمایشگاهی، بشر، استوانه مدرج، میله هم‌زن، گرم‌کن الکتریکی (هیتر)، ترازو، فویل آلومینیم، نشاسته، گلیسرین، استیک اسید (می‌توانید از سرکهٔ غلیظ هم استفاده کنید)

● **شرح آزمایش:** ۵ گرم نشاسته و ۱۰۰ میلی‌لیتر آب درون یک بشر بریزید. سپس نشاسته و آب را با میله هم‌زن، مخلوط کنید. حالا دست‌کش به دست کرده و با استوانه مدرج، ۵ میلی‌لیتر گلیسرین را اندازه بگیرید و به مخلوط درون بشر اضافه کنید. حالا ۵ میلی‌لیتر استیک اسید را هم با استوانه مدرج اندازه بگیرید و به مخلوط بیفزایید. اکنون بشر را روی هیتر حرارت دهید و هم‌زمان محلول را هم بزنید.

در ابتدا محلول باید به صورت شیری باشد و به مرور به شکل ژل تبدیل شود. در انتها باید پلاستیک به صورت غیر چسبنده تبدیل شود. در این زمان پلاستیک را روی یک سطح صاف (مانند فویل آلومینیم) بمالید تا نازک شود؛ حالت دهید و منتظر شوید تا سرد بشود.

برای بررسی سرعت تجزیه و تخریب این پلاستیک در طبیعت، پس از آن‌که خشک و سرد شد؛ آن را به قطعات کوچک ببرید و درون یک گلدان خاک کنید. در کنار پلاستیک خود، تکه‌های بطری پلاستیکی معمولی را هم دفن نمایید. پس از دو ماه، وضعیت پلاستیک‌ها را بررسی و مقایسه کنید.

## تمرین

۱- می‌دانیم که انسان‌ها از گذشته‌های دور آهن را می‌شناخته‌اند و در ابزارهای خود، آلیاژ آهن (دارای چند درصد نیکل) را به کار می‌برده‌اند. اما در آن دوران فن ساخت آلیاژ وجود نداشته است. از طرفی می‌دانیم که شهاب‌سنگ‌ها از انفجار و خرد شدن سیاره‌ها و سیارک‌های بزرگ ایجاد می‌شوند. در مورد ساختار هسته سیاره‌ها و انواع شهاب‌سنگ‌ها تحقیق کنید و به یک نتیجه احتمالی دربارهٔ منشأ ابزارهای آهنی ابتدایی برسید.



۲- با توجه به واکنش‌پذیری فلزها، یک بند در رابطه با ضرب‌المثل «دست بالای دست بسیار است» بنویسید.

.....  
 .....

۳- بگویید هر یک از عنصرهای زیر در کدام دوره و گروه جدول تناوبی قرار دارند.

عنصر	دوره	گروه	عنصر	دوره	گروه
${}^9\text{F}$			${}^{11}\text{Na}$		
${}^{16}\text{S}$			${}^{17}\text{Cl}$		
${}^{19}\text{K}$			${}^{13}\text{Al}$		

۴- اگر بخواهیم عنصر کربن را هم در مجموعه واکنش‌پذیری فلزها وارد کنیم، باید آن را بین آلومینیم و روی قرار دهیم. با توجه به این موضوع، به موارد زیر پاسخ دهید:

**(الف)** آیا می‌توان از کربن در خالص‌سازی فلز آهن در فرآیند استخراج این فلز از معدن کمک گرفت؟ چگونه؟

.....

**(ب)** کانی آلومینیم به نام بوکسیت معروف است که بیشتر از آلومینا ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) ساخته شده است. آیا کربن

در خالص‌سازی آلومینیم می‌تواند مفید باشد؟ چرا؟

.....

۵- با توجه به قطعاً آموزشی گوگرد و محصولات آن، دلیل ریزش اشک از چشم ما هنگام خرد کردن پیاز، چیست؟

.....

۶- با توجه به آنچه در مورد فسفر فراگرفته‌اید، بهترین راه برای محدود کردن ضایعات ناشی از بمب‌های فسفوری را کدام مورد می‌دانید؟ چرا؟

**الف)** شستن اثرات بمب از روی پوست با آب

**ب)** خشک کردن پوست و پاک کردن اثرات بمب

.....

۷- فلزهای گروه اول جدول تناوبی به فلزهای قلبیایی معروف هستند؛ این عنصرها با عنصرهای گروه ۱۷ واکنش می‌دهند و ترکیب‌های شیمیایی مختلف می‌سازند. فکر می‌کنید واکنش لیتیم با کلر شدیدتر است یا پتاسیم با کلر؟ چرا؟

.....

۸- اگر بخواهیم نافلزها را هم مانند فلزها در یک سری واکنش‌پذیری قرار دهیم؛ فلوتور در صدر این جدول قرار می‌گیرد. حدس می‌زنید که واکنش یک فلز مشخص (مانند روی) با فلوتور شدیدتر است یا کلر؟

.....

۹- یکی از ویژگی‌های فلزها را «سطح براق و درخشنده» می‌دانیم. چرا براقیت سطح فلزهایی مانند طلا و پلاتین بیش از فلزهایی مثل آهن و منیزیم است؟

.....

۱۰- با ذکر دلیل بگویید که اگر بخواهیم با کمک مولکول‌های پلیمری، یک پارچه مقاوم در برابر کشیدگی و پاره‌شدن بسازیم؛ باید رشته‌ها به شکل موازی کنار هم قرار گیرند یا ضربدری؟

.....



## فصل دوم: رفتار اتم‌ها با یکدیگر



گیلبرت نیوتون لوویس شیمی‌دان آمریکایی بود که در حوزه‌های متعدد علم شیمی به فعالیت پرداخت. کارهای او در زمینه اسیدها و بازها و همین‌طور پیوندهای شیمیایی از بارزترین پژوهش‌های علمی وی است. او باور داشت الکترون‌های یک اتم در گوشه‌های مکعب‌هایی با اندازه‌های متفاوت پیرامون هسته آن اتم جای دارند.

## اثر مقدار ماده حل شده بر رسانایی

آزمایش کنید ..... صفحه کتاب: ۱۵

می‌خواهیم با آزمایشی ببینیم مقدار ماده موجود در محلول، بر میزان رسانایی اثر می‌گذارد یا خیر.

در مدرسه می‌توان این آزمایش را به شکل گروه‌های دوفری انجام داد.

● **وسایل و مواد مورد نیاز:** بشر متوسط، فاشقک (اسپاتول)، مقاومت‌سنج (مولتی‌متر) دیجیتالی، ترازو، استوانه مدرج، میله هم‌زن، سدیم کلرید، پتاسیم هیدروکسید، اگزالیک اسید، شکر، آب مقطر

● **شرح آزمایش:** ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر را با کمک استوانه مدرج اندازه بگیرید و درون بشر بریزید. حالا ۲ گرم سدیم کلرید را با اسپاتول و ترازو وزن کنید و با کمک میله هم‌زن درون بشر حل نمایید. در این مرحله، با راهنمایی معلم مقاومت محلول را اندازه بگیرید (دو بخش حس‌گر دستگاه را در فاصله مشخص از هم ثابت کنید تا فاصله‌شان تغییر نکند). عدد مشاهده‌شده را در جدولی مشابه جدول زیر بنویسید.

در ادامه باز هم ۲ گرم سدیم کلرید را توزین کرده و به محلول قبلی اضافه کنید؛ خوب هم بزنید تا حل شود و باز هم مقاومت محلول را اندازه بگیرید.

این کار را برای زمانی که کلاً ۶ و ۸ گرم سدیم کلرید در بشر حل کرده‌اید؛ تکرار نمایید. در پایان با آب مقطر حسگرهای مقاومت‌سنج را بشویید.

روند بالا را برای پتاسیم هیدروکسید، اگزالیک اسید و شکر هم تکرار نمایید.

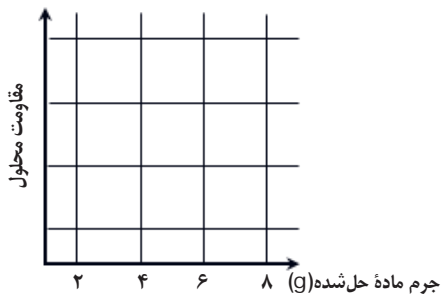
جرم سدیم کلرید	۲ گرم	۴ گرم	۶ گرم	۸ گرم
مقاومت محلول				

جرم پتاسیم هیدروکسید	۲ گرم	۴ گرم	۶ گرم	۸ گرم
مقاومت محلول				

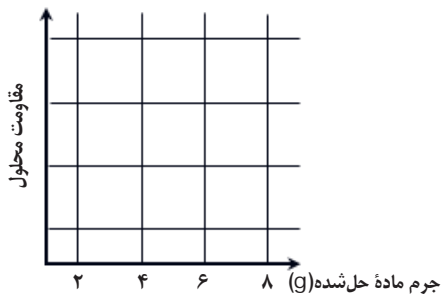
جرم اگزالیک اسید	۲ گرم	۴ گرم	۶ گرم	۸ گرم
مقاومت محلول				

جرم شکر	۲ گرم	۴ گرم	۶ گرم	۸ گرم
مقاومت محلول				

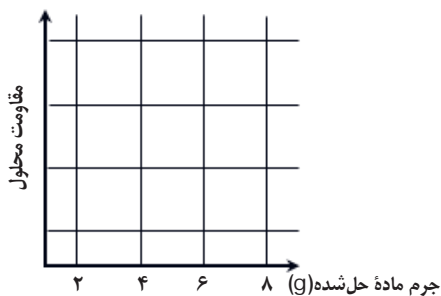
حالا نمودار «مقاومت محلول در برابر مقدار ماده حل شده» را برای هر یک از مواد مورد آزمایش رسم کنید.



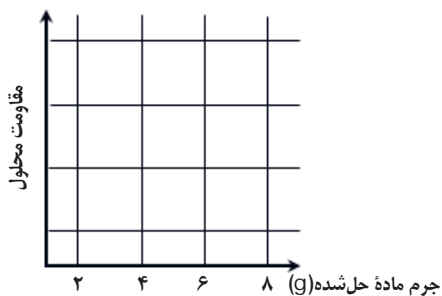
پتاسیم هیدروکسید



سدیم کلرید



شکر



اکزالیک اسید

همان طور که می بینید؛ نمودارها شکل های مختلفی دارند. درباره دلیل تفاوت شکل نمودارها در همین فصل خواهید آموخت.

# تولید ترکیب یونی

آزمایش کنید ..... صفحه کتاب: ۱۷

در این بخش، با دو آزمایش، یک ماده یونی تولید می‌کنیم و خواص آن را با عنصرهای سازنده‌اش مقایسه می‌نماییم.

در مدرسه می‌توان این آزمایش را به شکل گروه‌های دوفری انجام داد.

**⚠ نکته ایمنی:** این آزمایش را زیر هود یا در محیطی با تهویه مناسب اجرا نمایید.

## الف) تولید (سنتز) آهن سولفید

● **وسایل و مواد مورد نیاز:** بوته چینی، چراغ بونزن، کبریت، سه پایه و مثلث نسوز، ترازو، قاشقک (اسپاتول)، دست‌کش آزمایشگاهی، گوگرد، پودر فلز آهن

● **شرح آزمایش:** در ابتدا ۳ گرم پودر گوگرد را وزن کنید و درون بوته چینی بریزید. حالا بوته را بر روی مثلث نسوز و سه پایه قرار دهید و چراغ بونزن را روشن کنید (در این کار از معلم خود راهنمایی بگیرید).

**⚠ نکته ایمنی:** دقت کنید که شعله ملایم باشد تا گوگرد قهوه‌ای نشود و به هیچ عنوان شعله وارد بوته نشود تا گوگرد نسوزد.

تا گوگرد ذوب می‌شود، ۶ گرم پودر آهن را وزن کنید و آماده باشید. وقتی مطمئن شدید تمام حجم گوگرد ذوب شده، پودر آهن را به تدریج با قاشقک اضافه کنید. سرانجام شعله را خاموش کنید و منتظر شوید تا بوته چینی خنک شود. ماده جدیدی که تولید کرده‌اید، «آهن سولفید» نام دارد.



## ب) مقایسه خواص ترکیب یونی با عنصرهای سازنده

● **وسایل و مواد مورد نیاز:** بشر ۲ عدد، قاشقک، پی‌پت یا قطره‌چکان، هاون و دسته هاون، دست‌کش آزمایشگاهی، آب مقطر، سدیم هیدروکسید، هیدروکلریک اسید، گوگرد، پودر آهن

● **شرح آزمایش:** آهن سولفید را درون هاون بریزید و به خوبی بسایید تا پودر شود. سپس نیمی از آن را درون بشر اول و نیمی دیگر را درون بشر دوم بریزید. درون هر بشر حدود ۵۰ میلی‌لیتر آب بریزید. در این مرحله به بشر اول یک اسپاتول سدیم هیدروکسید (سود سوزآور) و به بشر دوم حدود ۲ میلی‌لیتر جوهر نمک (هیدروکلریک اسید) اضافه کنید. مشاهدات خود را ثبت نمایید. حالا بشرها را بشویید و در این مرحله مخلوط گوگرد و پودر آهن را درون هر یک بریزید و همان کارهای بالا را تکرار نمایید (اضافه کردن آب و اسید و سود).

همان‌طور که دیدید؛ یک ترکیب یونی خواص کاملاً متفاوتی با عنصرهای سازنده خود دارد.

## قاعدهٔ اوکت یا هشتایی

..... | صفحه کتاب: ۱۸

از سال گذشته به یاد دارید که در مدل بور (توصیف بور از اتم‌ها) الکترون‌ها در مدارهای مشخص به دور هستهٔ اتم - که دارای جرم زیاد و بار الکتریکی مثبت است - در حال چرخش هستند. هر مدار الکترونی که در اطراف هسته وجود دارد تعداد مشخصی از الکترون را در خود جای می‌دهد: به ترتیب ۲، ۸ و ....

دانشمندی به نام «لوویس» بر روی وضعیت آرایش الکترونی یون‌های اتم‌های مختلف تأمل کرد و به نکتهٔ مهمی پی برد؛ شما هم به آرایش الکترونی چهار یون زیر دقت نمایید:

${}_{12}\text{Mg}: 2/8/2 \Rightarrow {}_{12}\text{Mg}^{2+}: 2/8/0$ <p style="text-align: center;">منیزیم</p>	${}_{11}\text{Na}: 2/8/1 \Rightarrow {}_{11}\text{Na}^{1+}: 2/8/0$ <p style="text-align: center;">سدیم</p>
${}_{8}\text{O}: 2/6 \Rightarrow {}_{8}\text{O}^{2-}: 2/8$ <p style="text-align: center;">اکسیژن</p>	${}_{17}\text{Cl}: 2/8/7 \Rightarrow {}_{17}\text{Cl}^{1-}: 2/8/8$ <p style="text-align: center;">کلر</p>

**?** به نظر شما لوویس به چه نکتهٔ مهمی دربارهٔ آرایش الکترونی یون‌ها دست یافت؟  
(راهنمایی: این قاعده، به **قاعدهٔ هشتایی** معروف شد.)

**?** اتم‌ها می‌توانند با کسب الکترون و تبدیل شدن به **یون منفی (آنیون)** یا با از دست دادن الکترون و تبدیل شدن به **یون مثبت (کاتیون)** به هدفی که لوویس پی برد، برسند. در **فلزها**، از دست دادن الکترون، سریع‌ترین راه برای رسیدن به هدف است و برای **نافلزها**، این موضوع برعکس است. فکر می‌کنید چرا؟

**?** توجیه واکنش‌پذیری عنصرها در یک دوره: با توجه به قاعدهٔ هشتایی، به بررسی میزان واکنش‌پذیری عنصرهای گروه ۲ و گروه ۱ جدول تناوبی بپردازید. کدام‌ها واکنش‌پذیرتر هستند و چرا؟

**?** واکنش‌پذیری را برای عنصرهای نافلز موجود در گروه ۱۶ و ۱۷ هم مقایسه نمایید.

مطلب قبل یکی از موارد متعددی است که نشان می‌دهد جدول تناوبی عنصرها یا همان جدول مندلیف چه قدر پرکاربرد و مفید است.



**نماد شیمیایی یون‌ها:** می‌دانیم که هر عنصر با یک نماد شیمیایی مشخص می‌شود. این نمادها از یک یا دو حرف انگلیسی تشکیل شده‌اند، مثلاً H و He. نمادهایی که تا الآن استفاده شده‌اند، به اتم‌های خنثی مربوط هستند، اما چگونه باید به مخاطب خود بگوییم که منظور ما یون یک عنصر است و نه اتم آن؟!

اگر به جدول ابتدای همین قطعه آموزشی نگاه کنید؛ پاسخ خود را می‌گیرید. برای نمایش دادن یون‌ها، از الگوی کلی  $A^{X+}$  برای کاتیون‌ها و  $B^{X-}$  برای آنیون‌ها استفاده می‌کنیم. بر این اساس  $Na^{1+}$  یعنی یون سدیم دارای یک بار مثبت و  $O^{2-}$  هم یعنی یون اکسیژن دارای دو بار منفی.

به عنوان آخرین مطلب این را هم بدانید که معمولاً عدد ۱ برای بار یون‌ها را نمی‌نویسیم؛ پس به جای  $Cl^{1-}$  می‌نویسیم  $Cl^{-}$ .

**?** حالا نماد یون‌های زیر را بنویسید:

آلمینیم با سه بار مثبت: .....

هیدروژن با یک بار منفی: .....

گوگرد با دو بار منفی: .....

آهن با دو بار مثبت: .....

# پایستگی جرم

صفحه کتاب: ۱۹

همان‌طور که از فکر کنید صفحه ۱۹ کتاب درسی فراگرفتید؛ قانون پایستگی جرم می‌گوید «مجموع جرم واکنش‌دهنده‌ها در ابتدای یک واکنش برابر با مجموع جرم فراورده‌ها در پایان واکنش است».

این قانون برای اولین بار در سال ۱۷۷۴ میلادی توسط دانشمند فرانسوی به نام «آنتوان لاووازیه» بیان شد. او برای بار نخست متوجه شد که در واکنش‌های مختلف، پایستگی جرم وجود دارد و یافته علمی خود را به نام «قانون پایستگی جرم» مطرح کرد. اما اگر از لاووازیه می‌پرسیدند چرا این قانون وجود دارد، او پاسخی نداشت!

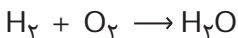


این وضع به همین شکل ادامه داشت تا سال ۱۸۰۵ م. که «جان دالتون» انگلیسی نظریه اتمی خود را ارائه کرد (سال گذشته با این نظریه آشنا شدید). یکی از بخش‌های نظریه دالتون این بود که «اتم‌ها نه به وجود می‌آیند و نه از بین می‌روند و نه به هم تبدیل می‌شوند». با کمک این بند از نظریه اتمی دالتون، قانون پایستگی جرم توضیح داده شد (چگونه؟).

**موازنه معادله واکنش:** دیدیم که دالتون با بیان «بقای اتم‌ها» به توضیح قانون «پایستگی جرم» پرداخت. با توجه به همین موضوع و با دانستن فرمول شیمیایی مواد شرکت‌کننده در یک واکنش شیمیایی، می‌توان شکل صحیح آن را نوشت. به مثال زیر دقت کنید:

آب → اکسیژن + هیدروژن

● معادله نوشتاری:



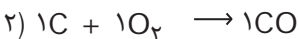
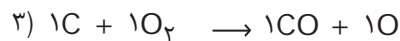
● معادله نمادین:



● معادله موازنه‌شده:

اگر معادله موازنه‌شده واکنش تولید آب از گازهای هیدروژن و اکسیژن را بررسی کنیم؛ متوجه می‌شویم که در سمت واکنش‌دهنده‌ها ۴ اتم هیدروژن و ۲ اتم اکسیژن وجود دارد و در سمت فراورده‌ها نیز همان تعداد از همان نوع اتم‌ها وجود دارند. این معادله به ما می‌گوید در هر کجای طبیعت (مثلاً در محیط آزمایشگاه) از واکنش میان دو مولکول هیدروژن و یک مولکول اکسیژن، دو مولکول آب تولید می‌شود.

با توجه به مطلب بیان‌شده، بگویید کدام مورد واکنش بین کربن و گاز اکسیژن و تولید کربن منواکسید (معادله موازنه‌نشده:  $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}$ ) را به درستی موازنه کرده است:

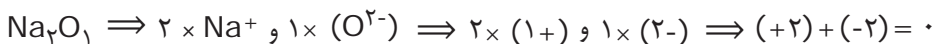


## خنثی بودن ترکیب‌های یونی

صفحه کتاب: ۲۲

بار دیگر به خود را بیازمایید صفحه ۱۹ کتاب درسی نگاه کنید. سدیم فلوئورید یک ترکیب یونی است. یعنی از یون‌های  $\text{Na}^+$  و  $\text{F}^-$  ساخته شده است. یک قطعه از بلور این ماده شامل میلیاردها  $\text{Na}^+$  و  $\text{F}^-$  است. اما همین بلور سدیم فلوئورید در کل فاقد بار الکتریکی است. مهم‌ترین ویژگی ترکیب‌های یونی این است که در مجموع بار الکتریکی ندارند. پس باید مجموع بارهای الکتریکی مثبت کاتیون‌ها و مجموع بارهای الکتریکی منفی آنیون‌ها با هم برابر باشد. با توجه به اصل بالا می‌توان فرمول شیمیایی تمام ترکیب‌های یونی را به دست آورد. فرمول یک ترکیب یونی ساده‌ترین نسبت بین کاتیون‌ها و آنیون‌ها را نشان می‌دهد. به‌طور مثال  $\text{MgO}$  به ما می‌گوید ترکیب یونی منیزیم اکسید از یون‌های منیزیم ( $\text{Mg}^{2+}$ ) و اکسیژن ( $\text{O}^{2-}$ ) به نسبت ۱ به ۱ ساخته شده است.

حالا فرض کنید قرار است فلز سدیم و نافلز اکسیژن با هم یک ترکیب یونی بسازند. چون سدیم به یون‌های  $\text{Na}^+$  و اکسیژن به یون‌های  $\text{O}^{2-}$  تبدیل می‌شوند؛ به ازای هر یون اکسیژن به دو یون سدیم نیاز است تا ترکیب یونی حاصل، خنثی باشد:



؟ حال به تمرین‌های زیر پاسخ دهید:

الف) با کمک مدل بور و قاعده لوویس، بگویید هر عنصر به چه یونی تبدیل می‌شود.

${}^9\text{F}$

${}_{10}\text{Ne}$

${}_{16}\text{S}$

${}_{20}\text{Ca}$

ب) در هر خانه سفید از جدول زیر، فرمول ترکیب یونی حاصل از عنصرهای بالا را بنویسید (در صورتی که

ترکیب یونی تشکیل شود).

	${}_{10}\text{Ne}$	${}_{20}\text{Ca}$	${}^9\text{F}$	${}_{16}\text{S}$
${}_{10}\text{Ne}$				
${}_{20}\text{Ca}$				
${}^9\text{F}$				
${}_{16}\text{S}$				



## ویژگی‌های ترکیب یونی!

تحقیق کنید ..... صفحه کتاب: ۲۲

آیا می‌دانید چرا در سرمای زمستان، مأموران شهرداری بر روی لایه یخ‌زده سطح خیابان‌ها نمک می‌پاشند؟



با توجه به متن صفحه ۲۲ کتاب درسی می‌دانیم که حل شدن ترکیب‌های یونی در آب موجب افزایش نقطه جوش می‌شود. انحلال این مواد در یک حلال مایع مثل آب، منجر به تغییرات دیگری نیز می‌گردد. با جست‌وجو در منابع مکتوب کتابخانه‌ای و وب و با کمک کلیدواژه «خواص تجمعی» یا «خواص کولیگاتیو» به دیگر آثار حل شدن مواد جامد یونی در آب دست یابید.

نتیجه پژوهش خود را به شکل روزنامه‌دیواری ارایه داده، سعی کنید در آن، موارد زیر را توضیح دهید:

- ۱- کوهنوردان چگونه در ارتفاعات تخم مرغ را آب‌پز می‌کنند؟
- ۲- میزان ماده حل شده چه تأثیری بر تغییر نقطه ذوب و جوش دارد؟
- ۳- آیا نوع ماده حل شده بر تغییرات نقطه ذوب و جوش تأثیر دارد؟
- ۴- آیا انحلال موادی که از یون‌ها ساخته نشده‌اند؛ همین تأثیرات را دارند؟



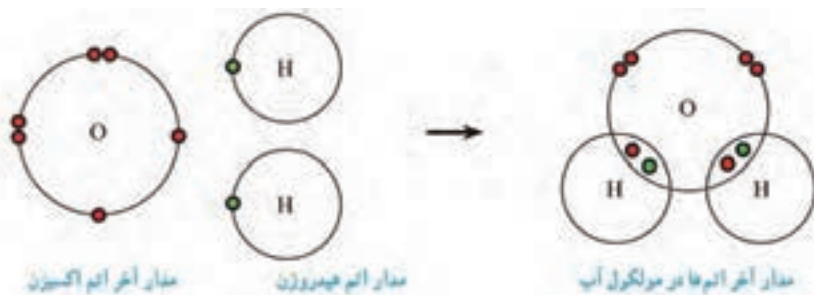
## اشتراک الکترون، تا کجا؟

صفحه کتاب: ۲۳

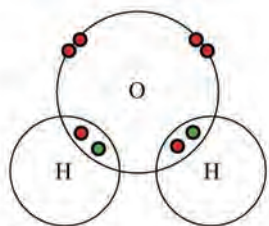
همان طور که در کتاب درسی خوانده‌ایم، اگر اتم‌های عنصرهای نافلزى در کنار هم قرار بگیرند، نمی‌توانند الکترون داد و ستد کنند، چون هیچ کدام مایل نیستند الکترون از دست بدهند. پس اتم‌های نافلز با هم الکترون به اشتراک می‌گذارند و با تشکیل پیوند کووالانسی، گونه‌های شیمیایی جدیدی به نام مولکول را به وجود می‌آورند.

اما سؤال این است که هر اتم چند الکترون به اشتراک می‌گذارد؟ این جا هم می‌شود از همان قاعده لوویس کمک گرفت، اتم‌ها تا حدی الکترون به اشتراک می‌گذارند که آخرین مدار الکترونی‌شان کامل شود. حواس‌تان باشد که در تشکیل پیوند کووالانسی، هیچ اتمی الکترون نمی‌دهد، پس باید تا تکمیل شدن آخرین مدار خود، الکترون اشتراکی از اتم‌های دیگر بگیرد.

برای مثال، اتم‌های هیدروژن و اکسیژن و مولکول آب را در نظر بگیرید:



اتم اکسیژن در مدار آخر خود ۲ جای خالی برای پذیرش الکترون دارد و اتم هیدروژن هم به ۱ الکترون برای تکمیل مدار خود نیاز دارد. پس اگر اتم اکسیژن با دو اتم هیدروژن الکترون به اشتراک بگذارد، هر سه اتم «از نظر خودشان» مدار الکترونی کامل دارند.



در این ساختار، هر اتم هیدروژن از نظر خودش دارای ۲ الکترون در مدار اول است؛ پس مدارش کامل شده است.

اتم اکسیژن هم تصور می‌کند مدار دوم الکترونی‌اش دارای ۸ الکترون است و تکمیل می‌باشد.

با توجه به مطلبی که فراگفتید، تلاش کنید مولکول حاصل از جفت عنصرهای جدول صفحه بعد را رسم نمایید (شاید لازم باشد از یک عنصر چند اتم به کار ببرید).

${}^6\text{C}$ و ${}^1\text{H}$	${}^1\text{H}$ و ${}^1\text{H}$	${}^7\text{N}$ و ${}^1\text{H}$

**ساختار لوویس مولکول‌ها:** به ابتکار جناب آقای لوویس، روشی برای ترسیم سریع و

ساده ساختار مولکول‌های مختلف ابداع شد. در این روش از دستورالعمل زیر پیروی می‌کنیم:

۱- برای نمایش هسته هر اتم و تمام الکترون‌های مدارهای درونی، فقط از نماد آن عنصر استفاده می‌کنیم.

۲- الکترون‌های مدار بیرونی اتم‌ها را به شکل نقطه‌هایی در چهار طرف نماد آن اتم می‌نویسیم.

۳- هر جفت الکترون مشترک بین دو اتم را به شکل یک خط نشان می‌دهیم.

بر اساس روش بالا، شکل مولکول آب بر اساس نمایش لوویس به صورت زیر خواهد بود:



اکنون شکل ساختار لوویس مولکول‌هایی که در همین قطعه آموزشی به دست آوردید، را رسم کنید.

${}^6\text{C}$ و ${}^1\text{H}$	${}^1\text{H}$ و ${}^1\text{H}$	${}^7\text{N}$ و ${}^1\text{H}$

## تمرین

۱- با توجه به ماهیت ذرات سازنده مواد، تفاوت نمودارهای قطعاً آموزشی «اثر مقدار ماده حل شده بر رسانایی» را توضیح دهید.

۲- برای جداکردن یک الکترون از یک اتم باید مقداری انرژی صرف کنیم تا الکترون را از جاذبه هسته برهانیم! به این مقدار انرژی می‌گوییم «انرژی یونش». این امکان وجود دارد که پس از جدا کردن اولین الکترون، الکترون‌های بعدی را نیز از اتم جدا کنیم که **یونش‌های متوالی** (یونش دوم و سوم و ...) رخ می‌دهد. مقادیر انرژی‌های یونش سدیم و منیزیم را در زیر مشاهده می‌کنید (با واحد یکسان). به نظر شما با توجه به این مقادیر انرژی، می‌توان دلیل برقراری قاعده اوکتت را متوجه شد؟ چه‌طور؟

اتم	انرژی یونش اول	انرژی دومین یونش	انرژی سومین یونش	انرژی یونش چهارم
سدیم	۴۹۶	۴۵۶۲	۶۹۱۰	۹۵۴۳
منیزیم	۷۳۸	۱۴۵۱	۷۷۳۳	۱۰۵۴۲

۳- در شیمی به بخشی از جهان که مورد مطالعه ما است، می‌گوییم «سامانه». سامانه‌ها به شکل باز و یا بسته هستند. **سامانه باز** می‌تواند با محیط پیرامون خود ماده ردوبدل کند، مانند قابلمه با در باز و **سامانه بسته** امکان مبادله ماده با محیط ندارد؛ هم‌چون یک شیر پاکتی در بسته. به نظر شما بقای جرم در سامانه‌های بسته وجود دارد یا باز؟ توضیح دهید.



یک سیستم باز در حال مطالعه  
Encyclopedia of  
Kahoo

۴- نقطه جوش محلول‌های زیر را مقایسه نمایید.

الف) ۱۰ گرم سدیم کلرید حل شده در ۱۲۰ میلی‌لیتر آب

ب) ۱۵ گرم سدیم کلرید حل شده در ۲۰۰ گرم آب

پ) ۲۵ گرم سدیم کلرید در ۲۵۰ میلی‌لیتر آب

.....

.....

.....



۵ با توجه به قطعه آموزشی «پایستگی جرم» درباره قوانین و نظریه‌های علمی تحقیق کنید. کدام مورد به بیان «چه»

می‌پردازد و کدام یک به «چرا» پاسخ می‌دهد؟

▶ چاق و لاغر مدام خراب‌کاری می‌کنند!

▶ چون از ذهن خود به خوبی استفاده نمی‌کنند!!

۶- واکنش‌های زیر را موازنه کنید.



۷- الف) بگویید هر یک از اتم‌های زیر در واکنش‌های شیمیایی به چه یونی تبدیل می‌شود.



ب) فرمول ترکیب‌های یونی حاصل از یون‌های بالا را بنویسید.

.....

.....

۸- در رسم ساختار لوویس، به الکترون‌های مشترک بین دو اتم، می‌گوییم «الکترون‌های پیوندی». یعنی این الکترون‌ها هستند که موجب می‌شوند دو اتم به هم متصل شوند. دیگر الکترون‌ها، که به شکل نقطه نشان می‌دهیم، «الکترون‌های ناپیوندی» نام دارند و تأثیری روی اتصال اتم‌ها به هم ندارند. در گونه‌های جدول بعدی، تعداد الکترون‌های پیوندی و جفت الکترون‌های ناپیوندی را بنویسید:

$A \text{---} B \text{:}$	$\text{:}\ddot{X} \text{---} \ddot{O} \text{:}$	$\text{:}\ddot{M} = \ddot{S} \text{:}$	$\text{:}\ddot{B} = \ddot{M} \text{---} W$	گونه
				الکترون‌های پیوندی
				جفت‌الکترون‌های ناپیوندی

۹- با الهام از کاتیون‌ها و آنیون‌ها، در ارتباط با بیت زیر یک بند بنویسید:  
 «کبوتر با کبوتر! باز با باز! کُند هم‌جنس با هم‌جنس پرواز؟!»

۱۰- با توجه به اعداد اتمی داده‌شده، ساختار لوویس مولکول‌های زیر را رسم نمایید  
 (اعداد اتمی:  $H=1$  و  $O=8$  و  $C=6$  و  $Cl=17$ )  
 الف)  $CO_2$  ب)  $CH_2O$  پ)  $CH_3OH$  ت)  $Cl_2O$  ث)  $C_2Cl_4$

۱۱- با توجه به نمادها و ساختارهای لوویس، بار گونه‌های زیر را بیابید و سپس به پرسش‌ها پاسخ دهید  
 (اعداد اتمی:  $H=1$  و  $B=5$  و  $N=7$  و  $O=8$  و  $Cl=17$  و  $Br=35$ )

گونه	الف	ب	پ
نماد	$\text{:}\ddot{N} \text{:}$	$\text{:}\ddot{Br} \text{---} \ddot{Cl} \text{:}$	$\text{:}\ddot{O} \text{---} H$
بار			
گونه	ت	ث	ج
نماد	$\text{:}\ddot{N} \equiv \ddot{O} \text{:}$	$\cdot B \cdot$	$\text{:}\ddot{N} = N = \ddot{N} \text{:}$
بار			

الف) کدام گونه‌ها یون هستند؟

ب) آیا در میان موارد بالا، «یون چنداتمی» وجود دارد (در ساختار آن یون، دو یا چند اتم با پیوند کووالانسی به هم متصل شده باشند)؟

۱۲- آیا بین قاعده لوویس و محل عنصرهای گروه یک و دو در سری واکنش‌پذیری ارتباطی وجود دارد؟ چگونه؟

۱۳- هنگام ذوب کردن و جوشیدن ترکیب مولکولی چه اتفاقی می‌افتد؟ در مورد ترکیب یونی چه‌طور؟

## فصل سوم: به دنبال محیطی بهتر برای زندگی



چند سالی است که «توسعه پایدار» مورد توجه قرار گرفته است. این عبارت به زبان ساده یعنی «اگر می‌خواهیم کاری کنیم، به عاقبت آن هم بیندیشیم و حواس‌مان باشد که طبیعت را بر هم نزنیم». دو مثال آشنا از فعالیت‌های نابخردانه بشر، اقداماتی است که منجر به نازک‌شدن لایه اوزون و گرمایش جهانی شد. بیا بید مراقب باشیم کاری نکنیم که پیدا کردن لنگه کفش در بیابان کره زمین، غنیمت شود.

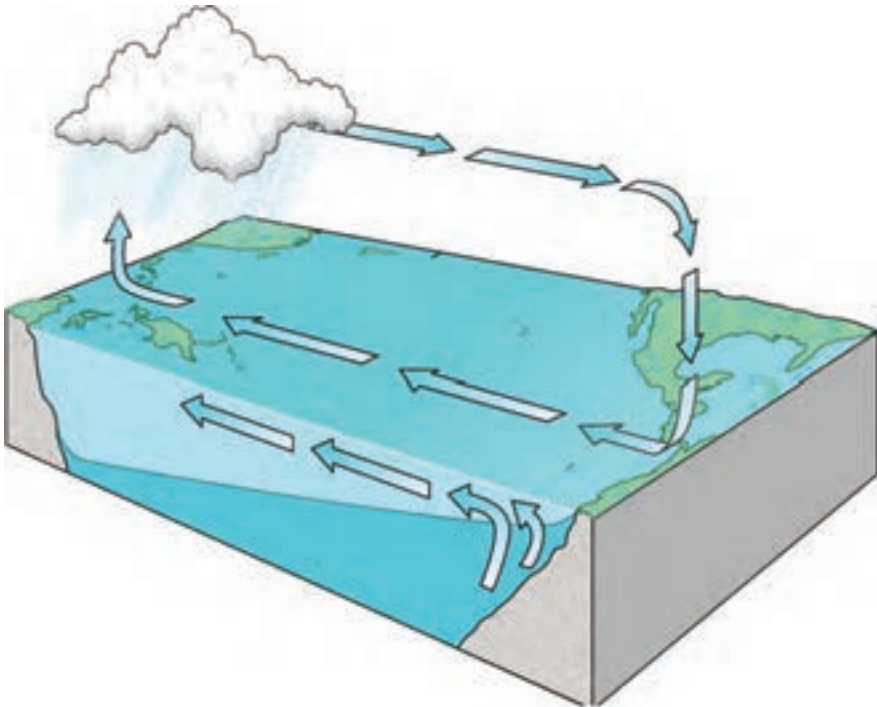
## چرخه‌ها در طبیعت

پژوهش کنید ..... صفحه کتاب: ۲۷

شما در کتاب علوم سال هفتم با چرخه آب (بر روی زمین و درون آن) آشنا شدید. در صفحه ۲۷ کتاب درسی امسال هم الگویی از چرخه کربن را مشاهده می‌کنید. ۱- این دو چرخه را از نظر تغییرهای فیزیکی و شیمیایی مقایسه کنید.

۲- با ریزینی در چرخه کربن، مجدداً برای آب چرخه‌ای رسم نمایید که شامل نقاط مشترک با چرخه کربن هم باشد.

۳- آیا می‌توانید چرخه آب را گسترده‌تر و دقیق‌تر هم رسم کنید؟





# انرژی و سوخت‌های فسیلی، این‌جا و آن‌جا

پژوهش کنید ..... صفحه کتاب: ۲۹

شکل زیر، مصرف انرژی را در سال ۲۰۱۵ میلادی در سراسر جهان نشان می‌دهد.



پرمصرف‌ترین کشورها کدام‌ها هستند؟

تحقیق کنید که واحد Mtoe چیست.

شکل‌های بعدی مقدار نفت خامی که وارد پالایشگاه‌های کشورهای مختلف می‌گردد و هم‌چنین میزان تولید گاز کربن‌دی‌اکسید در اثر سوختن نفت را نشان می‌دهند (در سال ۲۰۱۵ میلادی).



مقدار نفت خام ورودی به پالایشگاه‌ها



میزان تولید گاز کربن دی اکسید

۱- بیشترین مقدار تبدیل نفت به فرآورده‌های نفتی در کدام کشورها اتفاق می‌افتد؟

۲- بزرگ‌ترین تولیدکنندگان CO<sub>2</sub> کدام کشورها هستند؟

شکل‌های پایین هم به بررسی میزان تولید برق و همین‌طور سهم انرژی‌های نو (مثل باد) در تولید برق (در سال

۲۰۱۵ میلادی) می‌پردازند.



مقدار برق پاک تولیدشده



میزان تولید برق در کشورها

۳- با توجه به شکل‌های بالا، وضعیت کشور ما را در به‌کارگیری سوخت‌های فسیلی برای سوختن و یا برای ساختن، به چه شکلی ارزیابی می‌کنید؟ (اگر اطلاعات دیگری هم نیاز دارید، از منابع معتبر و یا در صورت امکان، از طریق مصاحبه با اقتصاددانان به‌دست آورید).

# مواد آلی و غیر آلی

..... صفحه کتاب: ۳۰

در طبیعت مواد شیمیایی بسیار زیادی دارای اتم‌های عنصر کربن هستند و اکثر این مواد هم در بدن موجودات زنده یافت می‌شوند (به‌طور مثال، چربی‌ها، پروتئین‌ها، قندها و ...). بر این اساس شیمی‌دان‌ها تصور می‌کردند یک نیروی ویژه که فقط درون بدن موجودات زنده وجود دارد، می‌تواند موادی مثل پروتئین‌ها را - از دیگر مواد موجود در محیط غیرزنده - بسازد.

همین موضوع و نظریه باعث شد تا مواد شیمیایی را به دو دسته آلی (وابسته به بدن و اندام موجودات زنده است) و معدنی (در محیط خارج از بدن موجودات زنده نیز وجود دارد) تقسیم کنند و دو شاخه شیمی آلی و شیمی معدنی هم برای بررسی و پژوهش در ارتباط با این دو دسته مواد شیمیایی ایجاد شد.

امروزه مدت‌ها است که نظریه «حیات‌گرایی»<sup>۱</sup> (نظریه بالا) منسوخ شده است؛ اما هنوز هم دسته‌بندی مواد آلی و غیر آلی (معدنی) وجود دارد.

**۱- مواد آلی:** اکثر ترکیب‌های دارای اتم کربن (به جز کربن دی‌اکسید و کربن منواکسید و کربنات‌ها و سیانیدها)

**۲- مواد معدنی:** مواد شیمیایی فاقد عنصر کربن و همین‌طور استثناهای مورد بالا (خود عنصر کربن یک ماده معدنی محسوب می‌شود).

**?** به نظر شما، تعداد و تنوع مواد آلی بیشتر است یا معدنی؟ با جست‌وجو به پاسخ این پرسش برسید...

گفته شد که نظریه حیات‌گرایی منسوخ شده است؛ یعنی امروزه شیمی‌دان‌ها مواد آلی بسیار زیادی را در آزمایشگاه (خارج از بدن موجودات زنده) تولید می‌کنند.




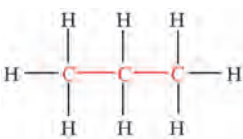

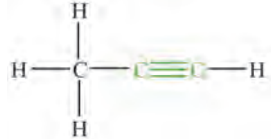
**?** تحقیق کنید که اولین بار چه آزمایشی و توسط کدام دانشمند صورت گرفت که منجر به باطل شدن نظریه حیات‌گرایی شد. نتیجه تحقیق خود را در قالب یک فایل پاورپوینت و با هماهنگی معلم‌تان در کلاس ارائه دهید.

1- Vitalism

## هیدروکربن‌ها

■ صفحه کتاب: ۳۰

مواد آلی به گروه‌های مختلفی دسته‌بندی می‌شوند. یکی از مهم‌ترین گروه مواد آلی، هیدروکربن‌ها هستند. مولکول این مواد مرکب، فقط از اتم‌های عنصرهای هیدروژن و کربن ساخته شده‌اند. ویژگی مشترک تمام هیدروکربن‌ها این است که هر اتم کربن دارای ۴ پیوند کووالانسی و هر اتم هیدروژن دارای ۱ پیوند کووالانسی است (اتم‌ها به این شکل به آرایش هشتایی می‌رسند. چرا؟). ساختارهای زیر، چند مولکول هیدروکربن را به نمایش می‌گذارند:

ساختار				
نام	متان	پروپان	اتن	پروپین

همان‌طور که در بالا مشاهده کردید دو اتم کربن می‌توانند به شکل‌های مختلفی به یکدیگر متصل شوند و این مورد باعث تنوع در هیدروکربن‌ها است. بسته به چگونگی اتصال اتم‌های کربن به یکدیگر، هیدروکربن‌ها را به سه دسته تقسیم می‌کنند:

۱- **آلکان‌ها:** تمام پیوند بین اتم‌های کربن باید به شکل ساده (C-C) باشد.

۲- **آلکن‌ها:** دست کم یک پیوند دوگانه بین اتم‌های کربن دارد (C=C).

۳- **آلکین‌ها:** حداقل دو اتم کربن دارد که با پیوند سه‌گانه به یکدیگر متصل هستند (C≡C).

لازم است بدانید که این دسته‌بندی بر اساس ساختار، عملاً هیدروکربن‌ها را بر اساس خواص و رفتار شیمیایی هم دسته‌بندی می‌کند.

◀ **نکته:** مقدار و تنوع آلکان‌ها در نفت خام بسیار زیاد است؛ گرچه معمولاً چند نوع آلکن و آلکین هم، به مقدار کم، در نفت وجود دارد.

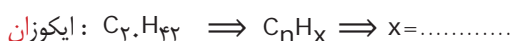
# آلکان‌ها

پژوهش کنید ..... صفحه کتاب: ۳۰

فرمول آلکان‌ها: بیابید بار دیگر به جدول صفحه ۳۰ کتاب درسی نگاه کنیم:

فرمول مولکولی	نام هیدروکربن
$C_1H_4$	متان
$C_2H_6$	پتان
$C_8H_{18}$	اوکتان
$C_{20}H_{42}$	ایکوزان

مواد بالا، همگی از آلکان‌ها هستند. می‌توان برای این گروه از هیدروکربن‌ها «فرمول مولکولی کلی» به دست آورد. در هر یک از فرمول‌های بالا، فرض کنید  $n$  اتم کربن وجود دارد. سپس سعی کنید تعداد اتم‌های هیدروژن را بر اساس  $n$  بنویسید. اگر بتوانید به یک رابطه یکسان برای هر چهار مورد دست یابید، فرمول عمومی آلکان‌ها را یافته‌اید.



«فرمول مولکولی عمومی برای آلکان‌ها:  $C_nH_{2n+2}$ »

**نام‌گذاری آلکان‌ها:** در نام‌گذاری آلکان‌ها (به‌طور مثال متان، پتان و اوکتان) باید تعداد اتم‌های کربن را مشخص کنیم؛ زمانی که تعداد اتم‌های کربن تعیین شود، خودبه‌خود تعداد اتم‌های هیدروژن درون مولکول آلکان هم به دست می‌آید.

بر این اساس نام آلکان‌ها از دو بخش تشکیل می‌شود:

بخش اول + ان

نشان‌دهندهٔ تعداد اتم کربن در مولکول      نشان‌دهندهٔ این که ماده، یک آلکان است.

جدول زیر، بخش اول نام آلکان‌ها را نشان می‌دهد که مشخص‌کننده تعداد اتم‌های کربن موجود در مولکول است:

بخش اول	م	ات	پروپ	بوت	پنت	هگز	هپت	اوکت	نوند	دک
تعداد اتم کربن	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰

با توجه به الگوی بالا، نام آلکانی که دارای مولکول‌هایی با ۳ اتم کربن است؛ پروپان خواهد بود. **?** فرمول مولکولی ماده‌ای با نام هپتان چیست؟

**?** جدول زیر را که شامل نام، فرمول مولکولی و ساختار لوویس چند آلکان است؛ کامل کنید:

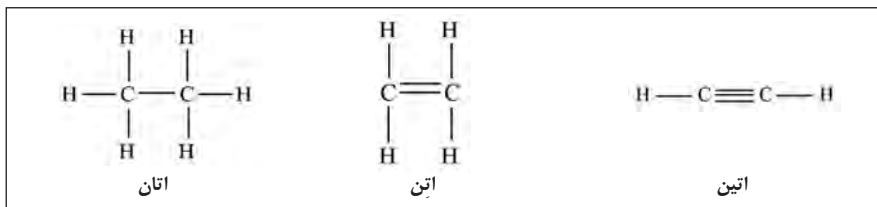
نام	فرمول مولکولی	ساختار لوویس
متان		$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$
	$\text{C}_2\text{H}_6$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
		$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
پنتان		

**?** کمی در ساختاری که برای مولکول‌ها رسم کرده‌اید، تفکر کنید، آیا این ساختار، رابطه بین تعداد اتم‌های کربن و هیدروژن را به نمایش می‌گذارد؟

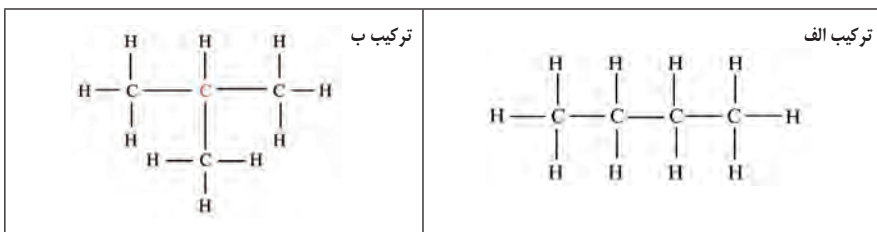
## ایزومرها

صفحه کتاب: ۳۱

دیدیم که اتم‌های کربن می‌توانند با پیوندهای ساده، دوگانه و یا سه‌گانه به هم متصل شوند و این عامل باعث تنوع در ساختار هیدروکربن‌ها می‌شود. به‌طور مثال اتان، اتن و اتین نتیجه همین موضوع هستند:



یکی دیگر از عوامل تنوع در ساختار هیدروکربن‌ها، نحوه چینش اتم‌های کربن در کنار هم درون یک مولکول است. به دو ساختار زیر دقت کنید تا بهتر متوجه این موضوع شوید:



با شمارش تعداد اتم‌های کربن و هیدروژن، مطمئن شوید که هر دو مولکول، دارای فرمول یکسانی هستند. همان‌طور که می‌بینید، در «مولکول ب» یک اتم کربن وجود دارد که به سه اتم کربن دیگر متصل است، درحالی‌که در «مولکول الف» چنین اتم کربنی وجود ندارد. پس با این‌که هر دو مولکول دارای فرمول  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  هستند، دو مولکول با ساختار متفاوت می‌باشند. موادی که فرمول مولکولی یکسان ولی ساختار مولکولی متفاوت دارند «ایزومر» یا «هم‌پار» یک‌دیگر هستند.

❓ در نفت سه آلکان با فرمول مولکولی  $\text{C}_8\text{H}_{18}$  یافت می‌شود. با توجه به قواعدی که در ابتدای قطعه آموزشی «هیدروکربن‌ها» آمده است، ساختار این مولکول‌ها را رسم کنید.

--	--	--

## تقطیر، چگونه!؟

■ صفحه کتاب: ۳۲

می‌دانیم **تقطیر** یک روش فیزیکی برای **جداسازی** است که بر اساس **تفاوت نقطه جوش اجزای موجود در محلول** عمل می‌کند (برای تقطیر ساده، حداقل اختلاف مناسب در نقطه جوش مواد مختلف  $25^{\circ}\text{C}$  است). برای درک بهتر از تقطیر باید محلول مورد نظر را هنگام جوشیدن و متراکم شدن بخار آن، بررسی کنیم. در واقع، در روش تقطیر، مولکول‌های مواد مختلف، **هنگام تبخیر یا میعان** از یک‌دیگر جدا می‌شوند.

بررسی مولکولی وقایع مختلف تقطیر ساده: محلول **متانول و آب** را در نظر بگیرید. نقطه جوش متانول (یک ماده آلی) و آب، به ترتیب،  $65^{\circ}\text{C}$  و  $100^{\circ}\text{C}$  است. پس، روش تقطیر برای جدا کردن اجزای محلول مناسب است.

هنگامی که محلول را درون بالون تقطیر می‌ریزیم و حرارت می‌دهیم، انرژی وارد محلول شده و توسط مولکول‌ها جذب می‌شود و دما کم‌کم بالا می‌رود تا این که به نقطه جوش متانول می‌رسد. در این دما متانول سریع‌تر و شدیدتر بخار شده، به فضای بالای بالون می‌رود و درون سردکننده (مبرد) میعان شده، در ظرفی مشخص جمع‌آوری می‌شود. اما هنوز میزان تبخیر مولکول‌های آب بسیار کم است. با ادامه حرارت دادن و بالا رفتن دمای محلول، به تدریج آب هم بخار می‌شود و مشاهده می‌کنیم که دماسنج هم افزایش دمای بخار را اعلام می‌کند. در این حالت ظرف جمع‌آوری مایع را باید تعویض کنیم. چون مولکول‌هایی که وارد سردکننده شده و میعان می‌شوند، مولکول‌های آب هستند.

مثال بالا، **جداسازی هنگام تبخیر** را توصیف کرد. مثال پایین به توضیح **جداسازی هنگام میعان** می‌پردازد. وقتی محلول چند جزئی مانند **نفت خام** را حرارت می‌دهیم، اجزای تشکیل‌دهنده آن به ترتیب سبکی، بخار می‌شوند. برعکس وقتی بخواهیم این بخارها را سرد و دوباره تبدیل به مایع کنیم، هر کدام که سبک‌تر باشد دیرتر (در دمای کم‌تر) مایع می‌گردد. با توجه به این خاصیت، می‌توانیم نفت خام را به روش دیگری که به آن «**تقطیر آبی**» می‌گویند، پالایش نماییم.

در این روش، نفت خام را به شکلی حرارت می‌دهیم که ناگهان همه اجزای آن تبدیل به بخار گردد و سپس آنها را سرد می‌کنیم. در این جا، مولکول‌های مختلف سازنده بخار، به ترتیب سنگینی مایع می‌شوند؛ یعنی هرچه سنگین‌تر باشند، زودتر مایع می‌گردند و با این روش، اجزای نفت خام را به ترتیب مایع شدن از هم جدا می‌کنند. البته چون نفت خام بسیار پیچیده و دارای اجزای فراوانی است، هر بخش که به این شکل در برج تقطیر به دست می‌آید، مخلوطی از چند هیدروکربن با نقطه جوش نزدیک به هم است.





# ساخت پلیمر

صفحه کتاب: ۳۳

با این آزمایش، قصد داریم یک پلیمر (بَسپار) را از واحدهای سازنده‌اش (منومرهایش) سنتز کرده، تفاوت ویژگی‌های این دو ماده را بررسی کنیم. (می‌توان، در مدرسه، این آزمایش را به شکل گروه‌های دوفنری انجام داد.)

