

โลก

ดาราศาสตร์ และอวกาศ

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่

4

ตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)
ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551



ผู้เรียบเรียง

ศ. ดร.ปัญญา จารุศิริ
ดร.พีรสิทธิ์ สุรเกียรติชัย

ผู้ตรวจ

รศ. ดร.ฐาสินี เจริญสิทธิรัตน์
ผศ. ดร.บุรพา แพ้จ้อย
ผศ.พัชรสุ วรรณขาว

บรรณาธิการ

ผศ. ดร.ปรีชาดิ เวชยนต์

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

ปีที่พิมพ์ 2567

พิมพ์ครั้งที่ 1

จำนวนพิมพ์ 10,000 เล่ม

ISBN : 978-616-606-070-6

รหัสสินค้า 3418029

อักษ
www.aksorn.com

จัดพิมพ์และจำหน่ายทั่วประเทศโดย
บริษัท อักษรเจริญทัศน์ อจก. จำกัด
142 ถนนตะนาว เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร 10200
โทร. 0 2622 2999 (อัตโนมัติ 20 คู่สาย)
พิมพ์ที่: บริษัท ไทยรับแปล จำกัด โทร. 0 2903 9101-6



[illegible]

Check for Understanding

คำถามตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียน
ก่อนเข้าสู่การเรียนการสอน



คำถามท้ายภาคการคิดขั้นสูง

คำถามเพื่อให้ผู้เรียนพัฒนา
การคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์
คิดอย่างมีวิจารณญาณ



ความรู้เสริมจากเนื้อหา
เพื่อขยายความรับของนักเรียน



เชื่อมโยงความรู้ทาง
โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ
สู่ชีวิตประจำวัน



OR Code

ใช้สมาร์ตโฟนเพื่อสแกนเพื่อดู
สื่อดิจิทัลเพิ่มเติม



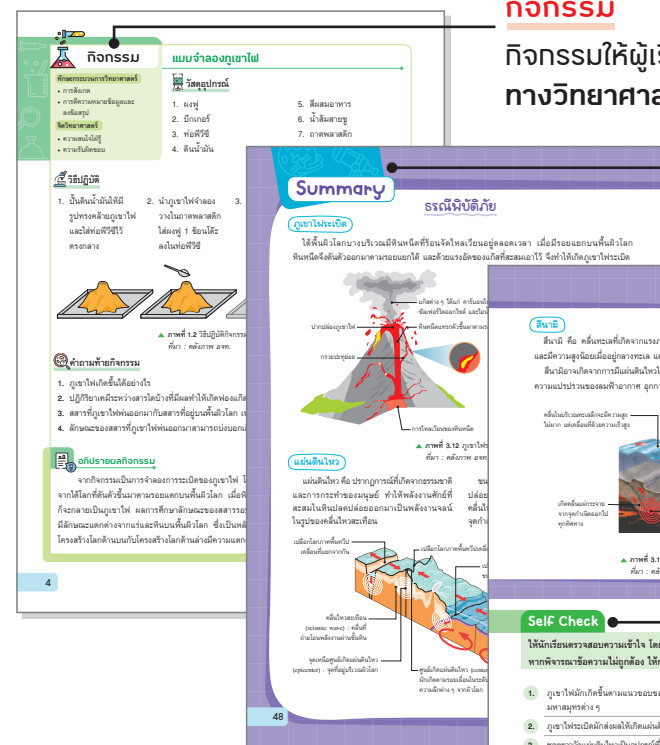
เชื่อมโยงสู่แบบฝึกหัดเพื่อให้ผู้เรียน
ฝึกฝนจนเกิดความเชี่ยวชาญ

กิจกรรม

กิจกรรมให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติเพื่อเสริมสร้างทักษะทางวิทยาศาสตร์

Summary

สรุปเนื้อหาเพื่อให้ผู้เรียนได้ทบทวน
สาระสำคัญประจำหน่วยการเรียนรู้



Self Check

คำถามเพื่อ
ให้ผู้เรียน
ตรวจสอบ
ความรู้
ความเข้าใจ
ด้วยตนเอง

- Unit questions

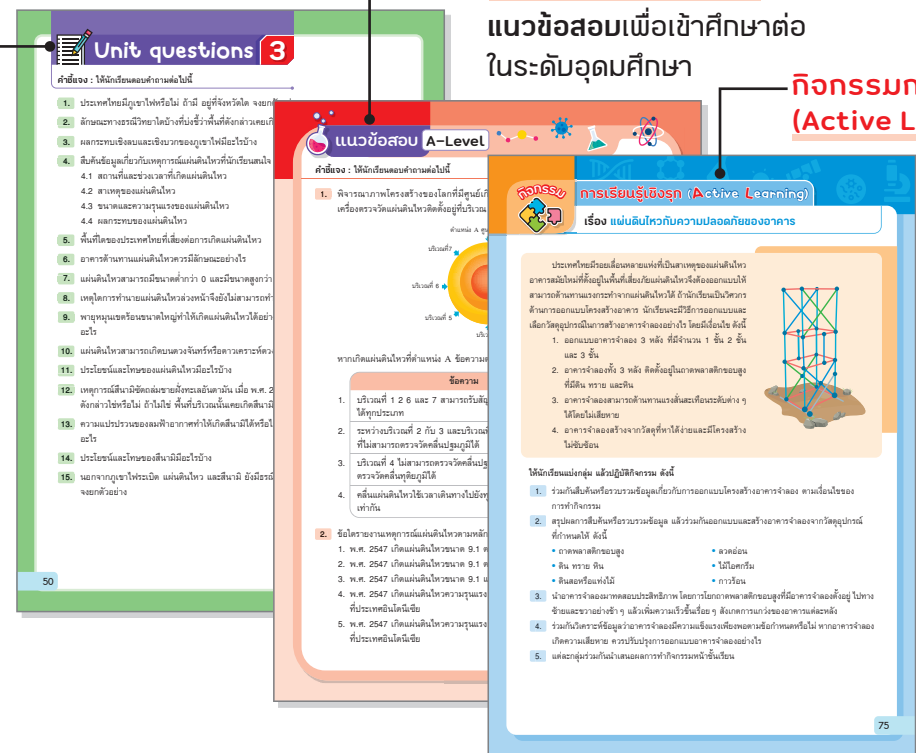
แบบฝึกหัดประจำหน่วยการเรียนรู้
เพื่อใช้ประเมินผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียน

– แนวข้อสอบ A-Level

**แนวข้อสอบเพื่อเข้าศึกษาต่อ
ในระดับอุดมศึกษา**

– กิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning)

