



زمین شناسی ساختمانی

(رشته زمین شناسی)

دکتر محسن پور کرمانی دکتر احمد ادیب

بسم الله الرحمن الرحيم

پیشگفتار ناشر

کتاب‌های دانشگاه پیام نور حسب مورد و با توجه به شرایط مختلف یک درس در یک یا چند رشته دانشگاهی، به صورت کتاب درسی، متن آزمایشگاهی، فرادرسی، و کمک درسی چاپ می‌شوند.

کتاب درسی ثمره کوشش‌های علمی صاحب اثر است که براساس نیازهای درسی دانشجویان و سرفصل‌های مصوب تهیه و پس از داوری علمی، طراحی آموزشی، و ویرایش علمی در گروه‌های علمی و آموزشی، به چاپ می‌رسد. پس از چاپ ویرایش اول اثر، با نظرخواهی‌ها و داوری علمی مجدد و با دریافت نظرهای اصلاحی و متناسب با پیشرفت علوم و فناوری، صاحب اثر در کتاب تجدیدنظر می‌کند و ویرایش جدید کتاب با اعمال ویرایش زبانی و صوری جدید چاپ می‌شود.

متن آزمایشگاهی (م) راهنمایی است که دانشجویان با استفاده از آن و کمک استاد، کارهای عملی و آزمایشگاهی را انجام می‌دهند.

کتاب‌های فرادرسی (ف) و **کمک درسی** (ک) به منظور غنی‌تر کردن منابع درسی دانشگاهی تهیه و بر روی لوح فشرده تکثیر می‌شوند و یا در وبگاه دانشگاه قرار می‌گیرند.

مدیریت تولید محتوا و تجهیزات آموزشی

فهرست مطالب

نه	پیشگفتار
ده	راهنمای مطالعه
دوازده	هدف‌های آموزشی کتاب
۱	فصل اول : کلیات
۱	هدف‌های آموزشی
۱	۱-۱. تعریف
۳	۲-۱. تجزیه و تحلیل ساخت‌ها
۴	۳-۱. مطالعه ساخت‌ها در زمین‌شناسی ساختمانی
۴	۴-۱. رابطه زمین‌شناسی ساختمانی با سایر علوم
۶	خودآزمایی
۷	فصل دوم : تنش
۷	هدف‌های آموزشی
۸	۱-۲. تعریف
۱۰	۲-۲. انواع نیروهای خارجی
۱۱	۳-۲. تنش و مؤلفه‌های آن
۱۵	۴-۲. تنش‌های اصلی و مشخصات آن‌ها
۲۰	۵-۲. محاسبه تنش در یک توده
۳۱	۶-۲. علائم قراردادی و وضعیت مختلف دایره مور
۳۲	۷-۲. ماتریس تنش
۳۸	۸-۲. میدان‌های تنش
۴۲	۹-۲. بیضوی تنش و وضعیت آن در سنگ‌ها
۴۳	۱۰-۲. تنش‌های لیتواستاتیک و انحرافی
۴۷	خودآزمایی

۵۱	فصل سوم : تغییر شکل نسبی
۵۱	هدف‌های آموزشی
۵۲	۳-۱. تعریف
۵۲	۳-۲. تغییر شکل همگن و ناهمگن
۵۵	۳-۳. رفتار مواد در مقابل تنش
۵۸	۳-۴. عوامل مؤثر در رفتار سنگ‌ها در برابر تنش
۶۴	۳-۵. اصول اندازه‌گیری تغییر شکل نسبی
۷۰	۶-۳. دایره مور و تغییر شکل نسبی
۷۲	۳-۷. میدان‌های بیضی و تنش و اهمیت زمین‌شناسی آن‌ها
۷۵	خودآزمایی
۷۹	فصل چهارم : چین‌ها
۷۹	هدف‌های آموزشی
۸۰	۴-۱. تعریف
۸۲	۴-۲. عناصر چین
۸۴	۴-۳. انواع متداول چین
۸۶	۴-۴. طبقه‌بندی چین‌ها
۱۰۹	۴-۵. ویژگی هندسی و عناصر تقارنی چین
۱۱۰	۴-۶. سازوکار چین خوردگی
۱۱۶	۴-۷. چین خوردگی مرتبط با گسل
۱۲۱	۴-۸. تشخیص چین در صحرا و نقشه
۱۲۲	خودآزمایی
۱۲۵	فصل پنجم : شکستگی‌ها
۱۲۵	هدف‌های آموزشی
۱۲۵	۵-۱. تعریف
۱۲۷	۵-۲. سازوکار و انواع اصلی شکستگی
۱۴۰	خودآزمایی
۱۴۳	فصل ششم: درزها
۱۴۳	هدف‌های آموزشی
۱۴۴	۶-۱. تعریف
۱۴۷	۶-۲. تقسیم‌بندی درزها
۱۴۸	۶-۳. ارتباط درزها با پدیده‌های ساختمانی
۱۵۶	۶-۴. نحوه نمایش ارتباط درزها با ساخت‌های زمین‌شناسی
۱۶۰	خودآزمایی
۱۶۳	فصل هفتم: گسل‌ها
۱۶۳	هدف‌های آموزشی
۱۶۴	۷-۱. تعریف
۱۷۰	۷-۲. تقسیم‌بندی و نام‌گذاری گسل‌ها

