تعريف الجيولوجيا الهندسية: هو العلم الذي يعنى بتطبيق العلوم الجيولوجية في المشاريع الهندسية لغرض ادراك تأثير العوامل الجيولوجية المختلفة على تحديد مواقع المنشآت الهندسية المختلفة او لأغراض اجراء التصاميم الهندسية وكذلك تشمل اعمال الانشاء والصيانة مثل انشاء الطرق وموادها الاولية , اقامة السدود , الانفاق , الجسور , الاسس وغيرها من مشاريع الهندسة المدنية.

ويتطلب تخصص الجيولوجيا الهندسية معرفة التالي: نشأة الارض,انواع الصخور,الاشكال البنائية للصخور,الخواص الفيزيائية (الطبيعية) والميكانيكية (الهندسية) للصخور والتربة,المياة الجوفية,وتحليل ودراسة جيولوجيا الانفاق ,السدود والخزانات وعلاقتها بخواص التربة, والمسح الجيولوجي والخرائط الجيولوجية.

ولابد للجيولوجي الهندسي ان يكون لديه المام بالعلم الجيولوجي من طبقات الارض والحركات البنائية وتضاريس الارض والتراكيب المعدنية والمنجمية ونوعية الصخر , وكذلك لديه المام بجيولوجيا المياه السطحية والجوفية وبيئة ترسيب الصخور الرسوبية وطريقة تكون وتحول الصخور المتحولة ويكون لديه المام بالتصنيف الحقلي للصخور وانواعها والشقوق والفواصل وانواعها وقيمة ميولها ولديه قدرة على رسم وقراءة الخرائط الجيولوجية وتحديد المواقع وعمل الحدود بين الصخور المختلفة.

كما يجب على الجيولوجي الهندسي ان يكون لديه المام ودراسة بعلم المساحة والتضاريس والجيوفيزياء ليكون قادراً على دراسة تطبيقاتها وآثارها على المنشآت ومن الضروري ان يكون لديه علم بدراسة ميكانكا التربة وميكانيكا الصخور ومواد البناء حيث قد تكون اقوى الصخور بالنسبة له هي اردأ انواع المواد الانشائية . فالمهندس المدني يميز بين انواع الصخور على اساس سلوكها الميكانيكي او الهندسي لا على اساس تصنيفها الجيولوجي.

مما سبق يتضح دور المهندس الجيولوجي بوصفه عامل وصل بين العلوم الجيولوجية الاساسية والعلوم الهندسية التي تحتاج الى معرفة خصائص الصخور الميكانيكية والهندسية وكذلك خصائص التربة وسلوكها الهندسي عند تعرضها عند تعرضها للضغوط التي تفرضها المنشآت الهندسية المختلفة .

لذلك على المهندس الجيولوجي الذي يمد المهندس المصمم بالمعلومات ان يلم بأسس الجيولوجيا اولاً اضافة الى المبادئ الهندسية الاساسية بوصفها مبادئ ميكانيك الصخور وميكانيك التربة وهندسة الاسس لكي يكون بمقدوره ان يجهز المهندس المصمم بالمعلومات الضرورية لتصميم المشروع الهندسي بشكل سليم وامين.

تعريف علم الأرض (الجيولوجيا)

هو علم دراسة الأرض من حيث أصلها، مكوناتها شكلها، تاريخها والعمليات المؤثرة عليها في الماضي والحاضر. ويتكون المصطلح Geology وهي كلمة إغريقية من مقطعين الأول Geo ويعني الأرض Earth، والثاني مأخوذ من logos ويعني علم Science

أهمية دراسة علم الأرض

يساهم علم الأرض في دراسة التركيب الكيميائي لمكونات الأرض من معادن وصخور ومياه وغيرها، وبتثبيت السجل الزمني (أي العمر الجيولوجي للأرض من البقايا العضوية المتمثلة بالمتحجرات fossils المحفوظة في الصخور الرسوبية أو باستخدام طريقة النظائر المشعة بالنسبة للصخور التي لا تحتوي على متحجرات وهي الصخور النارية والمتحولة. ويبحث علم الأرض عن دلائل أصل الأرض من خلال دراسة النيازك التي يعتقد أنها تشكل نفس مادة تكوين الأرض والكواكب الأخرى. كما يساهم علم الأرض في اكتشاف الموارد الطبيعية في باطن الأرض مثل النفط والمعادن والمياه الجوفية. وهناك مساهمات كثيرة ومفيدة لعلوم الأرض في تفسير الظواهر والأحداث والدلائل عليها من خلال فروعه المتعددة.

