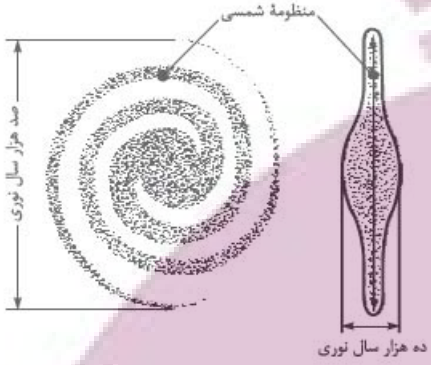
کهکشان راه شیری

اجزای تشکیل‌دهندهٔ یک کهکشان:
- سیارات
- تعداد زیادی ستاره
- فضای بین ستاره‌ای (اغلب گاز و گرد و غبار)

نکته ۱ عامل نگهدارندهٔ اجزای کهکشان‌ها در کنار یکدیگر ← نیروی گرانش متقابل

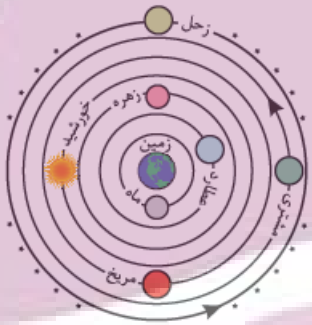
نکته ۲ اندازه‌گیری‌های نجومی نشان می‌دهند که کیهان در حال گسترش است و کهکشان‌ها در حال دورشدن از یکدیگر هستند.



خصوصیات کهکشان راه شیری:
- نواری مه‌مانند و کم‌نور است که شامل انبوهی از اجرام می‌باشد.
- یکی از بزرگ‌ترین کهکشان‌های شناخته‌شده است.
- منظومهٔ شمسی ما در لبهٔ یکی از بازوهای آن قرار دارد.
- شکلی مارپیچی دارد.

منظومهٔ شمسی

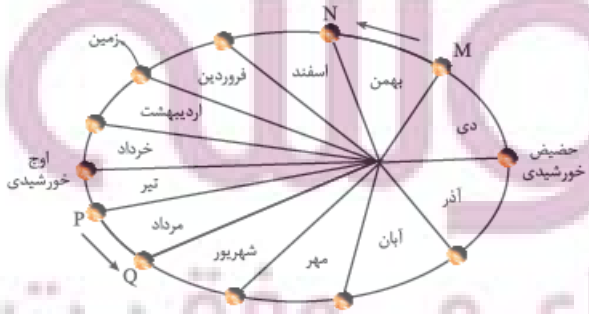
- بخش کوچکی از کهکشان راه شیری است.
- **اجزای تشکیل‌دهندهٔ منظومهٔ شمسی:** خورشید، سیارات، سیارک‌ها، قمرها و سایر اجسام سنگی



نظریهٔ زمین‌مرکزی:
- توسط بطلمیوس ارائه شد.
- زمین در مرکز عالم قرار دارد و ماه و خورشید و ۵ سیارهٔ شناخته‌شدهٔ آن زمان (عطارد، زهره، مریخ، مشتری و زحل)، به دور آن می‌چرخند.
- مدار حرکت سیارات به دور زمین دایره‌ای‌شکل است.
- جهت حرکت چرخش سیارات به دور زمین خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت است.

نظریهٔ خورشیدمرکزی:
- توسط نیکولاس کوپرنیک مطرح شد.
- زمین به همراه ماه و دیگر سیارات در مدارهایی دایره‌ای‌شکل به دور خورشید می‌گردد.
- جهت چرخش سیارات به دور خورشید، خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت است.
- حرکت روزانهٔ خورشید در آسمان، ظاهری است و نتیجهٔ چرخش زمین به دور محور خود است.

قوانین کپلر:
- **قانون اول:** هر سیاره در مداری بیضی‌شکل چنان به دور خورشید می‌چرخد که خورشید همواره در یکی از دو کانون بیضی قرار دارد.
- **قانون دوم:** هر سیاره چنان به دور خورشید می‌گردد که خط فرضی که سیاره را به خورشید وصل می‌کند، در مدت‌زمان‌های مساوی، مساحت‌های مساوی ایجاد می‌کند.
- **قانون سوم:** زمان یک دور گردش سیاره به دور خورشید (p)، با افزایش فاصله از خورشید (d) افزایش می‌یابد و بین آن‌ها رابطهٔ $p^2 \propto d^3$ برقرار است.



ایران‌طلایی
توسعه‌ای برای موفقیت

نکته

اوج خورشیدی: ۱) حداکثر فاصلهٔ زمین تا خورشید ۲) معادل اول تیرماه ۳) فاصلهٔ زمین تا خورشید؛ حدود ۱۵۲ میلیون کیلومتر

حضیض خورشیدی: ۱) حداقل فاصلهٔ زمین تا خورشید ۲) معادل اول دی‌ماه ۳) فاصلهٔ زمین تا خورشید؛ حدود ۱۴۷ میلیون کیلومتر

نکته

هنگام حرکت، هر چه سیاره به خورشید نزدیک‌تر باشد، مدار گردش آن به دور خورشید کوچک‌تر است و سیاره فاصلهٔ موجود را با سرعت بیشتری طی می‌کند. در نتیجه مدت‌زمان کم‌تری طول می‌کشد تا یک بار به دور خورشید بچرخد و سال کوتاه‌تری خواهد داشت.

$$p^2 = d^3$$

p: مدت‌زمان گردش سیاره به دور خورشید (برحسب سال زمینی)

d: فاصله از خورشید (برحسب واحد نجومی)

واحد نجومی

فاصلهٔ متوسط زمین تا خورشید که در حدود ۱۵۰ میلیون کیلومتر است، یک واحد نجومی یا واحد ستاره‌شناسی نام دارد.

چند نمونه سؤال محاسباتی از قانون سوم کپلر:

مثال ۱ **شهابی تقریباً هر ۸ سال، یک بار به دور خورشید می‌گردد. وقتی این شهاب، زمین و خورشید در یک راستا قرار می‌گیرند، شهاب و زمین، حدود چند واحد نجومی از یکدیگر فاصله دارند؟** *(خارج از کشور ۹۸)*

۱) ۳ ۲) ۴ ۳) ۵ ۴) ۲۳

پاسخ گزینهٔ «۱»

$p^2 = d^3$

p = زمان گردش یک دور سیاره به دور خورشید (برحسب سال زمینی)

d = فاصله از خورشید (برحسب واحد نجومی)

فاصلهٔ شهاب از خورشید (واحد نجومی) $d = ۴ \Rightarrow ((۲)^3)^2 = d^3 \Rightarrow ۸^2 = d^3 \Rightarrow p^2 = d^3$

شهاب ۴ واحد نجومی با خورشید فاصله دارد و وقتی خورشید و زمین و شهاب با هم در یک راستا قرار می‌گیرند. در واقع شهاب سه واحد نجومی از زمین فاصله دارد.

فاصلهٔ شهاب از زمین: $d' = ۴ - ۱ = ۳$

مثال **نور خورشید حدود ۸ دقیقه طول می‌کشد تا به زمین برسد. نور خورشید حدود چند دقیقه طول می‌کشد تا به سیارکی که هر ۸ سال یک بار دور خورشید می‌چرخد، برسد؟** *(سراسری ۹۰ ریاضی)*

۱) ۶۴ ۲) ۳۲ ۳) ۲۲/۶ ۴) ۱۶

پاسخ گزینهٔ «۲»

با توجه به قانون سوم کپلر داریم:

$p^2 = d^3 \Rightarrow (۸)^2 = d^3 \Rightarrow d = ۴$ واحد نجومی

$\frac{۱ \text{ واحد نجومی}}{۴ \text{ واحد نجومی}} = \frac{۸ \text{ دقیقه}}{x} \Rightarrow x = ۳۲$ دقیقه

تیزان تونل
توشه ای برای موفقیت

حرکات زمین

انواع حرکات زمین

۱) حرکت وضعی

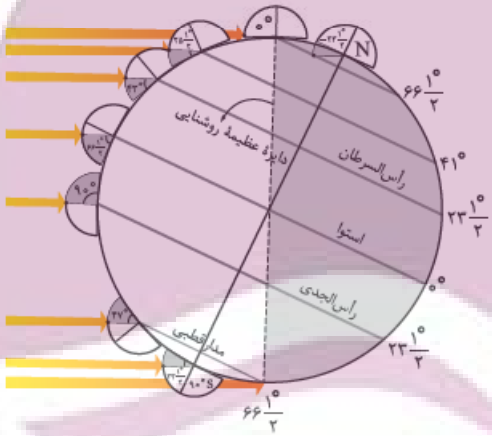
- چرخش زمین به دور محور خود را حرکت وضعی می‌نامند.
- این حرکت در خلاف جهت عقربه‌های ساعت صورت می‌گیرد.
- حرکت وضعی زمین ۲۴ ساعت طول می‌کشد.
- نتیجهٔ حرکت وضعی زمین: ایجاد شبانه‌روز
- محور زمین نسبت به خط عمود بر سطح مدار گردش خود به دور خورشید، ۲۳ / ۵ درجه انحراف دارد. این میزان انحراف سبب ایجاد اختلاف مدت‌زمان روز و شب در عرض‌های جغرافیایی مختلف می‌شود.
- در مناطق استوایی طول مدت شب و روز یکسان و هر یک برابر ۱۲ ساعت در تمام سال است.
- هر چه عرض جغرافیایی بیشتر شود، میزان اختلاف طول مدت شب و روز بیشتر می‌شود.

۲) حرکت انتقالی

- گردش زمین به دور محور خورشید، در یک مدار بیضوی‌شکل، حرکت انتقالی نام دارد.
- این گردش در خلاف جهت عقربه‌های ساعت است.
- نتیجهٔ حرکت انتقالی زمین: پیدایش فصل‌ها
- به علت کروی‌بودن زمین، زاویهٔ تابش خورشید در عرض‌های جغرافیایی مختلف، متفاوت است.
- به علت انحراف ۲۳ / ۵ درجه‌ای محور زمین، زوایای تابش خورشید در یک عرض جغرافیایی نیز در طول سال تفاوت دارد. این تفاوت زاویه، سبب ایجاد فصل‌ها در نقاط مختلف کرهٔ زمین می‌شود.

انحراف محور زمین

- محور زمین نسبت به سطح مدار گردش زمین به دور خورشید ۲۳ / ۵° انحراف دارد.
- این میزان انحراف، در مقدار زاویهٔ تابش خورشید در عرض‌های جغرافیایی مختلف دیده می‌شود.
- نتیجهٔ این میزان انحراف، اختلاف مدت‌زمان روز و شب در عرض‌های جغرافیایی مختلف است.
- نیمکرهٔ شمالی در شش ماههٔ اول سال و نیمکرهٔ جنوبی در شش ماههٔ دوم سال بیشتر در معرض تابش نور خورشید می‌باشد.



موقعیت فرضی تابش عمود نور خورشید نسبت به مدارهای مختلف زمین (براساس نیمکرهٔ شمالی)

۱ در ابتدای بهار، خورشید به صورت عمود بر استوا می‌تابد.

۲ در طول بهار، در نیمکرهٔ شمالی، خورشید بر عرض‌های جغرافیایی بالاتر، عمود می‌تابد.

۳ حداکثر میزان این تابش (تابش قائم) در آخر خرداد و اول تیرماه بر روی مدار رأس‌السرطان است.

۴ در طول تابستان، تابش خورشید بر عرض‌های جغرافیایی کم‌تر از ۲۳ / ۵° قائم است.

۵ در اول پاییز، خورشید بر مدار استوا عمود می‌تابد.

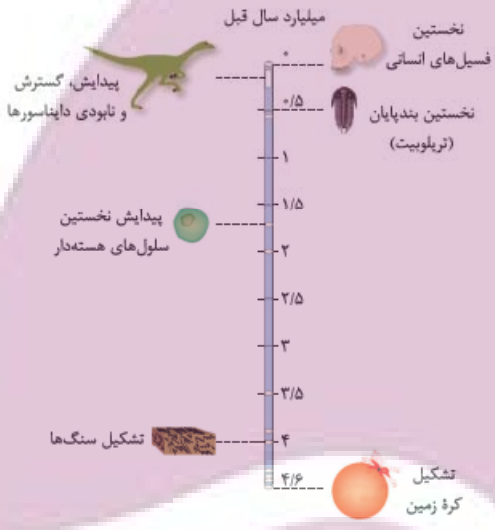
۶ در شش ماههٔ دوم سال، خورشید بر عرض‌های جغرافیایی صفر تا ۲۳ / ۵° جنوبی قائم می‌تابد.

تکوین زمین و آغاز زندگی در آن

مراحل تکوین زمین	
۱	آغاز شکل‌گیری منظومهٔ شمسی از طریق نخستین تجمعات ذرات کیهانی (حدود ۶ میلیارد سال قبل)
۲	تشکیل سیارهٔ زمین به صورت کره‌ای مذاب و قرارگیری آن در مدار خود (حدود ۶ / ۴ میلیارد سال قبل)
۳	سردشدن این گوی مذاب با گذشت زمان و تشکیل سنگ‌های آذرین به عنوان نخستین اجزای **سنگ‌کره**
۴	فوران آتشفشان‌های متعدد و خروج تدریجی گازهای مختلف مانند اکسیژن، هیدروژن، نیتروژن و ... از داخل زمین و ایجاد **هواکره**
۵	سردترشدن کرهٔ زمین و تبدیل بخار آب به مایع و تشکیل **آب‌کره**
۶	تشکیل اقیانوس‌ها و ایجاد **زیست‌کره** تحت تأثیر انرژی خورشید
۷	آغاز زندگی انواع تک‌یاخته‌ها در دریاهای کم‌عمق
۸	ایجاد چرخهٔ آب و فرسایش و رسوب‌گذاری و تشکیل سنگ‌های رسوبی
۹	حرکت ورقه‌های سنگ‌کره و ایجاد فشار و گرمای زیاد در مناطق مختلف و تشکیل سنگ‌های دگرگونی

به نکات زیر توجه کنید:

- ابتدا شرایط محیط زیست فراهم و سپس جانداران از ساده به پیچیده ایجاد شده‌اند.
- به علت تغییر شرایط آب‌وهوایی و محیط زیست در دوران‌های مختلف، جانداران گوناگون به وجود آمده و یا منقرض شده‌اند؛ مثلاً خزندگان در اوایل دورهٔ کربونیفر به وجود آمدند و طی ۸۰ ـ ۷۰ میلیون سال، جثهٔ آن‌ها بزرگ‌تر و تعدادشان بیشتر شد.
دایناسورها (از بزرگ‌ترین خزندگان) در اثر **نامساعدشدن شرایط محیط زیست** و **ناتوانی در سازگاری با تغییرات محیطی**، حدود ۶۵ میلیون سال قبل منقرض شده‌اند.
- ترتیب تکوین زمین: سنگ‌کره ← هواکره ← آب‌کره ← زیست‌کره



سن زمین

- **روش‌های بررسی سن سنگ‌ها و پدیده‌ها:**

۱ **سن نسبی:** در این حالت ترتیب تقدم و تأخر و یا هم‌زمانی وقوع پدیده‌ها نسبت به یکدیگر مشخص می‌شود.

۲ **سن مطلق (رادیومتری):** در این روش سن واقعی نمونه‌ها با استفاده از عناصر پرتوزا اندازه‌گیری می‌شود.

سن مطلق (پرتوسنجی)

- **نیم‌عمر:** مدت‌زمانی است که نیمی از یک عنصر پرتوزا به عنصر پایدار تبدیل می‌شود.

نیم‌عمر × تعداد نیم‌عمر = سن نمونه

- عناصر پرتوزا به طور مداوم، با سرعت ثابت در حال واپاشی هستند و پس از واپاشی به یک عنصر پایدار تبدیل می‌شوند. به همین دلیل از آن‌ها در تعیین سن مطلق سنگ‌ها استفاده می‌شود.
- برای تعیین سن نخستین سنگ‌های تشکیل‌شده در کرهٔ زمین از $U_{۲۳۸}$ استفاده می‌شود.
- برای تعیین سن فسیل ماموت و یا جمجمهٔ انسان اولیه از کربن ۱۴ استفاده می‌شود.

ویژه‌ها برای موفقیت

نیم عمر برخی از عناصر پرتوزا

عنصر پرتوزا	نیم‌عمر (تقریبی)	عنصر پایدار
اورانیم ۲۳۸	۴/۵ میلیارد سال	سرب ۲۰۶
اورانیم ۲۳۵	۷۱۳ میلیون سال	سرب ۲۰۷
توریم ۲۳۲	۱۴/۱ میلیارد سال	سرب ۲۰۸
کربن ۱۴	۵۷۳۰ سال	نیتروژن ۱۴
پتاسیم ۴۰	۱/۳ میلیارد سال	آرگون ۴۰

● **روش محاسبهٔ تعداد نیم‌عمر:**

در حالت کلی مقدار مادهٔ پرتوزا اولیه برابر ۱۰۰٪$(\frac{۱}{۱})$ است. با تجزیهٔ نصف آن $(\frac{۱}{۲})$، ۵۰٪ از آن باقی می‌ماند. در مرحلهٔ بعد نیز نصف مادهٔ باقی‌مانده تجزیه می‌شود و $\frac{۱}{۲}$(۵۰٪) به $\frac{۱}{۴}$ یعنی ۲۵٪ تبدیل می‌شود و همین‌طور این مراحل ادامه می‌یابد.

$$۱ \rightarrow \frac{۱}{۲} \rightarrow \frac{۱}{۲^۲} \rightarrow \frac{۱}{۲^۳} \cdots \frac{۱}{۲^n}$$

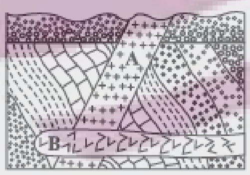
تعداد نیم‌عمر = تعداد فلش‌ها

سن نسبی

● **اصول قابل استفاده در تعیین سن نسبی پدیده‌ها در یک منطقه:**

۱ رسوبات به صورت افقی و لایه‌لایه تشکیل می‌شوند. اگر لایه‌ها توالی اولیهٔ خود را حفظ کرده باشند، لایه‌ای که بالاتر از همه قرار گرفته، از بقیه جدیدتر است. ۲ وقتی لایه‌ها توسط گسلی قطع شده باشند، گسل جوان‌تر است. ۳ اگر یک تودهٔ نفوذی آذرین، لایه‌های سنگی را قطع کرده باشد، تودهٔ آذرین جوان‌تر و لایه‌های رسوبی قدیمی‌تر هستند. ۴ وقتی قطعه‌سنگی داخل یک تودهٔ آذرین وجود داشته باشد، قطعه‌سنگ قدیمی‌تر و تودهٔ آذرین جوان‌تر است. ۵ وقتی تودهٔ آذرین داخل یک قطعه‌سنگ رسوبی باشد، تودهٔ آذرین قدیمی‌تر و قطعه‌سنگ رسوبی جدیدتر است.

مثال **کدام گزینه سه پدیدهٔ زمین‌شناسی متوالی را در شکل زیر معرفی می‌کند؟** *(خارج از کشور ۹۳)*

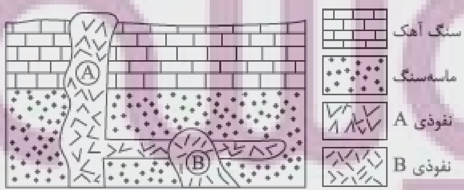


۱) رسوب‌گذاری، فرسایش، چین‌خوردگی
۲) نفوذ تودهٔ A، نفوذ تودهٔ B، فرسایش
۳) رسوب‌گذاری، چین‌خوردگی، نفوذ تودهٔ A
۴) فرسایش، رسوب‌گذاری مجدد، نفوذ تودهٔ B

پاسخ گزینهٔ «۲» ترتیب وقایع موجود در شکل صورت سؤال عبارت‌اند از:

رسوب‌گذاری ← چین‌خوردگی ← رسوب‌گذاری مجدد ← نفوذ تودهٔ A ← نفوذ تودهٔ B ← فرسایش

مثال **سن نسبی سنگ‌های شکل مقابل از قدیم به جدید، کدام است؟** *(خارج از کشور ۱۴۰۰)*



۱) نفوذی B، ماسه‌سنگ، سنگ آهک، نفوذی A
۲) ماسه‌سنگ، سنگ آهک، نفوذی A، نفوذی B
۳) ماسه‌سنگ، نفوذی B، سنگ آهک، نفوذی A
۴) ماسه‌سنگ، سنگ آهک، نفوذی B، نفوذی A

پاسخ گزینهٔ «۲» در تعیین سن نسبی، ترتیب تقدم، تأخر و هم‌زمانی وقوع پدیده‌ها، نسبت به یکدیگر مشخص می‌شود.

ترتیب وقایع از قدیم به جدید:

رسوب‌گذاری ماسه‌سنگ ← رسوب‌گذاری آهک ← نفوذ تودهٔ A ← نفوذ تودهٔ B

زمان در زمین‌شناسی

واحدهای زمانی زمین‌شناسی (از بزرگ به کوچک)

عهد (دور) ← دوره ← دوران ← (اَبَردوران) ائون

معیارهای تقسیم‌بندی واحدهای زمانی زمین‌شناسی

۱ پیدایش یا انقراض گونهٔ خاصی از جانوران

۲ پیشروی یا پسروی جهانی دریاها

۳ حوادث کوهزایی

۴ عصرهای یخبندان

مقیاس زمان زمین‌شناسی و رویدادهای مهم آن

دوران	دوره	رویداد زیستی
سنوزوئیک	کواترنری	انسان
	نئوژن	تنوع پستانداران
	پالئوژن	
مزوزوئیک	کرتاسه	انقراض دایناسورها نخستین گیاهان گلدار
	ژوراسیک	نخستین پرنده
	تریاس	نخستین پستاندار نخستین دایناسور
پالئوزوئیک	پرمین	انقراض گروهی
	کربنیفر	نخستین خزنده
	دونین	نخستین دوزیست
	سیلورین	نخستین گیاهان آونددار
	اردوویسین	نخستین ماهی‌ها
	کامبرین	نخستین تریلوبیت

پیدایش اقیانوس‌ها

- سنگ‌کره از تعدادی ورقهٔ بزرگ و کوچک مجزا از یکدیگر تشکیل شده است.
- انواع ورقه‌های سنگ‌کره: ورقهٔ قاره‌ای، ورقهٔ اقیانوسی

مثال ۱) **ورقهٔ هند:** بخشی اقیانوسی و بخشی قاره‌ای ۲) **ورقهٔ اقیانوس آرام:** اقیانوسی

- **تفاوت سنگ‌کرهٔ قاره‌ای و اقیانوسی:**

۱ سنگ‌کرهٔ قاره‌ای دارای ضخامت بیشتر و چگالی کم‌تر است.

۲ سنگ‌کرهٔ قاره‌ای نسبت به سنگ‌کرهٔ اقیانوسی سن بیشتری دارد.