۱۸۱	۳-۷. پدیده‌های مهم ناشی از گسلش
۱۹۲	۴-۷. عوامل مشخصه گسل‌ها
۱۹۹	۵-۷. سازوکار تشکیل گسل‌ها
۲۱۳	۶-۷. تحلیل استریوگرافیکی گسل‌ها
۲۱۳	خودآزمایی
۲۱۷	فصل هشتم : تورق
۲۱۷	هدف‌های آموزشی
۲۱۸	۱-۸. تعریف
۲۲۱	۲-۸. انواع تورق
۲۳۰	۳-۸. رابطه تورق با ساخت‌های موجود در منطقه
۲۳۹	خودآزمایی
۲۴۱	فصل نهم : انتظام خطی
۲۴۱	هدف‌های آموزشی
۲۴۲	۱-۹. تعریف
۲۴۴	۲-۹. تقسیم‌بندی ساخت‌های خطی
۲۵۵	۳-۹. رابطه خطواره‌ها با سایر ساخت‌های زمین‌شناسی
۲۵۹	۴-۹. اندازه‌گیری انتظام خطی
۲۶۱	۵-۹. سازوکار تشکیل انتظام خطی
۲۶۷	خودآزمایی
۲۶۹	فصل دهم : ناپیوستگی‌ها
۲۶۹	هدف‌های آموزشی
۲۶۹	۱-۱۰. تعریف
۲۷۰	۲-۱۰. انواع ناپیوستگی
۲۷۲	۳-۱۰. علائم شناسایی ناپیوستگی‌ها
۲۷۳	۴-۱۰. ناپیوستگی‌های مهم ایران
۲۷۵	۵-۱۰. اشکوب زمین‌ساختی
۲۷۸	خودآزمایی
۲۸۱	فصل یازدهم : دیاپیرهای نمکی
۲۸۱	هدف‌های آموزشی
۲۸۲	۱-۱۱. تعریف
۲۸۵	۲-۱۱. رخنمون دیاپیر نمکی در سطح زمین
۲۸۷	۳-۱۱. بخش‌های مختلف دیاپیر نمکی
۲۸۷	۴-۱۱. مراحل تشکیل ساختمان دیاپیر نمکی
۲۹۲	۵-۱۱. ساخت‌های ایجاد شده پیرامون دیاپیر نمکی
۲۹۳	۶-۱۱. دیاپیرهای نمکی ایران
۲۹۸	خودآزمایی
۳۰۱	خودآزمایی نهایی

۳۰۷	پاسخ خودآزمایی‌ها
۳۱۱	واژه‌نامه فارسی - انگلیسی
۳۱۹	واژه‌نامه انگلیسی - فارسی
۳۲۷	فهرست منابع

پیشگفتار

شناخت هندسه و سازوکار تشکیل ساخت‌های زمین‌شناسی، زمینه اصلی مورد بحث در این کتاب تحت عنوان زمین‌شناسی ساختمانی است. لذا داشتن اطلاعاتی در خصوص سنگ‌شناسی، زمین‌شناسی فیزیکی، رسوب‌شناسی، زمین‌شناسی تاریخی و فیزیک جهت درک بهتر مفاهیم این درس لازم است. توالی مطالب درسی که براساس سرفصل‌های شورای عالی انقلاب فرهنگی تهیه شده، به نحوی است که با سایر کتب مرجع و منابع مختلف در این زمینه، هماهنگی لازم را دارد و بنابر تجربه چندین ساله مؤلفان در امر تدریس این درس، کارایی مطلوب را در فراگیری مطالب درسی برای دانشجویان فراهم آورده است.

در این کتاب، ابتدا به بیان ارتباط زمین‌شناسی ساختمانی با سایر علوم و نحوه تجزیه و تحلیل ساخت‌های زمین‌شناسی پرداخته و به دنبال آن مباحثی پیرامون تنش و واتنش که مبنای شناخت سازوکار ساخت‌ها است، ارائه می‌دهد. در فصل‌های بعدی، ساخت‌های اصلی ثانویه زمین‌شناسی که شامل چین، درز، گسل، تورق، انتظام خطی، ناپیوستگی و دیاپیرهای نمکی است، توصیف و تشریح می‌گردد.

با عنایت به این که به‌رغم سعی و تلاش لازم، این مجموعه کامل و عاری از ایراد نیست، اظهار عقیده خوانندگان محترم در رفع نقایص آن مفید و موجب امتنان خواهد بود. خواهشمند است، نظرات خود را به پست الکترونیکی adib@azad.ac.ir ارسال نمایید.