กิจกรรมที่เน้น
ให้ผู้เรียนได้
ลงมือปฏิบัติจริง
เพื่อให้เกิด
การเรียนรู้ และ
สร้างองค์ความรู้
ด้วยตนเอง





คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม

โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม 1

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

กลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
เวลา 40 ชั่วโมง

ศึกษาเกี่ยวกับการแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลก หลักฐานทางธรณีวิทยาที่สนับสนุนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี ลักษณะการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีตามทฤษฎีธรณีแปรสัณฐาน การลำดับชั้นหินและธรณีประวัติ หลักฐานทางธรณีวิทยา การหาอายุเปรียบเทียบ อายุสัมบูรณ์ มาตราธรณีกาล สาเหตุและกระบวนการเกิดภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินไหว สึนามิ การทำความเข้าใจธรรมชาติของธรณีพิบัติภัยเพื่อเตรียมพร้อมรับสถานการณ์

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต การวิเคราะห์ การอภิปราย การอธิบายและการสรุปผลเพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด และความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตของตนเอง ตลอดจนมีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่ถูกต้องเหมาะสม



ผลการเรียนรู้

- อธิบายการแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลก พร้อมยกตัวอย่างข้อมูลที่สนับสนุนได้
- อธิบายหลักฐานทางธรณีวิทยาที่สนับสนุนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีได้
- ระบุสาเหตุและอธิบายรูปแบบการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับการเกิดลักษณะธรณีสัณฐานและโครงสร้างแบบต่าง ๆ ได้
- วิเคราะห์หลักฐานทางธรณีวิทยาที่พบในปัจจุบัน และอธิบายลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาในอดีตได้
- อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิดภูเขาไฟระเบิดและปัจจัยที่ทำให้ความรุนแรงของการปะทุและรูปร่างของภูเขาไฟแตกต่างกัน รวมทั้งสืบค้นข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัยได้
- อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิด ขนาดและความรุนแรง และผลจากแผ่นดินไหว รวมทั้งสืบค้นข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัยได้
- อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิด และผลจากสึนามิ รวมทั้งสืบค้นข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัยได้

รวม 7 ผลการเรียนรู้

สารบัญ

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1

โครงสร้างโลก 2-13

ความเข้าใจเกี่ยวกับโลก 3

การแบ่งโครงสร้างโลก 5

- โครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี 5
- โครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกล 7

Unit questions 1 12

แนวข้อสอบ A-Level 13

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3

ธรณีพิบัติภัย 36-51

ภูเขาไฟระเบิด 37

- ประเภทของภูเขาไฟ 37
- การปะทุของภูเขาไฟ 38
- ผลกระทบจากภูเขาไฟระเบิด 39
- การปฏิบัติตนเพื่อบรรเทาผลกระทบจากการปะทุของภูเขาไฟ 40

แผ่นดินไหว 41

- การเกิดแผ่นดินไหว 41
- ขนาดและความรุนแรงของแผ่นดินไหว 42
- ผลกระทบและการระมัดระวังเพื่อรับมือแผ่นดินไหว 43
- คลื่นไหวสะเทือน 44

สึนามิ 45

- การเกิดสึนามิ 45
- การตรวจวัดสึนามิ 46
- ความรุนแรงของสึนามิ 46
- แนวปฏิบัติเมื่อเกิดสึนามิและแนวทางป้องกันภัยจากสึนามิ 47

Unit questions 3 50

แนวข้อสอบ A-Level 51

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2

ธรณีแปรสัณฐาน 14-35

ทฤษฎีธรณีแปรสัณฐาน 15

- ทฤษฎีทวีปเลื่อน 16
- ทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นสมุทร 22
- ทฤษฎีธรณีแปรสัณฐาน 24

รูปแบบการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี 26

Unit questions 2 34

แนวข้อสอบ A-Level 35

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4

ลำดับชั้นหิน 52-75

การลำดับชั้นหิน 53

- การจำแนกหน่วยหิน 53
- การลำดับชั้นและการกระจายตัวของหิน 56

การหาอายุทางธรณีวิทยา 60

- อายุเปรียบเทียบ 60
- อายุสัมบูรณ์ 61

ตารางธรณีกาล 63

- ฟรีแคมเบรียนหรือฐานชีวิต 65
- บรมยุคฟาเนอโรซอยิกหรือบรมยุคชีวิตกาล 66

Unit questions 4 73

แนวข้อสอบ A-Level 74

กิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) บรรณานุกรม 75 76





? ในอนาคต
โครงสร้างของโลก
จะมีการเปลี่ยนแปลงไป
จากเดิมหรือไม่ อย่างไร

1

หน่วยการเรียนรู้ที่

โครงสร้างโลก

โลก เป็นดาวเคราะห์ดวงหนึ่งในระบบสุริยะที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ นับตั้งแต่โลกกำเนิดขึ้นมา โดยกระบวนการที่เกิดขึ้นนั้นทำให้พื้นผิวโลกเปลี่ยนแปลงไปจนเกิดเป็นภูมิประเทศแบบต่าง ๆ การศึกษาโครงสร้างของโลกจึงช่วยทำให้ทราบถึงลักษณะและกระบวนการต่าง ๆ ภายในโลก

Check for Understanding

พิจารณาข้อความตามความเข้าใจของนักเรียนว่าถูกหรือผิด แล้วบันทึกลงในสมุดบันทึก

ถูก/ผิด

1. โลกก่อตัวจากกลุ่มสสารในอวกาศที่กำลังหมุน ทำให้โลกเกิดการหมุนรอบตัวเอง
2. โลกมีอุณหภูมิต่ำลง เพราะสูญเสียความร้อนให้กับอวกาศโดยกระบวนการนำความร้อน
3. การแบ่งโครงสร้างภายในของโลกมี 3 เกณฑ์ คือ ฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา
4. วัตถุที่มีมวลมากจะมีโอกาสจมลงสู่ศูนย์กลางของโลกมากกว่าวัตถุที่มีมวลน้อย
5. คลื่นจากแผ่นดินไหวสามารถประยุกต์ใช้เพื่อศึกษาโครงสร้างภายในของโลกได้

บันทึกในสมุด

Prior Knowledge

เหตุใดจึงควรทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างของโลก

1 ความเข้าใจเกี่ยวกับโลก

โลก (earth) เป็นดาวเคราะห์ลำดับที่สามของระบบสุริยะ ซึ่งมีระยะห่างจากดวงอาทิตย์ประมาณ 150 ล้านกิโลเมตร เป็นดาวเคราะห์หินที่มีขนาดใหญ่ที่สุด มีลักษณะเป็นทรงรี ป่องตรงกลาง ขั้วเหนือ-ใต้แบนเล็กน้อย เส้นผ่านศูนย์กลางที่วัดจากขั้วโลกเหนือไปขั้วโลกใต้ประมาณ 12,711 กิโลเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางที่วัดผ่านเส้นศูนย์สูตรประมาณ 12,775 กิโลเมตร โดยแกนโลกทำมุมเอียง 23.4 องศา กับเส้นตั้งฉากกับระนาบการโคจรรอบดวงอาทิตย์

