

โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

ม.4

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ผู้เรียบเรียง

กฤษณ์ วันอินทร์

สมฤดี สาธิตคุณ

คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม

โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
เวลา 60 ชั่วโมง จำนวน 1.5 หน่วยกิต

ศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างโลก การเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลก ธรณีโครงสร้าง ภูเขาไฟ แผ่นดินไหว สึนามิ ซากดึกดำบรรพ์ การลำดับชั้นหิน อายุทางธรณีวิทยา มาตราธรณีกาล แร่ หิน ทรัพยากรเชื้อเพลิง แผนที่และองค์ประกอบของแผนที่ แผนที่ภูมิประเทศ และแผนที่ธรณีวิทยา

โดยจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนได้ศึกษา ค้นคว้า นำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันควบคู่ไปกับคุณธรรม และจริยธรรม และมีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ได้แก่ การใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้และการแก้ปัญหา มีความรอบคอบ มีความรับผิดชอบ พร้อมทั้งตระหนักว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ผลการเรียนรู้

1. อธิบายการแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลกพร้อมยกตัวอย่างข้อมูลที่สนับสนุน
2. อธิบายหลักฐานทางธรณีวิทยาที่สนับสนุนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี
3. ระบุสาเหตุและอธิบายแนวรอยต่อของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี พร้อมยกตัวอย่างหลักฐานทางธรณีวิทยาที่พบ
4. วิเคราะห์หลักฐานทางธรณีวิทยาที่พบในปัจจุบันและอธิบายลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาในอดีต
5. อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิดภูเขาไฟระเบิดและปัจจัยที่ทำให้ความรุนแรงของการปะทุ และรูปร่างของภูเขาไฟแตกต่างกัน รวมทั้งสืบค้นข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย
6. อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิด ขนาดและความรุนแรง และผลจากแผ่นดินไหว รวมทั้งสืบค้นข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย
7. อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิด และผลจากสึนามิ รวมทั้งสืบค้นข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย
8. ตรวจสอบ และระบุชนิดแร่ รวมทั้งวิเคราะห์สมบัติและนำเสนอการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรแร่ที่เหมาะสม
9. ตรวจสอบ จำแนกประเภท และระบุชื่อหิน รวมทั้งวิเคราะห์สมบัติและนำเสนอการใช้ประโยชน์ของทรัพยากรหินที่เหมาะสม
10. อธิบายกระบวนการเกิด และการสำรวจแหล่งปิโตรเลียมและถ่านหิน โดยใช้ข้อมูลทางธรณีวิทยา
11. อธิบายสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปิโตรเลียมและถ่านหิน พร้อมนำเสนอการใช้ประโยชน์อย่างเหมาะสม
12. อ่านและแปลความหมายจากแผนที่ภูมิประเทศและแผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ ที่กำหนดพร้อมทั้งอธิบายและยกตัวอย่างการนำไปใช้ประโยชน์

รวมทั้งหมด 12 ผลการเรียนรู้

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ผู้เรียบเรียง

ผศ. ดร.กฤษณ์ วันอินทร์

ผศ. ดร.สมฤดี สาทิตคุณ

ผู้ตรวจ

รศ. ดร.ไกรสร คำมา

ผศ. วสุมดี เนียมนาค

ผศ. มาลี สุทธิโอภาส

บรรณาธิการ

ศ. ดร.มนตรี ชูวงศ์

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ผู้เรียบเรียง ผศ. ดร.กฤษณ์ วันอินทร์
ผศ. ดร.สมฤดี สาทิตคุณ

ผู้ตรวจ รศ. ดร.ไกรสร คำมา
ผศ.วสุมดี เนียมขนาด
ผศ.มาลี สุทธิโอภาส

บรรณาธิการ ศ. ดร.มนตรี ชูวงศ์

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

กฤษณ์ วันอินทร์.

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.-- กรุงเทพฯ :
แม็คเอดูเคชั่น, 2562.

164 หน้า.

1. โลก. 2. ดาราศาสตร์. 3. อวกาศ. I. สมฤดี สาทิตคุณ,
ผู้แต่งร่วม. II. ชื่อเรื่อง.

550

ISBN 978-616-345-154-5

พิมพ์ครั้งที่ 1

จำนวน 20,000 เล่ม

สงวนลิขสิทธิ์ : มกราคม 2563

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย ห้ามลอกเลียน ไม่ว่าจะเป็นส่วนหนึ่งส่วนใด
ของหนังสือเล่มนี้ นอกจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร

จัดทำโดย

 MACEDUCATION

ส่งขนาดดีดั่งจ่าย ไปรษณีย์ลาดพร้าว

ในนาม บริษัท แม็คเอดูเคชั่น จำกัด

9/99 อาคารแม็ค ซอยลาดพร้าว 38 ถนนลาดพร้าว

แขวงจันทระเกษม เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทร. 0-2512-0661, 0-2938-2022-7 แฟกซ์ 0-2938-2028

www.MACeducation.com

พิมพ์ที่ : หจก. ซี แอนด์เอ็น บ็อค

คำชี้แจง

ตามที่กระทรวงศึกษาธิการโดยสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานได้ดำเนินการทบทวนหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยในระยะแรกให้ปรับปรุงมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสาระภูมิศาสตร์ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม สำหรับใช้ในปีการศึกษา 2561 ในชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 และ 4 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 4 ปีการศึกษา 2562 ให้ใช้ในชั้นประถมศึกษาปีที่ 1, 2, 4 และ 5 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2, 4 และ 5 และตั้งแต่ปีการศึกษา 2563 เป็นต้นไปให้ใช้ในทุกชั้นเรียน ซึ่งการปรับหลักสูตรครั้งนี้มีเป้าหมายสำคัญเพื่อให้โรงเรียนสามารถจัดการกระบวนการเรียนรู้ที่จะช่วยให้ผู้เรียนมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบสามารถใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการบูรณาการกับความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนาด้านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่นำไปสู่การคิดค้นสิ่งประดิษฐ์หรือสร้างสรรค์นวัตกรรม นอกจากนี้ยังให้เกิดการเรียนรู้เรื่องภูมิศาสตร์ (Geo-literacy) ทั้งด้านความสามารถทางภูมิศาสตร์ กระบวนการทางภูมิศาสตร์ และทักษะทางภูมิศาสตร์ เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจได้อย่างถูกต้องและนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิต

ด้วยตระหนักถึงความสำคัญของการปรับเปลี่ยนหลักสูตรข้างต้น บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด จึงได้มอบหมายให้ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตร ด้านการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล ได้ปรับปรุงพัฒนาหนังสือเรียนให้สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด ของหลักสูตรในกลุ่มสาระการเรียนรู้ที่มีการเปลี่ยนแปลง และให้สอดคล้องกับการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ที่กำหนดไว้ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579 และยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี

โดยหนังสือเรียนแต่ละหน่วยการเรียนรู้จะให้ผู้ใช้หนังสือเรียนได้ทราบเป้าหมายการเรียนรู้ในตอนต้นหน่วยการเรียนรู้ จากสาระการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ และทุกหัวข้อหลักจะนำเสนอแนวคิดสำคัญเพื่อให้ทราบถึงสิ่งที่เป็นความรู้ ความคิดที่เป็นแก่นสำคัญที่ต้องเรียนรู้ให้ลึกซึ้ง และการเรียนรู้ที่ดีผู้เรียนควรได้ตรวจสอบความรู้ความเข้าใจเป็นระยะ ๆ ก่อนเรียนเรื่องใหม่ ดังนั้น ในหนังสือเรียนจะมีการสอดแทรกกิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ที่สัมพันธ์กับเรื่องที่ได้เรียนผ่านมา เพื่อให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบ

ตนเอง หรือบางหัวข้ออาจเป็นการฝึกทักษะให้ชำนาญก่อน สิ่งเพิ่มเติมในหนังสือเรียนเล่มนี้ คือ กิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดสร้างสรรค์ การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา นำไปสู่การสร้างผลิตภัณฑ์หรือนวัตกรรม ซึ่งผู้สอนสามารถนำไปประยุกต์หรือดัดแปลง ให้เหมาะสมกับบริบทของโรงเรียนและผู้เรียน การศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมโดยใช้เทคโนโลยีการสื่อสาร และสารสนเทศ (ICT) เป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติม ดังนั้นในหนังสือเรียนเล่มนี้จึงได้มีการเสริมเนื้อหาเพิ่มเติมที่ได้ผ่านการคัดกรองมาแล้วว่าเหมาะสมกับการเรียนรู้ แทรกไว้ในเนื้อหา บางหน่วย โดยใช้สัญลักษณ์   ผู้เรียนสามารถใช้สมาร์ทโฟนสแกน QR Code หรือเปิด ในเว็บไซต์ MACiSMART.com ท้ายหน่วยการเรียนรู้ทุกหน่วยจะมีการสรุปบทเรียนสำหรับผู้เรียน ได้ใช้เป็นข้อมูลสำคัญในการตรวจสอบองค์ความรู้ที่ควรได้รับการพัฒนาหลังจากเสร็จสิ้นการเรียนรู้ หรือเป็นสาระสำคัญที่ควรจดจำและทำความเข้าใจให้ถ่องแท้ ซึ่งนับว่าเป็นส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่ง ในการปรับปรุงหนังสือเรียนครั้งนี้ที่ได้พัฒนาให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด หวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเรียนเล่มนี้จะมีคุณค่า มีประโยชน์ และช่วยส่งเสริมการปฏิรูปการศึกษา เพื่อเป็นรากฐานสำคัญที่จะช่วยทำให้ประเทศไทยก้าวสู่ประเทศ ที่มีการพัฒนาอย่างยั่งยืน ด้วยการมีพลเมืองที่มีคุณภาพ มีความคิดสร้างสรรค์ ตามเจตนารมณ์ ของการปฏิรูปหลักสูตรครั้งนี้ และนโยบายประเทศไทย 4.0

บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด

คำนำ

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้พัฒนาและปรับทั้งเนื้อหา กิจกรรมการทดลอง ภาพประกอบ กิจกรรมตรวจสอบ การเรียนรู้ กิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ให้ตรงตาม ผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

คณะผู้เรียบเรียงได้ศึกษาผลการเรียนรู้ กระบวนการจัดการเรียนรู้ และแนวทางในการวัดและ ประเมินผล นำมาจัดทำโครงสร้างสำหรับหลักสูตรชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยเลือกเนื้อหา กระบวนการเรียน การสอน การทำกิจกรรม ทักษะการคิดการวัดผลและประเมินผล ผ่านการนำเสนอด้วยการเรียนรู้ แบบลงมือปฏิบัติ (Active Learning) ที่เหมาะสมกับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อพัฒนาผู้เรียน ให้เกิดการเรียนรู้ เข้าใจหลักการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ วิธีการสำรวจ ตรวจสอบข้อมูล การคิดแก้ปัญหา ตลอดจนการเสริมสร้างจิตวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังมุ่งเน้น ให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนและพัฒนาให้เกิดทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ที่สำคัญ ด้วยกิจกรรมเพื่อส่งเสริม ความคิดสร้างสรรค์ ที่ช่วยให้ผู้เรียนมีทักษะในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง การคิดสร้างสรรค์ การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การทำงานร่วมกัน นำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือนวัตกรรมที่ก่อให้เกิด ประโยชน์ต่อการศึกษาและนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งเป็นคำตอบของการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์