● **وسایل و مواد مورد نیاز:** بشر متوسط، سانتریفیوژ الکتریکی (اختیاری)، بشر بزرگ، استوانه مدرج، پی‌پت، پوآر (پی‌پت پرکن)، قاشقک (اسپاتول)، میله هم‌زن، ترازوی دقیق، سدیم هیدروکسید، دوپامین هیدروکلرید، آب مقطر

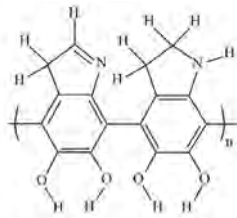
● **شرح آزمایش:**

- (۱) ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر را با کمک استوانه مدرج اندازه بگیرید و درون بشر بریزید.
- (۲) ۰/۰۲ گرم دوپامین هیدروکلرید را با ترازو اندازه بگیرید و به آب اضافه کرده و هم بزنید.
- (۳) ۲ گرم سدیم هیدروکسید را با ترازو وزن کرده و درون بشر دیگر محتوی ۲۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر بریزید و خوب هم بزنید تا حل شود.
- (۴) ۴ میلی‌لیتر محلول سدیم هیدروکسید را با پی‌پت و پوآر به محلول آب و دوپامین هیدروکلرید اضافه کنید و خوب هم بزنید.

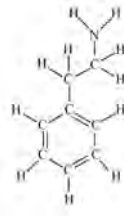
در این لحظه محلول به رنگ زرد درمی‌آید. با سپری شدن حدود ۵ ساعت، محلول به تدریج قهوه‌ای رنگ می‌شود که نشانه کامل شدن تولید پلی‌دوپامین است (دانه‌های بسیار ریز تشکیل می‌شوند که با سانتریفیوژ قابل جداسازی هستند).

## اندکی در باب دوپامین و پلی‌دوپامین:

دوپامین یک انتقال‌دهنده عصبی است که نقش مهمی در سیستم عصبی، قلب و عروق دارد و می‌تواند در آزمایشگاه از مواد نفتی ساخته شود! میزان دوپامین موجود در خون، نشان‌دهنده سلامت بدن و یا ابتلا به بیماری‌هایی مانند پارکینسون است. در محیط قلیایی (بازی) این مولکول می‌تواند به پلی‌دوپامین تبدیل شود. ساختار هر دو ماده را در زیر می‌بینید.



پلی‌دوپامین



دوپامین



ویژگی پلی‌دوپامین اتصال آن به تمام سطوح است. از طرفی به هر سطحی که بچسبید، باعث می‌شود آن سطح به آب علاقه‌مند شود. شکل روبه‌رو همین موضوع را نشان می‌دهد. شما می‌توانید با قرار دادن یک پارچه درون محلول آزمایش، این موضوع را تجربه کنید.

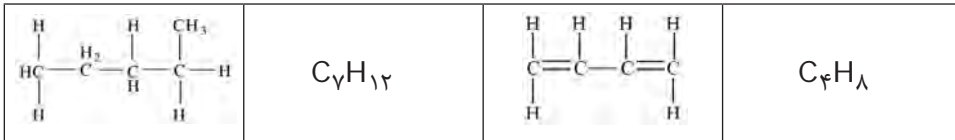


۱- لویی پاستور (شیمی‌دان و پزشک فرانسوی) معتقد بود «فقط حیات و زندگی می‌تواند عمل تخمیر را سرعت بخشد». به نظر شما این سخن بیان‌گر چه دیدگاهی است؟

۲- با توجه به فرمول گونه‌های زیر، مشخص کنید کدام‌یک آلی و کدام‌یک معدنی است.



۳- تعیین کنید هر یک از هیدروکربن‌های زیر، در کدام خانواده (آلکان، آلکن و آلکین) قرار دارد.



۴- کوچک‌ترین مولکول آلکن و آلکین دارای چند اتم کربن هستند؟ چرا؟

۵- الف) ساختار مولکول‌های زیر را رسم نمایید:



ب) فکر می‌کنید مولکول‌های آلکن و آلکین تنوع بیشتری دارند یا آلکان؟

۶- برای اولین بار ایزومری در میان ترکیب‌های معدنی مشاهده شد. دو ترکیب یونی با خواص متفاوت و با فرمول مولکولی یکسان ( $\text{AgCNO}$ ) توسط شیمی‌دان‌ها تولید و همین مسئله منجر به یک نزاع علمی بین آنها شد. هر یک دیگری را به دروغ‌گویی و یا کار علمی نادرست متهم می‌کرد، تا آن‌که مشخص شد آن دو ماده ایزومر هم هستند. هر دو ماده از کاتیون‌های نقره دارای یک بار مثبت و آنیون‌هایی دارای یک اتم از هر یک از عناصر اکسیژن، نیتروژن و کربن و دارای یک بار منفی ساخته شده‌اند. فکر می‌کنید چه‌طور چنین چیزی ممکن است؟

۷- با توجه به قطعه آموزشی «ساخت پلیمر» چه نکته جالبی درباره ساختار پلی‌دوپامین (در مقایسه با دوپامین) وجود دارد که در پلیمرهای دیگر ندیده‌اید؟

۸- الف) با جست‌وجو در میان منابع معتبر، دربارهٔ «هیدرات‌های کربن» یا همان «کربوهیدرات‌ها» به جمع‌آوری اطلاعات بپردازید (از چه عنصرهایی ساخته شده‌اند؛ دارای منابع طبیعی هستند یا خیر و ...).

ب) واکنش مربوط به فرآیند تخمیر (تبدیل گلوکز به اتانول) را بنویسید.

پ) متن زیر را بخوانید و نظر مؤلف را نقد کنید:

«در نفت، یک ذخیرهٔ سوخت در اختیار داریم که می‌توانیم تا زمانی که تمام نشده، آن را به انرژی تبدیل کنیم. اما دو مشکل وجود دارد: نخست این که منابع این سوخت فسیلی محدود است و به سرعت تمام خواهد شد، دوم این که نفت در اثر سوختن به کربن دی‌اکسید تبدیل می‌شود که با بالا بردن تدریجی دما، ته‌پیدی جدی به‌شمار می‌آید.

اما به جای نفت می‌توان از کربوهیدرات‌ها استفاده کرد. معلوم شده است که اتانول به‌دست‌آمده به روش تخمیر، سوخت مناسبی برای وسایل نقلیه است. کربوهیدرات‌ها دو مزیت بزرگ نسبت به نفت دارند: نخست این که منابع آنها تمام‌نشده هستند و دوم، با استفاده از کربوهیدرات‌ها به عنوان منبع سوخت، توازن چرخهٔ کربن دی‌اکسید توسط بشر به هم نمی‌خورد.»

۹- آیا مولکول‌های زیر ایزومر هم هستند؟ توضیح دهید.

الف)  $\text{CH}_4$       ب)  $\text{CH}_3\text{D}$

۱۰- الف) الکل‌ها دسته‌ای از مواد آلی هستند. در زیر ساختار دو مورد از آنها و نام‌شان را

می‌بینید. جدول را کامل کرده و به سؤال‌ها پاسخ دهید.

$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	ساختار
اتانول	متانول	نام
.....	.....	فرمول مولکولی

ب) فرمول عمومی الکل‌ها: .....

پ) نام یک الکل چگونه به‌دست می‌آید؟



سال‌هاست با ورود رایانه به دنیای دانشمندان، نه تنها موجب شده است محاسباتی که سال‌ها، ماه‌ها و روزها زمان لازم داشت در مدت زمان کوتاهی انجام گیرد، بلکه به کمک انواع نرم‌افزارهایی که نوشته شده است، می‌توان پدیده‌های مختلفی را پیش‌گویی کرد، کاری که به آن شبیه‌سازی می‌گویند. شبیه‌سازی موجب شده است دانشمندان بدون صرف هزینه‌های گزاف بتوانند پیش‌گویی‌های علمی مناسب داشته باشند. اکنون، جزئی مهم از سواد، علاوه بر توانایی خواندن و نوشتن، آشنایی با رایانه است. بدون آشنایی با نرم‌افزارهای رایانه‌ای نمی‌توان به دنیای علم گام نهاد.

آنچه که در این بخش از کتاب می‌بینید بخش تکمیلی فصل‌های حرکت و نیرو از کتاب علوم است. حرکت و نیرو مفاهیمی هستند که به خوبی با آنها آشنا هستید و هر روز با آنها سر و کار دارید. پس به جای این‌که این مفاهیم را فقط در قالب فرمول‌هایی برای حل مسائل حفظ کنید، از شما می‌خواهیم که دست به کار شوید و در دنیای واقعی آنها را تجربه کنید. از سویی دیگر فن‌آوری به اندازه‌ای پیشرفت کرده که حتی می‌توان از سریع‌ترین حرکت جهان یعنی حرکت نور، فیلم‌برداری و آن را بررسی کرد. نرم‌افزارهای بسیار قدرتمندی برای کمک به یادگیری این مفاهیم تولید شده‌است. بنابراین قصد داریم در این کتاب تکمیلی، خودتان دست به کار شوید و مثال‌های واقعی از حرکت را با استفاده از ابزار و روش‌های جدید تجربه و تحلیل کنید و از آن‌چه می‌آموزید لذت ببرید.

## حرکت

حرکت، یکی از پدیده‌های جالب و جذابی است که از دوران باستان تا کنون همواره ذهن دانشمندان را به حرکت واداشته و آنها را به سفری طولانی فرا خوانده‌است. سفری که از مشاهده پدیده‌هایی شبیه به حرکت ستاره‌ها در آسمان زیبای شب شروع شده و امروزه به ساخت وسایلی برای سفر در فضا به سایر سیارات منتهی شده‌است. هدف اصلی دانشمندان از بررسی حرکت، فهمیدن چگونگی حرکت اجسام و علت آنها است. ابزار اساسی دانشمندان برای بررسی این مسائل، مشاهده دقیق پدیده‌ها و کمی‌سازی آنهاست. در این فصل قصد داریم مانند یک دانشمند به سراغ چند پدیده برویم و با بررسی آنها قوانین حرکت را خودمان کشف کنیم!

◀ **نکته:** کمی‌سازی یعنی توصیف پدیده‌ها با کمک اعداد و ارقام. برای کمی‌سازی یک پدیده کافی‌ست هنگام مشاهده و توصیف رفتار و خواص اشیاء به جای استفاده از صفات کیفی (مثل کم و زیاد و سریع و...) از اعداد واحددار استفاده کنیم.

### یک شروع ساده

راه رفتن معمولی آدم‌ها یکی از ساده‌ترین و معمولی‌ترین حرکت‌هایی است که در اطرافمان دیده‌می‌شود. بنابراین شاید بهترین راه برای شروع حرکت‌شناسی بررسی راه رفتن انسان باشد.

## فعالیت‌های عملی

از یکی از دوستان خود بخواهید تا از یک نقطه مشخص به سمت یک نقطه مشخص دیگر حرکت کند و حرکت او را مشاهده کنید (به جای استفاده از دوستان می‌توانید این کار را با یک اسباب‌بازی متحرک یا... انجام دهید).

❓ در این مشاهده چه کمیت‌هایی را می‌توان اندازه‌گیری کرد؟

❓ این کمیت‌ها چه اطلاعاتی درباره حرکت دوستان در اختیار شما می‌گذارد؟

❓ آیا می‌توانید با استفاده از این کمیت‌های اندازه‌گیری شده، کمیت دیگری را ابداع کنید

که تحلیل حرکت دوستان را راحت‌تر کند؟

❓ در صورتی که دوستان این مسیر را بدون عددهای اندازه‌گیری شده چه تغییری می‌کنند؟

این بخش از فعالیت‌های متعددی تشکیل شده، که بیشتر آنها به سادگی قابل انجام هستند بنابراین تک تک فعالیت‌ها را به درستی و همان‌طور که از شما خواسته شده انجام دهید. در طول فعالیت‌ها با یک نرم افزار قدرتمند و بسیار جذاب آشنا می‌شوید که حتما باید آن را در رایانه‌ای نصب کنید و با آن کار کنید، تا بتوانید ادامه فعالیت‌ها را انجام دهید. تمام مطالب و روابطی که احتیاج دارید همان مطالب فصل حرکت و نیروی کتاب درسی علوم است. در بین فعالیت‌ها به مطالبی از کتاب درسی ارجاع داده شده تا هر جا احتیاج بود، به آن مراجعه کنید و از مطالبی که در کتاب درسی یاد گرفته‌اید استفاده کنید. هم‌چنین تعدادی پروژه پژوهشی در بین فعالیت‌ها پیشنهاد شده است که می‌توانید با استفاده از ابزارهایی که بدست آوردید، در طول سال تحصیلی روی آنها کار کنید.

در فصل ۴ کتاب درسی صفحه ۳۴ و ۳۵ با کمیت‌های «جابجایی» و «مسافت طی شده» آشنا شده‌اید. با روش قبل، از کل پدیده حرکت تنها دو عدد اندازه‌گیری می‌شود که عبارتند از مدت زمان کل حرکت و جابه‌جایی کل که در این جا با مسافت طی شده برابر است (چرا؟) که برای راحتی کار می‌توانیم با استفاده از رابطه تندی متوسط که در صفحه ۳۶ کتاب درسی موجود است، مقدار تندی متوسط حرکت را محاسبه کنیم. این اعداد شاید برای تحلیل و مشاهده بعضی پدیده‌ها (مانند یک مسابقه دو میدانی یا یک سفر تفریحی) کافی باشد، اما بی‌تردید، برای تحلیل دقیق‌تر پدیده‌ها کافی نخواهد بود. برای مثال فرض کنید روزی تصمیم می‌گیرید حرکت خود از خانه به مدرسه را تحلیل کنید؛ و در این روز به‌خصوص، در میانه راه یادتان بیفتد که کتاب خود را جا گذاشته‌اید و باید به خانه برگردید و سپس با تاکسی به سمت مدرسه حرکت کنید. شکی نیست در چنین شرایطی دانستن فاصله خانه تا مدرسه و مدت زمان کل حرکت اطلاعات کافی از چگونگی حرکت شما به‌دست نمی‌دهد. به نظر شما برای رفع این مشکل چه کار می‌توان کرد؟

**نکته:** برای این که بفهمید در مشاهده یک پدیده، ثبت چه مقدار اطلاعات لازم است، تصور کنید می‌خواهید مشاهده‌تان را برای یک دوست تعریف کنید. درباره چه مواردی باید صحبت کنید تا دوستان بتواند آن پدیده را درست همان‌طور که شما می‌خواستید تصور کند؟

## فعالیت‌های عملی

این بار یک مسیر طولانی‌تر را انتخاب کنید و از دوستان بخواهید آن را هر طور که دوست دارد طی کند و با دو روش زیر اطلاعات حرکتش را ثبت کنید (بهتر است سعی کنید هر دو روش را با هم انجام دهید).

- روش اول: مکان‌های خاصی را روی مسیر حرکتش علامت‌گذاری کنید (مثلاً هر دو متر یا هر ۵ قدم) و هرگاه دوستان از کنار علامت‌ها رد شد زمان رد شدنش را یادداشت کنید.
- روش دوم: در بازه‌های زمانی مشخص (مثلاً هر ۵ ثانیه) مکان دوستان را علامت‌گذاری کنید و در نهایت آنها را ثبت کنید.

**?** با توجه به اعدادی که یادداشت کرده‌اید سعی کنید حرکت دوستان را تحلیل کنید. تحلیل کدام دسته از اعداد راحت‌تر است؟ چرا؟

## کمی بیشتر بدانیم مبدأ و جهت

یکی از کارهایی که احتمالاً در تمام فعالیت‌های بالا به‌صورت ناخودآگاه انجام داده‌اید، این بود که برای کمیت‌های اندازه‌گیری شده (زمان و مکان)، یک مبدأ و یک جهت در نظر گرفته‌اید. درباره زمان همه چیز ساده است: مبدأ، همیشه، زمان شروع حرکت است و جهت آن همواره به سمت آینده است! اما از آن‌جا که مبدأ و جهت اندازه‌گیری مکان دست‌خودمان است و می‌تواند به دلخواه تغییر کند، مکانی که شما ثبت می‌کنید ممکن است با مکانی که دوستان ثبت می‌کند متفاوت باشد، آن هم در حالی که هر دو درباره یک مکان مشخص صحبت می‌کنید. برای رفع این مشکل هنگام بررسی حرکت، معمولاً از «تغییرات مکان» استفاده می‌کنیم.

**?** به نظر شما تغییرات مکان چگونه این مشکل را حل می‌کند؟

## ابزار کمکی برای بررسی‌های دقیق‌تر

شما در فعالیت قبل با داشتن جابه‌جایی در بازه‌های زمانی مشخص، می‌توانید تندی متوسط حرکت دوستان را در آن بازه محاسبه کنید. همان‌طور که در کتاب درسی صفحه ۳۷ و ۳۸ با تندی لحظه‌ای آشنا شدید، تندی لحظه‌ای حرکت یک اتومبیل همان عددی است که عقربه سرعت‌سنج آن نشان می‌دهد. ولی آیا ما می‌توانیم در یک آزمایش واقعی، تندی لحظه‌ای یک متحرک را اندازه‌گیری کنیم، مثلاً تندی لحظه‌ای حرکت دوستان در فعالیت قبل؟

**P** کمی فکر کنید ببینید آیا می‌توانید روشی برای این کار بیابید.

با کوتاه شدن بازه‌های زمانی حرکت، مقدار تندی متوسط به تندی لحظه‌ای نزدیک می‌شود. مثلاً اگر به جای هر پنج ثانیه یک بار، بتوانیم هر ثانیه مکان شخص را اندازه بگیریم، سرعت متوسط در بازه زمانی یک ثانیه را می‌توانیم محاسبه کنیم. یا اگر بتوانیم در بازه‌های زمانی کوتاه‌تر، مثل یک دهم یا حتی یک صدم ثانیه جابه‌جایی متحرک را اندازه بگیریم، توانسته‌ایم به سرعت لحظه‌ای آن بسیار بسیار نزدیک شویم. ولی در آزمایشی که انجام دادید و با وسایل اندازه‌گیری موجود مثل کورنومتر این کار کمی دشوار و تقریباً غیرممکن است!! برای این کار باید در وسایل اندازه‌گیری و روش اندازه‌گیری خود، دقت را بالا ببریم و از فناوری مناسب‌تر و جدیدتری استفاده کنیم!

اگر ما بتوانیم حرکت یک متحرک را با روشی ثبت و ضبط کنیم، می‌توانیم با استفاده از رایانه، تحلیل‌های بسیار زیادی با دقت به مراتب بالاتری روی داده‌ها انجام دهیم. یک راه برای ثبت حرکت یک متحرک و منتقل کردن آن به رایانه، فیلم گرفتن از آن است. یک فیلم از تعداد قابل توجهی عکس تشکیل شده که فاصله زمانی آنها با یکدیگر اندک است. به‌طور معمول فیلم‌ها دست کم ۳۰ تصویر در هر ثانیه هستند یعنی فاصله هر دو عکس حدود یک سی‌ام ثانیه است!! اگر بتوان از این عکس‌ها اطلاعات زمانی و مکانی متحرک را استخراج کرد، می‌توان بسیاری از حرکت‌های موجود در طبیعت را با دقت بسیار زیاد بررسی کرد. یک راه برای این منظور تبدیل فیلم به عکس‌های تشکیل‌دهنده آن و اندازه‌گیری مکان متحرک در تک تک عکس‌هاست. زمان زیادی می‌برد ولی قابل انجام است. مثلاً برای تحلیل یک حرکت ۱۰ ثانیه‌ای باید مکان جسم را در ۳۰۰ عکس اندازه بگیریم. در این بخش کار با نرم‌افزاری را یاد می‌گیرید که با استفاده از آن به راحتی می‌توانید حرکت یک متحرک را با استفاده از آن تحلیل کنید، نرم‌افزاری به نام Tracker.

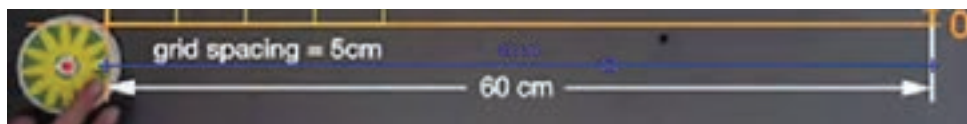
Tracker یک نرم‌افزار رایگان است که کار تحلیل فیزیکی تصاویر و فیلم‌ها را بر پایه همان روشی که گفتیم، ولی به صورت تقریباً خودکار انجام می‌دهد. برای دانلود نرم‌افزار و خواندن آموزش‌های آن (به زبان انگلیسی) می‌توانید به آدرس اینترنتی

<http://physlets.org/tracker/>

مراجعه کنید. همچنین برای آشنایی بیشتر با این نرم‌افزار و طرز کار آن می‌توانید به فیلمی که ضمیمه کتاب شده‌است رجوع کنید.

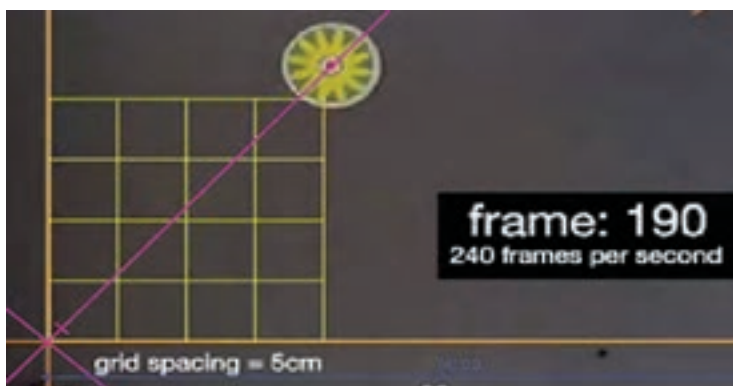
به صورت خلاصه، نحوه کار با این نرم‌افزار به این صورت است که پس از وارد کردن ویدئو (از طریق منوی **File-> Import-> Video**) لازم است که بازه زمانی و مبدأ و جهت مکان را برای نرم‌افزار مشخص کنید.<sup>۱</sup> برای این کار باید به ترتیب از مثلث‌های سیاه پایین نوار زمان و **Coordinate Axis**<sup>۲</sup> (از طریق نماد آن در نوار ابزار به صورت دو خط صورتی عمود بر هم) انجام گیرد. پس از آن لازم است که مقیاسی برای اندازه‌گیری مکان به نرم‌افزار بدهید. این کار باید با کمک ابزار **Calibration Stick** (از طریق منوی **Track-> New-> Calibration Tool-> Calibration Stick**) انجام شود. پس از مشخص شدن مبدأ، جهت و مقیاس، نوبت به شناساندن جسم به نرم‌افزار می‌رسد. برای این کار باید یک **Point Mass** تعریف کنید (**Track-> New-> Point Mass**) و مرز جسم را طوری در آن تعریف کنید که نرم‌افزار بتواند در همه حالت‌ها آن را به صورت خودکار بشناسد (این قسمت در ادامه توضیح داده می‌شود). پس از این انجام این مراحل، از نرم‌افزار می‌خواهیم که مکان جسم را در لحظات مختلف پیدا و ثبت کند. این مقادیر در جدول سمت راست نرم‌افزار ظاهر می‌شوند.

● به عنوان یک مثال فیلم «تخته هوا» را از پوشه فیلم‌های ضمیمه کتاب در نرم‌افزار باز کنید. این فیلم، حرکت یک جسم روی یک سطح کاملاً صاف را نشان می‌دهد. ابتدا یک **Calibration Stick** (مقیاس طول) بر اساس اعداد مشخص شده روی تصویر درست کنید:



ایجاد Calibration Stick

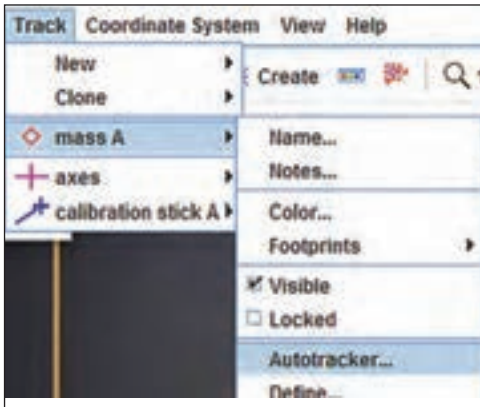
پس از این مرحله باید جهت و مبدأ حرکت را مشخص کنیم. برای این کار ابتدا یک **Coordinate Axis** ایجاد می‌کنیم و مرکز آن را روی تقاطع دو محور زرد رنگ (یا نقطه مرکزی جسم در لحظه اول فیلم) قرار می‌دهیم. سپس فیلم را کمی جلو ببرید تا جسم از مبدأ فاصله بگیرد. آنگاه با گرفتن علامت عمودی کوچک روی محور افقی صورتی رنگ و چرخاندن آن طوری محور را بچرخانید که از روی مرکز جسم بگذرد و تمام مسیر حرکت جسم روی آن بیفتد:



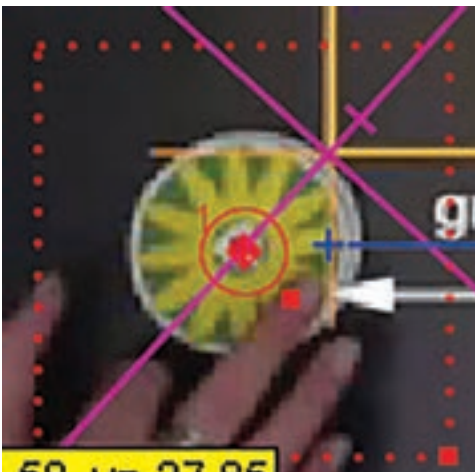
۱- یادگرفتن هر کار و نرم‌افزاری نیاز به تمرین و مرور کافی دارد...

۲- معنای واژه‌هایی که استفاده می‌کنید را می‌دانید؟





حالا نوبت شناساندن جسم به نرم‌افزار است. یک Point Mass تعریف کنید و فیلم را به لحظه اول برگردانید. از طریق منوی Track و نام Point Mass ساخته شده گزینه AutoTracker را انتخاب کنید.



با این کار پنجره‌ای باز می‌شود. در این هنگام، بدون بستن پنجره، هم‌زمان با نگاه داشتن دکمه‌های Ctrl و Shift روی مرکز جسم کلیک کنید. با این کار یک دایره و یک مربع بزرگ دور جسم شکل می‌گیرد.



مفهوم این شکل‌ها این است: دایره بخشی از شکل است که نرم‌افزار در هر لحظه دنبال آن می‌گردد. این ناحیه باید ۲ خاصیت داشته باشد: یک، باید همیشه از محیط اطرافش قابل تشخیص باشد، دوم، باید تا جای ممکن کوچک باشد. هر چه مساحت این دایره بیشتر باشد، تحلیل فیلم برای نرم‌افزار سخت‌تر و طولانی‌تر خواهد بود. مربع بیرون شکل، ناحیه‌ای است که در لحظه بعدی، نرم‌افزار، درون این کادر به جستجوی شکل درون دایره می‌پردازد. بنابراین اگر از نحوه حرکت جسم آگاهید کادر را طوری تنظیم کنید که با کم‌ترین مساحت، جسم را در لحظات بعدی در خود جای دهد. جابه‌جایی این شکل‌ها با کشیدن آنها با ماوس و تغییر ابعادشان با مربع قرمز گوشه کادر تغییر می‌کند. در این مثال روشی که به نظر مناسب می‌آید را دنبال می‌کنیم.

t	X
0.033	-4.173
0.067	-4.169
0.100	-4.165
0.133	-4.166
0.167	-4.165
0.200	-4.167
0.234	-4.154
0.267	-4.160
0.300	-4.164
0.334	-4.150
0.367	-4.143
0.400	-4.090
0.434	-3.996
0.467	-3.927
0.501	-3.850
0.534	-3.373

برای شروع تحلیل به صورت خودکار، در پنجره کوچک باز شده دکمه، را بزنید تا به صورت خودکار کل فیلم را تحلیل کند. در نهایت به جدولی شبیه جدول روبه‌رو می‌رسید:

در این لحظه ۳۶۶ جفت عدد مکان-زمان از یک فیلم ۱۲ ثانیه‌ای استخراج کرده‌اید که با آنها می‌توانید سرعت متوسط جسم را در بازه‌های مختلف از حرکت محاسبه کنید. پس از حذف کردن اولین و آخرین فریم‌ها (که حرکت جسم به علت خروج از کادر و بودن در کنار دست به خوبی ثبت نشده بود) طبق جدول به دست آمده، می‌توان محاسبات زیر را انجام داد (چون فیلم گرفته شده ۳۴۰ فریم بر ثانیه است که به صورت ۳۰ فریم بر ثانیه پخش می‌شود، عدد زمان را باید تقسیم بر ۸ کرد):

سرعت متوسط کل حرکت:

$$\frac{\text{تغییرات مکان}}{\text{تغییرات زمان}} = \frac{۶۱/۴۳ - (-۳/۲۶۸) \text{ cm}}{\frac{۱۰/۶۷۷}{۸}} = ۴۷/۹۷ \text{ cm/s}$$

● سرعت متوسط در دو ثانیه اول فیلم:

$$\frac{\text{تغییرات مکان}}{\text{تغییرات زمان}} = \frac{۸/۷۲۰ - (-۳/۲۶۸) \text{ cm}}{\frac{۲}{۸}} = ۴۷/۹۷ \text{ cm/s}$$

● سرعت متوسط بین ثانیه ۶ و ۹ فیلم:

$$\frac{\text{تغییرات مکان}}{\text{تغییرات زمان}} = \frac{۵۱/۵۴ - ۳۳/۵۰ \text{ cm}}{\frac{۳}{۸}} = ۴۸/۱ \text{ cm/s}$$

با در نظر گرفتن خطای احتمالی نرم‌افزار، هر ۳ عدد، تقریباً، برابرند. همان‌طور که در صفحه ۴۵ کتاب درسی گفته شده، به این نوع از حرکت که در آن سرعت متوسط در تمام بازه‌های زمانی یکسان است، حرکت یکنواخت می‌گویند. هرچند واضح است که حرکت یکنواخت در طبیعت بسیار کم رخ می‌دهد اما بررسی همه‌جانبه حرکت یکنواخت، نقش به‌سزایی در یادگیری مفاهیم اساسی حرکت‌شناسی دارد.

دو موتورسوار را در نظر بگیرید که در فاصله ۵۰۰ متری از هم قرار دارند و هر دو در یک جهت حرکت می کنند.

- الف) تصویری از موقعیت موتورسوارها بکشید و مبدأ و جهت را روی آن مشخص کنید.
- اگر موتورسوار اول (که جلوتر است) در ۵ ثانیه آخر حرکت خود ۵۰۰ متر و موتورسوار دوم در ۲ ثانیه آخر حرکت خود ۲۵۰ متر مسافت طی کرده باشد. با فرض یکنواخت بودن حرکت موتورها:
- ب) تندی متوسط موتورها را محاسبه کنید و بردار آن را روی شکل بکشید.
- پ) موتورسوار اول پس از ۳ ثانیه چقدر جابه جا می شود؟ موتورسوار دوم چطور؟
- ت) مکان موتورسوار اول و دوم نسبت به مبدأ را پس از ۵ ثانیه مشخص کنید.
- ث) فاصله این ۲ موتورسوار پس از ۵ ثانیه چقدر خواهد بود؟
- ج) این ۲ موتورسوار چندثانیه پس از آغاز حرکت و در چه مکانی به هم می رسند؟
- چ) تا لحظه به هم رسیدن موتورها هر کدام چه مسافتی را طی می کنند؟
- ح) با فرض این که موتورسوار اول عقب تر باشد، ت) و ث) را برای زمان و مکانی که دو موتور از کنار هم شروع به حرکت کرده بودند حل کنید.
- خ) اگر دو موتورسوار به سمت هم حرکت کنند، به سوالات الف تا چ پاسخ دهید.

برخی حرکتها با سرعت بسیار زیادی و در کسری از ثانیه صورت می گیرند، بنابراین اندازه گیری مستقیم آنها، در عمل، غیرممکن است. برای دیدن جزئیات و زیبایی های این پدیده ها نیز چاره ای جز فیلم گرفتن وجود ندارد. چند مثال از این پدیده ها را در ادامه مشاهده می کنید.



برخورد قطره با سطح آب



ترکیدن حباب



ترکیدن بادکنک



ضربه به توپ

## فعالیت‌های عملی



**?** فیلم «گلوله»، لحظه شلیک یک گلوله از تفنگ را نشان می‌دهد. فیلم «ماشین کنترلی» هم یک ماشین کنترلی را نمایش می‌دهد. این دو فیلم را نیز مانند فیلم تحلیل کنید. آیا حرکتشان یکنواخت است؟ سرعت متوسطشان چقدر است؟

**?** فیلم «فتر» را باز کنید و قسمتی از حرکت فتر را با استفاده از نرم‌افزار تحلیل کنید. سرعت متوسط آن را در فاصله‌های زمانی مختلف پیدا کنید. آیا حرکت فتر یکنواخت است؟ آیا می‌توانید بازه‌های زمانی را طوری انتخاب کنید که نشود تشخیص داد که حرکت غیر یکنواخت است؟

## یک ابزار مهم دیگر

۲ نمونه از حرکت‌های غیریکنواخت جالب که به راحتی قابل مشاهده هستند و شباهت‌های زیادی به هم دارند، حرکت فنر (با اصطکاک) و حرکت توپ پینگ‌پونگی که به زمین می‌خورد هستند. پس از مشاهده این حرکت‌ها در کلاس، به جدول زیر مراجعه کنید و سعی کنید با توجه به مکان‌های ثبت‌شده، بفهمید هر جدول مربوط به کدامیک از این دو حرکت است؟ البته به این نکته توجه کنید: اعداد به نحوی مقیاس شده‌اند که نشود از روی بازه آنها نوع حرکت را تشخیص داد.

مکان	زمان	فریم	مکان	زمان	فریم	مکان	زمان	فریم	مکان	زمان	فریم
۰	۰	۲۸,۱۵	۲۵	۱,۲۵	-۰,۴۶۸	۵۰	۲,۵	۲۸,۲۷۹	۷۵	۳,۷۵	-۰,۰۹۷
۱	۰,۰۵	۲۸,۱۳۹	۲۶	۱,۳	-۰,۳۴۶	۵۱	۲,۵۵	۲۸,۲۸۳	۷۶	۳,۸	-۰,۱۲۵
۲	۰,۱	۲۸,۱۴۳	۲۷	۱,۳۵	-۰,۲۰۴	۵۲	۲,۶	۲۸,۱۵	۷۷	۳,۸۵	-۰,۱۰۲
۳	۰,۱۵	۲۸,۰۱۷	۲۸	۱,۴	-۰,۲۸۸	۵۳	۲,۶۵	۲۸,۱۰۱	۷۸	۳,۹	-۰,۲۶۳
۴	۰,۲	۲۷,۷۰۳	۲۹	۱,۴۵	-۰,۱۷۴۷	۵۴	۲,۷	۲۷,۷۴۹	۷۹	۳,۹۵	-۰,۱۷۶
۵	۰,۲۵	۲۷,۰۵۸	۳۰	۱,۵	۱,۴۹۱	۵۵	۲,۷۵	۲۷,۰۴۹	۸۰	۴	۱,۶۱۳
۶	۰,۳	۲۶,۱۱	۳۱	۱,۵۵	۲,۴۰۲	۵۶	۲,۸	۲۶,۰۷۵	۸۱	۴,۰۵	۲,۵۱۲
۷	۰,۳۵	۲۵,۰۶۶	۳۲	۱,۶	۳,۴۴۵	۵۷	۲,۸۵	۲۵,۰۴۲	۸۲	۴,۱	۳,۷۶۵
۸	۰,۴	۲۳,۹۲۷	۳۳	۱,۶۵	۴,۸۸۵	۵۸	۲,۹	۲۳,۴۵۷	۸۳	۴,۱۵	۴,۸۰۲
۹	۰,۴۵	۲۲,۲۹۳	۳۴	۱,۷	۶,۱۷۷	۵۹	۲,۹۵	۲۲,۰۹۷	۸۴	۴,۲	۶,۳۳۳
۱۰	۰,۵	۲۱,۰۶۹	۳۵	۱,۷۵	۷,۷۴۴	۶۰	۳	۲۰,۶۴۸	۸۵	۴,۲۵	۸,۰۰۴
۱۱	۰,۵۵	۱۹,۲۱۴	۳۶	۱,۸	۹,۵۲۹	۶۱	۳,۰۵	۱۸,۹۵	۸۶	۴,۳	۹,۸۶۷
۱۲	۰,۶	۱۷,۴۶۳	۳۷	۱,۸۵	۱۱,۱۸۱	۶۲	۳,۱	۱۷,۱۸۱	۸۷	۴,۳۵	۱۱,۳۲۵
۱۳	۰,۶۵	۱۶,۰۰۱	۳۸	۱,۹	۱۳,۱۰۵	۶۳	۳,۱۵	۱۵,۳۹۱	۸۸	۴,۴	۱۳,۱۳۳
۱۴	۰,۷	۱۴,۱۸	۳۹	۱,۹۵	۱۴,۸۳۵	۶۴	۳,۲	۱۳,۴۵۲	۸۹	۴,۴۵	۱۵,۰۶۳
۱۵	۰,۷۵	۱۲,۲۵۳	۴۰	۲	۱۶,۵۴۱	۶۵	۳,۲۵	۱۱,۶۷۴	۹۰	۴,۵	۱۶,۸۹۹
۱۶	۰,۸	۱۰,۴۶۸	۴۱	۲,۰۵	۱۸,۳۶۹	۶۶	۳,۳	۱۰,۱۷۳	۹۱	۴,۵۵	۱۸,۶۵۲
۱۷	۰,۸۵	۹	۴۲	۲,۱	۱۹,۸۹۲	۶۷	۳,۳۵	۸,۴۳۲	۹۲	۴,۶	۲۰,۱۹۱
۱۸	۰,۹	۷,۳۶۱	۴۳	۲,۱۵	۲۱,۵۲	۶۸	۳,۴	۶,۸۹۷	۹۳	۴,۶۵	۲۱,۹۰۸
۱۹	۰,۹۵	۵,۸۷۸	۴۴	۲,۲	۲۳,۰۹۱	۶۹	۳,۴۵	۵,۲۹۱	۹۴	۴,۷	۲۳,۱۳۳
۲۰	۱	۴,۴۸۴	۴۵	۲,۲۵	۲۴,۳۴۲	۷۰	۳,۵	۴,۱۳۳	۹۵	۴,۷۵	۲۴,۵۶
۲۱	۱,۰۵	۳,۲۷۳	۴۶	۲,۳	۲۵,۴۳۶	۷۱	۳,۵۵	۳,۰۶۱	۹۶	۴,۸	۲۵,۶۴۴
۲۲	۱,۱	۲,۲۶۲	۴۷	۲,۳۵	۲۶,۵۰۳	۷۲	۳,۶	۱,۹۳۳	۹۷	۴,۸۵	۲۶,۴۸۲
۲۳	۱,۱۵	۱,۴۴۴	۴۸	۲,۴	۲۷,۴۳۸	۷۳	۳,۶۵	۱,۱۶۷	۹۸	۴,۹	۲۷,۱۹۶
۲۴	۱,۲	-۰,۹۷۵	۴۹	۲,۴۵	۲۸,۰۹۲	۷۴	۳,۷	-۰,۳۹۴	۹۹	۴,۹۵	۲۷,۵۷۱

جدول ۱ - «مکان - زمان» حرکت اول

مکان	زمان	فریم	مکان	زمان	فریم	مکان	زمان	فریم	مکان	زمان	فریم
۱۳,۳۹۱	۳,۷۵	۷۵	۳۴,۸۰۴	۲,۵	۵۰	۱,۸۷۶	۱,۲۵	۲۵	۳۴,۹۵۱	۰	۰
۱۱,۲۸۴	۳,۸	۷۶	۳۴,۹۵۱	۲,۵۵	۵۱	۱,۸۷۶	۱,۳	۲۶	۳۴,۸۰۴	۰,۰۵	۱
۹,۰۷۹	۳,۸۵	۷۷	۳۵	۲,۶	۵۲	۴,۳۷۵	۱,۳۵	۲۷	۳۴,۵۵۹	۰,۱	۲
۶,۷۷۶	۳,۹	۷۸	۳۴,۹۵۱	۲,۶۵	۵۳	۶,۷۷۶	۱,۴	۲۸	۳۴,۲۱۶	۰,۱۵	۳
۴,۳۷۵	۳,۹۵	۷۹	۳۴,۸۰۴	۲,۷	۵۴	۹,۰۷۹	۱,۴۵	۲۹	۳۳,۷۷۵	۰,۲	۴
۱,۸۷۶	۴	۸۰	۳۴,۵۵۹	۲,۷۵	۵۵	۱۱,۲۸۴	۱,۵	۳۰	۳۳,۲۳۶	۰,۲۵	۵
۱,۸۷۶	۴,۰۵	۸۱	۳۴,۲۱۶	۲,۸	۵۶	۱۳,۳۹۱	۱,۵۵	۳۱	۳۲,۵۹۹	۰,۳	۶
۴,۳۷۵	۴,۱	۸۲	۳۳,۷۷۵	۲,۸۵	۵۷	۱۵,۴	۱,۶	۳۲	۳۱,۸۶۴	۰,۳۵	۷
۶,۷۷۶	۴,۱۵	۸۳	۳۳,۲۳۶	۲,۹	۵۸	۱۷,۳۱۱	۱,۶۵	۳۳	۳۱,۰۳۱	۰,۴	۸
۹,۰۷۹	۴,۲	۸۴	۳۲,۵۹۹	۲,۹۵	۵۹	۱۹,۱۲۴	۱,۷	۳۴	۳۰,۱	۰,۴۵	۹
۱۱,۲۸۴	۴,۲۵	۸۵	۳۱,۸۶۴	۳	۶۰	۲۰,۸۳۹	۱,۷۵	۳۵	۲۹,۰۷۱	۰,۵	۱۰
۱۳,۳۹۱	۴,۳	۸۶	۳۱,۰۳۱	۳,۰۵	۶۱	۲۲,۴۵۶	۱,۸	۳۶	۲۷,۹۴۴	۰,۵۵	۱۱
۱۵,۴	۴,۳۵	۸۷	۳۰,۱	۳,۱	۶۲	۲۳,۹۷۵	۱,۸۵	۳۷	۲۶,۷۱۹	۰,۶	۱۲
۱۷,۳۱۱	۴,۴	۸۸	۲۹,۰۷۱	۳,۱۵	۶۳	۲۵,۳۹۶	۱,۹	۳۸	۲۵,۳۹۶	۰,۶۵	۱۳
۱۹,۱۲۴	۴,۴۵	۸۹	۲۷,۹۴۴	۳,۲	۶۴	۲۶,۷۱۹	۱,۹۵	۳۹	۲۳,۹۷۵	۰,۷	۱۴
۲۰,۸۳۹	۴,۵	۹۰	۲۶,۷۱۹	۳,۲۵	۶۵	۲۷,۹۴۴	۲	۴۰	۲۲,۴۵۶	۰,۷۵	۱۵
۲۲,۴۵۶	۴,۵۵	۹۱	۲۵,۳۹۶	۳,۳	۶۶	۲۹,۰۷۱	۲,۰۵	۴۱	۲۰,۸۳۹	۰,۸	۱۶
۲۳,۹۷۵	۴,۶	۹۲	۲۳,۹۷۵	۳,۳۵	۶۷	۳۰,۱	۲,۱	۴۲	۱۹,۱۲۴	۰,۸۵	۱۷
۲۵,۳۹۶	۴,۶۵	۹۳	۲۲,۴۵۶	۳,۴	۶۸	۳۱,۰۳۱	۲,۱۵	۴۳	۱۷,۳۱۱	۰,۹	۱۸
۲۶,۷۱۹	۴,۷	۹۴	۲۰,۸۳۹	۳,۴۵	۶۹	۳۱,۸۶۴	۲,۲	۴۴	۱۵,۴	۰,۹۵	۱۹
۲۷,۹۴۴	۴,۷۵	۹۵	۱۹,۱۲۴	۳,۵	۷۰	۳۲,۵۹۹	۲,۲۵	۴۵	۱۳,۳۹۱	۱	۲۰
۲۹,۰۷۱	۴,۸	۹۶	۱۷,۳۱۱	۳,۵۵	۷۱	۳۳,۲۳۶	۲,۳	۴۶	۱۱,۲۸۴	۱,۰۵	۲۱
۳۰,۱	۴,۸۵	۹۷	۱۵,۴	۳,۶	۷۲	۳۳,۷۷۵	۲,۳۵	۴۷	۹,۰۷۹	۱,۱	۲۲
۳۱,۰۳۱	۴,۹	۹۸	۱۳,۳۹۱	۳,۶۵	۷۳	۳۴,۲۱۶	۲,۴	۴۸	۶,۷۷۶	۱,۱۵	۲۳
۳۱,۸۶۴	۴,۹۵	۹۹	۱۱,۲۸۴	۳,۷	۷۴	۳۴,۵۵۹	۲,۴۵	۴۹	۴,۳۷۵	۱,۲	۲۴

جدول ۲ - «مکان - زمان» حرکت دوم

احتمالا با انجام دادن فعالیت بالا متوجه شده‌اید که هرچند داده‌های زیاد می‌تواند دقت بررسی‌های جزئی را زیاد کند، اما استخراج اطلاعات کلی و بررسی عمومی، حرکت را تبدیل به کاری دشوار و زمان‌بر می‌کند. دانشمندان برای رفع نقایص این روش‌ها از ابزار قدرتمندی به نام نمودار استفاده می‌کنند. نمودارها این امکان را به محققان می‌دهند که با حفظ جزئیات، بتوانند در یک نگاه گذرا رفتار جسم را بررسی و تفسیر کنند.

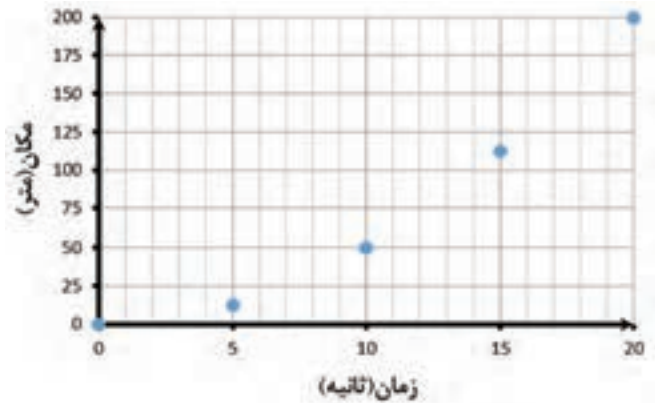
## ابزاری برای بررسی حرکت با یک نگاه!

در فیزیک با کمیت‌ها و ارتباط بین آنها سر و کار داریم. برای بررسی حرکت نیز به دو کمیت مکان و زمان و ارتباط بین آنها احتیاج داریم. که تا این‌جا مشاهده کردید، جدول یکی از ابزارهایی است که با بیان مقدار متغیرها به صورت فهرست وار به درک ارتباط بین آنها کمک می‌کند. اما همان‌طور که در مثال بالا دیدید، به‌ویژه، وقتی تعداد داده‌ها زیاد باشد، استفاده از جدول برای فهمیدن نوع حرکت و کسب اطلاعات کلی از آن چندان کار راحتی نیست.

ابزاری که به درک بهتر رابطه کمیت‌ها کمک می‌کند، نمودار است. شکل یک نمودار، مطالب زیادی را درباره چگونگی ارتباط بین متغیرها بیان می‌کند. در بحث حرکت احتیاج به نموداری داریم که رابطه بین دو متغیر مکان و زمان را به خوبی نشان دهد، برای این منظور نمودار دکارتی دویبعدی مناسب است. در این نمودار که متداول‌ترین نوع نمودار در فیزیک است، مقادیر یکی از متغیرها روی محور عمودی (محور  $y$ ) و مقادیر متغیر دیگر روی محور افقی (محور  $x$ ) نمایش داده می‌شود. در نمودار مکان - زمان، مکان روی محور عمودی و زمان روی محور افقی نمایش داده می‌شود.

به عنوان مثال، اعداد مکان - زمان مربوط به یک حرکت را، در جدول زیر، در نظر بگیرید. هر مکان و زمان در جدول، یک نقطه را در صفحه مختصات مشخص می‌کند. با رسم تک تک نقاط روی این صفحه به نموداری دست پیدا می‌کنیم که می‌توان از شکل آن اطلاعات مفیدی را کسب کرد.

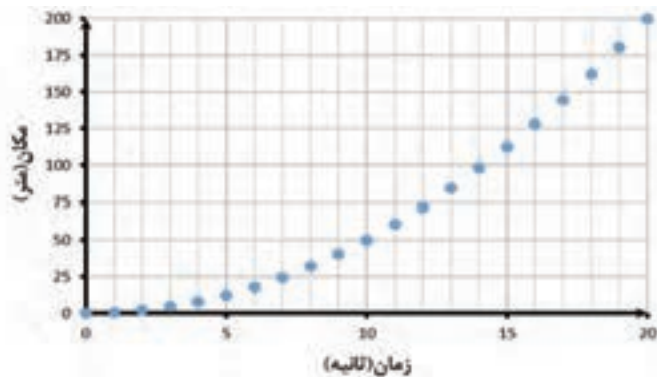
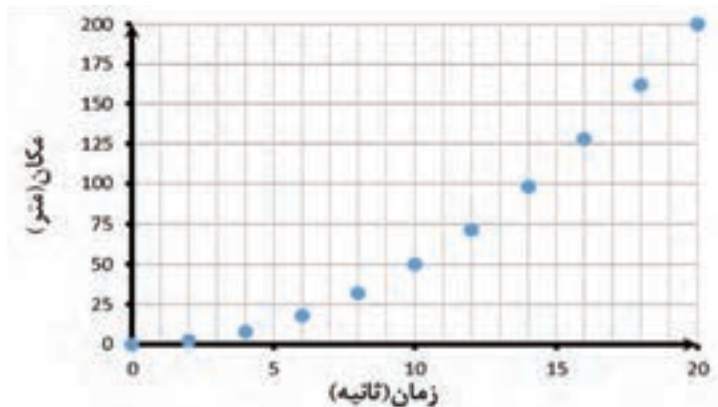
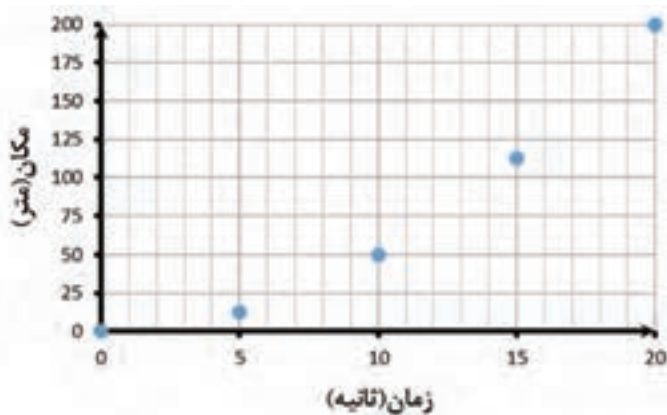
مکان (متر)	زمان (ثانیه)
۰	۰
۱۲٫۵	۵
۵۰	۱۰
۱۱۲٫۵	۱۵
۲۰۰	۲۰



### نکاتی درباره رسم نمودار

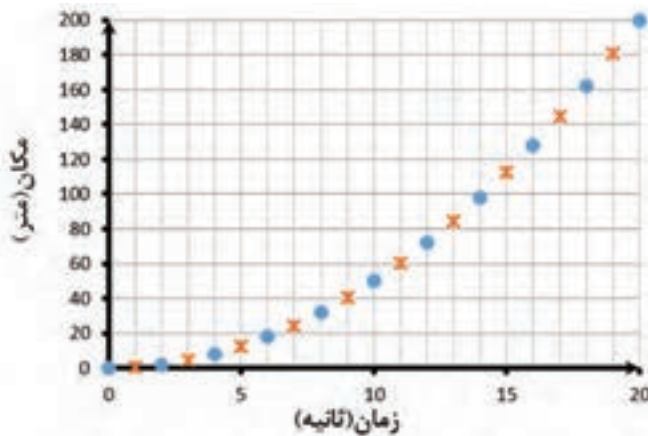
- بهتر است محل تلاقی دو محور، نقطه صفر مکان و صفر زمان باشد.
- کنار محورها، اسم یا نماد کمیت به همراه یکای آن نوشته شود.
- جهت هر پیکان، جهت مثبت، جهت افزایش کمیت مورد نظر را نشان می‌دهد.

هر قدر تعداد نقاط موجود از حرکت بیشتر باشد، نموداری که بدست می‌آید دقیق‌تر است. سه نمودار زیر، یک حرکت یکسان را نمایش می‌دهند با این تفاوت که در نمودار اول، هر ۵ ثانیه حرکت متحرک ثبت شده، در نمودار دوم هر ۲ ثانیه و در نمودار سوم در هر ثانیه حرکت متحرک ثبت شده‌است.





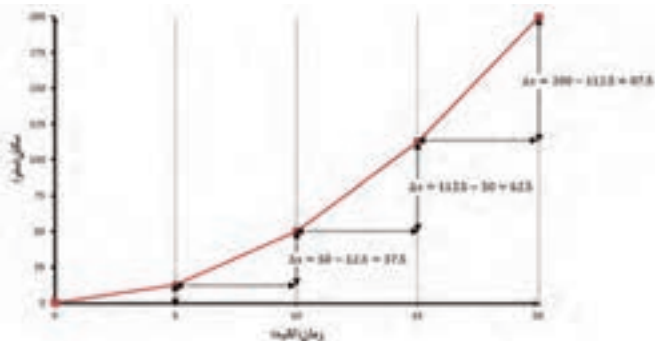
هم‌چنین در صورتی که تعداد قابل قبولی نقطه از یک حرکت داشته باشیم، با استفاده از نمودار می‌توان محل نقاط میانی (X) را تخمین زد.