ویژه‌های برای موفقیت

مراحل چرخهٔ ویلسون

۱ **بازشدگی:** شکافته‌شدن بخشی از پوستهٔ قاره‌ای بر اثر جریان‌های همرفتی سست‌کره و صعود مواد مذاب سست‌کره به سطح زمین

مثال شرق آفریقا

۲ **گسترش:** رسیدن مواد مذاب سست‌کره به بستر اقیانوس از محل شکاف ایجادشده در مرحلهٔ بازشدگی

نتیجه ← ایجاد پشته‌های اقیانوسی

← گسترش بستر اقیانوس به علت خروج مواد مذاب و حرکت پوستهٔ جدید ایجادشده به طرفین و تشکیل پوستهٔ اقیانوسی جدید

مثال ۱) **بستر اقیانوس اطلس:** دورشدن آمریکای جنوبی از آفریقا ۲) **دریای سرخ:** دورشدن عربستان از آفریقا

۳ **بسته‌شدن:**

الف) **ورقهٔ اقیانوسی ـ قاره‌ای:** ایجاد درازگودال اقیانوسی از طریق فرورانش ورقهٔ اقیانوسی از حاشیه به زیر ورقهٔ قاره‌ای مجاور خود و در نهایت بسته‌شدن اقیانوس

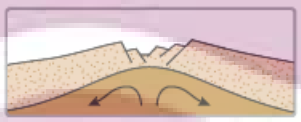
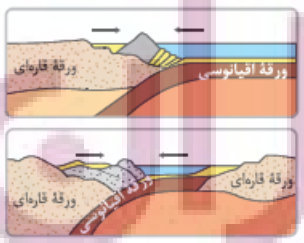
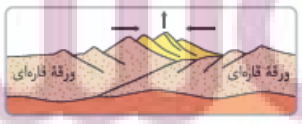
مثال بسته‌شدن اقیانوس تتیس

ب) **ورقهٔ اقیانوسی ـ اقیانوسی:** ایجاد درازگودال‌های اقیانوسی و جزایر قوسی

مثال درازگودال در اقیانوس آرام

۴ **برخورد:** ایجاد رشته‌کوه بر اثر برخورد ورقه‌ها و فشرده‌شدن رسوبات

مثال ۱) **رشته‌کوه هیمالیا:** برخورد هندوستان به آسیا ۲) **رشته‌کوه زاگرس:** برخورد عربستان به ایران

۱) مرحلهٔ بازشدگی	۲) مرحلهٔ گسترش
	
مثال: شرق آفریقا	**مثال:** بستر اقیانوس اطلس (دورشدن آمریکای جنوبی از آفریقا) دریای سرخ (دورشدن عربستان از آفریقا)
۳) مرحلهٔ بسته‌شدن	**۴) مرحلهٔ برخورد**
	
مثال: بسته‌شدن اقیانوس تتیس	**مثال:** تشکیل هیمالیا (برخورد هندوستان به آسیا) تشکیل زاگرس (برخورد عربستان به ایران)

ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت

دیرینه‌شناسی

بررسی آثار و بقایای موجودات گذشتهٔ زمین در لایه‌های رسوبی بر پایهٔ مطالعهٔ فسیل‌ها، پیدایش و نابودی آن‌ها، به منظور پی‌بردن به اطلاعاتی دربارهٔ:
[۱] سن نسبی لایه‌های زمین [۲] محیط زندگی موجودات در گذشته

سنجش از دور

- علم و فن جمع‌آوری اطلاعات از عوارض سطح زمین و سطح دریاها بدون تماس فیزیکی با آن‌ها (با استفاده از تصاویر به‌دست‌آمده از فراز آن‌ها)
- اندازه‌گیری و ثبت انرژی بازتابی از سطح زمین و جوّ پیرامون آن از یک نقطهٔ مناسب در بالاتر از سطح زمین با استفاده از امواج الکترومغناطیسی
- **منابع انرژی پرتوهای بازتابی:** پرتوهای خورشیدی، پرتوهای حرارتی اجسام و پرتوهای مصنوعی
- **قوی‌ترین منبع تولیدکنندهٔ انرژی الکترومغناطیسی:** خورشید
- **کاربرد:** [۱] بررسی وقوع سیل، تغییرات سطح زمین، پراکندگی ریزگردها و ... [۲] کیفیت‌بخشی و بهبود اجرای پروژه‌های اکتشافی و آموزشی

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

فصل ۲: غلظت عناصر در پوستهٔ زمین

تعیین غلظت عناصر در پوستهٔ زمین: توسط کلارک و رینگ‌وود

روش کار: نمونه‌برداری از انواع سنگ‌های مناطق مختلف با هدف:

۱) تعیین ترکیب شیمیایی پوستهٔ زمین

۲) بررسی پراکندگی عناصر در بخش‌های مختلف پوستهٔ زمین

غلظت کلارک
- **تعریف:** فراوانی میانگین عناصر پوستهٔ زمین
- **روش کار:** اندازه‌گیری غلظت عناصر در سنگ‌ها و خاک‌های هر منطقه و مقایسهٔ آن با مقادیر غلظت میانگین
  - ۱) **بی‌هنجاری مثبت:** اگر غلظت عناصر در یک منطقه بیشتر از مقدار میانگین (غلظت کلارک) باشد.
  - ۲) **بی‌هنجاری منفی:** اگر غلظت عناصر در یک منطقه کم‌تر از مقدار میانگین (غلظت کلارک) باشد.
- کاربرد غلظت کلارک
  - ۱) یافتن مکان‌هایی با بی‌هنجاری مثبت از یک عنصر
  - ۲) حرکت ورقه‌های سنگ‌کره
  - ۳) تاریخچهٔ تکوین یک منطقه
  - ۴) آلودگی‌های زیست‌محیطی و ...

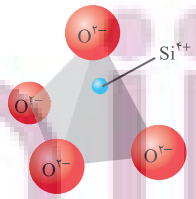
غلظت کلارک عناصر فراوان در پوستهٔ جامد زمین:

عنصر	درصد براساس جرم	عنصر	درصد براساس جرم
اکسیژن	۴۵/۲۰	منیزیم	۱/۶۸
سیلیسیم	۲۷/۲۰	تیتانیم	۰/۸۶
آلومینیم	۸/۰۰	فسفر	۰/۱۲
آهن	۵/۸۰	منگنز	۰/۱۰
کلسیم	۵/۰۶	روی	۰/۰۱۳
سدیم	۲/۳۲	مس	۰/۰۰۷
پتاسیم	۲/۷۷	سرب	۰/۰۰۰۱۶

نکته

در جدول بالا، به ترتیب فراوانی عناصر (از بیشتر به کم‌تر) توجه کنید. (نیازی به حفظ اعداد نیست.)

طبقه‌بندی شیمیایی کانی‌ها
- **غیرسیلیکاتی**
  - فاقد بنیان چهاروجهی‌اند.
  - فراوانی کم‌تری نسبت به کانی‌های سیلیکاتی دارند.
  - سولفات‌ها، سولفیدها، اکسیدها، فسفات‌ها، کربنات‌ها و عناصر آزاد
- **سیلیکاتی**
  - بیش از ۹۰ درصد از پوستهٔ زمین را تشکیل می‌دهند.
  - دارای بنیان سیلیکاتی (SiO_4^{4-}) هستند.
  - در سنگ‌های آذرین، رسوبی‌ها و یا دگرگونی‌ها یافت می‌شوند.



از اتصال چهار اتم اکسیژن به یک اتم سیلیسیم، هرم چهاروجهی تشکیل می‌شود که واحد بنیادی سیلیکات‌ها است.

ایران‌آزمون
توشه ای برای موفقیت

کانی‌های سازندهٔ پوستهٔ زمین و درصد وزنی آن‌ها

سیلیکات پوسته	درصد وزنی	سیلیکات پوسته	درصد وزنی
فلدسپارهای سدیم و کلسیم (پلاژیوکلاز)	٪۳۹	آمفیبول‌ها	٪۵
فلدسپارهای پتاسیم	٪۱۲	میکاها	٪۵
کوارتز	٪۱۲	کانی‌های رسی	٪۵
پیروکسن‌ها	٪۱۱	سایر سیلیکات‌ها	٪۳

نکته

فلدسپارها (فلدسپارهای سدیم و کلسیم یا همان پلاژیوکلازها + فلدسپارهای پتاسیم) فراوان‌ترین کانی‌ها از نظر درصد وزنی در پوستهٔ زمین هستند.

کانه

تعریف: گروهی از کانی‌ها هستند که در آن‌ها یک فلز ارزشمند اقتصادی وجود دارد.

مثال ● هماتیت (Fe_2O_3) ● کالکوپیریت ($CuFeS_2$) ● عناصر آزاد (طلا، نقره، مس) فراوری لازم ندارند.

نکته

کالکوپیریت مهم‌ترین کانه فلز مس است.

کانه	ترکیب شیمیایی	عنصر اقتصادی
هماتیت	Fe_2O_3	Fe
مگنتیت	Fe_3O_4	Fe
کالکوپیریت	$CuFeS_2$	Cu
گالن	PbS	Pb

کانسنگ

کانسنگ (سنگ معدن)
- **کانه:** بخش ارزشمند کانسنگ
- **باطله:** بخش فاقد ارزش اقتصادی قابل توجه

● **مهم‌ترین کانهٔ فلز مس:** کالکوپیریت $CuFeS_2$

● **کانسار:** بخشی از پوستهٔ زمین که در آن غلظت عناصر در یک منطقه نسبت به غلظت میانگین افزایش می‌یابد و حجم زیادی از مادهٔ معدنی با ارزش از نظر اقتصادی در آن‌جا متمرکز است.

کانسنگ‌ها بر اساس منشأ و نحوهٔ تشکیل
- ماگمایی
- گرمابی
- رسوبی

کانسنگ‌های ماگمایی

نحوهٔ تشکیل: سردشدن و تبلور ماگما و ته‌نشینی عناصر فلزی در بخش زیرین ماگما به علت چگالی نسبتاً بالا

مثال تشکیل کانسنگ عناصری مانند کروم، نیکل، پلاتین و آهن

پگماتیت
- سنگ‌هایی با بلورهای بسیار درشت می‌باشند.
- شرایط تشکیل: ۱) وجود مقدار زیادی آب و مواد فرّار مانند کربن دی‌اکسید پس از تبلور بخش اعظم ماگما ۲) زمان تبلور بسیار کند و طولانی
- اهمیت: کانسار مهمی است برای: ۱) بعضی عناصر خاص مانند لیتیم ۲) بعضی کانی‌های گوهری مانند زمرّد ۳) کانی‌های صنعتی مانند مسکوویت (طلق نسوز)

کانسنگ‌های گرمابی

عامل تشکیل: آب گرم ← منشأ این آب‌ها: ماگما، آب‌های نفوذی بستر اقیانوس‌ها، آب‌های زیرزمینی راه‌یافته به اعماق زمین

چگونگی تشکیل: انحلال برخی عناصر در آب‌های گرم توسط:
۱) گرمای ناشی از شیب زمین گرمایی
۲) توده‌های مذاب در بخش‌های عمیق پوسته

نتیجه: ته‌نشین‌شدن برخی عناصر به شکل کانسنگ توسط این آب‌ها در داخل شکستگی‌های سنگ‌ها و ایجاد رگه‌های معدنی

ذخایر دارای منشأ گرمابی: مس، سرب، روی، مولیبدن، قلع و ...

کانسنگ‌های رسوبی

به دو صورت تشکیل می‌شوند:

۱ رسوب‌گذاری و ته‌نشین‌شدن عناصر

مثال:
۱) ذخایر سرب و روی موجود در سنگ‌های آهکی
۲) ذخایر مس و اورانیم موجود در ماسه‌سنگ‌ها

۲ ذخایر پلاسری: هوازدگی سنگ‌ها و تخریب آن‌ها و سپس حمل‌شدن محصولات هوازده شده و در نهایت جداشدن و ته‌نشین‌شدن کانی‌های معدنی آن‌ها در رسوبات تخریبی رودخانه به علت چگالی زیاد

مثال:
۱) پلاسرهای طلا، الماس، پلاتین و ...
۲) رسوبات طلا در رودخانهٔ زرشوران در منطقهٔ تخت‌سلیمان تکاب

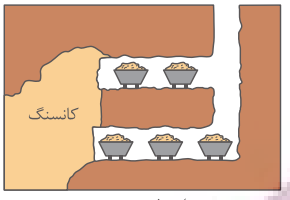
اکتشاف معدن

- در اولین مرحلهٔ اکتشاف، زمین‌شناسان با بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی و بازدید صحرایی، مناطقی را که احتمال تشکیل ذخایر معدنی در آن وجود دارد، شناسایی می‌کنند.
- در مرحلهٔ دوم با مشخص‌شدن موقعیت تقریبی یک تودهٔ معدنی، عملیات حفاری با دستگاه‌های پیشرفته و نمونه‌برداری انجام می‌گیرد.
- در مرحلهٔ سوم، نمونه‌های حفاری‌شده برای تعیین عیار فلز یا کیفیت مادهٔ معدنی و شناسایی کانی‌های موجود در آن‌ها به آزمایشگاه حمل و در آن‌جا توسط میکروسکوپ و یا دستگاه‌های تجزیهٔ شیمیایی مورد بررسی قرار می‌گیرند.
- در مرحلهٔ آخر، زمین‌شناسان یا مهندسان اکتشاف، تمامی داده‌های به دست آمده را با نرم‌افزارهایی تحلیل کرده و مقدار ذخیرهٔ معدن و عیار میانگین مادهٔ معدنی را تعیین می‌کنند.

	مراحل اکتشاف معدن	ویژگی‌ها
۱	شناسایی مناطق	در اولین مرحلهٔ اکتشاف، زمین‌شناسان با بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی و بازدید صحرایی، مناطقی را که احتمال تشکیل ذخایر معدنی در آن وجود دارد، شناسایی می‌کنند.
۲	شناسایی ذخایر زیرسطحی	در این مرحله، زمین‌شناسان با آگاهی از ویژگی‌های فیزیکی کانسنگ‌ها، مانند خواص مغناطیسی کانسنگ، رسانایی الکتریکی سنگ‌ها، تغییرات میدان گرانش زمین و ... با کمک روش‌های ژئوفیزیکی، ذخایر زیرسطحی و پنهان را شناسایی می‌کنند.
۳	نمونه‌برداری	در این مرحله حفاری با دستگاه‌های پیشرفته و نمونه‌برداری از عمق، تا حدی که مادهٔ معدنی وجود دارد، انجام می‌گیرد.
۴	بررسی‌های آزمایشگاهی	نمونه‌های تهیه‌شده از حفاری، برای شناسایی کانی‌های موجود در آن‌ها و تعیین عیار فلز یا کیفیت مادهٔ معدنی به آزمایشگاه حمل و در آن‌جا توسط میکروسکوپ و یا دستگاه‌های تجزیهٔ شیمیایی مورد بررسی قرار می‌گیرند.
۵	تحلیل داده‌ها	زمین‌شناسان، تمامی داده‌های به دست آمده را با نرم‌افزارها تحلیل و مقدار ذخیرهٔ معدن و عیار میانگین مادهٔ معدنی را تعیین می‌کنند.

استخراج معدن و فراوری مادهٔ معدنی

الف) روش روباز



ب) روش زیرزمینی

روش‌های استخراج مادهٔ معدنی

- **شرط آغاز عملیات استخراج:** اقتصادی‌بودن ذخیرهٔ معدنی
- روش استخراج، براساس شکل و چگونگی قرارگیری تودهٔ معدنی در پوستهٔ زمین تعیین می‌شود.

انواع روش‌های استخراج
- روباز
- زیرزمینی

- به فرایند جداسازی کانی‌های مفید اقتصادی از باطله، کانه‌آرایی (فراوری) مادهٔ معدنی گفته می‌شود که در کارخانه‌هایی در کنار معادن انجام می‌شود.
- محصول نهایی (کنسانتره) برای جداسازی فلز به کارخانهٔ ذوب، منتقل یا به طور مستقیم یا با تغییر اندک در صنعت استفاده می‌شود.

مثال عیار اقتصادی

مثال **عیار اقتصادی طلا در ذخایر آن حدود ppm ۴ است. محاسبه کنید در یک معدن طلا، از هر ۵ تن سنگی که استخراج می‌شود، چند گرم طلا به دست می‌آید؟**

پاسخ

$$\text{ppm} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times ۱۰^۶ = \frac{۴}{۵ \times ۱۰^۶} \times ۱۰^۶ = ۰/۸ \text{ گرم}$$

گوهرها، زیبایی شگفت‌انگیز دنیای کانی‌ها

گوهرها، نمونه‌های بسیار زیبا، خاص و کمیاب دنیای کانی‌ها هستند که توسط فرایندهای ماگمایی، گرمابی و دگرگونی، اکثراً تحت شرایط خاصی مانند دما و فشار زیاد در اعماق زمین و گاهی با حضور مواد فرّار به وجود می‌آیند.

مهم‌ترین خواص گوهرها
- سختی زیاد
- رنگ
- درخشش
- کمیاب‌بودن

الماس
- ترکیب: کربن خالص
- کاربرد: به عنوان ساینده
- شیوهٔ تشکیل: در دما و فشار بسیار زیاد در گوشتهٔ زمین

یاقوت
- نام علمی: کرندوم (اکسید آلومینیوم)
- رنگ آبی: یاقوت کبود
- رنگ قرمز: یاقوت سرخ
- سختی: بعد از الماس سخت‌ترین کانی است.

انواع گوهرها
- **زمرد:** کانی سیلیکات بریلیم و معروف‌ترین و گران‌ترین آن به رنگ سبز
- **گارنت:** کانی سیلیکاتی و فراوان‌ترین آن به رنگ قرمز تیره
- **عقیق:** کانی سیلیسی با رنگ‌های متنوع و نوعی کوارتز نیمه‌قیمتی
- **زبرجد:** کانی سیلیکاتی و نوع شفاف و قیمتی کانی الیوین و به رنگ سبز زیتونی
- **فیروزه:** غیرسیلیکاتی (فسفاتی) و با نام تجاری تورکواز
- **آمتیست:** کوارتز بنفش‌رنگ
- **اپال:** نوعی گوهر سیلیسی (اپال گران‌بها) و دارای درخشش رنگین‌کمانی
- **کریزوبریل:** دارای درخشندگی چشم گربه‌ای

ابتدای مسیر تا انتهای موفقیت

نکته

مقیاس توصیف سختی کانی‌ها: مقیاس موهس (Mohs)

مثال
- **تالک**: نرم‌ترین کانی با سختی ۱
- **الماس**: سخت‌ترین کانی با سختی ۱۰

سوخت‌های فسیلی

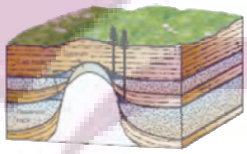
نفت و گاز
- هیدروکربن‌هایی که به طور طبیعی به صورت مایع، گاز و نیمه‌جامد در زمین وجود دارند.
- محل تشکیل: در محیط دریایی کم‌عمق (کم‌تر از ۲۰۰ متر)
- منشأ: پلانکتون‌ها
- شیوهٔ تشکیل: مدفون‌شدن بقایای موجودات در رسوبات ریزدانهٔ بستر دریا و از طریق یک سری واکنش‌های شیمیایی

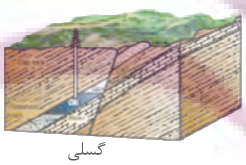
نکته

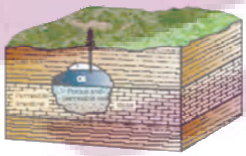
مهم‌ترین عوامل در فرایند تشکیل ذخایر نفتی: دما، فشار، زمان، محیطی بدون اکسیژن، وجود باکتری‌های غیرهوازی

مهاجرت نفت
- حرکت نفت و گاز به همراه آب از سنگ مادر به سمت بالا از طریق نفوذپذیری سنگ‌ها را **مهاجرت اولیهٔ نفت** می‌گویند.
- رسیدن نفت و گاز و آب در طی مهاجرت به سنگ‌هایی با نفوذپذیری بالا مانند ماسه‌سنگ و جداشدن نفت و گاز از آب در داخل سنگ مخزن، به دلیل اختلاف چگالی آن‌ها را **مهاجرت ثانویه** می‌گویند.
- ویژگی مهم سنگ مخزن: وجود تخلخل و نفوذپذیری زیاد آن ـ شکل هندسی مناسب به منظور تجمع و ذخیره‌سازی نفت
- اگر نفت در مسیر حرکت، به سطح زمین برسد **چشمه‌های نفتی** تشکیل می‌شود، در این صورت، در اثر تبخیر، دچار اکسایش و غلیظ‌شدگی شده و ذخایر قیر طبیعی را به وجود می‌آورد.
- اگر نفت و گاز در مسیر مهاجرت خود به لایه‌ای از سنگ‌های نفوذناپذیر مانند شیل و سنگ گچ برسند، دیگر قادر به ادامهٔ مهاجرت نخواهند بود و این لایهٔ نفوذناپذیر (پوش سنگ) جلوی حرکت نفت و گاز را می‌گیرد و آن‌ها را در داخل سنگ مخزن به دام می‌اندازد.
- انواع نفت‌گیرها (تله‌های نفتی): ۱) تاقدیسی ۲) گنبد نمکی ۳) گسلی ۴) ریف (مرجانی)

تاقدیسی


گنبد نمکی


گسلی


ریف (مرجانی)

زغال‌سنگ

سوخت فسیلی جامدی است که از مواد آلی گیاهی در محیط‌های خشکی تشکیل می‌شود.

مراحل تشکیل زغال‌سنگ

۱. وجود گیاهان جنگلی (به منظور تأمین مواد آلی)
۲. انباشته‌شدن این مواد در باتلاق‌ها و پوشیده‌شدن آن‌ها توسط رسوبات (بدون حضور اکسیژن)
۳. تبدیل این مواد آلی به مرور زمان به زغال نارسی به نام تورب
۴. فشرده‌شدن تورب در زیر رسوبات و وزن سنگ‌های بالایی در طی میلیون‌ها سال
۵. خروج آب و مواد فرّار مانند کربن دی‌اکسید و متان از تورب
۶. کاهش ضخامت تورب (ماده‌ای پوک و متخلخل) و تبدیل آن به لیگنیت
۷. افزایش تراکم و تبدیل لیگنیت به زغال‌سنگ‌های مرغوب‌تری به نام بیتومینه و آنتراسیت

● **تغییرات رخ‌داده در فرایندهای زغال‌شدگی از تورب تا آنتراسیت:**

افزایش فشار و وزن رسوبات فوقانی

↓

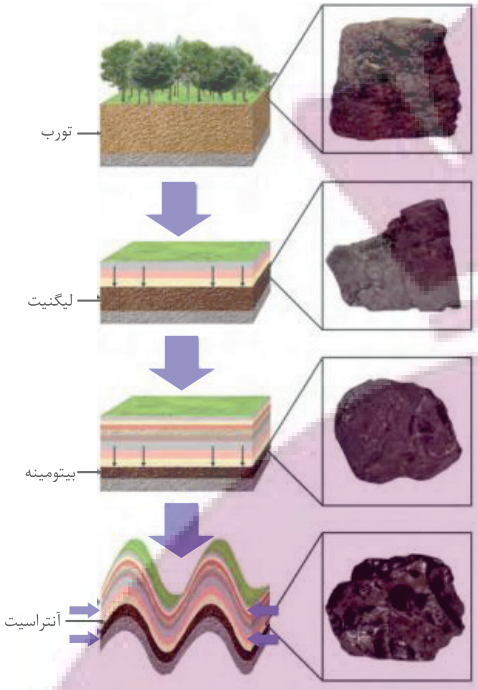
خروج تدریجی آب و مواد فرّار

↓

افزایش درصد خلوص کربن در سنگ حاصل

↓

افزایش کیفیت و توان تولید انرژی زغال‌سنگ



نوع زغال‌سنگ	ویژگی
۱) تورب	● از انباشته‌شدن مواد آلی در باتلاق‌ها و در محیط بدون اکسیژن به وجود می‌آید. ● یک نوع زغال نارس است. ● ماده‌ای پوک و متخلخل است. **نکته:** در کشور ایرلند، تورب به عنوان یک مادهٔ سوختی بهره‌برداری می‌شود.
۲) لیگنیت	● در اثر فشار سنگ‌های بالایی و خروج مواد فرّار از تورب به وجود می‌آید. ● نسبت به تورب، آب و مواد فرّار و ضخامت کم‌تری دارد. ● نسبت به تورب، درصد کربن بیشتری دارد.
۳) بیتومینه	● در اثر افزایش فشار و تراکم از لیگنیت به وجود می‌آید. ● نسبت به لیگنیت، مواد فرّار و ضخامت کم‌تری دارد. ● نسبت به لیگنیت، درصد کربن، مرغوبیت و توان تولید انرژی بیشتری دارد.
۴) آنتراسیت	● در اثر افزایش فشار، تراکم و چین‌خوردگی لایه‌ها از بیتومینه به وجود می‌آید. ● نسبت به تورب، درصد کربن، مرغوبیت و توان تولید انرژی بیشتری دارد.

علم، زندگی، کارآفرینی

۱ـ سنگ‌شناسی (پترولوژی)

موضوع مطالعه: بررسی چگونگی تشکیل، منشأ، رده‌بندی و ترکیب سنگ‌های آذرین و دگرگونی، فرایندهای دگرگونی، آتشفشانی، نفوذ توده‌های آذرین در درون زمین، ماه و سیارات دیگر و مناطق زمین گرمایی.