นับตั้งแต่โลกกำเนิดขึ้นมาเมื่อประมาณ 4,600 ล้านปีมาแล้ว โลกมีวิวัฒนาการมาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งแบ่งได้ 5 ชั้น ดังนี้

เริ่มมีการรวมตัวกันของสสาร ซึ่งอิทธิพลจากการชนกันและแรงอัดตัว ทำให้เกิดพลังงานความร้อนและกัมมันตภาพรังสี

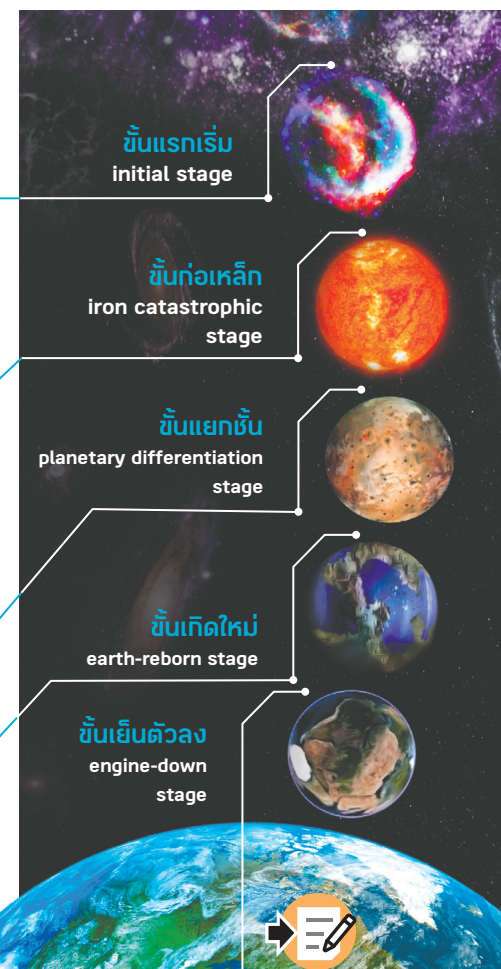
เกิดขึ้นเมื่อภายในโลกมีความร้อนถึงจุดหนึ่ง (ประมาณ 1,535 องศาเซลเซียส) ที่ทำให้เหล็กเริ่มเกาะตัวกัน โลหะหนักต่าง ๆ เช่น เหล็ก นิกเกิล โคบอลต์ จมตัวลงสู่ใจกลางโลก ขณะที่สสารที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าจะลอยตัวขึ้นสู่ด้านบน จนเกิดการแบ่งชั้นของโลกขึ้น

มีการอัดตัวของธาตุที่ทำให้เกิดโครงสร้างภายในโลกที่แบ่งเป็น 3 ชั้น ได้แก่ เปลือกโลก เนื้อโลก และแก่นโลก ซึ่งชั้นแก่นโลกประกอบด้วยเหล็กเป็นส่วนใหญ่ ชั้นเปลือกโลกประกอบด้วยสสารที่เบากว่า เช่น ซิลิเกตของโซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม ส่วนชั้นเนื้อโลกประกอบด้วยส่วนผสมระหว่างสสารในชั้นเปลือกโลกกับชั้นแก่นโลก

เกิดการพาความร้อนและการนำความร้อนของหินในชั้นเนื้อโลก ทำให้อุณหภูมิของโลกเย็นลงจนชั้นเนื้อโลกแข็งตัว

มีการสะสมตัวของธาตุกัมมันตรังสีที่ผิวด้านนอกของโลกในรูปของออกไซด์และซิลิเกต การถ่ายโอนความร้อนโดยเฉพาะที่ผิวโลกเป็นไปอย่างรวดเร็ว ทำให้ผิวด้านนอกของโลกเย็นลงและแข็งตัวจนเกิดเป็นเปลือกโลก

ภาพที่ 1.1 วิวัฒนาการของโลก
ที่มา : คลังภาพ อจท.



ความเข้าใจเกี่ยวกับโลก



www.aksorn.com/qrcode/a861102



กิจกรรม

ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์

- การสังเกต
- การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

จิตวิทยาศาสตร์

- ความสนใจใฝ่รู้
- ความรับผิดชอบ

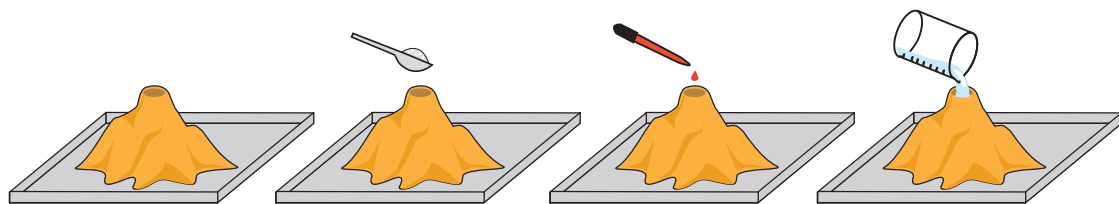
แบบจำลองภูเขาไฟ

วัสดุอุปกรณ์

1. ผงฟู
2. ปีกเกอร์
3. ท่อพีวีซี
4. ดินน้ำมัน
5. สีผสมอาหาร
6. น้ำส้มสายชู
7. ถาดพลาสติก

วิธีปฏิบัติ

1. ปั้นดินน้ำมันให้มีรูปทรงคล้ายภูเขาไฟ และใส่ท่อพีวีซีไว้ตรงกลาง
2. นำภูเขาไฟจำลองวางในถาดพลาสติก ใส่ผงฟู 1 ช้อนโต๊ะลงในท่อพีวีซี
3. ใส่สีผสมอาหาร 1 ลูกบาศก์เซนติเมตรลงในท่อพีวีซี
4. ใส่สีน้ำส้มสายชู 20 ลูกบาศก์เซนติเมตรลงในท่อพีวีซี สังเกตและบันทึกผล



▲ ภาพที่ 1.2 วิธีปฏิบัติกิจกรรมแบบจำลองภูเขาไฟ
ที่มา : คลังภาพ อจท.