หนังสือเรียนเล่มนี้ประกอบด้วย 5 หน่วยการเรียนรู้ แต่ละหน่วยการเรียนรู้ได้สรุปสาระ การเรียนรู้ ระบุผลการเรียนรู้ มีภาพและคำถามนำเข้าสู่บทเรียน แนวคิดหลักของหน่วยการเรียนรู้ แนวคิดสำคัญของแต่ละเรื่อง กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ กิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ เนื้อหา และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์เพื่อเป็นการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน

หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการเรียนการสอนตามแนวปฏิรูป การศึกษา และมีคุณภาพตรงตามผลการเรียนรู้ หากมีข้อบกพร่องประการใด คณะผู้เรียบเรียง ขออภัยรับคำแนะนำด้วยความขอบคุณยิ่ง

ผศ. ดร.กฤษณ์ วันอินทร์

ผศ. ดร.สมฤดี สาธิตคุณ

สารบัญ

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 การเปลี่ยนแปลงของธรณีภาค	1
1. โครงสร้างโลก	2
1.1 การแบ่งโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี	3
1.2 การแบ่งโครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกลของคลื่นไหวสะเทือน	4
2. การเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลก	10
2.1 หลักฐานที่สนับสนุนสมมติฐานทวีปเลื่อน	12
2.2 ทฤษฎีที่ใช้อธิบายการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลก	15
2.3 ลักษณะการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลก	17
3. ธรณีโครงสร้าง	22
3.1 ความเค้นและความเครียดในชั้นเปลือกโลก	23
3.2 การวางตัวของชั้นหิน	24
3.3 รอยคดโค้ง	25
3.4 รอยเลื่อน	28
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์	34
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ธรณีพิบัติภัย	35
1. ภูเขาไฟ	37
2. แผ่นดินไหว	50
3. สึนามิ	64
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์	70
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ธรณีประวัติ	71
1. ซากดึกดำบรรพ์	72
1.1 การค้นพบซากดึกดำบรรพ์	73
1.2 กระบวนการเกิดซากดึกดำบรรพ์	74
2. การลำดับชั้นหิน	79

3. อายุทางธรณีวิทยา	88
3.1 อายุเปรียบเทียบ	88
3.2 อายุสัมบูรณ์	88
4. มาตราธรณีกาล	91
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์	97

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 ทรัพยากรธรณี 98

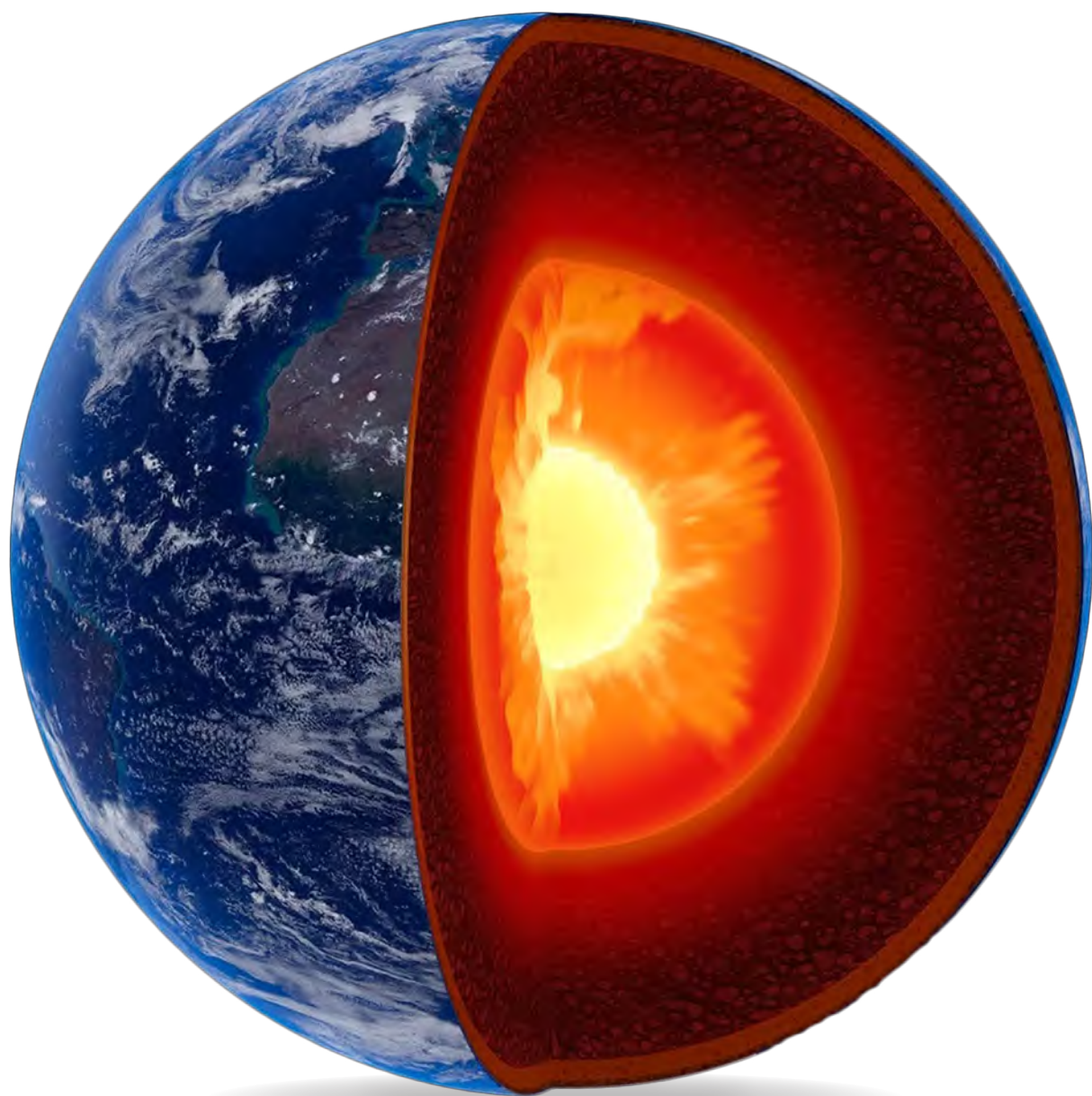
1. แร่	99
2. หิน	108
2.1 หินอัคนี	109
2.2 หินตะกอน	111
2.3 หินแปร	112
3. ทรัพยากรเชื้อเพลิง	113
3.1 ถ่านหิน	113
3.2 ปิโตรเลียม	117
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์	124