۲ـ زمین‌شناسی اقتصادی

موضوع مطالعه: یافتن مکان‌های دارای ذخایر معدنی با ارزش مانند مس، آهن، طلا، نقره، الماس و ... با بهره‌گیری از اصول زمین‌شناسی و پراکندگی عناصر در پوستهٔ زمین

توشه ای برای موفقیت

۳ـ زمین‌شناسی نفت

موضوع مطالعه: شناخت، چگونگی تشکیل و مهاجرت نفت در اعماق زمین، شناسایی مکان‌های دارای نفت، شناسایی میدان‌های نفت و گاز مناسب برای حفاری

۴ـ ژئوشیمی

موضوع مطالعه: شناسایی ترکیب سیارات (همان ترکیب تقریبی زمین) که سبب شناخت عناصر و منابع روی زمین و چگونگی تشکیل آن‌ها شده است و هم‌چنین توزیع نامساوی عناصر در زمین را بررسی می‌کند.

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

آب جاری

– نقش آب در طبیعت –

۱ نماد زندگی
۲ ایجاد تغییرات وسیع در پوستهٔ زمین
۳ ایجاد فرسایش
۴ تغییرات اقلیمی و ...

– منابع تأمین آب مورد نیاز موجودات زنده –

۱ آب‌های سطحی
۲ آب‌های زیرزمینی

– عامل مؤثر و اصلی در تأمین این منابع –

بارش‌های جوّی

– برگاب –

بخشی از بارش‌ها در یک حوضهٔ آبریز است که قبل از رسیدن به سطح زمین، توسط شاخ و برگ گیاهان گرفته می‌شود.

عوامل مؤثر بر برگاب:
- موقعیت جغرافیایی منطقه
- نوع پوشش گیاهی منطقه و میزان تراکم آن
- شرایط آب‌وهوایی مانند دما، میزان بارش، میزان تبخیر و ...
- اندازهٔ برگ
- شکل برگ
- میزان تراکم برگ
- ابعاد گیاه

– رواناب –

بخشی از آب باران است که در سطح زمین به سوی مناطق پست‌تر جاری می‌شود.

عوامل مؤثر بر رواناب:
- شرایط آب‌وهوایی مانند دما، میزان رطوبت هوا، میزان تبخیر
- مقدار بارش، شدت بارندگی، نوع بارش
- شیب زمین
- پوشش گیاهی منطقه
- جنس و نوع خاک‌ها و سنگ‌های منطقه و میزان نفوذپذیری آن‌ها
- میزان رطوبت خاک منطقه
- وسعت و شکل حوضهٔ آبریز
- میزان گیاخاک

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

نکته

رابطهٔ میزان رواناب و عوامل مؤثر بر آن:

عوامل مؤثر بر رواناب	تأثیر بر مقدار رواناب
کاهش تبخیر	افزایش رواناب
کاهش شیب زمین	کاهش رواناب
کاهش تراکم خاک	کاهش رواناب
کاهش شدت و مدت بارندگی	کاهش رواناب
کاهش پوشش گیاهی	افزایش رواناب

– آبدهی (دبی) –

حجم آبی است که در واحد زمان (ثانیه) از مقطع عرضی رودخانه عبور می‌کند.

با تعیین سرعت آب در یک رود یا آبراهه و اندازه‌گیری سطح مقطع آن، میزان آبدهی (دبی) محاسبه می‌شود:

$$Q = A \times V$$

Q: دبی (m^3/s)

A: مساحت سطح مقطع جریان آب (m^2)

V: سرعت جریان آب (m/s)

نکته

در یک نقطهٔ معین از رود، با تغییر عرض، عمق و سرعت آب، آبدهی رود نیز تغییر می‌کند.

مثال **عرض رودخانه‌ای در زیر پلی ۱۲ متر است. زمانی که آب با عمق ۰/۵ متر و با سرعت ۰/۵ متر بر ثانیه از زیر پل عبور می‌کند، دبی آب رود چند مترمکعب بر ثانیه است؟** *(سراسری ۹۶)*

۱) ۳ ۲) ۴/۸ ۳) ۳۰ ۴) ۴۸

پاسخ گزینهٔ «۱»

$$Q = A \times V \Rightarrow Q = 0/5\,m \times 12\,m \times 0/5\,m/s \Rightarrow Q = 3\,m^3/s$$

مثال **آبدهی قناتی در هر دقیقه ۳۰۰۰ لیتر است. اگر عمق و عرض آب در دهانهٔ قنات به ترتیب ۴۰ و ۸۰ سانتی‌متر باشد، آب تقریباً با سرعت چند متر بر ثانیه خارج می‌شود؟** *(سراسری ۱۴۰۰)*

۱) ۰/۶۶ ۲) ۰/۱۵ ۳) ۰/۹ ۴) ۰/۲

پاسخ گزینهٔ «۲»

ابتدا آبدهی را به واحد مترمکعب بر ثانیه تبدیل می‌کنیم:

$$3000\frac{L}{min} \times \frac{m^3}{1000\,L} \times \frac{min}{60\,s} = 0/05\,m^3/s$$

سپس عرض و عمق آب در دهانهٔ قنات را بر صد تقسیم می‌کنیم تا به متر تبدیل شود و بعد در فرمول آبدهی می‌گذاریم:

$$Q = A \times V$$

$$Q = (\text{عمق آب} \times \text{عرض آب}) \times \text{سرعت آب}$$

$$0/05 = (0/8 \times 0/4) \times V \Rightarrow V \cong 0/15\,m/s$$

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

انواع رودخانه‌ها براساس میزان آبدهی

۱) رودخانهٔ دائمی
- در مناطق مرطوب که بارندگی زیاد و تبخیر کم است، شکل می‌گیرند.
- بخشی از آب که در این رودخانه‌ها **همیشه** جریان دارد، **آبدهی پایه** را تشکیل می‌دهد.
- در زمانی که بارندگی نیست آب این رودها از **ذوب برف و یخ نواحی مرتفع** و یا از **ورود آب‌های زیرزمینی** به داخل رود تأمین می‌شود.

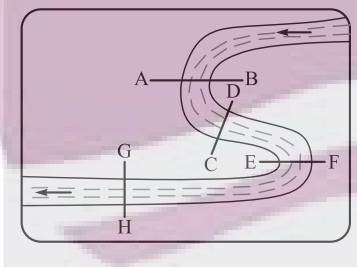
۲) رودخانهٔ موقتی
- در مناطق گرم و خشک که بارندگی کم و تبخیر زیاد است، شکل می‌گیرند.
- این رودخانه‌ها فصلی هستند؛ در بهار آب دارند، و در تابستان اغلب خشک هستند.

مقاطع مختلف یک رود

۱) مقطع رودخانهٔ مستقیم
- بیشترین سرعت جریان آب ← در وسط و نزدیک سطح آب
- کم‌ترین سرعت جریان آب ← در نزدیکی کف و دیواره‌ها ← به دلیل اصطکاک با کف

۲) مقطع رودخانهٔ منحنی
- بیشترین سرعت جریان آب و بیشترین فرسایش ← در دیوارهٔ **مقعر** رودخانه
- کم‌ترین سرعت جریان آب و بیشترین رسوب‌گذاری ← در دیوارهٔ **محدب** رودخانه

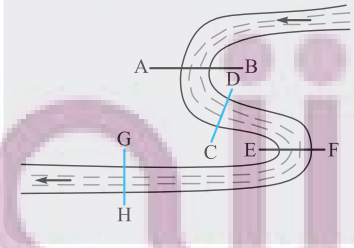
مثال **نیمرخ عرضی بستر رود در محل کدام برش‌ها شباهت بیشتری به هم دارند؟** (خارج کشور ۱۴۰۰)



۱) AB و EF
۲) AB و CD
۳) CD و GH
۴) EF و GH

پاسخ گزینهٔ «۳»

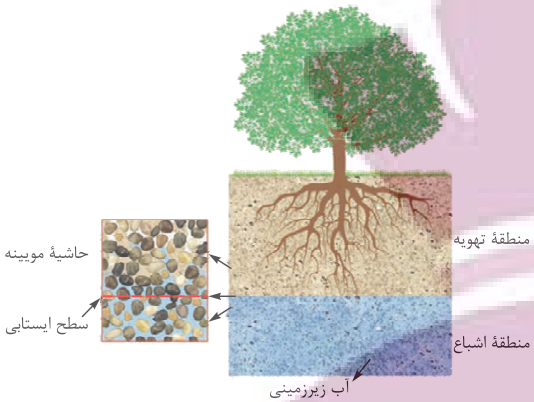
رودخانه در مقطع CD و HG مستقیم است و انحنا ندارد. پس شکل بستر آن‌ها یکسان است.



ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

آب زیرزمینی

توزیع آب زیرزمینی در داخل خاک



- **منطقهٔ تهویه:** هنگام نفوذ آب به داخل زمین، بخشی از آب نفوذی به سطح ذرات خاک یا سنگ می‌چسبد، به طوری که در قسمت بالایی خاک منافذ و فضاهای خالی توسط آب‌وهوا پر می‌شود؛ این منطقه را منطقهٔ تهویه می‌نامند.
- **منطقهٔ اشباع:** بخشی از آب نفوذی به اعماق بیشتر و بخش بالایی سنگ بستر حرکت می‌کند، در این قسمت منافذ و فضاهای خالی توسط آب پر شده است و منطقهٔ اشباع ایجاد می‌شود.
- **سطح ایستابی:** سطح فوقانی منطقهٔ اشباع (که با لایه‌ای نفوذپذیر محصور شده است) را سطح ایستابی گویند.

تغییرات سطح ایستابی

- سطح ایستابی در نقاط پر باران در عمق کم‌تر و در نقاط خشک در اعماق بیشتر قرار دارد.
- سطح ایستابی از توپوگرافی زمین تبعیت می‌کند. ← در نقاط مرتفع در دامنهٔ کوه‌ها در عمق بیشتر و در دره‌ها و نقاط پست در عمق کم‌تر قرار دارد.

عوامل مؤثر بر تغییرات سطح ایستابی

- میزان بارش سالانه و فصلی
- میزان نفوذ آب به زمین
- تغییرات میزان بهره‌برداری

نکته

سطح ایستابی تقریباً از **توپوگرافی** سطح زمین تبعیت می‌کند.
- **در مناطق مرتفع و دامنهٔ کوه‌ها:** در عمق بیشتر
- **در دره‌ها و نقاط پست:** در عمق کم‌تر

- **حاشیهٔ مویینه:** نوار باریک و مرطوبی است که منطقهٔ اشباع را به ناحیهٔ بالایی (منطقهٔ تهویه) مرتبط می‌کند و سطح ایستابی در بین فضاهای خالی این منطقه در نوسان است.

نکته

هر چه رسوبات دانه ریزتر ← منافذ نازک‌تر ← فشار مویینه بیشتر ← ارتفاع آب بیشتر ← ضخامت حاشیهٔ مویینه بیشتر

- **چشمه یا برکه:** ظاهرشدن آب زیرزمینی در سطح زمین به علت برخورد سطح ایستابی با سطح زمین
- **باتلاق یا شوره‌زار:** نتیجهٔ انطباق سطح ایستابی با سطح زمین و یا قرارگیری در نزدیکی آن

تخلخل

درصد فضاهای خالی یک رسوب یا سنگ است که به صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$\text{درصد تخلخل} = \frac{\text{حجم فضاهای خالی } (m^3)}{\text{حجم کل } (m^3)} \times 100$$

انواع منافذ موجود در سنگ

۱ **اولیه:** فضاهای خالی هستند که از ابتدای تشکیل سنگ در آن وجود داشته است.

۲ **ثانویه:** منافذی است که پس از تشکیل سنگ و بر اثر هوازدگی، شکستگی، انحلال و ... ایجاد شده‌اند.

رشته تجربی
توشه ای برای موفقیت

مثال بر اثر بهره‌برداری از یک آبخوان در یک دشت به مساحت ۲۰۰×۱۰^۶ مترمربع و تخلخل ۳۰ درصد، سطح ایستابی ۱۰ متر افت کرده است. چه حجمی از آب تخلیه شده است؟

پاسخ

$$\text{حجم کل آبخوان } V = ۲۰۰\times۱۰^۶ \times ۱۰ \Rightarrow V = ۲۰۰\times۱۰^۷ \ m^۳$$

$$\text{حجم آب تخلیه‌شده } x = ۶۰۰\times۱۰^۶ \ m^۳ \Leftarrow \frac{۳۰}{۱۰۰} = \frac{x}{۲۰۰\times۱۰^۷} \Leftarrow \text{درصد تخلخل} = \frac{\text{حجم فضاهای خالی}}{\text{حجم کل}} \times ۱۰۰$$

مثال حجم یک نفت‌گیر ماسه‌سنگی محصور بین یک گنبد نمکی و یک لایهٔ شیل حدود $۳\times۱۰^۶ \ m^۳$ محاسبه شده است. اگر میزان تخلخل ماسه‌سنگ ۱۵ درصد باشد، در این نفت‌گیر حداکثر چند مترمکعب نفت می‌تواند ذخیره شده باشد؟ *(سراسری ۸۸)*

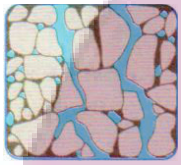
۱) $۱/۶۶\times۱۰^۵$ ۲) ۲×۱۰^۵ ۳) $۴/۵\times۱۰^۵$ ۴) ۵×۱۰^۴

پاسخ گزینهٔ «۳»

$$\text{درصد تخلخل} = \frac{\text{حجم فضاهای خالی}}{\text{حجم کل}} \times ۱۰۰ \Rightarrow \frac{۱۵}{۱۰۰} = \frac{x}{۳\times۱۰^۶} \Rightarrow x = ۴/۵\times۱۰^۵ \ m^۳$$

نفوذپذیری

توانایی آبخوان در انتقال و هدایت آب را نشان می‌دهد.



متخلخل و نفوذپذیر

عوامل مؤثر بر نفوذپذیری

۱) اندازهٔ منافذ

۲) میزان ارتباط آن‌ها با یکدیگر

تفاوت نفوذپذیری و تخلخل:
- تخلخل بیانگر مقدار آب ذخیره‌شده در آبخوان است.
- نفوذپذیری نشانگر توانایی آبخوان در هدایت آب است.

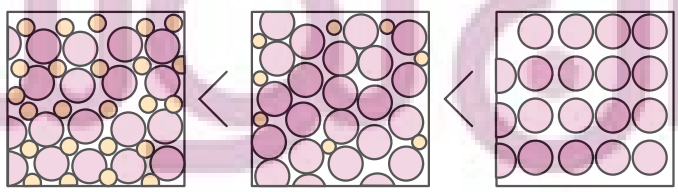
نکته

۱) رس‌ها بسیار متخلخل هستند ولی نفوذپذیری بسیار کمی دارند. ← (علت) ← ریزبودن منافذ آن‌ها

۲) چوب‌پنبه و سنگ‌پا بسیار متخلخل هستند اما آب از آن‌ها عبور نمی‌کند. ← (علت) ← عدم ارتباط منافذ آن‌ها با یکدیگر

۳) هر چه ارتباط بین منافذ خاک یا سنگ بیشتر باشد، توانایی آبدهی آبخوان بیشتر خواهد بود.

- مقایسهٔ لایه‌ها با توانایی آبدهی از بیشتر به کم‌تر:



ایران‌امتحان
توشه‌ای برای موفقیت

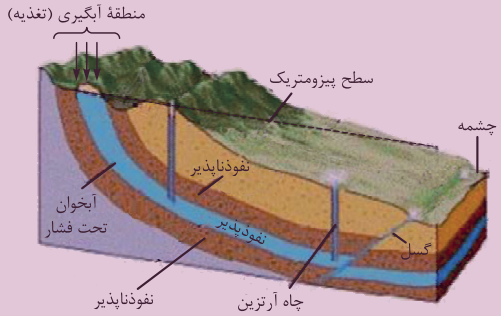
– آبخوان –

لایه یا لایه‌هایی از رسوبات یا سنگ‌های نفوذپذیر اشباع از آب در زیرزمین که آب بتواند نسبتاً به آسانی در آن حرکت کند.

انواع آبخوان:
- آبخوان آزاد:
  - سطح ایستابی، سطح فوقانی منطقهٔ اشباع را تشکیل می‌دهد.
  - وقتی چاهی در یک لایهٔ آبدار آزاد حفر شود، سطح آب چاه بیانگر سطح ایستابی در آن نقطه است.
  - فشار در سطح فوقانی منطقهٔ اشباع (سطح ایستابی) برابر فشار اتمسفر است.
- آبخوان تحت فشار:
  - در این آبخوان لایهٔ نفوذپذیر، بین لایه‌های نسبتاً نفوذناپذیر محصور شده است.
  - فشار در سطح فوقانی منطقهٔ اشباع، بیشتر از فشار اتمسفر است.

بخش‌های مختلف آبخوان

- **منطقهٔ تغذیه:** منطقه‌ای که آب باران از قسمتی از لایهٔ نفوذپذیر که در سطح زمین بیرون‌زدگی دارد، وارد آبخوان تحت فشار می‌شود.
- **سطح پیزومتریک:** وقتی چاهی تا یک سفرهٔ تحت فشار حفر شود آب در آن بالا می‌آید. ارتفاعی که آب تا آن‌جا بالا می‌آید سطح پیزومتریک گفته می‌شود.
- **چاه آرتزین:** اگر سطح پیزومتریک بالاتر از سطح زمین قرار گیرد، آب خودبه‌خود از دهانهٔ چاه بیرون می‌ریزد. این چاه را چاه آرتزین گویند.
- **چشمه:** اگر در آبخوان تحت فشار آب از راه شکستگی‌های طبیعی (مانند گسل) به سطح زمین راه پیدا کند، چشمه به وجود می‌آید.



مقایسهٔ انواع رسوبات و سنگ‌ها از نظر تشکیل آبخوان

۱) **آبرفت‌ها و سنگ‌های آهکی حفره‌دار (آهک کارستی):** قابلیت تشکیل آبخوان را دارند. ← تشکیل چشمه‌های پر آب و دائمی

۲) **شیل‌ها، سنگ‌های دگرگونی و آذرین:** آبخوان خوبی تشکیل نمی‌دهند. ← عدم تشکیل چشمه در آن‌ها یا تشکیل چشمه‌هایی با آبدهی بسیار کم و فصلی

چشمهٔ کارستی طاق‌بستان کرمانشاه

چشمهٔ کارستی گاماسیاب نهاوند

- **چگونگی حرکت آب زیرزمینی:** از مکانی با انرژی بیشتر یعنی مکانی با ارتفاع و فشار بیشتر (سطح ایستابی بالاتر) در مسیری **منحنی‌شکل** به محلی با انرژی کم‌تر یعنی محلی با ارتفاع و فشار کم‌تر (سطح ایستابی پایین‌تر).
- **ترکیب آب زیرزمینی:** کلریدها، سولفات‌ها، بی‌کربنات‌های کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، آهن و ...

– عوامل مؤثر بر غلظت نمک‌های حل‌شده در آب‌های زیرزمینی –

۱) **جنس کانی‌ها و سنگ‌ها:** سنگ‌های آذرین و دگرگونی، رسوبات آبرفتی و رودخانه‌ای املاح کم‌تری دارند، ولی سنگ‌های آهکی و تبخیری به دلیل انحلال‌پذیری زیاد، املاح و رسوبات زیادی دارند.

۲) **سرعت نفوذ آب:** هر چه سرعت نفوذ آب کم‌تر باشد، میزان املاح آب بیشتر خواهد بود. ← علت: آب ضمن حرکت آهسته، فرصت بیشتری برای حل کانی‌های مسیر خود را دارد.

۳) **دمای آب:** هر چه دمای آب بیشتر باشد، میزان انحلال کانی‌ها و سنگ‌ها بیشتر است.

۴) **مسافت طی‌شده توسط آب:** هر چه آب مسافت بیشتری را طی کند، میزان املاح بیشتری را با خود حمل خواهد کرد.

– کیفیت آب زیرزمینی موجود در سنگ‌های مختلف

۱) سنگ‌های آذرین و دگرگونی
- دارای نمک‌های محلول کمی هستند.
- برای مصارف روزمره و آشامیدن مناسب هستند.

۲) سنگ‌های تبخیری (مانند گچ و نمک)
- قابلیت انحلال بالا دارند.
- دارای نمک‌های فراوان هستند.
- برای مصارف روزمره، نامناسب هستند.

۳) رسوبات آبرفتی و رودخانه‌ای
- املاح موجود در آن‌ها ناچیز است.
- دارای آب شیرین هستند و برای آشامیدن و ... مناسب هستند.

۴) نواحی خشک و کویری
- به علت تبخیر زیاد، شوری آب بسیار زیاد است.
- برای کشاورزی و مصارف دیگر نامناسب هستند.

– سختی آب

- علت سختی آب، نمک‌های محلول در آن است.
- در آب‌های سخت میزان یون‌های **کلسیم** و **منیزیم** زیاد است.
- سختی آب براساس غلظت یون‌های **کلسیم** و **منیزیم** سنجیده می‌شود.

فرمول محاسبهٔ سختی آب

TH: سختی کل (میلی‌گرم در لیتر)

$$TH = ۲/۵Ca^{۲+} + ۴/۱Mg^{۲+}$$

مثال اطلاعات زیر از آب چهار چاه به دست آمده است. سختی کل آب کدام چاه از بقیه بیشتر است؟ *(سراسری ۹۸)*

چاه / مقدار یون‌ها	یون کلسیم (میلی‌گرم در لیتر)	یون منیزیم (میلی‌گرم در لیتر)
A	۴۰	۸۰
B	۶۰	۶۰
C	۷۰	۶۰
D	۸۰	۵۰

۱) A　　۲) B　　۳) C　　۴) D

پاسخ گزینهٔ «۱»

سختی آب طبق فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$TH = ۲/۵Ca^{۲+} + ۴/۱Mg^{۲+}$$

چاه A: $۲/۵(۴۰) + ۴/۱(۸۰) = ۴۲۸$ mgr/ Lit

چاه B: $۲/۵(۶۰) + ۴/۱(۶۰) = ۳۹۶$ mgr/ Lit

چاه C: $۲/۵(۷۰) + ۴/۱(۶۰) = ۴۲۱$ mgr/ Lit

چاه D: $۲/۵(۸۰) + ۴/۱(۵۰) = ۴۰۵$ mgr/ Lit

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

مثال آب رودخانه‌ای با سختی کل تقریباً ۴۴۱ میلی‌گرم در لیتر، دارای ۶۰ میلی‌گرم در لیتر یون Mg^{2+} است. مقدار یون Ca^{2+} در این آب چند میلی‌گرم در لیتر است؟

۱) ۷۸ ۲) ۶۷ ۳) ۹۲ ۴) ۸۳

پاسخ گزینهٔ «۱»

$$TH = 2/5Ca^{2+} + 4/1Mg^{2+}$$
$$441 = 2/5Ca^{2+} + 4/1(60)$$
$$Ca^{2+} = 78 \text{ میلی‌گرم در لیتر}$$

- انواع ذخایر آب
  - **تجدیدپذیر**: آبی که در مقیاس زمانی معین، پس از مصرف انسان، از طریق چرخهٔ آب جایگزین می‌شود.
  - **تجدیدناپذیر**: آبی که پس از مصرف انسان، جایگزین نمی‌شود.
  - آب‌های فسیلی: آب‌هایی که در طی چند هزار سال گذشته در اعماق زیاد محبوس شده‌اند و در چرخهٔ آب قرار ندارند.
- تجدیدپذیری و بیلان آب
  - در مدیریت و بهره‌برداری از منابع آب، برای آن‌که نوسانات حجم ذخیرهٔ منابع آب یک منطقه تعیین شود، بیلان آب محاسبه می‌شود.
  - توازن آب براساس اصل بقای جرم است.
  - فرمول محاسبهٔ حجم ذخیرهٔ آب:

$$\Delta S = I - O$$

ΔS: تغییرات حجم ذخیرهٔ آب

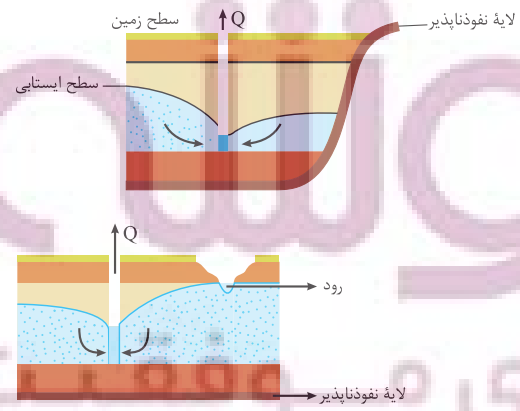
I: مقدار آب ورودی به آبخوان

O: مقدار آب خروجی از آبخوان

  - بیلان آب
    - **دشت ممنوعه**: زمانی ایجاد می‌شود که بیلان آب در یک منطقه منفی باشد. ← علت ← بهره‌برداری زیاد از منابع آبی در سال‌های اخیر، بیلان منابع آب در بیشتر از ۶۰۹ دشت کشور، منفی بوده است.