دکتر محسن پورکرمانی، عضو هیأت علمی دانشگاه شهید بهشتی

دکتر احمد ادیب، عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی - تهران جنوب

راهنمای مطالعه

کتاب زمین‌شناسی ساختمانی که هم اکنون در اختیار شماست و آماده مطالعه آن هستید، بر اساس سرفصل‌های شورای عالی برنامه‌ریزی درسی وزارت علوم تحقیقات و فناوری و با توجه به نظام آموزشی دانشگاه پیام‌نور، هدف‌دار و به‌صورت خودآموز، طراحی و تدوین شده است. فصل‌ها و ترتیب آن‌ها به گونه‌ای تنظیم شده که هر فصل در ارتباط با فصل‌های قبلی و بعدی می‌باشد. بنابراین مطالعه فصل‌ها باید به ترتیب ارائه، صورت گیرد. برای استفاده هر چه مطلوب‌تر از مطالعه این کتاب، ضروری است به نکات زیر توجه و دقت شود:

۱. از آن‌جا که این درس تا حدی نیاز به تجسم ذهنی ساخت‌ها دارد، بنابراین مطالعه این درس باید در محیطی آرام و به دور از عوامل مخلاً آرامش صورت گیرد.
۲. در ابتدای کتاب، هدف‌های آموزشی کتاب و در شروع هر فصل، هدف‌های آموزشی آن فصل تنظیم شده است. مطالعه این هدف‌ها قبل از مطالعه متن از دو جنبه ضروری است: اول این که هدف‌ها، کلیاتی در مورد مطالب و محتوای کتاب به شما می‌آموزد و نشان می‌دهد که در پایان به چه توانایی‌هایی دست خواهید یافت؛ دوم این‌که با توجه به هدف‌ها، درخواهید یافت که مطالب مهم و قابل تعمق، در کدام محدوده از بحث می‌باشد و بنابراین تأکید بیشتر شما برای فراگیری مطالبی خواهد بود که در ارتباط با هدف‌های آموزشی است.

۳. پس از مطالعه هدف‌ها، متن فصل را بخوانید. دقت کنید بار اول یک نگاه کلی به مطالب فصل داشته باشید و بار دوم با دقت متن را مطالعه و فراگیرید. در صورتی که تسلط شما به مطالب در پایان کافی نباشد، لازم است که متن فصل مربوطه را یک بار دیگر با دقت بخوانید. تکرار مطالعه برای فهم و درک بیشتر مطالب نباید شما را نگران نماید. موضوع درس بعضاً دارای دشواری‌هایی است و نیاز به دقت و ممارست در مطالعه دارد.

۴. در پایان هر فصل، تعدادی سؤال با عنوان خودآزمایی مطرح شده است. پاسخ به سؤالات مذکور نشان‌دهنده میزان فراگیری شما از فصل مورد مطالعه خواهد بود. بنابراین در صورتی که نتوانید به بیش از ۹۰٪ سؤالات پاسخ دهید، ضروری است متن را مجدداً مطالعه نمایید.

۵. توجه داشته باشید که هر فصل به دنبال فصل قبل مطالعه شود. از مطالعه انتخابی فصل‌ها دوری کنید و توالی فصل‌ها را در مطالعه، مورد نظر قرار دهید.

۶. در پایان کتاب، تعدادی سؤال به عنوان خودآزمایی نهایی مطرح شده که در برگرنده کل مطالب کتاب است. پاسخ به ۸۰٪ سؤال‌ها، نشان‌دهنده فراگیری مطلوب شما از مطالب کتاب خواهد بود. درصد پایین‌تر، شما را ملزم می‌سازد که فصل مربوطه را یک بار دیگر به دقت مطالعه کنید.

واژه‌های انگلیسی - فارسی و فارسی - انگلیسی و همین‌طور، فهرست منابع که آخرین بخش این کتاب را تشکیل می‌دهد، شما را در استفاده هرچه بیشتر از منابع غیرفارسی کمک خواهد نمود. امید است با دقت در مطالعه این کتاب، بتوانید به اهداف آموزشی آن نائل گردید.

موفق باشید.

هدف‌های آموزشی کتاب

زمین‌شناسی ساختمانی در مورد مهم‌ترین ساخت‌های زمین‌شناسی، موقعیت و عوامل پیدایش آن‌ها بحث می‌کند. این کتاب نیز به بررسی این موارد می‌پردازد. بنابراین پس از مطالعه دقیق کتاب، به هدف‌های آموزشی زیر دست خواهید یافت:

۱. آشنایی با علم زمین‌شناسی ساختمانی و رابطه آن با سایر علوم زمین
 ۲. فراگیری مفهوم تنش، انواع نیروها و چگونگی عکس‌العمل مواد در مقابل آن
 ۳. یادگیری رفتار مواد در مقابل تنش و عوامل مؤثر آن
 ۴. آشنایی با انواع تغییرشکل نسبی و چگونگی اندازه‌گیری آن
 ۵. فراگیری عناصر، انواع و سازوکار چین‌ها
 ۶. آشنایی با تاریخچه دگرریختی قبل از شکستگی و شناسایی انواع شکستگی‌ها از جهت ویژگی، انواع و سازوکار تشکیل آن‌ها
 ۷. شناخت مشخصات، انواع و فرایندهای ایجاد درزها و ارتباط آن‌ها با گسل‌ها و چین‌ها
 ۸. آشنایی با خصوصیات گسل‌ها و فراگیری اصول تقسیم‌بندی و عوامل ایجاد آن‌ها
 ۹. فراگیری مفهوم و منشأ تورق، روش‌های طبقه‌بندی و چگونگی استفاده از آن در شناخت مراحل تغییرشکل
 ۱۰. آشنایی با مفهوم انتظام خطی یا خطواره، ویژگی‌های آن، انواع و سازوکار خطواره و رابطه آن با سایر ساخت‌های زمین‌شناسی
 ۱۱. فراگیری انواع ناپیوستگی‌ها و نشانه‌های آن
 ۱۲. آشنایی با ساختمان دیابیرهای نمکی، انواع آن و فرایند شکل‌گیری آن‌ها
 ۱۳. آشنایی با ناپیوستگی‌ها و شناخت مهم‌ترین ناپیوستگی‌های ایران
- امید است در پایان بتوانید به هدف‌های آموزشی این کتاب دست یابید.

فصل اول

کلیات

هدف‌های آموزشی

همان‌طور که خواهیم دید، زمین‌شناسی ساختمانی از ساخت‌های زمین‌شناسی، موقعیت و عوامل پیدایش آن‌ها صحبت می‌کند. قبل از ورود به بحث زمین‌شناسی ساختمانی لازم است با مفهوم این علم آشنا شده و رابطه آن با سایر علوم زمین را بدانیم. بنابراین به عنوان هدف کلی این فصل:

با مفهوم علم زمین‌شناسی ساختمانی و تقسیم‌بندی مربوط به دامنه مطالعات این علم آشنا شده و رابطه این شاخه زمین‌شناسی با سایر علوم زمین را فرا خواهید گرفت.

برای رسیدن به هدف کلی این فصل، لازم است به هدف‌های رفتاری زیر دست یابید. یعنی قادر باشید که:

۱. مفهوم علم زمین‌شناسی ساختمانی را تعریف کنید.
۲. محدوده تجزیه و تحلیل‌های تکنیکی را بر اساس نظرات مختلف بیان نمایید.
۳. جنبه‌های مختلف مطالعات تکنیکی را بیان کنید.
۴. رابطه زمین‌شناسی ساختمانی با سایر علوم زمین را توضیح دهید.

۱-۱. تعریف

قبل از تعریف علم زمین‌شناسی ساختمانی (Structural Geology)، لازم است اجزای آن تشریح و تعریف گردد. واژه ساختار (Structure)، ساخت یا ساختمان،

یعنی آنچه که ساخته یا بنا شده است. زمین‌شناسان ساختمانی این واژه را برای قسمتی از زمین که به وسیله دگرشکلی (Deformation)، یعنی بر اثر عملکرد نیرو در سطح یا درون پوسته زمین تغییر شکل یا تغییر حالت داده است، به کار می‌برند. ساختار شامل یک آرایش هندسی از صفحات، خطوط، سطوح، توده‌های سنگی و غیره است. شکل و جهت‌یافتگی حاصل از این آرایش، بازتابی از عملکرد بین نیروهای تغییر شکل دهنده و توده سنگ اولیه می‌باشد. زمین‌شناسی ساختمانی، در باره تغییر شکل و موقعیت هندسی ساخت‌های به وجود آمده در سنگ‌ها بحث می‌کند. این شاخه از علوم زمین، عمدتاً به بررسی شکل هندسی و مشخصات ظاهری ساختمان‌های مختلف زمین مانند لایه‌ها، چین‌ها، گسل‌ها، دیاپیرهای نمکی، خطواره، تورق و سازوکار تشکیل آن‌ها می‌پردازد.

بررسی هندسه ساختار (تعیین ارتباط اجزاء سنگ یا ساخت قبل و بعد از تغییر شکل) اهمیت بسیار زیادی دارد. بنابراین برای دستیابی به این هدف، باید فرایند تغییر شکل یا تغییر ظاهر مجموعه سنگی (دگرشکلی) مورد مطالعه قرار گیرد. فرایند دگرشکلی مسئول شکل‌گیری ساختارهای زمین‌شناسی است. برای درک دگرشکلی، آشنایی با مفاهیم تنش (Stress) و واتنش (Strain) که با نحوه عکس‌العمل مواد در مقابل یک دسته از نیروها سروکار دارد، ضروری می‌باشد. به علاوه چون دگرشکلی یک توده، به خصوصیات فیزیکی متفاوت سنگ‌ها و چگونگی دگرگونی این خصوصیات با تغییرات دما، فشار و زمان وابسته است، بدین ترتیب می‌توانیم اصول دگرشکلی را در تشکیل انواع مشخصی از ساختارها، چون گسل‌ها، چین‌ها و دیاپیرهای نمکی به کار ببریم.