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 แผนที่ 125

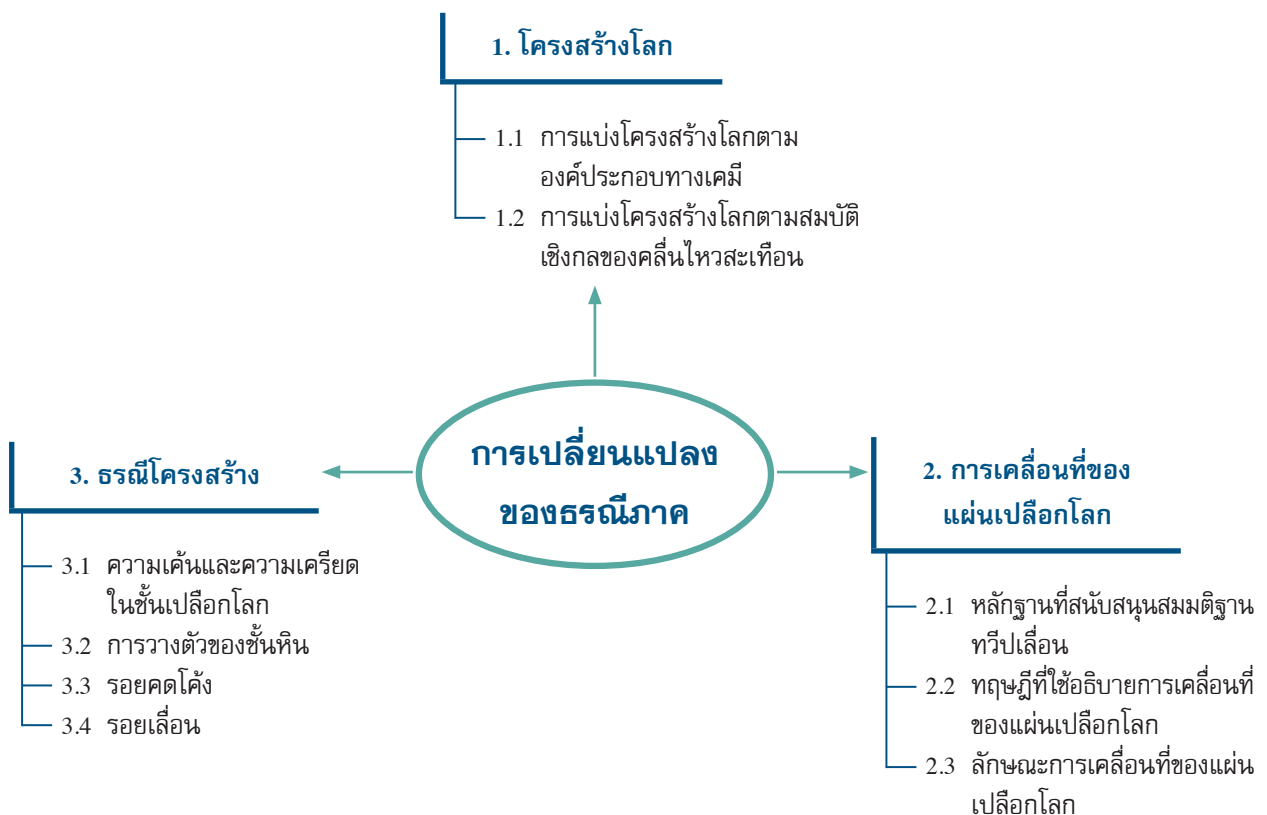
1. แผนที่และองค์ประกอบของแผนที่	126
1.1 ชนิดของแผนที่	127
1.2 องค์ประกอบของแผนที่	128
1.3 ประโยชน์ของแผนที่	137
2. แผนที่ภูมิประเทศ	138
3. แผนที่ธรณีวิทยา	141
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์	148

บรรณานุกรม 149

ดัชนี 151



การเปลี่ยนแปลงของธรณีภาค



ผลการเรียนรู้

- อธิบายการแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลก พร้อมยกตัวอย่างข้อมูลที่สนับสนุน
- อธิบายหลักฐานทางธรณีวิทยาที่สนับสนุนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี
- ระบุสาเหตุและอธิบายแนวรอยต่อของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี พร้อมยกตัวอย่างหลักฐานทางธรณีวิทยาที่พบ

โลกมีโครงสร้างอย่างไร การเปลี่ยนแปลงของ
โครงสร้างโลกทำให้เกิดปรากฏการณ์ใดบ้าง



แนวคิดหลัก

การศึกษาโครงสร้างโลกจะทำให้ทราบถึงประวัติความเป็นมาของโลกและการเกิดปรากฏการณ์ธรรมชาติทางธรณีวิทยา การเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลกอธิบายได้โดยทฤษฎีธรณีแปรสัณฐาน ซึ่งการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลกในลักษณะที่ต่างกัน จะทำให้เกิดลักษณะธรณีสัณฐานแตกต่างกัน เช่น แนวทิวเขา เทือกเขากลางสมุทร หุบเขาทรุด หมู่เกาะภูเขาไฟรูปโค้ง และทำให้เกิดธรณีโครงสร้างต่าง ๆ เช่น รอยคดโค้ง รอยเลื่อน รอยแยก นอกจากนี้ยังส่งผลให้เกิดธรณีพิบัติภัยต่าง ๆ ได้