- طبق رابطهٔ بیلان آب
  - ۱) اگر مقدار آب ورودی به حوضهٔ آبریز (I) > مقدار آب خروجی (O) ← بیلان مثبت
  - ۲) اگر مقدار آب ورودی به حوضهٔ آبریز (I) < مقدار آب خروجی (O) ← بیلان منفی

مخروط افت



با حفر چاه و بهره‌برداری از آب، سطح ایستابی (در آبخوان آزاد) یا سطح پیزومتریک (در آبخوان تحت فشار)، در اطراف چاه پایین می‌رود و افتادگی مخروطی شکلی به نام **مخروط افت** تشکیل می‌شود.

- در صورتی که در مجاورت یک چاه در حال بهره‌برداری، یک لایهٔ نفوذناپذیر وجود داشته باشد، در اثر پمپاژ آب از چاه، مخروط افت شکل نامتقارن پیدا می‌کند.
- در صورتی که مخروط افت چاه با یک منبع آلاینده مانند یک چاه فاضلاب برخورد کند، آلودگی از چاه فاضلاب به سمت مخروط افت و سپس چاه بهره‌برداری حرکت خواهد کرد.

توسعه ای برای موفقیت

فرونشست ناگهانی

فرونشست تدریجی

- فرونشست زمین
  - حاصل برداشت بی‌رویه از آب زیرزمینی
  - انواع فرونشست زمین
    - سریع ← ایجاد فروچاله
    - آرام و نامحسوس ← نشست سطح وسیعی از منطقه و ایجاد ترک و شکاف در سطح زمین
  - راه‌های جلوگیری از فرونشست زمین
    - کاهش بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی
    - تقویت آبخوان‌ها با تغذیهٔ مصنوعی

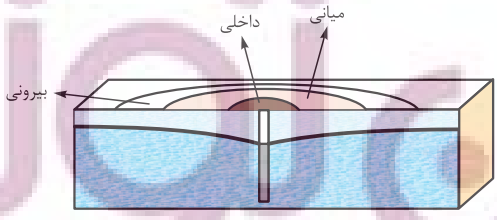
آلودگی منابع آب زیرزمینی

- عوامل مؤثر بر کیفیت آب زیرزمینی
  - ترکیب شیمیایی و مقدار املاح
  - آلودگی‌هایی که توسط انسان به آب وارد می‌شود.
- منابع آلایندهٔ آب زیرزمینی
  - نقطه‌ای ← مواد آلوده‌کننده از یک نقطهٔ مشخص، مانند یک چاه فاضلاب (چاه جذبی) مستقیم وارد آب زیرزمینی می‌شوند.
  - غیرنقطه‌ای ← مواد آلوده‌کننده توسط رواناب‌های آلوده از سطح مراتع، جنگل‌ها یا زمین‌های کشاورزی به زمین نفوذ کرده و وارد آب‌های زیرزمینی می‌شوند.

حریم منابع آب

- حریم کیفی منابع آب زیرزمینی (کیفیت) به وسیلهٔ کودهای شیمیایی، فاضلاب‌های صنعتی و شهری تهدید می‌شود.
- حریم کمی منابع آب زیرزمینی (کمیت) از طریق بهره‌برداری زیاد در معرض تهدید قرار می‌گیرد.

تعیین حریم منابع آب
- حریم کمی ← ارتباط مستقیم با بهره‌برداری دارد. حریم کمی با توجه به گسترش مخروط افت پس از بهره‌برداری تعیین می‌شود.
- حریم کیفی
  - به صورت پهنه‌های حفاظتی تعریف می‌شود.
  - منظور از پهنه‌های حفاظتی محدوده‌ای در اطراف چاه است که آلاینده قبل از رسیدن به چاه از بین می‌رود.
  - بخش‌های پهنه‌های حفاظتی
    - داخلی
    - میانی
    - بیرونی



پهنه‌های حریم چاه

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

خاک و فرسایش

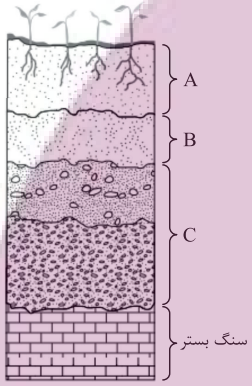
اجزای تشکیل‌دهندهٔ خاک
- بخش آلی: حاصل تجزیهٔ باقی‌مانده‌های گیاهان و اجساد جانوران پس از مرگ آن‌هاست.
- بخش معدنی: شامل
  - عناصر: نیتروژن، فسفر و کلسیم
  - کانی‌ها: کانی‌های رسی، کوارتز و ...

عوامل مؤثر بر نوع و ترکیب خاک‌ها
- نوع سنگ مادر
- شیب زمین
- فعالیت جانداران
- اقلیم منطقه

تقسیم‌بندی انواع خاک‌ها براساس اندازهٔ دانه‌ها
- درشت‌دانه ← خاک‌های شنی
- متوسط‌دانه ← ماسه و لای (سیلت)
- ریزدانه ← خاک‌های رسی

نیم‌رخ خاک

تعریف: مقطع عمودی خاک از سطح زمین تا سنگ بستر که دارای افق‌های مختلف است.



- افق‌های خاک
  - افق A
    - بالاترین لایهٔ خاک
    - قرارداشتن ریشهٔ گیاهان در آن
    - داشتن گیاخاک به همراه ماسه و رس
    - به رنگ خاکستری تا سیاه به دلیل وجود گیاخاک و مواد آلی
  - افق B
    - لایهٔ میانی خاک
    - شامل رس، ماسه، شن و کمی گیاخاک
  - افق C
    - خاک زیرین
    - متشکل از مواد سنگی با میزان تخریب و تجزیهٔ کم
    - عدم تغییر زیاد در سنگ اولیه
- خاک‌ها از نظر بافت، رنگ، ضخامت و ترکیب شیمیایی متفاوت هستند.
- خاک‌های حاصل از تخریب سیلیکات‌ها و سنگ‌های فسفاتی، از نظر کشاورزی و صنعتی ارزش زیادی دارند.
- فرایند تشکیل خاک کُند و به طور میانگین به ۳۰۰ سال زمان نیاز است تا ۲۵ میلی‌متر خاک تشکیل شود.

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

افق‌های مختلف خاک	ویژگی
افق A	● بالاترین لایهٔ خاک است. ● غنی از گیاخاک (هوموس) است. ● رنگ خاکستری تا سیاه (به دلیل مواد آلی) دارد. ● ریشهٔ گیاهان در این لایه رشد می‌کند. ● دارای ذرات ماسه و رس است.
افق B	● لایهٔ میانی خاک است. ● دارای رس، ماسه، شن، املاح شسته‌شده از افق A، و مقدار کمی گیاخاک است.
افق C	● لایهٔ زیرین خاک است. ● دارای مواد سنگی است که به مقدار کم، خرد و تجزیه شده است. ● سنگ‌های اولیه تغییر کمی دارند و به صورت قطعات خردشده دیده می‌شوند.

فرسایش

- فرسایش فرایندی مداوم است.
- ذرات خاک طی فرسایش از بستر اصلی خود جدا شده و توسط عوامل انتقال‌دهنده به مکان دیگری حمل می‌شوند.
- فعالیت‌های انسانی، فرسایش را کاهش یا افزایش می‌دهند ولی آن را متوقف نمی‌کنند.
- مقدار فرسایش‌پذیری، در ایام مختلف سال ثابت نیست.

عوامل مؤثر بر فرسایش

۱ عوامل طبیعی مانند آب‌های جاری، باد، یخچال، نیروی جاذبه، آب‌های زیرزمینی

۲ فعالیت‌های انسان مانند کشاورزی، جاده‌سازی، معدن‌کاری و ... و نیز تأثیر سایر جانداران

فرسایش آب:

- مهم‌ترین ویژگی بارندگی که در قدرت فرسایندگی مؤثر می‌باشد: شدت بارش، مدت بارش
- زمانی که جریان آب شدت پیدا کند، باعث فرسایش خندقی و از بین رفتن زمین‌های کشاورزی می‌شود.

فرسایش خندقی

- راه‌های کاهش انرژی جریان آب: ساخت کانال، ایجاد پوشش گیاهی
- عوامل مؤثر در قدرت فرسایندگی رواناب: سرعت جریان، میزان مواد معلق موجود در رواناب
- هر چه سرعت رواناب و جرم و میزان مواد معلق بیشتر باشد، انرژی جنبشی آب و در نتیجه، قدرت فرسایندگی آن بیشتر می‌شود.
- قدرت فرسایش آب خالص، کم‌تر از آب دارای مواد معلق است.
- وقتی میزان مواد معلق، بیشتر از توان حمل رواناب باشد و یا از سرعت آب جاری کاسته شود، رسوب‌گذاری رود شروع می‌شود.

اهمیت حفاظت از آب و خاک

۱ از عوامل ضروری برای رشد گیاه و افزایش محصولات کشاورزی‌اند.

۲ در جلوگیری از آلودگی هوا و فرسایش خاک نقش مؤثری دارند.

هدف از حفاظت آب: استفادهٔ بهینه از آن و رسیدن به توسعهٔ پایدار است.

هدف از حفاظت از خاک: جلوگیری از تخریب تدریجی خاک است؛ برای رسیدن به این هدف باید سرعت فرسایش خاک کم‌تر از سرعت تشکیل آن باشد.

توسعه ای برای موفقیت

هیدروژئولوژی

مطالعه در زمینه‌های:

۱ چگونگی حرکت آب در درون زمین

۲ اکتشاف و شناخت ویژگی‌های آب‌های زیرزمینی

۳ نحوهٔ بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی

۴ بررسی فعالیت‌های عمرانی و معدنی مرتبط با آب‌های زیرزمینی

رسوب‌شناسی

بررسی و مطالعهٔ فرایندهای:

۱ انتقال رسوبات

۲ ته‌نشینی رسوبات

۳ تبدیل رسوبات به سنگ‌های رسوبی

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

مکان‌یابی سازه‌ها

قبل از اجرای پروژه‌های عمرانی جهت ساخت سازه‌ها، انجام مطالعات زمین‌شناسی سنگ بستر آن‌ها، ضروری است.

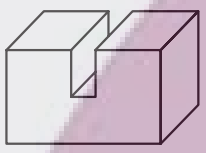
عوامل مؤثر بر مکان‌یابی سازه‌ها:

۱) ناهمواری‌های سطح زمین
۲) استحکام سنگ‌ها
۳) نفوذپذیری
۴) پایداری دامنه‌ها در برابر ریزش
۵) جنس مصالح به‌کاررفته در سازه
۶) مورفولوژی (شکل‌شناسی) و پستی و بلندی‌های محل احداث سازه
۷) مقاومت زمین پی سازه در برابر نیروهای وارده

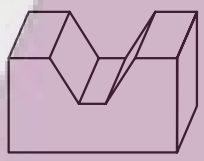
نکته

- **عامل مهم در در مکان‌یابی ساختگاه یک سازه:** مقاومت زمین پی سازه در برابر نیروهای وارده
- **عامل مؤثر در پایدارسازی یک سازه:** مورفولوژی (شکل‌شناسی) و پستی و بلندی‌های محل احداث سازه

انواع دره‌ها


دره U شکل

۱) دره‌های U شکل: ۱ عرض دره نسبت به عمق آن کم‌تر است. در نتیجه هزینهٔ ساخت پل کم‌تر خواهد بود. ۲ دره باریک‌تر است. ۳ ضخامت رسوبات کف دره کم‌تر است. ۴ تکیه‌گاه و دیواره‌های دره مقاومت بیشتری در برابر فرسایش دارند.


دره V شکل

۲) دره‌های V شکل: ۱ عرض دره نسبت به عمق آن بیشتر است. ۲ ضخامت رسوبات کف دره بیشتر است. ۳ دیواره‌ها مقاومت کم‌تری دارند و امکان ریزش دیواره‌ها در آن‌ها وجود دارد.

نتیجه دره با عرض کم‌تر و تکیه‌گاه‌های مقاوم‌تر (U شکل) برای احداث پل مناسب‌تر است.

تنش

هرگاه سنگ، تحت تأثیر نیرویی از خارج قرار گیرد، در داخل سنگ نیز، نیرویی بر واحد سطح وارد می‌شود که تنش نامیده می‌شود.

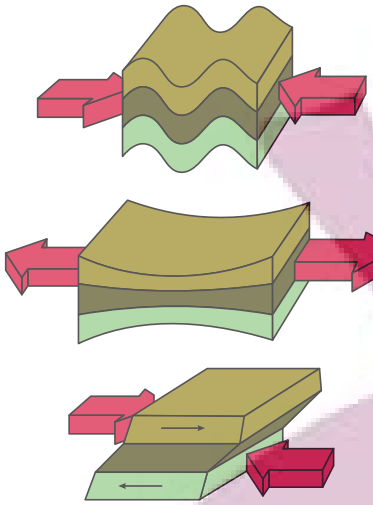
$$\text{تنش} = \frac{F_{\text{نیرو}}\,(N)}{A_{\text{سطح}}\,(m^2)}$$

تنش‌های وارده بر یک سنگ یا خاک
- کششی ← گسستگی سنگ
- فشاری ← متراکم‌شدن سنگ
- برشی ← بریدن سنگ
- ترکیبی از آن‌ها

مقاومت سنگ: حداکثر تنش یا ترکیبی از تنش‌ها که سنگ می‌تواند تحمل کند، بدون آن‌که بشکند.

هر چه مقاومت سنگ کم‌تر ← سنگ ناپایدارتر ← سطوح شکست بیشتر ← شکستگی در سنگ‌ها و ایجاد درزه‌ها ← ناپایداری سنگ یا خاک در پی سازه‌ها

تـوشـه ای بـرای مـوفقیت



انواع تنش

۱) **فشاری**: نیروهای خارجی در یک راستا به هم نزدیک می‌شوند.
نتیجه ← متراکم‌شدن سنگ

۲) **کششی**: نیروهای خارجی در یک راستا از هم دور می‌شوند.
نتیجه ← گسستگی سنگ

۳) **برشی**: نیروهای خارجی مخالف جهت یکدیگر عمل می‌کنند.
نتیجه ← بریدن سنگ

مراحل مطالعات آغازین در ساخت یک سازه

۱ نمونه‌برداری از خاک یا سنگ پی سازه از طریق حفر گمانه
- **گمانه**: چال‌های باریک و عمیقی هستند که در نقاط مختلف احداث سازه برای این هدف حفر می‌شوند.

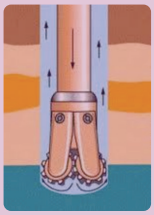
۲ **مغزه‌گیری**: عملیات گرفتن مغزه از لایه‌های سنگی

۳ ارسال نمونه‌ها به آزمایشگاه‌های تخصصی

۴ بررسی مقدار مقاومت سنگ و خاک در برابر تنش‌های وارده

مغزه‌گیری با گمانه‌های اکتشافی

دستگاه حفاری گمانه


سرمتهٔ حفاری

رفتار مواد در برابر تنش

- مواد جامد بر اثر تنش، تغییر شکل می‌دهند.
- مقدار و نوع تغییر شکل ایجادشده، به رفتار آن‌ها در برابر تنش بستگی دارد.
- مقاومت انواع سنگ‌ها در برابر تنش وارده، متفاوت است.

انواع رفتار سنگ‌ها در برابر تنش

۱) کشسان (الاستیک)	با اعمال تنش، سنگ‌ها تغییر شکل می‌دهند و پس از رفع تنش به حالت اولیهٔ خود برمی‌گردند.
۲) خمیرسان (پلاستیک)	با اعمال تنش، سنگ‌ها تغییر شکل می‌دهند و پس از رفع تنش به طور کامل به حالت اولیهٔ خود برنمی‌گردند.
۳) شکننده	وقتی تنش ناگهانی و بیشتر از مقاومت سنگ باشد، سنگ می‌شکند و درزه و گسل ایجاد می‌شود.

رفتار شکنندهٔ سنگ‌ها

رفتار پلاستیک سنگ‌ها

– بررسی مقاومت انواع سنگ‌ها در برابر تنش –

۱) **سنگ‌های آذرین**: تکیه‌گاه مناسبی برای سازه‌ها هستند. (**مثال**: پی‌سنگ سد امیرکبیر ← (جنس) گابرو)

۲) **سنگ‌های دگرگونی**
- **کوارتزیت و هورنفلس**: تکیه‌گاه مناسبی برای سازه‌های سنگین هستند. ← (علت) مقاومت زیاد
- **شیست‌ها**: برای پی سازه‌ها مناسب نیستند. ← (علت) سست و ضعیف بودن

۳) **سنگ‌های رسوبی**
- **ماسه‌سنگ‌ها**: استحکام لازم برای ساخت سازه را دارند.
- **سنگ‌های تبخیری**: در برابر تنش مقاوم نیستند. ← (علت) انحلال‌پذیری (**مثال**: گچ و نمک)
- **شیل‌ها**: مقاوم نیستند. ← (علت) قابلیت تورق و سست‌بودن
- **سنگ‌های کربناتی**: نامناسب‌اند. ← (علت) انحلال‌پذیری (**مثال**: کلسیت و دولومیت)

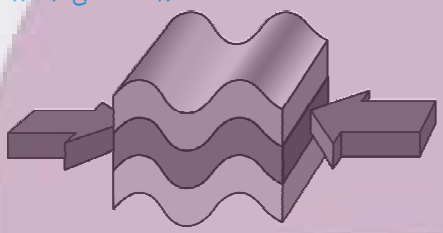
یادآوری

انواع سنگ‌های آذرین
- **آذرین درونی**: گرانیت، دیوریت، گابرو و ...
- **آذرین بیرونی**: ریولیت، آندزیت، بازالت و ...

- انواع سنگ‌های دگرگونی: مرمر، هورنفلس، شیست، کوارتزیت
- انواع سنگ‌های رسوبی: ماسه‌سنگ، کنگلومرا، شیل، سنگ نمک، گچ

در بالا فقط تعدادی از سنگ‌های رایج در هر گروه که در سال‌های قبل خوانده‌اید آورده شده است.

مثال **کدام عبارت، با توجه به تصویر زیر، وضعیت سنگ‌ها را به درستی بیان می‌کند؟** (کنکور ۱۳۹۹، خارج از کشور)



۱) با رفع تنش، به حالت اولیه باز می‌گردد.

۲) با ایجاد شکستگی، درزه‌ها به وجود می‌آیند.

۳) با کم‌شدن تنش، مقاومت سنگ تغییر نمی‌یابد.

۴) پس از رفع تنش، به طور کامل به حالت اولیه باز نمی‌گردد.

پاسخ گزینهٔ «۴»

در مرحلهٔ پلاستیک (خمیرسان)، پس از رفع تنش سنگ‌ها به حالت اولیه برنمی‌گردند. سنگ‌هایی که دچار چین‌خوردگی می‌شوند در مرحلهٔ خمیرسان قرار دارند و با برداشته‌شدن فشار هرگز به حالت قبل درنمی‌آیند.

نفوذپذیری

سنگ‌های کربناتی
- بیش از ۵۰ درصد آن‌ها کانی‌های کربناتی: کلسیت، دولومیت
- اغلب درزه‌دار هستند.
- با گذشت زمان و در جریان آب‌های نفوذی ← ایجاد حفره ← با پیشرفت عمل انحلال ← ایجاد غارها

سنگ آهک
- ضخیم لایه و فاقد حفرات انحلالی ← پی و تکیه‌گاه خوب
- دارای حفرات انحلالی: فرار آب، نشست زمین

ایران‌توشه
توشه‌ای برای موفقیت

- **سنگ‌های تبخیری**
  - سنگ گچ و سنگ نمک
  - انحلال‌پذیری بیش از سنگ‌های آهکی
  - ایجاد حفره‌ها و غارهای انحلالی در این سنگ‌ها، سریع‌تر از دیگر سنگ‌ها
- **پیامد احداث سد بر روی لایه‌هایی از سنگ گچ**
  - حفرات انحلالی در سنگ
  - فرار آب از مخزن سد
  - ناپایداری بدنهٔ سد

نکته

۱) **کارستی‌شدن**: ایجاد حفرات انحلالی در سنگ‌های کربناتی به علت نفوذ آب در آن‌ها و واکنش کانی‌های کربناتی (کلسیت و دولومیت) با آب و به وجود آمدن شکل‌های حفره‌حفره در ظاهر آن‌ها

۲) **آهک کارستی**: سنگ آهک دارای حفرات انحلالی (سنگ آهک حفره‌حفره)

کارستی‌شدن

تشکیل حفره‌های انحلالی

مکان مناسب برای ساخت سد

سد: سازه‌ای است که با اهداف روبه‌رو احداث می‌شود: ۱ ذخیرهٔ آب ۲ مهار سیلاب ۳ تأمین آب شرب و کشاورزی ۴ تولید نیروی الکتریسیته

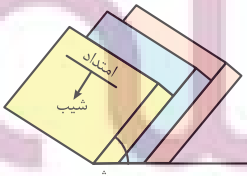
- **انواع سدها از نظر نوع مصالح ساختمانی**: ۱ خاکی ۲ بتنی
- **مهم‌ترین عامل در تعیین نوع سد و محل احداث آن**: ۱ شرایط زمین‌شناسی منطقه ۲ مصالح مورد نیاز
- **موارد قابل بررسی در مطالعات زمین‌شناسی سد**: وضعیت مخزن سد، تکیه‌گاه‌ها و پی سد به دو منظور:
  ۱ پایداری سد
  ۲ جلوگیری از فرار آب

نمایی از بخش‌های مختلف یک سد

- **عوامل مورد بررسی به منظور آگاهی از پایداری بدنهٔ سد و جلوگیری از فرار آب**:
  ۱ جنس خاک و سنگ‌های پی سد
  ۲ وضعیت شیب و امتداد لایه‌های تشکیل‌دهندهٔ سد
- **نتیجهٔ قرارگرفتن سنگ‌های تبخیری در محدودهٔ دریاچهٔ سدها**: تغییر کیفیت آب مخزن سد و نامطلوب‌شدن آن
- **نقش رسوبات حمل‌شده از طریق رودها به مخزن سد**: کاهش تدریجی ظرفیت مخزن سد به علت انباشته‌شدن رسوبات و از بین رفتن بخش قابل توجهی از کارایی سد ← راه‌حل: انجام عملیات لایروبی در فواصل زمانی معین
- **نتیجهٔ قرارگرفتن لایه‌های نمک و گچ در محدودهٔ دریاچه‌ها و مخزن سدها**: نامطلوب‌شدن کیفیت آب مخزن سد
- برای بررسی موقعیت لایه‌ها از مشخصات امتداد و شیب لایه استفاده می‌شود:

۱ **امتداد لایه**: محل برخورد (فصل مشترک) سطح لایه با سطح افق است که با جهت جغرافیایی بیان می‌شود.

۲ **شیب لایه**: مقدار زاویه‌ای است که سطح لایه با سطح افق می‌سازد که با عدد مشخص می‌شود. (صفر تا ۹۰ درجه)



- جهت شیب یک لایه همیشه بر راستای امتداد آن، عمود است.