فروع علوم الأرض

تم الاتفاق حديثا على إطلاق مصطلح علوم الأرض Earth Sciences على الجوانب التي تتناول دراسة الأرض مقسمة على ثلاثة أقسام استنادا على خواص المادة الصلبة والسائلة والغازية وكما موضح في المخطط الآتي:

وتشتمل العلوم الجيولوجية على ثلاثة فروع أساسية هي:

1- الجيولوجيا (أو علم الأرض) Geology

2 – الجيوفيزياء Geophysics

3- الجيوكيمياء Geochemistry

فضلا عن ذلك هناك فروع كثيرة جدا للعلوم الجيولوجية إضافة إلى الجيولوجيا

والجيوفيزياء والجيوكيمياء نذكر منها: الجيولوجيا الطبيعية، الجيولوجيا التاريخية، علم البلورات، علم المعادن، علم الصخور، علم الطبقات، علم المتحجرات، علم قياس الأعمار، الجيولوجيا التركيبية، علم هيئة الأرض الجيومورفولوجيا)، الجيولوجيا الهندسية، جيولوجيا المناجم جيولوجيا النفط جيولوجيا المياه، علم الزلازل، علم البراكين، علم قياس أبعاد الأرض الجيوديسيا)، التحسس النائي، بصرية المعادن الجيولوجيا البيئية، علم الرسوبيات، الجيولوجيا النووية وغيرها كثير ....

علاقة علم الأرض بالعلوم الأساسية الأخرى

1 – بعلم الكيمياء تتمثل في الجيوكيمياء، كيمياء المعادن والصخور الهايدروجيوكيمياء. 2 – بعلم الفيزياء تتمثل في البلورات الجيوفيزياء، الجيولوجيا التركيبية، بصرية المعادن.

3 – بعلوم الحياة: تتمثل في المتحجرات والطبقات.

4– بالرياضيات والإحصاء: تتمثل في التفسير الكمي للظواهر الجيولوجية وتمثيل

البيانات في مخططات ورسوم بيانية.

5 – بالجغرافية: تتمثل في الجيومورفولوجيا وفهم عوامل التعرية وتوزيع القارات والمحيطات وتكون الجبال والوديان وباقي التضاريس الأرضية.

6– بعلم المناخ القديم: تتمثل في دراسة الترسبات في العصور الجيولوجية القديمة لعلاقة هذه الترسبات بطبيعة المناخ أنذاك المؤثر في عمليات الترسيب.

7– بعلم الفلك تتمثل في العلاقة المباشرة للأرض مع باقي كواكب المجموعة الشمسية وذلك من خلال دراسة النيازك مثلا من اجل فهم أصل الأرض وعلاقتها بالكون. 8 – بالعلوم الزراعية تتمثل في علم التربة علم المعادن الطينية.

9 – بالعلوم الهندسية تتمثل في الجيولوجيا الهندسية وتحديد المقالع الخاصة بمواد البناء واختيار مواقع الإنشاءات وتحديد الأسس ومواقع السدود والخزانات والسدود المائية.

10 – بالبيئة تتمثل في الجيولوجيا البيئية والتلوث البيئي.

2- بنية وتركيب الأرض CONSTRUCTION OF THE EARTH

أغلفة الأرض

الأرض عبارة عن كرة ذات تركيب غير متجانس ومحاطة بعدد من الأغلفة.

وحسب رأي العديد من العلماء يمكن تحديد هذه الأغلفة كالآتي:

1- الغلاف الصخري (Lithosphere): يغطي الغلاف الأول مكونا القشرة الأرضية.

2- الغلاف المائي (Hydrosphere) : وهو غطاء متقطع من الماء المالح والعذب والثلج على سطح الأرض مكونا المحيطات والبحار والأنهار والخلجان والمستنقعات والأهوار والجداول والمياه الجوفية. تغطي المياه ثلثي مساحة الأرض تقريبا.

3- الغلاف الغازي (Atmosphere): يتكون من خليط من الغازات والأبخرة التي تغلف الكرة الأرضية. يشكل غاز الأوكسجين 21% والنتروجين ،78، بينما تشمل النسبة المتبقية وهي 1% فقط الغازات الأخرى مثل ثاني أو كسيد الكاربون، والغازات الخاملة (النيون، الزينون الكربتون وغيرها). وتكمن اهمية النسب الأعلى للنتروجين والأوكسجين في احتياج الكائنات الحية لديمومة حياتها خصوصا الإنسان.