คำถามท้ายกิจกรรม

1. ภูเขาไฟเกิดขึ้นได้อย่างไร
2. ปฏิกริยาเคมีระหว่างสารใดบ้างที่มีผลทำให้เกิดฟองแก๊สพุ่งขึ้นมาจากปล่องภูเขาไฟ
3. สสารที่ภูเขาไฟพ่นออกมาทับสสารที่อยู่บนพื้นผิวโลก เหมือนหรือแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
4. ลักษณะของสสารที่ภูเขาไฟพ่นออกมาสามารถบ่งบอกเกี่ยวกับโครงสร้างใต้พื้นโลกได้หรือไม่ อย่างไร

อภิปรายผลกิจกรรม

จากกิจกรรมเป็นการจำลองการระเบิดของภูเขาไฟ โดยปกติแล้ว ภูเขาไฟเกิดจากหินหลอมเหลวหนืดจากใต้โลกที่ดันตัวขึ้นตามรอยแตกบนพื้นผิวโลก เมื่อหินหลอมเหลวหนืดเย็นตัวลงและแข็งตัวทับถมกันก็จะกลายเป็นภูเขาไฟ ผลการศึกษาลักษณะของสสารรอบภูเขาไฟพบว่า แร่และหินที่ภูเขาไฟพ่นออกมามีลักษณะแตกต่างจากแร่และหินบนพื้นผิวโลก ซึ่งเป็นหลักฐานที่แสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบทางเคมีของโครงสร้างโลกด้านบนกับโครงสร้างโลกด้านล่างมีความแตกต่างกัน

Prior Knowledge

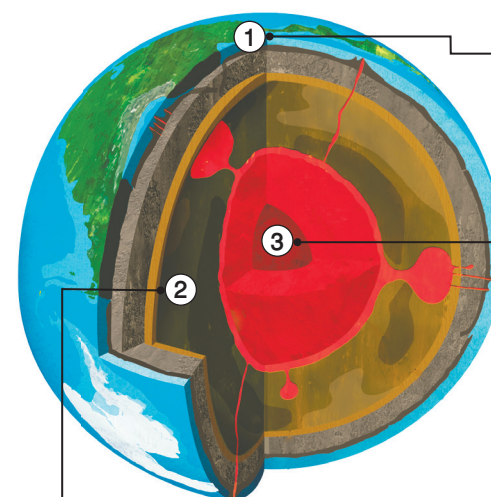
โครงสร้างของโลกมีรูปร่างและลักษณะอย่างไรบ้าง

2 การแบ่งโครงสร้างโลก

ลักษณะทางธรณีวิทยานบนพื้นผิวโลกสามารถสังเกตและสำรวจได้ง่าย แต่โครงสร้างภายในของโลกเป็นสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้โดยตรง นักวิทยาศาสตร์จึงพยายามศึกษาสิ่งที่อยู่ใต้พื้นผิวโลกด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีที่ทันสมัย ทำให้แบ่งโครงสร้างของโลกได้ ดังนี้

2.1 โครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี

นักวิทยาศาสตร์แบ่งโครงสร้างภายในของโลก โดยพิจารณาจากองค์ประกอบทางเคมีออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ เปลือกโลก (crust) เนื้อโลก (mantle) และแก่นโลก (core)



1. เปลือกโลก

เปรียบเสมือนผิวด้านนอกของโลก มีสถานะเป็นของแข็งที่มีความหนาแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับบริเวณที่เป็นเทือกเขาและมหาสมุทร เปลือกโลกแบ่งย่อยออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

- เปลือกโลกภาคพื้นทวีป (continental crust) ประกอบด้วยธาตุซิลิคอนกับอะลูมิเนียมเป็นส่วนใหญ่ มีความหนาประมาณ 30-70 กิโลเมตร และมีความหนาแน่นน้อยกว่าเปลือกโลกใต้มหาสมุทร
- เปลือกโลกใต้มหาสมุทร (oceanic crust) ประกอบด้วยธาตุซิลิคอนกับแมกนีเซียมมีความหนาประมาณ 6-12 กิโลเมตร และมีความหนาแน่นมากกว่าเปลือกโลกภาคพื้นทวีป

2. เนื้อโลก

เป็นชั้นที่อยู่ถัดลงไปจากเปลือกโลก มีความหนาประมาณ 2,900 กิโลเมตร เนื้อโลกส่วนบนเป็นหินแข็งที่เย็นตัวแล้ว แต่เนื้อโลกส่วนล่างที่มีอุณหภูมิสูงจะมีความอ่อนกว่า การศึกษาลักษณะของหินแปลกปลอม (xenolith) ที่ผุดขึ้นมาพร้อมกับลาวา (lava) จากใต้เปลือกโลกทำให้นักวิทยาศาสตร์ทราบว่าเนื้อโลกประกอบด้วยธาตุซิลิคอน แคลเซียม แมกนีเซียม และเหล็กเป็นส่วนใหญ่

3. แก่นโลก

เป็นชั้นด้านในสุดของโลกจนถึงใจกลางโลก ประกอบด้วยธาตุหนักจำพวกเหล็กกับนิกเกิลเป็นส่วนใหญ่ มีความหนาประมาณ 3,470 กิโลเมตร นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าการไหลเวียนของโลหะหลอมเหลวรอบศูนย์กลางของแก่นโลกเป็นแหล่งกำเนิดของสนามแม่เหล็กโลกที่ทำหน้าที่ปกป้องโลกจากอนุภาคที่มาจากอวกาศ ส่วนศูนย์กลางของโลกที่มีความดันสูงจะมีสถานะเป็นโลหะแข็ง

▲ ภาพที่ 1.3 โครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี
ที่มา : คลังภาพ อจท.



การแบ่ง
โครงสร้างโลก

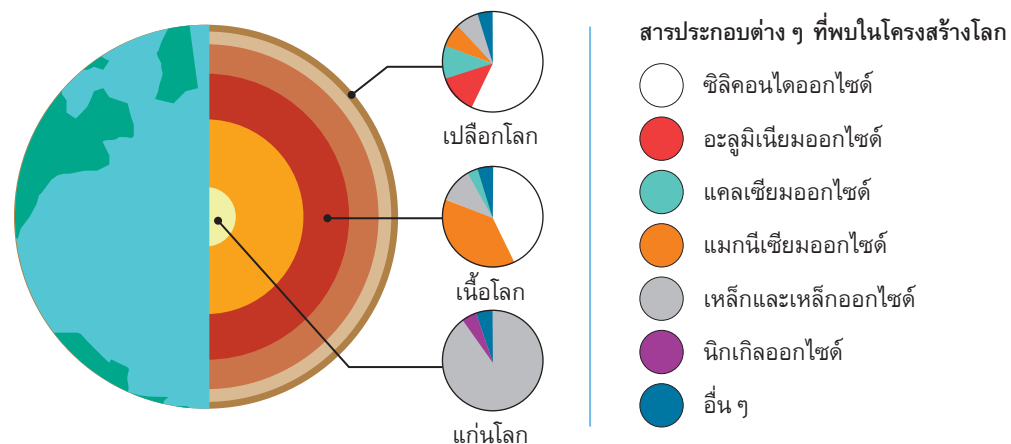




ส่วนประกอบทางเคมีของโครงสร้างโลก

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีของโลกจะพบว่า ขณะที่โลกกำลังเย็นตัวลง วัสดุที่มีความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ต่ำ เช่น ซิลิคอน อะลูมิเนียม ออกซิเจน จะลอยอยู่ด้านบน ส่วนวัสดุที่มีความถ่วงจำเพาะสูง เช่น เหล็ก นิกเกิล โคบอลต์ จะจมลงสู่ภายในโลกได้มากกว่า ดังที่แสดงในภาพและตารางต่อไปนี้