تـوشـه ای بـرای مـوفقیت

مثال **کدام عبارت، اصطلاح شیب لایه و محدودهٔ مقدار آن را درست‌تر نشان می‌دهد؟** (کنکور ۱۴۰۰، خارج از کشور)

۱) زاویهٔ بین سطح زمین با سطح لایه، صفر تا ۱۸۰ درجه

۲) زاویه‌ای که سطح لایه با سطح افق می‌سازد، صفر تا ۹۰ درجه

۳) زاویه‌ای که سطح لایه با سطح زمین می‌سازد، صفر تا ۹۰ درجه

۴) زاویهٔ بین امتداد لایه با شمال یا جنوب جغرافیایی، صفر تا ۹۰ درجه

پاسخ گزینهٔ «۲»

- **شیب لایه**: مقدار زاویه‌ای است که سطح لایه با سطح افق می‌سازد. (بین صفر تا ۹۰ درجه)
- **امتداد لایه**: عبارت است از محل برخورد (فصل مشترک) سطح لایه با سطح افق و با جهت جغرافیایی بیان می‌شود.

حالت‌های مطلوب و نامطلوب برای احداث سد با در نظر گرفتن فرار آب و پایداری بدنهٔ سد

۱) امتداد لایه‌ها به موازات محور سد ← یکسان‌بودن جنس و خصوصیات سنگ‌ها در تکیه‌گاه‌های سمت راست و چپ سد و هم‌چنین در پی سد ← وجود رفتار و واکنش‌های مشابهی از سنگ‌ها در برابر نیروهای وارده به آن‌ها ← استحکام و پایداری بیشتر سد

۲) شیب لایه‌ها به سمت داخل مخزن سد ← هدایت آب به داخل مخزن سد و کاهش فرار آب ← نتیجه **مطلوب‌ترین** حالت

۱) امتداد لایه‌ها عمود بر محور سد و به موازات مخزن سد ← تنوع بسیار زیاد سنگ‌ها در تکیه‌گاه‌های سمت راست و چپ سد ← کاهش استحکام و پایداری تکیه‌گاه‌های سد

۲) شیب لایه‌ها به سمت پایین و بیرون مخزن سد ← افزایش احتمال فرار آب در جهت شیب لایه‌ها و سطوح لایه‌بندی ← نتیجه نامطلوب

شکل ناودیسی سد ← شیب لایه‌ها به سمت مخزن سد (همگرایی لایه‌ها) ← کاهش احتمال فرار آب ← نتیجه نسبتاً مطلوب

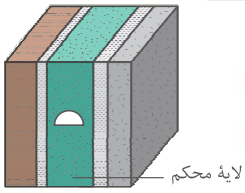
شکل تاقدیسی سد ← شیب لایه‌ها به سمت بیرون مخزن سد (واگرایی لایه‌ها) ← افزایش احتمال فرار آب به خارج از سد ← نتیجه **نامطلوب‌ترین** حالت

مکان مناسب برای ساخت تونل و فضاهای زیرزمینی

- برخی از فعالیت‌های عمرانی و معدنی در زیر زمین صورت می‌گیرد:
- انواع حفاری‌های زیرزمینی:
  - ۱) تونل: به منظور حمل‌ونقل، انتقال آب، انتقال فاضلاب یا استخراج مواد معدنی حفر می‌شوند.
  - ۲) مغار: فضاهای زیرزمینی بزرگ‌تر از تونل هستند. به منظور ایجاد تأسیسات زیرزمینی مانند نیروگاه، ایستگاه مترو، ذخیرهٔ نفت و ... حفر می‌شود.
- ترانشه: فرورفتگی مصنوعی یا طبیعی در سطح زمین که ژرفای آن از پهنایش بیشتر و (پهنای آن از درازایش بسیار کم‌تر) باشد به عبارتی طویل و عمیق است.
- **مکان‌های مناسب برای احداث این سازه‌ها**: زمین‌هایی با مقاومت کافی یعنی مناطقی با کم‌ترین خردشدگی، هوازدگی و نشت آب
- **اهمیت آب‌های زیرزمینی بر ایمنی و پایداری سازه‌های سطحی و زیرزمینی**: برآورد و کنترل جریان و فشار آب زیرزمینی
  - **موقعیت سطح ایستابی**: تونل‌هایی که در بالای سطح ایستابی قرار دارند، پایدارتر هستند.

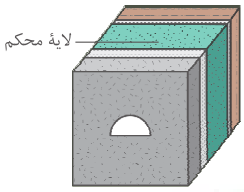
تـوشـه ای بـرای مـوفقیـت

– بررسی احداث تونل از لحاظ وضعیت محور تونل نسبت به سطح لایه‌بندی –



محور تونل موازی با لایه‌بندی

الف) محور تونل موازی با لایه‌بندی: در این حالت مسیر حفر تونل، فقط از یک لایه عبور می‌کند (عدم وجود تنوع در لایه‌بندی از لحاظ جنس لایه‌های تشکیل‌دهنده) و با توجه به شکل، این لایه محکم و مقاوم در نظر گرفته شده است و محور تونل از ابتدا تا انتهای آن در یک لایهٔ مقاوم حفر شده است، امکان ریزش تونل کم‌تر خواهد بود و تونل مستحکم می‌باشد.



محور تونل عمود بر لایه‌بندی

ب) محور تونل عمود بر لایه‌بندی: در این حالت مسیر حفر تونل، از لایه‌های سنگی با جنس‌های مختلف عبور می‌کند. (تنوع در لایه‌بندی) در نتیجه به علت متفاوت‌بودن جنس سنگ‌ها، شاهد وجود مقاومت‌های مختلفی در برابر تنش‌ها و فشارها خواهیم بود؛ پس امکان ریزش تونل بیشتر می‌باشد و احداث تونل مناسب نیست.

مکان مناسب برای ساخت سازه‌های دریایی

چون کشور ما از جنوب و شمال به دریا منتهی می‌شود و بخشی از ذخایر عظیم نفت ایران از دریا استخراج می‌شود، مطالعه در مورد مکان‌یابی سازه و پایداری آن‌ها اهمیت زیادی دارد.

سازه‌های دریایی
- اسکله‌ها
- پایانه‌های نفتی
- تونل‌های زیردریایی
- پل‌ها و جاده‌ها، در سواحل دریا یا در دریا

پل دریایی در ژاپن

عوامل مؤثر بر احداث مکان‌یابی سازه‌های دریایی
- مطالعات زمین‌شناسی
- توجه به جریان‌های دریایی
- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب دریا

پایانهٔ نفتی خارک

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

پایداری سازه‌ها

موارد ضروری در مطالعات مکان‌یابی سازه‌ها

۱) بررسی وجود یا عدم وجود **گسل‌های فعال** در منطقه

روش‌ها و مراحل بررسی مطالعات مکان‌یابی سازه‌ها:

۱) استفاده از عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای

۲) بازدیدهای صحرایی

۳) استفاده از داده‌های ثبت‌شده توسط دستگاه‌های لرزه‌نگار

۴) مطالعهٔ اطلاعات تاریخی زمین‌لرزه‌ها به منظور بررسی احتمال فعالیت مجدد گسل‌ها و وقوع زمین‌لرزه

۵) قراردادن این اطلاعات در اختیار مهندسان عمران به منظور طراحی سازه

۲) پایداری محل احداث سازه در برابر **حرکات دامنه‌ای** (ریزش، لغزش، خزش، جریان گِلی و ...)

روش‌های مقابله با ناپایداری دامنه‌ها

۱ ایجاد انواع دیوارهای حائل

۲ استفاده از دیوارهای سنگی با تورهای سیمی (گابیون)

۳ زهکشی برای تخلیهٔ آب اضافی

۴ ایجاد پوشش گیاهی

۵ میخ‌کوبی

پایدارسازی شیب به روش دیوار حائل گابیونی (تور سنگی)

پایدارسازی شیب به روش دیوار حائل

نکته

در پایداری دامنه‌ها، پوشش گیاهی تأثیر مثبت و منفی دارد.

تأثیر مثبت پوشش گیاهی	افزایش پایداری دامنه‌ها	جلوگیری از فرسایش خاک	کاهش سرعت حرکت آب
تأثیر منفی پوشش گیاهی	افزایش هوازدگی شیمیایی و فیزیکی	خطر واژگونی درختان با رشد و افزایش وزن آن‌ها	لغزش و حرکت دامنه‌ها

مصالح مورد نیاز برای احداث سازه‌ها

- در احداث سازه‌ها از مواد سازندهٔ زمین مانند سنگ یا خاک استفاده می‌شود.
- مشخصات مصالح و مواد مورد نیاز برای ساخت سازه‌ها: ۱ مقاومت ۲ نفوذپذیری ۳ اندازهٔ دانه‌های مشخص

این مشخصات توسط آزمایش‌های لازم در آزمایشگاه مکانیک خاک و سنگ مشخص می‌شود.

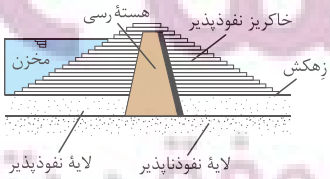
نمونه‌هایی از مصالح به کار رفته در انواع سدها

سدهای بتنی: سیمان، ماسه، شن، میلگرد

سدهای خاکی: خاک رس، ماسه، شن، قلوه‌سنگ

- **دلیل استفاده از هستهٔ رسی برای ساخت سدهای خاکی:**

رس‌ها نفوذناپذیر هستند و یا نفوذپذیری بسیار اندکی دارند؛ بنابراین خاک رس با جذب آب، مانند یک لایهٔ نفوذناپذیر (عایق رطوبتی) عمل می‌کند و سبب تجمع آب در پشت لایه‌ها می‌شود. در این حالت میزان فرار آب کاهش می‌یابد.



نوشه ای برای موفقیت

مثال کدام مصالح در احداث سدهای بتنی و خاکی مورد استفادهٔ اساسی قرار می‌گیرند؟ (کنکور ۱۳۹۸، خارج از کشور)

۱) شن و ماسه ۲) رس و ماسه ۳) ماسه، شن و میلگرد ۴) رس، ماسه و میلگرد

پاسخ گزینهٔ «۱»

- **مصالح مورد نیاز در احداث یک سد بتنی:** سیمان، ماسه، شن، میلگرد
- **مصالح مورد نیاز در ساخت سدهای خاکی:** خاک رس، ماسه، شن، قلوه‌سنگ

مثال کدام عبارت، در ارتباط با نوع مصالح به کار رفته در «سد خاکی» و دلیل استفاده از آن، درست است؟ (کنکور ۱۳۹۹، خارج از کشور)

۱) استفاده از شن و قلوه‌سنگ ← زهکش مناسبی، برای لایهٔ نفوذناپذیر است.

۲) احداث هستهٔ سیمانی در پی سد ← سازه از مقاومت بالایی برخوردار می‌شود.

۳) احداث هستهٔ رسی در بدنهٔ سد ← لایهٔ نفوذناپذیر از حرکت آب جلوگیری می‌کند.

۴) استفاده از خاک رس و قلوه‌سنگ ← نفوذپذیری و اندازهٔ دانه‌ها، سبب هدایت آب می‌شود.

پاسخ گزینهٔ «۳»

در ساخت سدهای خاکی از خاک رس، ماسه، شن و قلوه‌سنگ استفاده می‌شود. هستهٔ رسی در بدنهٔ سد مثل یک عایق رطوبتی (لایهٔ نفوذناپذیر) عمل می‌کند و مانع حرکت و نفوذ آب می‌گردد. در نتیجه استحکام سد افزایش خواهد یافت.

رفتار خاک‌ها و سنگ‌ها در سازه‌ها

مبنای طبقه‌بندی مهندسی خاک‌ها ← دانه‌بندی، درجهٔ خمیری‌بودن، مقدار مواد آلی

طبقه‌بندی خاک‌ها بر مبنای دانه‌بندی

- **ریزدانه:** ذرات کوچک‌تر از ۰/۰۷۵ میلی‌متر ← **مثال:** رس و لای
- **درشت‌دانه:** ذرات بزرگ‌تر از ۰/۰۷۵ میلی‌متر ← **مثال:** ماسه و شن

کاربرد خاک‌های دانه‌ریز و دانه‌درشت

- ساخت بدنهٔ سدهای خاکی
- زیرسازی جاده‌ها و باند فرودگاه‌ها

- **عوامل مؤثر در پایداری خاک‌های ریزدانه:** میزان رطوبت آن‌ها

نکته ۱ هر چه‌قدر میزان رطوبت خاک‌های ریزدانه بیشتر باشد، پایداری آن‌ها کم‌تر است.

نکته ۲ افزایش بیش از اندازهٔ رطوبت خاک‌های ریزدانه ← ایجاد حالت خمیری و روان شدن خاک تحت تأثیر نیروی وزن ← (نتیجه) لغزش خاک در دامنه‌ها و ترانشه‌ها (مخصوصاً در ماه‌های مرطوب سال)

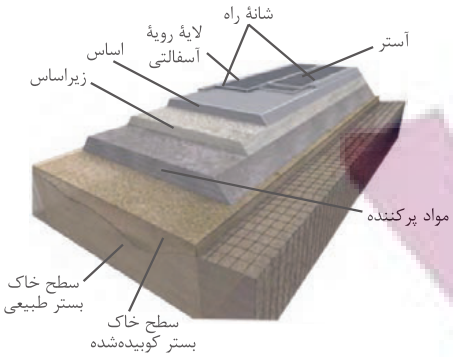
کاربرد مصالح خاک و خرده سنگی در راه‌سازی

از آن‌جایی که سطح طبیعی زمین در برابر عوامل جوی مانند بارش، تغییرات دما و نیروهای وارده از چرخ خودروها مقاومت ندارد، راه‌سازی انجام می‌شود.

بخش‌های مختلف در راه‌سازی

- **زیرسازی**
  - زیراساس ← مخلوط شن و ماسه یا سنگ شکسته
  - اساس
- **روسازی** ← از جنس آسفالت (مخلوطی از شن، ماسه و قیر)
  - آستر
  - رویه

ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت



بخش‌های مختلف یک جاده (از پایین به بالا):

۱ سطح خاک بستر طبیعی
۲ سطح خاک بستر کوبیده‌شده
۳ مواد پرکننده
۴ زیراساس
۵ اساس
۶ آستر
۷ لایهٔ رویهٔ آسفالتی

جمع‌بندی

برش عرضی جاده	زیرسازی	۱) زیراساس	• به عنوان لایهٔ زهکش عمل می‌کند. • برای ساخت آن از مخلوط شن و ماسه یا سنگ شکسته استفاده می‌شود.
		۲) اساس	• کتاب درسی چیزی نگفته!
	روسازی	۱) آستر	• بایستی مقاوم باشند. • از جنس آسفالت می‌باشند که مخلوطی از شن، ماسه و قیر است.
		۲) رویه	

بالاست: قطعات سنگی و خرده‌سنگی به کار رفته در زیرسازی و تکیه‌گاه ریل‌های راه‌آهن است.

نحوهٔ تهیهٔ بالاست: خردکردن سنگ‌هایی که از معدن استخراج می‌شوند.

کاربرد:

۱ نگهداری ریل‌ها ۲ توزیع بار چرخ‌ها ۳ عمل زهکشی

بالاست در زیرسازی جادهٔ ریلی

مثال **در برش عرضی از یک جادهٔ مهندسی‌ساز، به ترتیب از عمق به سطح، کدام بخش‌ها قابل مشاهده هستند؟** *(کنکور ۱۳۹۸، داخل کشور)*

۱) اساس، بالاست، ماسه، قیر
۲) سنگ‌ریز، شن، ماسه، قیر
۳) زیراساس، اساس، آستر، رویه
۴) بالاست، زیراساس، اساس، رویه

پاسخ گزینهٔ «۳»

- لایه‌های مختلف راه در جاده‌سازی
  - بخش بالایی (روسازی)
    - رویه
    - آستر
  - بخش پایینی (زیرسازی)
    - اساس
    - زیراساس

علم، زندگی، کارآفرینی

زمین‌شناسی مهندسی

بررسی رفتار و ویژگی‌های مواد سطحی زمین از لحاظ:

۱ مقاومت در برابر فشارهای وارده
۲ امکان ساخت یک سازه در محلی خاص از زمین (انتخاب مناسب‌ترین محل برای ساخت سازه)

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

مثال **کدام گزینه، دلیل مناسبی برای عبارت زیر است؟** *(کنکور ۱۳۹۹، خارج از کشور)*

«متخصصینِ زمین‌شناسیِ مهندسی، می‌توانند نقش مهمی در هدایت پروژه‌های عمرانی کشورمان داشته باشند.»

۱) بررسی مقاومت موادّ سطحی زمین
۲) مطالعهٔ پراکندگی عناصر در پوستهٔ زمین
۳) مطالعهٔ مغناطیسی زمین و مقاومت الکتریکی سنگ‌ها
۴) بررسی فرایندهای فرسایشی و تبدیل رسوبات به انواع سنگ

پاسخ در زمین‌شناسی مهندسی، رفتار و ویژگی‌های سطحی زمین از نظر مقاومت در برابر فشارهای وارده و امکان ساخت یک سازه در محل خاصی از زمین بررسی می‌شود.

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

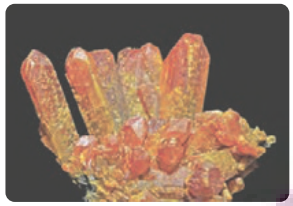
زمین‌شناسی پزشکی

عناصر زمین‌زاد

منشأ همهٔ عناصر سازندهٔ بدن انسان و سایر موجودات از زمین است.

اهمیت: تغییر در مقدار این عناصر به هر علت، برابر است با به خطر افتادن سلامت انسان.

نتیجه: وجود ارتباط نزدیکی بین علم زمین‌شناسی، سلامتی انسان و علم پزشکی



۴) اورپیمان: As_4S_4 (سمّی)

۳) رالگار: AsS (سمّی)

۲) فلوئوریت CaF_2

۱) هالیت NaCl

نکات مهم

۱ دو عنصر **آرسنیک** (As) و **گوگرد** (S) در ترکیب شیمیایی کانی‌های اورپیمان و رالگار مشترک است.

۲ کانی‌های اورپیمان و رالگار می‌توانند منشأ مسمومیت با عنصر آرسنیک باشند.

بررسی تاریخچهٔ تأثیر عناصر بر سلامت بدن انسان

۱ **در متون قدیمی پزشکی چینی:** یادآور ارتباط بین زمین و سلامت انسان

۲ **در ایران:** اشاره به فواید برخی از کانی‌ها و سنگ‌ها در درمان بیماری‌ها توسط دانشمندانی مانند ابوریحان بیرونی، ابن سینا و خواجه نصیرالدین طوسی و ... .

زمین‌شناسی پزشکی

شاخه‌ای از علم زمین‌شناسی است که:

۱ به بررسی نقش و تأثیر عناصر و کانی‌ها که از طریق هوا، آب، غذا به بدن موجودات و انسان وارد می‌شوند، می‌پردازد.

۲ ارتباط نزدیکی با زیست‌شناسی، شیمی و شاخه‌های علم پزشکی دارد.

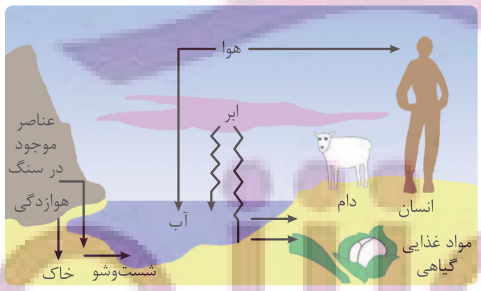
۳ یک علم درمانی نیست؛ بلکه به دنبال بررسی عامل بیماری‌های **زمین‌زاد** است.

عوامل زمین‌شناختی مؤثر بر سلامت انسان

۱ **غذا:** هوازدگی سنگ‌ها ← تشکیل خاک ← رویش گیاهان ← تغذیهٔ جانوران

۲ **آب:** عبور از درون سنگ‌ها و خاک‌ها و حل عناصر آن‌ها طی چرخهٔ آب

۳ **هوا:** بیشتر غبارها و گازهای هواکره منشأ زمینی دارند.



عوامل زمین‌شناختی مؤثر بر سلامت انسان

پراکندگی و تمرکز عناصر

ژئوشیمی

۱ به بررسی ترکیب شیمیایی سنگ‌ها، خاک و آب می‌پردازد.

۲ بیانگر توزیع غیریکنواخت عناصر مناطق مختلف در زمین و ترکیب سنگ‌هاست. (بی‌هنجاری‌های مثبت و منفی عناصر در منطقه)

۳ در تهیهٔ نقشه‌های پراکندگی عناصر و شناسایی مناطق دارای احتمال بروز بیماری‌های خاص نقش مهمی دارد.

عناصر تشکیل‌دهندهٔ سنگ آهک: اکسیژن، کلسیم، کربن

عناصر تشکیل‌دهندهٔ سنگ گرانیت: اکسیژن، سیلیسیم، آلومینیم، عناصر دیگر

مثال در کدام گزینه، ترکیب شیمیایی عناصر اصلیِ «سنگ گرانیت» به درستی بیان شده است؟ *(تست ۱۱۶ ـ خارج از کشور ۹۹)*

۱) O_2 ، Na　　۲) Al ، Si　　۳) K ، Ca　　۴) Si ، Mg

پاسخ گزینهٔ «۲»

گرانیت یک سنگ آذرین است که عناصر اصلی تشکیل‌دهندهٔ آن عبارت‌اند از: سیلیسیم (Si)، اکسیژن (O) و آلومینیم (Al)

تقسیم‌بندی عناصر از نظر غلظت در پوستهٔ زمین و بدن موجودات زنده

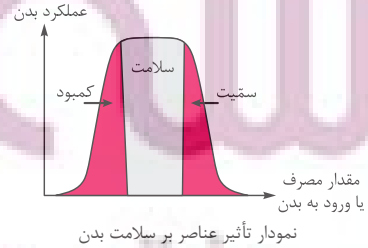
طبقه‌بندی عناصر	غلظت در پوسته	عناصر	اهمیت در بدن
اصلی	بیشتر از ۱ درصد	اکسیژن، آهن، کلسیم، سدیم، پتاسیم و منیزیم	اساسی
فرعی	بین ۱ تا ۰/۱ درصد	تیتانیم، منگنز و فسفر	اساسی
جزئی	کم‌تر از ۰/۱ درصد	مس، طلا، روی، سرب، کادمیم و ...	اساسی ـ سمّی

طبقه‌بندی عناصر از نظر غلظت در پوسته:
- اصلی ← غلظت در پوسته > ۱ درصد ← اساسی
- فرعی ← غلظت در پوسته ۱ تا ۰/۱ درصد ← اساسی
- جزئی ← غلظت در پوسته < ۰/۱ درصد ← برخی از این عناصر اساسی و برخی سمّی هستند.

طبقه‌بندی عناصر از نظر اهمیت در بدن:

۱) عناصر اساسی
- عناصر مورد نیاز برای عملکرد دستگاه‌های بدن هستند.
- در تمام بافت‌های سالم بدن وجود دارند.
- نبود یا کمبود و حتی وجود آن‌ها در مقادیر بیشتر از حد نیاز، باعث ایجاد بیماری یا عارضه می‌شود.

۲) عناصر جزئی
- در پوستهٔ زمین و بدن موجودات زنده بسیار کم هستند.
- گاهی در بدن به عنوان عنصر اساسی و مورد نیاز و گاهی به عنوان عنصر سمّی محسوب می‌شوند.



نمودار تأثیر عناصر بر سلامت بدن

ایران‌طلب
توشه‌ای برای موفقیت

نقش سوپراکسیدها

وقوع سرطان از طریق تشکیل بنیان‌های بسیار واکنشگر

- **عامل ایجاد سرطان:** لیتیم سوپراکسید (LiO_2)
- **عامل مؤثر در پیشگیری:** عناصری مانند سلنیم (Se)
- **مکانیزم پیشگیری:** از بین بردن سوپراکسیدها از طریق آنزیم‌های حاوی سلنیم ← (نتیجه) پیشگیری از وقوع سرطان

علت اهمیت عنصر سلنیم در بدن انسان: ایفای نقش به عنوان یک مادهٔ **ضدسرطان**

رابطهٔ متقابل تمرکز عناصر و بیماری‌ها در یک منطقهٔ خاص

- بی‌هنجاری غلظت یک عنصر در یک منطقه باعث ایجاد بیماری می‌شود.
- نقشهٔ پراکندگی **ژئوشیمیایی** عناصر، مناطقی که احتمال خطر بروز بیماری‌های خاص در آن‌ها وجود دارد را معرفی می‌کند.