5- الغلاف الحياتي (Biosphere): يتضمن الكائنات الحية التي تعيش الجو والمياه وعلى سطح الأرض (اليابسة) أي في الأغلفة الغازية والمائية والصخرية. وتشمل دراسة

الكائنات الحية التي تلعب أدوارا مهمة في العمليات الجيولوجية، مثل البكتريا التي لها دور في عمليات التجوية العضوية للصخور وكذلك في الترسيب العضوي.

Earth's Interior باطن الأرض

تم تحديد التقسيمات الأساسية لباطن الأرض (من السطح إلى المركز) بالاعتماد على توزيع السرع الزلزالية في أعماق الأرض والناجمة إما من الزلازل الطبيعية أو من التفجيرات الاصطناعية المستخدمة بالطريقة الزلزالية من قبل علماء الجيوفيزياء. وقد استخدمت هذه الطريقة لأن الموجات الصوتية الناجمة من الزلازل تنتقل بسرعة داخل الصخور المكونة لطبقات الأرض وتنعكس من سطوح الطبقات عند اختلاف

كثافتها عن الصخور التي تعلوها فضلا عن أن أعمق الآبار المحفورة لم تخترق اكثر من 19 كم وأن أعمق المناجم لم يتجاوز عمقه 3.5 كم تحت الأرض، وهذا غير كاف لمعرفة طبقات الأرض خصوصا إذا ما علمنا أن مركز الأرض يقع على عمق 6371 كم.

1 – القشرة Crust تمتد من السطح إلى خط انقطاع موهو (Moho Discontinuity) الفاصل بين القشرة والجبة على عمق متفاوت بمعدلات 30 إلى 50 كم تحت المناطق القارية وحوالي 10 إلى 12 كم تحت المناطق المحيطية

لذلك تقسم القشرة إلى نوعين: قارية ومحيطية (كما سيتم توضيح ذلك فيما بعد). سوف نستعرض مكونات القشرة الأرضية بالتفصيل لاحقا.

2 – الجبة Mantle تمتد من أسفل القشرة أي تحت خط انقطاع موهو وإلى خط انقطاع الجبة اللب على عمق 2900 كم، ويبلغ سمكها حوالي 2850 كم تقسم الجبة إلى ثلاثة أقسام:

أ – الجبة العليا Upper Mantle تقع تحت القشرة مباشرة وتمتد إلى عمق 400 كم تحت سطح الأرض.

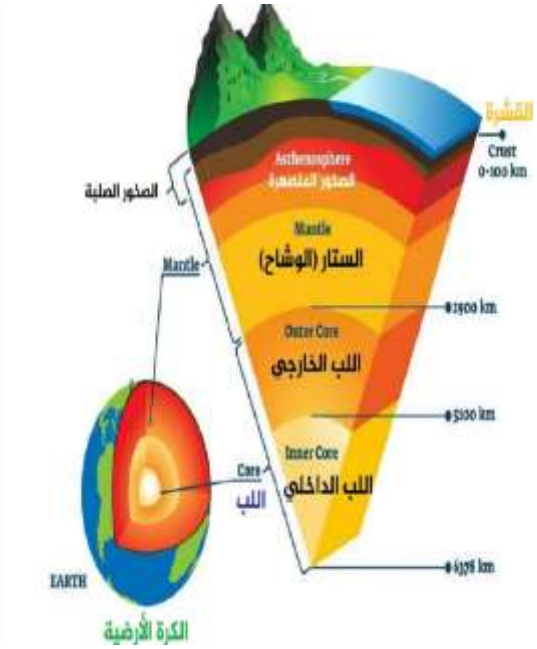
ب النطاق الانتقالي Transition Zone: يقع بين الجبة العليا والجبة السفلى بين .400 إلى 1000 كم

ج – الجبة السفلى Lower Mantle تمتد بين عمق 1000 إلى 2900 كم، أي إلى خط انقطاع الجبة – اللب الفاصل بين الجبة – اللب. تتكون الجبة بصورة رئيسية من معادن سليكات الحديد والمغنيسيوم.

3– اللب Core يمتد من أسفل الجبة، أي من خط انقطاع الجبة – اللب وإلى مركز الكرة الأرضية عند عمق 6371 كم. ويبلغ نصف قطر الكرة التي تمثل اللب 3471 كم. تقدر درجة حرارة اللب بحوالي 4000 درجة سليزية. ويقسم اللب إلى قسمين:

أ– اللب الخارجي Outer Core يمتاز بكونه في حالة سائلة ويتكون من فلزي الحديد والنيكل مع الكبريت. ويمتد بين 2900 كم و 5080 كم.