### استخراج اطلاعات از نمودار

اکنون یاد گرفتیم چگونه اطلاعات جدول مکان - زمان را روی نمودار ببریم، ولی چگونه می‌توانیم از شکل این نمودار اطلاعاتی درباره حرکت کسب کنیم؟ به عنوان مثال همان جدول و نمودار قبلی را در نظر بگیرید. در این نمودار، هر دو نقطه متوالی را با یک خط فرضی به هم وصل می‌کنیم. مشاهده می‌شود که شیب این خطوط با گذشت زمان بیشتر شده‌است.

زمان (ثانیه)	مکان (متر)
۰	۰
۵	۱۲,۵
۱۰	۵۰
۱۵	۱۱۲,۵
۲۰	۲۰۰



اگر به جدول زمان - مکان مراجعه کنید، می‌بینید که در ۵ ثانیه اول حرکت، متحرک ۱۲,۵ متر جابجا شده‌است، در ۵ ثانیه دوم ۳۷,۵ متر، در ۵ ثانیه سوم ۶۲,۵ متر و در ۵ ثانیه آخر ۸۷,۵ متر جابجا شده‌است. همان‌طور که در نمودار مشاهده می‌کنید، هر چقدر مقدار جابجایی در یک زمان مشخص بیشتر شده، شیب خط بیشتر می‌شود. یا به عبارت دیگر هر چقدر شیب خط بیشتر باشد، تندی متوسط متحرک بیشتر بوده‌است.

همان‌طور که در درس ریاضی خوانده اید، شیب خط بین دو نقطه به این صورت تعریف می‌شود:

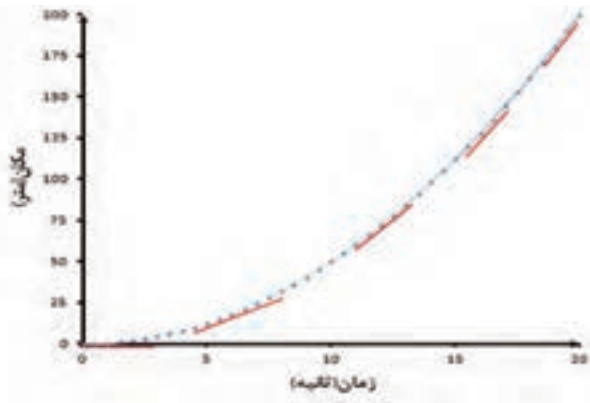
$$\text{شیب} = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

و در نمودار مکان - زمان،  $\Delta y$  همان مسافت و  $\Delta x$  مدت زمان است. بنابراین شیب خط وصل‌کننده دو نقطه در نمودار مکان - زمان، برابر است با:

$$\text{شیب} = \frac{\text{مسافت}}{\text{زمان}}$$

این همان تعریف تندى متوسط است که در **صفحه ۳۷ کتاب درسی** با آن آشنا شدید. پس شیب خط وصل‌کننده هر دو نقطه، تندى متوسط حرکت را در آن بازهٔ زمانى نشان می‌دهد. بنابراین بدون محاسبه تندى متوسط و تنها با نگاه کردن به نمودار مکان - زمان می‌توان متوجه شد که تندى متوسط جسم چگونه تغییر کرده، در کدام بازه بیشترین و کمترین تندى را داشته و ...

حال اگر تعداد داده‌ها و نقاط به قدری زیاد باشد که نمودار تبدیل به یک منحنى شود، دو نقطه پشت سر هم، بسیار به یکدیگر نزدیک می‌شوند و خطی که آنها را به هم وصل می‌کند، خط مماس بر منحنى است. بنابراین، شیب خط مماس بر منحنى در هر نقطه، تندى متحرک در آن نقطه، همان تندى لحظه‌ای، را نشان می‌دهد. پس، به صورت چشمی، می‌توان از شکل منحنى مکان - زمان متوجه شد که تندى لحظه‌ای متحرک چگونه تغییر می‌کند، در کدام لحظه بیشترین و کمترین تندى را داشته و ...

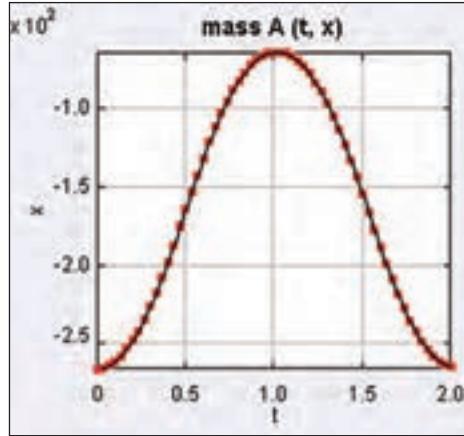


در حرکت مورد بحث با تعداد نقاط قابل توجه و رسم نمودار مکان - زمان به یک منحنى مکان - زمان مانند نمودار فوق می‌رسیم. طبق تعریف، شیب خطوط قرمز در هر نقطه، تندى لحظه‌ای در همان نقطه را نشان می‌دهد. مثلاً در زمان صفر که متحرک در مبدأ حرکت بوده، تندى لحظه‌ای صفر بوده و هر چقدر زمان گذشته، تندى لحظه‌ای بیشتر شده است.

**?** به نظر شما این نمودار مربوط به چه حرکتی می‌تواند باشد؟!

## رسم نمودار با Tracker

نرم افزار Tracker می تواند علاوه بر استخراج داده، نمودار نیز بکشد. به این منظور پس از انجام تحلیل فیلم و ساخته شدن جدول داده‌ها، روی آن راست کلیک کنید و گزینه Analysis را انتخاب کنید. با این کار ابزار تحلیل داده‌ها و کشیدن نمودار باز می‌شود. در این بخش با کمک گزینه‌های موجود می‌توانید نمودار دلخواه‌تان را بکشید و آن را مورد تحلیل و بررسی قرار دهید. همچنین نمودار کوچکی نیز در گوشه بالا سمت راست کشیده می‌شود که البته امکانات کمتری دارد اما بسیاری از نیازهای ما را برطرف می‌کند.



با کلیک کردن روی برچسب محورها (در شکل بالا  $t$  و  $X$ ) فهرستی از کمیت‌هایی باز می‌شود که می‌توان نمودار آنها را کشید. از بین تمام این کمیت‌ها ما با کمیت‌های زیر کار داریم:

$t$ : زمان؛  $X$ : مکان‌های ثبت شده در ستون  $X$  جدول؛  $y$ : مکان‌های ثبت شده در ستون  $y$  جدول؛  $v_X$  و  $v_Y$ : به ترتیب سرعت مربوط به مکان‌های ستون‌های  $X$  و  $y$ ؛  $a_X$  و  $a_Y$ : به ترتیب شتاب مربوط به مکان‌های ستون‌های  $X$  و  $y$ .

### فعالیت‌های عملی

از حرکت یک جرم و فنر و افتادن یک توپ پینگ‌پونگ روی زمین فیلم بگیرید و با کمک نرم‌افزار Tracker نمودار مکان - زمان و سرعت - زمان آنها را بکشید و راجع به آنها با دوستان بحث کنید.

درباره این‌که تغییر مبدأ و جهت مکان چه تأثیری در نمودار مکان - زمان و سرعت - زمان می‌گذارد بحث کنید. سپس در نرم‌افزار چندبار مبدأ مکان را جابه‌جا کنید و جهت مثبت آن را تغییر دهید و نتیجه را در نمودار مکان - زمان و سرعت - زمان ببینید.

به صورت کلی، تغییر دادن مبدأ مکان هیچ تاثیری بر نمودار سرعت - زمان ندارد و شکل کلی نمودار مکان - زمان هم تغییر نمی کند و تنها نسبت به محور افقی بالا و پایین می رود. اما عوض کردن جهت، باعث وارونه شدن هر دو نمودار حول محور افقی می شود.

## فعالیت های عملی

**?** «آزمایش کنید» صفحه ۳۹ کتاب درسی را انجام دهید و از حرکت بادکنک یک فیلم مناسب تهیه کنید. سپس با استفاده از نرم افزار Tracker نمودار مکان - زمان و سرعت - زمان را رسم کنید. حرکت بادکنک را تحلیل کنید. آیا حرکت بادکنک، یک حرکت یکنواخت است؟ سرعت آن چگونه تغییر می کند؟

### حرکت غیر یکنواخت

همان طور که دیدید شکل های بسیار متفاوتی از حرکت غیر یکنواخت در طبیعت وجود دارد که تا الان چند نمونه از آنها را دیده ایم. یکی دیگر از حرکت های معروف در علم فیزیک، حرکت جسم روی سطح شیب دار است.

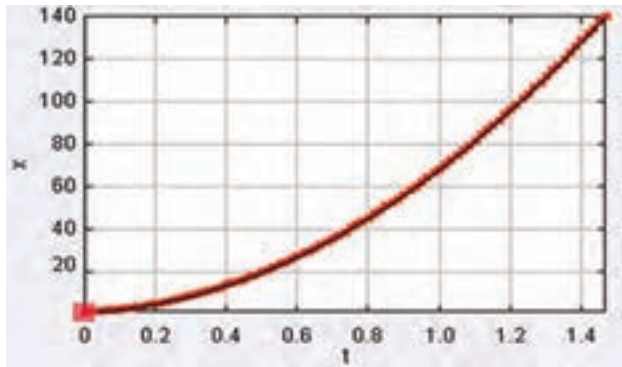
## فعالیت های عملی

**?** فیلم «سطح شیب دار» را از پوشه فیلم های ضمیمه باز کنید. البته توصیه می شود خودتان با یک دوربین فیلم برداری یا گوشی تلفن همراه، از یک ماشین اسباب بازی با چرخ های آزاد یا توپ یا تپله ای که روی یک سطح شیب دار کوچک قل می خورد فیلم بگیرید و همان را تحلیل کنید. چرا که با تجربه این کار، بعدها خودتان می توانید مانند یک دانشمند پدیده های اطراف خودتان را تحلیل کنید.

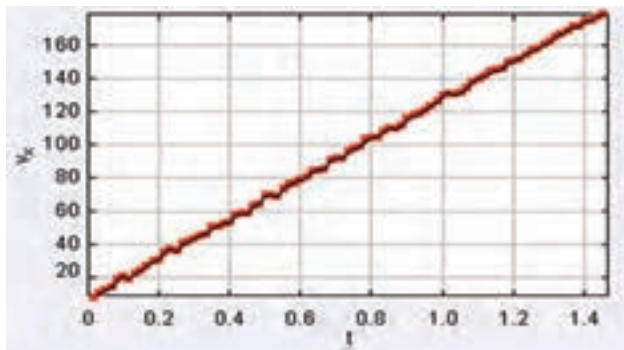
● هنگام فیلم گرفتن دقت کنید که دوربین تکان نخورد و نسبت به صفحه حرکت جسم مستقیم باشد (فاصله جسم تا دوربین خیلی تغییر نکند) و ترجیحاً یک خط کش یا وسیله مشابه در کادر باشد تا بتوان از آن به عنوان مقیاس استفاده کرد.

**?** فیلم گرفته شده را با نرم افزار باز کنید، جهت محور را موازی سطح شیب دار قرار دهید و داده های حرکت آن را استخراج کنید. ابتدا با دقت به نمودارهای مکان - زمان و سرعت - زمان نگاه کنید و سعی کنید آنها را توجیه کنید. سپس با استفاده از جدول مکان - زمان سعی کنید داده های سرعت را محاسبه کنید (توصیه می شود از نرم افزار Microsoft Excel استفاده کنید). سپس با استفاده از رابطه شتاب متوسط در صفحه ۴۱ کتاب درسی، شتاب متوسط حرکت جسم را در بازه های زمانی مختلف محاسبه کنید.

شکل نمودارهای مکان - زمان و سرعت - زمان مانند زیر خواهد بود (توجه کنید که نوسانات کوچک نمودار سرعت - زمان به خاطر خطاست و در واقع این نمودار بیشتر شبیه خط صاف خواهد بود):



مکان-زمان ماشین روی سطح شیب دار



سرعت-زمان حرکت روی سطح شیب دار

به این نوع از حرکت که در آن شتاب متوسط در بازه‌های زمانی مختلف ثابت می‌ماند حرکت با شتاب ثابت می‌گویند. بسیاری از حرکت‌های موجود در طبیعت اطراف ما از نوع شتاب ثابت می‌باشند. خوب است به این نکته نیز توجه کنید که خطای تحلیل با Tracker در محاسبه شتاب بسیار زیاد می‌شود و بهتر است محاسبات را دستی انجام دهید.

## فعالیت‌های عملی | .....

**?** با دوستانتان درباره این سوال بحث کنید: اگر به جای رها کردن ماشین از بالای سطح شیب‌دار آن را از پایین به سمت بالا هل بدهیم و اجازه دهیم تا دوباره پایین بیاید، جهت و مقدار شتاب چگونه خواهد بود؟ (بهتر است چندبار این کار را امتحان کنید)

**?** حالا از این کار فیلم بگیرید و با Tracker آن را تحلیل کنید و با استدلال‌های خود مقایسه کنید. توجه کنید که جهت مثبت محور مکان، رو به بالای سطح شیب‌دار باشد.

بار دیگر به نمودارهای مکان - زمان، سرعت - زمان و شتاب - زمان حرکت قبل نگاه کنید. در نیمه اول حرکت شتاب منفی و سرعت مثبت است به این نوع حرکت که در آن علامت شتاب و سرعت مخالف هم‌اند، حرکت **کندشونده** می‌گویند. شکل نمودار مکان - زمان در این قسمت را به خاطر بسپارید. در یک نقطه، درست در بالاترین نقطه‌ای که توپ به آن می‌رسد، سرعت صفر می‌شود. دقت کنید که در این نقطه، شیب نمودار مکان - زمان نیز صفر می‌شود. به نیمه دوم حرکت، بعد از این که سرعت منفی و هم‌علامت شتاب می‌شود، حرکت **تندشونده** می‌گویند. شکل نمودار مکان - زمان در این نیمه را هم به خاطر بسپارید. آیا می‌توانید شکل نمودار مکان - زمان را در این حالت‌ها توجیه کنید؟

حالا جهت مثبت مکان را تغییر دهید و به نمودارها نگاه کنید. با تغییر جهت، نوع حرکت‌ها (تندشونده، کندشونده، یکنواخت، شتاب ثابت و...) تغییری نمی‌کند و فقط علامت‌ها تغییر می‌کنند. شکل نمودار مکان - زمان تندشونده و کندشونده را این بار در حالت شتاب مثبت به خاطر بسپارید.

## ■ فعالیت‌های عملی | .....

**?** ماشین اسباب‌بازی در فیلم «ترمز ماشین» را ببینید و سعی کنید نمودارهای حرکت را آن را به صورت تخمینی بکشید. آیا حرکت ماشین بعد از ترمز گرفتن، شتاب ثابت است؟ کندشونده است یا تند شونده؟ آن را با نرم‌افزار تحلیل کنید.

## ■ تمرین | .....

- ماشینی از حالت سکون با شتاب ثابت ۲ متر بر مجذور ثانیه حرکتش را آغاز می‌کند. پس از ۵ ثانیه که ۲۵ متر را طی می‌کند ۱۰ ثانیه را با سرعت ثابت طی می‌کند. نهایتاً با شتاب منفی ۱ متر بر مجذور ثانیه ترمز می‌گیرد تا در فاصله ۱۷۵ متری از مبدأ کاملاً متوقف شود. نمودارهای مکان - زمان، سرعت - زمان و شتاب - زمان آن را به کمک معلماتان بکشید.
- پیشنهاد می‌شود ابتدا از شتاب شروع کنید و سپس به سرعت و مکان برسید. ضمناً قبل از کشیدن نمودار، سعی کنید تمام اطلاعات (سرعت، مکان و زمان) نقاط مهم را که در آنها نوع حرکت تغییر می‌کند به دست بیاورید.

یکی از معروف‌ترین و مهم‌ترین حرکت‌ها در فیزیک، سقوط آزاد تحت اثر نیروی جاذبه است. بسیاری از جرقه‌های اساسی در علم فیزیک از مشاهده این پدیده شکل گرفتند.

### فعالیت‌های عملی

**?** یک توپ کوچک (ترجیحا فلزی) را از یک ارتفاع مشخص رها کنید و از سقوط آن فیلم بگیرید. سپس حرکت آن را با Tracker مورد بررسی قرار دهید. نوع حرکت توپ از چه نوعی است؟ شتاب متوسط آن چقدر است؟

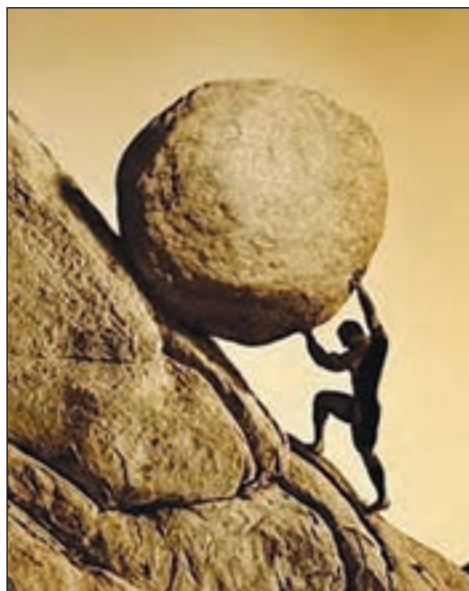
**?** آیا اگر توپ را با سرعت اولیه (رو به بالا یا پایین) پرتاب کنید تغییری در پاسخ این پرسش‌ها به وجود می‌آید؟ اگر جنس و وزن آن عوض شود (مثلا تیله‌رنگی شیشه‌ای به جای گوی فلزی) چه؟

همان‌طور که مشاهده کردید شتاب اجسام در حال سقوط آزاد ثابت و همواره (برای همه اجسام) عددی نزدیک  $10 \frac{m}{s^2}$  است. طبق آزمایش‌ها و مشاهدات دقیق دانشمندان (با ابزارهایی به مراتب دقیق‌تر از یک دوربین فیلم‌برداری) مقدار دقیق این عدد که آن شتاب جاذبه می‌گویند و آن را با  $g$  نشان می‌دهند، در سطح زمین، عددی نزدیک  $9.81 \frac{m}{s^2}$  است و تمام اجسام با هر جرمی روی سطح زمین (در صورتی که نیروی مزاحمی مثل مقاومت هوا نباشد یا آن قدر کم باشد که بتوان از آن صرف نظر کرد) با همین شتاب سقوط می‌کنند.

### فعالیت‌های عملی

**?** یک توپ را، رو بالا پرتاب کنید و از آن فیلم بگیرید (یا از فیلم «پرتاب توپ» استفاده کنید) و آن را تحلیل کنید.

**?** فیلم «پرتاب میوه» مربوط به بازی معروف Fruit Ninja است - که چند سال پیش محبوبیت زیادی بین کاربران گوشی‌های همراه پیدا کرده بود -. این فیلم را هم با نرم‌افزار تحلیل کنید و بگویید اگر شتاب جاذبه در آن بازی بخواهد به اندازه شتاب جاذبه زمین باشد، اندازه هر میوه چقدر می‌شود؟



در فصل چهار تمام هدف ما بررسی حرکت اجسام از این منظر بود که اجسام «چگونه» حرکت می‌کنند و انواع حرکت‌هایی که یک جسم می‌تواند داشته‌باشد چیست و چگونه می‌توان آنها را مطالعه کرد؛ اما این تنها روش مطالعه حرکت نیست. در واقع مطالعه چگونگی حرکت اجسام مقدمه‌ای است برای مطالعه «علت» حرکت اجسام.

### یک ابزار فوق‌العاده مهم

برای بررسی این که چه چیزی باعث حرکت اجسام می‌شود، نیز، نیاز به ابزارهایی داریم. یکی از مهمترین این ابزارها، مجموعه قوانین فیزیکی است به نام قوانین ۳ گانه حرکت. این قوانین بارها و بارها توسط دانشمندان مختلف و در اعصار مختلف به صورت جداگانه کشف شده‌بودند اما اولین کسی که همه آنها را مدون کرد و با کمک آنها شروع به حل مسائل مختلف حرکتی کرد ایزاک نیوتن دانشمند انگلیسی بود؛ به‌همین علت گاهی به این قوانین، «قوانین ۳ گانه نیوتن برای حرکت» نیز می‌گویند. این قوانین در **فصل نیروی کتاب درسی صفحات ۴۴ تا ۵۰** به تفصیل بیان شده است. به طور خلاصه و به زبان ساده این قوانین عبارتند از:

۱- نیروی خالص عامل «تغییر حرکت» است. یعنی اگر به جسمی نیرویی وارد نشود، سرعت جسم تغییری نمی‌کند (توجه کنید که سرعت جسم ساکن هم برابر صفر است!). به عبارت دیگر اگر سرعت جسمی تغییر کرد (الان می‌دانیم که یعنی اگر جسمی شتاب داشت) می‌توان نتیجه گرفت که نیروی خالص وارد بر آن حتما غیر



صفر است (مراجعه کنید به صفحه ۴۵ و ۴۶ کتاب درسی).

۲- هرچه جسمی سنگین‌تر باشد، به همان نسبت به نیروی بیشتری نیاز دارد تا آن را به شتاب مشخصی رساند. به عبارت دیگر شتاب جسم برابر است با نیروی خالص وارد شده به آن تقسیم بر جرمش. رابطه کمی بین نیرو، جرم و شتاب در صفحه ۴۷ کتاب درسی بیان شده است.

۳- اگر جسم الف به جسم ب نیرویی وارد کند، جسم ب نیز به جسم الف نیرویی به همان اندازه و در جهت مخالف وارد می‌کند (مراجعه کنید به صفحه ۵۰ کتاب درسی).

در مواجهه با این قوانین توجه داشتن به ۲ نکته ضروری است: اول این که این قوانین، قوانینی جهان‌شمول هستند؛ یعنی با کمک آنها می‌توانید همه پدیده‌های مربوط به حرکت‌شناسی را توجیه کنید. نکته دوم این که مانند همه قوانین دیگر علمی، این قوانین مبتنی بر تجربه هستند و می‌توانند نقض شوند، کما این که نقض شده‌اند و در حال حاضر در برخی حیطه‌ها (حرکت اجسام بسیار ریز یا سرعت‌های بسیار بالا) نمی‌توان از آنها استفاده کرد اما، **کماکان این قوانین ۳ گانه می‌توانند همه (بیشتر) حرکت‌های عادی در طبیعت اطراف ما را توجیه کنند.**

## ■ فعالیت‌های عملی | .....

● فیلم «پرتاب توپ» را باز کنید. این فیلم لحظه برخورد یک توپ نرم به دیوار را نشان می‌دهد. با محاسبه کردن شتاب متوسط توپ و با استفاده از رابطه بین نیرو، جرم و شتاب، بگویید چه نیرویی به آن وارد شده است. (جرم توپ را چقدر تخمین می‌زنید؟)

● در فیلم «آونگ و گلوله» یک گلوله به یک آونگ برخورد می‌کند و آن را به حرکت می‌اندازد. (جرم آونگ و گلوله را با تخمین مناسب چقدر در نظر می‌گیرید؟)

؟ سرعت گلوله قبل و بعد از برخورد با آونگ را حساب کنید.

؟ نیروی وارد شده به گلوله را محاسبه کنید.

؟ شتاب آونگ را حساب کنید.

؟ نیروی وارد به آونگ را محاسبه کنید.

؟ آیا محاسبات شما قانون سوم نیوتن را تأیید می‌کنند؟

در ادامه می‌خواهیم ببینیم با این ابزارهایی که تا حالا با آنها آشنا شدیم، چه کارهای جالبی می‌شود

کرد!

### دوباره سقوط آزاد

اجازه دهید کار را با آخرین آزمایشی که انجام داده‌بودید، شروع کنیم. در آن آزمایش قبل از رها کردن، تپله ساکن بود و طبق قانون اول این یعنی که در آن لحظات هیچ نیروی خالصی به تپله وارد نمی‌شده است؛ اما به محض رها شدن، تپله شروع به شتاب گرفتن به سمت زمین کرد. طبق قانون اول به این معنی است که نیرویی خالص، رو به زمین، به تپله وارد می‌شود و به آن نیروی جاذبه (وزن) می‌گوییم.

از آن جایی که حرکت سقوط آزاد یک حرکت شتاب ثابت است می‌توان با کمک قانون دوم نتیجه گرفت که نیروی خالص وارد بر تیله همواره ثابت است. همچنین طبق آن چه که در **صفحه ۴۹ کتاب درسی** درباره نیروی وزن آموختید، نیروی جاذبه وارد بر تیله یا همان نیروی وزن آن، برابر است با:  $W = m \cdot g$  که  $W$  نیروی وزن با واحد نیوتن است،  $m$  جرم تیله به کیلوگرم و  $g$  همان شتاب جاذبه با واحد  $\frac{m}{s^2}$  است که در آزمایش سقوط گوی فلزی پیدا کرده بودید.

## ■ فعالیت‌های عملی | .....

**?** همین تحلیل را برای تویی که روی سطح شیب‌دار قل می‌خورد انجام دهید.

### یک اشتباه متداول

یک بار دیگر به زمانی که تیله را در دستتان گرفته بودید فکر کنید. اگر نیروی جاذبه همواره بر جسم وارد می‌شود، پس چرا تیله تکان نمی‌خورد؟ ساکن ماندن تیله نشانه آن است که «نیروی خالص» وارد بر تیله صفر است یا به عبارت دیگر، نیرویی، درست برابر وزن تیله و رو به بالا به آن وارد می‌شود. تنها چیزی که می‌تواند این نیرو را وارد کند، دست شما است. پس دست شما نیرویی برابر و در خلاف جهت نیروی جاذبه به تیله وارد می‌کند. معمولاً به آن، نیروی «**عکس‌العمل سطح**» می‌گویند. از طرف دیگر طبق قانون سوم تیله نیز به دست شما (یا هر چیزی که مانع افتادنش می‌شود) نیرویی برابر و خلاف جهت عکس‌العمل سطح وارد می‌کند. این همان نیرویی است که ما حس می‌کنیم و به اشتباه آن را با نیروی وزن جسم اشتباه می‌گیریم.

## ■ فعالیت‌های عملی | .....

● برای بهتر فهمیدن تفاوت نیروی وزن و نیرویی که حس می‌کنیم، آزمایش ذهنی زیر را انجام دهید:

**?** فرض کنید جسمی یک کیلوگرمی در دست گرفته‌اید و درون یک آسانسور ساکن ایستاده‌اید. مانند روند بالا تحلیل کنید که نیروی وزن جسم و نیرویی که حس می‌کنید چه رابطه‌ای دارد؟

**?** حالا فرض کنید آسانسور با شتاب ثابت رو به بالا شروع به حرکت کند. بار دیگر تحلیل کنید که این دو نیرو چه رابطه‌ای دارند؟

**?** اگر آسانسور با شتاب ثابت ترمز بگیرد چه اتفاقی می‌افتد؟

**?** حالا این آزمایش را به صورت واقعی انجام دهید. در صورتی که به آسانسور دسترسی ندارید، یک جسم را به یک نیروسنج ساده ببندید و سپس آن را با شتاب بالا و پایین ببرید، تا اثر آن را ببینید. برای بهتر دیدن این اثر شاید بهتر باشد از این حرکت، فیلم بگیرید تا بتوانید عدد روی نیروسنج را بخوانید.

همان‌طور که از تجربه‌هایتان می‌دانید، اجسام روی زمین الزاما به صورت هم‌زمان و با شتاب ثابت سقوط نمی‌کنند و سقوط واقعا آزاد تنها در شرایط خاصی (مثل شرایط فعالیت‌هایی که تا الان انجام داده‌اید) اتفاق می‌افتد و این برخلاف نتیجه‌گیری‌های ما در قسمت‌های گذشته است. اما دلیل این اتفاق چیست؟

### فعالیت‌های عملی

● در شکل ۴ صفحه ۴۵ کتاب درسی، نیروهای وارد بر یک چتر باز در حال سقوط را مشاهده کرده‌اید. در این فعالیت، می‌خواهیم با استفاده از چند فیلم از سقوط چترنجات، حرکت آن را دقیق‌تر بررسی کنیم. فیلم «چتر نجات» را از پوشه فیلم‌ها در Tracker باز کنید. این فیلم چند چتر نجات دست‌ساز با وزن‌های مختلف را نشان می‌دهد که از ارتفاع یکسان رها می‌شوند.

? یکی از چترهای نجات را انتخاب کنید که نه خیلی کند حرکت کند و نه خیلی تند و حرکت آن را با Tracker بررسی کنید سپس نمودار مکان-زمان، سرعت-زمان و شتاب-زمان آن را رسم کنید. حرکت چتر نجات چند مرحله متفاوت دارد؟ سعی کنید آنها را به روش بالا تحلیل کنید.

با تحلیل حرکت چتر نجات در فیلم بالا درمی‌یابیم که در این حرکت، ۲ بخش متفاوت وجود دارد: یک قسمت شتاب‌دار (با شتاب متغیر) و یک قسمت با شتاب صفر (سرعت ثابت). در واقع جسم مورد نظر با شتابی نزدیک به  $g$  شروع به حرکت می‌کند و هر چه پایین‌تر می‌آید، شتابش کم و کمتر می‌شود تا زمانی که به تدریج صفر شود و سرعت سقوط، تقریبا، ثابت می‌ماند.

همان‌طور که در شکل ۴ صفحه ۴۵ کتاب درسی مشاهده کردید، به چتر باز در حال سقوط دو نیروی وزن و مقاومت هوا وارد می‌شود. مقدار نیروی وزن همواره ثابت است، پس چه نیرویی باعث تغییر شتاب سقوط چتر باز می‌شود؟ قاعدتا نیروی مقاومت هوا! اگر نیروی مقاومت هوا نیز یک نیروی ثابت بود، نیروی خالص وارد بر چتر باز ثابت می‌ماند و چتر باز با شتاب ثابت به سمت زمین سقوط می‌کرد. ولی این اتفاق رخ نمی‌دهد و شتاب سقوط چتر باز متغیر است و از جایی به بعد، تقریبا، برابر با صفر است!

### پروژه‌های پژوهشی

با کمک معلم خود درباره نیروی مقاومت هوا تحقیق کنید، فکر کنید و جواب پرسش‌های زیر را بیابید تا بتوانید حرکت چتر باز را تحلیل کنید.

- نیروی مقاومت هوا چرا بوجود می‌آید؟
- اگر جسمی در هوا ساکن باشد، چه نیروی مقاومتی به آن وارد می‌شود؟
- نیروی مقاومت هوا به چه عواملی وابسته است؟
- کدام یک از این پارامترها طی سقوط چتر نجات تغییر می‌کند؟
- سرعت حد چیست؟

به عنوان یک پروژه پژوهشی می‌توانید اثر پارامترهای مختلف چترنجات (مساحت، شکل، سوراخ داشتن یا نداشتن، وزن و...) را بر سرعت حد آن پیدا کنید. سپس چتر نجاتی طراحی کنید که چتر باز را با سرعت و شتاب مناسب به سطح زمین برساند.

## فعالیت‌های عملی

**?** فیلم‌های «سقوط در گلیسیرین» را باز کنید و سعی کنید با نرم‌افزار آنها را تحلیل کنید. این فیلم‌ها، سقوط یک ساچمه را در آب و گلیسیرین نشان می‌دهند، که مقاومت بیشتری نسبت به هوا در مقابل حرکت دارند. با رسم نمودارهای مکان، سرعت و شتاب، این حرکت را با سقوط چترنجات مقایسه کنید.

### پروژه‌های پژوهشی

به عنوان یک پروژه پژوهشی می‌توانید خودتان این آزمایش را با مایعات و ساچمه‌های دیگری تکرار کنید و مانند دانشمندان معیاری برای مقاومت سیالات مختلف در برابر حرکت پیدا کنید.

## فعالیت‌های عملی

● فیلم دیگری هم در پوشه وجود دارد به نام «حباب در گلیسیرین». در این فیلم حباب‌ها در ستونی از گلیسیرین به سمت بالا حرکت می‌کنند. می‌توانید این فیلم را هم تحلیل کنید و نوع حرکتش را مشخص کنید.

**?** چه شباهتی بین بالا آمدن حباب‌ها و سقوط ساچمه در مایعات وجود دارد؟

**?** به نظر شما چه پارامترهایی چگونه در سرعت حرکت حباب به سمت بالا مؤثر هستند؟

### کی گول می‌خوریم؟

شاید برای شما پیش آمده که به نظرتان برسد که برخی از پدیده‌های روزمره‌ای که در اطرافتان می‌بینید، با قوانین حرکت سازگار نیستند. در این بخش به چندتا از این ناسازگاری‌های ظاهری می‌پردازیم.

### ● اجسامی که می‌ایستند

اولین تناقضی که به ذهن خیلی‌ها می‌رسد این است که در زندگی روزمره ما، تنها، اجسام تا زمانی که به آنها نیرو وارد می‌شود، می‌توانند با سرعت ثابت به حرکت ادامه بدهند و پس از قطع شدن نیرو، جسم از حرکت می‌ایستد. در ذهن همه ما مثال‌های بسیاری از این پدیده وجود دارد، از ماشینی که خاموش می‌شود و متوقف می‌شود گرفته، تا توپی که روی زمین قل می‌دهیم.

## فعالیت‌های عملی

**?** یک جسم مکعبی را بردارید و روی سطح یک فرش یا آسفالت با سرعت مشخصی رها کنید. چقدر طول می‌کشد تا متوقف شود؟

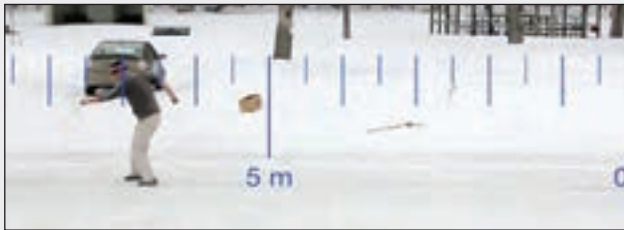
**?** اگر همین کار را روی یک سطح صاف‌تر مثل شیشه انجام دهید چطور؟

**?** بار دیگر این سطح را چرب کنید و آزمایش را دوباره انجام دهید. چه تفاوتی می‌کند؟

همان‌طور که مشاهده کردید با تغییر شکل و جنس سطح، میزان فاصله توقف، کم و زیاد می‌شود. پس می‌توان نتیجه گرفت عاملی وجود دارد که جسم را می‌ایستاند و برخلاف تصور ما جسم به حال خود رها نشده‌است. این عامل همان نیرویی است که آن را به نام اصطکاک می‌شناسیم و نیرویی است که موقع لغزیدن دو سطح روی هم به وجود می‌آید. با نیروی اصطکاک در صفحات ۵۱ و ۵۲ کتاب درسی آشنا شدید. با انجام فعالیت‌های زیر، مقدار نیروی اصطکاک را در عمل محاسبه کنید.

## ■ فعالیت‌های عملی

**?** فیلم «سر خوردن» را باز کنید و سعی کنید با محاسبه شتاب فرد و با استفاده از رابطه



فرد در حال سر خوردن روی یخ

بین نیرو، جرم و شتاب که در صفحه ۴۷ کتاب درسی آورده شده است: جرم فرد را ۷۵ کیلوگرم فرض کنید.

**?** نیروی اصطکاک را در فیلم محاسبه نمایید.

**?** سعی کنید آزمایش‌هایی طراحی کنید و قانونی برای اندازه نیروی اصطکاک بیابید.

### ● زمین خسته

سؤال بعدی این است که اگر قانون سوم درست باشد، پس چرا وقتی به دیوار مشت می‌زنیم دیوار حرکت نمی‌کند؟ یا چرا وقتی می‌پریم و به زمین نیرو وارد می‌کنیم، زمین حرکت نمی‌کند؟ جواب این است که در واقع همه این اتفاقات می‌افتند!! اما نکته مهم، مسئله ابعاد است. برای مثال بیابید به سؤال دوم جواب بدهیم:

فرض کنید یک انسان با جرم ۱۰۰ کیلوگرم در حال سقوط است. زمین به او ۹۸۰ نیوتن نیرو وارد می‌کند و در نتیجه او با شتاب  $9/8$  متر بر مجذور ثانیه سقوط می‌کند (فرض کردیم فرد مورد نظر هنوز به سرعت حد نرسیده!). قانون سوم می‌گوید فرد هم به زمین ۹۸۰ نیوتن نیرو وارد می‌کند. حالا نوبت قانون دوم است که بگوید شتاب زمین چقدر خواهد بود. جرم زمین برابر است با  $5972000000000000$  کیلوگرم! پس طبق قانون دوم نیوتن شتاب آن برابر است با عددی میلیاردها بار کوچک‌تر از یک میلیمتر بر مجذور ثانیه!

یعنی این مسئله که به نظرمان می‌رسد نیروی ما هیچ تأثیری در حرکت اجسام بزرگ ندارد، کاملاً طبیعی است و مسئله در تمام این پدیده‌ها جرم اجسام است.

### ● عمل و عکس‌العمل

چرا نیروی عمل و عکس‌العمل ذکر شده در قانون سوم نیوتن هم‌دیگر را خنثی نمی‌کنند؟ به یک دلیل ساده، آرام دوستان را بزنید! هردوی شما نیرویی را احساس می‌کنید (اگر محکم بزنید هردوی شما دردتان می‌گیرد!) و این یعنی به هردوی شما نیرو وارد شده‌است. به عبارت دیگر نیروی عمل و عکس‌العمل به ۲ جسم مختلف وارد می‌شوند و لذا نمی‌توانند هم‌دیگر را خنثی کنند.



پرتاب گلوله از لوله

این مسئله را می‌توانید در دو فیلم «عمل و عکس‌العمل» ببینید. همچنین می‌توانید به عنوان تمرین با استفاده از قانون دوم حرکت نیرویی را که دو جسم به هم وارد می‌کنند محاسبه کنید. اگر هریک از اجسام به جای هل‌دادن دیگری، همین نیرو را به یک دیوار یا زمین وارد می‌کرد، آیا تغییری در وضعیتش ایجاد می‌شد؟ برای حل عددی لازم است جرم‌ها را تخمین بزنید!

### ● طناب‌کشی

اگر نیروهای عمل و عکس‌العمل برابرند پس چرا در مسابقه طناب‌کشی یکی از تیم‌ها برنده و دیگری بازنده می‌شود؟ در واقع نیروی تعیین‌کننده در طناب‌کشی، نیروی وارد شده بر طناب نیست (که همان‌طور که درست فهمیدید از طرف هر ۲ تیم برابر است) بلکه نیروی اصطکاک است. اصطکاک بین دست بازیکنان و طناب و بین بازیکنان و زمین است که برنده را مشخص می‌کند. از قضا همین مسئله در هنگام کشیدن یک جسم به سمت خود هم صدق می‌کند.



طناب کشی بدون برنده

برای آزمودن این واقعیت می‌توانید خودتان و دوستان روی ۲ صندلی چرخدار (یا هر چیز مشابه دیگری که اصطکاک چندانی با زمین نداشته‌باشد) بنشینید و با یک طناب هم‌دیگر را بکشید. چه اتفاقی می‌افتد؟

**?** چه کسی برنده می‌شود قوی‌تر یا سنگین‌تر؟

### ● راه رفتن

یکی از مسائلی که برای خیلی‌ها دشوار است تشخیص جهت نیروی اصطکاک است. معمولاً آدم‌ها برای تشخیص جهت آن دست به ابداع روش‌های عجیب و غریبی می‌زنند که کار را دشوار و پیچیده می‌کند. اما در واقع تنها چیزی که نیاز دارید، یادگرفتن قوانین حرکت است. بگذارید با چند مثال مسئله را روشن کنیم.

۱- درحالی که ایستاده‌اید، کاغذی را روی شکم خود بگذارید و شروع به دویدن کنید به طوری که کاغذ روی زمین نیفتد. چرا نیروی جاذبه نمی‌تواند کاغذ را حرکت دهد؟ به خاطر نیروی اصطکاک. جهت نیروی اصطکاک در کدام جهت است؟ مسلماً رو به بالا.

۲- ماشینی را در حال ترمز گرفتن در نظر بگیرید. چه نیرویی آن را نگه می‌دارد؟ نیروی اصطکاک بین زمین و چرخ. جهت آن به کدام سمت است؟ طبیعتاً خلاف جهت حرکت ماشین.

۳- حالا ماشینی را در حال شتاب گرفتن در نظر بگیرید. تنها نقطه‌ای که ممکن است نیرویی به آنها وارد شود چرخ‌های ماشین است. بنابراین کدام نیرو ماشین را به حرکت می‌اندازد؟ جز اصطکاک نیروی دیگری نمی‌تواند باشد. جهت آن به کدام سمت است؟ قانون دوم نیوتن به ما می‌گوید در جهت حرکت ماشین. اما احتمالاً همه شما شنیده‌اید که جهت نیروی اصطکاک در خلاف جهت حرکت است. آیا این جا تناقضی وجود دارد؟ نه!

بار دیگر به چرخ‌های ماشین نگاه کنید. اگر ماشین به جای آسفالت روی یخ بود محل تماس چرخ با یخ به کدام سمت حرکت می‌کرد؟ به سمت عقب، خلاف جهت حرکت ماشین. پس اصطکاک بین چرخ و ماشین در خلاف جهت حرکت چرخ یعنی موافق با جهت حرکت ماشین است. همین استدلال را می‌توان درباره راه رفتن انسان هم به کار برد.

این واقعیت را می‌توانید با راه رفتن روی یک سطح سُر (کم اصطکاک) مانند حرکت روی اسکیت بُرد بیازمایید.

اگر به جایی می‌روید که قایقی باشد، با راه رفتن روی آن هم، قابل آزمایش است. آیا در شهربازی درون جاب‌هایی که روی آب شناورند، راه رفته‌اید؟

### ● سقوط با طناب

در «آزمایش کنید» صفحه ۴۷ کتاب درسی، برای بررسی رابطه بین شتاب و نیرو آزمایشی مطرح شده است. حالا آن قدر مطلب یاد گرفته‌اید که بتوانید این پدیده را خودتان به صورت کامل بررسی کنید.

### ■ فعالیت‌های عملی | .....

فیلم «قرقره» را باز کنید و ببینید. مطابق با آزمایش کتاب درسی، در این فیلم ۲ جسم متحرک وجود دارند: یک جسم در حال سقوط که توسط ماشین روی میز مهار شده است. به این ترتیب، سقوط جسم اول، یک سقوط آزاد محسوب نمی‌شود. فیلم را در نرم‌افزار وارد کنید و مکان هر دو جسم را ثبت کنید. با توجه به این که هر کدام از این اجسام در جهات مختلف حرکت می‌کنند، برای جسم در حال سقوط ستون  $y$  و برای ماشین ستون  $x$  مکان‌ها مهم هستند (اگر محور را نچرخانده باشید). شتاب متوسط هر دو جسم را محاسبه کنید. حواستان به این که فیلم کند شده است باشد (به اولین فعالیت Tracker در فصل قبل مراجعه کنید).



قرقره و جسم در حال سقوط

حالا با توجه به شتاب‌ها و قوانین حرکت ابتدا نیرویی که نخ به جسم آویزان وارد می‌کند را پیدا کنید و سپس نیرویی که به ماشین وارد می‌شود را محاسبه کنید.



## ● ماشین اسباب بازی کوکی

در «مثال» صفحه ۴۹ کتاب درسی، سؤالی درباره یک ماشین اسباب بازی با جرم و شتاب مشخص، طرح شده است. آخرین پدیده‌ای که ما بررسی می‌کنیم نیز بررسی یک ماشین اسباب‌بازی عقب‌کش فتری است؛ چرا که در حرکت این ماشین می‌توان انواع حرکت‌های مختلف را مشاهده نمود.

### فعالیت‌های عملی

از حرکت یک ماشین عقب‌کش فیلم بگیرید (یا از فیلم «ماشین عقب‌کش» استفاده کنید) و با Tracker آن را تحلیل کنید و نمودار مکان - زمان آن را رسم کنید.

سعی کنید با استفاده از دانسته‌هایتان از روی نمودار مکان-زمان تحلیل کنید که حرکت چه مرحله‌های متفاوتی دارد (شتاب کاهنده، سرعت ثابت، ...)?

حس‌های خود را با رسم کردن نمودارهای سرعت - زمان و شتاب - زمان ارزیابی کنید.

حالا سعی کنید با استفاده از قوانین حرکت، توجیه کنید که در هر مرحله، چه نیروهایی و در چه جهتی به ماشین وارد می‌شوند؟

جرم ماشین را با ترازو اندازه بگیرید و با استفاده از اطلاعات حرکت، شتاب متوسط آن را در بازه‌های زمانی مختلف به دست آورید. مانند مثال کتاب درسی، بیشترین نیروی پیشران ماشین را محاسبه کنید.

آیا می‌توانید درباره مقدار نیروی اصطکاک و تغییرات آن نظری بدهید؟

### پروژه‌های پژوهشی

در کتاب درسی، مثال‌های متعددی از حرکت وسایل نقلیه از دوچرخه (صفحه ۳۶) گرفته تا خودرو (صفحه ۳۸) و قایق موتوری (صفحه ۴۰) مطرح شده است. به انتخاب خودتان از حرکت یکی از این وسایل نقلیه که برای شما ممکن است، فیلم مناسبی تهیه کنید و حرکت آن را با استفاده از نرم افزار Tracker تحلیل کنید و با استفاده از نمودارهای حرکت، تمام اطلاعات ممکن درباره تغییرات سرعت، تغییرات شتاب، نیروهای موجود در حرکت را استخراج کنید و به صورت یک گزارش به معلم خود ارائه دهید.

خب! هرچند چیزهای بسیاری وجود دارد که می‌توانید یاد بگیرید اما از این به بعد شما آن قدری حرکت‌شناسی یاد گرفتید که بتوانید بسیاری از پدیده‌های اطرافتان را، خودتان تحلیل کنید. پیشنهاد می‌کنیم سعی کنید خودتان در پدیده‌های اطرافتان ریز شوید و آنها را بررسی کنید. حتی می‌توانید این بررسی‌ها را روی فیلم‌های ضبط شده از بازی‌ها یا فیلم‌های سینمایی هم انجام بدهید (هر چند کار سختی است اما اگر موفق شوید به نتایج جالب و شیرینی می‌رسید که هیچ وقت فراموش نخواهید کرد). همچنین بسیار خوشحال خواهیم شد اگر به نتیجه جالبی رسیدید ما را هم در جریان بگذارید!



تصویر دستگاهی را نشان می‌دهد که توانسته، توربینی را از دل یک ورق فلزی ضخیم در بیاورد. آیا باور پذیر است که این دستگاه با نیروی آب توانسته فلز را برش دهد آن هم با ظرافت و دقت بسیار بالا. در صنعت با افزایش فشار آب، سنگ، فلز و هر آن چه که تصورش می‌رود را به راحتی و به شکل دلخواه برش می‌دهند. این دستگاه در صنعت با نام برش آبی یا واتر جت (Water Jet-Water Cutter) خوانده می‌شود.

یکی از روش‌های جدیدی که در آموزش و به ویژه آموزش علوم به کمک فن‌آوری‌های جدید شکل گرفته‌است، **آموزش معکوس** است. به عبارت دیگر در این روش شما به عنوان یک دانش‌آموز، خود به یادگیری اولیه محتوا اقدام می‌کنید. تا درک کامل مطلب می‌توانید به جای گرفتن وقت کلاس، در خانه چندین و چند بار و با کمک گرفتن از منابع مختلفی که به شما معرفی خواهد شد، یادگیری خود را کامل و یا تقویت کنید. سپس در کلاس با ایجاد فرصت کافی و آمادگی از پیش کسب شده، برای بحث درباره پدیده‌ها و یا انجام عملی پدیده‌ها زمان خوبی خواهید داشت تا یادگیری خود را عمق ببخشید و نکات ابهامی که ایجاد شده را رفع کنید. در این بخش تعدادی فیلم از آزمایش‌ها و پدیده‌های مرتبط با فشار در جامدات، مایعات و گازها را به انتخاب معلم و ترتیبی که مشخص می‌شود، ببینید.

لازم است تا فهم مناسب آن چه در فیلم نمایش می‌دهد، آن را چند بار ببینید، سپس علاوه بر آن معلم‌تان از شما می‌خواهد (مانند فراهم کردن وسایل آزمایش، پیدا کردن موارد مشابه در طبیعت و کاربرد پدیده در زندگی و نیز انجام آزمایش در منزل و ...) موارد ذیل را نیز انجام دهید:

- **۱- خلاصه کردن:** شما با دیدن فیلم خلاصه‌ای از آن چه یاد گرفتید را خواهید نوشت.
- **۲- پرسش:** هم‌چنین نکات مورد ابهام و هر آن چه نفهمیده‌اید و یا سؤالاتی را که برای‌تان پیش آمده را در ادامه ذکر خواهید کرد.

- **۳- پاسخ به سوالات معلم** درباره فیلم آموزشی، شامل تکمیل عباراتی که معلم‌تان به صورت ناقص آورده است و یا توجه به بخش خاصی از فیلم، که باید درباره آن کار مشخص را انجام دهید، جواب‌گو باشید!



ما انسان‌ها موجودات ضعیفی هستیم، به گونه‌ای که قوی‌ترین مان نهایتاً می‌تواند ۲۰۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم را بلند کند. خیلی کارها هم هست که اصلاً نمی‌توانیم بکنیم! مثلاً بدون کمک نمی‌توانیم پرواز کنیم، یا مدت طولانی زیر آب بمانیم، یا سریع حرکت کنیم. فن‌آوری ماشین‌ها ما را به این کارها و خیلی کارهای دیگر قادر می‌سازد. ماشین‌ها کارهای ساده را آسان‌تر می‌کنند و نیز به ما توان انجام کارهایی را می‌دهند که بدون آنها تقریباً ناممکن است.

### فن‌آوری ماشین‌های ساده

انسان‌ها پیش از تاریخ مکتوب، ماشین‌های ساده می‌ساختند. ماشین‌های اولیه به انسان‌ها در شکار، کشاورزی و به‌دست آوردن غذا، ساختن پناهگاه در مقابل تغییرات هوا، تکثیرم خدایان، و جنگ علیه یک‌دیگر کمک می‌کردند. ماشین‌ها در حمل ستون‌ها و آجرهای سنگی برای ساختن معابد و اهرام، به مصریان، رومیان و یونانیان باستان کمک کردند؛ به آنها در کشیدن آب از چاه یاری کردند و نیز آنها را قادر ساختند که با سرعتی بیشتر از گذشته حرکت کنند.

تمدن‌های باستانی، از ماشین‌های ساده نظیر سطوح شیب‌دار، گوه‌ها، پیچ‌ها، اهرام‌ها، چرخ‌ها، چرخ‌دنده‌ها و قرقره‌ها استفاده می‌کردند. با این‌که این چیزها شاید ماشین به نظر نیایند، ولی همه‌شان انجام کاری را آسان‌تر می‌کنند. ماشین‌های ساده را می‌توان مستقلاً به کار گرفت یا آنها را به هم متصل کرد و ماشین‌های پیچیده ایجاد کرد. همزن‌های آشپزخانه، دستگاه‌های مگنه، قوطی‌بازکن‌ها، روبات‌ها، لولاهای درِ گاراژ، دوچرخه‌ها و خودروها، همگی ماشین‌های پیچیده‌ای هستند که از اتصال ماشین‌های ساده‌تر پدید آمده‌اند.

### نیروی محرک و نیروی مقاوم (بار)

ماشین است و نیرو. ماشین‌ها اغلب میزان تلاش لازم برای انجام کارها را کاهش می‌دهند و انجام آنها را به‌مراتب آسان‌تر می‌کنند و یا به ما اجازه می‌دهند که در مقایسه با وضع عادی، بارهای سنگین‌تری را بلند کنیم. نیروی محرک عبارت است از نیروی لازم برای حرکت دادن یک جسم. اغلب جسم و وزنش را **نیروی مقاوم (بار)** می‌نامند.

## یادآوری: کار در علم

طی شده در انجام آن کار



$$\text{کار} = \text{نیرو} \times \text{مسافت (جابه جایی)}$$



لازم برای انجام کار

کلمه کار به شکل‌های مختلفی استفاده می‌شود. کار سنگین، کار زیاد و کار در منزل همگی اصطلاحاتی هستند که به کار می‌بریم و می‌شنویم. ولی منظور دانشمندان از کلمه کار کاملاً متفاوت است. برای آن که بفهمید ماشین‌ها چطور کارها را آسان می‌کنند، اول باید معنای علمی کار را درک کنید.

از نظر علمی، کار به معنای انرژی لازم برای حرکت دادن یک جسم در یک مسافت معین است. درست مثل انرژی، کار را با یکای ژول (با نماد اختصاری J) اندازه می‌گیرند.

## ماشین‌های ساده و کار

کار و انرژی لازم برای انجام یک کار به خود آن کار بستگی دارد نه چگونگی انجام آن. همان کار را می‌توان به روش‌های مختلفی انجام داد. بعضی روش‌ها دشوارند زیرا نیازمند مقدار زیادی نیروی محرک هستند. و بعضی روش‌ها ساده‌ترند زیرا به نیروی محرک کوچکی نیاز دارند.

اگر در نظر بگیریم که انجام یک کار معین، نیازمند ۱۲ ژول باشد، می‌توان آن را به روش‌های مختلفی که در جدول زیر نشان داده شده، انجام داد:

نیروی لازم برای انجام کار (N)	نیروی لازم برای انجام کار (N)	مسافتی که باید طی کنیم تا کار به انجام برسد (m)	اثبات این که کار به انجام رسیده است
۱۲	۱۲	۱	$12 \times 1 = 12$
۶	۱۲	۲	$6 \times 2 = 12$
۴	۱۲	۳	$4 \times 3 = 12$
۳	۱۲	۴	$3 \times 4 = 12$
۲	۱۲	۶	$2 \times 6 = 12$
۱	۱۲	۱۲	$1 \times 12 = 12$

همان‌طور که در جدول مشاهده می‌کنید، با افزایش یافتن مسافت، نیروی لازم برای انجام کار کاهش خواهد یافت. ماشین‌های ساده از همین حقیقت استفاده می‌کنند؛ مسافت طی شده را افزایش می‌دهند تا نیروی لازم برای انجام کار کاهش یابد.