سرب

عنصری سمّی است. استفاده از سرب قدمت بسیار زیادی دارد. نخستین کاربردهای سرب در لوله‌کشی، معماری و کشتی‌سازی بود؛ هم‌چنین از نمک‌های سرب برای نگه‌داری میوه و سبزی‌ها استفاده می‌شد.

پیامدهای شیوع مسمومیت سرب (پلومبیسم):
- شیوع شدید ناباروری
- مرده‌زایی
- عقب‌افتادگی ذهنی

نکته

یکی از نشانه‌های مسمومیت با سرب، ایجاد خط آبی‌رنگ در محل اتصال دندان‌ها به لثه است.

منشأ بیماری‌های زمین‌زاد

۱) آرسنیک
- ۱) عنصری غیرضروری و سمّی است.
- ۲) **نوع بی‌هنجاری:** مثبت
- ۳) **مهم‌ترین مسیر انتقال به بدن:** آب آلوده به این عنصر
- ۴) **منشأ:** هوازدگی و اکسیده‌شدن و یا حل‌شدن عناصر سنگ‌ها یا کانی‌های آرسنیک‌دار مانند سنگ‌های آتشفشانی، پیریت، زغال‌سنگ (حاوی آرسنیک) و ...
- ۵) **عوارض:** ۱) لکه‌های پوستی ۲) سخت‌شدن و شاخی‌شدن کف دست و پا ۳) دیابت ۴) سرطان پوست
- ۶) **راه ورود آرسنیک موجود در زغال‌سنگ:** خشک‌کردن مواد غذایی با حرارت زغال‌سنگ مانند خشک‌کردن فلفل قرمز و ذرت به وسیلهٔ زغال‌سنگ در جنوب چین

خشک‌شدن و شاخی‌شدن پوست بر اثر مصرف آب حاوی آرسنیک در بنگلادش

تـــوشـــه ای بـــرای مـــوفقیـــت

مثال **از کدام راه، آرسنیک می‌تواند به راحتی به مواد غذایی وارد شود؟** *(سراسری ۱۴۰۰)*

۱) آبیاری مزارع کشاورزی توسط آب چشمه‌های معدنی گازدار

۲) بارش باران‌های اسیدی پس از تراکم بالای ریزگردها در هوا

۳) ورود زهاب معادن استخراج طلا به آبخوان‌های مورد استفادهٔ انسان

۴) خشک‌کردن مواد غذایی با حرارت سوزانیدن زغال‌سنگ در محیط بسته

پاسخ گزینهٔ «۴»

آرسنیک موجود در بعضی از سنگ‌ها، مانند زغال‌سنگ به مواد غذایی منتقل می‌شود؛ برای مثال، در مناطقی از جنوب چین، خشک‌کردن مواد غذایی (مانند فلفل قرمز و ذرت) با حرارت زغال‌سنگ در محیط بسته، سبب آزادشدن آرسنیک و ورود آن به مواد غذایی و آلودگی آن‌ها می‌شود.

۲ کادمیم

۱) عنصری سمّی و سرطان‌زاست.

۲) در کانسنگ‌های سولفیدی یافت می‌شود.

۳) همیشه با عنصر روی همراه است. ← (نتیجه) استفاده از کودهای روی باعث افزایش غلظت کادمیم در گیاهان و زنجیرهٔ غذایی می‌شود.

۴) **مهم‌ترین منشأ کادمیم**: معادن سرب و روی

۵) **مسیر ورود به بدن**: گیاهان خوراکی و آب

۶) **نوع بی‌هنجاری**: مثبت

۷) **نام بیماری**: ایتای‌ایتای (itai itai)

۸) **عوارض**: ۱) تغییر شکل و نرمی استخوان‌ها و مفاصل (در زنان مسن) ۲) آسیب‌های کلیوی

مثال ورود عنصر کادمیم از یک معدن سرب و روی به مزارع برنج در ژاپن ← (نتیجه) بیماری ایتای‌ایتای

مثال **مهم‌ترین منشأ عنصر کادمیم در طبیعت، کدام است؟** *(خارج از کشور ۱۴۰۱)*

۱) کانی‌های رسی و میکای سیاه و برخی از زغال‌سنگ‌ها

۲) کانسنگ‌های سولفیدی موجود در معادن روی و سرب

۳) کانسنگ‌های سولفیدی موجود در سنگ‌های رسی و آتشفشانی

۴) خاک‌های حاصل از فرسایش سنگ‌های آتشفشانی و سنگ معدن طلا و نقره

پاسخ گزینهٔ «۲»

مهم‌ترین منشأ عنصر **کادمیم** کانسنگ‌های سولفیدی در **معادن سرب و روی** است.

۳ جیوه

۱) عنصری سمّی است.

۲) **منشأ**: ۱) سنگ‌های آتشفشانی و چشمه‌های آب گرم ۲) فرایند ملقمه‌کردن طلا با جیوه

۳) **مسیر انتقال به بدن**: دهان (آب و غذا)، پوست

۴) **نوع بی‌هنجاری**: مثبت

۵) **نام بیماری**: میناماتا (تولد کودکان ناقص در ژاپن)

۶) **عوارض**: آسیب به دستگاه عصبی، گوارش و ایمنی

میناماتا

تـــوشـــه ای بـــرای مـــوفقیـــت

نکته

مسمومیت به متیل جیوه در ژاپن، سوئد، عراق و ایالات متحده مشاهده شده است.

۴ فلوئور
- **عنصر اساسی**
- **مسیر ورود به بدن:** نوشیدن آب
- **منشأ:** کانی‌های رسی و میکای سیاه و زغال‌سنگ
- **اثر مثبت**
  - سخت‌شدن دندان و مقاومت در برابر پوسیدگی
  - جلوگیری از پوکی استخوان
- **اثر منفی**
  - خشکی استخوان و غضروف (افزایش ۲۰ تا ۴۰ برابر حد مجاز)
  - مسمومیت در انسان
  - ایجاد عارضهٔ فلورسیس دندانی
    - **علت:** وجود ۲ تا ۸ برابر شدن مقدار **فلوراید** در آب‌های طبیعی
    - **عوارض:** ایجاد لکه‌های تیره بر روی دندان و از بین رفتن زیبایی دندان
      - **علت:** تخریب بافت مینای دندان
      - **نکته:** فلورسیس دندانی عارضه‌ای برگشت‌ناپذیر است.

فلورسیس دندانی

مثال **مصرف بیش از حدّ مجاز فلوراید، سبب ایجاد کدام مشکل برای انسان‌ها می‌شود؟** (خارج از کشور ۹۸)

۱) اختلال دستگاه عصبی
۲) اختلال در سیستم ایمنی
۳) خشکی استخوان و غضروف
۴) کاهش مقاومت دندان‌ها در برابر پوسیدگی

پاسخ گزینهٔ «۳»

با افزایش ۲ تا ۸ برابری میزان فلوراید معمول بدن، فلورسیس دندانی (وجود لکه‌های تیره بر روی دندان در عین مقاومت در برابر پوسیدگی) به وجود می‌آید و اگر این فلوراید بسیار افزایش یابد و به ۲۰ تا ۴۰ برابر حد مجاز برسد، خشکی استخوان‌ها و غضروف‌ها رخ می‌دهد.

۵ سلنیم
- ۱) یک عنصر اساسی است.
- ۲) به عنوان عنصر ضدسرطان شناخته می‌شود. ← (علت) توانایی از بین بردن سوپراکسیدها مانند LiO_2 (لیتیم سوپراکسید) توسط برخی آنزیم‌های حاوی سلنیم
- ۳) در کانی‌های سولفیدی و به‌خصوص در معادن طلا و نقره، چشمه‌های آب گرم، سنگ‌های آتشفشانی و خاک‌های حاصل از آن‌ها به مقدار زیاد یافت می‌شود.
- ۴) **منشأ اصلی سلنیم:** خاک
- ۵) **مسیر ورود به بدن:** گیاهان
- ۶) **عوارض مصرف بیش از حد سلنیم:** مسمومیت

چرخهٔ سلنیم

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

مثال **سلنیم یک عنصر اساسی ضدسرطان است. در کدام منطقه، جانداران معمولاً سلنیم مورد نیاز خود را راحت‌تر به دست می‌آورند؟**
(خارج از کشور ۱۴۰۰)

۱) کوه‌های حاصل از برخورد دو ورقهٔ قاره‌ای
۲) سنگ‌های آهکی حاوی سرب و روی
۳) کوه‌های رسوبی دور از دریا با فرسایش و بارندگی کم
۴) جزایر حاصل از فعالیت‌های کوه‌های آتشفشانی

پاسخ گزینهٔ «۴»

سلنیم یک عنصر اساسی ضدسرطان است که در کانی‌های سولفیدی به‌خصوص در معادن طلا و نقره، چشمه‌های آب‌گرم، سنگ‌های آتشفشانی و خاک‌های حاصل از آن‌ها به مقدار زیاد یافت می‌شود. منشأ اصلی سلنیم از خاک و مسیر ورود آن به بدن انسان از طریق گیاهان است.

۶ روی

۱) عنصری فلزی است.
۲) یک عنصر جزئی اساسی با منشأ زمینی است.
۳) **مسیر ورود به بدن:** گیاهان
۴) **منشأ:** کانی‌های سولفیدی، سنگ‌های آهکی و برخی سنگ‌های آتشفشانی
۵) **عوارض کمبود روی:** ۱) کوتاهی قد ۲) اختلال در سیستم ایمنی
۶) **عوارض فراوانی روی:** ۱) کم‌خونی ۲) مرگ

قرص روی

مثال **عبارت زیر با کدام عنصر مطابقت بیشتری دارد؟** *(سراسری ۹۹)*

«در سنگ‌های آهکی فراوان است و مصرف زیاد آن سبب کم‌خونی می‌شود.»

۱) روی
۲) جیوه
۳) فلوئور
۴) منیزیم

پاسخ گزینهٔ «۱»

روی در کانی‌های سولفیدی به مقدار فراوان وجود دارد و در سنگ‌های آهکی و برخی سنگ‌های آتشفشانی نیز فراوان است. کمبود روی باعث کوتاهی قد و اختلال در سیستم ایمنی می‌شود. زیادیِ مقدار روی در بدن می‌تواند باعث کم‌خونی و حتی مرگ شود.

۷ یُد

۱) **کمبود ید:** بیماری گواتر
۲) **مثال:** کمربند گواتر (نیمهٔ شمالی آمریکا در سدهٔ ۱۹) ← (علت) کمبود عنصر ید در خاک این منطقه
علت زمین‌شناختی: شست‌وشوی خاک توسط یخ‌های آب‌شدهٔ پس از عصر یخبندان و ایجاد خاک فقیر از ید در این منطقه
۳) **مناطق مختلف شیوع کمبودید:** مناطق کوهستانی دور از دریا ← (علت) فرسایش و بارندگی شدید

۸ کلسیم و منیزیم

۱) عامل ایجاد سختی آب آشامیدنی
۲) عامل ایجاد انواع خاصی از بیماری‌های کلیوی
میزان سختی آب با زمین‌شناسی هر منطقه در ارتباط است.

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

جمع‌بندی عناصر زمین‌زاد و تأثیرات آن‌ها

عنصر	نوع	کجا یافت می‌شود	راه ورود به بدن	بیماری که ایجاد می‌کند	توضیحات بیشتر
آرسنیک	غیرضروری سمّی	سنگ‌های آتشفشانی سنگ‌های دارای پیریت زغال‌سنگ	آب مهم‌ترین راه ورود است.	لکه‌های پوستی، سخت‌شدن و شاخی‌شدن کف دست و پا، دیابت و سرطان پوست	از جمله عناصری که آتشفشان‌ها آن را پخش می‌کنند.
کادمیم	سمّی و سرطان‌زا جزئی اساسی	کانسنگ‌های سولفیدی مهم‌ترین منشأ آن در معادن روی و سرب است.	گیاهان خوراکی و آب	ایتای‌ایتای بیماری کلیوی	۵۵۰۰ تن از آن طی فوران پیناتوبو پخش شد.
جیوه	جزئی سمّی	سنگ‌های آتشفشانی چشمه‌های آب گرم در طی فرایند استخراج مواد معدنی و جداسازی طلا از کانسنگ آن (ملقمه‌کاری)	از طریق دهان (آب و غذا) و پوست	آسیب‌رساندن به دستگاه‌های عصبی، گوارش و ایمنی، مسمومیت متیل جیوه و بیماری میناماتا	از جمله عناصری که آتشفشان‌ها آن را پخش می‌کنند
فلوئور	جزئی اساسی	زغال‌سنگ حاوی فلوئور، کانی‌های رسی و میکای سیاه	منشأ اصلی و مسیر ورود آن آب است.	فلورسیس دندانی خشکی استخوان و غضروف‌ها	در خمیردندان از فلوئوریت CaF_2 استفاده می‌شود.
سلنیم	جزئی اساسی	کانی‌های سولفیدی و به‌خصوص در معادن طلا و نقره، چشمه‌های آب‌گرم، سنگ‌های آتشفشانی	منشأ اصلی گیاهان	مسمومیت	—
ید	جزئی	خاک‌های حاوی ید	خاک و گیاهان و جانوران	کمبود آن باعث گواتر می‌شود.	نمک‌های آن بسیار انحلال‌پذیر است.
روی	جزئی اساسی	کانی‌های سولفیدی سنگ‌های آهکی و برخی سنگ‌های آتشفشانی	بیشتر از طریق گیاهان	کمبود روی، شامل کوتاهی قد و اختلال در سیستم ایمنی بدن و افزایش آن باعث کم‌خونی و مرگ	معادن سرب و روی ایرانکوه در پهنهٔ سنندج سیرجان قرار دارند.
سرب	جزئی اساسی ـ سمی	معادن سرب	نمک‌های سرب و ...	مسمومیت سرب (پلومبیسم) ناباروری، مرده‌زایی و عقب‌افتادگی ذهنی	از سرب در تهیهٔ لباس‌های محافظ در هنگام عکس‌برداری توسط پرتو X استفاده می‌شود.

غبارهای زمین‌زاد

غبار پدیده‌ای جهانی است. غبار از راه تنفس، وارد بدن انسان می‌شود و سلامت ما را تهدید می‌کند.

مثال
۱) توفان‌های غبار واردشده از آفریقا به کوه‌های آلپ
۲) ریزگردهای واردشده از کشورهای همسایه به ایران

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

اثرات توفان‌های گرد و غبار و ریز گردها

۱ کاهش میزان انرژی دریافتی از خورشید به علت بازتاب گرمای خورشید توسط غبارها (سردشدن زمین)
۲ انتقال باکتری‌های بیماری‌زا به مناطق پرجمعیت
۳ افت کیفیت هوا
۴ انتقال مواد سمّی
۵ فراهم‌کردن مواد مغذی اساسی برای جنگل‌های بارانی مناطق گرمسیری
۶ هسته‌های رشد قطرات باران

اقدامات زمین‌شناسان جهت کاهش اثرات ریزگردها

۱ بررسی نوع کانی‌های تشکیل‌دهنده و ترکیب ژئوشیمیایی ریزگردها و غبارها
۲ تعیین سرچشمهٔ ریزگردها با تصاویر ماهواره‌ای و نحوهٔ انتقال آن‌ها تا فواصل دور
۳ پیش‌بینی پیامدهای حاصل از استنشاق غبارها بر سلامت انسان و یافتن راهکارهایی برای کاهش اثرات آن

بیماری سیلیکوسیس:
- حاصل استنشاق گرد و غبار دارای ذرات سیلیس است.
- در سدهٔ بیستم برای نخستین بار در بادیه‌نشینان صحرای آفریقا شناسایی شد.
- سپس در کشاورزان پاکستان، کالیفرنیا، لاداخ (سیبری)، تار (هند) و نیز شمال چین یافت شد.
- شیوع این بیماری در لاداخ، ۲۲ درصد جمعیت روستایی و در شمال چین ۲۱ درصد جمعیت بالای ۴۰ سال را در بر می‌گیرد.

مثال **کدام مورد، یکی از اثرات نامطلوب توفان‌های گرد و غبار و ریزگردها است؟** (سراسری ۹۸)

۱) پایین‌آمدن دمای هوا به علت بازتاب گرمای زمین
۲) پایین‌آمدن دمای هوا به علت بازتاب گرمای خورشید
۳) بالارفتن دما به علت بازتاب انرژی خورشید توسط ذرات جامد معلّق
۴) بالارفتن دما به علت جذب بیشتر ذرات جامد نسبت به ذرات گازی اتمسفر

پاسخ گزینهٔ «۲»

از جمله اثرات توفان‌های گرد و غبار، کاهش میزان انرژی دریافتی از خورشید به دلیل بازتاب گرمای خورشید توسط غبارهاست. این حالت زمین را سرد می‌کند.

آتشفشان‌ها

۱ **اهمیت:** انتقال فلزها و عناصر دیگر از اعماق زمین به سطح
۲ **انواع عناصر موجود در آتشفشان‌ها**
  ۱ عناصر اساسی
  ۲ عناصر خطرناک
۳ **مثال** آتشفشان پیناتوبو در فیلیپین ← (نتیجه) واردکردن میلیون‌ها تُن خاکستر حاوی عناصر روی، مس و کادمیم به اتمسفر

حاصل فعالیت آتشفشان پیناتوبو

- ۱۰ میلیارد تن ماگما
- ۲ میلیون تن روی
- ۵۵۰۰ تن کادمیم
- ۲۰ میلیون تن گوگرد دی‌اکسید
- ۱ میلیون تن مس

نتیجه: تغییرات آب‌وهوایی در طی ۳ سال و در مقیاس وسیع

– کاربرد کانی‌ها در داروسازی –

- تالک ←(کاربرد) پودر بچه
- انواع کانی‌های رسی ←(کاربرد) آنتی‌بیوتیک‌ها، قرص‌های مسکّن، بهبود زخم معده
- فلوئوریت و کوارتز ←(کاربرد) خمیردندان
- تالک، میکاها و رس‌ها ←(کاربرد) صنایع آرایشی، کرم‌های ضدآفتاب
- سرب ←(کاربرد) تهیهٔ لباس‌های محافظ برای عکس‌برداری توسط پرتو X

– علم، زندگی، کارآفرینی –

زمین‌شناسی زیست‌محیطی

- حل مسائل زیست‌محیطی با استفاده از اصول زمین‌شناسی
- مطالعهٔ شیوه‌های انتقال و رفع آلاینده‌ها از محیط زیست
- **عوامل مؤثر در آلودگی بخش‌های مختلف زمین:** ۱ بهره‌برداری بیش از اندازه از منابع و معادن ۲ فرسایش خاک ۳ افزایش پسماندها، فاضلاب‌ها و مواد شیمیایی

زمین‌شناسی پزشکی

- مطالعه و بررسی عناصر زمین‌زاد و آلودگی‌های طبیعی و انسان‌زاد و انتقال آن‌ها به بدن انسان از طریق خاک، آب، گیاه، دام و ...
- **ترکیبات ضروری و مفید:** آهن (در هموگلوبین)، فسفر و کلسیم (در دندان و استخوان)
- **ترکیبات مضر:** نیترات‌ها و عناصری مانند جیوه، آرسنیک، سرب، کادمیم و ...

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

فصل ۶: شکستگی‌ها

- شکستگی‌های پوستهٔ زمین یکی از نشانه‌های **پویایی زمین** هستند.
- **اهمیت شکستگی‌ها در مطالعات زمین‌شناسی:**

۱) بررسی آن‌ها در ساختن سازه‌های مهندسی مانند جاده‌ها، سدها، تونل‌ها و ...

۲) در تجمع آب‌های زیرزمینی و ذخایر نفت و گاز

۳) در تشکیل کانسنگ‌های گرمابی

انواع شکستگی‌ها

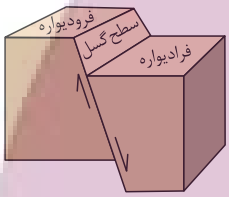
۱) **درزه:** نوعی شکستگی است که در آن سنگ‌های دو طرف سطح درز نسبت به هم جابه‌جا نشده‌اند.

درزه

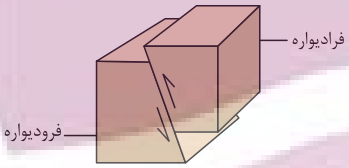
۲) **گسل:** شکستگی‌هایی هستند که در آن‌ها سنگ‌های دو طرف سطح شکستگی نسبت به یکدیگر حرکت کرده و جابه‌جا شده‌اند.

گسل

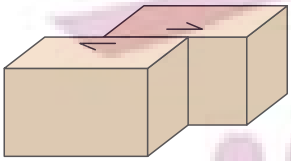
انواع گسل‌ها:



۱) گسل عادی
- ویژگی
  - مایل‌بودن سطح گسل
  - حرکت فرادیواره نسبت به فرودیواره به سمت پایین یا حرکت فرودیواره نسبت به فرادیواره به سمت بالا
- نوع تنش: کششی

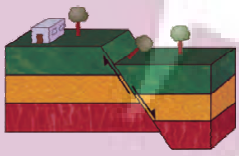
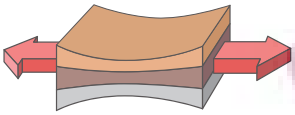
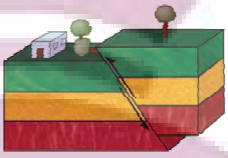
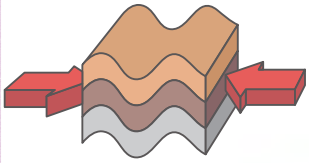
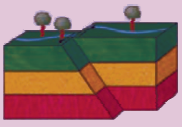
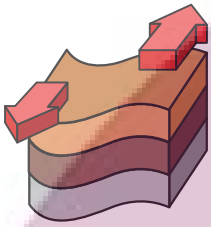


۲) گسل معکوس
- ویژگی
  - مایل‌بودن سطح گسل
  - حرکت فرادیواره نسبت به فرودیواره به سمت بالا یا حرکت فرودیواره نسبت به فرادیواره به سمت پایین
- نوع تنش: فشاری

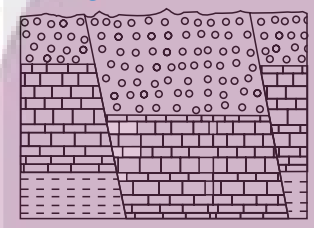


۳) گسل امتدادلغز
- ویژگی
  - لغزش سنگ‌ها در امتداد سطح گسل
  - حرکت قطعات شکسته‌شده در امتداد افق
- نوع تنش: برشی

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

گسل	ویژگی گسل	شکل گسل	نوع تنش	اثر تنش	تغییر شکل حاصل از تنش
عادی	۱) سطح گسل مایل است. ۲) فرادیواره نسبت به فرودیواره به سمت پایین یا فرودیواره نسبت به فرادیواره به سمت بالا حرکت کرده است.		کششی	گسستگی سنگ	
معکوس	۱) سطح گسل مایل است. ۲) فرادیواره نسبت به فرودیواره، به سمت بالا یا فرودیواره نسبت به فرادیواره به سمت پایین حرکت کرده است.		فشاری	متراکم‌شدن سنگ	
امتدادلغز	۱) لغزش سنگ‌ها در امتداد سطح گسل است. ۲) حرکت قطعات شکسته‌شده، در امتداد افق است.		برشی	بریدن سنگ	

مثال در شکل مقابل، کدام نوع گسل‌ها قابل مشاهده‌اند؟ *(سراسری خارج از کشور)*



۱) یک عادی

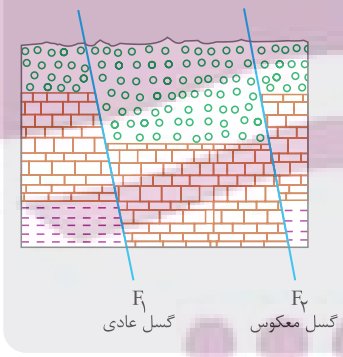
۲) دو عادی

۳) دو معکوس

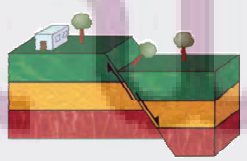
۴) یک عادی یک معکوس

پاسخ گزینهٔ «۴»

در شکل روبه‌رو، یک گسل عادی (F_1) و یک گسل معکوس (F_2) وجود دارد.