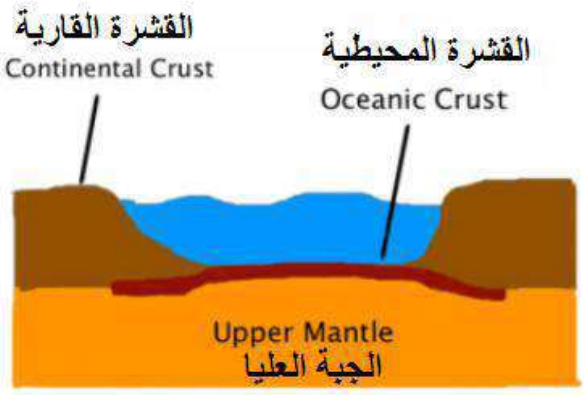
ب اللب الداخلي Inner Core يمتاز بكونه في حالة صلبة ويتكون من فلزي الحديد والنيكل، ويمتد بين 5080 كم و 6371 كم.



الشكل (1) يوضح مقطع في الارض من مركزها الى السطح موضحا علية السمك لكل نطاق.

الفرق بين القشرة المحيطية والقشرة القارية

القشرة المحيطية(Oceanic Crust)	القشرة القارية (Continental Crust)	العامل
توجد تحت المحيطات	توجد تحت القارات وتشكل اليابسة	**الموقع**
أرق، يتراوح بين **5–10كم**	أكثر سمكًا، يتراوح بين **30–70كم**	**السمك**
أكثر كثافة، حوالي **3.0غم/سم³**	أقل كثافة، حوالي **2.7غم/سم³**	**الكثافة**
تتكون من **البازلت والجابرو**	تتكون بشكل رئيسي من **الجرانيت** والصخور الرسوبية	**التركيب الصخري**
أحدث عمرًا، معظمها أقل من **200مليون سنة**	أقدم عمرًا، بعض صخورها يزيد عمرها عن **4مليارات سنة**	**العمر الجيولوجي**
تنقل الموجات الزلزالية بسرعة أعلى بسبب كثافتها العالية	تنقل الموجات الزلزالية ببطء نسبيًا بسبب كثافتها المنخفضة	**نقل الموجات الزلزالية**
يتم تدميرها وإعادة تدويرها عبر عملية **الاندساس (Subduction)**في مناطق الغوص	تبقى لفترات طويلة جدًا على سطح الأرض دون أن يتم تدميرها بسهولة	**القابلية لإعادة التدوير**



العناصر الأساسية المكونة للقشرة الأرضية

تتكون القشرة الأرضية من **ثمانية عناصر رئيسية** تشكل حوالي 98% من تركيبها، وهي:

1. **الأكسجين (O) – 46.6%**
2. **السيليكون (Si) – 27.7%**
3. **الألمنيوم (Al) – 8.1%**
4. **الحديد (Fe) – 5.0%**
5. **الكالسيوم (Ca) – 3.6%**
6. **الصوديوم (Na) – 2.8%**
7. **البوتاسيوم (K) – 2.6%**
8. **المغنيسيوم (Mg) – 2.1%**

هذه العناصر تشكل غالبية المعادن والصخور التي تكون سطح الأرض.

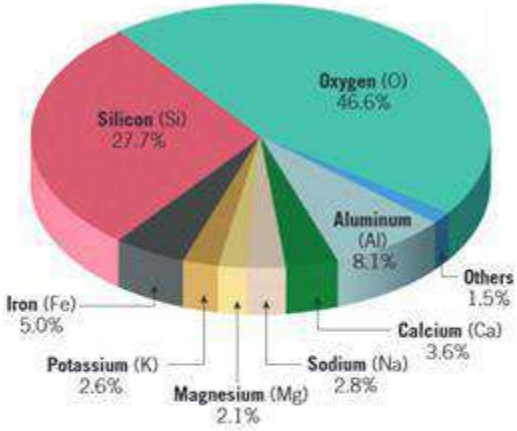


Figure 3.22 The eight most abundant elements in the continental crust

العناصر 8 الأساسية للعناصر الشائعة المكونة للمعادن للقشرة الارضية التي تشكل 98% من مكونات القشرة الأرضية (بالاعتماد على الوزن) . الاوكسجين والسليكون تمثل العناصر الرئيسة لمعظم المعادن والتي تشكل حوالي اكثر من 800معدن building block والتي تشكل 90%من معادن القشرة الارضية .