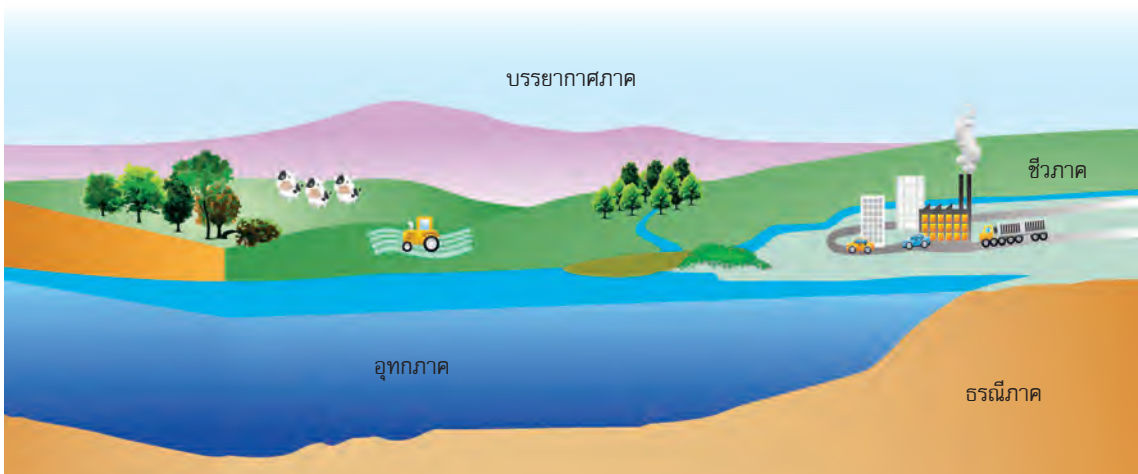
1. โครงสร้างโลก



แนวคิดสำคัญ

โครงสร้างโลกมีลักษณะเป็นชั้น ๆ การแบ่งโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมีจะแบ่งออกเป็น 3 ชั้น คือ เปลือกโลก เนื้อโลก และแก่นโลก ส่วนการแบ่งโครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกลของคลื่นไหวสะเทือนจะแบ่งออกเป็น 5 ชั้น คือ ธรณีภาค ฐานธรณีภาค มัชฌิมภาค แก่นโลกชั้นนอก และแก่นโลกชั้นใน

นักเรียนเคยสังเกตบ้างหรือไม่ว่า โลกของเรานั้นมีทั้งส่วนที่เป็นของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ซึ่งนั่นก็คือ ส่วนของพื้นดิน พื้นน้ำ และอากาศ ซึ่งสิ่งมีชีวิตสามารถอาศัยอยู่ได้ทั้ง 3 ส่วน ดังนั้น โลกของเราจึงแบ่งตามองค์ประกอบด้านสิ่งแวดล้อมออกเป็น 4 ส่วน คือ บรรยากาศภาค ชีวภาค อุทกภาค และธรณีภาค ทุกส่วนมีความเชื่อมโยงและสัมพันธ์กัน หากส่วนใดส่วนหนึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงก็จะส่งผลกระทบต่อส่วนอื่น ๆ ด้วย



รูปที่ 1.1 ส่วนต่าง ๆ ของโลก

1. บรรยากาศภาค (atmosphere) หมายถึง อากาศที่อยู่รอบ ๆ โลกตั้งแต่ผิวโลกไปจนถึงระดับสูงกว่า 800 กิโลเมตร บรรยากาศมีน้ำหนักจึงมีความกดอากาศ ซึ่งบริเวณผิวโลกจะมีค่าความกดอากาศมากที่สุดประมาณ 101,325 นิวตันต่อตารางเมตร

2. ชีวภาค (biosphere) หมายถึง ส่วนของผิวโลกและบริเวณใกล้เคียงผิวโลกที่เป็นที่อยู่ของสิ่งมีชีวิตทั้งหลายในโลก

3. อุทกภาค (hydrosphere) หมายถึง ส่วนที่เป็นน้ำทั้งหมดบนโลกซึ่งครอบคลุมสามในสี่ส่วนของผิวโลก ได้แก่ แม่น้ำ ลำธาร ทะเล มหาสมุทร และแหล่งน้ำต่าง ๆ

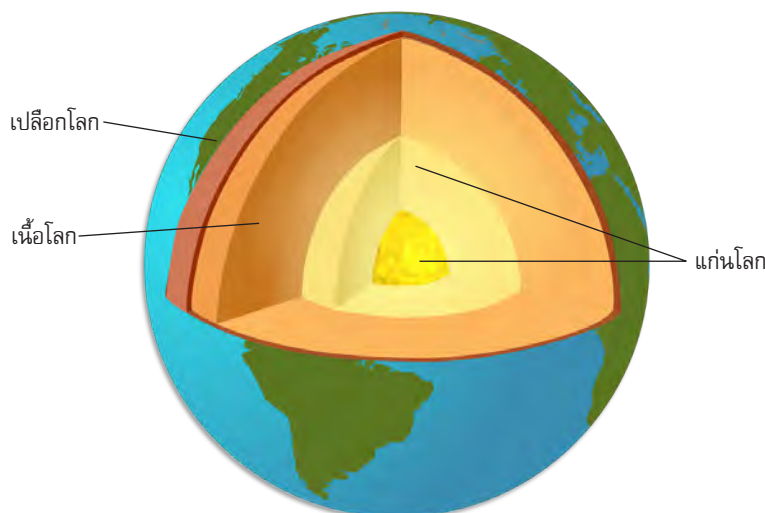
4. ธรณีภาค (lithosphere) หมายถึง ส่วนของเปลือกโลกทั้งหมดและส่วนบนสุดของเนื้อโลกที่เป็นของแข็ง เป็นส่วนที่มีความสำคัญที่สุดทางด้านธรณีวิทยา เนื่องจากเป็นส่วนที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก การเกิดชั้นหิน ดิน และแร่ ซึ่งมีอิทธิพลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก

ในระดับชั้นนี้ นักเรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับโลกในส่วนของธรณีภาค ซึ่งโลกของเรานั้นมีโครงสร้างภายในที่มีลักษณะเป็นชั้น ๆ แต่ละชั้นมีอิทธิพลทำให้ส่วนของธรณีภาคเกิดการเปลี่ยนแปลงได้

การศึกษาโครงสร้างและองค์ประกอบภายในโลกนั้นทำได้ยากมาก นักธรณีวิทยาจึงใช้ข้อมูลหลาย ๆ ด้านในการศึกษาโครงสร้างภายในของโลก เช่น การปะทุของภูเขาไฟ การวัดอุณหภูมิภายใต้เหมืองลึก ชุดหินโอไฟโอไลต์ องค์ประกอบทางเคมีของหินและแร่ ลักษณะการเคลื่อนที่ของคลื่นไหวสะเทือน รวมถึงการศึกษาโครงสร้างของอุกกาบาตที่ทำให้นักธรณีวิทยาเข้าใจองค์ประกอบภายในของโลกได้ เนื่องจากอุกกาบาตเป็นวัตถุที่เกิดขึ้นพร้อม ๆ กับโลกในช่วงต้นของการกำเนิดระบบสุริยะ ซึ่งธาตุองค์ประกอบและความหนาแน่นของอุกกาบาตเหล่านี้มีความใกล้เคียงกับแก่นโลกมาก จากหลักฐานต่าง ๆ ข้างต้น ทำให้นักธรณีวิทยาสามารถจำแนกโครงสร้างของโลกออกเป็นชั้น ๆ ได้ โดยใช้เกณฑ์ในการแบ่งโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติเชิงกลของคลื่นไหวสะเทือน

1.1 การแบ่งโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีบริเวณส่วนต่าง ๆ ภายในโครงสร้างโลก สามารถแบ่งโครงสร้างโลกออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ เปลือกโลก เนื้อโลก และแก่นโลก ดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 โครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี

1. เปลือกโลก (crust) เป็นชั้นนอกสุดของโครงสร้างโลก มีความหนาประมาณ 4–100 กิโลเมตร แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1.1 เปลือกโลกทวีป (continental crust) เป็นส่วนของพื้นทวีปและไหล่ทวีป มีความหนาประมาณ 25–70 กิโลเมตร เปลือกโลกส่วนที่มีความหนามากๆ จะเป็นบริเวณที่มีภูเขาสูง เปลือกโลกทวีปมีความหนาแน่นเฉลี่ยประมาณ 2,700 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งน้อยกว่าเปลือกโลกมหาสมุทร โครงสร้างโลกส่วนนี้ประกอบด้วยแร่ซิลิกา (silica) และอะลูมินา (alumina) เป็นส่วนใหญ่ จึงเรียกว่า **ชั้นไซอัล (SIAL)**

1.2 เปลือกโลกมหาสมุทร (oceanic crust) เป็นเปลือกโลกส่วนที่อยู่ใต้มหาสมุทร มีความหนาประมาณ 4–11 กิโลเมตร มีความหนาแน่นเฉลี่ยประมาณ 3,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งมากกว่าเปลือกโลกทวีป โครงสร้างโลกส่วนนี้ประกอบด้วยแร่ซิลิกา (silica) และแมกนีเซีย (magnesia) เป็นส่วนใหญ่ จึงเรียกว่า **ชั้นไซมา (SIMA)**

2. เนื้อโลก (mantle) คือ ชั้นของโลกที่อยู่ระหว่างเปลือกโลกกับแก่นโลก ความหนาประมาณ 2,900 กิโลเมตร แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

2.1 เนื้อโลกส่วนบน (upper mantle) มีความหนาประมาณ 30–100 กิโลเมตร ส่วนประกอบหลักของชั้นเนื้อโลกส่วนใหญ่เป็นแมกนีเซียมและเหล็ก เกือบทั้งหมดมีสถานะเป็นของแข็ง ยกเว้นที่ความลึกประมาณ 100–250 กิโลเมตร เรียกว่า **ฐานธรณีภาค (asthenosphere)** ในชั้นนี้มีการหลอมละลายของหินเป็นบางส่วน จึงเป็นหินเนื้ออ่อน อุณหภูมิที่สูงมากทำให้แร่บางส่วนหลอมละลายเป็น **หินหนืด** หรือ **แมกมา (magma)** ที่เคลื่อนที่หมุนวนด้วยการพาความร้อน

2.2 เนื้อโลกส่วนล่าง (lower mantle) เป็นชั้นที่อยู่ใต้ฐานธรณีภาค มีสภาพเป็นของแข็ง อยู่ที่ระดับความลึกจากผิวโลก 660–2,900 กิโลเมตร ส่วนใหญ่ประกอบด้วยซิลิเกตและออกไซด์ของเหล็กและแมกนีเซียม มีอุณหภูมิประมาณ 3,000 องศาเซลเซียส

3. แก่นโลก (core) เป็นส่วนในสุดของโลกถัดจากชั้นเนื้อโลก มีความหนาแน่นและความดันสูงมาก ประกอบด้วยธาตุเหล็กและนิกเกิลเป็นส่วนใหญ่ มีรัศมีประมาณ 3,500 กิโลเมตร แบ่งออกเป็น 2 ชั้น ดังนี้