زمین‌شناسی ساختمانی، عمل تغییر شکل پوسته زمین را مورد مطالعه قرار می‌دهد. عده‌ای از زمین‌شناسان، کلمه تکتونیک (Tectonics) را مترادف با زمین‌شناسی ساختمانی به کار می‌برند. ولی این دو واژه از یکدیگر متمایز هستند، به‌طوری که زمین‌شناسی ساختمانی، تشریح هندسی ساخت‌های زمین‌شناسی و تکتونیک، بررسی منشأ نیروها و حرکات به وجودآورنده آن‌هاست. نهایتاً هدف کلی زمین‌شناسی ساختمانی را می‌توان شناخت و بررسی ساخت‌های زمین‌شناسی، تعیین موقعیت مکانی، زمانی و علت پیدایش آن‌ها عنوان نمود.

۱-۲. تجزیه و تحلیل ساخت‌ها

برای تجزیه و تحلیل ساخت‌های زمین‌شناسی، بر اساس دقت و مقیاس مورد مطالعه، تقسیم‌بندی‌های گوناگونی توسط محققان علوم زمین ارائه شده است. بررسی‌های ساختمانی می‌تواند با دقت زیاد و در حد مطالعه با استفاده از اشعه ایکس، مطالعه مقاطع نازک، بررسی‌های ساختمانی در حد بررسی رخنمون و یا تجزیه و تحلیل ساخت‌های زمین‌شناسی در مقیاس بلوک‌های قاره‌ای یا اقیانوسی انجام گیرد. بر اساس دقت مطالعات، بررسی‌ها در یکی از چهار مقیاس زیر انجام می‌شود:

- میکروتکتونیک: بررسی و تعیین روابط تقارنی، دگرشکلی و نیز رابطه بین دگرشکلی و تبلور مجدد از روی مطالعه مقاطع نازک سنگ‌ها، با استفاده از اشعه ایکس و یا میکروسکوپ الکترونی (محدوده میکروسکوپی و ساب میکروسکوپی)
 - ماکروتکتونیک: جمع‌آوری و توصیف دقیق عناصر صفحه‌ای یا خطی موجود در داخل پیکره یک توده سنگ به بزرگی توده‌های سنگ‌های درونی یا دگرگونی (محدوده مزوسکوپی)
 - مگاتکتونیک: مطالعه کوه‌ها و ساخت‌های یک قاره یا اقیانوس (محدوده ماکروسکوپی)
 - ژئوتکتونیک: مطالعه ساخت‌ها در مقیاس جهانی در حد صفحات قاره‌ای و اقیانوسی (محدوده ماکروسکوپی)
- در زمین‌شناسی ساختمانی، علاوه بر موارد فوق، باید به مسائل زیر نیز پاسخ مناسب داده شود:

الف) ساخت‌های موجود در منطقه از چه نوعی است؟

ب) این ساخت‌ها در چه زمانی تشکیل شده است؟

ج) ساخت‌ها حاصل کدام شرایط فیزیکی و مکانیکی است؟

به‌منظور پاسخ‌گویی به این مسائل باید موضوعاتی مانند نظریه‌های زمین‌شناسی و اصول مربوط به چینه‌شناسی ناحیه، مطالعات محلی و کارهای آزمایشگاهی را مدنظر قرار داد.

۱-۳. مطالعه ساخت‌ها در زمین‌شناسی ساختمانی

ساخت‌ها را در زمین‌شناسی ساختمانی می‌توان از نقطه‌نظرهای زیر مورد مطالعه قرار داد:

- **مطالعه بر اساس وضعیت هندسی:** در این نوع مطالعه، ساخت‌ها از نظر شکل هندسی مورد توجه قرار می‌گیرند و به انواع چین، درز، گسل و ... تقسیم می‌شوند.
- **مطالعه سینماتیکی:** در این نوع مطالعه، چگونگی تشکیل ساخت‌های منطقه مورد نظر است.
- **مطالعه از نقطه نظر تاریخی:** این بررسی شامل مطالعه ساخت‌های گوناگون یک ناحیه است که در زمان‌های مختلف زمین‌شناسی به وجود آمده‌اند.
- **مطالعه از نظر دینامیکی:** در این حالت، رابطه نیروهای مؤثر بر سنگ‌ها و ساخت‌های به وجود آمده در آن‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرند. به‌طور کلی در تجزیه و تحلیل ساخت‌های زمین‌شناسی، خصوصاً تجزیه و تحلیل دینامیکی، هدف، دستیابی به تنش‌های به وجود آورنده ساخت‌هاست.