## ۱ ◀ سطح شیب‌دار

سطح شیب‌دار (که گاهی صفحه مایل نامیده می‌شود) یکی از قدیمی‌ترین و ساده‌ترین فن‌آوری‌های ماشینی است. از سطوح شیب‌دار برای بالا بردن اجسام سنگین به سطوح بالاتر استفاده می‌کنند.

اگر بخواهید باری را بردارید، باید مقدار معینی کار انجام دهید که مستقل از چگونگی انجام آن است. زیرا

مقدار کار به وزن آن بار و ارتفاعی که می‌خواهید آن را بالا برید بستگی دارد، نه به شیوه‌ای که انجامش می‌دهید. فرض کنید دارید به خانواده‌تان در اسباب‌کشی کمک می‌کنید و باید یخچال را در کامیون بگذارید.



تأثیرگذاری سطوح شیب‌دار از آن جهت است که مسافت را افزایش می‌دهند و با افزایش مسافت، نیرو کاهش می‌یابد.

کوتاه‌ترین مسیر تا روی کامیون، مسیر عمودی است ولی بسیار دشوار (و احتمالاً ناممکن) است زیرا لازم است نیرویی حداقل برابر با وزن یخچال به کار ببرید. ولی اگر یخچال را از یک سطح شیب‌دار بالا بکشید یا به بالا هل دهید، به مراتب آسان‌تر خواهد بود. با این که مقدار کار یکسان است، به نیروی کمتری نیاز خواهد بود زیرا یخچال را مسافت بیشتری حرکت می‌دهید.

## انواع سطح شیب‌دار

سطوح شیب‌دار در اطراف شما فراوانند ولی بعضی‌هاشان شکل سطح شیب‌دار ندارند. به‌عنوان مثال،



زیب نمونه‌ای از فن‌آوری قرن بیستم است که از سه گوه بهره می‌برد. دسته زیب از گوه‌هایی تشکیل شده که تلاش کوچک ما را به نیروی بزرگی تبدیل می‌کنند که زیب را باز می‌کند و می‌بندد. بدون کمک این گوه‌ها، متصل کردن یا جدا کردن دندان‌های زیب تقریباً امکان‌پذیر نیست.

پله‌برقی را می‌توان یک سطح شیب‌دار متحرک به‌شمار آورد.

### ● (۱) گوه‌ها

گوه‌ها سطوح مایلی هستند که از میان جسم دیگری می‌گذرند و با این کار، آن را به دو قسمت می‌شکنند یا می‌برند.

تبر مشخصاً یک گوه است. این وسیله، مقدار نیروی لازم برای شکستن یک تکه هیزم را به این شکل کاهش می‌دهد که چوب را وادار می‌کند از لبه بلند تیغه بالا برود. هر قدر تیغه تیزتر باشد، لبه بلندتر است و نیروی لازم برای خرد کردن هیزم کمتر خواهد بود. اره‌ها، قیچی‌ها، چاقوها و دندان‌های پیشین شما دقیقاً به همین شکل عمل می‌کنند و بریدن و تکه کردن چوب، کاغذ و غذا را آسان‌تر.

## بریده‌ای از تاریخ علم

### زیب!

هم‌زمانی در علم به این معنا است که گاهی دو نفر در دو سوی جهان، دقیقاً در یک زمان، دارای ایده‌ی یکسانی هستند یا وسیله‌ی یکسانی را اختراع می‌کنند. زیب‌های موفق امروزی در سال ۱۹۱۳ توسط کاتارینا کُمنوس در اروپا و گیدئون ساندبک در ایالات متحده به ثبت رسید، در حالی که هیچ کدامشان دیگری را نمی‌شناخت و از زمینه‌ی فعالیت دیگری خبر نداشت. ساندبک در تلاش برای بهبود گیره و قلابی بود که پیش از آن، ریسیش ویتکم آل جادسون اختراع کرده بود و کُمنوس زیب خود را از روی یک ایده‌ی شخصی اختراع کرد.



ملخ پیچی است که هوا یا آب را می‌برد و به جلو می‌رود.

## ● (۲) پیچ‌های مخروطی، مهره‌ها و پیچ‌های استوانه‌ای

پیچ یک سطح شیب‌دار است که به دور یک استوانهٔ فلزی می‌پیچد و بالا می‌رود. پیچ‌ها می‌توانند در این چیزها نفوذ کنند:

- جامدات (پیچ چوب، در اجسام چوبی فرو می‌رود)
- مایعات نظیر آب (ملخ قایق، یک پیچ است)
- گازها نظیر هوا (ملخ هواپیما یا پنکه)

اگر تلاش کنید یک پیچ چوب را با چکش به داخل یک تکه چوب بکوبید، خیلی زود نا امید می‌شوید زیرا برای این کار، به نیروی بسیار زیادی نیاز است. ولی اگر پیچ را بپیچانید، چوب از روی سطح شیب‌دار بالا می‌رود. با توجه به بلندی مسافت طی شده، نیروی بسیار کمتری لازم خواهد بود (اگرچه باید آن را بارها پیچانند). دوباره می‌بینید که افزایش مسافت، میزان تلاش شما را کاهش می‌دهد. روش کار پیچ و مهره همین است، اگرچه در این مورد، مهره را روی رزوه‌های پیچ به پایین می‌پیچانند.

### مزیت مکانیکی

به کمک مزیت مکانیکی می‌توان اندازه‌گیری کرد که یک فن‌آوری یا ماشین تا چه اندازه اثربخش بوده است. مزیت مکانیکی را از تقسیم بار (نیروی مقاوم) به نیروی لازم برای حرکت دادن آن (نیروی محرک) محاسبه کرد:

$$\text{مزیت مکانیکی} = \frac{\text{بار}}{\text{نیروی}} = \frac{\text{نیروی مقاوم}}{\text{نیروی محرک}} = \frac{R}{E}$$

مثلاً اگر یک ماشین ساده وزنی برابر ۶۰ نیوتن (حدود ۶ کیلوگرم) را بلند کند و برای این کار، ۲۰ نیوتن نیرو نیاز داشته باشد، مزیت مکانیکی برابر خواهد بود با:

$$\text{مزیت مکانیکی} = \frac{R}{E} = \frac{\text{نیروی مقاوم}}{\text{نیروی محرک}} = \frac{۶۰}{۲۰} = ۳$$

هر قدر ماشینی اثربخش‌تر باشد، مزیت مکانیکی بزرگ‌تری دارد. در این مورد، یک ماشین بهتر می‌تواند:

- بار بزرگ‌تری (مثلاً ۶۰۰ نیوتن) را با همان نیرو (یعنی ۲۰ نیوتن) بلند کند. به این ترتیب، مزیت مکانیکی

بزرگ‌تر خواهد بود:

$$\text{مزیت مکانیکی} = \frac{\text{نیروی مقاوم}}{\text{نیروی محرک}} = \frac{۶۰۰}{۲۰} = ۳۰$$

یا

- همان بار (۶۰ نیوتن) را با نیروی کمتری (مثلاً ۲ نیوتن) بلند کند:

$$\text{مزیت مکانیکی} = \frac{\text{نیروی مقاوم}}{\text{نیروی محرک}} = \frac{۶۰}{۲} = ۳۰$$

به یاد آوریم

۱- نام ببرید:

الف) هفت ماشین ساده.

ب) پنج مثال از سطوح شیب‌داری که کارها را آسان‌تر می‌کنند.

پ) سه مثال که در آنها از گوه برای جدا کردن، تکه کردن یا برش دادن آسان‌تر چیزی استفاده شود.

۲- نام دیگر سطح شیب‌دار چیست؟

۳- توضیح دهید که آیا ماشین‌ها کار لازم برای انجام یک فعالیت را کاهش می‌دهند یا نیروی لازم برای آن را.

۴- یکای اندازه‌گیری کار را نام ببرید.

۵- پیچی را نام ببرید که:

الف) یک جامد

ب) یک مایع

پ) یک گاز

را بُرد و پیش برود.

درک کنیم

۶- تعریف کنید:

الف) کار

ب) مزیت مکانیکی

۷- الف) مزایای استفاده از سطح شیب‌دار را شرح دهید.

ب) معایب آن را بگویید.

۸- توضیح دهید که سطوح شیب‌دار در هر یک از موارد زیر چه کمکی می‌کنند:

الف) رساندن معلولی سوار بر ویلچر و سالمندان به داخل ساختمان

ب) عبور یک خودرو به آن سوی یک جوی آب

پ) استفاده از پله‌برقی به جای آسانسور

۹- چرا برای بالا رفتن از کوه، استفاده از مسیرهای زیگزاگی در مقایسه با یک مسیر مستقیم رو به بالا آسان‌تر است.

۱۰- توضیح دهید که چرا تیز کردن تبر، استفاده از آن را آسان می‌کند.

۱۱- توضیح دهید که چرا پیچ‌ها نوعی سطح شیب‌دار هستند.

## به کار بریم

۱۲- سه ماشین کار یکسانی را به شکل‌های مختلفی انجام می‌دهند. مزیت مکانیکی آنها عبارت‌اند از:

ماشین C: ۱۰

ماشین B: ۰/۵

ماشین A: ۲

**مشخص کنید** که کدام یک ماشین بهتری است.

۱۳- قیچی آهن‌بُر قفل‌ها را می‌بُرَد. **مشخص کنید** که نیروی مقاوم بزرگ‌تر است یا نیروی محرک.

۱۴- مزیت مکانیکی ماشین‌های زیر را **محاسبه کنید**:

الف) بار = ۱۲ N ، نیرو = ۶ N

ب) بار = ۱۸ N ، نیرو = ۶ N

پ) بار = ۳ N ، نیرو = ۱۸ N

ت) بار = ۵ Kg (حدود ۵۰ نیوتن نیرو وزن) ، نیرو = ۱۲ N

۱۵- **ارزیابی کنید** کدام یک از ماشین‌های تمرین ۱۴ بهترین ماشین است.

## تحلیل کنیم

۱۶- یک ماشین ساده و یک ماشین پیچیده را با ذکر شباهت‌ها و تفاوت‌هایشان **مقایسه کنید**.

۱۷- تفاوت نیروی محرک و مقاوم را بگویید.

۱۸- سارا می‌داند که برای

بلند کردن جسمی تا یک ارتفاع

معین، باید ۲۴ ژول کار انجام

شود. او به منظور تصمیم‌گیری

راحت‌تر دربارهٔ این که کدام

سطح شیب‌دار، کار را آسان‌تر

می‌کند، جدول زیر را تهیه کرده

است. جدول او را **تکمیل کنید**.

مزیت مکانیکی	اثبات این که کار، به انجام خواهد رسید	نیروی لازم (N)	طول سطح شیب‌دار (m)	کار (J)
$24 / 24 = 1$	$1 \times 24 = 24$	۲۴	۱	۲۴
	$1 \times 24 = 24$		۲	۲۴
$24 / 8 = 3$		۸		۲۴
			۴	۲۴
$24 / 4 = 6$	$1 \times 24 = 24$			۲۴
			۸	۲۴
				۲۴
				۲۴

## ارزیابی کنیم

۱۹- بگویید که از میان سطوح شیب‌دار سؤال ۱۸، کدام یک کار را برای سارا از همه بیشتر آسان می‌کند.

پاسخ خود را **توضیح دهید**.

## بسازیم

۲۰- قانونی **طراحی کنید** دربارهٔ اینکه سطوح شیب‌دار چطور بلند کردن بار را آسان می‌کنند.



## ■ سطوح شیب‌دار

**هدف:**

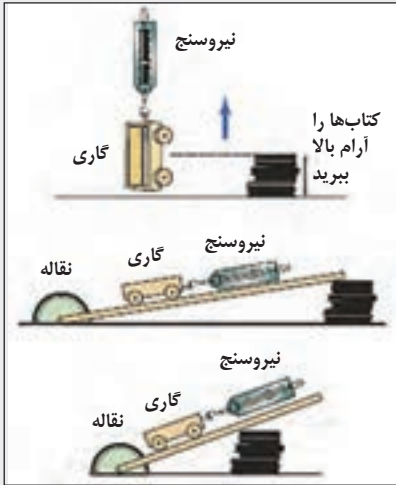
بررسی رابطه بین شیب یک سطح شیب‌دار و نیرو

**لوازم:**

- نیروسنج
- سطح شیب‌دار
- تعدادی کتاب
- یک گاری متحرک با یک جسم چوبی و قلابی آویخته
- چند وزنه‌ی کوچک
- نوار چسب
- نقاله

به آن

**روش**



۱- کتاب‌ها را تا ارتفاع ۱۰ سانتیمتر روی میز روی هم بچینید.

۲- جدولی شبیه جدول زیر تنظیم کنید.

مزیت مکانیکی	نیروی لازم برای حرکت دادن جسم چوبی (N)	مزیت مکانیکی	نیروی لازم برای حرکت دادن گاری (N)	طول سطح شیب‌دار	زاویه ( $^{\circ}$ )

۳- با کمک نیروسنج، وزن گاری متحرک و جسم چوبی را اندازه بگیرید. به آنها وزنه‌هایی بچسبانید تا وزنشان تقریباً یکسان شود. وزن جدید آنها را یادداشت کنید.

## ۲ ◀ اهرم‌ها

قدیمی‌ترین تصاویر از اهرم‌ها بر روی مجسمه‌های مصری ۵۰۰۰ ساله یافت شده‌است. ارسطو، فیلسوف یونان باستان، در نوشته‌هایش به اهرم‌ها اشاره کرده‌است. ارشمیدس گفته‌است: «اگر اهرمی با طول کافی و نقطه‌ای برای ایستادن داشته‌م، جهان را تکان می‌دادم.»

### اهرم چیست؟

اهرم یک فن‌آوری کهن است که به ۵۰۰۰ سال قبل برمی‌گردد. شما هم احتمالاً بدون این‌که متوجه باشید، هر روزه از تعدادی از انواع اهرم استفاده می‌کنید. پارو، قاشق‌ها، قیچی‌ها، راکت‌های تنیس و چوب کریکت، همگی اهرم هستند، همین‌طور بازوها، پاها و فک‌های شما. اهرم هر چیز جامدی است که ساخته شده تا دور یک محور یا تکیه‌گاه بچرخد.

## بزرگ‌کننده‌های نیرو: اهرم‌های نوع ۱ و ۲

بعضی اهرم‌ها بزرگ‌کنندهٔ نیرو هستند، به این معنا که شما نیروی کوچکی به آنها وارد می‌کنید و سیستم اهرم آن را آن قدر بزرگ می‌کند که می‌توانید بار بسیار سنگین‌تری را بردارید. درست مثل سطوح شیب‌دار، اهرم‌ها تلاش لازم برای بلند کردن بارها (نیروی مقاوم) را کاهش می‌دهند. باز هم نکتهٔ منفی، مسافت است، هر قدر بخواهید نیرو بیشتر کاهش پیدا کند، باید اهرم را بیشتر حرکت دهید.



الاکلنگ اهرم نوع ۱ است: بار یک طرف آن است، نیرو در طرف دیگر آن، و تکیه‌گاه جایی در بین آنها.

### بریده‌ای از تاریخ علم

مشهور است که ارشمیدس ماشین‌های بسیاری ساخت تا کشتی‌های رومی مهاجم را در هم بشکند. علاوه بر جرثقیل‌های اهرمی، گویا او بازتاب‌دهنده‌های گول‌آسایی هم ساخته بود که کشتی‌ها را می‌سوزاندند. او ماشین‌های دیگری هم داشت که بر کف بندر قرار می‌گرفتند و کشتی‌ها را از زیر می‌گرفتند و آن قدر می‌لرزاندند که همهٔ سربازان به بیرون پرتاب شوند! البته شاید همهٔ اینها تبلیغات کهنی باشد که به منظور ترساندن دشمن طراحی شده بودند.



گویا ارشمیدس با استفاده از اهرم‌ها کشتی‌های رومی مهاجم را از بندرگاه سیراکیوز بلند می‌کرده و با کوبیدنشان به صخره‌ها آنها را خرد می‌کرده است!

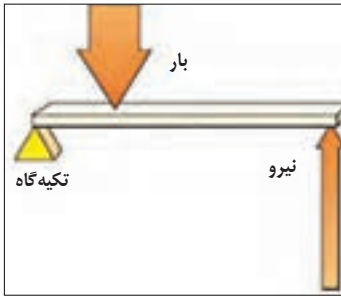
اهرم‌های بزرگ‌کنندهٔ نیرو (افزایش‌دهنده) را می‌توان به دو نوع ۱ و ۲ تقسیم کرد که هر دوی آنها برای بلند کردن بارهای سنگین بسیار سودمندند زیرا به کمک آنها می‌توان با اعمال یک نیروی کوچک در فاصله‌ای دور از تکیه‌گاه، باری سنگین را برداشت. مکان اعمال نیروها در این اهرم‌ها، به اندازهٔ خود نیرو اهمیت دارد. مقدار نیروی لازم به فاصلهٔ بار از تکیه‌گاه و مکان اعمال نیرو بر اهرم بستگی دارد.



درست مثل سطوح شیب‌دار، اهرم‌ها هم با افزایش دادن مسافتی که بار باید حرکت داده شود، مقدار نیرو را کاهش می‌دهند.



اهرم‌های نوع ۱ شبیه قیچی هستند، به این ترتیب که تکیه‌گاه جایی در میانهٔ اهرم قرار دارد.



در اهرم نوع ۲ (یا اهرم مرتبه دوم) تکیه‌گاه در یک انتها، نیرو در انتهای دیگر، و بار جایی در میان آن‌ها قرار دارد.



در اهرم‌های نوع ۲ همیشه تکیه‌گاه در انتها قرار دارد.

## اصل اهرم‌ها

در اهرم‌های نوع ۱ و ۲ قانونی وجود دارد به نام اصل اهرم‌ها: این بدان معنا است که یک دانش‌آموز ۶۰ کیلوگرمی باید در فاصله ۲ متری از تکیه‌گاه الاکنگ بنشیند تا با یک دانش‌آموز ۲۰ کیلوگرمی که در انتهای دیگر الاکنگ و در فاصله ۳ متری از تکیه‌گاه نشسته است، در تعادل قرار گیرد. اصل اهرم‌ها این مسئله را اثبات می‌کند:

نیروی مقاوم از تکیه‌گاه

$$\text{نیرو} \times \text{فاصله} = \text{بار} \times \text{فاصله}$$

↑  
↓

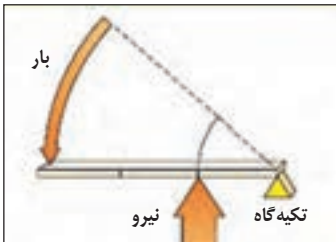
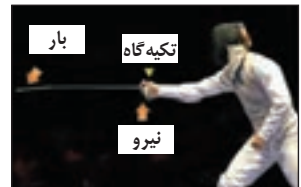
نیروی محرک از تکیه‌گاه

$$\text{دانش‌آموز } ۶۰ \text{ کیلوگرمی} \times ۲ \text{ متر} = \text{دانش‌آموز } ۴۰ \text{ کیلوگرمی} \times ۳ \text{ متر}$$

## بزرگ‌کننده‌های سرعت: اهرم‌های نوع ۳

اهرم‌های نوع ۳ (یا اهرم‌های مرتبه‌ی سوم) به منظور کاهش مقدار نیرو به کار نمی‌روند، بلکه به منظور سرعت دادن به حرکت بار (معمولاً یک بار کوچک) استفاده می‌شوند.

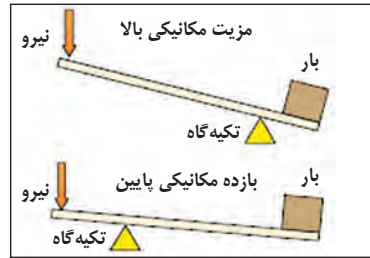
چوب‌های کریکت و راکت‌ها همه از اهرم‌های نوع ۳ هستند. ما دستمان را با سرعت زیاد، کمی حرکت می‌دهیم تا توپ از چوب کریکت با سرعتی به مراتب بیش‌تر دور شود. اهرم‌های نوع ۳ بزرگ‌کننده سرعت هستند. با توجه به این‌که مسافتی که توپ طی می‌کند زیاد است، نیروی وارد بر آن کوچک است. به همین علت لازم است دست شما مسافت کوتاهی حرکت کند ولی با نیرویی بزرگ.



در این اهرم‌ها تکیه‌گاه در یک انتها، بار در انتهای دیگر، و نیرو (که معمولاً توسط دست ما اعمال می‌شود) جایی در میان آنها قرار دارد.

چوب کریکت و راکت از اهرم‌های نوع ۳ هستند و به‌عنوان بزرگ‌کننده سرعت عمل می‌کنند، به این معنا که سرعت توپ را پس از آن‌که به آن ضربه زده می‌شود، افزایش می‌دهند.

مزیت مکانیکی میزان تأثیرگذاری یک ماشین یا فن آوری را مشخص می‌کند. ماشینی بهتر است که مزیت مکانیکی آن بیشتر باشد. در اهرم‌ها، مزیت مکانیکی را به دو طریق محاسبه می‌کنند:



هر قدر نیرو از تکیه‌گاه دورتر باشد، کار ساده‌تر می‌شود.

$$\text{مزیت مکانیکی} = \frac{\text{فاصله نیروی محرک از تکیه‌گاه}}{\text{نیروی مقاوم}} = \frac{\text{فاصله نیروی مقاوم از تکیه‌گاه}}{\text{نیروی محرک}}$$

## تمرین

به یاد آوریم

۱- از هر یک از اهرم‌های نوع ۱ و ۲ و ۳ یک مثال بزنید.

۲- اصل اهرم‌ها را به صورت یک معادلهٔ ریاضی بیان کنید.

۳- نام دیگر هر کدام را بگویید:

(الف) تکیه‌گاه

(ب) اهرم نوع ۱

درک کنیم

۴- هر کلمه را تعریف کنید:

(الف) اهرم

(ب) تکیه‌گاه

(پ) افزایش دهندهٔ نیرو

(ت) بزرگ‌کنندهٔ سرعت

۵- عبارات زیر را تصحیح کنید:

(الف) همهٔ اهرم‌ها بزرگ‌کنندهٔ نیرو هستند.

(ب) تکیه‌گاه هر اهرم جایی در وسط آن است.

(پ) چوب گلف نمونه‌ای از بزرگ‌کننده‌های نیرو است.

(ت) محور و تکیه‌گاه مشابه یک‌دیگرند.

(ث) در اکثر بازی‌هایی که با توپ انجام می‌شود، به یک بزرگ‌کنندهٔ سرعت نیاز است.

۶- مزیت استفاده از اهرم‌های نوع ۳ را در اکثر بازی‌هایی که با توپ انجام می‌شود شرح دهید.

۷- معادلهٔ ریاضی مزیت مکانیکی را در اهرم‌ها بگویید.

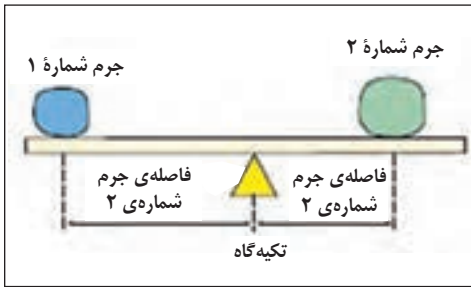
۸- توضیح دهید که چگونه می‌توان در اهرم‌ها به مزیت مکانیکی بزرگ‌تری دست یافت.

۹- شمشیر نمونه‌ای از اهرم‌های نوع ۳ است. توضیح دهید چرا.

۱۰- برای باز کردن پیچ‌های چرخ خودرو لازم است از آچار چرخ استفاده کنید. آچار چرخ، نوعی آچار با دسته بلند است. به نظر تان می‌آید بلند بودن دسته آچار چرخ چه دلیلی دارد.

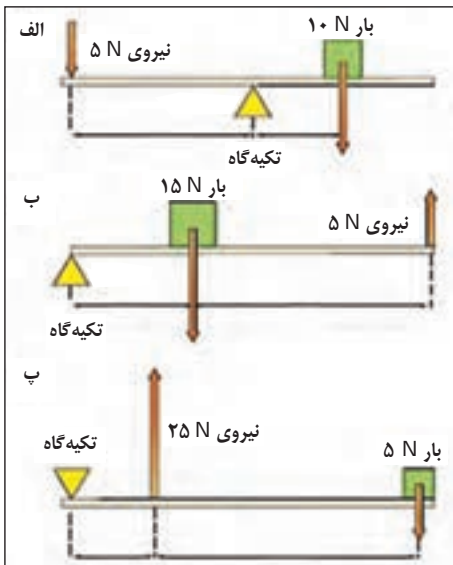
به کار بریم

شکل زیر الاکلنگی را نشان می‌دهد که با خط‌کش ساخته شده است. در طرفین این الاکلنگ جرم‌های مختلفی قرار داده شده است تا الاکلنگ دقیقاً در تعادل قرار گیرد. جدول را تکمیل کنید.



جرم شماره ۲	فاصله‌ی جرم شماره ۱ از تکیه‌گاه	جرم شماره ۱	فاصله‌ی جرم شماره ۲ از تکیه‌گاه
۶	۴	۸	۶
۶	۴	۱۲	۶
۱	۱۲	۲	۱
۱۰	۱	۵	۱۰
۳	۶	۹	۳
۸	۴	۱۶	۸

تحلیل کنیم



۱۲- تعیین کنید که هر یک از اهرم‌های شکل رو به رو از چه نوعی هستند، نوع ۱ یا نوع ۲ یا نوع ۳؟ سپس مزیت مکانیکی هر کدام را محاسبه کنید.

۱۳- تعیین کنید که هر یک از اهرم‌های زیر از نوع ۱، ۲ یا ۳ هستند؟



۱۴- مقایسه کنید:

الف) بزرگ‌کننده نیرو را یا بزرگ‌کننده سرعت  
ب) اهرم‌های نوع ۱ و ۲ را با اهرم نوع ۳

### ارزیابی کنیم

۱۵- کدام نوع از اهرم‌ها برای برداشتن بار مناسب‌تر است؟ دلیل پاسخ خود را توضیح دهید.

### بسازیم

۱۶- می‌خواهید صخره سنگینی را جابه‌جا کنید و تنها چیزی که در اختیار دارید یک میله بلند فلزی و یک صخره کوچک‌تر است. با رسم شکل نشان دهید که صخره را چگونه جابه‌جا می‌کنید. بار، تکیه‌گاه و نیرو را در شکل خود نشان دهید.

۱۷- طرحی از یک الاکلنگ رسم کنید. اگر شخص سبکی در یک انتهای الاکلنگ نشسته باشد، یک شخص سنگین را کجای الاکلنگ می‌نشانید تا بین آنها تعادل برقرار شود؟ روی شکل خود، تکیه‌گاه، نیروهای محرک و مقاوم را نشان دهید.

۱۸- پوستری طراحی کنید که نشان دهد چگونه از اهرم‌های مختلف استفاده می‌شود.

۱۹- الف) مجموعه‌ای از تصاویر اهرم‌ها را در مجله‌ها، بروشورهای تبلیغاتی و روزنامه‌ها جمع‌آوری کنید.  
ب) تعیین کنید که هر اهرم از نوع ۱، ۲ یا ۳ است؟  
پ) نیروی محرک، تکیه‌گاه و نیروی مقاوم را در هر اهرم مشخص کنید.

ماهیچه‌ها تنها می‌توانند منقبض (یعنی کوتاه‌تر و ضخیم‌تر) و منبسط (یعنی بلندتر و نازک‌تر) شوند و با این کار، استخوان را بالا یا پایین ببرند. استخوان‌ها اهرم‌هایی هستند و ماهیچه‌ها نیروی لازم برای کنترل کردن آنها می‌باشند. در منابعی که در اختیار دارید (کتاب‌ها، دایره‌المعارف‌ها، اینترنت و ...) تصویری از ماهیچه‌های بدن بیابید.

## فعالیت‌های عملی

### الاکلنگ

#### هدف:

بررسی الاکلنگ به عنوان یک اهرم

#### لوازم:

- هشت جرم کوچک (مثلاً سکه‌های بیست و پنج تومانی)
- یک خط‌کش
- یک تکیه‌گاه یا محور (یک مداد می‌تواند ایده‌آل باشد)
- یک کش

#### روش:



۱- مطابق شکل رو به رو یک الاکلنگ درست کنید.

۲- با استفاده از کش، خط‌کش را روی مداد محکم کنید.

۳- جدول نتایج زیر را در دفتر خود وارد کنید.

۴- چهار تا از جرم‌ها را روی انتهای سمت چپ خط‌کش و

چهار تای دیگر را روی انتهای سمت راست طوری قرار دهید که الاکلنگ در تعادل باشد.

۵- در جدول زیر، فاصله هر مجموعه از جرم‌ها را از تکیه‌گاه الاکلنگ یادداشت کنید. آزمایش را با دو جرم

در سمت چپ و سه جرم در سمت راست تکرار کنید.

۶- آزمایش را برای همه جرم‌های دیگری که در جدول نشان داده شده تکرار کنید.

سمت چپ			سمت راست		
تعداد جرم‌ها	فاصله از تکیه‌گاه	تعداد جرم‌ها × فاصله از تکیه‌گاه	تعداد جرم‌ها	فاصله از تکیه‌گاه	تعداد جرم‌ها × فاصله از تکیه‌گاه
۴			۴		
۳			۲		
۴			۳		
۵			۲		
۶			۱		

## ■ بالا بردن کتاب

### هدف:

بررسی ارتباط جایگاه تکیه‌گاه و نیرو در اهرم‌های نوع ۱

### لوازم:

● خط‌کش بلند ● چوب‌پنبه پلاستیکی ● یک کتاب

### روش:

۱- اهرم را به شکل رو به رو قرار دهید.

۲- با فشار دادن انگشت بر روی خط‌کش کتاب را بالا ببرید.

۳- حالا چوب‌پنبه را در فاصله نزدیک‌تری از کتاب قرار دهید و آزمایش را تکرار کنید.

۴- آزمایش را یک‌بار دیگر تکرار کنید و این بار چوب‌پنبه را در انتهای دیگر خط‌کش و در فاصله زیاد از

کتاب قرار دهید.

۵- جدول زیر را با استفاده از کلمات «بالا»، «متوسط» و «پایین» تکمیل کنید.

نیروی لازم برای بالا بردن کتاب	جایگاه چوب‌پنبه
	بسیار دور از کتاب
	در میانه اهرم
	نزدیک کتاب

۶- حالا سعی کنید کتاب را مطابق شکل زیر با استفاده از اهرم‌های نوع ۲ و ۳ بالا ببرید.



## ■ پرسش‌ها

۱- هر سه شکل (اهرم‌های نوع ۱، ۲ و ۳) را در دفتر خود وارد کنید و نیروهای محرک و مقاوم را با فلش نشان دهید. هم‌چنین تکیه‌گاه را تعیین کنید.

۲- در اهرم نوع ۱، وقتی چوب‌پنبه را از کتاب دور کرده و به انگشتان نزدیک کردید، مقدار نیروی لازم برای بالا بردن کتاب تغییر کرد. تحلیل کنید که چه اتفاقی افتاد.

۳- با استفاده از اصل اهرم‌ها توضیح دهید که چرا در اهرم‌های نوع ۱، بالا بردن کتاب آسان‌تر است اگر تکیه‌گاه به آن نزدیک و از انگشت شما دور باشد.

۴- ارزیابی کنید که بالا بردن کتاب با کدام اهرم از همه دشوارتر بود.



### اهرم‌های نوع ۳

**هدف:**

بررسی یک اهرم نوع ۳

**لوازم:**

● خط‌کش بلند ● جرم یک کیلوگرمی ● نیروسنج ● یک آجر یا بلوک به عنوان تکیه‌گاه

**روش:**



۱- جدول زیر را در دفتر خود وارد کنید و بعد اهرم نوع ۳ نشان داده شده در شکل روبه‌رو را بسازید.

۲- با استفاده از نیروسنج، نیروی لازم برای بلند کردن بار به صورت آهسته را اندازه‌گیری کنید.

۳- اندازه‌گیری‌های خود را در جدول زیر وارد کنید. شاید لازم باشد قرائت‌های خود را از نیروسنج (که یکای نیوتن دارد) با تقسیم کردن بر ۱۰ به کیلوگرم تبدیل کنید.

۴- مزیت مکانیکی را برای هر اندازه‌گیری محاسبه کنید.

فاصله نیروسنج از تکیه‌گاه	مزیت مکانیکی	قرائت نیروسنج	فاصله بار از تکیه‌گاه (cm)	بار (kg)
۳۰			۱۰۰	۱
۴۰			۱۰۰	۱
۵۰			۱۰۰	۱
۶۰			۱۰۰	۱
۷۰			۱۰۰	۱

### پرسش‌ها

- ۱- مشخص کنید که کدام یک بزرگ‌تر بود، بار یا نیروی لازم برای بلند کردن آن.
- ۲- مشخص کنید که مؤثرترین اهرم کدام بوده است. پاسخ خود را توضیح دهید.

## ■ فعالیت‌های عملی | .....

### ■ اهرم‌ها در کار

#### هدف:

بررسی تعدادی ماشین متداول و تعیین نوع اهرمی که در آنها به کار رفته است.

#### لوازم:

● دستگاه منگنه ● ناخن‌گیر ● قیچی کاغذ ● قیچی باغبانی ● فندق شکن یا گیره بزرگ کاغذ

#### روش:

- ۱- هر ماشین را به دقت رسم کنید.
- ۲- تکیه‌گاه، بار و جای وارد شدن نیرو را مشخص کنید.
- ۳- وظیفه بخش‌های دیگر هر ماشین را مشخص کنید.

## ■ پرسش‌ها | .....

- ۱- تعیین کنید هر اهرم از نوع ۱ است یا ۲ یا ۳.
- ۲- بگویید هر کدام از آنها بزرگ‌کننده نیرو است یا سرعت.

## ■ فعالیت‌های عملی | .....

### ■ اهرم‌ها در بدن

#### هدف:

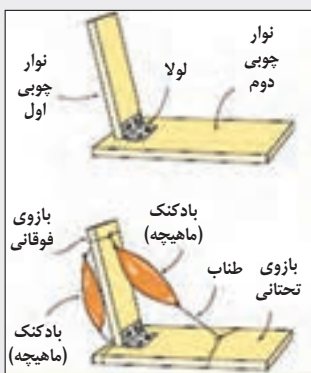
مدل کردن اهرم‌های موجود در بدن

#### لوازم:

● مقوا ● گیره کاغذ ● سه عدد بادکنک ● طناب ● یک لولا و تعدادی پیچ ● چند تکه چوب

#### روش:

- ۱- با استفاده از مقوا، یک مجموعه بزرگ مانند شکل بالا بسازید. با استفاده از یک گیره کاغذ استخوان فک را به مجموعه لولا کنید و یک بادکنک باد نشده هم به عنوان ماهیچه‌ای که آن را کنترل می‌کند قرار دهید.
- ۲- با استفاده از شکل رو به رو بازوی انسان را به همراه استخوان‌ها و ماهیچه‌هایش مدل‌سازی کنید.

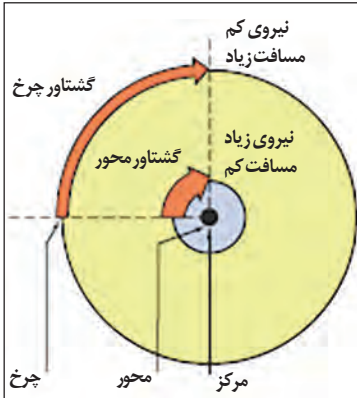


## ■ پرسش‌ها | .....

- ۱- توضیح دهید که وقتی فک مدل‌سازی شده باز و بسته می‌شود و یا بازوی مدل‌سازی شده خم و راست می‌شود چه اتفاقی می‌افتد.
- ۲- این مدل‌ها را با ماهیچه‌های واقعی که فک و بازوی واقعی را کنترل می‌کنند مقایسه کنید.

### ۳ ◀ چرخ‌ها، محورها و چرخ‌دنده‌ها

اغلب ماشین‌ها به‌جای حرکت‌های ساده‌ی بالا - پایین که توسط سطوح شیب‌دار و اهرم‌ها تولید می‌شود، از حرکت دورانی یا چرخشی استفاده می‌کنند. ما با چرخ‌ها، محورها و چرخ‌دنده‌ها از اصل اهرم‌ها در زندگی خود استفاده می‌کنیم. شاید این‌طور به نظر نرسد، ولی واقعیت این است که بعضی شیرهای آب و دستگیره‌های درها چرخ هستند. چرخ‌دنده‌ها کاربردهای زیادی دارند، از دوچرخه گرفته تا قوطی بازکن.



چرخ‌ها قادرند هم نیرو و هم سرعت را بزرگ کنند.

بیشترین نیرو در محور حس می‌شود زیرا از همه کمتر حرکت می‌کند. لبه چرخ کمترین نیرو را تجربه می‌کند زیرا از همه بیشتر حرکت می‌کند.

#### ● چرخ‌ها

در مرکز هر چرخ یک محور قرار دارد. بیرونی‌ترین قسمت چرخ را لبه می‌نامیم. چرخ، درست مثل یک محور عمل می‌کند. وقتی چرخ می‌چرخد، لبه آن در مقایسه با محور که فقط در جای خود می‌چرخد، هم مسافت بیشتری حرکت می‌کند و هم با سرعت بیشتری حرکت می‌کند.

#### چرخ‌ها به عنوان بزرگ‌کننده‌ی نیرو



برخی دستگیره‌های در و پنجره‌ها اهرم‌اند. برخی هم چرخ و محور.

درست مثل اهرم‌ها، از چرخ‌ها نیز می‌توان به منظور کاهش دادن نیروی لازم برای انجام کارها استفاده کرد. رقاصک (محور) دستگیره در یا شیر آب را نمی‌توان با انگشت چرخاند. دستگیره در و شیر آب می‌تواند یک اهرم یا یک «چرخ» باشد. نیروی کوچکی که انتهای دسته یا لبه دستگیره در یا شیر آب را حرکت دهد، رقاصک را به راحتی می‌چرخاند و در یا شیر آب را باز می‌کند. چرخ به‌عنوان یک بزرگ‌کننده نیرو عمل می‌کند چراکه نیروی کوچک اعمال شده بر لبه آن، نیروی چرخشی

بزرگی را روی محور آن ایجاد کرده است. به عبارت دیگر، نیرو بزرگ شده است. اثر چرخشی یک نیرو را **گشتاور** می‌نامند. گشتاور را می‌توان با ضرب کردن نیروی اعمال شده در فاصله آن از مرکز چرخش به دست آورد. یکای گشتاور، نیوتن متر است (N.m).

### تغییر دادن حرکت

وقتی یک حرکت چرخشی شروع می‌شود، اغلب باید جهت، سرعت و مکان آن را تغییر داد.

### چرخ‌ها به‌عنوان بزرگ‌کننده سرعت

چرخ‌ها را می‌توان به‌عنوان **بزرگ‌کننده سرعت** به کار برد. محوری که با سرعت کمی می‌چرخد محور را با سرعت بیش‌تری می‌چرخاند.

پره‌های یک پنکه یا یک ملخ باید بسیار سریع بچرخد تا مقدار هوای لازم برای خنک کردن یا حرکت دادن یک هواپیما را به حرکت در آورد.



هواکش‌ها و پنکه‌ها افزایش سرعت هستند

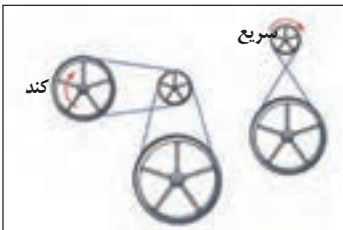
### تسمه‌ها، ریسمان‌ها و زنجیرها

ساده‌ترین راه برای تغییر دادن سرعت، جهت یا مکان یک حرکت چرخشی این است که چرخ‌هایی با قطرهای مختلف را با ریسمان، تسمه یا زنجیر به هم وصل کنیم. چرخي که قطر کوچک‌تری دارد، اگر با تسمه‌ای به یک چرخ بزرگ‌تر متصل باشد، سریع‌تر و با نیروی بزرگ‌تری می‌چرخد.

### ● چرخ‌دنده‌ها

چرخ‌دنده چرخي است که دندانه‌های هم‌شکلی روی لبه‌اش دارد.

چرخ‌دنده‌ها را می‌توان با زنجیری به هم وصل کرد یا مستقیماً با هم درگیرشان کرد. از چرخ‌دنده‌ها می‌توان برای



تغییر دادن سرعت، گشتاور (به معنای نیروی چرخشی) یا جهت چرخش استفاده کرد. اگر چرخ‌دنده توسط محوری بچرخد، آن را چرخ‌دنده محرک می‌نامند. اگر دندانه‌های چرخ‌دنده دیگری (که چرخ‌دنده مقاوم نام دارد) با چرخ‌دنده محرک درگیر باشد، آن هم می‌چرخد، اما در جهت مخالف. سرعت چرخ‌دنده مقاوم و گشتاوری که می‌تواند اعمال کند، به این بستگی دارد که چقدر از چرخ‌دنده محرک بزرگ‌تر است.

### چرخ‌دنده‌های قطاری

چرخ‌دنده قطاری عبارت است از تعداد دو یا چند چرخ‌دنده متصل به هم. اگر چرخ‌دنده‌ها یکسان باشند، با سرعت یکسان ولی در جهات مختلف می‌چرخند. چنین چرخ‌دنده‌هایی را **چرخ‌دنده‌های موازی** می‌نامند.

اگر چرخ‌دنده محرک از چرخ‌دنده مقاوم کوچک‌تر باشد، سریع‌تر می‌چرخد، یعنی چرخ‌دنده به‌عنوان بزرگ‌کننده سرعت عمل می‌کند.

این عمل را بالا بردن دنده می‌نامند و برای زمانی مناسب است که



چرخ‌دنده‌ها را می‌توان با زنجیر هم به یکدیگر متصل کرد. در دوچرخه از این روش استفاده شده است.

چرخش‌های پر سرعت مطرح باشد، مثلاً در دریل، همزن آشپزخانه یا گیره تنظیم‌کننده وضوح تصویر در میکروسکوپ.



چرخ‌دنده‌های قطاری گروهی از چرخ‌دنده‌ها هستند که با هم درگیر هستند. موازی، بالا برنده و پایین آورنده دنده



در مته برقی و هم‌زن‌های آشپزخانه‌ها از چرخ‌دنده برای افزایش دادن سرعت استفاده می‌شود



چرخ‌دنده‌های گوناگون در یک ماشین کاربردهای متنوعی دارند اما درگیر با هم هستند، جهت حرکت یا اندازه سرعت را تغییر می‌دهند

پایین آوردن دنده زمانی است که یک چرخ‌دنده محرک کوچک یک چرخ‌دنده بزرگ‌تر را با سرعت کم‌تری می‌چرخاند. گشتاور به کاررفته بزرگ می‌شود، که برای جاهایی که نیروی گشتاوری بزرگی نیاز باشد مناسب است. چرخ‌دنده‌های دوچرخه‌ها از این پدیده استفاده می‌کنند تا کار دشوار بالا رفتن از تپه‌ها را آسان‌تر کنند و شتاب گرفتن سریع در کنار چراغ‌های راهنمایی را ممکن کنند. انواع متداول‌تر چرخ‌دنده‌هایی که معمولاً می‌بینید عبارتند از چرخ‌دنده شانه‌ای، چرخ‌دنده هرزگرد (idler)، چرخ‌دنده کرمی، و چرخ‌دنده مخروطی. این چرخ‌دنده‌ها کارهای متفاوتی انجام می‌دهند ولی شیوه کار کردنشان تقریباً یکسان است.

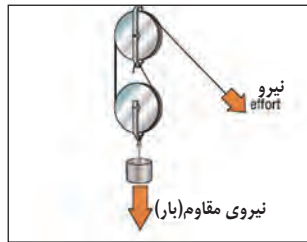
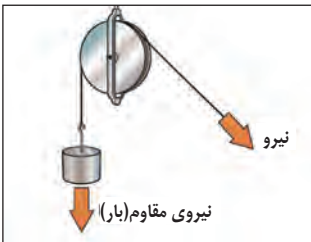


#### ۴ ◀ قرقره‌ها

انسان‌ها معمولاً پایین بردن اجسام را آسان‌تر از بالا بردن آنها می‌دانند. وزن بدن شما نیرویی به سمت پایین است و به پایین بردن اجسام کمک می‌کند. از قرقره‌ها می‌توان برای تبدیل نیروی بالا برنده به نیروی پایین‌کننده استفاده کرد.

#### قرقره‌های مرکب

وزنه‌های سنگین را می‌توان با کمک مجموعه‌ای از دو یا چند قرقره با نیروی کوچکی بالا برد. قرقره‌ها می‌توانند به‌عنوان بزرگ‌کننده نیرو عمل کنند، به این معنا که ما نیرویی را به آنها اعمال می‌کنیم و آنها آن را بزرگ می‌کنند. و به این ترتیب است که می‌توانیم بارهای بزرگ‌تر را به کمک آنها برداریم.



یک ماشین دو قرقره‌ای می‌تواند باری را با نصف نیروی مقاوم بلند کند اما در عوض مسافت نیاز به دوبرابر شدن دارد

#### قرقره‌ها نیرو را چطور کاهش می‌دهند؟

تصور کنید که می‌خواهید یخچالی را ۲ متر بلند کنید و پشت کامیونی بگذارید. اگر از یک قرقره استفاده کنید، باید طناب را همان اندازه (یعنی ۲ متر) پایین بکشید. با این حال، اگر از یک جفت قرقره استفاده کنید، طولی که طناب باید کشیده شود دو برابر می‌شود،

یعنی ۴ متر. ولی فایده‌اش این است که به نیرویی نصف نیروی قبل نیاز دارید.

کار به معنای انرژی لازم برای جابه‌جا کردن یک چیز است:

$$\text{کار} = \text{نیروی محرک} \times \text{مسافت حرکت}$$

هر قدر مسافت حرکت بیشتر باشد، نیروی لازم کمتر خواهد بود. این در واقع، شیوه کار قرقه‌ها است که باید مسافت بیشتری کشیده شوند ولی با نیروی کوچک‌تری.

با استفاده از قرقه‌های مرکب، نیروی لازم کاهش می‌یابد، زیرا مزیت مکانیکی با تعداد قرقه‌ها ارتباط دارد.

## ■ پرسش‌ها | .....

۱- یک قرقه را با چرخ‌دنده مقایسه کنید (فهرستی از شباهت‌ها و تفاوت‌هایشان تهیه کنید).

۲- با ترکیب قرقه‌ها سرعت افزایش می‌یابد یا نیرو؟ برای پاسخ‌تان دلیل بیاورید.

۳- اصطکاک در قرقه‌ها مزاحم است، توضیح دهید.

۴- با کمک شکل رو به رو یک مسابقه طناب‌کشی را طرح کنید که شما نمی‌توانید در آن ببازید. با اضافه شدن رقیب‌های بیشتر، شما بیشترین تعداد کسانی که می‌توانید شکست دهید را حساب کنید.

۵- به کمک منابع در دسترس، پژوهش کنید که در یک



کارخانه اتومبیل‌سازی برای بالابرها و جرثقیل‌های ساده، قرقه‌ها چگونه به هم متصل می‌شوند. مدل‌هایی از هر آرایش، قرار گرفتن قرقه‌هایی که با آن اشیاء سنگین واقعی را تکان می‌دهند،

بسازید.

## ■ فعالیت‌های عملی | .....

### ■ قرقه‌های گیره کاغذی

#### هدف:

مقایسه قرقه‌های ساده و دوتایی ساخته شده با گیره کاغذ

#### مواد لازم:

● یک جرم (حدود ۱۰۰ گرم) ● نیروسنج ● پایه

● نخ کتان ● گیره کاغذ

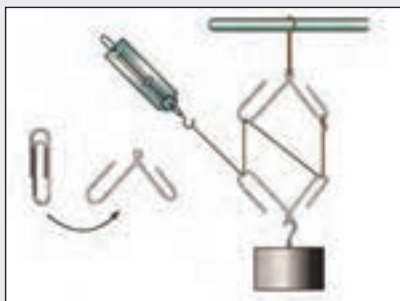
#### روش:

۱- به کمک نیروسنج، وزن جرم را اندازه‌گیری کنید.

۲- به کمک شکل، دو قرقه با گیره کاغذ بسازید.

۳- مانند شکل، با نخ، جرم و پایه، ماشین قرقه مرکب

را بسازید.



- ۴- نیروی لازم برای نگه داشتن یا بالا بردن جرم را به کمک نیروسنج اندازه بگیرید.  
۵- این آزمایش را با جرم‌های مختلف انجام دهید.

### پرسش‌ها

- ۱- بیان کنید با این ترکیب دو قرقره‌ای بالا و پایین بردن وزنه آسان‌تر یا سخت‌تر است؟  
۲- این قرقره‌های گیره کاغذی به خوبی قرقره‌هایی با چرخ‌های متحرک نیست. چرا؟  
۳- مزیت مکانیکی یک و دو قرقره گیره کاغذی را حساب کنید.

### فعالیت‌های عملی

#### بخش‌های طنابی

##### هدف:

ساختن یک ماشین قرقره‌ای با کمک مواد در دسترس

##### مواد لازم:

- میله فلزی که خم شود (چوب لباس‌های فلزی مناسبند)
- پایه و گیره
- نخ کتان یا مقول ● یک جرم (وزنه‌ای حدود ۱۰۰ گرم)

##### روش:

- جدولی مشابه جدول زیر درست کنید.

تعداد نخ‌ها (ی بین دو قرقره)	جابه‌جایی وزنه (cm)	جابه‌جایی دست (cm)
۲	۵	
۴	۵	
۶	۵	
۸	۵	



- ۱- مانند شکل ماشین قرقره‌ای‌تان را بسازید.  
۲- از ماشین‌تان برای بالا بردن وزنه به اندازه ۵ cm استفاده کنید. مقدار حرکت دستتان را برای جابه‌جایی وزنه، اندازه‌گیری کنید.  
۳- آزمایش را تکرار کنید، اما با ۴، ۶ و ۸ سرانجام ۸ بخش شدن نخ‌های بین دو قرقره.  
۴- آزمایش را با وزنه‌ها و یا جابه‌جایی‌های دیگر وزنه تکرار کنید.

### پرسش‌ها

- ۱- توضیح دهید مسافتی که دستتان طی می‌کند با زیاد شدن نخ‌های بین دو قرقره چگونه تغییر می‌کند.  
۲- ارزیابی خود را از مقدار نیروی محرک بیان کنید.  
۳- به کمک دانسته‌های خود از رابطه کار = نیرو × جابه‌جایی، پاسخ خود را توضیح دهید.

## فن آوری های بومی

### کاربردها و استفاده های علم:

در دنیای باستان از فن آوری های زمان خود در ساختن بناهای یادبود خود استفاده می کردند، بناهایی که بسیاری شان تا به امروز پابرجا مانده اند. آن ها از گوه برای شکافتن سنگ به منظور ساختن معابد و قبرهایشان استفاده می کردند، سپس سنگ را روی سورتمه یا چرخ های ساده ای که از تنه درختان ساخته شده بود حمل می کردند. سرانجام سنگ توسط جرتقیل هایی که با زور بازو کار می کردند و متشکل از اهرم، و یا در مورد اهرام متشکل از سطوح شیب دار بود، بالا کشیده می شد.

بومیان استرالیا از ماشین های ساده سود می بردند، ولی نه برای ساختن بناهای یادبود مجلل، بلکه از شناختی که از نیروها و ماشین ها داشتند در شکار کمک می گرفتند.

### نیزه انداز

با این که گروه های مختلفی از بومیان، از طراحی یکسانی برای نیزه اندازهای خود استفاده می کردند، نام و شکل این وسیله از جایی به جای دیگر متفاوت بود. نیزه انداز، که در نیوساوت ویلز آن را با نام *وومِرا* (وومِرا / وامار) می شناختند، وسیله بسیار مؤثری برای سرعت دادن به نیزه بود؛ از این طریق که زمان تأثیر نیروی پرتاب کننده را بر نیزه افزایش می داد. نیزه اندازها بسته به این که در کجا شکل گرفتند، شکل های مختلفی دارند. اصلاح کردن شکل نیزه انداز آن را قادر می سازد که برای اهداف دیگر هم مورد استفاده قرار گیرد، نظیر بیلچه و تبر.

نیزه اندازها معمولاً از تکه چوبی ساخته می شدند که به دقت به شکلی طراحی شده بود که بشود در یک دست نگهش داشت. در انتهای دیگرش میخِ قلابمانندی بود که از استخوان یا سنگ ساخته می شد. این میخِ قلابمانند در سوراخی که در انتهای نیزه وجود داشت فرو می رفت و بعد به عنوان امتداد بازوی مرد پرتاب کننده، عمل می کرد.

نیزه انداز برای پرتاب نیزه از دو اهرم بهره می برد. هر دو اهرم به عنوان بزرگ کننده سرعت عمل می کنند و سرعت حرکت نیزه را در مقایسه با دست و بازوی پرتاب کننده افزایش می دهند.



نیزه انداز و بومرنگ فناوری های ساده ای هستند که به وسیله بومیان استرالیایی توسعه یافته اند تا به آنها در شکار بهتر کمک کند. آنها با مشاهده دقیق و تمرین، مهارت لازم را برای ساختن آن به کار می گیرند



نیزه اندازهایی که بومیان استفاده می کنند، برای افزایش سرعت پرتاب نیزه، هنگام شکار است

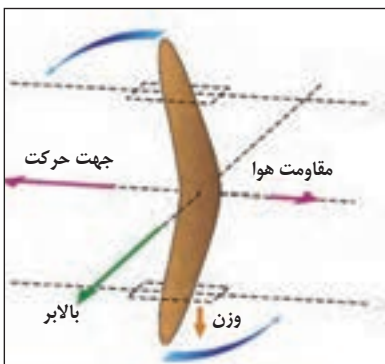


نقطه قوت دیگر نیزه‌انداز این است که نیروی وارد شده بر نیزه مستقیماً در طول محور آن عمل می‌کند و به یک پرتاب‌کننده ورزیده اجازه می‌دهد که پرتاب بسیار دقیق داشته باشد.