สัดส่วนของสารประกอบต่างๆ ในชั้นต่างๆ ของโลก



▲ ภาพที่ 1.4 สัดส่วนของสารประกอบต่างๆ ที่พบในโครงสร้างโลกแต่ละชั้น
ที่มาของข้อมูล : ศูนย์การเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์

ตารางที่ 1.1 : ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับโครงสร้างของโลกตามองค์ประกอบทางเคมี

โครงสร้างของโลก	ประกอบด้วยธาตุ	สารประกอบ
เปลือกโลก มีซิลิคอนไดออกไซด์และอะลูมิเนียมออกไซด์เป็นองค์ประกอบหลัก	ภาคพื้นทวีป	ซิลิคอน (Si) อะลูมิเนียม (Al) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) เหล็ก (Fe) หินแกรนิต (granite)
	ใต้มหาสมุทร	ซิลิคอน (Si) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) เหล็ก (Fe) หินบะซอลต์ (basalt)
เนื้อโลก มีซิลิคอนไดออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ และเหล็กเป็นองค์ประกอบหลัก	ซิลิคอน (Si) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) เหล็ก (Fe)	หินดูไนต์ (dunite) หินเพริโดไทต์ (peridotite)
แก่นโลก มีเหล็กและธาตุหนักอื่นๆ เป็นองค์ประกอบหลัก	เหล็ก (Fe) นิกเกิล (Ni) โคบอลต์ (Co)	เหล็กก้อน

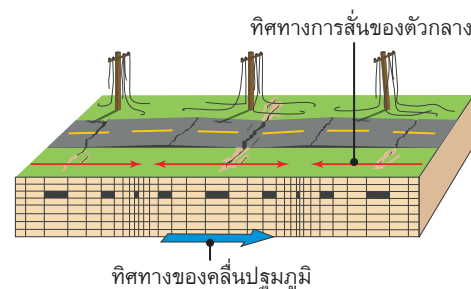
2.2 โครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกล

นอกจากการศึกษาโครงสร้างของโลกตามองค์ประกอบทางเคมี นักวิทยาศาสตร์ยังสามารถศึกษาโครงสร้างของโลกตามสมบัติเชิงกลด้วยคลื่นไหวสะเทือน (seismic wave) หรือคลื่นแผ่นดินไหว (earthquake wave) ที่แผ่ออกมาจากบริเวณที่มีการสั่นสะเทือนอย่างรุนแรง แล้วถ่ายโอนพลังงานผ่านหิน ดิน น้ำ และอากาศ โดยคลื่นไหวสะเทือนบางส่วนจะเดินทางผ่านโครงสร้างของโลก แล้วถูกตรวจวัดด้วยอุปกรณ์ทางธรณีฟิสิกส์ ทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถสร้างแบบจำลองเพื่อแสดงลักษณะของชั้นต่างๆ ภายในโลกได้ คลื่นไหวสะเทือนแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. คลื่นในตัวกลาง (body wave) หมายถึง คลื่นไหวสะเทือนที่เดินทางผ่านชั้นต่างๆ ของโลก รวมถึงน้ำและอากาศ แบ่งย่อยออกเป็น

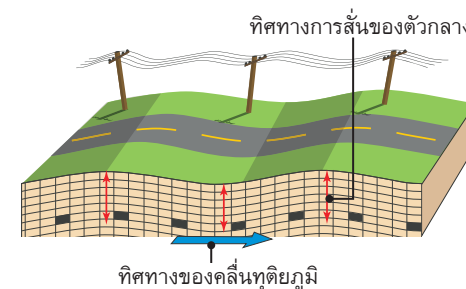
1.1 คลื่นปฐมภูมิ (primary wave)

มีลักษณะอัดและขยายตามทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น สามารถเดินทางผ่านทั้งของแข็งและของไหล



1.2 คลื่นทุติยภูมิ (secondary wave)

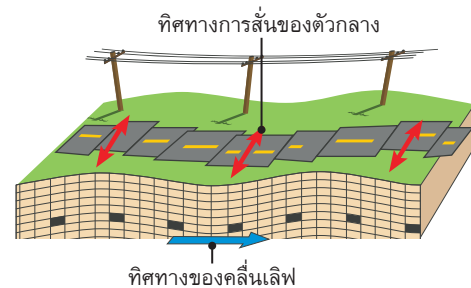
มีลักษณะตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น และเดินทางผ่านของแข็งเท่านั้น



2. คลื่นพื้นผิว (surface wave) หมายถึง คลื่นไหวสะเทือนที่เดินทางไปตามพื้นผิวโลกและเปลือกโลกระดับตื้น แบ่งย่อยออกเป็น

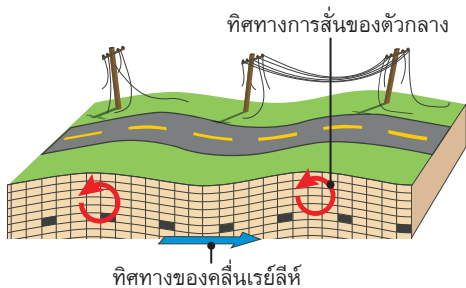
2.1 คลื่นเลิฟ (Love wave) เป็นคลื่น

ไหวสะเทือนตามแนวขวาง ทำให้พื้นผิวโลกส่ายไปมาในแนวนอนคล้ายงูเลื้อย



2.2 คลื่นเรย์ลีห์ (Rayleigh wave) เป็น

คลื่นไหวสะเทือนที่มีลักษณะคล้ายเกลียวคลื่นทะเล ทำให้พื้นผิวโลกกระเพื่อม



▲ ภาพที่ 1.5 ลักษณะการเคลื่อนที่ของคลื่นไหวสะเทือน
ที่มา : คลังภาพ อจท.