۱-۴. رابطه زمین‌شناسی ساختمانی با سایر علوم

- **سنگ‌شناسی:** این شاخه از علوم زمین، از منشأ پیدایش و شرایط تشکیل سنگ‌ها و همچنین رابطه موجود بین آن‌ها گفتگو می‌کند. سنگ‌شناسی ارتباط نزدیکی با زمین‌شناسی ساختمانی دارد، به ویژه تغییر شکل‌هایی که در اعماق زمین با تبلور دوباره (Recrystallization) یا دگرگونی سنگ‌ها همراه‌اند.
- **رسوب‌شناسی:** در مبحث رسوب‌شناسی مطالعه سنگ‌های رسوبی، طرز تشکیل آن‌ها و همچنین نحوه و شرایط رسوب‌گذاری مواد در محیط‌های مختلف مورد توجه است. رسوب‌شناسی و رسوب‌گذاری از رخدادهای تکتونیکی شواهد و مدارک زیادی ارائه می‌نمایند، زیرا تغییر شرایط ته‌نشینی و انباشته شدن رسوبات، از تغییر شکل حوضه‌های رسوبی حاصل می‌گردد. مطالعه این ارتباط در مبحث تکتونیک و رسوب‌گذاری و تحلیل حوضه‌ها صورت می‌گیرد.

- **چینه‌شناسی:** تعیین سن نسبی طبقات زمین و مطالعه تغییرات آن‌ها در زمان‌های گذشته، موضوع اصلی این علم است. وضعیت تکتونیک منطقه را نمی‌توان بدون دانستن اطلاعاتی دربارهٔ چینه‌شناسی آن ناحیه روشن کرد. اغلب اوقات وضع چینه‌شناسی به موقعیت ساختمانی طبقات وابسته است که بدون دانستن سرگذشت تکتونیکی منطقه، امکان بررسی ترتیب چینه‌شناسی وجود ندارد. برای دانستن این رابطه، باید علم رسوب‌شناسی را پایه تحقیق قرار داد.

- **زمین‌ریخت‌شناسی:** بررسی شکل خارجی زمین به‌خصوص شکل ارتفاعات، دره‌ها، رودخانه‌ها، سواحل و کف دریاها در حیطه این علم است. زمین‌ریخت‌شناسی در مناطقی که تحت تأثیر تکتونیک جدید قرار گرفته‌اند، دارای اهمیت زیادی است. به علاوه بعضی از تغییرشکل‌ها، خود به تکامل و تحول مورفولوژی بستگی دارد که موضوع علم مورفوتکتونیک است.

- **زمین‌شناسی کاربردی:** این شاخه از علوم زمین، کلیه مواردی را که مربوط به کارهای ساختمانی و یا مقاومت زمین در مقابل عوامل خارجی باشد، مورد مطالعه قرار می‌دهد. بنابراین آن بخش از مسائل مربوط به شهرسازی، راه‌سازی، حفرتونل، ایجاد سدها و سازه‌های بزرگ که رابطه مستقیمی با جنس زمین دارد، موضوع این علم را تشکیل می‌دهد. نیروهای عمل‌کننده بر زمین باعث تغییرشکل در پوسته زمین و تأثیرگذاری روی سازه‌های احداث شده بر روی آن می‌شوند. شاخه‌هایی از علم زمین‌شناسی مانند مکانیک سنگ، زمین‌شناسی مهندسی و ژئوفیزیک که به شناخت خواص فیزیکی سنگ‌ها و اهمیت این خواص در تغییرشکل آن‌ها می‌پردازد، در قالب این علم گنجانده می‌شود.

- **زمین‌شناسی اقتصادی:** اکتشاف و بهره‌برداری از ذخایر زیرزمینی که به‌نحوی از انحاء جنبه اقتصادی دارد، هدف اصلی این علم را تشکیل می‌دهد. مواد معدنی در ساخت‌های خاص زمین‌شناسی متمرکز می‌شوند. مثلاً بسیاری از مواد معدنی به‌صورت رگه در امتداد گسل‌ها و شکستگی‌ها تشکیل می‌گردند، یا نفت و گاز طبیعی در تاق‌دیس‌ها جمع می‌شوند. برای شناخت این ساخت‌ها و استفاده بهینه از مخازن موجود در آن‌ها، آگاهی از مشخصات تکتونیکی و ساختمانی منطقه مورد مطالعه لازم است.

- آب‌زمین‌شناسی (Hydrogeology): این شاخه از علوم زمین نحوه تشکیل مخازن آب زیرزمینی و طرق استفاده و بهره‌برداری از آن را مورد مطالعه قرار می‌دهد. لذا آشنایی به وضعیت ساختمانی منطقه کمک مؤثری در مطالعه مخازن زیرزمینی است، زیرا گسل‌ها و شکستگی‌ها علاوه بر جابه‌جایی لایه‌های آبدار، مجاری مناسبی برای عبور آب‌های زیرزمینی ایجاد می‌کنند.

- فتوژئولوژی: مطالعه و بررسی عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای در قلمرو این علم است. بررسی‌های زمین‌شناسی ساختمانی، با استفاده از عکس‌های هوایی، ماهواره‌ای و مطالعه مستقیم در روی زمین صورت می‌گیرد. اصولاً این دو علم، یعنی فتوژئولوژی و زمین‌شناسی ساختمانی لازم و ملزوم یکدیگرند.