مثال کدام گزینه با «ویژگی و نوع تنش» در تصویر مقابل، مطابقت دارد؟ *(سراسری ۹۹)*



۱) سطح گسل مایل بوده و کششی است.

۲) لغزش در امتداد سطح گسل بوده و کششی است.

۳) فرودیواره به سمت بالا حرکت کرده و فشاری است.

۴) فرادیواره به سمت پایین حرکت کرده و فشاری است.

پاسخ گزینهٔ «۱»

با توجه به شکل، چون فرادیواره نسبت به فرودیواره به سمت پایین حرکت کرده است، گسل از نوع عادی است و گسل عادی حاصل تنش کششی می‌باشد. سطح گسل نیز مایل می‌باشد.

زمین‌لرزه

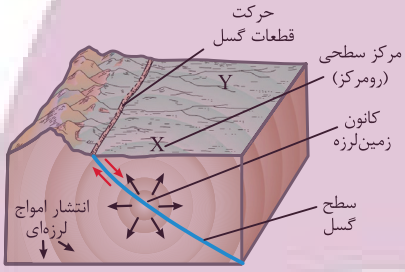
✓ نشانهٔ آشکاری از پویایی زمین است و زمین‌لرزه‌ها بیشتر در حاشیهٔ ورقه‌های سنگ‌کره رخ می‌دهند.

✓ در هر زمین‌لرزه، مقدار انرژی انباشته‌شده در سنگ‌ها، به طور ناگهانی آزاد می‌شود و به صورت امواج لرزه‌ای به اطراف حرکت می‌کند.

- زمین‌لرزه
  - علت اصلی ← حرکت ورقه‌های سنگ‌کره
  - سنگ‌ها در مقابل نیروی وارده
    - ابتدا ← رفتار الاستیک
    - سپس ← تنش از مقاومت سنگ فراتر ← شکستگی زمین‌لرزه
  - گروه لرزه‌ها پیش‌لرزه
    - پیش‌لرزه
    - لرزهٔ اصلی
    - پس‌لرزه
  - زمین‌لرزه، معمولاً کم‌تر از یک دقیقه طول می‌کشد.
  - کشور ایران ← قرارگرفتن در کمربند لرزه‌خیز آلپ هیمالیا
  - فعالیت‌های انسانی روبه‌رو باعث وقوع زمین‌لرزه
    - می‌شود
      - انفجار معدن
      - تخلیهٔ ناگهانی آب پشت سد
      - انفجارهای اتمی
    - نمی‌شود
      - شخم‌زدن زمین
      - آتش‌سوزی جنگل‌ها

کانون زمین‌لرزه

محلی درون زمین است که انرژی ذخیره‌شده از آن‌جا آزاد می‌شود.



مرکز سطحی زمین‌لرزه

نقطه‌ای در سطح زمین است که در بالای کانون زمین‌لرزه قرار دارد و دارای کم‌ترین فاصله از کانون زمین‌لرزه می‌باشد.

- مرکز سطحی زمین‌لرزه، محلی با حداکثر خسارات است.
- هر چه از مرکز سطحی دورتر شویم، آثار خرابی‌ها کم‌تر می‌شود.

امواج لرزه‌ای

امواج لرزه‌ای به دو دستهٔ **درونی** و **سطحی** تقسیم می‌شوند.

- امواج لرزه‌ای
  - ۱) درونی
    - امواج P (اولیه، طولی)
    - امواج S (ثانویه، عرضی)
  - ۲) سطحی
    - امواج لاو (L)
    - امواج ریلی (R)

۱) امواج درونی

در **کانون زمین‌لرزه** ایجاد و در **داخل زمین** منتشر می‌شوند.

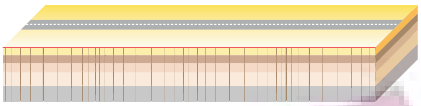
انواع امواج درونی: ۱ امواج P و ۲ امواج S

۱. امواج P (اولیه، طولی)

- **بیشترین** سرعت را دارند.
- اولین موج ثبت‌شده توسط دستگاه‌های لرزه‌نگار هستند.
- از محیط‌های جامد، مایع و گاز می‌گذرند.
- حرکت این امواج مانند باز و بسته شدن فنر است.

امواج طولی (P)

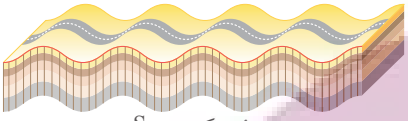
- جهت ارتعاش ذرات توسط این امواج در راستای انتشار آن است.
- سرعت عبور امواج لرزه‌ای در محیط‌های مختلف متفاوت است.
- امواج لرزه‌ای از سنگ‌های سخت و متراکم سریع‌تر عبور می‌کنند.


نحوهٔ حرکت موج طولی P

۲. امواج S (ثانویه، عرضی)

- سرعتشان از امواج P **کم‌تر** است.
- بعد از امواج P، توسط دستگاه‌های لرزه‌نگار ثبت می‌شوند (دومین موج).
- فقط از **محیط‌های جامد** می‌گذرند.
- جهت ارتعاش این امواج بر راستای انتشار آن **عمود** است.

امواج عرضی (S)


نحوهٔ حرکت موج S

– ۲) امواج سطحی –

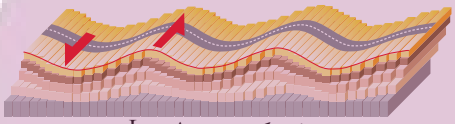
در کانون تولید نمی‌شوند بلکه در اثر برخورد امواج درونی با فصل مشترک لایه‌ها و سطح زمین ایجاد می‌شوند.

انواع امواج سطحی: ۱) امواج L و ۲) امواج R

۱. امواج لاو (L):

- بعد از موج S، توسط دستگاه‌های لرزه‌نگار ثبت می‌شوند (سومین موج).
- ارتعاش ذرات، **عمود** بر امتداد انتشار موج است (بدون جابه‌جایی قائم).
- حرکت این امواج مانند خزیدن مار روی زمین است.

امواج لاو (L)


نحوهٔ حرکت موج سطحی L

۲. امواج ریلی (R):

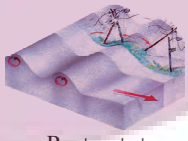
- حرکت این امواج مشابه حرکت **امواج دریا** است.

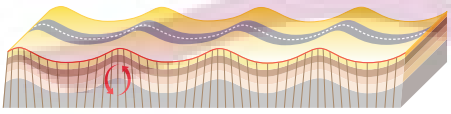
یعنی ذرات در یک مدار **دایره‌ای‌شکل** به ارتعاش درمی‌آیند.

- جهت حرکت دایره‌ای این امواج **برخلاف** جهت حرکت امواج دریاست.

تأثیرشان همانند امواج دریا از سطح به عمق **کم** می‌شود.

- آخرین امواج ثبت‌شده توسط دستگاه لرزه‌نگار هستند.


امواج ریلی R


نحوهٔ حرکت موج سطحی R

جمع‌بندی امواج لرزه‌ای

امواج درونی: ✓ در کانون زمین‌لرزه ایجاد می‌شوند.	موج P (اولیه، طولی)	✓ بیشترین سرعت ✓ اولین موج ثبت‌شده توسط دستگاه لرزه‌نگار	✓ محیط‌های جامد، مایع و گاز عبور می‌کند، ولی سرعت امواج در محیط‌های مختلف متفاوت است.
	موج S (ثانویه، عرضی)	✓ دومین موج ثبت‌شده توسط دستگاه لرزه‌نگار	✓ محیط‌های جامد
امواج سطحی: ✓ از برخورداری امواج درونی با فصل مشترک لایه‌ها و سطح زمین ایجاد می‌شوند. ✓ عامل اصلی تخریب به شمار می‌روند.	موج L (لاو)	✓ سومین موج ثبت‌شده توسط دستگاه لرزه‌نگار	
	موج R (ریلی)	✓ مانند حرکت امواج دریا ذرات را در یک مدار دایره‌ای به ارتعاش درمی‌آورد. ✓ در موج ریلی، جهت حرکت دایره‌ای مخالف جهت حرکت امواج دریاست. ✓ عمق نفوذ و تأثیر امواج ریلی مثل امواج دریا محدود است و از سطح به عمق کاهش پیدا می‌کند.	

مثال کدام امواج حاصل از یک زمین‌لرزه در کانون ایجاد می‌شوند؟ *(سراسری ۱۴۰۰)*

۱) عرضی و ریلی ۲) طولی و عرضی ۳) ریلی و لاو ۴) لاو و طولی

پاسخ گزینهٔ «۲»

امواج درونی در کانون زمین‌لرزه ایجاد می‌شوند و در داخل زمین منتشر می‌گردند و شامل امواج P (اولیه، طولی) و S (ثانویه، عرضی) می‌باشند. امواج سطحی به دو دستهٔ امواج لاو (L) و ریلی (R) تقسیم می‌شوند.

مثال موج R حاصل از یک زلزله چه شباهت‌هایی با امواج آب دریا دارد؟ *(خارج از کشور ۱۴۰۰)*

۱) کاهش سرعت امواج از سطح به عمق، هم‌جهتی حرکت دایره‌ای

۲) جهت حرکت دایره‌ای امواج، ارتعاش ذرات عمود بر انتشار موج

۳) عمق نفوذ محدود، ارتعاش ذرات در مدار دایره‌ای

۴) کاهش نفوذ از سطح به عمق، عبور فقط از مایعات

پاسخ گزینهٔ «۳»

امواج R (ریلی) جزء امواج سطحی می‌باشند و آخرین امواجی هستند که توسط دستگاه لرزه‌نگار ثبت می‌شوند. این امواج مانند حرکت امواج دریا، ذرات را در یک مدار دایره‌ای به ارتعاش درمی‌آورند؛ ولی در موج ریلی جهت حرکت دایره‌ای مخالف جهت حرکت امواج دریا است. عمق نفوذ و تأثیر این امواج مثل امواج دریا محدود است و از سطح به عمق کاهش می‌یابد.

مقیاس اندازه‌گیری زمین‌لرزه

مقیاس‌های توصیف و اندازه‌گیری زمین‌لرزه: ۱ شدت زمین‌لرزه ۲ بزرگی زمین‌لرزه

شدت زمین‌لرزه

۱) یک مقیاس مشاهده‌ای و توصیفی است.

۲) براساس میزان خرابی‌ها در هر زمین‌لرزه توصیف می‌شود.

۳) بدون استفاده از دستگاه‌های لرزه‌نگار به توصیف میزان خرابی‌های زمین‌لرزه می‌پردازد.

۴) میزان خرابی‌ها در آن در یک مقیاس ۱۲درجه‌ای توصیف شده است.

۵) مقیاس شدت زمین‌لرزه، مرکالی است.

۶) مرکالی شدت زمین‌لرزه را در مقیاس کم با عدد ۱ و در مقیاس ۱۲ ویرانی کامل توصیف کرده است.

۷) شدت زمین‌لرزه با دور شدن از مرکز سطحی زمین‌لرزه کاهش می‌یابد.

بزرگی (بزرگا) زمین‌لرزه

۱) براساس مقدار انرژی آزادشده از زمین‌لرزه محاسبه می‌شود.

۲) بزرگی زمین‌لرزه به کمک اطلاعات دستگاه لرزه‌نگار تعیین می‌شود.

۳) واحد اندازه‌گیری بزرگی زمین‌لرزه، ریشتر است.

۴) ریشتر، لگاریتم بزرگ‌ترین دامنهٔ موجی است که در فاصلهٔ یکصدکیلومتری از مرکز یک زمین‌لرزه توسط دستگاه لرزه‌نگار ثبت شده باشد.

۵) به ازای هر یک واحد بزرگی، دامنهٔ امواج ۱۰ برابر و مقدار انرژی ۳۱/۶ برابر افزایش می‌یابد.

نکته

بزرگی زمین‌لرزه در تمام نقاط زمین یکسان است، ولی شدت آن با دورشدن از مرکز سطحی زمین‌لرزه کاهش می‌یابد.

تـوشـه ای بـرای مـوفقیت

مثال **برای توصیف شدت زمین‌لرزه، معمولاً از کدام مورد استفاده می‌کنند؟** *(خارج از کشور ۱۴۰۰)*

۱) مشاهدهٔ میزان خرابی‌ها ۲) استفاده از گرانش‌سنج ۳) مقدار انرژی آزادشده ۴) مقایسه با زلزله‌های قبلی

پاسخ گزینهٔ «۱»

برای توصیف و اندازه‌گیری زمین‌لرزه از دو مقیاس شدت و بزرگی استفاده می‌شود. شدت زمین‌لرزه براساس میزان خرابی‌ها در هر زمین‌لرزه بیان می‌شود. شدت زمین‌لرزه یک مقیاس مشاهده‌ای و توصیفی است که بدون استفاده از دستگاه و ابزار اندازه‌گیری، به توصیف میزان خرابی‌های ناشی از زمین‌لرزه می‌پردازد. بزرگی زمین‌لرزه را به کمک اطلاعات لرزه‌نگار تعیین می‌کنند.

پیش‌بینی زمین‌لرزه

پیش‌نشان‌گرها: علائم و نشانه‌هایی هستند که با استفاده از آن‌ها می‌توان وقوع زمین‌لرزه را پیش‌بینی کرد.

نمونه‌هایی از پیش‌نشانگرها:

۱) تغییرات گاز رادون در آب‌های زیرزمینی
۲) ایجاد تغییر در سطح تراز آب‌های زیرزمینی
۳) پیش‌لرزه
۴) ناهنجاری در رفتار حیوانات
۵) ابر زمین‌لرزه

مثال **کدام گزینه، می‌تواند «پیش‌نشانگر وقوع زمین‌لرزه» باشد؟** *(سراسری ۹۹)*

۱) نوسان اشیای آویزان ۲) جابه‌جا شدن سنگ‌های بزرگ
۳) تغییر سطح آب‌های زیرزمینی ۴) حرکات دامنه‌ای در زمین‌های نرم

پاسخ گزینه «۳»

پیش‌نشانگرها علائم و نشانه‌هایی هستند که با استفاده از آن‌ها می‌توان وقوع زمین‌لرزه را پیش‌بینی کرد.

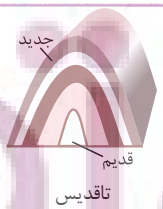
پیش‌نشانگرهای وقوع زمین‌لرزه عبارتند از: ۱) تغییرات گاز رادون در آب‌های زیرزمینی ۲) ایجاد تغییر در سطح تراز آب زیرزمینی ۳) پیش‌لرزه ۴) ناهنجاری در رفتار حیوانات ۵) ابر زمین‌لرزه

چین‌خوردگی

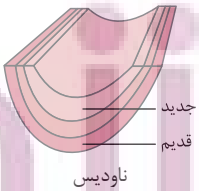
انواع چین

۱) چین تک‌شیب	لایه‌های سنگی از حالت افقی خارج شده و بالاتر یا پایین‌تر از سطح اصلی قرار گرفته‌اند.
۲) تاقدیس	لایه‌های سنگی طوری خم شده‌اند که لایه‌های قدیمی‌تر در مرکز چین و لایه‌های جدیدتر در حاشیهٔ چین قرار دارند.
۳) ناودیس	در لایه‌های سنگی، لایه‌های جدیدتر در مرکز چین و لایه‌های قدیمی‌تر در حاشیهٔ چین قرار دارند.

چین تک‌شیب



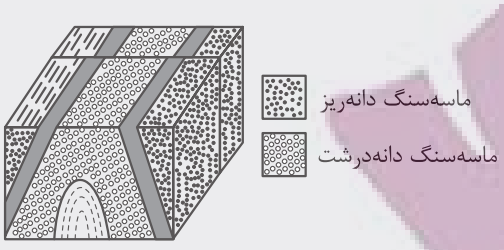
تاقدیس



ناودیس

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

مثال در شکل زیر، ماسه‌سنگ دانه‌ریز، جوان‌تر از ماسه‌سنگ دانه‌درشت است. کدام پدیده‌های زمین‌شناسی قابل شناسایی هستند؟ (سراسری ۱۴۰۰)

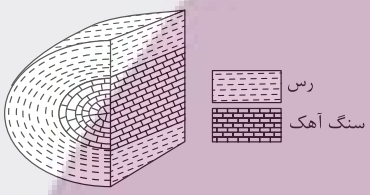


۱) گسل عادی، تاقدیس
۲) گسل عادی، ناودیس
۳) گسل امتدادلغز، تاقدیس
۴) گسل امتدادلغز، ناودیس

پاسخ گزینهٔ «۳»

با توجه به شکل صورت سؤال، لغزش سنگ‌ها در امتداد سطح گسل بوده و حرکت قطعات سنگی شکسته‌شده در امتداد افق است. پس گسل از نوع امتدادلغز می‌باشد. هم‌چنین با توجه به این‌که ماسه‌سنگ دانه‌ریز که در طرفین قرار گرفته است، جوان‌تر از ماسه‌سنگ دانه‌درشت است، پس چین از نوع تاقدیس می‌باشد.

مثال به‌ترتیب سنگ‌آهک و رس متعلق به کدام زمان باشند، شکل زیر یک تاقدیس است؟ (خارج از کشور ۹۹)



۱) تریاس، پرمین
۲) پالئوژن، کرتاسه
۳) ژوراسیک کرتاسه
۴) ژوراسیک، تریاس

پاسخ گزینهٔ «۳»

در یک تاقدیس لایه‌های قدیمی‌تر در مرکز چین قرار دارند و به طرف خارج لایه‌ها جوان‌تر می‌شوند. برای این‌که شکل صورت سؤال نمایان‌گر یک تاقدیس باشد، می‌بایست سنگ‌آهک از نظر سنی قدیمی‌تر از رس باشد که در این حالت گزینهٔ (۳) دیده می‌شود. (آهک ژوراسیک قدیمی‌تر از رس کرتاسه است.)

آتشفشان

- وقوع آتشفشان در تمام نقاط کرهٔ زمین (خشکی‌ها، بستر اقیانوس‌ها، دریاها، دریاچه‌ها و ...) صورت می‌گیرد.

مواد خارج‌شده از دهانهٔ آتشفشان‌ها عبارتند از: ۱ مواد جامد (تفرا) ۲ مایع (لاوا یا گدازه) ۳ بخارهای آتشفشانی (فومرول)

۱. تفرا:

مواد آتشفشانی جامدی هستند که به صورت ذرات ریز و درشت بر اثر فعالیت‌های آتشفشان به هوا پرتاب می‌شوند.

- **تقسیم‌بندی تفراها (براساس اندازه و شکل)**

۱) **خاکستر**: کوچک‌تر از ۲ میلی‌متر
۲) **لاپیلی**: بین ۲ تا ۳۲ میلی‌متر
۳) **قطعه‌سنگ و بمب**: بزرگ‌تر از ۳۲ میلی‌متر
- **بمب**: به صورت دوکی‌شکل دیده می‌شود.

نام ذرات	اندازهٔ ذرات (میلی‌متر)
خاکستر	کوچک‌تر از ۲
لاپیلی	بین ۲ تا ۳۲
قطعه‌سنگ و بمب (دوکی‌شکل)	بزرگ‌تر از ۳۲

۲. گدازه:

- مواد مذابی هستند که از دهانهٔ آتشفشان خارج می شوند.
- هر چه‌قدر گدازه روان‌تر باشد (میزان سیلیس کم‌تر)، مخروط آتشفشان شیب و ارتفاع کم‌تری دارد.

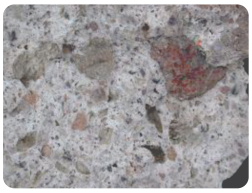
۳. بخارهای آتشفشانی:

- حاوی گاز و بخار آب هستند.
- گازهای خروجی از دهانهٔ آتشفشان‌ها ترکیب شیمیایی متفاوتی دارند.

نشانه‌های برای موفقیت

- **انواع گازهای آتشفشانی**: بخار آب، گازهای دی‌اکسیدکربن، اکسیدهای گوگردی، نیتروژن‌دار، کلردار و کربن مونواکسید
- **مرحلهٔ فومرولی**: مرحله‌ای پس از فعالیت یک آتشفشان است که تا مدت‌ها از دهانهٔ آتشفشان گاز خارج می‌شود.
  - **مثال**: دماوند و تفتان (خروج بخار آب و گاز گوگرد و ...)

سنگ‌های آذرآواری


سنگ آذرآواری

۱) گروهی از سنگ‌های آتشفشانی هستند.

۲) در نتیجهٔ فعالیت آتشفشان‌های انفجاری تشکیل می‌شوند.

۳) **روش تشکیل**: در اثر به هم چسبیدن و سخت‌شدن مواد جامد آتشفشانی پرتاب‌شده به هوا پس از رسیدن و فرونشینی به سطح زمین تشکیل می‌شوند.

توف آتشفشانی

۱) نوعی سنگ **آذرآواری** است.

۲) **روش تشکیل**: در اثر ته‌نشینی خاکسترهای آتشفشانی در محیط‌های دریایی کم‌عمق ایجاد می‌شود.
  - **مثال**: توف‌های سبز البرز

مثال **برای تشکیل سنگ‌های آذرآواری سبز البرز کدام شرایط وجود داشته است؟** *(سراسری ۹۸)*

۱) ورود جریان‌های گدازهٔ سبزرنگ آتشفشان‌ها به دریاهای کم‌عمق

۲) دریایی کم‌عمق، فعالیت آتشفشان‌های زیردریایی با خاکستر فراوان

۳) فعالیت آتشفشان‌های زیردریایی، دریایی عمیق با جانداران فتوسنتزکنندهٔ فراوان

۴) فعالیت آتشفشان دماوند و واردشدن مواد خروجی آن به رودهایی که وارد دریا شده‌اند.

پاسخ گزینهٔ «۲»

در صورتی که خاکسترهای آتشفشانی در محیط‌های دریایی کم‌عمق ته‌نشین شوند، توف آتشفشانی حاصل می‌شود. مانند توف‌های سبز البرز.
توف یک سنگ آذرآواری است که بر اثر ته‌نشین‌شدن خاکسترهای آتشفشانی در محیط‌های دریایی کم‌عمق تشکیل می‌شود.

مثال **کدام عبارت، «توف» را بهتر معرفی می‌کند؟** *(سراسری ۱۴۰۱)*

۱) نوعی سنگ آذرآواری با سیمانی از خاکسترهای آذرین

۲) نوعی سنگ آذرآواری تشکیل‌شده از کوچک‌ترین ذرات تفرا

۳) سنگی آذرین، تشکیل شده از لاپیلی‌های آتشفشان‌های انفجاری

۴) از سنگ‌های رسوبی، حاصل مخلوط درهم انواع تفراهای مختلف

پاسخ گزینهٔ «۲»

در صورتی که خاکسترهای آتشفشانی در محیط‌های دریایی کم‌عمق ته‌نشین شوند، توف آتشفشانی به وجود می‌آید. توف یک نوع سنگ آذرآواری است.