### چوب‌های پرتاب‌کننده بومرنگ

با این که بومرنگ را معمولاً نوعی وسیله‌ی تفریحی می‌دانند، ولی این وسیله ریشه در تکه چوبی دارد که برای شکار استفاده می‌شد. قبایل بومی مختلف، از اشکال متنوعی از چوب‌های بومرنگ مانند استفاده می‌کردند.

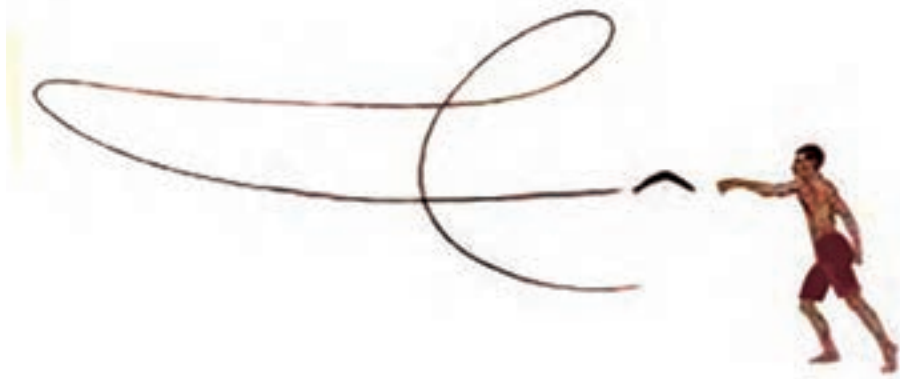
### چرا بومرنگ برمی‌گردد؟



بومرنگ‌ها شکل‌ها و سطوح خمیده‌ی مختلفی دارند. این باعث می‌شود وقتی پرتاب می‌شوند، مسیر پروازشان متفاوت باشد. معمولاً یکی از سطوح بومرنگ مسطح است و دیگری خمیده. این ترکیب از سطوح را **ایروفوویل** می‌نامند. وقتی ایروفوویل هوا را می‌شکافد نیروی بالابرنده‌ای ایجاد می‌کند که بومرنگ را با فشار در مسیری پیش می‌برد که سطح خمیده‌اش رو به آن است. از این منظر، بومرنگ

شبهه بال هواپیما است که وقتی حرکت می‌کند، نیروی بالابرنده‌اش آن را در جهت سطح فوقانی و خمیده بال‌ها حرکت می‌دهد. و به این ترتیب، هواپیما به سمت بالا حرکت می‌کند.

بومرنگ به هلیکوپتر نیز شباهت دارد. عمل پرتاب سبب می‌شود بومرنگ درست مثل ملخ هلیکوپتر به سرعت بچرخد. این مسئله سبب می‌شود نیروی وارده بر هر یک از دو سطح بومرنگ متفاوت باشد، که باعث تغییر زاویه بومرنگ در هوا می‌شود. این اثر ژيروسکوپ، بومرنگ را قادر می‌کند که در هوا معلق بماند و مسیر دایره‌ای شکلی را طی کند و به سمت پرتاب‌کننده‌اش بازگردد.





تحولاتی که علوم طبیعی و ریاضی در قرن‌های شانزدهم و هفدهم میلادی به خود دید، تغییراتی شگرف در دید انسان نسبت به کیهان و جایگاه او در عالم پدید آورد. علم نجوم در کانون این تحولات قرار داشت. اما با این همه، این تحولات، مثل هر انقلاب دیگری، در یک شب روی نداد، بلکه مقدمات آن از قرن‌ها پیش آماده شده بود. یعنی از یونانیان بگیرد تا، به ویژه، مسلمانان که داده‌های بسیاری از آسمان ثبت کرده، به تفسیر و نظریه‌پردازی پرداخته بودند، همه در آغاز آن انقلاب علمی سهمی انکار ناپذیر داشته‌اند.

### علم نجوم در گذر تاریخ

شاید برخی نیکولاس کپرنیکوس<sup>۱</sup> را آغاز کننده این تحولات انقلابی در نجوم جدید آن عصر می‌دانند. چون برخلاف پیشینیان که زمین را مرکز عالم می‌دانستند، او دریافت که خورشید می‌تواند در مرکز عالم باشد. اما وی هم‌چنان در بسیاری از مبانی علمی، متکی به نجوم بطلمیوسی و دوره اسلامی بود. مثلاً وی گرویت زمین و روش محاسبات علمی و رصد سیارات را از بطلمیوس<sup>۲</sup> و منجمان تمدن اسلامی، آموخته بود.

۱- Nicolaus Copernicus او در سال ۱۴۷۳ میلادی متولد شد و در سال ۱۵۴۳ درگذشت.

۲- کلاودیوس بطلمیوس (۹۰-۱۶۸ میلادی): یکی از فیلسوفان و اخترشناسان یونان باستان بود که به احتمال زیاد در اسکندریه واقع در مصر می‌زیست. وی الگویی را برای کیهان شناخته شده روزگار خود، که همان منظومه خورشیدی ماست، ارائه کرد که در آن زمین در مرکز گیتی قرار داشت و خورشید و ماه و بقیه سیارات به دورش می‌چرخید.

حال می‌خواهیم در بخشی کوچک از این تاریخ پرفراز و نشیب با دلایل منجمان قدیم دربارهٔ کروی بودن زمین آشنا شویم.

## زمین کروی

زمین آرام و مهربان ما که هم‌چون فرشی زیر پایمان گسترده شده است، پیش از آن که به موضوع پژوهش‌های خشک علمی مبدل شود، در اسطوره‌های فرهنگ‌های مختلف نقشی درخور توجه داشت و در بعضی اسطوره‌ها نقش خدایِ مادر را بازی می‌کرد.

... و آن زمینِ مسطح و ساکن، هر چند با فراز و نشیب‌هایی در چپستی‌اش همراه بود، اما تا پیش از ظهور انقلاب علمی به زندگی اسطوره‌ای خود ادامه داد.

کرویت زمین در بسیاری از متون علمی و حتی فلسفی یونان باستان خود را نشان می‌دهد. گویا اولین بار فیثاغورسیان بوده‌اند که کرویت زمین را با مشاهدهٔ سایهٔ دایره‌ای شکل بر روی ماه در زمان خسوف، فهمیده بودند.

## فعالیت‌های عملی

آیا سایه هر شکل مانند خودش است؟

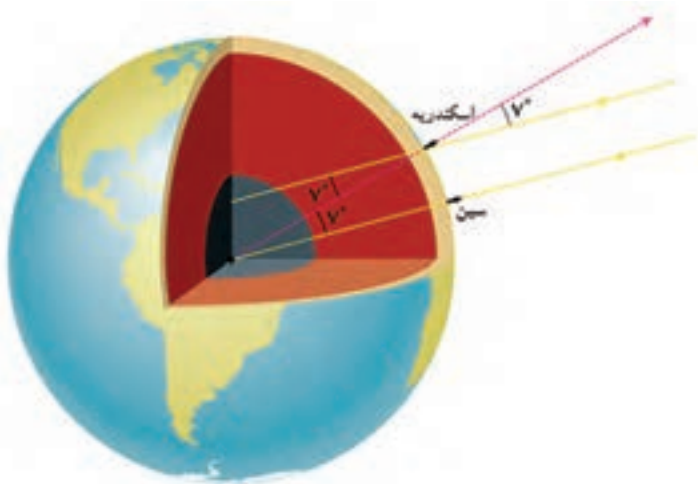
آیا می‌توانید با کمک یک منبع نور از یک جسم تخت و مسطح سایه‌ای دایره‌وار روی پرده ایجاد کنید؟

● با کمک یک منبع نور شکل سایهٔ اجسام مختلف را بر روی یک پرده بررسی کنید.

ارسطو نیز در کتاب «در آسمان» بر اساس فلسفهٔ طبیعی، کرویت زمین را «اثبات» کرد. البته این نوع اثبات بیشتر از آن که بر مشاهده استوار باشد، بر اساس قوانین فیزیکی موجود در فلسفهٔ طبیعی ارسطو بود.

بعدها در دوران هلنی<sup>۳</sup> مآبی دانشمندان حتی شعاع زمین را با دقت خیلی خوبی اندازه گرفتند. ریاضی‌دانی به نام اراتستن (۲۷۶-۱۹۵ ق.م) نه تنها کرویت زمین، بلکه شعاع آن را نیز اندازه گرفت. وی متوجه شد که در یک روز خاص از تابستان، که خورشید بیشترین ارتفاع را در شهر اسکندریه پیدا می‌کند، اما هم‌چنان مایل می‌تابد، در شهری دیگر به نام سین که در جنوب اسکندریه قرار دارد، خورشید چنان عمود می‌تابد که تهِ چاه‌ها را می‌توان دید. اراتستن نتیجه گرفت که سطح زمین انحنا دارد، و می‌توان از روی تفاوت زاویهٔ خورشید با افق این دو شهر، شعاع این انحنا را بدست آورد.

۳- دوران هلنی از لشکرکشی‌های اسکندر به شرق آغاز می‌شود و از او تا استقرار سلطهٔ روم تا آسیای صغیر و مصر به طول می‌انجامد (از قرن سوم قبل از میلاد تا اول میلادی). با درآمیختگی تمدن شرق و غرب (یونان و خاورمیانه) این دوران هر روز شکوفاتر می‌گردد. برای نخستین بار یک تاریخ‌دان الهانی در سال ۱۸۳۶ میلادی واژهٔ «هلنیسم» را بکار برد و پس از آن این نام به دوره‌ای از تاریخ سیاسی و فرهنگی و هنری یونان که مشخصهٔ آن پدید آمدن دولت‌ها در مناطق امپراتوری یونان پس از مرگ اسکندر بود، اطلاق گردید. این دوره از سال ۳۳۰ پیش از میلاد تا سال ۲۷ پیش از میلاد حضرت مسیح تداوم یافت.



همان‌طور که در شکل می‌بینید شعاع‌های نوری از خورشید به صورت موازی به دو شهر اسکندریه و سین می‌رسند، ولی در سین عمود بر سطح زمین و در اسکندریه با ۷ درجه انحراف. بنابراین زمین کروی است و می‌توان شعاع آن را با دانستن فاصله بین دو شهر و روابط هندسی محاسبه کرد. مقداری که وی برای محیط زمین به دست آورد نزدیک به ۴۰,۲۳۳ کیلومتر بود. اکنون می‌دانیم محیط نصف النهاری زمین نزدیک به ۴۰,۰۰۸ کیلومتر است.

همان‌گونه که می‌بینید این روش نه تنها دقت بالایی دارد، بلکه کاملاً بر اساس مشاهدات کمی (مشاهدات قابل ثبت، تکرارپذیر و اندازه‌گیری که اساس علم تجربی است) و اصول همه فهم هندسی بنا شده است. این سطح از نبوغ فکری با ترجمه متون یونانی به عربی<sup>۴</sup>، شدیداً مورد استقبال علاقه‌مندان به علم در دوره اسلامی قرار گرفت. احتمالاً همین موضوع کمک کرد تا عقلانیت مبتنی بر تجربه و ریاضیات به طور گسترده مورد پذیرش مسلمانان که به کسب علم توصیه شده بودند، قرار گیرد. این علاقه و شیفتگی به علوم تا حدی بود که برخی از فرقه‌های اسلامی مانند متکلمان اشعری نیز نمی‌توانستند به حقانیت بخش‌های ریاضی و مشاهداتی نجوم اعتراضی داشته باشند. به عنوان نمونه غزالی با تمام حمله‌هایی که به وجود افلاک و ماهیت آنها می‌کند و استدلال‌های مربوط به آنها را سست می‌داند، ولی می‌پذیرد که پدیده‌هایی چون کسوف و خسوف، کرویت زمین و ... که توسط ریاضیات و هندسه اثبات شده، واقعیت دارند و با ظاهر شرع نیز تعارضی ندارند. بنابراین کرویت زمین مفهومی بود که به طور گسترده در میان اقشار مختلف علمی و فلسفی و

۴- در سال ۱۴۱ هجری قمری، در زمان منصور خلیفه دوم عباسی و به راهنمایی خالد بن برمک ایرانی، نقشه بغداد را مهندسان ایرانی طراحی کردند و آن را نزدیک یکی از آبادی‌های قدیم ایران به نام بغداد، به معنای شهر خدا، ساختند. برمکیان آیین کشورداری را همراه خود به بغداد بردند و پایه‌های تمدن اسلامی را بنیان نهادند. بغداد در زمان هارون الرشید به اوج شکوفایی خود رسید. هارون علاوه بر دعوت از دانشمندان، به گردآوری و ترجمه کتاب‌های خطی از زبان یونانی، سریانی و پهلوی به عربی فرمان داد.

پس از هارون، پسرش مأمون، بیت‌الحکمه (خانه دانش) بغداد را بنیان نهاد و به ساختن رصدخانه فرمان داد. این کارها باعث جذب دانشمندان از جای‌جای جهان به سوی بغداد و رونق گرفتن آموزش و پژوهش شد. نتیجه این فعالیت‌ها شکوفایی فعالیت‌های علمی و آموزشی در قرن سوم و چهارم هجری شد که از آن با عنوان «عصر طلایی اسلام» یاد می‌شود.

کلامی مورد قبول واقع شد. تا حدی که مفسرین در تفسیر آیات ارض و سماء و فقها در استخراج احکام رؤیت هلال ماه این اصل را مسلم می‌پنداشتند. در حالی که در آیات و روایات اسلامی به کروی یا مسطح بودن زمین اشاره‌ای آشکار نشده است.

در این میان منجمان مسلمان مباحث مرتبط با کروی بودن زمین را مورد بررسی و کنکاش بیشتری قرار دادند. در قرن سوم هجری برای اولین بار در دوره اسلامی، منجمان به اندازه‌گیری محیط زمین پرداختند. گروهی از منجمان به فرمان مأمون، خلیفه عباسی، با پیاده روی در بیابان و رصد تغییرات ارتفاع ستارگان، محیط زمین را ۴۰۲۴۹ کیلومتر به دست آوردند.

ابوریحان بیرونی<sup>۵</sup> منجم قرن پنجم هجری روشی ساده‌تر برای اندازه‌گیری شعاع کره زمین پیشنهاد داد. داده اولیه برای این محاسبه، به جای فاصله بین دو شهر، ارتفاع یک کوه بود. روش وی در این کار بسیار قابل تحسین است:

زمانی که خورشید در حال غروب است و آخرین شعاع‌های نور خورشید به چشم شما می‌رسد و سپس کاملاً در زیر افق محو می‌شود، می‌توانید دوباره غروب خورشید را ببینید. برای این کار کافی است، بعد از اینکه آخرین نقطه از قرص خورشید غروب کرد، سریعاً از جای خود برخیزید! در این صورت دوباره لبه خورشید را خواهید دید که هنوز در زیر افق پنهان نشده است. این پدیده بدین علت روی می‌دهد که بعد از پنهان شدن خورشید در پشت افق، به دلیل کرویت زمین، هنوز خطی که از خورشید می‌آید و بر زمین مماس می‌شود، اگر شما ایستاده باشید، ممکن است به چشم شما برسد و شما دوباره شاهد غروب قسمت‌های بالایی قرص خورشید باشید.

ابوریحان بیرونی از همین پدیده استفاده کرد. ولی به جای اینکه از ارتفاع قد خودش استفاده کند، ارتفاع یک کوه را به کار گرفت. اگر زمین مسطح بود، غروب خورشید در تمام نقاط زمین و با هر ارتفاعی در یک لحظه روی می‌داد. اما به دلیل کرویت زمین، اگر غروب خورشید در سطح زمین روی دهد، برای ساکنین نوک کوه‌ها چند دقیقه دیرتر رخ خواهد داد. در واقع همیشه بعد از غروب خورشید می‌توان دید که نوک قله‌های مجاور هنوز روشن است. بیرونی با دانستن ارتفاع یک کوه در محل اقامتش، و رصد این پدیده شعاع کره زمین را با دقت خوبی به دست آورد.

## فعالیت‌های عملی

**?** زمان طلوع و غروب خورشید را در شهرهای مختلف به دست آورید.

**?** با مقایسه زمان طلوع و یا غروب خورشید در شهرها با عرض جغرافیایی چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

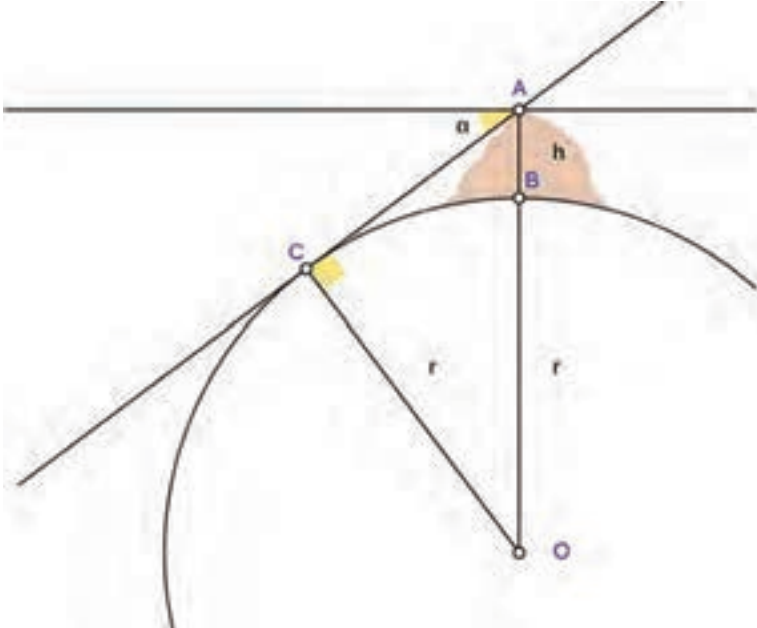
**?** در شهرهای ساحلی علت اختلاف زمان طلوع یا غروب خورشید چیست؟

۵- ابوریحان محمد بن احمد بیرونی در سال ۳۵۲ خورشیدی در خوارزم به دنیا آمد و در سال ۴۲۷ در غزنین درگذشت. وی دانشمندی ریاضی‌دان، ستاره‌شناس، تقویم‌شناس، انسان‌شناس، هندشناس و تاریخ‌نگار بزرگ ایرانی قرون چهارم و پنجم هجری است. بیرونی را بزرگ‌ترین دانشمند مسلمان و یکی از بزرگ‌ترین دانشمندان ایرانی در همه اعصار می‌دانند. همچنین او را پدر انسان‌شناسی و هندشناسی می‌دانند. وی به زبان خوارزمی، زبان فارسی، زبان عربی و زبان سانسکریت مسلط بود و با زبان یونانی باستان، عبری توراتی و زبان سریانی آشنایی داشت. کتاب‌ها و مقاله‌های او را بیش از ۱۴۶ گزارش کرده‌اند. مهم‌ترین آثار او التنجیم در ریاضیات و نجوم، آثار الباقیه در تاریخ و جغرافیا، قانون مسعودی که نوعی دانشنامه‌است و کتاب تحقیق ماللهند درباره اوضاع این سرزمین از تاریخ و جغرافیا تا عادات و رسوم و طبقات اجتماعی آن.

چنانچه در تصویر زیر دیده می‌شود اگر ناظر در نقطه A در قلعه کوه قرار داشته باشد، با اندازه‌گیری زاویه  $\alpha$  به وسیله اسطرلاب و ارتفاع کوه  $h$ ، می‌توان شعاع زمین  $r$  را بدست آورد. این روش این مزیت را دارد که به جای اندازه‌گیری نادقیق فواصل بین شهرها، می‌توان



ارتفاع کوه را با دقت بیشتری از طریق هندسه و زاویه سنجی به دست آورد. بیرونی در کتاب قانون مسعودی، می‌گوید: «من در کوهستان‌های هند مقدار انحطاط افق را رصد کردم و طول هر درجه را تقریباً ۵۷ میل به دست آوردم و اعتمادم به رصد موصل (به فرمان مأمون) بیشتر شد.»



## فعالیت‌های عملی

❓ اگر مقداری که بیرونی برای محیط زمین بدست آورد برابر با ۴۰۴۸۵ کیلومتر باشد. شعاع زمین را چقدر به دست آورده است؟

❓ این اندازه با مقدار واقعی شعاع زمین در محل اندازه‌گیری او چقدر اختلاف دارد؟

❓ این مقدار خطا با مقدار واقعی چند درصد اختلاف دارد؟

❓ چرا اندازه‌گیری فاصله دو شهر با اندازه‌گیری ارتفاع یک کوه خطاهای متفاوتی را به دنبال دارد؟

● طول کلاس خود را چند بار با خط‌کش ۳۰ سانتی‌متری و یک بار به کمک متر بنایی اندازه‌گیری کنید.

❓ حاصل این دو تفاوتی دارد؟ چرا؟ برای کاهش این تفاوت چه راه حلی دارید؟

تا این جا تنها دربارهٔ کیهان‌شناسی علمی سخن گفتیم. بد نیست کمی هم به کیهان‌شناسی فلسفی اشاره کنیم. چرا که فلاسفه از دیدی کاملاً متفاوت به کیهان‌شناسی یا چگونگی شکل عالم نظر می‌کردند.

فلاسفه یونانی از جمله فیلسوف مشهور آن دوره، ارسطو، در آثار فلسفی خود از جمله «درآسمان» به بحث کرویت زمین پرداخت. فلاسفه از طریقی کاملاً متفاوت با ریاضی‌دانان کروی بودن زمین را اثبات می‌کردند. آنها به جای استفاده از مشاهدات و استدلال‌های هندسی، کروی بودن زمین را بر اساس علت‌های طبیعی بیان می‌کردند. مثلاً ارسطو بحث می‌کند که زمین باید کروی باشد، چون زمین در مرکز عالم قرار دارد و تمایل اجسام برای حرکت به سمت مرکز عالم با هم برابر است. در نتیجه تمامی اجزای زمین به یک نسبت به سمت مرکز زمین (= مرکز عالم) متمایل‌اند و به حالت تعادل می‌رسند. بنابراین زمین باید کروی باشد. ارسطو معتقد بود که معرفت حقیقی به عالم از طریق معرفت به علل روی می‌دهد.

### خوب است بدانید!

#### چارپاره - عناصر چهارگانه



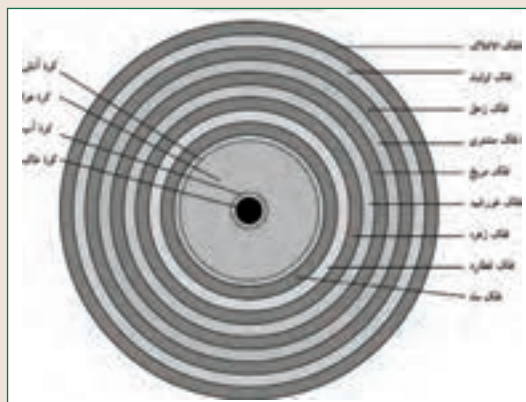
اولین مدل‌هایی که برای درک حرکت اجسام در فیزیک بنا نهاده شد را ارسطو<sup>۱</sup> (۳۸۴ ق.م. - ۳۲۲ ق.م.) بیان کرد.

در آن زمان معتقد بودند عالم (تا زیر ماه) از عناصر چهارگانهٔ خاک (زمین)، آب (دریاها و اقیانوس‌ها)، هوا (جو) و آتش ساخته شده است. این عناصر به صورت کراتی در پیرامون مرکز عالم هستند. معمولاً در تمام آثار هیئت تمدن اسلامی شکل کلی عالم به صورت دوایر تو در تو که در شکل بعد دیده می‌شود، نمایش داده می‌شد. ارسطو موجودات عالم را بر اساس سبکی و سنگینی

تقسیم کرد. طبق طبیعیات ارسطویی اجسام سنگین اجسامی هستند که از آب یا خاک ساخته شده‌اند و حرکت طبیعی آنها در مسیر مستقیم به سمت مرکز عالم است. اجسام سبک اجسامی هستند که از هوا یا آتش ساخته شده‌اند و حرکت طبیعی آنها به سمت محیط عالم است. آتش به طور طبیعی به سمت بالا حرکت می‌کند و سنگ به طور طبیعی به سمت مرکز عالم که منطبق بر مرکز زمین است، سقوط می‌کند. اجسام زمینی، حتی حیوانات و

۱- او در سن هجده سالگی به آکادمی افلاطون راه یافت و به مدت بیست سال در مکتب افلاطون کسب دانش کرد و آموزگار اسکندر مقدونی بود. تالیفات او در زمینه‌ها و رشته‌های گوناگون من جمله فیزیک، متافیزیک، شعر، زیست‌شناسی، منطق، علم بیان، سیاست، دولت و اخلاق بوده‌اند. ارسطو به همراه سقراط و افلاطون از تأثیرگذارترین و بزرگترین فیلسوفان یونان باستان بوده‌است.

گیاهان، از همین چهار عنصر آب، آتش، خاک و هوا ساخته شده‌اند.



به طور خلاصه او می‌گفت: «اجسام از چهار عنصر خاک، آب، باد، آتش تشکیل شده است. طبیعت هر جسم را این عناصر یا ترکیبی از آنها می‌سازد. اجسام بنا به طبیعت خود تمایل دارند به جایگاه خود برسند. یک تکه سنگ را اگر رها کنیم به زمین می‌افتد، زیرا سنگ از خاک تشکیل شده و تمایل دارد به جایگاه طبیعی‌اش خاک - که در این‌جا زمین است- برگردد. این که چرا دود ناشی از آتش به هوا می‌رود را همین‌گونه تفسیر می‌کردند. دود را از آتش می‌دانستند بنابراین دود تمایل دارد به جایگاه اصلی خود آتش (به بالا) برود.»

ارسطو دربارهٔ سقوط اجسام می‌گفت که هر چه جسم سنگین‌تر باشد سریع‌تر سقوط می‌کند بنابر این اگر فیل و پری را با هم رها کنیم، فیل برای رسیدن به زمین (طبیعتش) عجلهٔ بیشتری دارد چون سنگین‌تر است. از طرفی بخشی از پر را هوا تشکیل داده برای همین هم سبک است اما چون بیشتر طبیعتش از خاک است بالاخره به زمین می‌رسد اما با تندی کمتر.

به نظر شما کدام یک زودتر سقوط می‌کند؟ چرا؟



ارسطو اعتقاد داشت حرکت همهٔ اجسام بر روی زمین مستقیم است یا رو به بالا یا رو به پایین.

اما نوع دیگری حرکت هم بود که مستقیم نبود، حرکت اجرام آسمانی. آنها در مدارهای دایره‌ای یا منحنی‌هایی حرکت می‌کردند. ویژگی حرکت اجرام آسمانی تکرار شدن آنها بود، گویی انتها و ابتدایی ندارند. بنابراین ارسطو ادعا کرد در آسمان اتفاق دیگری حکم‌فرماست که مانند زمین



نیست. او می‌گفت اجرام آسمانی از ماده پنجمی به نام ائیر (آتر) ساخته شده‌اند و هیچ عنصر دیگری در آنها راه ندارد. اجسام زمینی می‌توانند به هم تبدیل شوند، ولی افلاک که از عنصر پنجم ساخته شده‌اند، دارای هیچ ناخالصی‌ای نیستند و تغییر و تحولی در آنها راه ندارد. افلاک و ستارگان هیچ‌گاه متراکم تر یا رقیق تر از آنچه هستند نمی‌شوند. آنها هیچ‌گاه نه بزرگ و کوچک می‌شوند، نه شکافته می‌شوند و نه به هم می‌چسبند. در حقیقت هرگونه تغییری به جز حرکت دورانی برای افلاک ناممکن است.

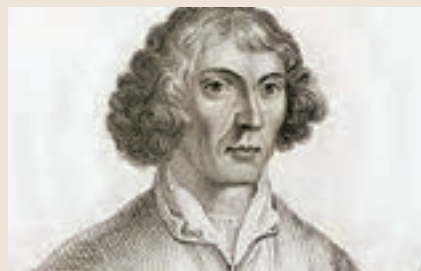
### ● آنها اجرام آسمانی را به شکل کره‌های کاملی می‌دانستند که تغییری در آنها رخ نمی‌دهد. آیا می‌توانید بگویید آنها برای تغییراتی که در ماه دیده می‌شود چه توجیهی داشتند؟

ارسطو استدلال می‌کرد که اجسام همگی تمایل دارند ساکن باشند، البته آسمانی‌ها که از عنصر پنجمی ساخته شده‌اند از این قاعده مستثنی بودند. او می‌گفت برای همین هم هست که اگر توپی را روی زمین رها کنیم بالاخره می‌ایستد. اما او به نوع دیگری از حرکت معتقد بود که به آن حرکت قسری (در برابر واژه طبیعی) می‌گوییم. وقتی شما به توپی لگد می‌زنید یا ماشین‌تان را هل می‌دهید یا در بازی دوست‌تان را به سمت خود می‌کشید، حرکتی را به جسم دیگری تحمیل می‌کنید که بر خلاف طبیعتش است.

خوب! ممکن است بخواهید از جناب ارسطو پرسشی داشته باشید: چرا وقتی توپم را با دست پرتاب می‌کنم با رها شدن از دستم باز هم می‌رود اما نه مستقیم.

جناب ارسطو هم می‌فرمایند اگر منظورتان این است که عامل حرکت توپ پس از رها شدن از دست شما چیست؟ باید بگوییم توپ هوا را می‌شکافتد و موجب می‌شود پشت توپ خلاء ایجاد شود هوا به آن سمت هجوم می‌آورد و توپ را به جلو هل می‌دهد! شاید این حرف‌ها و این نوع مدل اکنون برای شما کودکانه و باورپذیر نباشد. اما تا ۲۰۰۰ سال چیزی نتوانست آن را نقض کند و یا بهتر از آن پاسخ‌گوی پدیده‌های طبیعت ما باشد.

بنابر این باور زمین به این بزرگی، برای حرکت کردن نیرویی بسیار زیاد لازم دارد، نیرویی



که مافوق تصور است، پس جای زمین مناسب است و حرکتی ندارد!

سرانجام در سال ۱۵۴۳ و در روز مرگ نیکولاس کپرنیک کتابی از او چاپ شد به نام «چرخش فلک‌های آسمانی» که در آن او استدلال کرده بود با چرخیدن زمین و دیگر سیاره‌ها و ستاره‌ها

به دور خورشید تحلیل و توجیه پدیده‌های جوی آسان‌تر و ساده‌تر هستند.



او هم از تنبیه کلیسا می‌ترسید و دوست نداشت، آخر عمری گرفتار مجازات و زندان و اعدام و ... شود. هم این‌که خودش هم ته دلش تردیدی به کشفش داشت، چرا که هنوز نیوتن و چهارچوب گرانشی‌اش از راه نرسیده بودند و کشف او با مدل‌های روزش جمع‌پذیر نبود...

تا این‌که صد سال بعد، ایزاک نیوتن (۱۶۴۲-۱۷۲۷ میلادی) توانست با مدل گرانشی خود، درستی گفته‌های کپرنیک را هم اثبات کند و هم مدلی جدید به جای عناصر اربعه - خاک، باد، آتش و باد - بنا کند.

## ■ فعالیت‌های عملی | .....

● دو تا سه پدیده‌ای را پیدا کنید که با مدل ارسطویی نمی‌توان به آن پاسخ قابل قبولی داد.

؟ آنها را در کلاس درس به بحث بگذارید.

؟ آیا پدیده‌های درستی را انتخاب کردید؟

؟ مثلاً اگر دو گلوله پارچه‌ای یک شکل را، به نفت یا الکل آغشته کنیم و یکی را آتش بزنیم و هر دو را رها کنیم آیا باید با هم سقوط کنند؟ نظر شما چیست جناب افلاطون؟!

این دو نوع دیدگاه بین فلاسفه و منجمان با این‌که به یک نتیجه یک‌سان می‌رسید نشان‌دهنده دو روش متفاوت در مطالعه طبیعت بود. گاهی فلاسفه روش‌های منجمان ریاضیدان را نقد می‌کردند و گاهی برعکس.

حتی گاهی دانشمندانی پیدا می‌شدند که با دیدگاهی باریک‌اندیشانه به نقد و بررسی هر دو روش می‌پرداختند. قطب‌الدین شیرازی منجم قرن هفتم هجری، در آثار نجومی خود روش هندسی ریاضی‌دانان و روش طبیعی فلاسفه را مورد نقد قرار داده است. وی در کتاب اختیارات مظفری، معتقد است تمام رصدهایی که تا به حال برای اثبات کروی بودن زمین انجام گرفته است، در روی خشکی‌های شناخته شده زمین بوده، که تنها یک ربع از سطح زمین را فرا گرفته است. تا به حال هیچ کسی به سمت دیگر زمین نرفته و از آن‌جا به رصد نپرداخته تا بداند آیا سطح آن طرف زمین نیز مستدیر و کروی است یا نه. بنابراین ما هیچ معرفتی از نظر هندسی و رصدی نسبت به شکل سطح زمین در نقاط دیگر زمین نداریم و نمی‌توانیم از این نظر مطمئن باشیم که زمین کاملاً کروی است. شاید طرف دیگر زمین مربعی باشد!

شیرازی انتقادات خود را خطاب به طبیعی‌دان‌ها نیز پی می‌گیرد. همان‌طور که گفته شد فلاسفه طبیعی، تمایل طبیعی اجزای زمین را به سمت مرکز عالم، علت کرویت زمین می‌دانستند. ولی شیرازی با توجه به دانش کانی‌شناسی و اختلاف چگالی مواد و کانی‌های مختلف و اختلاف آنها در تخلخل این استدلال را نیز مورد نقد قرار می‌دهد. وی می‌گوید درست است که همه اجزای زمین به سمت مرکز تمایل دارند ولی احتمال دارد بخش کوچکی از زمین که چگالی بالایی دارد با بخش بزرگی از زمین که چگالی کمی دارد، در تمایل به سمت مرکز عالم به تعادل برسند. منظور شیرازی این است که امکان دارد زمین کروی نباشد بلکه مثلاً سیب‌زمینی شکل باشد، ولی تمایل طبیعی اجزای آن به سمت مرکز، به تعادل رسیده باشد.

این نوع استدلال بسیار قابل توجه و در نوع خود پیشرفته به حساب می‌آمده است. چرا که تا آن زمان به این اندازه بر مشاهده (عنصر و اصل اساسی در علم تجربی) پافشاری نشده بود. در واقع اصل کلام شیرازی این است که باید هر نظریه‌ای بر اساس شواهد و مدارک و مبتنی بر تجربه بیان شود. از سوی دیگر یافته‌های پیشین (به عنوان نمونه علم او از خواص مواد) نیز باید پاسخ‌گوی نظریه زمین کروی باشد، که با استدلال او می‌تواند چنین نباشد، پس باید رفت و دید.

قطب الدین شیرازی:  
شاید زمین کروی نباشد ولی ما در  
قسمتی از آن زندگی می‌کنیم که  
شبهه کره است!



پس نباید انتقادات شیرازی را در جهت تخریب علوم نجومی و طبیعی دانست. چرا که این انتقادات از روح دقیق و کنجکاوانه نجوم دوره اسلامی سربرآورده است، و بیش از آنکه مخرب باشند، رشد دهنده‌اند.

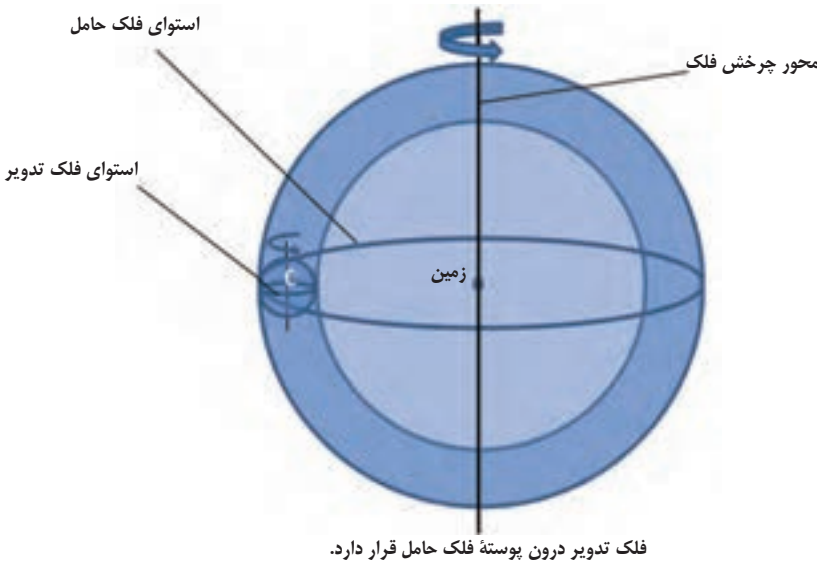
با این‌که در منابع تاریخ علم به طور صریح مشخص شده است که کرویت زمین مفهومی بوده است که قرن‌ها پیش از انقلاب علمی قرن هفدهم میلادی دانسته شده بود، ولی هنوز در تصور عموم درباره بعضی از سردمداران انقلاب علمی مانند گالیله این تصور وجود دارد که ایشان نخستین کاشف کرویت زمین بودند! در حالی که آنچه این دانشمندان بر آن تأکید داشتند مرکزیت خورشید در عالم و حرکت زمین به دور آن بود، مباحثی که تا پیش از این در نجوم یونانی و اسلامی به دلیل نبود شواهد کافی مردود اعلام شده بود. کپرنیک اولین کسی بود که شواهد بهتری برای مرکزیت خورشید آورد، ولی همان‌طور که گفتیم کپرنیک خیلی چیزها از منجمان قدیم یاد گرفته بود. مثلاً وی علاوه بر کرویت زمین، روش محاسبات نجومی و نظریه حرکات سیارات را از بطلمیوس و منجمان اسلامی فراگرفته بود.

بیشتر دانشمندان کیهان‌شناس پیش از کپرنیک معتقد بودند سیارات و ستارگان به وسیلهٔ اجسام کروی جامدی به نام «فلک» به دور خود می‌گردند و سیارات و ستارگان را با خود می‌گردانند. برای این‌که با بخشی کوچک از نظریه‌های نجومی آن دوره آشنا شویم نیاز است اول بدانیم فلک چه بوده است.

## نظریهٔ حرکات سیارات

در دورهٔ اسلامی، منجمان و دانشمندان برای این‌که حرکات پیچیده و به ظاهر نامنظم سیارات و ماه و خورشید را به یک الگوی ریاضی ساده هندسی تبدیل کنند، از مفهوم ساده ولی دقیق «فلک»<sup>۶</sup> استفاده می‌کردند. نکتهٔ مهم این‌جا است که ساده‌سازی پدیده‌های پیچیده با کمک و تکیه بر اصول سادهٔ ریاضی هدفی است که علم تا به امروز نیز دنبال می‌کند. به عبارت دیگر هرچه یک مدل فیزیکی ساده‌تر باشد از مقبولیت بیشتری برخوردار است در برابر مدلی که آن نیز هم جواب‌گوی چگونگی پدیده مورد نظر است. برای این‌که این مطلب مهم را بهتر درک کنیم بحث را پیش می‌بریم.

در نجوم باستان و نیز اسلامی افلاک نقش بسیار مهمی به عهده داشتند. «فلک» یک پوستهٔ کروی جامد نامرئی مثل شیشه دانسته می‌شد که با سرعت یکنواخت به دور خود می‌گردد و هر چه را درون ضخامت پوسته‌اش قرار داشته باشد، می‌چرخاند. اگر سیاره را درون پوستهٔ یک فلک فرض کنیم که توسط یک فلک دیگر حرکت داده می‌شود، آنگاه می‌توان حرکت نایکنواخت و بعضاً بازگستی سیارات را توضیح داد، بدین‌گونه که این افلاک با سرعت‌ها، اندازه‌ها و موقعیت‌های مختلف هم‌دیگر را بچرخانند و حرکات نامنظم سیارات را ایجاد کنند. در شکل زیر یک فلک حامل که یک فلک تدویر را در پوستهٔ خود دارد دیده می‌شود.

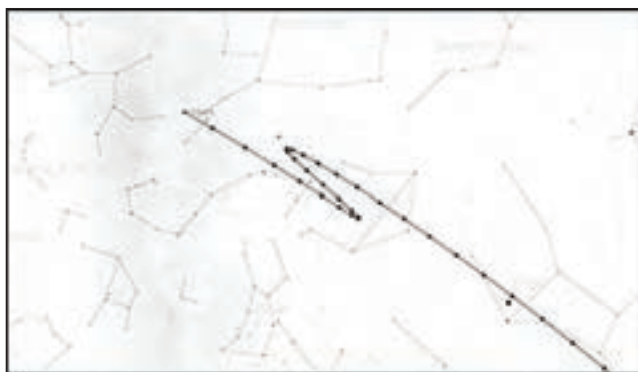


۶- در واقع ما فلک را یک مدل علمی برای توجیه آنچه دیده شده است می‌دانیم. مدل‌های علمی تلاش دارند تا پدیده‌های مشاهده شده را توجیه و تفسیر کنند. شاید بتوان گفت مدل خلاصه‌ای از واقعیت مشاهده شده است. به بیان دیگر، نمایش فیزیکی یک شیء یا سیستم (سامانه) را هم (از یک دیدگاه و نگاه خاص) مدل می‌نامند. مدل‌ها، انواع گوناگون داشته (مثل مدل فیزیکی، مدل ریاضی، مدل آماری، مدل گرافیکی، نرم‌افزاری، و ...) و کاربردهای حیاتی متنوع و فراوانی در همه زمینه‌های علوم و فن‌آوری دارند. تبدیل یک مفهوم، به زبان تصویر یا ریاضی، نوعی از مدل‌سازی است.

«فلک» مانند هر مفهوم علمی دیگری یک موجود غیرقابل مشاهده است که دانشمندان با فرض آن می‌توانستند پدیده‌های مشاهده‌پذیر را توضیح دهند. به عبارت دیگر فلک مدلی بوده است برای توجیه اتفاقات و پدیده‌های نجومی. مدل مشهوری که شما به احتمال زیاد آن را می‌شناسید، مدل منظومه شمسی برای ساختار اتمی است که در آن پروتون را در مرکز منظومه، مانند خورشید و الکترون‌ها را هم‌چون سیارات به دور آن می‌پنداشتند.

از این منظر فلک در کنار دیگر موجودات مشاهده‌ناپذیر علمی مثل الکترون، ژن، نیروی گرانش و ... قرار می‌گیرد که نقش توضیحی آنها معلوم می‌کند که آیا باید وجودشان را پذیرفت یا خیر. مثلاً نیروی گرانش موجودی است که علی‌الاصول مشاهده‌ناپذیر است، اما نیوتن نشان داد که با فرض آن می‌توان سقوط اجسام به سمت زمین چرخش سیارات را توضیح داد، بنابراین دانشمندان وجود این نیرو را پذیرفتند. البته نیوتن چارچوب دقیق‌تری از گرانش بیان کرد که خارج از حوصله بحث ماست.<sup>۷</sup>

اما تا پیش از قرن هفدهم میلادی (دهم هجری) از کشف نیروی گرانش نیوتنی (و در واقع چارچوب امروزی آن) خبری نبود و نظریهٔ دیگری بود که علت سقوط اجسام به سمت زمین را توضیح می‌داد. بنابراین برای توضیح حرکت نایکنواخت سیارات نیاز به نظریه‌ای بود که بتواند رصدهای دقیق آن روزگار را توضیح دهد. افلاک ساده‌ترین موجودات فیزیکی (مدل فیزیکی) بودند که می‌توانست این حرکات را توضیح دهند، دانشمندان ستاره‌شناس با تسلط بر خواص هندسی دایره‌ها و کره‌ها، می‌توانستند هر گونه برهان و محاسبه‌ای را بر اساس این اشکال انجام دهند.



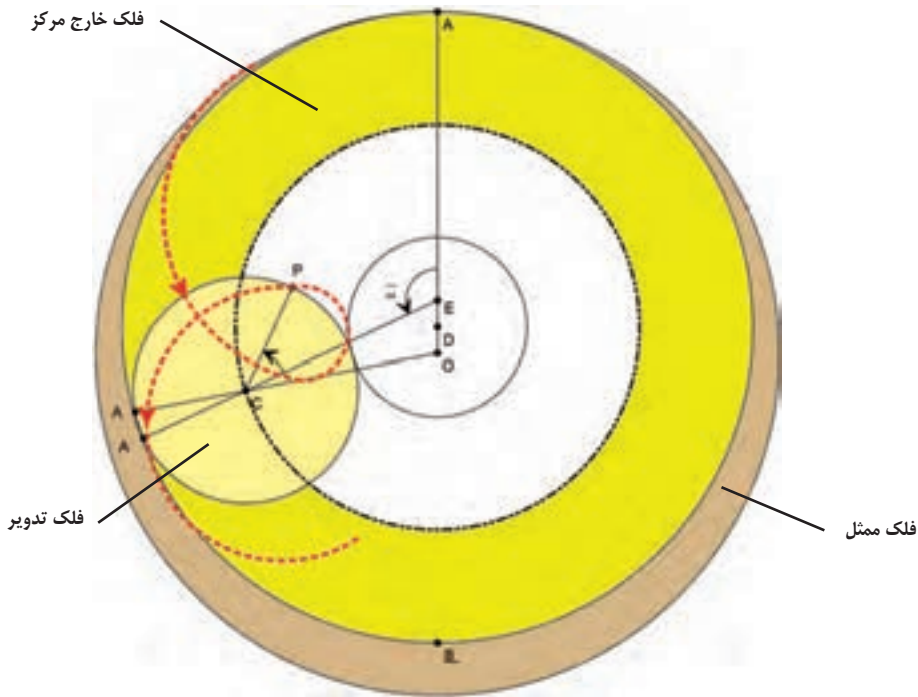
حرکت بازگشتی مریخ در آسمان

بطلمیوس، نشان داد که برای توضیح ناهنجاری‌های حرکتی سیارات می‌توان از ترکیبی از فلک‌ها استفاده کرد و مدل‌های فلکی خود را در کتاب مجسطی عرضه کرد. مثلاً سیارات خارجی، یعنی مریخ، مشتری و زحل، علاوه بر حرکت روزانهٔ خود از شرق به غرب و حرکت آهستهٔ خود از غرب به شرق،

۷- این که اجسام تقریباً همگی به زمین سقوط می‌کنند را همه دیده و دیده‌ایم در واقع نیوتن دریافت همه اجسام یک‌دیگر را جذب می‌کنند و اندازه این جذب یعنی میزان نیروی گرانش بین دو جرم، به عواملی هم‌چون مقدار جرم آن دو و فاصلهٔ آنها از هم بستگی دارد.

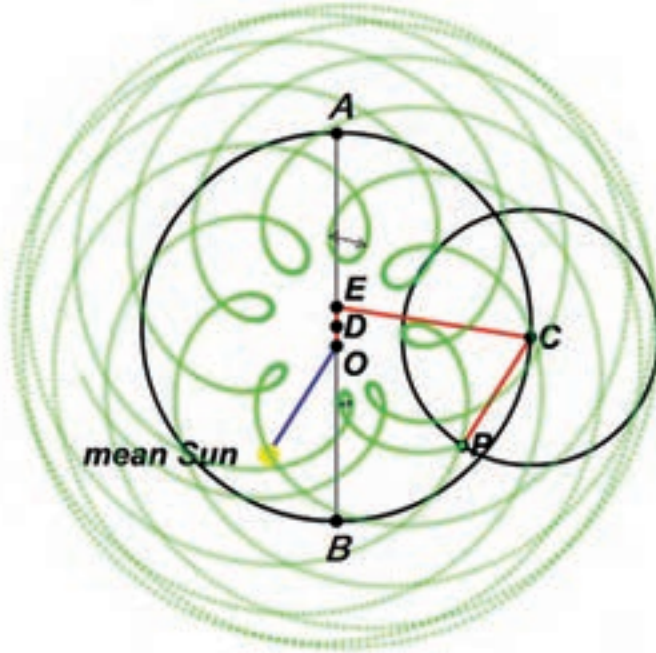
ناهنجاری‌های دیگری نیز نشان می‌دهند: (۱) حرکت بازگشتی، (۲) متغیر بودن فاصله بین حرکات بازگشتی و (۳) جابجایی نقطهٔ اوج سیاره با حرکت تقدیمی.

بطلمیوس برای توضیح این ناهنجاری‌ها از مدل خارج مرکز و مدل تدویر استفاده کرد که در شکل زیر دیده می‌شوند. در این مدل زمین در نقطهٔ  $O$  قرار دارد و سیارهٔ  $P$  توسط فلک تدویر به مرکز  $C$  در حال چرخش است، در همین حال فلک تدویر نیز توسط فلک حامل به دور مرکز  $D$  می‌چرخد. فلک تدویر حرکت بازگشتی را ایجاد می‌کند و فلک خارج مرکز باعث می‌شود که فاصلهٔ ظاهری بین حرکات بازگشتی سیاره تغییر کند. جایی که بیشترین فاصله بین حرکات بازگشتی وجود دارد نقطهٔ  $A$  و جایی که کمترین فاصله بین حرکات بازگشتی وجود دارد نقطهٔ  $B$  ضمیمه می‌شود. علاوه بر این چون همین نقاط اوج و ضمیمه نیز همراه با حرکت تقدیمی جابه‌جا می‌شوند، نیاز است که کل فلک خارج مرکز نیز توسط فلکی دیگر به مرکز  $O$  به نام فلک «مُمَثَل» گردش کند. بطلمیوس بر اساس اندازه‌گیری‌های موقعیت سیارات توانست مقدار خروج از مرکز (خط  $OD$ ) و شعاع فلک تدویر ( $CP$ ) هر کدام از سیارات را محاسبه کند و همچنین سرعت حرکت هر کدام از این افلاک را بدست بیاورد. بنابراین روش بطلمیوس روشی است مبتنی بر رصد، برهان هندسی و محاسبهٔ ریاضی.



مقطع افلاکی که به عقیدهٔ بطلمیوس می‌توانند ناهنجاری‌های حرکتی هر کدام از سیارات خارجی را توضیح دهند. مسیر نقطه چین قرمز مسیر نهایی سیارهٔ  $P$  را نشان می‌دهد.

بطلمیوس علاوه بر این یک ناهنجاری دیگر را نیز در نظر می‌گیرد: متغیر بودن مقدار بازگشت هر کدام از سیارات، یعنی بر اساس رصدها کمان بازگشت سیارات در نزدیکی نقطهٔ اوج  $A$  بزرگ‌تر و در نزدیکی نقطهٔ حضيض  $B$  کوچک‌تر است (شکل زیر)، در حالی که توقع می‌رود که این کمان در نزدیکی نقطهٔ اوج به دلیل دوری سیاره از زمین کوچکتر به نظر برسد. بطلمیوس برای توضیح این ناهنجاری فرض می‌کند که سرعت حرکت فلک خارج مرکز متغیر است و در نزدیک نقطهٔ اوج این سرعت کاهش و در نزدیکی نقطهٔ حضيض افزایش پیدا می‌کند. بدین منظور نقطه‌ای را در نظر می‌گیرد که سرعت مرکز فلک تدویر نسبت به آن نقطه یکنواخت باشد. این نقطه در نجوم دورهٔ اسلامی نقطهٔ «مُعدِّل المسیر» نامیده می‌شد که در شکل زیر با حرف  $E$  نمایش داده شده است. فلک خارج مرکز، فلک تدویر را به نحوی می‌چرخاند که سرعت زاویه‌ای خط  $EC$  به دور  $E$  همیشه یکنواخت و بدون تغییر باقی می‌ماند. در نتیجه سرعت فلک خارج مرکز زمانی که مرکز تدویر  $C$  به اوج  $A$  نزدیک می‌شود، کُندتر و زمانی که به حضيض  $B$  می‌رسد تندتر می‌شود. بنابراین همان‌طور که در شکل زیر دیده می‌شود اندازهٔ کمان بازگشت در این مدل با آنچه رصدها نشان می‌دهند انطباق پیدا می‌کند. بنابراین می‌بینیم که مدل سیاره‌ای بطلمیوس تا چه حدی نسبت به رصدها و اندازه‌گیری‌های تجربی حساس بود، زیرا بطلمیوس تلاش کرده بود در مدلش تا جایی که می‌تواند مشاهدات را دخیل کند.



مجموعهٔ حرکات بازگشتی مریخ، رصدها نشان می‌دهند که مقدار بازگشت مریخ در نزدیکی نقطهٔ اوج  $A$  بزرگتر از مقدار بازگشت در نزدیکی نقطهٔ حضيض  $B$  است.  
بطلمیوس برای توضیح این مشاهده نقطهٔ معدل المسیر را فرض می‌کند تا سرعت فلک حامل را تنظیم کند.

نکته‌ای که باید بدان توجه کرد آن است که بطلمیوس نمی‌توانست برای حرکت سیارات از چیزی به جز افلاک کروی استفاده کند، زیرا چطور می‌شد فرض کرد که سیارات به خودی خود در فضا بدون هیچ دلیلی دارای حرکات مختلف باشند، در حالی که نه نیروی گرانش شناخته شده بود و نه قانون اینرسی معلوم بود. هیچ نیروی دوربردی مثل مغناطیس نیز به اندازه کافی شناخته نشده بود که بتواند حرکات سیارات را ایجاد کند. بنابراین بطلمیوس بهترین توضیحی را که می‌توانست در روزگار خود پیدا کند عرضه داشت، یعنی استفاده از افلاکی که سیارات را با نیروی تماسی حرکت می‌دهند و تنها دارای حرکت طبیعی یکنواخت به دور خود هستند.