โครงสร้างโลกที่แบ่งตามสมบัติเชิงกล

เมื่อคลื่นไหวสะเทือนเคลื่อนที่เข้าสู่ภายในโลก สมบัติทางกายภาพที่ต่างกันของสสารจะทำให้คลื่นไหวสะเทือนเกิดการเปลี่ยนแปลงความเร็ว การสะท้อน (reflection) และการหักเห (refraction) ที่บริเวณรอยต่อของชั้นต่าง ๆ ทำให้นักวิทยาศาสตร์แบ่งโครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกลออกเป็น 5 ชั้น ได้แก่

1. ธรณีภาค (lithosphere)

เป็นชั้นนอกสุดของโลก ประกอบด้วยเปลือกโลกและเนื้อโลกตอนบนสุด (uppermost mantle) มีสถานะเป็นของแข็ง คลื่นปฐมภูมิและคลื่นทุติยภูมิสามารถเคลื่อนที่ผ่านด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้น รอยต่อระหว่างเปลือกโลกกับเนื้อโลก เรียกว่า แนวไม่ต่อเนื่องโมโฮโรวิช (Mohorovicic discontinuity)

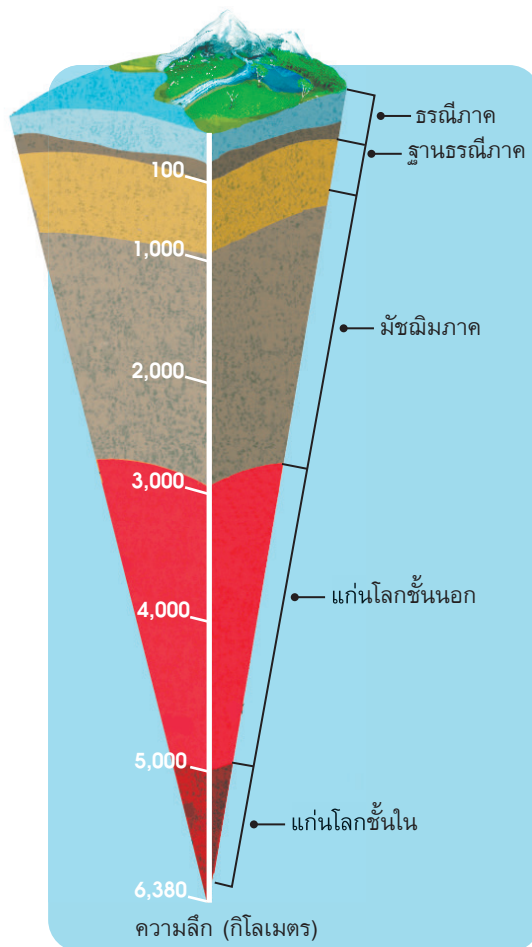
2. ฐานธรณีภาค (asthenosphere)

เป็นชั้นที่อยู่ถัดลงมาจากธรณีภาคและเป็นส่วนหนึ่งของเนื้อโลกตอนบน (upper mantle) คลื่นปฐมภูมิและคลื่นทุติยภูมิจะเคลื่อนที่ผ่านด้วยความเร็วไม่คงที่เนื่องจากมี

- **เขตความเร็วต่ำ (low velocity zone)** เป็นเขตที่คลื่นไหวสะเทือนมีความเร็วลดลง เพราะเนื้อโลกบางส่วนได้รับความร้อนสูงจึงเกิดการอ่อนตัวและหลอมละลายเป็นแมกมา (magma)
- **เขตการเปลี่ยนแปลง (transition zone)** เป็นเขตที่คลื่นไหวสะเทือนมีความเร็วเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างแร่

3. มัชฌิมภาค (mesosphere)

เป็นชั้นที่อยู่ใต้ฐานธรณีภาคและเป็นส่วนหนึ่งของเนื้อโลกส่วนล่าง (lower mantle) มีสถานะเป็นของแข็ง คลื่นไหวสะเทือนสามารถเคลื่อนที่ผ่านด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้น รอยต่อระหว่างเนื้อโลกส่วนล่างกับแก่นโลกชั้นนอก เรียกว่า แนวไม่ต่อเนื่องกูเทนเบิร์ก (Gutenberg discontinuity)



4. แก่นโลกชั้นนอก (outer core)

เป็นชั้นที่อยู่ใต้มัชฌิมภาค มีสถานะเป็นของเหลว คลื่นปฐมภูมิจึงมีความเร็วลดลง แต่คลื่นทุติยภูมิจะไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านได้ รอยต่อระหว่างแก่นโลกชั้นนอกกับแก่นโลกชั้นใน เรียกว่า แนวไม่ต่อเนื่องเลห์มันน์ (Lehmann discontinuity)

5. แก่นโลกชั้นใน (inner core)

เป็นชั้นที่อยู่ใจกลางของโลก มีสถานะเป็นของแข็ง คลื่นปฐมภูมิสามารถเคลื่อนที่ผ่านได้และมีหลักฐานบางชั้นพบว่า เมื่อคลื่นปฐมภูมิเดินทางผ่านรอยต่อระหว่างแก่นโลกชั้นนอกกับแก่นโลกชั้นใน อาจทำให้เกิดคลื่นทุติยภูมิขึ้นมาใหม่ได้ เรียกว่า การเปลี่ยนโหมด (mode conversion)

▲ ภาพที่ 1.6 โครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกล
ที่มา : คลังภาพ อจท.



กิจกรรม

ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์

- การสังเกต
- การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

จิตวิทยาศาสตร์

- ความมีเหตุผล
- ร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

วิธีปฏิบัติ

1. ให้นักเรียนจับกลุ่มกับเพื่อนกลุ่มละ 4-5 คน แล้วร่วมกันสืบค้นภาพโครงสร้างโลกและภาพข้อมูลของคลื่นไหวสะเทือนเมื่อเคลื่อนที่ผ่านภายในโลก รวมไปถึงข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
2. แต่ละกลุ่มร่วมกันพิจารณาภาพโครงสร้างโลกและภาพข้อมูลของคลื่นไหวสะเทือนเมื่อเคลื่อนที่ผ่านภายในโลกที่สืบค้นได้ แล้วนำมาสรุปเป็นหลักการแบ่งโครงสร้างโลก ในรูปแบบแผนภาพหรืออินโฟกราฟิก
3. ครูและนักเรียนร่วมกันพิจารณาแผนภาพหรืออินโฟกราฟิก เพื่อช่วยกันตรวจสอบข้อมูล
4. แต่ละกลุ่มร่วมกันตอบคำถามท้ายกิจกรรม