خودآزمایی

۱. در کدام یک از محدوده‌های زیر، بررسی‌های ساختمانی روی مطالعه مقاطع نازک سنگ‌ها انجام می‌گیرد؟

الف) میکروتکتونیک ب) ماکروتکتونیک

ج) مزوسکوپی د) ماکروسکوپی

۲. مقیاس مزوسکوپی در مطالعات ساختمانی، در چه محدوده‌ای قرار دارد؟

الف) مقاطع نازک ب) رخنمون‌ها

ج) نمونه‌های دستی د) نقشه‌های زمین‌شناسی

۳. تجزیه و تحلیل دینامیکی بیشتر به بررسی کدام یک از ویژگی ساخت‌ها می‌پردازد؟

الف) حرکات به وجود آورنده ب) تنش‌های به وجود آورنده

ج) خصوصیات فیزیکی د) خصوصیات هندسی

۴. زمین ریخت‌شناسی به مطالعه کدام قسمت از علوم زمین‌شناسی مربوط می‌شود؟

الف) تعیین سن نسبی طبقات

ب) مقاومت زمین در مقابل عوامل خارجی

ج) شکل خارجی زمین و ارتفاعات

د) اکتشاف و بهره‌برداری از ذخایر زیرزمینی

فصل دوم

تنش

هدف‌های آموزشی

در فصل اول اشاره‌ای به موضوع هندسه ساختارها داشتیم و گفتیم که برای شناخت هندسه ساختارها باید چند مفهوم اصلی را به خوبی بشناسیم. یکی از این مفاهیم، «تنش» است. تنش از عوامل دگرشکلی یک مجموعه سنگی است که شناخت آن از جنبه‌های مختلف از جمله انواع و مسائل مربوط به آن حائز اهمیت می‌باشد. در این فصل، به بررسی تنش که با نحوه عکس‌العمل مواد در مقابل نیروها سروکار دارد، می‌پردازیم. بنابراین در پایان این فصل، دانشجویان به هدف کلی زیر دست خواهند یافت:

آشنایی با مفهوم تنش و انواع آن، فراگیری مسائل مربوط به چگونگی عکس‌العمل مواد در مقابل نیروها

برای نیل به این هدف، لازم است به هدف‌های رفتاری زیر دست یابید. یعنی در پایان قادر باشید:

۱. مفاهیم جدید که تحت عنوان تعاریف آمده است را توضیح دهید.
۲. ویژگی‌های بُردار تنش و مؤلفه‌های آن را در حالت کلی، با رسم شکل بیان کنید.
۳. ویژگی تنش‌های اصلی و بیضوی تنش را توضیح دهید.
۴. تنش‌های عمودی و مماسی را در مقاطع مختلفی از یک جسم که در یک راستا (تنش یک محوری)، دو راستا (تنش دو محوری) و سه راستا (تنش سه محوری) تحت تأثیر نیروی کششی یا فشارشی قرار می‌گیرد را محاسبه کنید.

۵. مقدار تنش‌ها را هنگامی که جسم تحت تأثیر نیروهای کششی یا فشارشی قرار می‌گیرد، از طریق دایره مور به دست آورید و شکل‌های لازم را ترسیم نمایید.
۶. تنش‌های لیتواستاتیک، انحرافی، هیدرواستاتیک و میانگین را توضیح داده و نحوه محاسبه آن را بیان کنید.

۱-۲. تعریف

نیرو (Force) عاملی است که بر ذرات مادی و اجسام اثر می‌کند، آن‌ها را جابه‌جا نموده و به حرکت در می‌آورد. تأثیر نیرو بر اجسام و توده‌ها سبب می‌شود که شکل ظاهری آن‌ها عوض شود. چین‌خوردگی لایه‌های زمین به علت نیرویی است که بر آن‌ها وارد شده است. پس نیروها همواره از روی تأثیری که بر ذرات و اجسام می‌گذارند، شناسایی و اندازه‌گیری می‌شوند.

تنش (Stress) یک کمیت بُرداری است که از نسبت نیرو بر واحد سطح به دست می‌آید و سبب تغییرشکل سنگ‌ها می‌گردد.

تنش و نیرو کمیت‌های بُرداری هستند و با چهار خصوصیت عمومی بُردارها یعنی: **راستا (Direction)**، **مقدار یا بزرگی (Magnitude)**، **جهت و نقطه اثر** مشخص می‌شوند. در دستگاه واحدهای بین‌المللی (SI) واحد نیرو، نیوتن است و طبق معادله قانون دوم نیوتن (رابطه ۱-۲)، یک نیوتن عبارت است از نیرویی که هرگاه به جرم یک کیلوگرم اثر نماید، شتابی برابر یک متر بر مجذور ثانیه تولید کند، بنابراین یک نیوتن برابر ۱/۹/۸ کیلوگرم نیرو است.

$$F = ma \quad (1-2)$$

واحدهای مربوط به معادله ($F = ma$) در دستگاه‌های آحادی مختلف در جدول ۱-۲ آورده شده است.