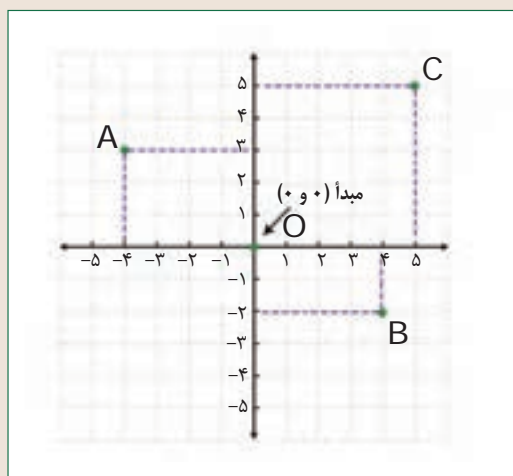
در علم هر چقدر که فرض‌های اولیه کمتر و ساده‌تری وجود داشته باشد، بهتر است. این یکی از اصول روش علمی و تفکر معقول است. این اصلی است که در تمامی پژوهش‌های علمی و فلسفی در طول تاریخ بوده است و ریشه در تفکر معقول زندگی روزمره دارد. شما اگر بتوانید علت یک اتفاق را با دو پیش فرض توضیح دهید چرا باید برای توضیح آن اتفاق ۱۰ پیش فرض را قبول کنید. بطلمیوس هم تنها چیزی که فرض کرد وجود افلاکی با شکل ساده کروی بود که با سرعت طبیعی یکنواخت به دور خود می‌چرخند. (البته نقطه معدل المسیر باعث می‌شود که سرعت فلک حامل نایکنواخت باشد و منجمان اسلامی بعدها به این موضوع با تردید نگاه کردند و در نتیجه راه‌حل‌هایی برای توجیه آن پیدا کردند.)

## خوب است بدانیم!

### همه چیزهای نسبی، حتی حرکت

کارمان را با یک مثال ساده شروع می‌کنیم. در وسط کلاس از دو نفر از دوستان خود بخواهید به فاصله یک متری پشت به هم بایستند.

حال از هر دو این سوال را بپرسید که: دیگری کجاست؟ پاسخ هر دو یکسان بود؟ چرا؟ کدام یک حرفشان درست است؟



شبهه این کار را می‌توانید بار دیگر انجام دهید. از هر کدام از دوستان‌تان که در جاهای مختلف نشسته‌اند بخواهید تا جای ممکن آدرس تخته‌پاک‌کن کلاس را بیان کنند.

هر کس آدرسی می‌دهد که با دیگری متفاوت است نه! چرا این طور است؟

به شکل‌نگاهی بیندازید:

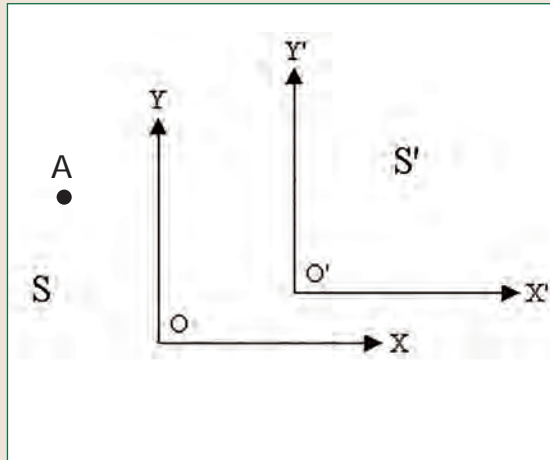
آدرس (مختصات) نقاط  $C, B, A$

چیست؟



آیا نقش نقطه  $O$  در این میان مهم است؟

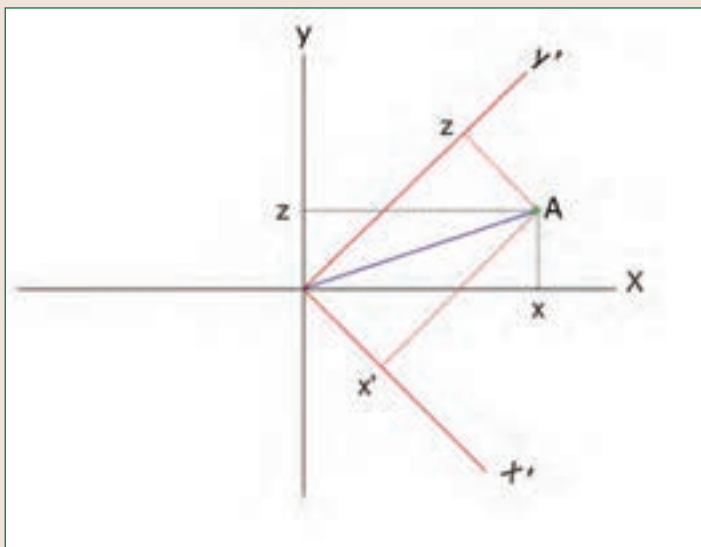
پس یک بار دیگر به شکل زیر نگاهی بیندازید. مختصات نقطه  $A$  چیست؟



حالا متوجه منظور سوال قبل شدید؟ بله اگر مختصات  $A$  را از نظر دستگاه مختصات با مرکزیت  $O$  بخواهیم بیان کنیم، جواب با آدرس دیدگاه  $O'$  متفاوت است.

اما آیا نقطه  $A$  در دو مکان است؟!

حال همان مکان نقطه  $A$  را در دو دستگاه مختصات زیر، بیان کنید:



هر دو دستگاه مختصات ما یک مبدأ دارند، اما باز هم همان آتش و کاسه می‌شود. چرا که یکی از صفحات مختصات ما نسبت به دیگری چرخیده است.

این را می‌توانید در کلاس آزمایش کنید.

چهار نفرتان در گوشه‌های یک مربع به ضلع حدود یک و نیم متری بایستید و یک نفر هم وسط مربع قرار بگیرد.

حالا هر نفر مختصات چهار نفر دیگر را گزارش کند.

از نفر وسط بخواهید حدود ۹۰ درجه بچرخد.

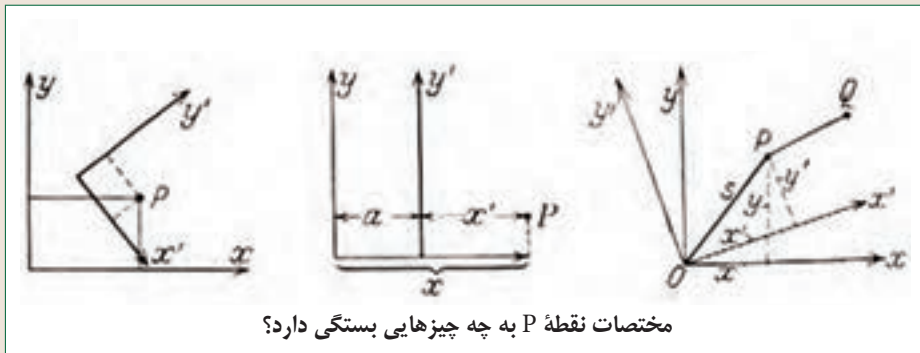
باز هم آدرس‌ها را گزارش کنید، آیا همه شما نتایج‌تان متفاوت شد؟ کدام آدرس‌ها ثابت مانده بودند؟ کدام نفر همه آدرس‌هایش تغییر کرده بود؟

حال می‌توانید باز هم این کار را تکرار کنید و از نفر وسط بخواهید یک ۹۰ درجه دیگر هم بچرخد و دوباره هر نفر آدرس چهارتای دیگرتان را گزارش کند.

کدام آدرس‌ها ثابت مانده بودند؟ کدام نفر همه آدرس‌هایش تغییر کرده بود؟

آنچه ما می‌خواهیم شما به آن برسید این است که مختصات اجسام به مبداء بستگی دارد. این که کجا را مبداء بگیریم خیلی دعوا برانگیز نیست، باید بر سر یک نقطه توافق کنیم، مهم این است که مبداء وجود داشته باشد این که کجا باشد خیلی مهم نیست.

محورهای مختصات می‌توانند نسبت به هم سه حالت داشته باشند. دو حالت را در بالا دیدیم. اما سومین حالت چگونه است؟



بله. فاصله داشته باشند، بچرخند و حرکت داشته باشند و یا ترکیبی از این سه حالت. یعنی برای نمونه هم فاصله داشته باشند و هم نسبت به هم چرخیده هم باشند.

اگر در یک اتومبیل نشسته باشید، شما بیرون را چگونه می‌بینید؟

درخت‌ها به عقب می‌روند یا شما رو به جلو؟

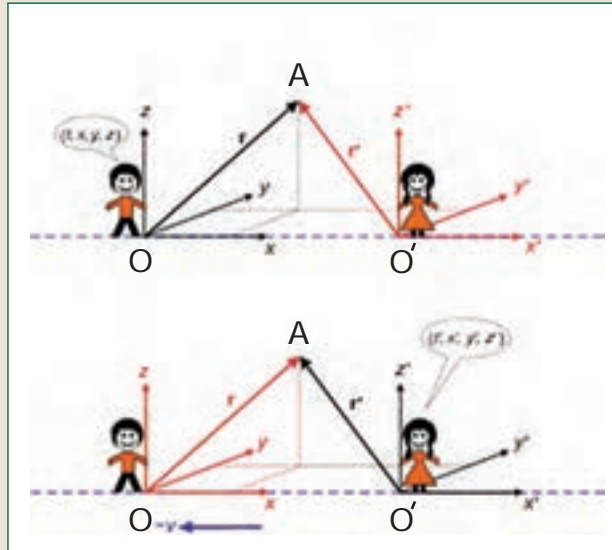
سعی کنید عقل‌تان را کنار بگذارید و فقط چشم باشید. آیا واقعا می‌توان تشخیص داد که زمین به مشتری نزدیک می‌شود یا مشتری به زمین؟

به نظر شما سرعت راننده چقدر است؟ برابر سرعت ماشین؟

اگر شیشه‌های ماشین را سیاه می‌کردیم و شما بیرون را نمی‌دیدید، باز هم می‌گفتید

راننده حرکت دارد؟

ما که می‌گوییم راننده نسبت به ما حرکتی ندارد، پس ساکن است. حالا اگر ماشین هم حرکت داشته باشد، می‌شود گفت ما هم نسبت به اطرافیان مان حرکت داشته‌ایم.

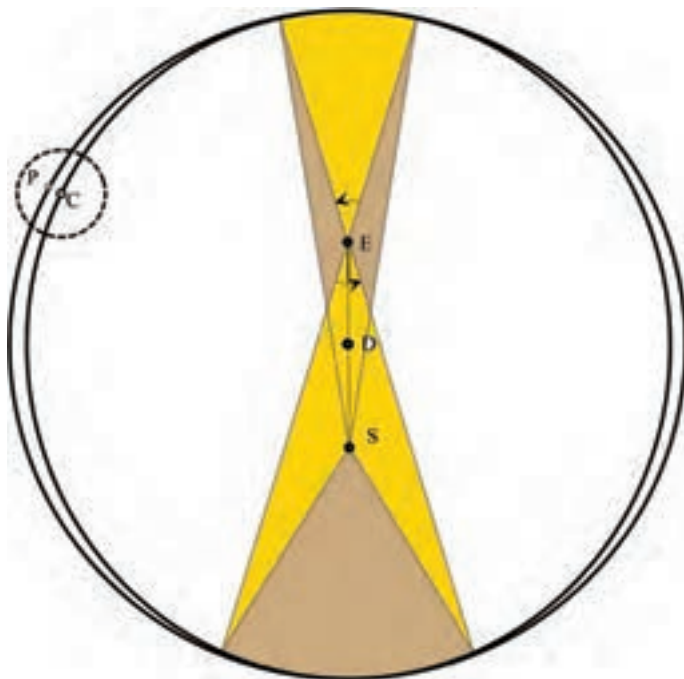


درست مانند این خواهر و برادر. یکی نقطه A را ساکن می‌بیند و دیگری که خود حرکت دارد نقطه A را در حرکت می‌بیند، اما خودش را ثابت می‌پندارد! در واقع آن چه موجب گردید در مدل‌های اولیه منظومه شمسی مدار و یا مسیر حرکت سیارات و ستاره‌ها تا حدی پیچیده به نظر برسد پافشاری بر این نکته بود که زمین باید مرکز عالم باشد (که می‌توانست باشد) و اگر ما (زمین) خود را ثابت فرض کنیم و خورشید و سایر اجرام متحرک باشند، همان می‌شود که در مدل افلاک بیان شد.

امروزه می‌دانیم که دیگر نیازی به فرض وجود فلک برای حرکت دادن سیارات نیست، زیرا می‌توان حرکت سیارات را بر اساس مفاهیم اینرسی و گرانش نیوتنی توضیح داد، اما این مفاهیم هنوز در مکانیک یونانی و اسلامی شکل نگرفته بود، بنابراین دانشمندان مجبور بودند که کرات جامدی مثل افلاک را فرض کنند که سیارات را حرکت دهند و نمی‌توانستند فرض کنند که این سیارات به خودی خود در فضا در مسیر بیضی به دور خورشید بگردند. اما اگر نجوم بطلمیوسی را با نجوم کپلری مقایسه کنیم، می‌بینیم که با اینکه در مدل کپلر سیارات در مسیر بیضی به دور خورشید می‌گردند ولی هنوز شباهت‌های مهمی بین مدل بطلمیوس و مدل کپلر وجود دارد. کپلر قوانینی را با کشف مدل خود بیان کرد. در قانون اولش، کپلر مسیر حرکت سیارات به دور خورشید را بیضی دانسته است، چرا که سیارات گاهی به خورشید نزدیک و گاهی دور می‌شوند،

در مدل بطلمیوسی نیز فلک خارج مرکز نقشی مشابه مسیر بیضی دارد، زیرا باعث می‌شود سیارات گاهی به زمین نزدیک و گاهی دور شوند. باید توجه داشت که دقت رصدهای زمان بطلمیوس و حتی در دوره اسلامی به اندازه‌ای نبود که بین حرکت روی فلک خارج مرکز و حرکت روی مدار بیضی تفاوت چندانی دیده شود. بنابراین نمی‌توان بر دانشمندان قدیم خرده گرفت که چرا دست از افلاک کروی نکشیدند و به قانون اول کپلر پی نبردند. کپلر به رصدهای بسیار دقیق تیکو براهه دسترسی داشت. چون به دلیل فناوری مهندسی و سرمایه‌هنگفتی که در اختیار تیکو بود توانسته بود ابزارهای بسیار دقیقی برای رصد آسمان بسازد.

می‌توان همین سخن را دربارهٔ قانون دوم کپلر نیز درست دانست. طبق یک بیان تقریبی از قانون دوم، سرعت سیارات زمانی که به خورشید نزدیک می‌شوند تندتر و زمانی که از آن دور می‌شوند کندتر می‌شود. نقش نقطهٔ معدل المسیر (E) در مدل بطلمیوس نیز همین قانون است. زیرا این نقطه باعث می‌شود که مرکز فلک تدویر زمانی که به زمین نزدیک می‌شود تندتر و زمانی که از آن دور می‌شود کندتر حرکت کند (شکل). تفاوت این دو قانون در رصدهای دقیق خود را نشان می‌دهد که در زمان بطلمیوس و دوره اسلامی در دسترس نبود.

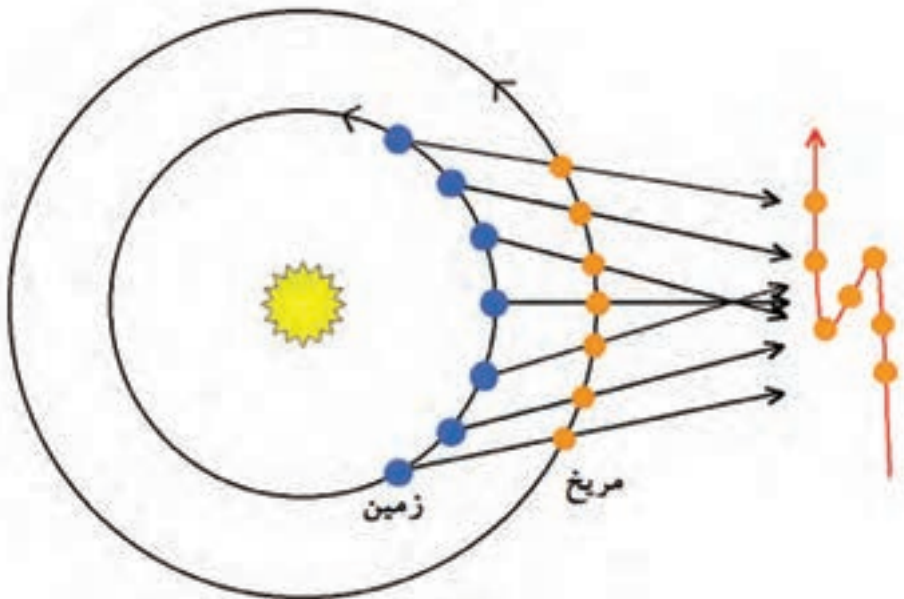


مدل سیاره‌ای بطلمیوس با نظام کپلری، به غیر از مرکزیت زمین یا خورشید، تفاوت ذاتی ندارد. فلک خارج مرکز نقشی مشابه قانون اول و نقطهٔ معدل المسیر نقشی مشابه قانون دوم کپلر بازی می‌کنند. در این تصویری می‌بینیم که مدار بیضی که خورشید S در یکی از کانون‌ها باشد با مدل خارج مرکز که زمین در S باشد و مرکز فلک در D تقریباً معادل اند. همچنین طبق قانون دوم کپلر سرعت سیاره در نزدیک خورشید S زیاد می‌شود و طبق مدل بطلمیوسی، مرکز تدویر C در دوری از معدل المسیر E تندتر حرکت می‌کند. باید توجه داشت که با گذار از مدل زمین مرکز به خورشید مرکز تنها تغییری که اتفاق می‌افتد حذف فلک تدویر است.

بنابراین افلاکی که در مدل های بطلمیوس فرض شده بودند، می توانستند به روش علمی و با دقت خوبی موقعیت سیارات و حرکات آنها را توضیح دهند و حتی پیش بینی کنند. پیش بینی موقعیت سیارات هدف نهایی مدل های بطلمیوسی بود. به همین دلیل در نجوم دوران اسلامی کتاب‌هایی نوشته شدند به نام «زئج» که شامل جداول عددی بسیاری است. خواننده می‌توانست با استفاده از این جدول‌ها و محاسبات ساده موقعیت سیاره در آسمان را در هر زمان و مکانی پیدا کند. می‌بینیم که نجوم قدیم به روش علم امروز بسیار نزدیک بوده است. اما با توجه به محدودیت دانسته‌ها، ابزارها و فن‌آوری‌های در دسترس آنها، بعضی از پیش فرض‌های غیرعلمی (غیر قابل تجربه) در کار دانشمندان وارد شد که تا حدی درک دقیق‌تر آنها را تا کپرنیک به تأخیر انداخت.

### نظریه خورشید مرکزی

اما کپرنیک چگونه متوجه شد که خورشید در مرکز عالم است؟ کپرنیک متوجه شد که در مدل خورشید مرکز، نیازی به فلک تدویر برای توضیح حرکت بازگشتی سیارات نیست، بلکه در این مدل حرکت بازگشتی سیارات بدین نحو توضیح داده می‌شود که هر زمان زمین در مدار خود به دور خورشید از یکی از سیارات خارجی مثل مریخ جلو می‌زند، به نظر می‌رسد که آن سیاره به سمت عقب حرکت می‌کند، و در نتیجه دیگر نیازی به فرض فلک تدویر برای توضیح حرکت بازگشتی نخواهد بود (شکل).



کپرنیک نشان داد که با فرض مرکزیت خورشید می‌توان علت حرکت بازگشتی سیارات را بدون فرض فلک تدویر توضیح داد.

برای پاسخ به این سؤال باید توجه داشت که در نجوم قدیم فرض حرکت زمین بارها بررسی شده بود و دانشمندان تقریباً همیشه به این موضوع فکر کرده بودند، در آثار نجومی دوره اسلامی بخش‌هایی وجود دارد که به این بحث پرداخته‌اند. اما تقریباً همیشه به این نکته می‌رسیدند که حرکت زمین با مشاهدات روزمره در تعارض قرار دارد. اگر زمین حرکت کند اجسامی که از آن جدا هستند مثلاً پرندگان و ابرها و تیره‌های جدا شده از کمان باید از زمین عقب بمانند، زیرا نمی‌توانند همراه زمین حرکت کنند.

**?** اگر زمین واقعا در حال حرکت است که هست و با این سرعت زیاد (بیشتر از ۴۵۰ متر بر ثانیه) اگر به هوا بپریم چرا ناگهان دیوار با ما برخورد نمی‌کند؟

ما امروزه بر اساس اصل اینرسی می‌دانیم که اجسامی که به زمین متصل هستند اگر از زمین جدا شوند حرکت اولیه خود را حفظ می‌کنند و همراه آن حرکت خواهند کرد. اما در گذشته دانشمندان هنوز آن طور که باید به مکانیک نپرداخته بودند و بنابراین از اصل حرکت‌شناختی اینرسی یا لختی آگاهی نداشتند و به همین دلیل فکر می‌کردند که اگر زمین حرکت کند، پرنده‌ها و ابرها و اجسام پرتابه از حرکت زمین عقب خواهند ماند. در نتیجه اگر بتوانیم فضای فکری علم قدیم را درک کنیم، که هنوز علم مکانیک پیشرفتی نکرده بود، عاقلانه خواهد بود که بپذیریم زمین در مرکز عالم ساکن است و برای حرکت بازگشتی سیارات از فلک تدویر استفاده کنیم.

## ■ فعالیت‌های عملی | .....

● روی یک لیوان خالی یک تکه مقوا قرار دهید و روی آن یک سکه.

**?** آیا می‌توانید بدون دست زدن به سکه آن را درون لیوان بیندازید؟

**?** اگر موفق شدید روش خود را در کلاس ارائه دهید. اگر امکان پذیر نیست علت را بیان کنید.

## ■ فعالیت‌های عملی | .....

**?** دو ترکه، سوار دوچرخه شوید. یا وقتی سوار ماشین هستید این فعالیت را با کمک راننده انجام دهید.

● در حالی که با سرعت یک نواخت دوچرخه سوار آن را می‌راند تویی را به هوا بیندازید.

**?** حرکت توپ از دید شما چگونه است؟ حرکت توپ را از دوست‌تان که بیرون نشسته، بخواهید توصیف کند.

**?** آیا به راحتی توپ را در بازگشت گرفتید؟

**?** حال از دوستتان بخواهید با علامت شما که هم‌زمان با پرتاب توپ به بالاست، ترمز کند یا سرعتش را زیاد کند. حرکت توپ را از دید خود و دوستتان بیان کنید.

**?** در گرفتن توپ مشکلی ایجاد شد؟

## منجمان دوره اسلامی

کتاب‌های نجومی در دوره اسلامی انواع مختلفی دارند: کتاب‌های زیج، کتاب‌های ابزارشناسی و کتاب‌های هیئت. کتاب‌های زیج مخصوص محاسبات نجومی و پیش‌بینی موقعیت اجسام سماوی است، کتاب‌های ابزارشناسی دربارهٔ طریقه ساخت، استفاده و کاربرد ابزارهای نجومی مثل اسطرلاب، رُبع، ساعت‌های آفتابی یا ابزارهای رصدخانه‌ای مثل ذات الحلق و ربع جداری است. کتاب‌های هیئت، همان‌طور که از نامشان برمی‌آید، دربارهٔ کیهان‌شناسی و ساختار عالم یعنی شکل و ترتیب و موقعیت افلاک بحث می‌کنند. البته گاهی ممکن است یک کتاب هم به محاسبات نجومی و هم به کیهان‌شناسی یا ابزارسازی بپردازد.

بحث مرکزیت و سکون زمین موضوعی است که مخصوص کتاب‌های هیئت بوده است، زیرا یک مبحث کیهان‌شناختی محسوب می‌شود و به موقعیت زمین در میان افلاک اشاره دارد، به ابزارسازی ربطی ندارد و به طور مستقیم ارتباط چندانی با پیش‌بینی و محاسبهٔ موقعیت اجرام سماوی نیز ندارد. ابوریحان بیرونی در کتاب قانون مسعودی، خواجه نصیرالدین طوسی در کتاب تذکره در علم هیئت، قطب الدین شیرازی در کتاب اختیارات مظفری و... همه در فصولی جداگانه مرکزیت و سکون زمین را اثبات کرده‌اند.

ابوریحان بیرونی در کتاب «استعاب الوجوه الممكنه فی صنعہ الاسطرلاب» دربارهٔ انواع اسطرلابها و طریقهٔ ساخت و کاربرد آنها توضیحاتی داده است. یکی از انواع اسطرلاب‌هایی که بیرونی در این کتاب معرفی کرده است، اسطرلابی است که ابوسعید سجزی، منجم و ریاضی‌دان بزرگ قرن پنجم هجری، اختراع کرده و نام آن را زورقی گذاشته است. می‌دانیم که اسطرلاب ابزاری است که می‌توان با آن زمان طلوع و غروب ستارگان و خورشید را پیش‌بینی کرد و موقعیت بروج<sup>۱</sup> را نسبت به افق در هر زمان تعیین نمود. اسطرلاب معمولی از یک صفحهٔ زیرین ساخته شده است که مختصات سمتی و ارتفاعی روی آن حکاکی شده است و صفحهٔ دیگری روی آن قرار دارد به نام عنکبوتی که موقعیت دایرهٔ البروج و ستارگان مشهور آسمان را نشان می‌دهد. عنکبوتی طوری ساخته شده است که به دور نقطهٔ قطب شمال سماوی (که امروزه نزدیک ستارهٔ قطبی است) می‌چرخد. بنابراین می‌توان سمت و ارتفاع هر کدام از ستارگان و بروج را با این ابزار تعیین کرد.

۱- بروج فلکی (برج‌های دوازده‌گانه)، از نظر نجومی تقسیمات دوازده‌گانه منطقهٔ البروج که هر قسمت یک برج فلکی نامیده می‌شود. هر برج فلکی نواری به طول ۳۰ درجه قوسی هم‌راستای دایرهٔ البروج (دایره مسیر حرکت ظاهری سالانه خورشید در آسمان) با عرض ۱۶ درجه که دایرهٔ البروج دقیقاً مدار مبدأ و میانی آن است و هر برج تا ۸ درجه شمال و ۸ درجه جنوب آن پهنا دارد. هر برج فلکی بطور متوسط نماینده ۳۰ درجه حرکت خورشید بر دایرهٔ البروج است که به‌طور متوسط با یک‌ماه خورشیدی در گاه‌شماری هجری خورشیدی هماهنگ است از این رو، برج به معنی ماه به‌عنوان یک دوازدهم سال نیز اطلاق می‌شود. اسامی برج‌های فلکی دوازده‌گانه منطقهٔ البروج که دانشمند ایرانی عبدالرحمان صوفی در سال ۹۶۴ میلادی در اصفهان تعیین و ترسیم کرده عبارت است از:

۱- برج حمل؛ ۲- برج ثور؛ ۳- گاو نر؛ ۴- برج جوزا؛ ۵- دو پیکر؛ ۶- برج سرطان؛ ۷- خرچنگ؛ ۸- برج اسد؛ ۹- شیر؛ ۱۰- برج سنبله؛ ۱۱- خوشه؛ ۱۲- برج میزان؛ ۱۳- ترازو؛ ۱۴- برج عقرب؛ ۱۵- کژدم؛ ۱۶- برج قوس؛ ۱۷- کمانگیر؛ ۱۸- برج جدی؛ ۱۹- بزغالهٔ نر (بزماهی)؛ ۲۰- برج دلو؛ ۲۱- آب ریز؛ ۲۲- برج حوت؛ ماهی



یک اسطرلاب زیبای ایرانی  
متعلق به قرن سیزدهم هجری شمسی

منشاء دقیق اختراع اسطرلاب معلوم نیست، اما طبق سخن بیرونی نوع جدیدی از اسطرلاب توسط ابوسعید سجزی اختراع شد که در آن صفحه ستارگان و بروج در زیر ثابت است و خط افق روی آن می‌چرخد. بنابراین به جای آن که موقعیت ستارگان روی صفحه عنکبوتی طراحی شود و این صفحه به دور قطب شمال سماوی بچرخد، ستارگان را روی صفحه زیرین به طور ثابت طراحی کرده و دو خط کش مدرج را - که یکی نماینده ارتفاع و دیگری نماینده افق است

- برای تعیین سمت و ارتفاع روی آن قرار می‌دهد که به دور قطب بگردند و روی هر ستاره‌ای قرار بگیرند. این اسطرلاب که ظاهری شبیه قایق دارد و به همین دلیل به آن زورقی می‌گویند، می‌تواند یادآور نظریه حرکت وضعی زمین باشد، زیرا در آن ستارگان ثابت‌اند و افق می‌چرخد. ابوریحان بیرونی نیز وقتی می‌خواهد این اسطرلاب را معرفی کند به یاد نظریه حرکت زمین می‌افتد، که طبق آن زمین در مرکز عالم به دور خود می‌چرخد و شبانه روز را ایجاد می‌کند، به جای آن که تمامی افلاک به دور زمین بگردند. بیرونی اشاره می‌کند که تصمیم‌گیری درباره حرکت وضعی زمین بسیار دشوار است و بنابراین بیرونی خود در این زمینه نظر قطعی نداده است و حتی در کتاب قانون مسعودی دلایلی برای سکون زمین مطرح کرده است.



اسطرلاب زورقی: به جای آن که صفحه ستارگان روی آن بچرخد، منحنی‌های افق و ارتفاع می‌گردند. (این تصویر برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای جواد حسینی طباطبایی به نام «پژوهشی درباره اسطرلاب زورقی» است که در پژوهشکده تاریخ علم دانشگاه تهران دفاع شده است.)

اما آیا می‌توان اختراع این اسطرلاب را نشان از آن دانست که سجزی معتقد به حرکت وضعی زمین بوده است؟ هرچند ابزارسازی ارتباط مستقیمی با علم هیئت و کیهان‌شناسی قدیم نداشته است، بنابراین نمی‌توان گفت که اگر کسی ابزار را ساخته است که یادآور نظریه چرخش وضعی زمین است، بدان معنا است که به نظریه چرخش زمین معتقد است. اما به راحتی می‌توان پذیرفت که دلیل سجزی برای اختراع این اسطرلاب آن بوده است که ساخت و کار کردن با این اسطرلاب بسیار ساده‌تر است و به هیچ وجه نمی‌توان آن را به معنای ارائه



یک نظریهٔ جدید در هیئت برشمرد. هرچند که این ساده‌تر شدن کار می‌توانسته دانشمندان را به این فکر بیندازد که با خورشید مرکزی شدن عالم، جهان مدلی ساده‌تر و قابل فهم‌تر خواهد داشت. اما باید می‌توانستند دلایلی از روی دانسته‌های حتمی برایش عنوان کنند، شاید این همان دلیلی است که بیرونی را به شک و تردید انداخته، اما به یقین نرسانده است. آنچه در خواندن تاریخ علم نباید به آسانی دست به قضاوت زد، بلکه باید با دقت و به دور از هر گونه پیش داوری فضای ذهنی و علمی روزگار دانشمندان قدیم را بشناسیم و پس از مقایسه و فهم دقیق سخنان ایشان، درکی عمیق‌تر از فرایند تحولات علمی در روزگاران گذشته بدست آوریم.

**تذکر:** در این بخش بی تردید، فهم مدل‌هایی هم‌چون فلک دشوار است، آن‌چه انتظار می‌رود، حفظ این‌گونه مدل‌ها نیست، بلکه آشنایی کلی با نظریه‌های قدیمی به‌عنوان مروری بر تاریخ علم نجوم است. بنابراین هیچ انتظار نمی‌رود شما بتوانید آن‌چه در این فصل آمد را حفظ کنید! بلکه کلیتی از آن را بدانید، فراکافی است!



تاریخ علم را افرادی نوشته‌اند که در غرب جهان زندگی می‌کنند. این افراد آغازگران علوم امروزی را یونانیان می‌دانند. توجه به این نکته ضروری است که از هزاران سال پیش در چین، مصر، هند و بین‌النهرین (ایران کنونی)، متفکرانی می‌زیسته‌اند که در علوم مختلف صاحب اندیشه‌های پیشرو و بنیادین بوده‌اند. با ظهور اسلام، مسلمانان نقشی مؤثر در طبقه‌بندی و پیشرفت علوم داشته‌اند. اما چون تاریخ علم را دیگران نوشته‌اند، نقش مسلمانان و تمدن‌های کهن شرقی معمولاً نادیده انگاشته می‌شود. خوب است که در مطالعاتمان، به این موضوع توجه داشته باشیم.

ارسطو فیلسوفی یونانی است که در ۳۸۴ سال قبل از میلاد مسیح (ع) به دنیا آمده است. او را اولین کسی می‌دانند که موجودات زنده را طبقه‌بندی کرده است. با این نگاه او را باید یکی از اولین زیست‌شناسان نیز دانست. اما چه چیزی در دیدگاه ارسطو وجود داشته است که کار او را ارزشمند و ماندگار ساخته است؟ توجه داشته باشید که طبقه‌بندی ارسطو امروز کاربردی در علوم ندارد اما به عنوان سنگ بنای علم طبقه‌بندی مورد توجه است. در دوران ارسطو فلسفه به چرایی پدیده‌های جهان می‌پرداخت و فیلسوفان معمولاً کاری با پدیده‌های طبیعی و حواس انسان نداشتند. آنچه ارسطو را از سایر اندیشمندان هم عصر خود متمایز می‌کند، توجه او به پدیده‌های طبیعی، مشاهده دقیق موجودات و نظم و ترتیبی است که در این نگاه وجود داشته است. ارسطو فیلسوفی است که او را پدیدآورنده علم منطق نیز می‌دانند.

همانطور که می‌دانید پس از ارسطو، کارل لینه، گیاه‌شناس سوئدی، معروف‌ترین دانشمندی است که به علم طبقه‌بندی پرداخته است و روش نام‌گذاری دو اسمی که توسط او ابداع شده است هنوز کاربرد دارد. کارل لینه در

سال ۱۷۰۷ میلادی به دنیا آمده است. یعنی لینه و ارسطو بیش از دو هزار سال با یکدیگر فاصله زمانی داشته‌اند و در این فاصله نظریه متفاوتی درباره طبقه‌بندی به چشم نمی‌خورد. هم ارسطو و هم کارل لینه در طبقه‌بندی موجودات دیدگاه‌های اعتقادی خود را هم در نظر گرفته‌اند. یعنی اساطیر و خدایان یونان و باورهای فلسفی آن دوران بر نوع فکر کردن ارسطو به این موضوع اثر گذاشته‌است و کارل لینه هم به عنوان یک فرد مسیحی، از آموزه‌های مسیحیت تأثیر پذیرفته‌است. شباهت دیگری که در دیدگاه‌های لینه و ارسطو وجود دارد، توجه به ویژگی‌های ظاهری موجودات زنده است. امروز علم طبقه‌بندی به مواردی چون عملکرد دستگاه‌های مختلف بدن موجودات و شباهت آنها، چگونگی دریافت و پردازش انرژی، نحوه تولید مثل و در سطح مولکولی به ساختارهای DNA، RNA و پروتئین‌های موجود در جانداران توجه می‌کند. بعد از کارل لینه، دانشمندان دیگری نیز در زمینه طبقه‌بندی نظریه‌هایی داشته‌اند. دیدگاهی که موجودات زنده را به پنج سلسله تقسیم می‌کند در حال حاضر بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. در جدول زیر به طور خلاصه با انواع دیدگاه‌ها و صاحبان این دیدگاه‌ها آشنا می‌شوید:

لینه ۱۷۳۵	هکل ۱۸۶۶	چاتون ۱۹۲۵	کوپلند ۱۹۳۸	ویتیکر ۱۹۶۹	ووز و همکاران ۱۹۹۰	کاوالیر-اسمیت
دو فرمانروایی	سه فرمانروایی	دو قلمرویی	چهار فرمانروایی	پنج فرمانروایی	سه حوزه‌ای	شش فرمانروایی
گیاهان جانوران	آغازیان گیاهان جانوران	پروکاریوت‌ها یوکاریوت‌ها	مونرا آغازیان گیاهان جانوران	مونرا آغازیان گیاهان قارچ‌ها جانوران	باکتری‌ها باستانیان (آرکی‌ها) یوکاریا	باکتری‌ها پروتوزوا کرومیست گیاهان قارچ



آشنایی با علم طبقه‌بندی به ما کمک می‌کند که در مطالعات زیست‌شناسی نگاهی دقیق‌تر و جهانی داشته باشیم. با بهره‌گیری از روش اسم‌گذاری لینه، هر جانداری در هر کجای جهان که باشد برای پژوهش‌گران شناخته شده است. جانداران زیر را در نظر بگیرید:

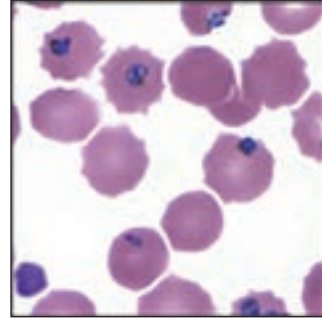
سلسله (فرمانرو)	جانوران	گیاهان
شاخه	طنابداران (مهره داران)	گیاهان گلدار (نهانانگان)
رده	پستانداران	تک‌په‌ای‌ها
راسته	گوشتخواران	مارچوبه سانان
تیره (خانواده)	گربه سانان	زنبقیان
جنس (سرده)	Panthera	Iris
گونه	tigris (ببر)	germanica (زنبق)



زعفران هم از تیره زنبقیان است با نام علمی  
Crocus sativus

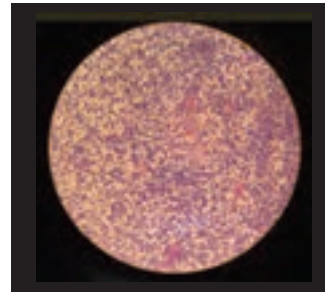
خانواده کاربرد عمومی تری دارد. تیره را بیشتر در مورد گیاهان و پرندگان به کار می‌برند.

سلسله آغازیان  
شاخه آپی کمپلکسا  
رده آکونوئیداسیدا  
راسته هموسپوریدا  
تیره پلاسمودیدا  
جنس plasmodium  
گونه falciparum



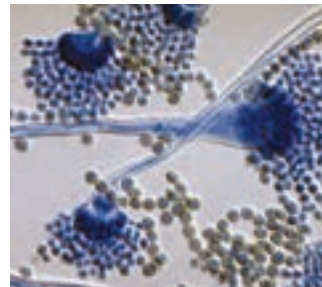
Plasmodium falciparum عامل بیماری مالاریا در انسان است.

سلسله باکتری‌ها  
شاخه فیرمیکوت‌ها  
رده باسیل‌ها  
راسته باسیل‌اس  
تیره استافیلوکوکاسیه  
جنس Staphylococcus  
گونه aureus



استافیلوکوک طلائی هم نامیده می‌شود. باکتری بیماری‌زا است و از عفونت‌های پوستی تا عفونت‌های دستگاه تنفسی، دستگاه‌های عصبی و ..... توسط این باکتری گزارش شده است.

سلسله قارچ‌ها  
شاخه آسکومیکوتا  
رده یوروتیومیسیت  
راسته یوروتیال‌ها  
تیره تریکوکوماستا  
جنس Aspergillus  
گونه Flavus



Aspergillus قارچی بیماری‌زا و گندروی (ساپروفیت) است. بر روی دانه‌های غلات و حبوبات به خوبی رشد می‌کند و سمی به نام مایکوتوکسین ایجاد می‌کند.

اینها نمونه‌هایی از اسم‌گذاری‌های علمی است. در یک متن علمی زمانی که از استافیلوکوک اورئوس نام می‌بریم در همه جای دنیا یک گونه مشخص از باکتری شناخته می‌شود. این باکتری ممکن است تقسیم‌بندی دیگری در گونه خود داشته باشد. به عنوان مثال باکتری‌ها به دو گروه گرم منفی و گرم مثبت تقسیم‌بندی می‌شوند. *Staphylococcus aureus* یک باکتری گرم مثبت است. در ادامه راجع به این نوع تقسیم‌بندی خواهیم آموخت.



ما انسان‌ها از گونه *Homo sapiens* هستیم. حتماً دقت کرده‌اید که نام جنس انسان یعنی *Homo* را با حروف بزرگ نوشته ایم. آیا تقسیم‌بندی زیرگونه‌ای از انسان‌ها سراغ دارید؟ درست است. نژاد نوعی تقسیم‌بندی دیگر است. فردی که نسل در نسل در آسیای جنوب شرقی زندگی کرده است نژادش با فردی که سالیان طولانی در آفریقا زندگی کرده است متفاوت است اما هر دو از یک گونه هستند.



◀ **گونه:** گروهی از موجودات زنده هستند که می‌توانند با هم تولید مثل کنند و فرزندی زایا یا زیستا به وجود آورند. زایا یعنی قدرت تولید مثل دارند. در شرایطی دو گونه مختلف با هم آمیزش دارند اما فرزندان آنها دیگر توانایی تولید مثل ندارند. این فرزندان دورگه (هیبرید) نامیده می‌شوند. قاطر نمونه‌ای از دورگه‌هاست که از آمیزش الاغ و اسب به وجود آمده است.

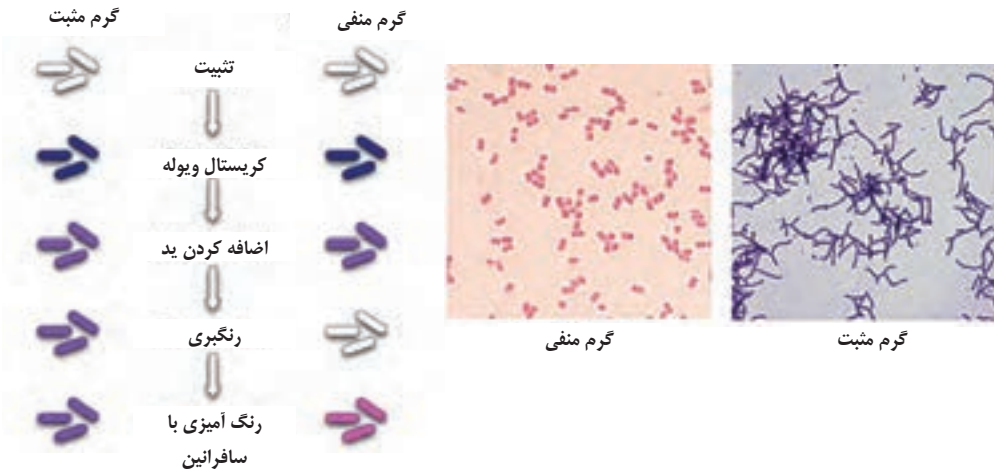
**?** مثال‌هایی از زیرگونه‌ها و نژادها در جانداران مختلف پیدا کنید و دلیل تقسیم‌بندی آنها در گروه‌های مختلف را بررسی کنید. توجه کنید که در گیاهان و جانوران ممکن است تقسیم‌بندی‌های متفاوتی وجود داشته باشد. به مواردی چون ژنتیک و خصوصیات ظاهری دقت کنید.

**?** خیلی از جانداران را با اسم‌هایی دوتایی می‌شناسیم. شیر دریایی، لاله واژگون، گربه وحشی، عقاب سفید، قزل‌آلای رنگین‌کمان، تمبر هندی، زعفران ایرانی، گاو میش سیستان، موش خرما و... مثال‌هایی از این دست را بررسی کنید. آیا این اسامی دوتایی، با آنچه شما از نام‌گذاری علمی موجودات زنده یاد گرفته‌اید شباهتی دارد؟ کاربرد این اسامی چیست؟

## باکتری‌ها:

آیا تا به حال فکر کرده‌اید که چرا باکتری‌ها باید یک سلسله جداگانه را در طبقه‌بندی به خود اختصاص دهند؟ این موجودات تک سلولی که پروکاریوت هستند و اندازه‌شان فقط چند میکرون است، اولین جاندارانی هستند که بر روی کره زمین ظاهر شدند و انواع مختلف آنها در شرایط مختلف محیط به زندگی خود ادامه می‌دهند حتی در حضور تشعشعات رادیواکتیو و در اسیدیته بالا.

برخی از آنها توانایی فتوسنتز دارند، برخی زندگی همزیستی و گروهی هم توانایی ایجاد ارتباط انگلی دارند. در یک گرم خاک حدود ۴۰ میلیون سلول باکتری یافت می‌شود. در یک قطره آب تازه، یک میلیون سلول باکتری می‌توانیم پیدا کنیم و جمعیت باکتری‌های روی زمین حدود  $5 \times 10^3$  ارزیابی می‌شود. تعداد باکتری‌های مفید بسیار بیشتر از باکتری‌های بیماری‌زاست. البته در شرایط خاص محیطی، یک کلونی باکتری مفید می‌تواند مضر هم باشد. رنگ آمیزی گرم، یکی از روش‌های طبقه‌بندی باکتری‌هاست.



پژوهش‌گران برای مشاهده میکروسکوپی بسیاری از میکروارگانیسم‌ها و اجزای سلول، آنها را رنگ‌آمیزی می‌کنند. نام اجزایی از سلول مانند کلروپلاست و یاکروماتین به خاطر خاصیت رنگ‌پذیری بیشتر آنها در زمان رنگ‌آمیزی و مشاهده میکروسکوپی بوده‌است.

رنگ‌آمیزی گرم توسط هانس کریستین گرم (Gram) پایه‌گذاری شد. ترکیبات متفاوت دیواره سلولی باکتری‌ها و همین‌طور ضخامت دیواره سلولی، میزان نفوذناپذیری رنگ‌های انتخاب شده را به داخل باکتری تعیین می‌کند. در رنگ‌آمیزی گرم، باکتری‌های گرم مثبت پس از رنگ‌آمیزی بنفش و گرم منفی‌ها قرمز خواهند شد.

باکتری‌های گرم مثبت در دیواره خود دارای ترکیبات پپتیدوگلیکان (پروتئین و کربوهیدرات) هستند، اما در باکتری‌های گرم منفی این لایه بسیار نازک است. این لایه پپتیدوگلیکان باعث استحکام دیواره سلول می‌شود و بخشی از باکتری است که بدن انسان نسبت به آن واکنش تب نشان می‌دهد.

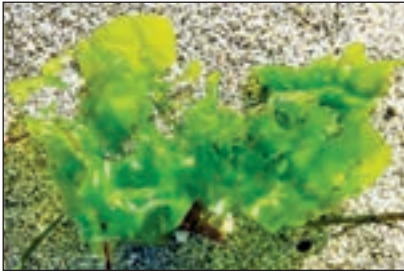
از میان انواع معروف باکتری‌ها، برخی باسیلوس‌ها، استافیلوکوک، استرپتوکوک و کلستریدیوم، گرم مثبت هستند. سیانو باکتری و اسپروکت گرم منفی هستند.

رنگ‌آمیزی گرم در شناسایی جنس باکتری و انتخاب آنتی‌بیوتیک مناسب به پژوهش‌گران کمک می‌کند. به عنوان مثال گرم مثبت‌ها در مقایسه با گرم منفی‌ها به پنی سیلین G حساسیت بیشتری دارند. گروهی از باکتری‌ها هم در رنگ‌آمیزی گرم قابل تشخیص نیستند مانند (مایکوباکتریوم‌ها *Mycobacterium tuberculosis*، عامل بیماری سل) و کلامیدیاها.

**?** از منابع معتبر استفاده کنید و روش رنگ‌آمیزی گرم را مطالعه کنید. شیوه‌های دیگری در رنگ‌آمیزی باکتری‌ها و سایر میکروارگانیسم‌ها وجود دارد که خوب است راجع به آنها تحقیق و مطالعه کنید.

**?** علت رنگ‌آمیزی موجودات زنده چیست؟

### جلبک‌ها



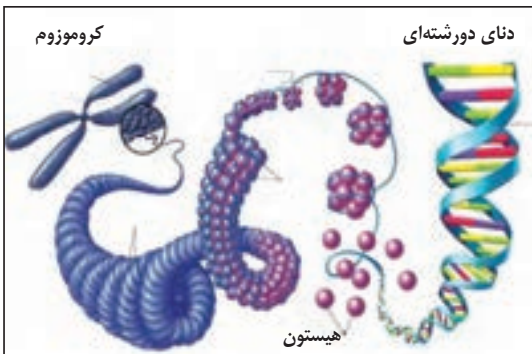
مسائل اقتصادی، فرهنگی و اجتماعی در بسیاری از مراکز علمی دنیا، بر جهت‌گیری مطالعات تأثیر دارد. مطالعه در مورد داروها و بیماری‌های جدیدی که شیوع پیدا می‌کند، تا حد زیادی با این مسائل ارتباط دارد. امروزه جلبک‌ها نقش مهمی را در صنعت و اقتصاد به عهده دارند. در فوریه سال ۲۰۱۶ خبر کشف ۴ گونه جدید از

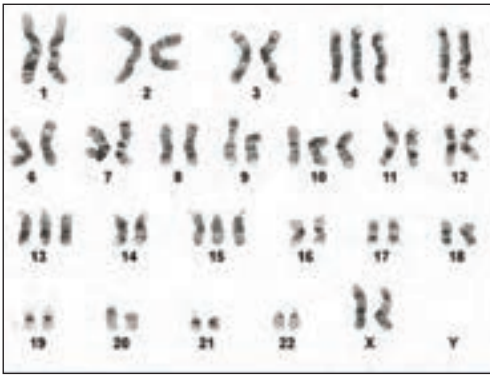
جلبک‌ها در اعماق آب‌های اطراف هاوایی منتشر شد. در فرهنگ این منطقه جلبک‌ها از اهمیت بسیار زیادی برخوردارند و یکی از علل مهم این احترام! تأثیر این جاندار در اقتصاد منطقه است.

جلبک‌های تازه کشف شده شباهت بسیار زیادی به سایر گونه‌های جلبک که از پیش شناخته شده‌اند دارند اما بررسی مولکولی DNA این موجودات، تفاوت آنها را با سایر گونه‌ها نشان می‌دهد. با مطالعه علم ژنتیک در سال‌های آینده درخواهید یافت که هر چند RNA (ریبو نوکلئیک اسید، بخوانید رنا) و DNA (دئوکسی ریبو نوکلئیک اسید، بخوانید دنا) ماده اصلی وراثتی در همه موجودات زنده است، اما مقدار

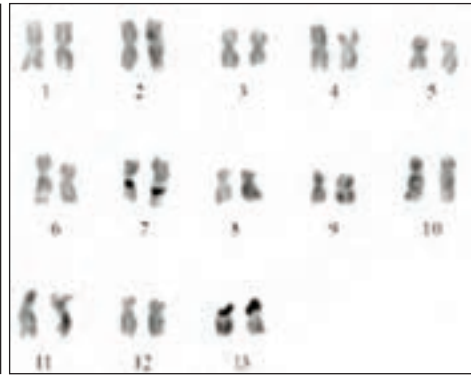
RNA و DNA در کروموزوم‌ها و تفاوت‌هایی که در زمان تقسیم سلولی در موجودات مختلف وجود دارد، تعیین‌کننده بسیاری از ویژگی‌های گونه‌های مختلف است.

کاربوتیپ (یا نقشه کروموزومی) تعداد، اندازه و شکل خارجی کروموزوم‌ها را نشان می‌دهد. بررسی کاربوتیپ یکی از مواردی است که در رده‌بندی امروزی، نقش مهمی را بازی می‌کند.





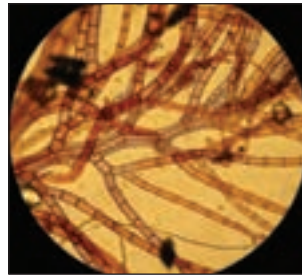
کاریوتیپ انسان



کاریوتیپ نوعی حلزون

در رده‌بندی این روش را سلول‌شناسی می‌نامند. روش‌های دیگری مانند بررسی رفتار جانداران، مانند بررسی صدای پرندگان، یا رفتارهایی که حشرات، مانند زنبورها و سوسک‌ها، از خود نشان می‌دهند هم وجود دارد که به دانشمندان در این مورد کمک می‌کند. بررسی زیستگاه گونه‌های مختلف و مطالعه فصل تولید مثل، مقاومت در برابر عوامل فیزیکی محیط، ترجیح غذایی و مواردی مانند اینها به بررسی دقیق گونه‌ها و تقسیم‌بندی زیر گونه‌ای و شناخت جمعیت‌ها کمک فراوانی کرده است. به همین ترتیب بررسی جلبک‌ها به عنوان یکی از منابع کارآمد در زندگی انسان امروزه خیلی مورد توجه قرار گرفته‌است.

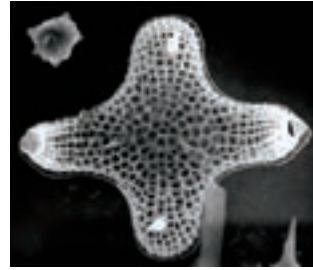
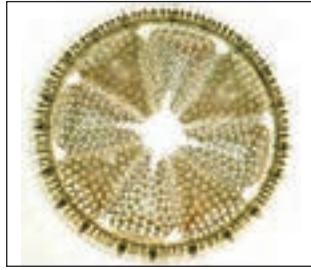
جلبک‌ها منبع عناصری مانند ید و پتاسیم هستند که در صنایع صابون‌سازی و شیشه‌سازی استفاده می‌شود. ۳ تا ۶ درصد وزن جلبک‌های قرمزی مانند *Polysiphonia* و *Rhodymenia* را ید و پتاسیم تشکیل می‌دهد. دیاتومه‌ها در پرورش سخت‌پوستانی مانند میگو به عنوان منبع غذایی استفاده می‌شود. گونه‌های دیگری از جلبک‌ها منبع غذایی ماهیان و نرم‌تنان پرورشی هستند.