คำถามท้ายกิจกรรม

1. ภูเขาไฟเกิดขึ้นได้อย่างไร
2. ปฏิกริยาเคมีระหว่างสารใดบ้างที่มีผลทำให้เกิดฟองแก๊สพุ่งขึ้นมาจากปล่องภูเขาไฟ
3. สสารที่ภูเขาไฟพ่นออกมาทับสสารที่อยู่บนพื้นผิวโลก เหมือนหรือแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
4. ลักษณะของสสารที่ภูเขาไฟพ่นออกมาสามารถบ่งบอกเกี่ยวกับโครงสร้างใต้พื้นโลกได้หรือไม่ อย่างไร



อภิปรายผลกิจกรรม

จากการทำกิจกรรมจะได้ว่า คลื่นไหวสะเทือนมีความเร็วเพิ่มขึ้นตามความลึก ความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนลดลงช่วงหนึ่ง และเพิ่มขึ้นได้อย่างไม่สม่ำเสมออีกช่วงหนึ่งในธรณีภาค คลื่นทุติยภูมิไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านแก่นโลกชั้นนอกได้ เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่มีสมบัติแตกต่างกันจะมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วอย่างฉับพลัน พบการเปลี่ยนแปลงความเร็ว 4 บริเวณ ทำให้แบ่งโครงสร้างโลกออกเป็น 5 ชั้น ได้แก่ ธรณีภาค ฐานธรณีภาค มัชฌิมภาค แก่นโลกชั้นนอก และแก่นโลกชั้นใน

การแบ่งโครงสร้างโลกโดยใช้ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน

วัสดุอุปกรณ์

แหล่งสืบค้นข้อมูลต่าง ๆ เช่น ห้องสมุด อินเทอร์เน็ต

Summary

โครงสร้างโลก

วิวัฒนาการของโลก

เมื่อประมาณ 4,600 ล้านปีมาแล้ว
โลกมีวิวัฒนาการมาอย่างต่อเนื่อง
แบ่งเป็น 5 ชั้น



▲ ภาพที่ 1.7 โลก
ที่มา : คลังภาพ อจท.

ชั้นแรกเริ่ม เริ่มจากการรวมตัวกันของกลุ่มแก๊ส
และฝุ่นจนเกิดเป็นดาวเคราะห์

ชั้นก่อเหล็ก เกิดขึ้นเมื่อภายในโลกมีความร้อน
ถึงจุดหนึ่งที่ทำให้เหล็กเริ่มเกาะตัวกัน

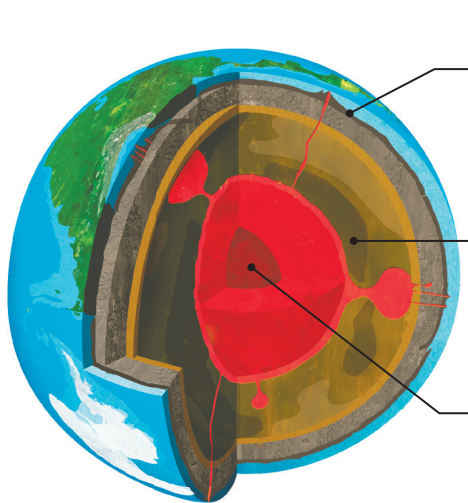
ชั้นแยกชั้น มีการบีบอัดตัวของธาตุที่ทำให้เกิด
โครงสร้างภายในโลกที่แบ่งเป็น 3 ชั้น ได้แก่
เปลือกโลก เนื้อโลก และแก่นโลก

ชั้นเกิดใหม่ เกิดการพาความร้อนและการนำ
ความร้อนของหินในชั้นเนื้อโลก

ชั้นเย็นตัวลง บริเวณผิวโลกมีการถ่ายโอน
ความร้อนอย่างรวดเร็วทำให้เปลือกโลกเย็นตัว
และแข็งตัว

การแบ่งโครงสร้างโลก

โครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี



ชั้นเปลือกโลก เป็นชั้นที่อยู่นอกสุดของโลก
มีสถานะเป็นของแข็ง แบ่งออกเป็นเปลือกโลก
ภาคพื้นทวีปและเปลือกโลกใต้มหาสมุทร

ชั้นเนื้อโลก เป็นชั้นที่อยู่ถัดลงไปจากชั้น
เปลือกโลก มีความหนาประมาณ 2,900
กิโลเมตร มีสถานะเป็นของแข็ง

ชั้นแก่นโลก อยู่ในระดับความลึกจากผิวโลก
ประมาณ 2,900 กิโลเมตร ส่วนใหญ่ประกอบด้วย
เหล็กและนิกเกิล

▲ ภาพที่ 1.8 โครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี
ที่มา : คลังภาพ อจท.

โครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกล

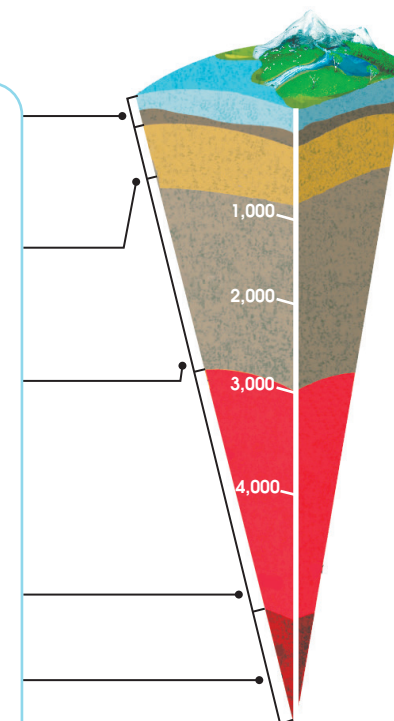
ธรณีภาค
เป็นชั้นนอกสุดของโลก อยู่ที่ความลึกประมาณ 100 กิโลเมตร
จากผิวโลก ประกอบด้วยหินที่เป็นของแข็ง

ฐานธรณีภาค
อยู่ในส่วนที่เป็นเนื้อโลกตอนบนจนถึงความลึกประมาณ 700
กิโลเมตรจากผิวโลก มีสถานะเป็นของแข็งที่มีสภาพพลาสติก

มัชฌิมภาค
อยู่บริเวณเนื้อโลกส่วนล่าง อยู่ที่ความลึกประมาณ 700-2,900
กิโลเมตรจากผิวโลก เป็นบริเวณที่คลื่นไหวสะเทือน
มีความเร็วเพิ่มขึ้น เนื่องจากเป็นของแข็ง

แก่นโลกส่วนนอก
อยู่ใต้ชั้นมัชฌิมภาค อยู่ที่ความลึกประมาณ
2,900-5,140 กิโลเมตรจากผิวโลก

แก่นโลกส่วนใน
เป็นชั้นในสุดของโลก อยู่ที่ระดับความลึกประมาณ
5,140 กิโลเมตรจากผิวโลก



▲ ภาพที่ 1.9 โครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกล
ที่มา : คลังภาพ อจท.