3.1 แก่นโลกชั้นนอก (outer core) อยู่ที่ระดับความลึกจากผิวโลกตั้งแต่ 2,900–5,000 กิโลเมตร มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 12 แก่นโลกชั้นนี้เป็นโลหะเหลวที่ประกอบด้วยธาตุเหล็กและนิกเกิลซึ่งไหลวนไปในทิศทางเดียวกัน ทำให้นักวิทยาศาสตร์ตั้งสมมติฐานว่า การไหลของโลหะเหลวเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กโลก

3.2 แก่นโลกชั้นใน (inner core) อยู่ที่ระดับความลึกจากผิวโลกประมาณ 5,000 กิโลเมตร มีความหนาประมาณ 1,200 กิโลเมตร มีอุณหภูมิสูงถึง 7,500 องศาเซลเซียส มีความถ่วงจำเพาะมากกว่า 17 อยู่ในสภาพของแข็ง ประกอบด้วยธาตุเหล็ก ธาตุ นิกเกิล และธาตุที่มีความถ่วงจำเพาะสูงมาก ๆ

1.2 การแบ่งโครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกลของคลื่นไหวสะเทือน

คลื่นไหวสะเทือน (seismic wave) เป็นคลื่นที่เกิดจากการส่งผ่านพลังงานจากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง โดยอนุภาคของตัวกลางไม่ได้เคลื่อนที่ตามไปด้วย ประกอบด้วยคลื่นหลัก 2 ชนิด ดังนี้

1. คลื่นในตัวกลาง (body wave) เป็นคลื่นที่เดินทางอยู่ภายในเนื้อโลกซึ่งเป็นตัวกลางของคลื่นที่มีเนื้อเดียวกันตลอด แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้

1.1 คลื่นปฐมภูมิ (primary

wave : P wave) เป็นคลื่นอัดขยายที่ตรวจวัดได้จากแผ่นดินไหว ซึ่งเดินทางจากต้นกำเนิดคลื่นถึงเครื่องตรวจวัดคลื่นได้เป็นอันดับแรก อนุภาคของตัวกลางเคลื่อนที่ตามแนวยาวในทิศทางเดียวกันกับการเคลื่อนที่ของคลื่น เกิดส่วนอัดและส่วนขยายคล้ายคลื่นเสียงในอากาศ โดยที่อนุภาคของตัวกลางจะไม่เกิดการหมุน คลื่นชนิดนี้สามารถเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางได้ทุกสถานะ

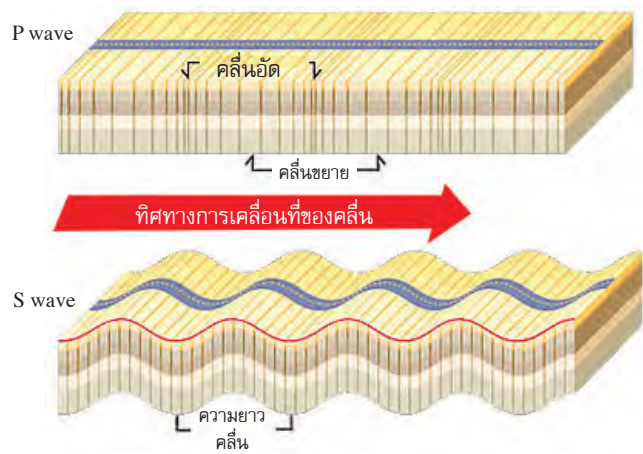
1.2 คลื่นทุติยภูมิ (secondary

wave : S wave) เป็นคลื่นเฉือนที่ตรวจวัดได้จากแผ่นดินไหว ซึ่งเดินทางจากต้นกำเนิดคลื่นถึงเครื่องตรวจวัดคลื่นได้หลังคลื่นปฐมภูมิ อนุภาคของตัวกลางเคลื่อนที่ตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น และมีการหมุนรอบแกนเมื่อแรงเฉือนมากระทำกับตัวกลาง ทำให้รูปร่างของตัวกลางเปลี่ยนแปลงไป คลื่นชนิดนี้สามารถเคลื่อนที่ผ่านได้เฉพาะตัวกลางที่มีสถานะเป็นของแข็งเท่านั้น

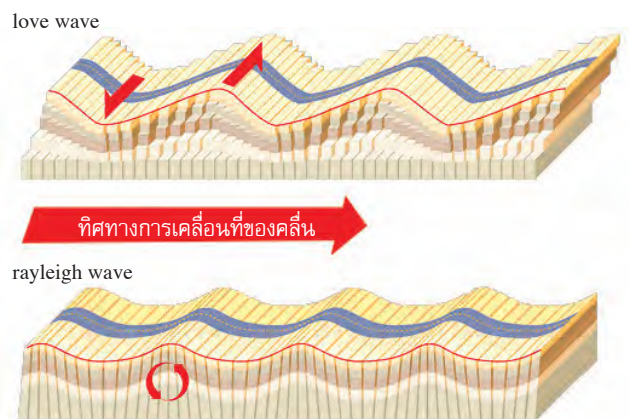
2. คลื่นพื้นผิว (surface wave) เป็นคลื่นที่เคลื่อนที่ไปตามพื้นผิวของโลก แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้

2.1 คลื่นเลิฟ (love wave) คือ คลื่นที่อนุภาคในตัวกลางเกิดการสั่นในแนวระดับ ซึ่งตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นและไม่เกิดการกระจัดในแนวตั้ง มีลักษณะเดียวกับการเลื้อยของงูไปตามผิวดิน ขณะที่คลื่นเลิฟมีความเร็วสูง จะมีความถี่ต่ำและจะเคลื่อนที่ลงสู่ใต้ผิวโลกได้มากขึ้น

2.2 คลื่นเรย์ลี (rayleigh wave) คือ คลื่นที่อนุภาคในตัวกลางเกิดการสั่นในแนวตั้ง พื้นผิวโลกเกิดการเคลื่อนไหวในเชิงวงรีโดยมีแกนหลักในแนวแกนตั้ง ความเร็วของคลื่นจะลดลงตามความลึกอย่างรวดเร็ว