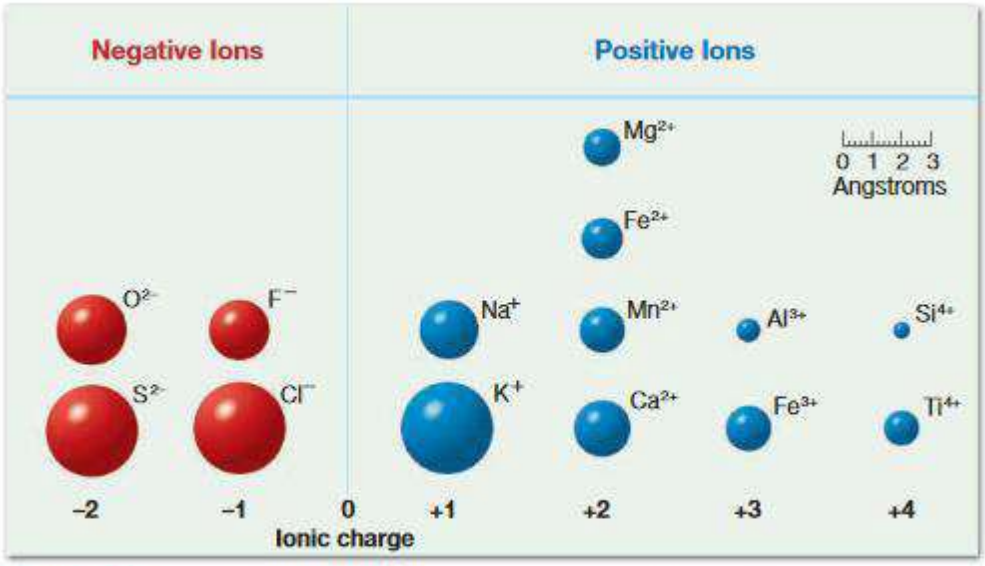


FIGURE 2.23 The relative sizes and charges of ions commonly found in minerals. Ionic radii are usually expressed in angstroms (1 angstrom equals 10^{-8} cm).

الفرق بين الجبة العليا والجبة السفلى

العامل	الجبة العليا(Upper Mantle)	الجبة السفلى(Lower Mantle)
العمق	تمتد من **50-660كم**	تمتد من **660-2900كم**
الحالة الفيزيائية	لدنة وشبه منصهرة في الغلاف الموري	صلبة لكنها تتصرف كأنها لدنة بسبب الضغط المرتفع
الحرارة	تتراوح بين **1000-2000درجة مئوية**	تصل إلى **3000درجة مئوية**
الكثافة	أقل كثافة من الجبة السفلى	أكثر كثافة بسبب زيادة الضغط
الدور في التكتونية	تتحرك الصفائح التكتونية فوقها	لا تؤثر مباشرة في حركة الصفائح
التكوين المعدني	تحتوي على معادن **الأوليفين والبيروكسين**	تحتوي على معادن **البريدجمانيت والسيليكات الغنية بالحديد**

الفرق بين اللب الداخلي واللب الخارجي للأرض

العامل	اللب الداخلي(Inner Core)	اللب الخارجي(Outer Core)
الحالة الفيزيائية	صلب بسبب الضغط الهائل	سائل بسبب درجات الحرارة المرتفعة وعدم كفاية الضغط لتصلبه
التركيب الكيميائي	يتكون أساسًا من **الحديد والنيكل** مع بعض العناصر الخفيفة	يتكون من **الحديد والنيكل والكبريت والأكسجين**
الحرارة	تصل إلى **6000–5000درجة مئوية**	تصل إلى **5000–4000درجة مئوية**
الضغط	ضغط مرتفع جدًا يمنع الذرات من التحرك بحرية، مما يجعله صلبًا	ضغط أقل من اللب الداخلي، مما يسمح بوجود الحديد في الحالة السائلة
الدور في المجال المغناطيسي	يساهم في استقرار المجال المغناطيسي للأرض	مسؤول عن توليد **المجال المغناطيسي للأرض** بسبب تيارات الحمل الحراري
العمق	يمتد من **5150كم إلى مركز الأرض (6371 كم)**	يمتد من **2900كم إلى 5150 كم**