جلبک قرمز

**?** بررسی کنید که چگونه اضافه نمودن جلبک‌ها به جیره غذایی دام و طیور، کیفیت شیر و تخم مرغ را افزایش می‌دهد؟  
 دیاتومه‌ها به دلیل پوشش سیلیسی و زیبایی که دارند، ریزسنگواره‌های ارزشمندی تشکیل می‌دهند. آنها در آب شور دریاها و هم‌چنین آب شیرین، گاهی در خشکی و یا در خزهای مرطوب زندگی می‌کنند و چون توانایی فتوسنتز دارند یکی از منابع ارزشمند تولید غذا برای موجودات آبی هستند.





از دیاتومه‌ها سنگواره‌های زیادی به جا مانده است که علاوه بر اطلاعات ارزشمندی که درباره گذشته حیات در اختیار ما قرار می‌دهد، در برخی مناطق، سنگ‌هایی به نام دیاتومیت ایجاد می‌کنند که به طور کامل از دیاتومه‌ها شکل گرفته‌اند. این سنگ‌ها در ساخت فیلترها و سنباده‌های طبیعی کاربرد وسیعی دارند. آگاریک هیدروکربن است که حالت ژله‌ای دارد و از دیواره سلولی جلبک قرمز به دست می‌آید. برای تهیه آگار جلبک‌ها را با آب می‌جوشانند، سپس آن را با فیلترهایی صاف می‌کنند و در حرارت مداوم خشکشان می‌کنند تا به شکل پودر درآید.



استفاده از آگار در میکروبی‌شناسی به عنوان ماده مغذی برای کشت میکروب‌ها کاربرد دارد. زمانی که نمونه‌ای از میکروب را در محیط کشت قرار دهیم، در شرایط مناسب (از نظر دما - pH - رطوبت - نور) رشد می‌کند و می‌توان بررسی‌های لازم را بر روی آن انجام داد. سواحل جنوبی ایران (استان هرمزگان) دارای بیشترین گونه‌های جلبک‌هاست. آگار بافت‌دهنده و تثبیت‌کننده محصولات در صنایع لبنیات و شیر، داروسازی، شکل‌دهنده محصولات آرایشی و بهداشتی، دندان‌سازی، تغذیه حشرات مفید و همچنین جایگزین ژلاتین در صنایع غذایی است. آگار سرشار از کلسیم است و چربی و کلسترول پایینی دارد. ژلاتین ماده‌ای جامد و بدون طعم است که معمولاً در صنایع غذایی، داروسازی، عکاسی و تولید لوازم آرایشی و بهداشتی کاربرد دارد. ژلاتین به محصولات مورد نظر حالت ژله‌ای می‌دهد، ژله، بستنی، مارمالاد و پاستیل‌ها همگی حاوی ژلاتین هستند. همین‌طور بستنی و ماست‌های کم‌چرب هم می‌توانند ژلاتین داشته باشند. منشأ ژلاتین، کلاژن موجود در بافت‌های جانوری است. حتماً زمانی که آبگوشت میل می‌کنید و یا در خانه مرغ و گوشت می‌پزید، متوجه قسمتهایی شده‌اید که به استخوان چسبیده است و حالت ژله‌ای دارد. غضروف‌ها و استخوان‌های جانوری منابع تولید ژلاتین هستند. بیش از ۸۰٪ از مواد تشکیل‌دهنده ژلاتین، پروتئین است و نقش مؤثری در ترمیم استخوان‌ها و مفاصل و غضروف‌سازی دارد. دقت کنید که ژلاتین به تنهایی نمی‌تواند منبع پروتئین مناسبی برای تامین اسید آمینه ضروری باشد.



مطالعه گیاهان یکی از بزرگترین دغدغه‌های دانشمندان در طول تاریخ بوده و هست. گیاهان تولیدکنندگان چرخه غذایی هستند. کشاورزی یکی از مهم‌ترین علوم است که با کیفیت زندگی انسان سر و کار دارد و نقش مهمی در اقتصاد جهان بازی می‌کند. فن‌آوری زیستی، بیماری‌های گیاهان، تعادل بوم‌سازگان‌ها و محیط زیست، مطالعه در مورد منشاء حیات، محصولات تراریخته و بسیاری از موارد دیگر مباحثی است که هر روز فکر محققان را به خود مشغول می‌کند.

در طی هزاره‌های گذشته، غلات و حبوبات نقش مهمی در رژیم غذایی انسان‌ها داشته‌اند. برنج در آسیای شرقی، گندم و جو در آسیای غربی و ذرت در آمریکا هنوز نماد غذا محسوب می‌شوند. میوه‌هایی مانند انگور، سیب، انجیر و زیتون در نوشته‌های تمدن قدیم تا هنوز به عنوان محصولات پر مصرف گیاهی دیده می‌شوند.

از چین و هند، ایران و روم باستان آثاری به دست آمده‌است که در آنها دانشمندان به طبقه‌بندی گیاهان توجه کرده‌اند. تا چند سال پیش، کتاب‌های ابوعلی سینا در دانشگاه‌های دنیا به عنوان مرجع علمی شناخته می‌شد و گیاهان به عنوان منشاء تولید داروهای متنوع در این آثار معرفی شده‌اند.



### هرباریوم دانشکده علوم دانشگاه تهران

هرباریوم محلی است که در آن نمونه‌های خشک‌شده گیاهان را به شیوه‌های علمی خاص و معینی نگهداری می‌کنند. اهمیت هرباریوم‌ها به نسبت تعداد نمونه‌های موجود در آنها و وسعت مناطقی است که نمونه‌های گیاهی آن را در بردارد. هرباریوم‌ها از منابع علمی دائمی و قابل دسترسی گیاه‌شناسان‌اند که می‌توانند با مراجعه به نمونه‌های گیاهی موجود در آنها اطلاعات لازم در مورد عناصر پوشش گیاهی هر سرزمین را به آسانی به دست آورند.

#### ثوب است بدانیم!

#### ارزشمندترین مرجع گونه‌های گیاهی ایران

بنیاد هرباریوم دانشکده علوم دانشگاه تهران در سال ۱۳۳۸ توسط آقای دکتر صادق مبین، استاد گیاه‌شناسی این دانشکده نهاده شد. از بدو تاسیس آقای دکتر احمد قهرمان با ایشان همکاری داشتند.

از آن پس تا سال ۱۳۵۷ آقای دکتر احمد قهرمان به اداره و تکمیل این هرباریوم پرداختند که مبنای هرباریوم مرکزی دانشگاه تهران شد. این مجموعه بخشی از هرباریوم مرکزی است که از آن برای آموزش سیستماتیک گیاهی در بخش گیاه‌شناسی گروه زیست‌شناسی دانشکده علوم استفاده می‌شود.

دکتر احمد قهرمان در سال ۱۳۰۷ در بابل به دنیا آمد و دوران مدرسه را در این شهر گذراند. در سال ۱۳۲۹ برای ادامه تحصیل به تهران رفت و در دانشکده علوم دانشگاه تهران پذیرفته شد. در سال ۱۳۳۳ لیسانس علوم طبیعی و در سال ۱۳۴۲ در رشته علوم گیاهی، فوق لیسانس گرفت.

سپس با عنوان دبیر گیاهشناسی تا سال ۱۳۴۲ در گروه زیست‌شناسی دانشکده علوم دانشگاه تهران مشغول تدریس بود و از آن پس برای ادامه تحصیل به فرانسه رفت. در سال ۱۳۴۶ از دانشگاه مونپلیه (Montpellier) دکترای گیاهشناسی گرفت و در بازگشت به ایران به ترتیب با درجه استادیاری (۱۳۴۷) و دانشیاری (۱۳۵۱) و استادی (۱۳۶۳) به تحقیق و تدریس در دانشکده علوم دانشگاه تهران مشغول شد.

مهم‌ترین اثر او مجموعه کتاب‌های فلور رنگی ایران است که ۲۶ جلد آن به چاپ رسیده و ایشان پیش‌بینی می‌کرد که تا هشتاد جلد آن تألیف و به جامعه علمی ایران و جهان ارائه شود. این کتاب برنده جایزه بین‌المللی کتاب سال شده است. از دیگر آثار ایشان می‌توان به خانواده‌های گیاهی ایران و کتاب گیاهشناسی پایه اشاره کرد. کتاب دیگر، کتاب تنوع زیستی گونه‌های ایران است که به عنوان کتاب سال دانشگاه‌های ایران انتخاب شد و همچنین کتاب تنوع زیستی یا فلور گیاهی ابرشهر تهران و کتاب تطبیق نام‌های کهن گیاهان دارویی به نام‌های علمی، از دیگر آثار اوست. او که در نوزدهم آبان ۱۳۸۷ در سن هشتاد سالگی درگذشت نقش مهم و انکارناشدنی در جمع‌آوری و شناسایی گونه‌های گیاهی کشورمان دارد.



دهه‌ها رشته تخصصی علمی در زمینه گیاهشناسی در دنیا وجود دارد. از سلول‌شناسی گیاهی تا کالبدشناسی، فیزیولوژی، تولید مثل، رده‌بندی زیست‌شناسی و بسیاری زمینه‌های تخصصی دیگر. آموختیم که در رده‌بندی هرچه از سطوح بالای رده‌بندی به سطوح پایین‌تر نزدیک شویم شباهت‌ها بیشتر می‌شود و تعداد نمونه‌های موجود کاهش می‌یابد. اهمیت صفاتی که در رده‌های بالای طبقه‌بندی وجود دارد به مراتب از صفات قابل توجه رده‌های پایین بیشتر است.



به رده بندی این گیاه توجه کنید:

سلسله	گیاهان
شاخه	آوندداران
رده	نهان دانگان
راسته	گل لوله‌ای‌ها
تیره	سیب‌زمینیان
جنس	Solanum
گونه	tuberosum

به نظر می‌رسد منشأ همهٔ سیب‌زمینی‌های امروزی به گیاهی می‌رسد که حدود هفت هزار سال قبل در کشور پرو کشت می‌شده‌است. در قرن شانزدهم این گیاه به اسپانیا منتقل شد و کاشت آن در اروپا گسترش یافت. در دوره قاجار به ایران آورده‌شد و برای اولین بار در روستای پشند در استان البرز کاشته شد. به همین دلیل سیب‌زمینی پشندی در ایران معروف است.

این تاریخچه چه مواردی را به ما یادآور می‌شود؟

سیب‌زمینی گیاهی سازگار است و در حدود ۱۵۰ کشور جهان، سیب زمینی می‌کارند. در رتبهٔ چهارم تولید جهانی قرار دارد و ۳۳۰ میلیون تن در سال تولید می‌شود. شاید اگر ارتباط جوامع مختلف به دلیل کشورگشایی یا ارتباط اقتصادی و یا جهانگردی وجود نداشت، و اگر شکل تمدن و ارتباطات در دنیای امروز بدین گونه گسترده نبود، هیچ یک از ما با سیب‌زمینی آشنایی نداشتیم. از طرفی اگر این گیاه نمی‌توانست با شرایط اقلیمی سرزمین ما سازگاری پیدا کند، شاید جزو محصولات عجیب و غریبی به شمار می‌آمد که گاهی مسافری از سرزمینی دیگر به سوغات می‌آورد. نام این گیاه در ایران ترجمه از فرانسه است. Pomme de terre به فرانسوی و Potato در انگلیسی یا سیب زمینی در فارسی و البطاطس در عربی و Erbapfel در آلمانی اسامی مختلف این گیاه است. اما Solanum tuberosum نام علمی این گیاه است که در هر مقاله‌ای دیده شود شکی باقی نمی‌ماند که صحبت راجع به سیب‌زمینی است.

**?** سیب زمینی ساقه گیاه است اما چگونه می‌توانیم این مطلب را اثبات کنیم؟

**?** آزمایشی طراحی کنید که به ما نشان بدهد سیب‌زمینی اندام ساقه گیاه است.

واژه‌های راهنما : جوانه‌های جانبی و انتهایی

انسان‌هایی دیده می‌شوند که ۴۷ کروموزوم دارند و پزشکان این حالت را نوعی بیماری می‌دانند که در سال‌های آینده با آن آشنا خواهیم شد. نوعی از این بیماری سندرم داون یا منگولیسم است. زنبورهای ماده از جمله ملکهٔ زنبورها ۳۲ کروموزوم دارند و زنبورهای نر ۱۶ کروموزومی هستند. گربه‌ها ۳۰ کروموزوم دارند و ذرت ۲۰ کروموزوم.

گونهٔ معروف سیب‌زمینی که در بیشتر نقاط دنیا دیده می‌شود ۴۸ کروموزوم دارد. اما گونه‌هایی با ۲۴ کروموزوم، ۳۶ کروموزوم و ۶۰ کروموزوم هم شناسایی شده‌اند.

شما در کتاب درسی با کلید دوراهی آشنا شده‌اید. در مورد تقسیم‌بندی گونه‌های مختلف سیب‌زمینی، از چه خصوصیتی استفاده می‌کنید؟ توجه داشته باشید که شرایط آب و هوایی مختلف، به گونه‌های خاصی اجازه رشد می‌دهد.

**?** یکی از راه‌های طبقه‌بندی گیاهان براساس اندام‌های زایشی و اندام‌های رویشی است. این اندام‌ها را در گیاه سیب‌زمینی و چند گیاه دیگر به انتخاب خودتان مشخص کنید. روشی را پیشنهاد دهید که بتوانید این گیاهان را طبقه‌بندی کنید.

**?** سولانین ماده‌ای سمی است که در سیب‌زمینی‌ها با ظاهر شدن رنگ سبز، به‌ویژه در زیر پوست سیب‌زمینی مشخص می‌شود. مقدار زیاد این سم در انسان مسمومیت ایجاد می‌کند. با توجه به این که توصیه می‌شود سیب‌زمینی را باید همواره در جای خنک و تاریک نگهداری کرد، راجع به سولانین تحقیق کنید.

گیاهان معمولاً در خاک رشد می‌کنند. لایه بالایی خاک تمام آب و مواد معدنی مورد نیاز گیاهان را تأمین می‌کند. این لایه دارای انواع مختلفی از موجودات زنده است که با یکدیگر ارتباط زیستی دارند و یک بوم‌سازگان را تشکیل می‌دهند. به وجود آمدن چنین ساز و کاری شاید قرن‌ها زمان لازم داشته باشد و بی توجهی انسان به محیط زیست در مدت کوتاهی می‌تواند باعث از بین رفتن این اکوسیستم و در نتیجه نابودی گیاهان شود.

آب و مواد معدنی در فضاهای موجود بین ذرات خاک قرار گرفته‌اند و محلول خاک را می‌سازند. هوا هم در بین ذرات خاک وجود دارد اگر تعادل بین مخلوط خاک و هوا تغییر کند، امکان خفگی ریشه‌ها به دلیل کمبود اکسیژن و یا مواد معدنی و آب وجود دارد. می‌توان فهمید که بافت خاک در این پدیده نقش مهمی دارد. خاک‌های ماسه‌ای، آب را در خود نگه نمی‌دارند اما منافذ آنها برای عبور هوا مناسب است. در مقابل خاک‌های رسی تمایل به نگهداری بیش از اندازه آب دارند. علاوه بر آب، مواد معدنی و هوا، مواد آلی موجود در خاک هم که از بقایای موجودات زنده - مانند برگ‌ها - تأمین می‌شود، از مواد ضروری برای رشد گیاه محسوب می‌شود.

**?** فهمیدیم که ریشه‌ها برای تنفس به اکسیژن نیاز دارند. با اطلاعاتی که در مورد ساختار گیاهان دارید، مطالعه کنید که هر یک از اندام‌های گیاهان چگونه اکسیژن مورد نیاز خود را به دست می‌آورند:

**الف: برگ**

**ب: ریشه**

**ج: ساقه**

**?** همین موارد را درباره گیاهانی که در آب زندگی می‌کنند بررسی کنید.

**?** آزمایشی طراحی کنید که نحوه تنفس گیاهان را در شرایط خاکی و آبی نشان دهد.

**?** خاک مناسب برای رشد گیاهان باید چه بافتی داشته باشد. خاک ماسه‌ای، خاک رسی و انواع دیگر خاک‌ها را بررسی کنید. آیا نوع خاک و شیوه تنفس گیاهان می‌تواند مبنایی برای طبقه‌بندی باشد؟

**?** یکی از عناصر ضروری برای رشد گیاهان نیتروژن است. امروزه کشاورزان از کودهای غنی از نیتروژن، فسفر و پتاسیم استفاده می‌کنند. نیتروژن معمولاً به صورت آمونیوم و یا نیترات، فسفر به شکل فسفریک و پتاسیم به صورت پتاس معدنی کاربرد دارد. از سویی می‌دانیم حدود ۶۰۰ گونه گیاهی گوشت‌خوار وجود دارد.

این گیاهان برای جبران نیتروژن مورد نیاز خود، حشرات، آغازیان و حتی پستانداران کوچک را شکار می‌کنند. چگونگی سازگاری این گیاهان، روش‌های شکار و جذب نیتروژن را در آنها بررسی کنید. آیا این سازگاری علاوه بر نیتروژن، نیازهای دیگری را هم در این گونه‌ها مرتفع می‌کند؟

### عناصر ضروری مورد نیاز گیاهان و گیاهان هوشمند!

در جدول زیر فهرست عناصر ضروری برای رشد گیاهان را می‌بینیم. عنصر غیر ضروری، عنصری است که گیاه فقط برای تولید نسل بعد به آن نیاز داشته باشد و در طی رشد و نمو طبیعی از آن بی‌نیاز باشد.

وظائف اصلی	درصد وزن خشک	شکل قابل استفاده در گیاهان	عنصر
<b>عناصر پر مصرف</b>			
کربن	CO <sub>۲</sub>	۴۵	از اجزای اصلی ترکیبات آلی گیاهی است.
اکسیژن	CO <sub>۲</sub>	۴۵	از اجزای اصلی ترکیبات آلی گیاهی است.
هیدروژن	H <sub>۲</sub> O	۶	از اجزای اصلی ترکیبات آلی گیاهی است.
نیتروژن	NO <sub>۳</sub> <sup>-</sup> , NH <sub>۴</sub> <sup>+</sup>	۱/۵	در ساختار پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک، هورمون‌ها، کلروفیل‌ها وجود دارد
پتاسیم	K <sup>+</sup>	۱	در تولید پروتئین، تنظیم تعادل آب و تنظیم عملکرد روزه‌ها کاربرد دارد.
کلسیم	Ca <sup>۲+</sup>	۰/۵	در دیواره سلولی، ساختار غشا و تنظیم آنزیم‌ها نقش دارد.
منیزیم	Mg <sup>۲+</sup>	۰/۲	در ساختار کلروفیل و فعال‌سازی بسیاری آنزیم‌ها شرکت می‌کند.
فسفر	H <sub>۲</sub> PO <sub>۴</sub> <sup>-</sup> HPO <sub>۴</sub> <sup>۲-</sup>	۰/۲	در ساختار اسیدهای نوکلئیک، فسفولیپیدها و انتقال انرژی در سلول نقش دارد.
گوگرد	SO <sub>۴</sub> <sup>۲-</sup>	۰/۱	در ساختار پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک وجود دارد.
<b>عناصر کم مصرف</b>			
کلر	Cl <sup>-</sup>	۰/۰۱	در تجزیه آب در فتوسنتز ضروری است و در تعادل آب نقش دارد.
آهن	Fe <sup>۳+</sup> , Fe <sup>۲+</sup>	۰/۰۱	در ساختار آنزیم‌ها شرکت دارد.
منگنز	Mn <sup>۲+</sup>	۰/۰۰۵	در تجزیه آب در فتوسنتز و تشکیل آمینواسیدها و آنزیم‌ها مشارکت دارد.
بور	H <sub>۲</sub> BO <sub>۳</sub> <sup>-</sup>	۰/۰۰۲	در ساختار و عملکرد دیواره سلولی و کلروفیل نقش دارد.
روی	Zn <sup>۲+</sup>	۰/۰۰۲	در ساخته شدن کلروفیل و برخی آنزیم‌ها نقش دارد.
مس	Cu <sup>+</sup> , Cu <sup>۲+</sup>	۰/۰۰۱	در ساختن چوب (لیگنین) نقش مهمی بازی می‌کند.
نیکل	Ni <sup>۲+</sup>	۰/۰۰۱	در سوخت و ساز نیتروژن نقش دارد.
مولیبدن	MoO <sub>۴</sub> <sup>۲-</sup>	۰/۰۰۰۱	در هم‌زیستی با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن نقش دارد.

همان‌طور که می‌بینید ۹ عنصر پر مصرف وجود دارد که ۶ تای اول از اجزای اصلی ترکیبات آلی سازندهٔ پیکر گیاهان است و در این بین نیتروژن بیشترین سهم را در رشد گیاهان زراعی داراست. دانشمندان برای این‌که مصرف کود در گیاهان را به حداقل برسانند از مهندسی ژنتیک بهره می‌برند. می‌دانید که ژن‌ها در سلول عهده‌دار تنظیم فعالیت‌های حیاتی هستند. دانشمندان با انتقال ژن‌های مشخصی به گیاهان توانسته‌اند یک سامانه گزارش‌دهی ایجاد کنند به این نحو که اگر میزان یک ماده معدنی - مانند فسفر - در گیاه به کمتر از حد مورد نیاز برسد، ژن گزارشگر فعال می‌شود و در اثر فعالیت این ژن، ژن دیگری شروع به تولید رنگدانه‌ای رنگی می‌نماید. تغییر رنگ گیاهان به کشاورز هشدار می‌دهد که باید کود فسفاته به گیاه برساند.



### ساعت زیستی (ساعت بیولوژیکی، Circadian rhythm)



فرض کنید از شهر یا روستای محل سکونت خود در ایران، در ساعت ۱۲ ظهر به کمک یک هواپیمای بسیار سریع به شهری در غرب کره زمین سفر کنید، اگر ساعت محلی شهر مقصد با ساعت محلی محل زندگی شما ۱۲ ساعت اختلاف داشته باشد، و شما در طی ۶ ساعت به

این هواپیما به مقصد برسید، در شهر مقصد ساعت ۶ صبح خواهد بود. اما براساس ساعت تنظیم شده در بدن شما و یا به عبارت دیگر وقت محلی شهر یا روستای شما، ۶ بعد از ظهر است. فرض کنید معمولاً ساعت ۱۱ شب بخوابید، در این صورت در شرایط جدید ساعت ۱۱ صبح خوابتان می‌گیرد. اگر مواردی مانند اضطراب سفر، نوع تغذیه، عدم حرکت بدنی در طی سفر و فشار داخل هواپیما را به این بی‌خوابی شما اضافه کنیم به نظر نمی‌آید حال و روز خوبی داشته باشید. این حالت را پرواز زدگی می‌گویند. در بدن انسان هورمونی به نام ملاتونین ترشح می‌شود که ساعت زیستی را تنظیم می‌کند و در طی مسافرت‌های طولانی ترشح آن کاهش می‌یابد. گیاهان هم مانند سایر موجودات زنده، ساعت زیستی دارند که به آنها کمک می‌کند تا به تغییرات زمان حساس باشند. یکی از پاسخ‌های گیاهان به زمان، حرکت‌های خواب است. بسته‌شدن گلبرگ‌های گل‌ها در شب و یا تغییر وضعیت برگ‌ها از این موارد است. سرعت رشد بسیاری از گیاهان هم در طول روز و شب متفاوت است. فعالیت بسیاری از



ژن‌ها و خیلی از فعالیت‌های شیمیایی گیاه هم تحت تأثیر ساعت زیستی است. همان‌طور که می‌دانید تمامی ژن‌های یک جاندار پرسلولی در هسته همه سلول‌های این جاندار یافت می‌شود، اما همه این ژن‌ها همیشه فعال نیستند و فعال شدن آنها (و یا در اصطلاح ژنتیک، روشن شدن آنها) به عملکرد سلول بستگی دارد. به عنوان مثال ژنی که باعث تولید رنگدانه‌های برگ‌ها می‌شود، در سلول‌های ریشه روشن نیست.



ساعت زیستی برای این که فعالیت‌های وابسته به زمان را در گیاهان کنترل کند نیازمند عوامل محیطی مانند نور و دماست.

نکته قابل توجه این است که در صورت عدم وجود عوامل محیطی، گیاه تا چندین روز می‌تواند نظم ساعت زیستی خود را حفظ کند. بعد از این مدت ساعت زیستی باید دوباره توسط گیاه و براساس محرک‌های موجود در محیط تنظیم شود.

**?** با انتقال گونه‌های گیاهان به مناطق مختلف، انتظار می‌رود که ساعت زیستی آنها تغییر کند. با توجه به این که ساعت زیستی با نیازهای یک جاندار تطبیق دارد، بررسی کنید که این هماهنگی‌ها چه تأثیری در بقای یک گونه در موقعیت‌های جغرافیایی مشخص دارد.

همان‌طور که می‌دانید گیاهان گل‌دار (نهان‌دانگان) از پیشرفته‌ترین انواع گیاهان در طبقه‌بندی محسوب می‌شوند. آنها دانه دارند و اندام‌های رویشی مانند ساقه، برگ و ریشه در آنها تکامل یافته‌تر است. خانواده‌ای



از گیاهان گل‌دار به نام پیچکیان وجود دارد که زندگی انگلی دارد. این گیاه معمولاً سبزینه ندارد. میزبانی برای خود پیدا می‌کند و با اندام‌های مکند‌ای که در ساقه زیرزمینی خود دارد به ریشه گیاه میزبان می‌رسد، با ترشح آنزیم‌هایی دیواره سلولی را می‌شکافد و از مواد غذایی گیاه میزبان برای رشد و تولید مثل خود استفاده می‌کند.

**?** با توجه به این که این گیاه فاقد ریشه و سبزینه است، ویژگی‌هایی برای این گیاه ذکر کنید که طبقه‌بندی آن را توجیه نماید. می‌توانید از کلید واژه (تیره سس : Cuscutaceae) برای جستجو استفاده کنید.

## گیاهان دارویی



بیماری‌های قلبی یکی از مهم‌ترین عوامل مرگ و میر انسان‌ها در سال‌های اخیر بوده است. با توجه به اینکه سلول‌های ماهیچه قلبی ساختاری متفاوت از سایر سلول‌های ماهیچه‌ای بدن دارند، تنظیم و کنترل انقباض این عضله، تأثیر مهمی در کنترل بیماری‌های قلبی دارد.

گونه‌هایی از گیاه انگشتانه به‌ویژه *Digitalis purpurea* و *Digitalis lanata* - که از خانواده گل میمون هستند، به عنوان یکی از داروهای اصلی در تنظیم انقباضات قلب نقش دارند. دیجیتالین‌ها گروه مهمی از داروهای قلبی هستند که به شکل مصنوعی هم ساخته می‌شوند. گیاهان دارویی بسیار گسترده هستند. دانشمندان در تولید بسیاری از داروهایی که امروزه به شکل صنعتی تولید می‌شوند از الگوهای گیاهی بهره برده‌اند. در غلاف میوه لوبیا، ماده‌ای وجود دارد که میزان قند خون را کنترل می‌کند و به آن انسولین گیاهی می‌گویند. این ماده در دسته گلوکینین‌ها قرار می‌گیرد. در فرهنگ کشور ما استفاده از شلغم و مرکبات در درمان بیماری‌ها شناخته شده‌است. علاوه بر این گیاهان، آنتی‌بیوتیک‌های متنوعی در سیر، پیاز، خردل و بارهنگ وجود دارد. این ترکیبات بسیار ناپایدار و فرار هستند و حتی از طریق مصرف استنشاقی (بخور) هم به بهبود بیماری‌ها کمک می‌کنند. زعفران که محصول ارزشمند در سرزمین ماست به جز مصارف اقتصادی که دارد، از گذشته در کنترل دردهای دندان و ایجاد بی‌حسی در مخاط دهان (به شکل مصرف موضعی) و همچنین به شکل دم کرده در درمان بیماری‌های گوارشی و آسم بسیار کاربرد داشته است. این گیاه آرام‌بخش مناسبی است.

البته باید توجه داشت که چگونگی مصرف گیاهان نیز اهمیت به‌سزایی در تأثیر آنها دارد. گیاهی مانند اسفناج در مقایسه با گوشت قرمز از میزان آهن بیشتری برخوردار است. همین‌طور کلسیم آن از ماست - که فرآورده‌ای سرشار از کلسیم است - بیشتر است. اما به دلیل وجود اسیدازلیک در اسفناج و ترکیب سریع این ماده با کلسیم و آهن، جذب این مواد به شکل مستقیم از اسفناج کاهش می‌یابد و حتی در برخی موارد مصرف زیاد اسفناج منجر به تولید اگزالات کلسیم می‌شود که احتمال ایجاد سنگ‌های ادراری را افزایش می‌دهد. جالب است بدانید که اسفناج سرشار از مس، فسفر و منگنز است و همین‌طور منبع غنی ویتامین‌های A, C, E, K, B و اسیدفولیک محسوب می‌شود.



دو دانشمند به نام‌های مایکل براون و ژوزف گلدشتاین در سال ۱۹۸۵ میلادی برنده جایزه نوبل فیزیولوژی پزشکی شدند. آنها چگونگی متابولیسم کلسترول در بدن را گزارش کردند. متعاقب این تحقیقات، اخیراً دارویی به نام گاولسترول تولید شده است. جالب این‌جاست که این دارو از گونه‌ای گیاهی به نام گاول (guggul) به دست می‌آید. گاول درختی است که بومی هندوستان است و در طب سنتی هندوستان، ۶۰۰ سال پیش از میلاد برای درمان مشکلات چاقی و عوارض ناشی از مصرف کلسترول استفاده شده‌است.



◀ داز یا نخل ایرانی، از درختان بومی ایران است که در سیستان و بلوچستان دیده می‌شود. وجود این گیاه به طرز شگفت‌انگیزی با زندگی مردمان این نواحی آمیخته است. پروژه‌های راطراحی کنید که طی آن نقش داز در زندگی مردم این ناحیه بررسی شود. برای جلوگیری از آسیب‌دیدن این گیاه در اثر خشکسالی، چه طرحی پیشنهاد می‌کنید؟





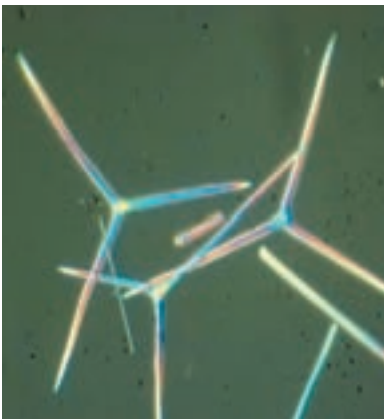
وقتی به رژیم غذایی مردمان شرق دور مانند چین و سنگاپور فکر می‌کنیم، شاید خیلی برایمان خوشایند نباشد که غذاهای مطلوب و سنتی خودمان را با چنین وعده‌هایی از غذا جایگزین کنیم. اما نکته بسیار مهم در زیست‌شناسی این است که در طی سال‌های طولانی، موجودات زنده نیازهای تغذیه‌ای خود را تشخیص داده‌اند و رژیم غذایی طبیعی هر منطقه جغرافیایی، به سازگاری و ماندگاری گونه‌های مختلف موجودات زنده در آن ناحیه کمک کرده‌است.

امروزه محصولات طبیعی دریایی کاربردهای گسترده‌ای در صنعت و پزشکی دارد. فهرستی طولانی از داروهایی وجود دارد که از اسفنج‌ها به دست می‌آید. از داروهای ضد سرطان، ضد التهاب و آنتی‌بیوتیک‌ها تا داروهایی که در کنترل فشار و انعقاد خون، ترمیم زخم‌ها و تنظیم دستگاه ایمنی بدن نقش دارند. در فاصله سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۰ هجری شمسی تعداد محصولات طبیعی دریایی صدها برابر افزایش یافته‌است. اسفنج‌ها، مرجان‌ها، کیسه‌تنان، نرم‌تنان و سایر جانداران بی‌مهره‌ای که می‌شناسید، منابع ارزشمندی هستند که نیازهای انسان را برآورده می‌کنند.

برخی اسفنج‌ها بر روی سنگ‌های دریا رشد می‌کنند و مانند خزه‌هایی که در خشکی می‌بینیم روی سنگ‌ها را می‌پوشانند. این اسفنج‌ها اندازه‌های بسیار کوچکی دارند. اما برخی از آنها مانند اسفنج بزرگ کارائیب به قدری بزرگ هستند که یک انسان به راحتی در داخل آن جا می‌شود. اسفنج‌ها در هر



اندازه‌ای که باشند توانایی بالایی در فیلتر نمودن آب دارند و می‌توانند ذرات بسیار ریز موجود در آب را، در ابعاد یک باکتری (یعنی از یک میکرون تا ده میکرون) و به همین طریق ذرات بزرگ‌تر را به دام ببنداند.



اسفنج‌ها نوعی اسکلت داخلی دارند که از اسپیکول‌های آهکی و سیلیسی شکل گرفته‌است. اسپیکول‌ها زائده‌های سوزن مانند نازک هستند. در برخی اسفنج‌ها شبکه‌ای توری مانند از جنس پروتئین که اسپونژین نامیده می‌شود، این اسکلت را کامل می‌کند. توجه داشته‌باشید که در گروهی از اسفنج‌ها اسکلت داخلی فقط با کمک میکروسکوپ دیده می‌شود. حفظ شکل اسفنج‌ها به عهده این اسکلت است و یکی از معیارهای رده‌بندی آنان محسوب می‌شود چرا که شکل مجاری ورودی آب به بدن

اسفنج‌ها ارتباط نزدیکی با ساختار بدنی آنها دارد. اسفنج‌ها، و سایر موجودات دریایی برای ادامه زندگی نیازمند غذا و امنیت هستند. گذشته از تجربه سالیان طولانی انسان‌ها در استفاده از طبیعت برای درمان دردها و بیماری‌ها، امروزه بیش از پیش به این موضوع توجه داریم که موجودات زنده برای ادامه بقا باید با انواع خطرات محیطی مواجه‌شوند و بسیاری از آنها از ترکیبات شیمیایی مخصوصی بهره می‌برند تا موفق به دفاع از خود شوند. باکتری‌ها، عوامل سرطان‌زا و سایر عوامل بیماری‌زا اسفنج‌ها و سایر موجودات دریایی را هم تهدید می‌کنند، پس طبیعی است که مواد شیمیایی تولیدشده توسط اسفنج‌ها در درمان بیماری‌ها کارآمد باشند.



یوندلیس (Yondelis) دارویی ضد سرطان است که از *Ecteinascidia turbinata*، نوعی اسکویید به دست می‌آید. ترکیب کریبروستاتین در اسفنج‌های دریازی، گروهی از باکتری‌ها را که به پنی‌سیلین مقاوم هستند، از بین می‌برد. یادتان هست که پنی‌سیلین هم از نوعی قارچ به نام *penicillium chrysogenum* به دست می‌آید.

اکتیناسیید یا توربیناتا

## بازیافت زیست محیطی

ترکیبات هالوژن یکی از بزرگترین آلوده‌کننده‌های محیط زیست به شمار می‌روند. هالوژن‌ها عناصری مثل کلر، فلوئور، برم و ید هستند که در گروه هفتم اصلی جدول تناوبی قرار می‌گیرند. برای کاهش خطرات زیست محیطی این ترکیبات، محصولات طبیعی نیاز هست که از تأثیر مخرب آنها بکاهد. اسفنج‌ها برای محافظت از خود در برابر شکارچی‌ها و سایر موجودات زنده که برای آنان مزاحمت ایجاد می‌کنند ترکیباتی آلی تولید می‌کنند که دارای برم است. خانواده‌ای از اسفنج‌های زرد روشن به نام *aplysina aerophoba* وجود دارد که ۷ تا ۱۲ درصد از وزن خشک آن را ترکیبات حاوی برم تشکیل می‌دهد. این اسفنج‌ها به مقدار بسیار زیادی در آب‌های مناطق گرم و نیمه گرم مانند دریای مدیترانه، اقیانوس آرام و اطلس یافت می‌شوند. حدود ۴۰ درصد از وزن این اسفنج‌ها را جاندارانی ذره‌بینی از جمله باکتری‌ها تشکیل می‌دهند که ترکیبات برم‌دار تولیدشده توسط اسفنج‌ها، تأثیری بر آنها ندارد. دانشمندان در حال تحقیق بر روی این جانداران ذره‌بینی هستند چراکه به نظر می‌رسد این موجودات می‌توانند ترکیبات تولید شده توسط اسفنج‌ها را بازیافت کنند.



**?** بررسی کنید که در محیط زیست ما چه فرآورده‌هایی حاصل از ترکیبات هالوژنی وجود دارد و چرا این ترکیبات جزو آلاینده‌های محیط زیست محسوب می‌شوند. آیا می‌توان به شیوه زیست محیطی - مانند آنچه در مورد اسفنج‌ها و باکتری‌های هم زیست آنها خوانده‌ایم - با این آلاینده‌ها برخورد کرد؟ اسفنج‌های شیشه‌ای یا Hexactinellida در قسمت‌های عمیق اقیانوس زندگی می‌کنند. این اسفنج‌ها اسپیکول‌هایی از جنس سیلیس دارند که به آنها ظاهر زیبا و منحصر به فردی می‌بخشد. این ساختار در اسفنج‌ها کمک می‌کند که آنها از خطر بسیاری از شکارچیان در امان بمانند. با این حال ستاره دریایی از این اسفنج تغذیه می‌کند. نکته جالب دیگر میگو‌هایی هستند که در داخل گونه‌ای از این اسفنج‌ها به نام *Hexactinellida euplectella* زندگی هم‌زیستی دارند.



**۱- بررسی کنید که ستاره دریایی چگونه می‌تواند بر چین ساختار دفاعی غلبه کند و از اسفنج به عنوان شکار استفاده نماید.**

**۲- بررسی کنید که هم‌زیستی میگو با اسفنج چه مزیت‌هایی را برای اسفنج به همراه خواهد داشت.**

**۳- با توجه به این که رده‌بندی اسفنج‌ها براساس شکل ظاهری و رنگ آنها انجام می‌گیرد و با دقت در این مطلب که رنگ بسیاری از اسفنج‌ها به جانداران ذره‌بینی هم‌زیست آنها مربوط می‌شود روش‌های نوین در رده‌بندی اسفنج‌ها را بررسی نمایید.**

## صخره های مرجانی

شقایق‌های دریایی و مرجان‌ها از معروف‌ترین زیر شاخه‌های کیسه‌تان هستند. آنها معمولاً در نقطه‌ای از



اقیانوس به شکل ثابت زندگی می‌کنند و با جلبک‌ها هم‌زیستی دارند. بسیاری از گونه‌های این جانداران اسکلت سختی از جنس کربنات کلسیم (آهک) دارند و هر نسلی بر روی اسکلت‌های باقی‌مانده از نسل‌های قدیمی رشد می‌کند. این اسکلت‌ها همان چیزی است که ما صخره‌های مرجانی می‌نامیم. یک صخره مرجانی

را در نظر بگیرید. تعداد و تنوع گونه‌های جاندارانی که در اطراف این صخره زندگی می‌کنند با یک جنگل در ناحیه گرمسیر برابری می‌کند. در حقیقت صخره‌های مرجانی زیستگاه‌های بسیار مناسبی را برای سایر جانداران فراهم می‌کنند. اسفنج‌ها هم تا حدی چنین خصوصیتی دارند.

عواملی مانند آلودگی آب‌ها به وسیله انواع آلاینده‌ها، از جمله آلاینده‌های نفتی، افزایش دمای کره زمین، برخورد کشتی‌ها به صخره‌های مرجانی و صید بی‌رویه جانداران دریایی همگی باعث تخریب سریع صخره‌های مرجانی شده است. صخره‌های مرجانی یک هزارم خشکی‌های جهان را تشکیل می‌دهند. برای شکل‌گیری بخشی از این جزایر که به اندازه یک توپ فوتبال است بیش از بیست سال زمان لازم است. تعداد زیادی از این صخره‌ها بیش از ده هزار سال عمر دارند و حدود صد هزار کیلومتر از حاشیه کشورهای استوایی توسط این صخره‌ها پوشیده شده است.

**۱- مرجان‌ها در عمقی از آب تا حدود ۳۰ متر زندگی می‌کنند. چه دلیلی برای این محدودیت به نظر تان می‌رسد؟**

**۲- دمای بین ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد، دمای مطلوب برای بقای مرجان‌هاست. با توجه**



جزیره کیش

به این موضوع وضعیت جزیره کیش را از نظر زیرساخت‌های مرجانی بررسی کنید.

**۳- با بررسی نسبی از فضایی که مرجان‌ها برای زیستن اشغال می‌کنند و محیطی که برای رشد سایر گونه‌های جانداران فراهم کرده‌اند، ضرورت‌های حفاظت از این جانداران را بررسی کنید.**

## عروس شکارچی



کیسه‌تان گوشت‌خوار هستند. بازوهای آنها مجهز به سلول‌های منحصر به فردی به نام نیدوسیت است که هم در دفاع و هم در شکار طعمه نقش دارند. نیدوسیت‌ها دارای نید هستند. در یونانی واژه Cnide به معنای گزنه است. به همین دلیل به این شاخه نیداریا Cnidaria هم گفته می‌شود.

نیدها اندام‌های کپسول‌مانندی هستند که قادرند به طرف بیرون دراز شوند. نیده‌های ویژه‌ای که نماتوسیست نامیده می‌شوند، کپسول‌های نیش‌زننده‌ای هستند که قادرند به درون بدن میزبان فرو روند. نیده‌های دیگر، رشته‌های خیلی درازی هستند که در صورت برخورد طعمه با بازوها به آن چسبیده یا آن را به دام می‌اندازند.



با توجه به این که هر نیدوسیت فقط یک سلول است:

**?** چه شباهتی بین این شکل از عملکرد نیدوسیت و اندام‌های دفاعی سایر جانداران وجود دارد؟

◀ اگر روزی به فضا سفر کردید، هنگام دور شدن از کره زمین و یا در مسیر برگشت، می‌توانید بخش‌هایی از کره زمین را از خارج اتمسفر تشخیص دهید. به جز دیوار چین و ارتفاعات هیمالیا، در شمال شرقی ساحل استرالیا جزایری را خواهید دید که حدود ۲۳ هزار کیلومتر طول دارند و در طی زمانی متجاوز از ده هزار سال تشکیل شده‌اند. این صخره‌ها بیش از ۴۰۰ گونه مرجانی را در خود جای داده‌اند. حدود ۴۰۰۰ گونه از نرم‌تنان، ۱۵۰۰ گونه ماهی‌ها و تعداد زیادی از سایر گونه‌های جانداران در آن جا یافت می‌شوند. با کمال تأسف این صخره‌ها به سرعت در حال تخریب هستند.



**?** بررسی کنید که عوامل زیر، هر یک چگونه این تخریب را شکل می‌دهند. نکته غم‌انگیز این جاست که ردپای انسان در این تخریب کاملاً دیده می‌شود. افزایش دمای آب‌ها، آلاینده‌های نفتی، میزان اکسیژن آب، هم‌زیستی جلبک‌ها، شکارچیان دریایی، صید و ماهی‌گیری و گردش‌گری.



## کرم های خواب آلود



کرم های خاکی با شخم زدن خاک و زیر و رو کردن آن، به انتقال مواد معدنی به سطح خاک کمک می کنند و مسیرهایی برای هوادهی ریشه گیاهان فراهم می سازند. در هزار مترمربع خاک کشاورزی تا ۲۵۰ هزار کرم خاکی وجود دارد. این جانداران از باکتری ها، قارچ ها، برگ ها و ریشه های پوسیده به عنوان ماده غذایی استفاده می کنند. در مسیر حرکتشان خاک را می بلعند و مواد هضم نشده را دفع می کنند. در

همان هزار مترمربع شاید سالیانه نزدیک به چند هزار کیلوگرم دفعیات کرم خاکی تولید شده که باعث بهبود بافت خاک های کشاورزی می شود. کرم خاکی در فصول سرد سال می تواند در اعماق خاک زنده بماند و پس از طی شدن دوران سرما، به سطح خاک برمی گردد.



زالو نماینده معروف دیگری از کرم های حلقوی است که خون می نوشد. یعنی زندگی انگلی دارد. البته گروهی از زالوها هم وجود دارند که بی مهرگان دیگر را شکار می کنند.

**?** زالو ماده ای به نام هیروودین ترشح می کند که از انعقاد خون جلوگیری می کند. به کمک مهندسی ژنتیک، چند شکل از هیروودین ساخته شده است که مصرف دارویی دارد. بررسی کنید که هیروودین چه کاربردی در جراحی ها و یا درمان آسیب های بافتی می تواند داشته باشد؟

**?** در باورهای سنتی حجامت و یا استفاده از زالو باعث

روان شدن جریان خون و یا به اصطلاح تصفیه خون می شود. در سال های اخیر این دو روش با کنترل های بهداشتی انجام می شود. اهدای خون از طریق مراکز سازمان انتقال خون نیز یکی از روش هایی است که طی آن فعالیت خون سازی در بدن تقویت می شود. این روش ها را مقایسه کنید و با مستندات علمی توضیح دهید که در چه شرایطی، کدام روش می تواند مفیدتر باشد.

**?** تصویری وجود دارد که اگر یک کرم خاکی را به دو نیم تقسیم کنیم، هر قطعه رشد می کند و به موجودی جدید تبدیل خواهد شد. این آزمایش را انجام دهید و مستندات علمی مناسب تهیه کنید. یافته های خود را با مطالعاتی که در این زمینه انجام شده است مقایسه کنید.

## انسان در بند بندپایان

عمر نخستین سنگواره‌هایی که احتمال می‌رود مربوط به بندپایان باشد، حدود ۵۳۰ میلیون سال است.

به اعتقاد دانشمندان تنوع فراوان و تعداد شگفت‌انگیز این شاخه از بی‌مهرگان به دلیل ساختار بدن بند بند آنها و ضمایم مختلف و تخصصی دهان است که توانایی آنان را در راه رفتن، پرواز کردن و تغذیه افزایش داده است. از مجموع گونه‌های شناخته شده جانوران، ۹۸ درصد آنان بی‌مهره هستند.

## زنبور عسل

خداوند در قرآن می‌فرماید: «پروردگار تو، به زنبور وحی کرد که از کوه‌ها و درختان و آنچه مردم می‌سازند، خانه‌هایی را برای خود انتخاب کن و از تمام محصولات تغذیه کن و راه‌هایی را طی کن که پروردگارت برایت تعیین کرده‌است.» سپس به تولید عسل اشاره می‌کند و می‌گوید که از درون بدن زنبور نوشیدنی‌ای خارج می‌شود که رنگ‌های متفاوت دارد و می‌فرماید که در آن شفا برای مردم است.

تأثیر شگفت‌انگیز و غیر قابل انکار زنبورها در گرده‌افشانی گیاهان ثابت شده‌است. در مناطقی که به هر دلیلی حضور زنبورها کم می‌شود میزان محصولات کشاورزی کاهش می‌یابد و در مواردی کاملاً محصولات از بین می‌روند. از سویی انتخاب گل‌های متفاوت و شهدهای متنوع از سوی زنبورها این مفهوم را تداعی می‌کند که زنبورها، خواص گوناگون گیاهان را در یک محصول به نام عسل جمع‌آوری می‌کنند و اثرات درمانی و نقش مؤثر عسل در بهبود تغذیه انسان‌ها سال‌هاست که مورد بررسی و تحقیق است.

عسل به دو شکل خام و پاستوریزه ارائه می‌شود. عسل خام مستقیم از کندو به ظرف‌های بسته‌بندی منتقل می‌شود و معمولاً حاوی موم، گرده گل و کمی مخمر است.

**?** افرادی که به شکل سنتی به تولید عسل اشتغال دارند بر این باورند که استفاده از عسل خام در بهبود حساسیت‌های فصلی مؤثر است.





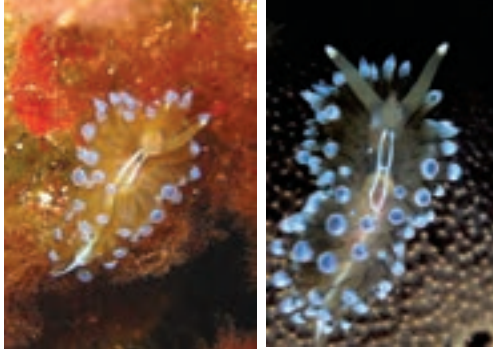
پروژه‌های تعریف کنید که طی آن حساسیت فصلی، عوامل ایجادکننده محیطی و همچنین تأثیر عسل در کنترل حساسیت فصلی را بتوان اندازه‌گیری کرد. در طراحی پروژه به این نکته توجه کنید که عسل‌های تولیدی در یک منطقه، آیا می‌تواند بر حساسیت‌های فصلی در مناطق دیگر هم مؤثر باشد.



**?** حدود ۸۰ درصد عسل را کربوهیدرات‌ها تشکیل می‌دهد. اسیدهای آمینه، مواد معدنی و آب هم سایر اجزای اصلی تشکیل‌دهنده عسل است. با این که عسل منبع غذایی فوق‌العاده غنی و ارزشمندی است اما معمولاً فاسد نمی‌شود. پروژه‌های طراحی کنید که ماندگاری عسل را در شرایط مختلف بررسی کند.

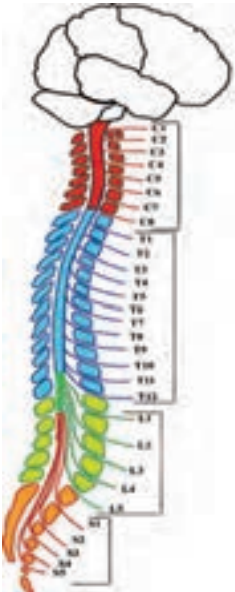
امروزه عسل کاربردهای متنوع در پزشکی دارد. از

کنترل اسهال‌های عفونی در کودکان تا بهبود التهاب‌های دستگاه گوارش و درمان زخم‌ها. البته مطالعات در این زمینه هنوز ادامه دارد اما بسیاری از مراکز درمانی - از جمله در کشورمان - از خواص عسل در ترمیم زخم‌ها و کنترل عفونت‌های باکتریایی بهره می‌برند. باید بدانیم که عسل به هر حال یک منبع غنی از مواد قندی است و میانه‌روی در مصرف این ماده ارزشمند اهمیت بالایی دارد. **?** معمولاً توصیه می‌شود در کودکان زیر یک سال از مصرف عسل خودداری شود. نوعی مسمومیت غذایی بسیار نادر اما خطرناک به نام بوتولیسم کودکان وجود دارد و زمانی اتفاق می‌افتد که عامل این بیماری (*Clostridium botulinum*) در عسل وجود داشته باشد. حتی پاستوریزه کردن عسل هم این عامل را از بین نخواهد برد. سؤال این‌جاست که چرا این محدودیت برای کودکان زیر یک سال در نظر گرفته می‌شود؟

	<p><b>Janolus cristatus</b></p> <p>حلزونی شگفت‌انگیز که در دریا زندگی می‌کند. حدود ۷ تا ۸ سانتی متر طول دارد. بدنش نرم و نیمه شفاف است.</p>
---	---



جانوران به دو گروه بزرگ مهره‌داران و بی‌مهرگان تقسیم می‌شوند. با آن که بی‌مهرگان درصد بالایی از جانوران (حدود ۹۸ درصد) را تشکیل می‌دهند، اما به نظر می‌رسد مهره‌داران جانوران پیشرفته‌تری هستند. کمتر از ۶۰ هزار گونه مهره‌دار شناسایی شده است اما تا امروز حدود ۲ میلیون گونه بی‌مهره نام‌گذاری علمی شده‌اند و به نظر می‌رسد میلیون‌ها گونه ناشناخته هنوز وجود دارد.



مهم‌ترین ویژگی این گروه، داشتن ستون مهره‌ها و نخاع است. در مهره‌داران اسکلت داخلی کاملاً رشد کرده و مغز بسیار پیشرفته است. دستگاه عصبی رشد یافته و پوشش محافظ بدن که پوست نامیده می‌شود از دیگر ویژگی‌های مهره‌داران است.

مهره‌داران معمولاً جثه بزرگ‌تری در مقایسه با بی‌مهرگان دارند. ساختار بدنی پیشرفته مهره‌داران امکان حرکت و جابجایی سریع را در مقیاسی بزرگ برایشان فراهم کرده است، در صورتی که بی‌مهرگان چنین امکانی را ندارند. به عنوان مثال امکان پرواز پرنده‌ها با امکان پرواز حشرات بال‌دار قابل مقایسه نیست. همچنین دستگاه عصبی پیشرفته مهره‌داران آنان را در واکنش‌های سریع و مناسب به محرک‌های محیطی توانمندتر ساخته است.

مرغ پر زنبوری یا *Mellisuga helenae* کوچک‌ترین پرنده جهان است. وزن آن حدود ۱/۸ گرم است. از حشرات تغذیه می‌کند



و تخم‌هایش به اندازه یک دانه قهوه است. در هر ثانیه حدود ۲۰۰ مرتبه بال می‌زند و صدای بال‌زدنش شبیه صدایی است که از پرواز زنبورها ایجاد می‌شود. براساس رده‌بندی، این جاندار در رده پرنندگان طبقه‌بندی می‌شود و از موجوداتی است که در خطر انقراض است.