Self Check

ให้นักเรียนตรวจสอบความเข้าใจ โดยพิจารณาข้อความว่าถูกหรือผิด แล้วบันทึกลงในสมุด
หากพิจารณาข้อความไม่ถูกต้อง ให้กลับไปทบทวนเนื้อหาตามหัวข้อที่กำหนดให้

	ถูก/ผิด	ทบทวนที่หัวข้อ
1. ชั้นแยกชั้นเป็นชั้นที่มีการบีบอัดของธาตุทำให้เกิดโครงสร้างภายในโลก ทั้ง 3 ชั้น คือ เปลือกโลก เนื้อโลก และชั้นธรณีภาค	☐	1.
2. โครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี แบ่งออกเป็นเปลือกโลก เนื้อโลก และแก่นโลก	☐	2.1
3. แนวไม่ต่อเนื่องโมโฮโรวิซิก เป็นบริเวณรอยต่อระหว่างชั้นเปลือกโลก กับชั้นเนื้อโลก	☒	2.1
4. คลื่นปฐมภูมิ เป็นคลื่นตามขวางที่เกิดจากความไหวสะเทือนในตัวกลาง โดยอนุภาคของตัวกลางเคลื่อนไหวตั้งฉากกับทิศทางที่คลื่นผ่าน	☐	2.2
5. โครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกล แบ่งออกเป็นธรณีภาค ฐานธรณีภาค มัชฌิมภาค แก่นโลกชั้นนอก และแก่นโลกชั้นใน	☐	2.2



Unit questions 1

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. บัณฑิตที่ช่วยให้สสารในอวกาศมารวมตัวกันแล้วกลายเป็นโลก
2. จงอธิบายวิวัฒนาการของโลกจนถึงปัจจุบัน
3. เพราะเหตุใดโลกจึงป้องกันบริเวณเส้นศูนย์สูตร
4. ธรณีวิทยา (geology) เป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องใด
5. เพราะเหตุใดสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ จึงสามารถอาศัยอยู่บนเปลือกโลกได้
6. การศึกษาโครงสร้างภายในของโลกต้องอาศัยหลักการหรือความรู้ด้านใดบ้าง เพราะเหตุใด
7. วาดภาพหรือสร้างแบบจำลองแสดงโครงสร้างโลกทั้ง 3 ส่วน ได้แก่ เปลือกโลก เนื้อโลก และแก่นโลก
8. อธิบายโครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกลว่าประกอบด้วยกี่ชั้น และแต่ละชั้นมีลักษณะอย่างไร
9. ชั้นธรณีภาค (lithosphere) กับชั้นฐานธรณีภาค (asthenosphere) แตกต่างกันอย่างใด และมีความสัมพันธ์กันอย่างไร
10. แก่นโลกชั้นนอกและแก่นโลกชั้นในมีลักษณะที่แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
11. การศึกษาโครงสร้างโลกสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างไรบ้าง จงอธิบายและยกตัวอย่างประกอบ
12. หลุมซุดที่ลึกที่สุดในโลกมีความลึกเท่าไร และอยู่ในโครงสร้างของโลกชั้นใด
13. นักเรียนคิดว่า ในอนาคตมนุษย์จะสามารถเจาะลงไปถึงแก่นโลกได้หรือไม่ อย่างไร
14. หากแก่นโลกส่วนนอกหยุดหมุนจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร
15. ในอีกหลายพันล้านปีข้างหน้า อุณหภูมิภายในของโลกจะเป็นอย่างไร

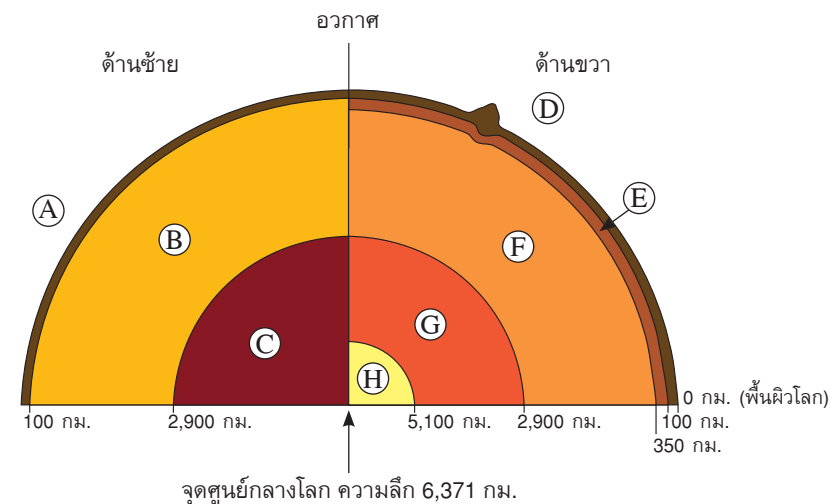


แนวข้อสอบ A-Level



คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

พิจารณาภาพ แล้วตอบคำถามข้อ 1. - 5.



1. พิจารณาข้อความเกี่ยวกับการแบ่งโครงสร้างโลกตามเกณฑ์ทางเคมีและฟิสิกส์ แล้วตอบว่าข้อใดใช่หรือไม่ใช่

ข้อความ	ใช่/ไม่ใช่
1. โครงสร้างโลกทางด้านซ้าย เป็นการแบ่งโดยใช้เกณฑ์ทางเคมี จากการตรวจวัดคลื่นไหวสะเทือน	ใช่/ไม่ใช่
2. โครงสร้างโลกทางด้านซ้าย เป็นการแบ่งโดยใช้เกณฑ์ทางเคมี จากการจำแนกชนิดของธาตุ	ใช่/ไม่ใช่
3. โครงสร้างโลกทางด้านขวา เป็นการแบ่งโดยใช้เกณฑ์ทางฟิสิกส์ ด้วยการชูดหลุมเจาะสำรวจ	ใช่/ไม่ใช่
4. โครงสร้างโลกทางด้านขวา เป็นการแบ่งโดยใช้เกณฑ์ทางฟิสิกส์ ด้วยความถ่วงจำเพาะของธาตุ	ใช่/ไม่ใช่
5. โครงสร้างโลกทั้งสองด้าน เป็นการแบ่งโดยใช้เกณฑ์ความไม่สม่ำเสมอของสนามความโน้มถ่วง	ใช่/ไม่ใช่