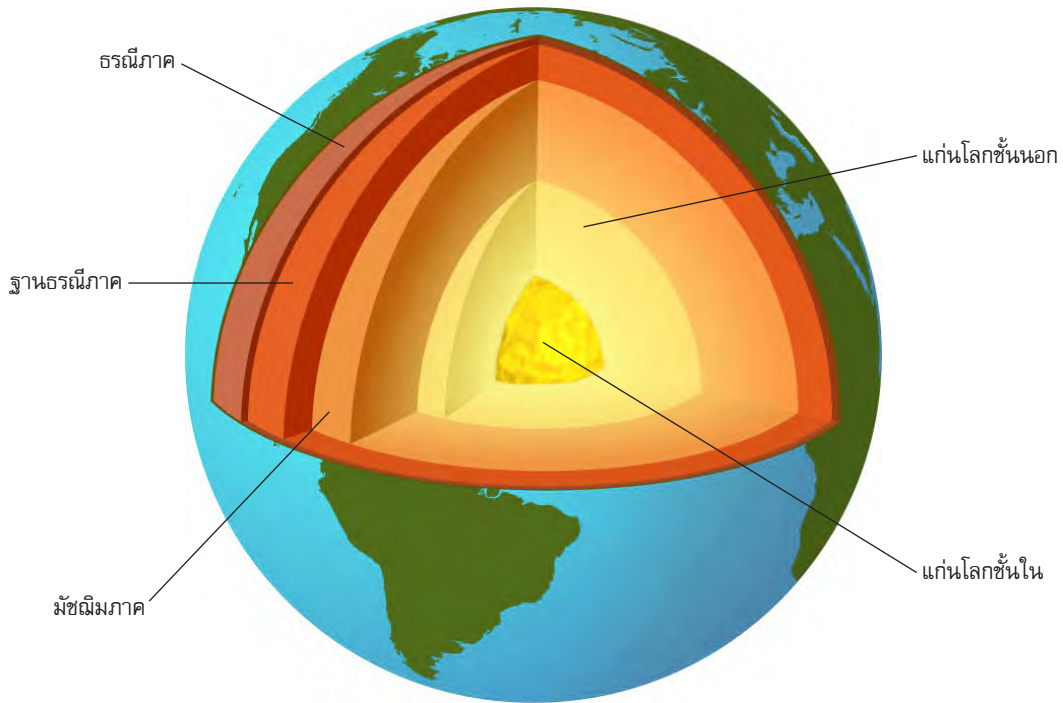


รูปที่ 1.3 คลื่นในตัวกลาง



รูปที่ 1.4 คลื่นพื้นผิว

จากการศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่ของคลื่นไหวสะเทือนที่ระดับความลึกต่าง ๆ ภายในโครงสร้างโลก สามารถแบ่งโครงสร้างโลกออกเป็น 5 ส่วน ได้แก่ ธรณีภาค ฐานธรณีภาค มัชฌิมภาค แก่นโลกชั้นนอก และแก่นโลกชั้นใน ดังรูปที่ 1.5



รูปที่ 1.5 โครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกลของคลื่นไหวสะเทือน

1. ธรณีภาค (lithosphere) คือ เปลือกโลกทั้งหมดรวมกับชั้นบาง ๆ ของเนื้อโลกส่วนบน คลื่น P และ คลื่น S เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเพิ่มมากขึ้นจนถึง **เขตไม่ต่อเนื่องโมโฮโรวิช (Mohorovicic discontinuity)** แล้วจึงเคลื่อนที่ช้าลง แนวนี้ใช้แบ่งเขตระหว่างเปลือกโลกชั้นนอกกับเปลือกโลกชั้นใน ซึ่งมีนิยามจากการเปลี่ยนแปลงอัตราเร็วของคลื่นไหวสะเทือนเหนือรอยต่อและใต้รอยต่อ อยู่ลึกประมาณ 50 กิโลเมตรจากผิวโลก ตั้งชื่อตามนักวิทยาศาสตร์ชาวสลาฟ เอ.โมโฮโรวิช ซึ่งเป็นผู้ค้นพบเมื่อ พ.ศ. 2452

2. ฐานธรณีภาค (asthenosphere) เป็นชั้นที่อยู่ถัดจากธรณีภาคซึ่งอยู่ที่ระดับความลึกจากผิวโลกประมาณ 100–250 กิโลเมตร หินในชั้นนี้มีความอ่อนตัวและมีสมบัติเป็นพลาสติก การเคลื่อนที่ของคลื่นไหวสะเทือนแบ่งออกเป็น 2 เขต คือ เขตที่คลื่นไหวสะเทือนมีความเร็วต่ำ (low velocity zone) ที่ระดับความลึกประมาณ 100–400 กิโลเมตร คลื่น P และคลื่น S มีความเร็วลดลง และเขตที่มีการเปลี่ยนแปลง (transitional zone) อยู่บริเวณเนื้อโลกส่วนบนที่ระดับความลึกประมาณ 400–700 กิโลเมตร คลื่น P และคลื่น S มีความเร็วเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในอัตราที่ไม่สม่ำเสมอ หินในชั้นนี้มีลักษณะเป็นของแข็งและมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแร่

3. มัชฌิมภาค (mesosphere) เป็นชั้นที่อยู่ใต้ฐานธรณีภาคหรือบริเวณเนื้อโลก ซึ่งมีความลึกประมาณ 700–2,900 กิโลเมตร เป็นบริเวณที่คลื่นไหวสะเทือนมีความเร็วสม่ำเสมอ เนื่องจากเป็นชั้นของแข็งที่มีเนื้อเดียวกัน เช่น เหล็กซิลิเกต แมกนีเซียมซิลิเกต