بزرگ‌ترین بی‌مهره شناخته‌شده اسکویید غول‌آسا است که وزن آن تا ۹۰۰ کیلوگرم می‌رسد. این موجود ۱۸ متری به رازی برای دانشمندان تبدیل شده‌است چرا که به دلیل زندگی در عمق اقیانوس‌ها و مشکلات نگهداری و بررسی آن در

فضاهای آزمایشگاهی تاکنون اطلاعات کمی از این جانور به دست آمده‌است. اولین بار این اسکویید در ساحل کاراکاس مشاهده‌شد که به دلیل خروج از آب، ماهی‌گیران آن را شکار کردند. در سال ۲۰۰۴ میلادی محققان ژاپنی اولین تصویر از اسکویید غول‌آسای زنده را منتشر کردند. اسکویید غول‌آسا مانند هم‌خانواده خود اسکویید کولوسال (Colossal squid) چشم‌هایی به قطر ۲۵ سانتی‌متر دارد که می‌تواند در عمق کم نور اقیانوس‌ها موجودات دیگر را ببیند. جایی که هیچ چشم دیگری قادر به دیدن نیست. مانند سایر گونه‌های اسکوییدها، این موجود نیز هشت پاست.

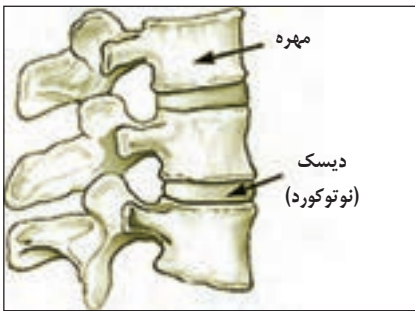
**❓** در مقایسه این دو جاندار چه می‌توان گفت؟ آیا مرغ پرزنبوری با وزن کمتر از ۲ گرم، از اسکویید غول‌آسا پیشرفته‌تر است؟

**❓** این دو جاندار را مقایسه کنید و ویژگی‌های حیاتی هر یک را فهرست نمایید. با توجه به اصولی که در رده‌بندی موجودات وجود دارد آیا می‌توان همچنان ادعا کرد که روش رده‌بندی امروزی کامل است؟

در شمال اقیانوس اطلس گونه‌ای از کوسه‌ها زندگی می‌کنند که به کوسه‌های گرین لند معروفند. نام علمی این گونه *Somniosus microcephalus* است. در سال ۲۰۱۶ گروهی از محققین با بهره‌گیری از کربن رادیواکتیو و بررسی عدسی چشم ۲۸ کوسه ماده دریافتند که متوسط سن آنها ۲۷۲ سال است. بزرگ‌ترین کوسه‌ها در این مطالعه ۴/۹۳ و ۵/۰۲ متر طول داشتند و سن آنها به ترتیب ۳۳۵ و ۳۹۲ سال برآورد شده‌است.



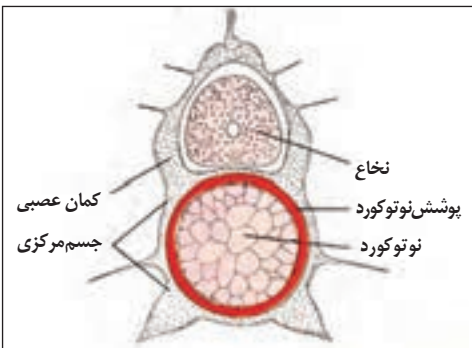
پیش از این مسن‌ترین مهره‌داری که شناسایی شده بود گونه‌ای از وال‌ها با طول عمر ۲۱۱ سال بوده‌است که *Balaena myctictetus* نامیده می‌شود. سرعت رشد این کوسه‌ها بسیار کند است به نحوی که هر سال فقط یک سانتی‌متر به طول آنها اضافه می‌شود و در حدود ۱۵۰ سالگی قدرت تولید مثل پیدا می‌کنند. کوسه‌های گرین‌لند که به کوسه‌های خاکستری هم معروفند بسیار آرام‌شنا می‌کنند و در یک ساعت حدود ۱۵۰۰ متر جابجا می‌شوند. این در حالی‌است که کوسه‌های سفید بزرگ حداکثر تا ۷۰ سال عمر می‌کنند و کوسه‌های نر در ۲۶ سالگی و کوسه‌های ماده در ۳۳ سالگی قدرت تولید مثل خواهندداشت. کوسه‌های سفید در مسافت‌های کوتاه با سرعت ۵۶ کیلومتر در ساعت توان حرکت دارند. چگونه این همه تفاوت در دو گونه از یک جنس را می‌توان قبول کرد؟ همان‌طور که می‌دانید جنس و گونه در پایین‌ترین سطح رده‌بندی قرار می‌گیرند و افراد یک جنس و یا یک گونه باید بیشترین شباهت‌ها را با یک‌دیگر داشته‌باشند. یک جنس (سرده) را گونه‌هایی تشکیل می‌دهند که از نظر ویژگی‌های حیاتی و ظاهری بسیار به هم نزدیک هستند. گونه، تخصصی‌ترین سطح رده‌بندی است و جاندارانی که



در یک گونه قرار می‌گیرند آن قدر به یک‌دیگر شباهت دارند که می‌توانند تولید مثل کرده و فرزندی را پدید آورند که شبیه والدین خود هستند. آنها نیز توانایی تولید مثل خواهندداشت. اگر دقت کرده‌باشید مهره‌داران براساس داشتن ستون مهره‌ها طبقه‌بندی شده‌اند. ستون مهره‌ها باقی مانده یا بهتر بگوییم حاصل تغییر شکل یافتن اندامی به نام نوتوکورد است.

در علم رده‌بندی شاخه طناب‌داران به دو زیر شاخه

بی‌مهرگان و مهره‌داران تقسیم می‌شوند. در حال حاضر بی‌مهرگان طناب‌دار تنوع و تعداد زیادی ندارند و جالب این‌جاست که این بی‌مهرگان شباهت بسیاری به مهره‌داران دارند. نوتوکورد در مراحل جنینی تمام طناب‌داران و نیز در برخی از طناب‌داران بالغ وجود دارد. این اندام شبیه یک لوله دراز و قابل انعطاف بین لوله گوارش و طناب عصبی قرار می‌گیرد و نقش یک اسکلت استحکام‌بخش را در طول مدت زندگی جانورانی که نوتوکورد در آنها باقی مانده‌است فراهم می‌کند. اما در اغلب مهره‌داران فقط بقایای نوتوکورد جنینی در دوران بلوغ باقی می‌ماند و به جای آن اسکلتی پیچیده و دارای مفصل در اطراف نوتوکورد جنینی شکل می‌گیرد. در انسان نوتوکورد تحلیل رفته‌است و دیسک‌های بین مهره‌های ستون فقرات همان بقایای نوتوکورد هستند.

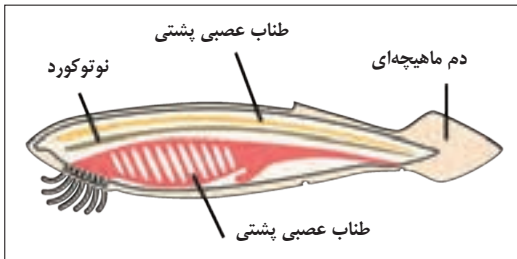


◀ سه خصوصیت دیگر در طناب‌داران دیده می‌شود:

● ۱- طناب عصبی که بعدها تبدیل به مغز و نخاع می‌شود.

● ۲- شکاف‌های حلقی که در جانداران پیشرفته تغییر شکل پیدا کرده در ماهی‌ها به شکاف‌های آبششی و در انسان به شیپور استنشاق در قسمت گوش تبدیل شده‌است.

● ۳- دم ماهیچه‌ای در ناحیه انتهای بدن. در انسان



این دم تحلیل رفته‌است و استخوان دنبالچه باقی‌مانده آن از دوران جنینی است. اینها همه خصوصیات است که مشاهده آن به دانشمندان کمک می‌کند که الگوهایی برای رده‌بندی جانداران پیدا کنند تا تاریخچه حیات را بهتر بدانند و مسیرهای تکامل

جانداران را کشف کنند. اما نکته جالب توجه این‌جاست که ممکن است با کشف یک فسیل و یا شناخت عملکرد یک مجموعه از ژن‌ها - که در دناى موجود زنده و در هسته سلول قرار می‌گیرد - مجموعه‌ای از این فرضیات تغییر کند.



هاگ فیش جاندارى شبیه مارماهی است و در رده‌بندی به عنوان یک مهره‌دار شناخته می‌شود. نکته مهم این‌جاست که هاگ فیش فاقد ستون مهره و حتی آرواره است. تنها اندام اسکلتی این جانور جمجمه‌ای غضروفی است. نوتوکورد هاگ فیش در دوران بلوغ به شکل یک ستون غضروفی محکم و قابل انعطاف باقی

می‌ماند. برخی دانشمندان اعتقاد دارند با توجه به ویژگی‌های موجوداتی مانند هاگ فیش باید رده‌بندی امروزی تغییر کند. آنان موجودی مانند هاگ فیش را به بی‌مهرگان نزدیک‌تر می‌دانند.

**P** با آنچه راجع به مقایسه کوسه‌های گرین لند و کوسه‌های سفید بزرگ دیدید و با اطلاعاتی که راجع به رده‌بندی مهره‌داران و بی‌مهرگان دارید بررسی کنید که کدام یک از موضوعات زیر می‌تواند اهمیت اصلی‌تری در رده‌بندی جانوران داشته‌باشد.

● ۱- متعلق بودن به گروهی از جانداران با خصوصیات ظاهری مشترک مانند داشتن نوتوکورد، ستون مهره‌ها، آرواره‌ها و ...

● ۲- داشتن مولکول‌های حیاتی مشابه مانند DNA که ویژگی‌های حیاتی یک جاندار را تعیین و کنترل می‌کند.

دلایل خود را در قالب یک مقاله علمی به همراه مستندات آن ارائه دهید.

تمام مهره‌داران توانایی تولید مثل جنسی دارند. در بی‌مهرگان تولید مثل به دو شکل جنسی و غیر جنسی دیده می‌شود. جاندارانی مانند هیدر از طریق جوانه‌زدن تولید مثل می‌کنند. در ضمن می‌دانیم که از آمیزش دو گونه متفاوت از یک جنس فرزندانى به دنیا خواهند آمد که توانایی تولید مثل نخواهند داشت یعنی مسیر بقای نسل در این موجودات - که دورگه نامیده می‌شوند - بن‌بست خواهد بود. از آمیزش الاغ و اسب، قاطر زاده می‌شود که دورگه‌ای عقیم است و نمی‌تواند نسل خود را ادامه دهد.

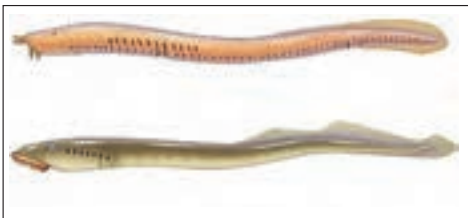
**P** این موضوع را چگونه به تعریف گونه و اهمیت گونه به عنوان واحد تخصصی رده‌بندی

موجودات ارتباط می‌دهید؟

با آن‌چه در مورد تقسیم سلولی میتوز و میوز، آموخته‌اید آیا می‌توانید دلایلی ارائه دهید که پیشرفته‌تر بودن مهره‌داران را از نظر ویژگی‌های حیاتی در مقایسه با سایر جانداران توضیح دهد؟

### اقیانوس، جایی برای آغاز حیات

نظریه‌های مختلفی در مورد پدید آمدن حیات بر روی کره زمین وجود دارد. اما هیچ یک با قطعیت پذیرفته نشده‌است. بسیاری از این نظریه‌ها بر این مطلب اشاره دارد که شکل‌گیری ساده‌ترین شکل حیات در آب‌ها امکان پذیرتر بوده‌است. سن تقریبی کره زمین ۴,۵ میلیارد سال تخمین زده می‌شود. قدیمی‌ترین سنگواره‌هایی که مربوط به موجوداتی تک سلولی و شبیه به میکرو ارگانیسم‌های امروزی است، ۳,۵ میلیارد سال عمر دارد. در هر صورت حیات در خشکی‌های کره زمین نیز شکل گرفت که احتمال می‌دهند سیانو باکتری‌ها اولین موجودات خشکی‌زی بوده باشند و بعد شکل‌های ابتدایی حیات گیاهان پدید آمده‌است. در بین مهره‌داران،



ماهی‌ها قدیمی‌ترین رده را تشکیل می‌دهند. جاندارانی به نام لامپری ابتدایی‌ترین مهره‌دار است که اسکلتی غضروفی دارد. نوتوکورد به عنوان اسکلت محوری اصلی باقی مانده است. اما اطراف نوتوکورد غلافی انعطاف‌پذیر و

غضروفی دارند که با مهره‌های بدن در ارتباط است. اکثر لامپری‌ها انگل‌هایی هستند که با چسباندن دهان گرد خود به پهلوهای ماهیان زنده تغذیه می‌کنند. آنها آرواره ندارند. نداشتن آرواره خصوصیتی است که لامپری‌ها را از سایر ماهی‌ها جدا می‌کند. ماهی‌های پیشرفته‌تر که آرواره دارند به دو گروه غضروفی و استخوانی تقسیم می‌شوند. مشخص است که اسکلت ماهیان غضروفی



مانند کوسه‌ها و سفره‌ماهی‌ها غضروفی است و ماهیان استخوانی اسکلتی استخوانی دارند.

اما تفاوت این دو نوع اسکلت چیست و از کجا ناشی می‌شود؟

اسکلت‌های غضروفی از مواد آلی مثل پروتئین‌ها تشکیل شده‌اند. بخش مهمی

از غضروف‌های بدن ما را رشته‌های پروتئین مانند کلاژن و الاستین می‌سازد. اسکلت مهره‌داران ابتدایی هم به صورت ساختاری غضروفی بوده‌است. اسکلت استخوانی ویژگی جدیدی در مهره‌داران است و اسکلت انسان، استخوانی بسیار معدنی شده‌است. به نظر می‌رسد تغییر فرایندهای تغذیه‌ای در مهره‌داران به معدنی شدن غضروف و تبدیل آن به استخوان کمک کرده‌است. یعنی مهره‌داران توانستند از رژیم معلق‌خواری (یا تغذیه از موجودات ریز شناور در آب) به تغذیه از جانوران کوچک روی بیاورند.



**?** ماهی‌ها به دو گروه ماهیان بدون آرواره و ماهیان آرواره‌دار تقسیم می‌شوند. ماهیان آرواره‌دار به دو گروه ماهیان غضروفی و استخوانی تقسیم می‌شوند. تفاوت‌های این زیر رده‌ها را فهرست کنید و مشخص کنید که هر یک از این تفاوت‌ها تا چه حد در طبقه‌بندی ماهی‌ها اهمیت دارد. به عنوان مثال تفاوت شکل باله‌ها - که اندام بسیار مهمی در ماهی‌هاست - و یا داشتن و نداشتن سرپوش آبششی چه تأثیری در طبقه‌بندی ماهی‌ها دارد.

اندامی در بدن ماهی‌های استخوانی وجود دارد که بادکنک شنا (یا مثانه شنا) نامیده می‌شود. این اندام به گردش خون ماهی ارتباط دارد و از طریق تبادل گازهای موجود در بادکنک شنا و خون قدرت شناوری ماهی را افزایش می‌دهد. چارلز داروین معتقد بود که شش‌های مهره‌داران هوازی از بادکنک شنا پدید آمده است. اما امروزه معلوم شده‌است که بسیاری از اجداد ماهیان استخوانی دارای شش هستند و از آن برای تنفس هوا به عنوان مکمل تنفس آبششی استفاده می‌کنند. ضمن بررسی این پدیده به چند نکته توجه کنید:

● ۱- بسیاری از نظریات و فرضیه‌های تکاملی فقط در حد نظریه هستند و در بیشتر مواقع اشتباه تحلیل می‌شوند.

● ۲- بررسی ارتباط گونه‌های مختلف جانوری نگرش دانشمندان زیست‌شناسی را در بررسی گذشته نگر زیست‌شناسی تقویت می‌کند. اما ابراز نظر قطعی نیازمند دلایل مستند و محکم است. گاهی ممکن است کشف یک سنگواره فرضیه‌ای بسیار محتمل را مردود اعلام کند.

● ۳- هدف از طرح چنین پرسش‌هایی تقویت توانایی پژوهش‌گری و تمرین مطالعات مستمر در حیطه علوم تجربی است. پس بهره‌گیری از روش علمی کمک بزرگی برایتان خواهد بود.

### ماهیان چهار دست و پا

در زبان یونانی واژه تتراپود به معنای چهار پاست. سنگواره‌ای معروف در قطب شمال نزدیک به



کانادا کشف شده است که مربوط به یک ماهی باله گوشتی است. (نوع و شکل باله یکی از ویژگی‌های مهم در رده‌بندی ماهیان محسوب می‌شود). عمر این سنگواره ۳۷۵ میلیون سال برآورد می‌شود و به نام تیک تالیک معروف است. تیک تالیک چهار دست و پا دارد و این اندام‌های حرکتی دارای انگشتانی مشخص است. نظریه خروج ماهی‌ها از آب و شکل گرفتن رده دوزیستان با کشف تیک تالیک تقویت شده‌است.

دوزیستان از نظر شکل ظاهری به سه گروه طبقه‌بندی شده‌اند. سمندرها که دم دارند، قورباغه‌ها که دم ندارند و راسته آپودا که فاقد دست و پا هستند. دوزیستان دوران قبل از بلوغ را در آب می‌گذرانند و تخم آنان در خشکی قابلیت ماندگاری ندارد.

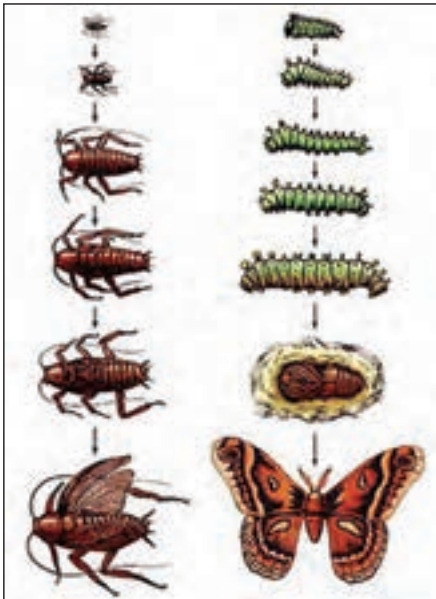
تغییر وضعیت دوزیستان در دو دوره زندگی شگفت‌انگیز است. نوزادان دارای آبشش و خط جانبی



هستند. این خصوصیات را در ماهی‌ها می‌بینیم. بعد از بلوغ خط جانبی از بین می‌رود و آبشش‌ها ناپدید می‌شود. دستگاه گوارش با رژیم گوشت‌خواری سازگاری پیدا می‌کند و حتی پرده گوش خارجی برای شنیدن ارتعاشات صوتی از طریق هوا پدیدار می‌شود. تنفس پوستی خصوصیتی است که در دوزیستان بسیار کاربرد دارد.

تغییر عملکرد و شکل اندام‌های آنان در طی دو مرحله از زندگی، دگردیسی نام دارد. در حشراتی مانند ملخ نیز دگردیسی ناقص دیده می‌شود. در دگردیسی ناقص نوزاد (نمف و یا لارو هم نامیده می‌شود) تا حدودی به جاندار بالغ شباهت دارد. اما در دگردیسی کامل که در دوزیستان می‌بینیم نوزاد تقریباً هیچ شباهتی به بالغ ندارد. کرم ابریشم هم (که یک اصطلاح رایج غلط است بهتر است بگوییم لارو پروانه) مدتی را در پيله می‌گذراند و بعد از خروج از پيله، تبدیل به پروانه می‌شود. دگردیسی پروانه کامل است.

**?** بررسی کنید این نوع از تغییرات (که البته کمک می‌کند تا جاندار با شرایط موجود سازگاری داشته باشد) آیا در رده‌بندی جانداران در نظر گرفته می‌شود؟ توجه داشته باشید که در حال بررسی دوره‌های مختلف زندگی یک جاندار با یک اسم علمی مشخص هستید که ویژگی‌های ظاهری و حیاتی‌اش در دوره‌های مختلف زندگی تغییر می‌کند.



## فاتحان خشکی



ظاهر یک خزنده، ما را به یاد موجوداتی می‌اندازد که در فیلم‌های علمی-تخیلی می‌بینیم. موجوداتی مثل دایناسورها که میلیون‌ها سال پیش در زمین زندگی می‌کرده‌اند. لاک‌پشت‌ها، کروکودیل‌ها، مارها

و ایگواناها چهره عجیبی دارند. می‌دانیم که خزندگان مهره‌دارند و از این نظر مانند سایر مهره‌داران، دارای نخاع و دستگاه عصبی پیشرفته هستند.

**?** برخی دانشمندان خزندگان و پرندگان را در یک شاخه طبقه‌بندی می‌کنند. به نظر شما چه چیزی این دیدگاه را ایجاد می‌کند؟



خزندگان از گروه تتراپودها هستند، یعنی چهار اندام حرکتی مشخص دارند و یا اصلاً اندام حرکتی ندارند مانند مارها که در طی سالیان دست و پای خود را از دست داده‌اند. شاید بتوان گفت خزندگان موجوداتی بین دوزیستان و پستانداران هستند. دوزیستان برای ادامهٔ بقا باید نزدیک آب زندگی کنند. آنها در آب تخم‌ریزی می‌کنند و در غیر این صورت امکان تولید مثل ندارند. خزندگان دارای



توانایی تخم‌گذاری در خشکی شده‌اند و پوشش سخت و چرمی شکل تخم آنها این امکان را فراهم می‌کند که جنین این موجودات، دوران اولیهٔ زندگی را در تخم سپری کند و از مواد ذخیره‌ای موجود در آن استفاده کند.



خزنده‌ای که از تخم بیرون می‌آید، کاملاً شبیه جاندار بالغ است اما جثه‌اش کمی کوچکتر خواهد بود. خزندگان خونسرد هستند مانند دوزیستان. اما پرندگان و پستانداران خونگرم هستند. به این معنا که دمای بدن آنها بدون وابستگی به محیط، در درجه مشخص ثابت می‌ماند. مثلاً

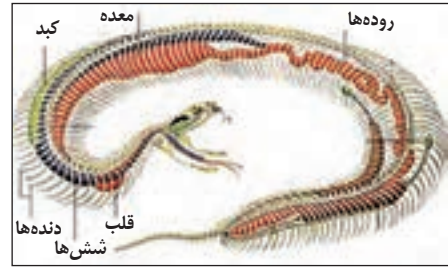
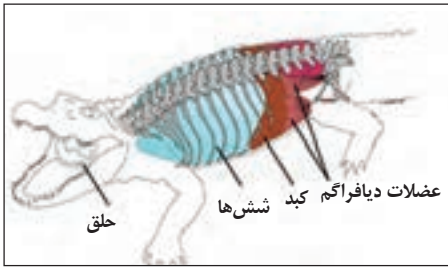
دمای بدن انسان‌ها ۳۷ درجه سانتی‌گراد است. چند درجه کم یا زیاد شدن این دما، باعث ایجاد مشکلات زیستی و گاهی مرگ برای پستاندار و پرنده می‌شود. اما خزندگان می‌توانند دمای بدنشان را با دمای محیط زندگی تطبیق دهند. البته باید دانست که تغییرات ناگهانی دما و یا تغییر دمای بدن در محدوده‌ای وسیع برای جانداران خونسرد نیز مرگبار خواهد بود.

نکته دیگری که تفاوت خزندگان و دوزیستان را به ما نشان می‌دهد، پولک‌هایی است که سطح بدن آنها را پوشانیده است و از جنس پروتئینی به نام کراتین است. کاملاً مشخص است که پوشش خزندگان علاوه بر این که نقش محافظت فیزیکی برای جانداران دارد به خوبی باعث می‌شود که آب بدن خزنده حفظ شود. لاک‌پشت‌ها، دارای پوششی سخت و استخوانی هستند که به اسکلت جاندار وصل شده است. پولک‌های استخوانی کروکودیل‌ها هم، چنین خصوصیتی دارند. شکل و رنگ پوشش خزندگان یکی از معیارهای طبقه‌بندی گونه‌های مختلف محسوب می‌شود.



**?** فلس پوشاننده بدن خزندگان، شباهت زیادی با فلس پوشاننده بدن ماهی‌ها، پروانه‌ها، پرندگان و حتی مورچه‌خوارها (نوعی پستان‌دار) دارد. چگونه این شباهت‌ها در موجوداتی که در طبقه‌بندی از یک‌دیگر فاصله زیادی دارند قابل بررسی است؟

تمامی موجودات زنده اکسیژن مصرف می‌کنند. اکسیژن در سلول‌ها باعث سوختن مواد غذایی می‌شود و انرژی مورد نیاز برای زنده ماندن جاندار را فراهم می‌کند. این فرایند، تنفس سلولی نامیده می‌شود. دستگاه تنفسی خزندگان در مقایسه با دوزیستان پیشرفته‌تر است اما پرندگان و پستانداران دستگاه تنفسی پیشرفته‌تری در مقایسه با خزندگان دارند. این تفاوت‌ها و شباهت‌ها دانشمندان را در طبقه‌بندی موجودات زنده کمک می‌کند. در خزنده‌ای مانند مارمولک، حرکت اندام‌های حرکتی (دست‌ها و پاها) و استخوان‌های قفسه سینه یا دنده‌ها کمک می‌کند که هوا به ریه‌ها وارد و از آن خارج شود. در جانداري مانند کروکودیل پرده دیافراگم در این کار نقش دارد. مارها با کمک عضلات بدن‌شان و پرده دیافراگم این کار را انجام می‌دهند. می‌توان نتیجه گرفت که خزندگان برای اینکه بتوانند در خشکی به حیات خود ادامه دهند،



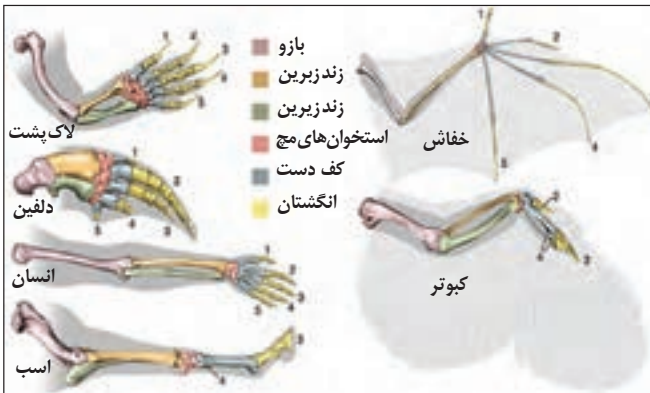
علاوه بر پوشش مناسب بدن که آب را حفظ می‌کند، و همین‌طور پوشش تخم‌ها که آنها را برای ماندگاری در خشکی مناسب ساخته‌است، در دستگاه تنفسی هم تغییرات مهمی داشته‌اند که در سال‌های آینده بیشتر با آن آشنا خواهید‌شد. نکته قابل توجه، ساختار اندام‌ها و ارتباط آنها با یکدیگر است که در علم رده‌بندی مورد توجه قرار می‌گیرد. دارا بودن قفسه سینه در موجوداتی که در خشکی تنفس می‌کنند، نقش مؤثری در بهبود تهویه هوای ورودی و خروجی دارد.

**?** با اطلاعاتی که در سایر بخش‌های درس علوم تجربی دارید (مانند فیزیکی و شیمی)، عمل کرد دستگاه تنفس را از این دیدگاه بررسی کنید. کلید واژه‌هایی که می‌توانند شما را در این بررسی کمک کند عبارتند از:

فشار هوا، کشسانی (بافت ریه)، کشش سطحی آب و مواد کاهش‌دهنده کشش سطحی، فشار گاز محلول در مایع، ارتباط دما و حلالیت مایعات.

راهنمایی معلمین گرامی در این بررسی بسیار حائز اهمیت خواهد بود.

### پرواز پرنده‌گان



شماره‌ها، موقعیت انگشتان را مشخص می‌کند.

پرواز فعالیتی است که نیازمند صرف انرژی بسیار زیادی است. این ویژگی در پرنده‌گان، هم آنان را در سازگاری با محیط و بقای نسل بسیار توانمند ساخته‌است و هم موجب شده‌است که ساختار بدن آنها شرایطی منحصر به فرد داشته باشد تا در پرواز موفق باشند. عضلات سینه‌ای قوی، استخوان‌های توخالی، پوشیده‌شدن

بدن با پر و شکل کلی بدن نشان‌دهنده طراحی خاص در آفرینش آنهاست. باید دقت داشته باشیم که همه پرنده‌گان توانایی پرواز ندارند (مانند شترمرغ) و برخی از آنها در آب پرواز می‌کنند (مانند پنگوئن‌ها).

**?** چه عواملی در رده‌بندی جانداران باعث می‌شود که جاندارانی مانند پنگوئن یک پرنده باشد؟ در بررسی ویژگی‌ها، علاوه بر ساختار اندام‌ها، به عملکرد آنها و همچنین خصوصیات رفتاری و ژنتیکی توجه کنید.

## اتفاقی شگفت انگیز به نام مهاجرت

هر سال حدود ۵۰ میلیارد قطعه پرند در دنیا مهاجرت می‌کنند. حدود ۷۰ درصد از گونه‌های پرندگان ایران مهاجر و تعداد آن‌ها به ۳۴۰ گونه می‌رسد. مهاجرت ابزاری برای زنده ماندن و بقای نسل است. مشابهت رفتار پرندگان در یک گروه مانند نوع تغذیه و فصل جفت‌گیری، در مهاجرت آنها تأثیرگذار است.

پرندگان معمولاً مهاجرت دسته جمعی دارند و از الگوی پروازی خاصی پیروی می‌کنند. به عنوان مثال گروه‌های غازهای وحشی همیشه به هنگام پرواز به شکل یک V در آسمان دیده می‌شوند. پرواز گروهی، امکان شکار شدن را کاهش می‌دهد. پرندگان شب رو، ممکن است مهاجرت فردی داشته باشند.

به نظر می‌رسد که پرندگان مهاجر می‌توانند خطوط میدان مغناطیسی کره زمین را تشخیص دهند و از قطب‌نمایی زیستی برای پیدا کردن مسیر خود بهره می‌برند.

به جز تغییر فصل، مواردی چون خشکسالی یا باران‌های نابهنگام، یخبندان و کاهش منابع غذایی می‌تواند دلیل مهاجرت باشد.

**?** مهاجرت در گونه‌های دیگری از جانداران نیز دیده می‌شود اما پرندگان قهرمانان مهاجرت فصلی هستند. چلچله‌های قطبی در طی مهاجرت خود، بیش از ۳۵ هزار کیلومتر را (رفت و برگشت) می‌پیمایند. پیشنهاد می‌کنیم که شکل و علت مهاجرت را در این جانداران بررسی کنید (خوب است به مفهوم ساعت زیستی (ساعت بیولوژیک) که در فصل گیاهان با آن آشنا شده‌اید هم توجه کنید): ماهی قزل آلا، نهنگ، غزال نامیبیا، خرچنگ قرمز.

## انسان یک پستاندار است.



پستانداران در همه جای کره زمین یافت می‌شوند. از عمق اقیانوس‌ها تا بیابان‌های گرم و خشک و جنگل‌های پر باران. تمام یا قسمتی از بدن پستانداران - در طول زندگی یا دوره‌ای از آن - توسط مو پوشیده شده‌است. موها ممکن است در جانوران مختلف تغییر شکل دهند و به صورت خز، سیبیل‌های بلند و حساس، تیغ‌های دفاعی و حتی شاخ دیده شوند. مو در پستانداران شاید خیلی مهم به نظر نیاید، اما باید دانست که این ویژگی اختصاصی پستانداران کاربردهای مهمی دارد، مانند محافظت بدن در برابر سرما به این شکل که هوای موجود در فضای بین موها، فضایی عایق ایجاد می‌کند، محافظت از تماس مستقیم پوست با محیط، ایجاد شرایط استتار برای جاندار (مثلاً گورخر و زرافه) و کاربرد آن به عنوان یک اندام حس‌گر ویژه مانند سیبیل در گربه‌ها.

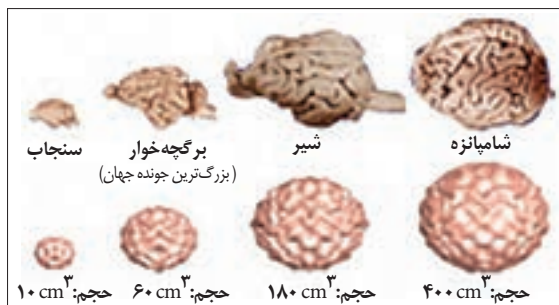
پستانداران معمولاً بچه‌ها هستند و به بچه‌های خود شیر می‌دهند. شیر ترکیبی کامل از مواد مورد نیاز فرزندان پستانداران است که تقریباً جایگزینی ندارد. علاوه بر مواد غذایی مورد نیاز نوزاد، هورمون‌ها و سایر ترکیباتی که نقش ایمنی بدن نوزاد را در روزهای اول تولد به عهده دارند، در شیر وجود دارد.

در بررسی انواع مهره‌داران دیدید که ماهی‌ها و دوزیستان در آب تخم‌ریزی می‌کردند و خزندگان و پرندگان امکان تخم‌گذاری در خشکی را یافتند. واقعیت این است که در مهره‌داران ساکن خشکی، جنین در چند پردهٔ جنینی محافظت می‌شود و در کیسه‌ای محتوی مایعات و مواد غذایی مورد نیاز، رشد می‌کند. کیسه‌ای که جنین در آن رشد می‌کند کیسه آمنیون نامیده می‌شود. در پستانداران پرده‌های جنینی در رحم مادر شکل می‌گیرد و نوزاد بعد از این که به رشد مورد انتظار رسید، از جنین خارج و یا به عبارت دیگر متولد می‌شود. اکیدنه و پلاتی‌پوس پستاندارانی هستند که تخم‌گذارند. کانگورو و اوپاسوم پستاندارانی هستند که کیسه‌دارند. در پستانداران تخم‌گذار کیسهٔ آمنیون و پرده‌های جنینی در تخم وجود دارد. در کانگورو و اوپاسوم، نوزاد کمی زودتر متولد می‌شود و تا زمانی که بتواند با شرایط جدید سازگار شود در کیسه‌ای در بدن مادر به رشد خود ادامه می‌دهد.



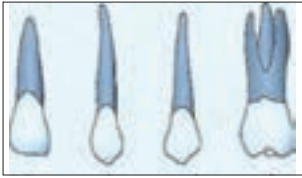
**?** با اطلاعاتی که دارید و براساس روش علمی بررسی کنید که آیا پستانداران تخم‌گذار و کیسه‌دار از نظر رده‌بندی جزو پستانداران محسوب می‌شوند و یا باید در این تقسیم‌بندی تجدید نظر صورت گیرد؟ دلایل خود را ارائه دهید. چرا اکیدنه و پلاتی‌پوس را خزنده نمی‌نامیم؟

مغز پستانداران در مقایسه با سایر مهره‌داران که جثه‌ای هم اندازه پستانداران دارند بزرگ‌تر است. پستانداران بعد



مقایسه اندازه مغز پستانداران

از تولد مدتی از فرزندان خود مراقبت می‌کنند و فرزندان امکان یادگیری مهارت‌های لازم برای زنده ماندن در محیط را از والدین خود فرا می‌گیرند. می‌توان گفت که بسیاری از گونه‌های پستانداران توانایی یادگیری را به معنای تغییر رفتار از طریق مشاهده کردن والدین و دیگر جانداران دارا هستند.



**?** شکل دندان‌های پستانداران و ارتباط آن با رژیم غذایی آنان را بررسی کنید و در فهرستی ارائه‌دهید. آیا این خصوصیات نقشی در رده‌بندی گروه‌های مختلف پستانداران دارد؟



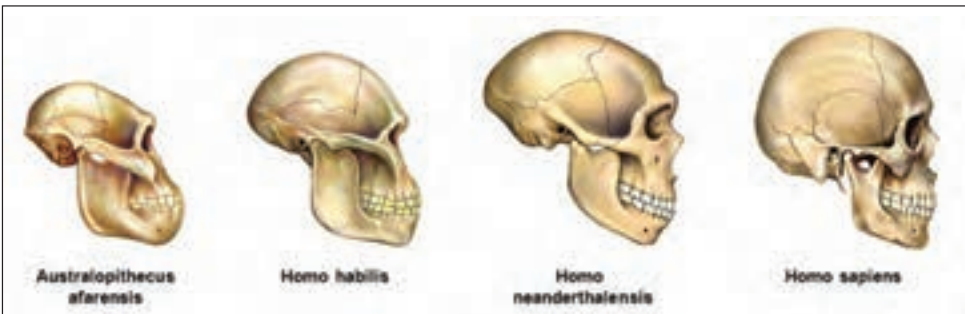
پیشرفته‌ترین گروه از پستانداران، پرمات‌ها یا نخستی‌ها هستند. انسان از نخستی‌ها است. رفتارهای اجتماعی پیچیده، داشتن ناخن به جای چنگال، چشم‌های روبه جلو، مراقبت بیشتر از فرزندان، شیارهای پوستی مانند اثر انگشت و مغز پیشرفته از ویژگی‌های نخستی‌ها است. اما یکی از ویژگی‌های جالب پرمات‌ها قرار گرفتن انگشت شست در برابر چهار انگشت دیگر در هر اندام حرکتی است. در انسان‌ها، در انگشتان پا این ویژگی دیده نمی‌شود. دانشمندان معتقدند که این خصوصیت، در دوره‌ای از زندگی او باعث پیشرفت شگفت‌انگیزی در تمدن شده‌است.

**?** با مطالعه در تاریخ تمدن، این موضوع را بررسی کنید و با ارائه مستندات و براساس روش علمی، نتایج بررسی‌تان را در قالب یک مقاله ارائه دهید.

## Homo sapiens

Homo sapiens یا انسان بخرد، نام علمی تنها گونه‌ای از انسان است که در کره زمین وجود دارد. هومینین‌ها گونه‌هایی هستند که شباهت‌هایی با انسان امروزی دارند. Homo neander thalensis گونه‌ای از هومینین‌ها است که از ۳۵۰ هزار سال تا ۲۸ هزار سال پیش - براساس سنگواره‌های موجود و آثار یافت‌شده از اسکلت آنها- در اروپا و آسیای غربی زندگی می‌کرده‌اند. Homo sapiens براساس شواهد باستان‌شناسی حدود ۲۰۰ هزار سال پیش در آفریقا ظاهر شد و حدود ۱۱۵ هزار سال پیش شروع به مهاجرت به قاره‌های دیگر کرد.

**اینها فرضیاتی است که در مورد اجداد انسان‌ها وجود دارد و به راحتی با کشف یک سنگواره و یا سایر مستندات تاریخی قابل تغییر است. اما با اطمینان می‌توان گفت انسانی که روی دو پا راه می‌رود، آرواره‌اش کوچک و مغزش بزرگ است، متفاوت‌ترین و پیشرفته‌ترین جانداری است که در کره‌ی خاکی به حیات خود ادامه می‌دهد.**



جمع‌های منسوب به گونه‌های انسان بر اساس فرضیه‌های موجود





قرن‌هاست که ما انسان‌ها درخت‌ها را می‌بریم و جنگل‌ها را از بین می‌بریم. بر روی رودخانه‌ها سد می‌سازیم و با سوزاندن سوخت‌های فسیلی، هوا را گرم‌تر و آلوده‌تر می‌کنیم. یخ‌های قطبی در حال آب شدن است و تعادل در کره خاکی به هم خورده است. محیط زیست، بحران‌های مختلف را پشت سر گذاشته و چشم انتظار شرایط بهتری است. بسیاری از گونه‌های جانداران یا در حال انقراض هستند و یا منقرض شده‌اند. سازمان‌ها و مجامع جهانی در تلاش هستند تا دنیا را از این وضعیت غم‌انگیز نجات دهند چرا که چنین وضعیتی در اولین قدم، بقای انسان را تهدید می‌کند.

می‌دانید که تغییر بوم‌سازگان، تنوع زیستی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تنوع زیستی در اصل راهی برای گسترش و سازگاری جانداران با شرایط زیستی آنهاست. علاوه بر تغییرات بوم‌سازگان، تغییر گونه‌ها، تغییر ژن‌ها و تغییر مولکول‌های زیستی بر تنوع زیستی مؤثر است. اگر کمی دقیق نگاه کنیم، تنوع زیستی تمام حیطه‌های زیست‌شناسی را در برمی‌گیرد. تغییر سبک زندگی انسان‌ها و ورود به عصر صنعت و فناوری، علاوه بر تغییراتی که در محیط زیست ایجاد کرد، بقا و گسترش گونه‌های جانداران را نیز تحت تأثیر قرار داد. آگاهی از رده‌بندی جانداران به ما کمک کرده‌است تا ارتباط نزدیک گونه‌های مختلف را در حفظ و بقای زندگی بر روی کره خاکی بیش از پیش درک کنیم و به آن اهمیت دهیم.

نه تنها ارتباط‌هایی مانند هم‌زیستی، شکار، رقابت و ... بلکه هر نوع تغییر رویه در مسیرهایی که به حیات یک گونه مربوط است، بر حیات دیگران تأثیر گذار است. کافی است بدانید در صورتی که زنبورها از کمک به گرده افشانی دست بردارند، یک سوم تولید محصولات غذایی جهان (شامل سبزیجات و میوه‌ها) کاهش خواهد یافت. متأسفانه در سال‌های اخیر به دلیل دخالت‌های انسان در طبیعت، تعداد زنبورها کاهش یافته‌است.

## نهنگ قاتل، شکارچی اقیانوس ها



نهنگ‌های قاتل زندگی گروهی دارند و این جاندار تواناترین شکارچی آب‌هاست. از خرس قطبی تا شیر دریایی و سمور در شکم آنها یافت شده‌اند. چند دهه پیش ماهی‌گیری در یکی از سواحل آمریکا، تصمیم به کشتار نهنگ‌های قاتل گرفتند، چرا که تصور می‌کردند این موجودات باعث شده‌اند

که صید ماهی و کسب و کار آنان با مشکل مواجه شود. دانشمندان با بررسی فرایندهای تنوع زیستی، مجموعه اتفاقات زیر را دلیل کاهش صید ماهی‌ها تشخیص دادند:

- ۱- کاهش جمعیت وال‌ها در منطقه باعث شد که نهنگ‌های قاتل به شکار فوک‌ها روی بیاورند.
  - ۲- با کاهش جمعیت فوک‌ها، نهنگ‌های قاتل سمورهای آبی را برای شکار انتخاب کردند.
  - ۳- سمورها شکار شدند و در نتیجه جمعیت توتیاهای دریایی و سایر موجودات دریایی که غذای سمورها محسوب می‌شدند، افزایش یافت.
  - ۴- افزایش توتیای دریایی منجر به کاهش رشد جلبک‌های قهوه‌ای شد.
  - ۵- جلبک‌های قهوه‌ای پناهگاهی برای نوزادان ماهی‌ها بود. در نتیجه ماهیان کوچک در معرض شکار توسط سایر موجودات دریایی قرار گرفتند.
  - ۶- جمعیت ماهی‌ها کاهش چشمگیری یافت و باعث نگرانی ماهیگیران شد.
- می‌توان فهمید که تغییر در شرایط زیست یک گونه چگونه می‌تواند تعادل بوم سازگان را بر هم زند.
- ?** به نظر شما، کاهش جمعیت وال‌ها در شماره یک، دلیلی جز دخالت انسان داشته‌است؟

## شکارچیان بزرگ در خطر انقراض



گزارش‌های اخیر نشان می‌دهد که سه چهارم گوشت‌خواران بزرگ، مانند شیر، پلنگ، گرگ و خرس در خطر جدی کاهش جمعیت هستند. باوری قدیمی وجود دارد که شکارچیان گوشت‌خوار به سایر جانداران آسیب می‌زنند در صورتی که آنان بخشی از بوم‌سازگان هستند. آنها تعداد

گیاه‌خواران را کنترل می‌کنند که باعث می‌شود مراتع و ذخایر گیاهی حفظ شود و زنجیره‌ها و شبکه‌های غذایی به شکل صحیحی در بوم‌سازگان شکل بگیرد.

شکار بی‌رویه گوشت‌خواران شکارچی توسط انسان‌ها از سویی و از سویی دیگر بی‌توجهی به مراتع، کاهش جمعیت گیاه‌خواران و کاهش غذا، موجبات انقراض شیر ایرانی (در سال ۱۳۲۱) و ببر مازندران (در سال ۱۳۳۸) را پدید آورد. زیاد می‌شنویم که یوز پلنگ ایرانی در خطر انقراض است، اما بسیاری از گونه‌های دیگر هم در محدوده خطر انقراض (یا خط قرمز) قرار دارند از جمله پلنگ ایرانی، سیاه‌گوش ایرانی، گربه پالاس، گوزن زرد ایرانی، روباه بلانفورد (شاه‌روباه)، روباه کرساک (روباه ترکمنی)، روباه شنی، سوسن چلچراغ و لاله واژگون.



نام هر جاننداری که به این فهرست اضافه می‌شود زنگ خطری برای سلامت و بقا حیات است.

### تنوع زیستی و DNA

سبزی‌های خوراکی که همراه غذا مصرف می‌کنیم حاصل فن‌آوری زیستی کهن است. زمانی که انسان



بذرهای گیاهان مورد نیاز خود را جداگانه کاشت، از فن‌آوری زیستی بهره می‌برد. علوم گیاه‌شناسی و مهندسی کشاورزی راه‌های بهره‌وری از گیاهان را به انسان نشان داد. انتخاب برخی گونه‌ها و کاشت آنها به شکل سنتی و بعد صنعتی، بر تنوع زیستی تأثیر گذاشته است.



محصولات تراریخته

این مسیر از حدود ۲۰ سال پیش به داخل سلول و ژن‌های کنترل کننده صفات جانداران رسیده‌است. مهندسی ژنتیک ادعا می‌کند که محصولات کشاورزی را در برابر آفت‌ها مقاوم می‌سازد و نیاز به استفاده از سموم را کاهش می‌دهد. از سویی مهندسان ژنتیک معتقدند که با ایجاد محصولات تراریخته، محصولات مورد نیاز انسان را با کیفیت و کمیت بالاتری تولید می‌کنند. سازمان‌های حامی محیط زیست از سوی دیگر بر این باورند که گونه‌هایی که دچار دست‌کاری ژنتیکی شده‌اند، خطراتی جدی برای انسان، حیوانات و محیط زیست به بار خواهند آورد.



WHO (نام اختصاری سازمان سلامت جهانی و بازوی اجرایی سازمان ملل در حوزه سلامت) اعلام کرده است که هنوز مستندات مبنی بر زیان‌بار

بودن محصولات تراریخته وجود ندارد. **اما بسیاری از مجامع و سازمان‌های جهانی، نگرانی خود را از عواقب غیر قابل پیش بینی این شکل از تأثیر انسان بر طبیعت اظهار کرده‌اند.** برخی از محققان در سال‌های اخیر مدعی شده‌اند که فن‌آوری زیستی در این زمینه اهداف سیاسی خاصی را دنبال می‌کند و نگران ایجاد بیماری‌های جدید و برنامه‌ریزی شده (**ترور بیولوژیک**) هستند. در حال حاضر بیشترین تولیدات محصولات تراریخته در کشورهای



پیشرفته صنعتی انجام می‌شود و منافع اقتصادی مهمی را برای آنان رقم می‌زند.

### گونه‌های تراریخته و فروریخته:

گیاه تراریخته به گیاهی اطلاق می‌شود که ساختار ژنتیکی آن از طریق مهندسی ژنتیک تغییر یافته باشد.



در فن‌آوری تولید جانداران تراریخته، یک یا چند ژن به ژنوم طبیعی جاندار اضافه می‌شود و یا از ژنوم جاندار حذف می‌شود. در صورتی که ژنی از جاندار حذف شود به جاندار حاصل فروریخته گفته می‌شود. هدف از مهندسی ژنتیک در گیاهان انتقال یک یا چند ژن به گیاه است که در صورت موفقیت، یک

ویژگی جدید به گیاه می‌بخشد. این ویژگی جدید معمولاً در گیاهان هم خانواده یافت نمی‌شود. به همین دلیل انتقال ژن یا ژن‌های عامل این ویژگی، که گاهی در گیاهان غیر هم خانواده یا حتی موجود زنده دیگر مانند یک گونه باکتری موجود است، از طریق روش‌های متداول اصلاح گیاهان (مانند پیوند زدن) محقق نخواهد شد. نمونه‌های استفاده از گیاهان تراریخته با صفتی چون مقاومت به یک آفت، بیماری یا خشکی را می‌توان در کشاورزی مدرن یافت. گیاهان تراریخته در صنعت داروسازی جهت تولید صنعتی برخی ترکیبات با کاربرد پزشکی نیز استفاده می‌شوند.



## GMO (Genetically Modified Organism)

موجوداتی هستند که ساختار ژنتیکی‌شان به وسیله روش‌های مهندسی ژنتیک تغییر پیدا کرده‌است. این روش‌ها به طور کلی به نام فن‌آوری دنا یا نوترکیب شناخته می‌شوند، که شامل استفاده از مولکول‌های DNA با منشاء مختلف و ترکیب این مولکول‌ها برای ساخت یک مجموعه جدید از ژن‌هاست. دنا ساخته شده سپس به درون موجودی که گیرنده ژن‌های جدید یا اصلاح شده‌است، انتقال پیدا می‌کند. پس موجودات تراریخته، موجودات اصلاح شده



ژنتیکی یا به اختصار GMOها هستند، یعنی دنا گونه‌های دیگر به آنها الحاق شده‌است. جانداران تراریخته و فروریخته، کاربردهای زیادی در پزشکی و زیست‌فناوری دارند. امروزه بسیاری از پروتئین‌های دارویی مانند انسولین، فاکتور ۸ انعقاد خون، هورمون‌های رشد و ... از طریق این فن‌آوری تولید می‌شود.

**P** همه ما در برابر محیط زیست و مرز و بوم کشورمان مسئول هستیم. امنیت زیست محیطی اهمیت بسیار زیادی در دنیای امروز دارد. با مطالعه دقیق‌تری که انجام می‌دهید بررسی کنید که عوامل زیر چه نقشی در تأمین امنیت زیست محیطی (محافظت از بوم‌سازگان، گونه‌ها و ذخایر ژنتیکی) دارد؟

- نیروهای انتظامی و نظامی
- سازمان‌های مردم‌نهاد
- پژوهش‌گران / معلمین / دانش‌آموزان
- کشاورزان و دامداران
- پزشکان و صنعت‌کاران
- کارشناسان محیط زیست / دامپزشکان / گیاه‌شناسان
- ساکنین روستاها / ساکنین شهرها



- 1) M. S. Silberberg (2009). **Principles of General Chemistry**; 2nd Edition (McGraw-Hill Education).
  - 2) Morrison & Boyd (1992). **Organic Chemistry**; 6th Edition (Prentice Hall).
  - 3) John Hudson; Macmillan (1992). **The History of Chemistry**; 1st Edition (Springer).
  - 4) Merchant Research & Consulting Ltd; 2013 reports.
  - 5) Zbigniew Bielecki, Jacek Janucki, ... (2012). *Metrol. Meas. Syst.*; Vol. XIX, No.1 ( pp. 28-3).
  - 6) www.forensic-architecture.org.
  - 7) Yu Yang, Jun Yang, ... (2015). *Chemical and Physical Characterization and Isotopic Tests*; Environmental Science & Technology, No. 20(49).
- ۸) وحید افشار، سیروس شهرجردی. **آزمایشگاه شیمی اول دبیرستان**؛ تهران: انتشارات علم و دانش، ۱۳۹۳.
- ۹) ارسطو، ترجمه اسماعیل سعادت. **در آسمان**. تهران؛ نشر هرمس، ۱۳۷۹.
- ۱۰) ابوریحان بیرونی، تصحیح جلال الدین همایی. **التفهیم لأوائل الصناعة التنجیم**. تهران: انتشارات انجمن آثار ملی.
- ۱۱) قطب الدین شیرازی؛ **اختیارات مظفری**، نسخه خطی کتابخانه ملی، شماره ۱۱۹۵۴.
- ۱۲) امیرمحمد گمینی، دایره های مینایی. **پژوهشی در تاریخ کیهان شناسی در تمدن اسلامی**، تهران: انتشارات حکمت سینا و پژوهشکده تاریخ علم، ۱۳۹۵.
- ۱۳) حنیف قلندری (۱۳۹۰). ماهیت فیزیکی افلاک: بررسی مفهوم فلک در آثار هیئت، تاریخ علم، شماره ۱۰: ۶۷-۱۰۸.
- 14) Dreyer, John Louis Emil (1953). **A history of astronomy from Thales to Kepler** (New York: Dover).

---

15) Pedersen, O. (2010). **A Survey of the Almagest**: With Annotation and New Commentary by Alexander Jones (Springer).

16) Hewitt, Paul G. (2002). **Conceptual Physics**, ninth Edition (Addinson-Wessley).

17) <http://physlets.org/tracker/>

18) <http://serc.carleton.edu/dmvideos/index.html>

19) Jane B. Reece, Lisa A. Urry, Michael L. Cain, Steven A. Wasserman, Peter V. Minorsky (2013). **Campbell Biology**; Edition 10th (Pearson).

20) Eldra Solomon, Charles Martin, Diana W. Martin, Linda R. Berg. **Biology**; 10th Edition (Brooks Cole).

21) Cleveland Hickman, Jr. and Susan Keen, Allan Larson, David Eisenhour, Helen I>Anson and Larry Roberts (2013). **Integrated Principles of Zoology**; 16th Edition (McGraw-Hill Education).

۲۲) کالین ا. رنان، ترجمه حسن افشار (۱۳۷۰). **تاریخ علم کمبریج**. تهران: نشر مرکز، ۱۳۹۴.

23) [www.nature.com](http://www.nature.com)

24) [www.biologycorner.com](http://www.biologycorner.com)

25) [www.cellbiol.com](http://www.cellbiol.com)

26) [www.livescience.com](http://www.livescience.com)

27) [www.berkeley.edu](http://www.berkeley.edu)

28) [www.reference.com](http://www.reference.com)

29) [www.uchicago.edu](http://www.uchicago.edu)

30) [www.the-scientist.com](http://www.the-scientist.com)