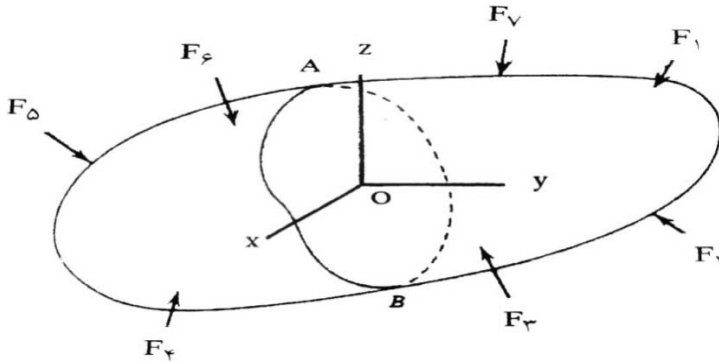
جدول ۱-۲. واحدهای مربوط به معادله $F = ma$ در دستگاه‌های آحادی مختلف

دستگاه واحدها	نیرو (F)	جرم (m)	شتاب (a)
SI	نیوتن (N)	کیلوگرم (kg)	متر بر مجذور ثانیه (m/sec^2)
CGS	دین (dyne)	گرم (g)	سانتی متر بر مجذور ثانیه (cm/sec^2)
BE	پوند (Lb)	اسلاگ (slug)	فوت بر مجذور ثانیه (ft/sec^2)

نیروهایی که بر اجسام و زمین تأثیر می‌گذارند، بنابر منشأ آن‌ها، خارجی یا داخلی هستند. بنا به تعریف، نیروی خارجی وارد بر یک جسم، نیرویی است که از محیط اطراف و از خارج به آن وارد می‌آید، به عنوان مثال نیروی گرانشی و نیروی عکس‌العمل وارده از طرف زمین به سازه‌ها از نوع نیروی خارجی می‌باشند. نیروی داخلی، در داخل یک جسم، موجودیت می‌یابد، مثلاً اگر یک قطعه سنگ را تحت تأثیر نیروی کششی قرار دهیم، در داخل جسم حالت انفصال و کشش به وجود می‌آید. این نیرو، یک نیروی داخلی و درون سیستم سنگ ایجاد می‌شود. نیروی داخلی را می‌توان عکس‌العمل نیروی خارجی دانست، در این مبحث، فقط به مطالعه انواع نیروهای خارجی پرداخته می‌شود.

نیرو را با توجه به نحوه ایجاد تغییر حرکت در جرم اجسام، متعادل یا نامتعادل می‌نامند. نیروی متعادل، حالتی است که هیچ‌گونه تغییری در حرکت اجسام ایجاد نشود و مؤلفه‌های نیرو، $(\sum F_x, \sum F_y, \sum F_z)$ ، و در نتیجه مجموع نیروها $(\sum F)$ در امتداد محورهای مختصات، برابر صفر باشند. این وضعیت را برای جسم مورد نظر، حالت استاتیک گویند (شکل ۱-۲).

نیروی نامتعادل، نیرویی است که سبب تغییر در حرکت جسم می‌گردد، در این حالت حداقل یکی از مؤلفه‌های نیرو، غیرصفر خواهد بود، در نتیجه مجموع نیروها $(\sum F)$ مخالف صفر و نهایتاً نیرو (ma) غیر صفر می‌شود و چون جرم جسم (m) ثابت است، شتاب (a) مخالف صفر می‌گردد. این وضعیت را برای جسم، حالت دینامیک گویند.



شکل ۲-۱. نیروهای مؤثر بر جسم ساکن، حالت الاستیک، F_1 تا F_v جهت‌های نیرو و x, y, z محورهای مختصات هستند [۳۸].

۲-۲. انواع نیروهای خارجی

نیروهای خارجی وارد بر یک جسم، اثرات گوناگونی بر آن می‌گذارند و بنا بر نوع تأثیر، به انواع زیر قابل تفکیک است هستند (شکل ۲-۲).

- **نیروی کششی (Tension Force):** در این حالت نیروی وارد بر جسم سبب کشیدگی و طولیل‌شدگی آن در جهت معین می‌گردد (شکل ۲-۲، الف).

- **نیروی فشارشی (Compression Force):** در این حالت نیروی وارد بر جسم سبب فشردگی آن می‌شود (شکل ۲-۲، ب).

- **نیروهای مزدوج (Couple Forces):** از ترکیب دو زوج نیرو که در دو جهت مخالف در امتداد یک سطح بر جسم اثر می‌کنند، به وجود می‌آیند. فرق اساسی بین این نیرو با نیروهای کششی و فشارشی در این است که نیروهای مزدوج در امتداد یک سطح اثر می‌کنند، در صورتی که نیروهای کششی و فشارشی در امتداد یک خط عمل می‌نمایند (شکل ۲-۲، ج).

- **نیروی خمشی (Bending Force):** این نیرو به‌طور جانبی بر اجسام اثر می‌کند و سبب خمش آن‌ها می‌شود (شکل ۲-۲، د).

- **نیروی چرخشی (Torsion Force):** این نیرو توسط دو نیروی موازی و دورانی که در جهت عکس هم عمل می‌کنند، ایجاد می‌گردد (شکل ۲-۲، ه).