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

فواید آتشفشان‌ها

فواید آتشفشان‌ها	توضیحات
۱) مطالعهٔ درون زمین	آتشفشان به منزلهٔ پنجره‌ای به درون زمین است که از طریق آن اطلاعاتی از پوسته و گوشتهٔ فوقانی به دست می‌آید.
۲) تشکیل هواکره	نتیجهٔ سرد شدن زمین و خروج گازهای درون زمین از طریق فعالیت آتشفشان‌ها از شکستگی‌ها و منافذ سنگ‌ها و لایه‌های آبدار است.
۳) تشکیل آب‌کره	حاصل ترکیب بخشی از گازهای خروجی از آتشفشان‌ها با یکدیگر و تشکیل آب و سپس ایجاد اقیانوس‌ها، دریاها، دریاچه‌ها، رودها و ... است.
۴) تشکیل خاک و رسوب	خاکسترها و گدازه‌های آتشفشانی خارج‌شده از دهانهٔ آتشفشان‌ها، خاک حاصل‌خیزی را تشکیل می‌دهند ← (نتیجه) وجود برخی مزارع حاصل‌خیز جهان بر روی خاکسترهای آتشفشانی
۵) تشکیل پوستهٔ جدید اقیانوسی	نتیجهٔ خروج مواد مذاب گوشته از محور میانی رشته‌کوه‌های میان‌اقیانوسی است. نتایج تشکیل پوستهٔ جدید اقیانوسی: ۱) گسترش بستر اقیانوس‌ها ۲) نزدیک‌شدن ورقه‌ها در محل درازگودال‌های اقیانوسی ۳) برخورد و فرورانش ورقه‌ها ۴) ایجاد کوه‌ها ۵) تداوم فرسایش و رسوب‌گذاری
۶) تشکیل رگه‌های معدنی	فعالیت آتشفشانی عامل ایجاد برخی رگه‌های معدنی هستند. رگه‌های طلا، نقره، مس، آهن از این دسته‌اند.
۷) تشکیل چشمه‌های آب گرم	نتیجهٔ گرم‌شدن آب‌های درون پوسته و ظاهرشدن آن‌ها در سطح زمین از طریق شکستگی‌ها می‌باشند. فواید: ۱) درمان بیماری‌های پوستی و آرامش عضلانی ۲) رونق اقتصاد محلی از طریق جذب گردشگران
۸) انرژی زمین‌گرمایی	استفاده از گرمای درون زمینه به عنوان انرژی در مناطق آتشفشانی **مثال**: ۱) کشور ایسلند ۲) نیروگاه زمین گرمایی مشکین‌شهر استان اردبیل **نکته**: آتشفشان‌ها، افزون بر خروج انرژی درونی زمین، منجر به آرامش نسبی ورقه‌های سنگ‌کره می‌شوند.

مثال همهٔ موارد از «**فواید آتشفشان‌ها**» هستند، **به‌جز**: (خارج از کشور ۹۹)

۱) آرامش نسبی ورقه‌های سنگ‌کره ۲) ایجاد رشته‌کوه‌های میان‌اقیانوسی

۳) درمان بیماری‌های پوستی ۴) توسعهٔ زمین گردشگری

پاسخ گزینهٔ «۲»

فواید آتشفشان‌ها عبارتند از: ۱) تشکیل هواکره ۲) تشکیل آب‌کره ۳) تشکیل خاک و رسوب ۴) تشکیل پوستهٔ جدید اقیانوسی ۵) تشکیل رگه‌های معدنی ۶) تشکیل چشمه‌های آب گرم ۷) انرژی زمین‌گرمایی ۸) آرامش نسبی ورقه‌های سنگ‌کره ۹) مطالعهٔ درون زمین ۱۰) استفاده از سنگ‌های آتشفشانی در نمای ساختمان‌ها و مصالح ساختمانی

علم، زندگی، کارآفرینی

ژئوفیزیک: مطالعهٔ ساختمانی درونی زمین و شناسایی ذخایر و معادن زیرزمینی با استفاده از:

- امواج لرزه‌ای
- بررسی مغناطیس زمین
- مقاومت الکتریکی سنگ‌ها
- شدت گرانش سنگ‌ها

زمین‌ساخت (تکتونیک):

- علم شناسایی و بررسی ساختارهای تشکیل‌دهندهٔ پوستهٔ زمین و نیروهای به وجودآورندهٔ آن‌ها

تشنه‌ای برای موفقیت

- بررسی گسل‌ها، درزه‌ها، چین‌ها و ... و نقش آن‌ها در تجمع منابع زیرزمینی و احداث پروژه‌های عمرانی
- مطالعهٔ ساختار درونی زمین
- چگونگی تشکیل رشته‌کوه‌ها، اقیانوس‌ها، زمین‌لرزه‌ها و حرکت ورقه‌های سنگ‌کره

مثال **کدام گزینه، دلیل مناسبی برای بررسی «مغناطیسِ زمین» توسط «ژئوفیزیکدان‌ها» است؟** *(سراسری ۹۹)*

الف) احداث پروژه‌های عمرانی **ب) مطالعهٔ ساختار درونی زمین**

پ) اندازه‌گیری شدت گرانش سنگ‌های پوستهٔ زمین **ت) شناسایی معادن زیرزمینی**

۱) الف ـ پ ۲) الف ـ ت ۳) ب ـ پ ۴) ب ـ ت

پاسخ گزینهٔ «۴»

ژئوفیزیکدان‌ها، برای مطالعهٔ ساختمان درونی زمین و شناسایی ذخایر و معادن زیرزمینی با استفاده از امواج لرزه‌ای، بررسی مغناطیس زمین، مقاومت الکتریکی و شدت گرانش سنگ‌ها به مطالعهٔ آن‌ها می‌پردازند.

فصل ۷: تاریخچه زمین‌شناسی ایران

بخش‌های تشکیل‌دهندهٔ ایران کنونی، در دوره‌های مختلف زمین‌شناسی، بخش‌هایی از ابرقارهٔ **گندوانا** و **لورازیا** بوده‌اند.

قدیمی‌ترین سنگ‌های تشکیل‌دهندهٔ مناطق مختلف ایران:

۱ در مقایسه با سنگ‌های قدیمی یافت‌شده در آمریکای شمالی، آفریقا، هند، سیبری، استرالیا و عربستان جوان‌تر هستند.

۲ بین ۶۰۰ میلیون تا بیش از ۱ میلیارد سال سن دارند.

۳ در پهنهٔ **ایران مرکزی** قرار دارند.

تشکیل رشته‌کوه البرز
- حدود ۱۸۰ میلیون سال پیش
- بسته‌شدن تتیس کهن

تشکیل رشته‌کوه زاگرس
- حدود ۶۵ میلیون سال پیش
- برخورد ورقهٔ عربستان به ورقهٔ ایران و بسته‌شدن اقیانوس تتیس

از بازمانده‌های اقیانوس تتیس
- دریای خزر
- دریاچهٔ آرال

مثال **کدام رابطه، مفهوم درستی از مقایسهٔ «سن سنگ‌های مناطق مختلف ایران» را با «برخی از نواحی جهان» بیان می‌کند؟** *(سراسری ۹۹)*

۱) کم‌تر از استرالیا و جوان‌تر از هند ۲) جوان‌تر از آفریقا و بیشتر از آمریکای شمالی

۳) بیشتر از سیبری و کم‌تر از عربستان ۴) جوان‌تر از آمریکای جنوبی و بیشتر از سیبری

پاسخ گزینهٔ «۱»

قدیمی‌ترین سنگ‌های مناطق مختلف ایران در مقایسه با سنگ‌های قدیمی یافت‌شده در آمریکای شمالی، آفریقا، هند، سیبری، استرالیا و عربستان جوان‌تر هستند.

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

نقشه‌های زمین‌شناسی

موارد که در نقشه‌های زمین‌شناسی نمایش داده می‌شود:
- ۱) جنس و پراکندگی سطحی سنگ‌ها
- ۲) روابط سنی آن‌ها
- ۳) وضعیت شکستگی‌ها و چین‌خوردگی‌ها
- ۴) موقعیت کانسارها

پهنه‌های زمین‌شناسی ایران

سرزمین ایران، از چندین قطعهٔ مختلف و جدا از هم سنگ‌کره تشکیل شده که هر کدام تاریخچهٔ تکوین متفاوتی دارند.

از پیشگامان مطالعات نوین زمین‌شناسی در ایران

اشتوکلین
- جمع‌بندی مطالعات و مشاهدات زمین‌شناسی
- برای نخستین‌بار سرزمین ایران را از نظر ساختارهای زمین‌شناسی به چند بخش جداگانه تقسیم‌بندی کرد.

مشخصات پهنه‌های زمین‌ساختی در ایران

۱) **پهنهٔ زاگرس**
- منابع اقتصادی ← ذخایر نفت و گاز
- سنگ‌های اصلی ← سنگ‌های رسوبی
- ویژگی‌ها ← تاقدیس‌ها و ناودیس‌های متوالی

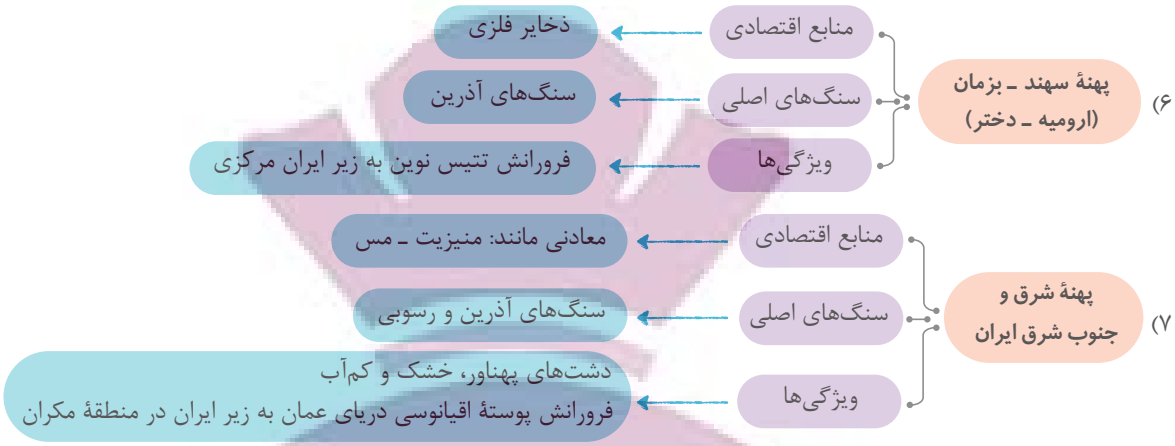
۲) **پهنهٔ ایران مرکزی**
- منابع اقتصادی ← معادنی مانند: آهن چغارت و روی مهدی‌آباد
- سنگ‌های اصلی ← سنگ‌های رسوبی ـ آذرین ـ دگرگونی
- ویژگی‌ها ← سنگ‌های پرکامبرین تا سنوزوییک

۳) **پهنهٔ البرز**
- منابع اقتصادی ← رگه‌های زغال‌سنگ
- سنگ‌های اصلی ← سنگ‌های رسوبی
- ویژگی‌ها ← دارای دو بخش شرقی ـ غربی داری قلهٔ دماوند

۴) **پهنهٔ کپه داغ**
- منابع اقتصادی ← ذخایر گاز
- سنگ‌های اصلی ← سنگ‌های رسوبی
- ویژگی‌ها ← توالی رسوبی منظم

۵) **پهنهٔ سنندج ـ سیرجان**
- منابع اقتصادی ← معادنی مانند: سرب و روی ایرانکوه
- سنگ‌های اصلی ← سنگ‌های دگرگونی
- ویژگی‌ها ← انواع سنگ‌های دگرگونی

ایران مشاوره
توشه ای برای موفقیت



نام پهنه	سنگ‌های اصلی	منابع اقتصادی	ویژگی‌ها
زاگرس	سنگ‌های رسوبی	ذخایر نفت و گاز	تاقدیس‌ها و ناودیس‌های متوالی
سنندج ـ سیرجان	سنگ‌های دگرگونی	معادنی مانند: سرب و روی ایرانکوه	انواع سنگ‌های دگرگونی
ایران مرکزی	سنگ‌های رسوبی، آذرین و دگرگونی	معادنی مانند: آهن چغارت و روی مهدی‌آباد	سنگ‌های پرکامبرین تا سنوزوییک
البرز	سنگ‌های رسوبی	رگه‌های زغال‌سنگ	دارای دو بخش شرقی ـ غربی دارای قلهٔ دماوند
شرق و جنوب شرق ایران	سنگ‌های آذرین و رسوبی	معادنی مانند: منیزیت ـ مس	دشت‌های پهناور، خشک و کم‌آب فرورانش پوستهٔ اقیانوسی دریای عمان به زیر ایران در منطقهٔ مکران
کپه‌داغ	سنگ‌های رسوبی	ذخایر عظیم گاز	توالی رسوبی منظم
سهند ـ بزمان (ارومیه ـ دختر)	سنگ‌های آذرین	ذخایر فلزی	فرورانش تتیس نوین به زیر ایران مرکزی

مثال **دشت‌های پهناور، خشک و کم‌آب از ویژگی‌های کدام پهنهٔ زمین‌ساختی ایران است؟** *(سراسری ۹۸)*

۱) کپه‌داغ ۲) ایران مرکزی ۳) سواحل خلیج‌فارس ۴) شرق و جنوب شرق

پاسخ گزینهٔ «۴»

دشت‌های پهناور، خشک و کم‌آب از جمله ویژگی‌های پهنهٔ شرق و جنوب شرق ایران هستند.

نام پهنه	سنگ‌های اصلی	منابع اقتصادی	ویژگی‌ها
شرق و جنوب شرق ایران	سنگ‌های آذرین و رسوبی	معادنی مانند: منیزیت ـ مس	دشت‌های پهناور، خشک و کم‌آب فرورانش پوستهٔ اقیانوسی دریای عمان به زیر ایران در منطقهٔ مکران

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

مثال **در گذشته‌های دور، کدام ویژگی‌ها را برای برخی نقاط پهنهٔ زمین‌شناختی البرز می‌توان تصور کرد؟** *(خارج از کشور ۱۴۰۰)*

۱) پوشش گیاهی مناسب، محیط‌های مردابی کم‌اکسیژن

۲) دریایی کم‌عمق، با مواد آلی فراوان و رسوب‌گذاری نسبتاً شدید

۳) دریایی نسبتاً عمیق با توالی رسوب‌گذاری منظم ذرات دانه‌درشت و ریز

۴) فلات‌های مرتفع خشک و کم‌آب و فرورانش پوستهٔ اقیانوسی خزر به زیر دماوند

پاسخ گزینهٔ «۱»

سنگ‌های اصلی پهنهٔ البرز از نوع رسوبی هستند و از جمله منابع اقتصادی این پهنه می‌توان به وجود رگه‌های زغال‌سنگ اشاره کرد. زغال‌سنگ سوخت فسیلی جامدی است که از مواد آلی در محیط‌های خشکی حاصل می‌شود. این مواد آلی بیشتر از گیاهان جنگل تأمین می‌شود. مواد آلی در باتلاق‌ها و محیط‌های مردابی انباشته شده و توسط رسوبات پوشیده می‌شوند و بدون حضور اکسیژن به مرور زمان، به تورب که نوعی زغال نارس است تبدیل می‌شوند.

نام پهنه	سنگ‌های اصلی	منابع اقتصادی	ویژگی‌ها
البرز	سنگ‌های رسوبی	رگه‌های زغال‌سنگ	دارای دو بخش شرقی ـ غربی دارای قلهٔ دماوند

منابع معدنی ایران

فعالیت‌های معدنی در ایران
- نقش مهمی در اقتصاد
- دارای قدمت زیاد
- پیشینیان ما، تجربهٔ بسیار زیادی در اکتشاف ذخایر فلزی داشته‌اند
  - مس
  - آهن
  - طلا
  - سرب
  - روی
- استخراج و استفاده از فلزات برای اولین بار حدود ۸۵۰۰ سال پیش در
  - فلات ایران
  - فلات آناتولی

ذخایر نفت و گاز ایران

- **حفاری اولین چاه نفت خاورمیانه:** ۱) در شهر مسجد سلیمان (استان خوزستان) ۲) معروف به چاه شمارهٔ یک ۳) در منطقه‌ای به نام میدان نفتون
- **جایگاه ایران در جهان: ۱) از نظر ذخایر نفت:** در ردهٔ چهارم **۲) از نظر ذخایر گاز:** در ردهٔ دوم
- **میدان اهواز:** ۱) بزرگ‌ترین میدان نفتی در ایران ۲) سومین میدان نفتی جهان
- **مهم‌ترین میدان‌های گازی ایران:** ۱) پارس جنوبی در خلیج‌فارس ۲) خانگیران سرخس در شمال شرق ایران

نکته

۱ ذخایر نفت ایران به طور عمده در لایه‌های سنگ آهک قرار دارند.

۲ عمدهٔ ذخایر نفت ایران در منطقهٔ زاگرس است. علت:
- ۱) رسوبی‌بودن سنگ‌ها (عمدتاً آهکی)
- ۲) وجود تاقدیس‌های متوالی در منطقه

توشه ای برای موفقیت

مثال به‌ترتیب، بزرگ‌ترین میدان نفتی جنوب غربی، بزرگ‌ترین میدان گازی شمال شرقی و عمده‌ترین سنگ مخزن مواد هیدورکربنی ایران کدام‌اند؟ (خارج از کشور ۹۸)

۱) اهواز، خانگیران، سنگ آهک
۲) اهواز، نفتون، سنگ آهک
۳) گچساران، خانگیران، سنگ گچ
۴) پارس جنوبی، سرخس، سنگ آهک

پاسخ گزینهٔ «۱»

- بزرگ‌ترین میدان نفتی ایران میدان اهواز است که در جنوب غرب ایران قرار دارد.
- بزرگ‌ترین میدان گازی ایران در شمال شرق ایران، میدان گازی خانگیران سرخس است.
- عمده‌ترین سنگ مخزن مواد هیدروکربنی، در لایه‌های سنگ‌های آهکی قرار دارد.

مثال ذخایر نفت ایران، به طور عمده در کدام نوع نفت‌گیرها و در کدام منطقه قرار دارند؟ (سراسری ۱۴۰۰)

۱) گسلی، جنوب پهنهٔ زاگرس
۲) ریف‌های مرجانی، زاگرس چین‌خورده
۳) تاقدیس‌های آهکی، زاگرس
۴) گنبدهای نمکی، ایران مرکزی

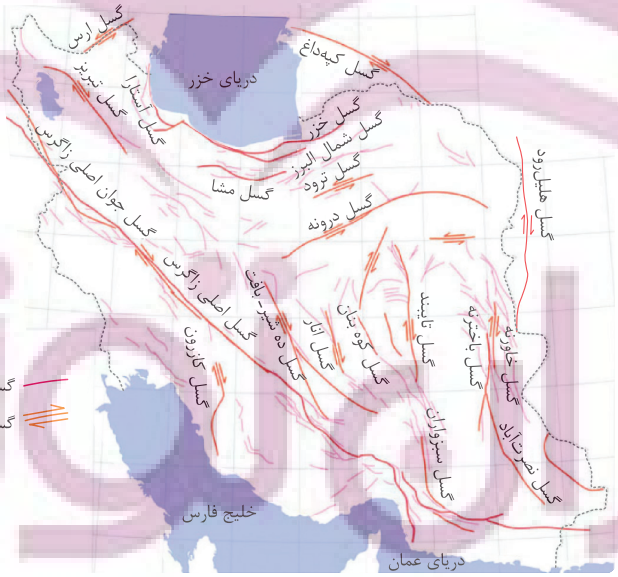
پاسخ گزینهٔ «۳»

ذخایر نفت ایران به طور عمده در لایه‌های سنگ آهک قرار دارند. عمدهٔ ذخایر نفت ایران در منطقهٔ زاگرس است و در نفت‌گیرهای تاقدیسی ذخیره شده‌اند.

گسل‌های اصلی ایران

انواع گسل‌های ایران
- ۱) قدیمی و غیرفعال
- ۲) جوان و لرزه‌خیز ← امروزه زمین‌لرزه‌ها در امتداد این گسل‌ها رخ می‌دهد.

انواع گسل‌های اصلی و فرعی ایران
- ۱) گسل‌های معکوس (رانده): خزر، شمال البرز، مشا، آستارا، گسل جوان اصلی زاگرس، کوه بنان، سبزواران، باخترنه، نصرت‌آباد
- ۲) گسل‌های امتدادلغز: کپه‌داغ، ارس، تبریز، درونه، نایبند، ترود، ده‌شیر ـ بافت، خاورنه، کازرون، انار



ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

گسل‌های ایران از لحاظ روند جغرافیایی:

امتداد گسل	نام گسل
شمال غربی ـ جنوب شرقی	گسل اصلی زاگرس، گسل دهشیر ـ بافت، گسل کپه‌داغ، گسل تبریز، گسل کوه‌بنان
شمالی ـ جنوبی	گسل نایبند، گسل سبزواران، گسل کازرون، گسل آستارا، گسل باخترنه و خاورنه، گسل هلیل‌رود، گسل انار
شرقی ـ غربی	گسل مشا، گسل شمال البرز، گسل خزر
شمال شرقی ـ جنوب غربی	گسل ترود، گسل درونه، گسل ارس

مثال امتداد کدام گسل با بقیه متفاوت است؟ *(سراسری ۹۸)*

۱) درونه ۲) نایبند ۳) کازرون ۴) سبزواران

پاسخ گزینهٔ «۱»

گسل درونه دارای روند متفاوتی با سایر گسل‌های ذکرشده در گزینه‌ها است. گسل درونه امتداد شمال شرقی ـ جنوب غربی دارد؛ ولی گسل‌های نایبند، کازرون و سبزواران دارای امتداد شمالی ـ جنوبی هستند.

آتشفشان‌های ایران

نقشهٔ پراکندگی آتشفشانی در ایران

- **مهم‌ترین کوه‌های آتشفشانی ایران**: دماوند، تفتان، بزمان، سهند، سبلان
- **دماوند**:
  ۱) بلندترین قلهٔ آتشفشانی ایران است.
  ۲) در گذشته فعال بوده است.
  ۳) آثار فعالیت‌های آن به صورت خروج گازهای گوگردی دیده می‌شود.

نکته

بیشتر فعالیت‌های آتشفشانی جوان، در دورهٔ کواترنری در ایران، آتشفشان‌هایی هستند که در امتداد نوار **ارومیه ـ دختر** قرار دارند.

مثال بیشترین فعالیت آتشفشانی دورهٔ کواترنری ایران در کدام امتداد انجام گرفته است؟ *(سراسری ۹۸)*

۱) دماوند ـ تفتان ۲) سبلان ـ دماوند ۳) بزمان ـ دماوند ۴) سهند ـ بزمان

پاسخ گزینهٔ «۴»

بیشتر فعالیت‌های آتشفشانی جوان، در دورهٔ کواترنری در ایران، آتشفشانی‌هایی هستند که در امتداد نوار ارومیه ـ دختر (سهند ـ بزمان) قرار دارند.

زمین‌گردشگری

زمین‌گردشگری (ژئوتوریسم)

علت اهمیت در ایران	وجود میراث زمین‌شناختی و تنوع و گوناگونی پدیده‌های زمین‌شناختی
عوامل مؤثر در انتخاب میراث زمین‌شناختی	۱) وجود ارزش بالا و ویژه از نظر علمی، آموزشی و زیبایی ۲) کمیاب‌بودن
نتیجه	ایجاد جایگاه اقتصادی ویژه برای کشور و رونق آن
مثال	روستای کندوان

ابزار آزمون
توشه‌ای برای موفقیت

آثار زمین‌گردشگری ایران

- غار علیصدر ← همدان
- چشمهٔ باداب سورت ← ساری
- کوه‌های مریخی ← چابهار
- آثار هوازدگی ← روستای وردیج تهران

ژئوپارک

تعریف	یک محدودهٔ مشخص که در آن میراث زمین‌شناختی با جاذبه‌های طبیعی و فرهنگی ویژه واقع شده است.
هدف از احداث ژئوپارک	۱) رشد و رونق اقتصادی و فرهنگی جامعهٔ محلی و کسب درآمد ۲) حفاظت از جاذبه‌های زمین‌شناختی، طبیعی و فرهنگی و میراث منطقه
مثال	۱) درهٔ ستارگان قشم ۲) چشمهٔ باداب سورت ساری ۳) کوه‌های مریخی چابهار ۴) غار علی‌صدر همدان ۵) آثار هوازدگی روستای وردیج تهران ۶) بازالت‌های منشوری سربیشه

– علم، زندگی، کارآفرینی –

ژئوتوریسم

- نام دیگر آن زمین‌گردشگری است.
- توجه اصلی آن به میراث زمین‌شناختی است.
- **هدف اصلی در زمین‌گردشگری**: تماشا و شناخت پدیده‌های زمین‌شناختی به دو منظور:
  - ۱ آشنایی با مبانی پیدایش آن‌ها
  - ۲ پی‌بردن به اهمیت وجودی آن‌ها
- در ژئوتوریسم با جاذبه‌های **بی‌جان** سروکار داریم.
- مخاطبان ژئوتوریسم:

۱ زمین‌شناسان ۲ کارشناسان ژئومورفولوژی (زمین‌ریخت‌شناسی) ۳ گردشگران عادی و مردم علاقه‌مند به طبیعت

نکته

اکوتوریسم (طبیعت‌گردی): جاذبه‌های طبیعت **جاندار** را مورد توجه قرار می‌دهد.

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت