



หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่

# โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม ๑

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

๔







หนังสือเรียน

---

# รายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

---

## โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

ชั้น

---

### มัธยมศึกษาปีที่ ๔ เล่ม ๑

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)  
ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

จัดทำโดย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

จัดทำเป็นฉบับ e-book ครั้งที่ ๒ พ.ศ. ๒๕๖๖

มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

---

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำหนังสือเรียนฉบับ e-book นี้ขึ้น โดยมีเนื้อหาเช่นเดียวกับหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ เล่ม ๑ ฉบับสิ่งพิมพ์ที่ได้จัดทำตามผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ ทุกประการเพื่ออำนวยความสะดวกในการเข้าถึงหนังสือเรียน สสวท. ผ่านเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อให้นักเรียน ครู ผู้ปกครอง นักวิชาการ และ ผู้สนใจทั่วไปเข้าถึงได้ง่ายและสะดวกรวดเร็ว รวมทั้งสามารถเลือกใช้ตามความเหมาะสมกับจุดประสงค์ต่าง ๆ ทั้งนี้ สสวท. ขอสงวนสิทธิ์ในหนังสือเรียนฉบับ e-book นี้ตามกฎหมายลิขสิทธิ์ ห้ามผู้ใดทำซ้ำ คัดลอก ดัดแปลง เลียนแบบ จำหน่าย หรือ เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

---

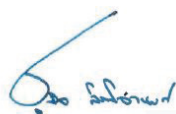
สามารถเข้าถึงสื่อดิจิทัลต่าง ๆ ของสสวท.ได้ที่ <http://www.ipst.ac.th/ebook-resource/>

# คำชี้แจง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ โดยมีจุดเน้นเพื่อต้องการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความสามารถที่ทัดเทียมกับนานาชาติ ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติเพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ ซึ่งในปีการศึกษา ๒๕๖๑ เป็นต้นไป โรงเรียนจะต้องใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) สสวท. จึงได้จัดทำหนังสือเรียนที่เป็นไปตามมาตรฐานหลักสูตรเพื่อให้โรงเรียนได้ใช้สำหรับจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ เล่ม ๑ นี้ มีผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมที่ครอบคลุมเนื้อหาบางส่วนที่ปรากฏตามตัวชี้วัดของรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ โดยเมื่อผู้เรียนเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม ๑ – เล่ม ๖ ครบทุกชั้นปีในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ – ๖ แล้ว จะสามารถบรรลุผลสัมฤทธิ์ตามตัวชี้วัดของรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศได้ และในขณะเดียวกันก็สามารถต่อยอดเนื้อหาจากรายวิชาพื้นฐานไปสู่เนื้อหาในรายวิชาเพิ่มเติมได้โดยไม่ต้องเสียเวลาเรียนซ้ำซ้อน ทั้งนี้หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม ๑ นี้ มีเนื้อหาที่จำเป็นที่ต้องเรียนประกอบด้วยเรื่องโครงสร้างโลก การแปรสัณฐานของแผ่นธรณี ธรณีพิบัติภัย และการลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยา ซึ่งเป็นพื้นฐานที่สำคัญสำหรับการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาในด้านวิทยาศาสตร์ หรือประกอบอาชีพในสาขาที่ใช้วิทยาศาสตร์เป็นฐาน เช่น แพทย์ ทันตแพทย์ สัตวแพทย์ เทคโนโลยีชีวภาพ เทคนิคการแพทย์ วิศวกรรม สถาปัตยกรรม วัสดุศาสตร์ อุตุนิยมวิทยา ธรณีวิทยา ฯลฯ โดยเน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา เชื่อมโยงความรู้สู่การนำไปใช้ในชีวิตจริง ผู้เรียนจะได้ทำกิจกรรมที่เป็นพื้นฐานที่สำคัญ รวมทั้งกิจกรรมที่ผู้เรียนสามารถคิดค้นและออกแบบการทดลองด้วยตนเอง มีแบบตรวจสอบความรู้ความเข้าใจก่อนเรียน มีแบบฝึกหัดเพื่อให้ตรวจทานความรู้หลังจากที่เรียนไปแล้ว รวมทั้งสรุปความรู้ในแต่ละบทด้วย ในการจัดทำหนังสือเรียนเล่มนี้ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิชาการอิสระ คณาจารย์ทั้งหลาย รวมทั้งครูผู้สอน นักวิชาการ จากสถาบันและสถานศึกษาทั้งภาครัฐและเอกชน จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม ๑ นี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้เรียนและผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ที่จะช่วยให้การจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล หากมีข้อเสนอแนะใดที่จะทำให้หนังสือเรียนเล่มนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โปรดแจ้ง สสวท. ทราบด้วย จะขอบคุณยิ่ง



(ศาสตราจารย์ชูกิจ ลิ้มปิจำนงค์)

ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
กระทรวงศึกษาธิการ

# คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม

โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม ๑

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔

เวลา ๔๐ ชั่วโมง จำนวน ๑ หน่วยกิต

ศึกษาการแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลก รอยต่อระหว่างชั้นโครงสร้างพร้อมหลักฐานสนับสนุน ศึกษาการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีตามทฤษฎีธรณีแปรสัณฐานพร้อมหลักฐานสนับสนุน ศึกษาสาเหตุและรูปแบบ แนวรอยต่อของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี และหลักฐานที่เป็นผลจากการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี ศึกษาสาเหตุ กระบวนการเกิด และผลจากการเกิดภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินไหว และสึนามิ พร้อมแนวทางการเฝ้าระวังและปฏิบัติตนให้ปลอดภัย รวมทั้งอธิบายลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาในอดีตโดยใช้หลักฐานที่พบในปัจจุบัน โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต วิเคราะห์ เปรียบเทียบ อธิบาย อภิปราย และสรุป เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ มีทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ ในด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านการคิดและการแก้ปัญหา ด้านการสื่อสาร สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตของตนเอง มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

## ผลการเรียนรู้

๑. อธิบายการแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลก พร้อมยกตัวอย่างข้อมูลที่น่าสนับสนุน
๒. อธิบายหลักฐานทางธรณีวิทยาที่สนับสนุนการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี
๓. ระบุสาเหตุ และอธิบายแนวรอยต่อของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี พร้อมยกตัวอย่างหลักฐานทางธรณีวิทยาที่พบ
๔. วิเคราะห์หลักฐานทางธรณีวิทยาที่พบในปัจจุบัน และอธิบายลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาในอดีต
๕. อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิดภูเขาไฟระเบิดและปัจจัยที่ทำให้ความรุนแรงของการปะทุและรูปร่างของภูเขาไฟแตกต่างกัน รวมทั้งสืบค้นข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย
๖. อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิด ขนาดและความรุนแรง และผลจากแผ่นดินไหว รวมทั้งสืบค้นข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย
๗. อธิบายสาเหตุ กระบวนการเกิด และผลจากสึนามิ รวมทั้งสืบค้นข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย ออกแบบและนำเสนอแนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย

รวมทั้งหมด ๗ ผลการเรียนรู้

## ข้อเสนอแนะทั่วไปในการใช้หนังสือเรียน

หนังสือเรียนเป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อให้นักเรียนได้ใช้ในการศึกษาเนื้อหาที่สำคัญและเกิดทักษะที่จำเป็นที่สอดคล้องกับมาตรฐานและสาระการเรียนรู้ รวมทั้งยังมีสื่อที่ช่วยเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน โดยสามารถเชื่อมต่อไปยังหน้าเว็บไซต์รายการสื่อได้จาก QR code หรือ URL ที่อยู่ประจำแต่ละบทการทำความเข้าใจเกี่ยวกับสัญลักษณ์หรือข้อความตามหัวข้อต่าง ๆ ที่ปรากฏในหนังสือเรียน จะช่วยให้นักเรียนใช้หนังสือเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสัญลักษณ์หรือข้อความตามหัวข้อต่าง ๆ ที่ปรากฏในหนังสือเรียน มีดังนี้

- คำถามสำคัญ
- จุดประสงค์การเรียนรู้
- ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน
- ขวนคิด
- ตรวจสอบความเข้าใจ
- กิจกรรม
- กิจกรรมเสนอแนะ
- ลองทำดู
- ความรู้เพิ่มเติม
- ศัพท์น่ารู้
- การเชื่อมโยงความรู้
- กรณีศึกษา
- สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน
- แบบฝึกหัดท้ายบท

### 1

#### คำถามสำคัญ



คำถามประจำบทที่นักเรียนต้องอาศัยความรู้ทั้งหมดในบทเรียนในการตอบคำถาม ซึ่งนักเรียนควรตอบได้หลังจากได้เรียนรู้ในบทนั้นแล้ว

### 2

#### จุดประสงค์การเรียนรู้



เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ที่ต้องการให้นักเรียนเกิดความรู้หรือทักษะหลังจากผ่านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ ซึ่งนักเรียนควรศึกษาทำความเข้าใจก่อนเริ่มเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ

### 3

#### ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน



ชุดคำถามที่ใช้ในการตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน ซึ่งนักเรียนควรตอบคำถามให้ถูกต้องทั้งหมด หากไม่ถูกต้องควรทบทวนเนื้อหานั้นก่อนเริ่มการเรียนรู้เรื่องใหม่ในแต่ละบท

4

#### ชวนคิด



คำถามระหว่างเรียนที่เชื่อมโยงหรือต่อยอดความรู้เดิมที่ศึกษาแล้วกับความรู้ใหม่หรือความรู้ในศาสตร์อื่น เพื่อให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์หรือความต่อเนื่องของเนื้อหา

5

#### ตรวจสอบความเข้าใจ



คำถามระหว่างเรียนที่ช่วยประเมินการเรียนรู้ ซึ่งนักเรียนสามารถใช้ตรวจสอบว่า ตนเองมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาแล้วหรือยัง

6

#### กิจกรรม



การปฏิบัติที่ช่วยในการเรียนรู้เนื้อหาหรือฝึกฝนให้เกิดทักษะตามจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน โดยอาจเป็นการทดลอง การสืบค้นข้อมูล หรือกิจกรรมอื่น ๆ ซึ่งนักเรียนควรลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง

7

#### กิจกรรมเสนอแนะ



การปฏิบัติที่ช่วยเสริมความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในบทเรียน ซึ่งอาจเป็นกิจกรรมที่ลงมือปฏิบัติในห้องเรียนหรือนอกเวลาเรียนได้

8

#### ลองทำดู



การปฏิบัติที่ช่วยเสริมความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในบทเรียน ซึ่งนักเรียนสามารถลงมือปฏิบัติด้วยตนเองนอกเวลาเรียนได้

9

#### ความรู้เพิ่มเติม



ความรู้ที่เพิ่มเติมจากเนื้อหาในบทเรียน เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจมากขึ้น โดยไม่มีการวัดและประเมินผล

10

## ศัพท์น่ารู้



ความหมายของคำศัพท์ต่าง ๆ ที่เพิ่มเติมและสอดคล้องกับเนื้อหาภายในบทเรียน

11

## การเชื่อมโยงความรู้



เนื้อหาที่แสดงความเชื่อมโยงของความรู้ในบทเรียนกับความรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์สาขาอื่น ความรู้ในชีวิตประจำวัน หรือความรู้ที่ใช้ในอาชีพต่าง ๆ

12

## กรณีศึกษา



ตัวอย่างข้อมูลจากการศึกษาหรืองานวิจัยที่สอดคล้องกับความรู้ในบทเรียน เพื่อให้นักเรียนศึกษาวิเคราะห์จากกรณีจริง

13

## สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน



การสรุปเนื้อหาสำคัญภายในบทเรียน เพื่อช่วยให้เห็นภาพรวมของเนื้อหาทั้งหมด

14

## แบบฝึกหัดท้ายบท



คำถามท้ายบทเรียนสำหรับให้นักเรียนตรวจสอบความเข้าใจหลังจากเรียนจบบทเรียนแล้ว ซึ่งนักเรียนสามารถใช้เป็นข้อมูลในการทบทวนเนื้อหาที่ยังไม่เข้าใจได้

## สารบัญ

### บทที่

### เนื้อหา

### หน้า

# 1

## โครงสร้างโลก

|     |                                                          |    |
|-----|----------------------------------------------------------|----|
| 1.1 | ข้อมูลในการศึกษาและแบ่งชั้นโครงสร้างโลก                  | 3  |
| 1.2 | การแบ่งชั้นโครงสร้างโลก                                  | 8  |
|     | กิจกรรม 1.1 การศึกษาค้นคว้าหาสาระที่ผ่าน<br>โครงสร้างโลก | 15 |
|     | กิจกรรม 1.2 แบบจำลองโครงสร้างโลก                         | 22 |
|     | แบบฝึกหัดท้ายบท                                          | 25 |

# 2

## การแปรสัณฐาน ของแผ่นธรณี

|     |                                                                     |    |
|-----|---------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1 | แนวคิดของทฤษฎีทวีปเลื่อนและหลักฐานสนับสนุน                          | 32 |
|     | กิจกรรม 2.1 การสำรวจหลักฐานสนับสนุนว่าทวีปเคย<br>อยู่ติดกันมาก่อน   | 33 |
| 2.2 | แนวคิดของทฤษฎีการแผ่ขยายพื้นสมุทรและ<br>หลักฐานสนับสนุน             | 43 |
|     | กิจกรรม 2.2 แบบจำลองการแผ่ขยายของพื้นมหาสมุทร                       | 43 |
| 2.3 | การแปรสัณฐานของแผ่นธรณี                                             | 49 |
|     | กิจกรรม 2.3 การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี                                | 50 |
| 2.4 | ธรณีสัณฐานและโครงสร้างทางธรณีที่เกิดจาก<br>การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณี | 52 |
|     | กิจกรรม 2.4 ท่องโลกกว้างตามหาธรณีสัณฐานและ<br>ธรณีโครงสร้าง         | 52 |
|     | กิจกรรม 2.5 การเปลี่ยนแปลงลักษณะของชั้นหิน                          | 61 |
|     | แบบฝึกหัดท้ายบท                                                     | 69 |

## สารบัญ

### บทที่

### เนื้อหา

### หน้า

# 3

### ธรณีพิบัติภัย

|     |                                                                             |     |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.1 | ภูเขาไฟระเบิด                                                               | 79  |
|     | กิจกรรม 3.1 ความสัมพันธ์ของตำแหน่งการเกิดภูเขาไฟ<br>กับแนวรอยต่อของแผ่นธรณี | 79  |
|     | กิจกรรม 3.2 สำรวจลักษณะและปัจจัยในการปะทุของ<br>ภูเขาไฟ                     | 87  |
| 3.2 | แผ่นดินไหว                                                                  | 95  |
|     | กิจกรรม 3.3 กลไกการเกิดแผ่นดินไหว                                           | 96  |
| 3.3 | สึนามิ                                                                      | 107 |
|     | กิจกรรม 3.4 แบบจำลองการเกิดสึนามิ                                           | 108 |
|     | กิจกรรม 3.5 แนวทางการปฏิบัติตนให้ปลอดภัยจาก<br>ธรณีพิบัติภัย                | 115 |
|     | แบบฝึกหัดท้ายบท                                                             | 117 |

# 4

### การลำดับเหตุการณ์ ทางธรณีวิทยา

|     |                                                              |     |
|-----|--------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1 | การลำดับชั้นหิน                                              | 124 |
|     | กิจกรรม 4.1 การวางตัวของชั้นหิน                              | 125 |
|     | กิจกรรม 4.2 การเปลี่ยนแปลงทางธรณีที่ส่งผล<br>ต่อลำดับชั้นหิน | 128 |
|     | กิจกรรม 4.3 เหตุการณ์ที่หายไป                                | 130 |
| 4.2 | อายุทางธรณีวิทยา                                             | 134 |
|     | กิจกรรม 4.4 อายุเปรียบเทียบ                                  | 135 |
| 4.3 | การเทียบสัมพันธ์ทางลำดับชั้นหิน                              | 141 |
|     | กิจกรรม 4.5 การลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยา                    | 142 |
|     | แบบฝึกหัดท้ายบท                                              | 152 |

|                |     |
|----------------|-----|
| ภาคผนวก        | 157 |
| คำศัพท์        | 166 |
| บรรณานุกรม     | 171 |
| ที่มาของรูปภาพ | 173 |

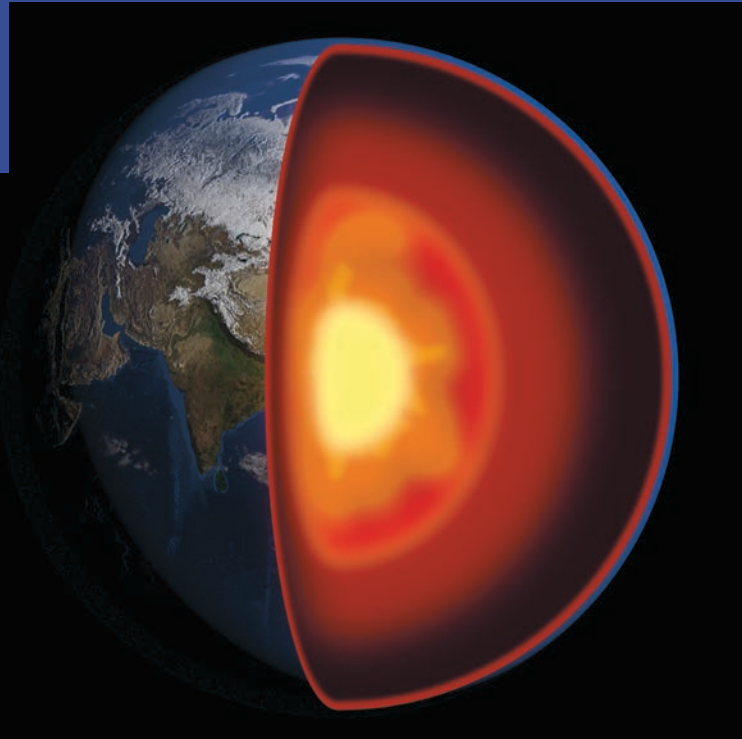
บทที่

1

| โครงสร้างโลก (Earth's structure)



ipst.me/7679



โลกของเราเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาทั้งบริเวณพื้นผิวและภายในโลก ในช่วงระยะเวลาประมาณ 4,500 ล้านปีที่ผ่านมา การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผลให้เกิดภูมิประเทศรูปแบบต่าง ๆ และธรณีพิบัติภัย เช่น แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด ซึ่งปรากฏการณ์เหล่านี้ส่งผลทั้งที่เป็นประโยชน์และเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ดังนั้นมนุษย์จึงพยายามทำความเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนโลก โดยเริ่มจากการศึกษาลักษณะโครงสร้างภายในโลก



### คำถามสำคัญ

- กระบวนการใดที่ทำให้โครงสร้างภายในโลกมีลักษณะไม่เป็นเนื้อเดียวกันและแบ่งเป็นชั้น ๆ
- นักวิทยาศาสตร์ใช้ข้อมูลใดบ้างในการศึกษาและแบ่งชั้นโครงสร้างโลก
- นักวิทยาศาสตร์ใช้เกณฑ์ใดบ้างในการแบ่งชั้นโครงสร้างโลก แต่ละเกณฑ์แบ่งได้เป็นกี่ชั้น อะไรบ้าง และโครงสร้างโลกแต่ละชั้นมีสมบัติเหมือนหรือต่างกันอย่างไร



### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สืบค้น และอธิบายข้อมูลที่สนับสนุนการแบ่งชั้นโครงสร้างโลกตามองค์ประกอบทางเคมี และการแบ่งชั้นโครงสร้างโลกตามสมบัติเชิงกล
2. วิเคราะห์ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน และอธิบายการแบ่งชั้นโครงสร้างโลกและสมบัติเชิงกล ของโครงสร้างโลกแต่ละชั้น
3. สร้างแบบจำลองโครงสร้างโลกที่แบ่งตามองค์ประกอบทางเคมี เปรียบเทียบกับ โครงสร้างโลกที่แบ่งตามสมบัติเชิงกล



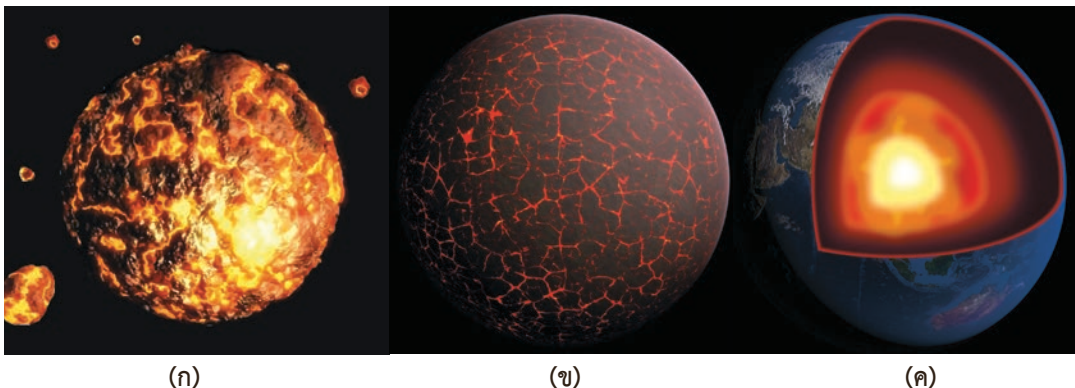
### ตรวจสอบความรู้ก่อนเรียน

ให้นักเรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้ แล้วเติมเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคำตอบของข้อความ ที่ถูก หรือเครื่องหมาย ✗ ลงในช่องคำตอบของข้อความที่ผิด

| ข้อที่ | ความรู้พื้นฐาน                                                           | คำตอบ |
|--------|--------------------------------------------------------------------------|-------|
| 1      | ชั้นโครงสร้างโลกประกอบด้วยเปลือกโลก เนื้อโลก และแก่นโลก                  |       |
| 2      | เปลือกโลกเป็นชั้นที่หนาที่สุดของโครงสร้างโลก                             |       |
| 3      | เนื้อโลกมีสถานะเป็นของเหลว                                               |       |
| 4      | แก่นโลกเป็นชั้นของโลกที่มีความหนาแน่นน้อยที่สุด                          |       |
| 5      | ธาตุโลหะส่วนใหญ่มีความหนาแน่นมากกว่าธาตุอโลหะ                            |       |
| 6      | คลื่นจะเกิดการสะท้อนและหักเหเมื่อเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่างชนิดกัน        |       |
| 7      | คลื่นจะเปลี่ยนแปลงความเร็วเมื่อเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่างชนิดกัน          |       |
| 8      | คลื่นที่ส่งผ่านพลังงานโดยอาศัยตัวกลางนั้น ตัวกลางจะเคลื่อนที่ตามไปด้วย   |       |
| 9      | อวกาศเป็นวัตถุที่มาจากนอกระบบสุริยะ                                      |       |
| 10     | สนามแม่เหล็กเกิดจากการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าภายนอกที่อยู่รอบแกนแม่เหล็ก |       |

## บทนำ

โลกเป็น**ดาวเคราะห์หิน** (terrestrial planet) ดวงหนึ่งที่เกิดขึ้นเมื่อประมาณ 4,500 ล้านปีก่อน ในระบบสุริยะ โลกเริ่มกำเนิดโดยการพอกพูนมวลจากการปะทะและหลอมรวมกันของวัตถุที่เหลือจากการก่อตัวของดวงอาทิตย์ จนทำให้โลกมีขนาดใหญ่ขึ้นและมีมวลมากขึ้น ซึ่งในช่วงต้นของการกำเนิดโลกนั้น โลกมีอุณหภูมิสูงทำให้สสารต่าง ๆ หลอมเข้าด้วยกัน ต่อมาอุณหภูมิค่อย ๆ ลดลง สสารมีการแยกจากกันตามความหนาแน่น โดยสสารที่เป็นธาตุหนัก มีความหนาแน่นมาก เช่น เหล็ก นิกเกิล จะรวมตัวอยู่บริเวณใจกลางโลก ส่วนธาตุที่น้ำหนักเบากว่า มีความหนาแน่นน้อยกว่า เช่น ซิลิกอน อะลูมิเนียม แมกนีเซียม มีการรวมตัวกันอยู่บริเวณรอบนอก ขณะเดียวกันอุณหภูมิของโลกมีการลดลงอย่างช้า ๆ โดยที่ส่วนนอกสุดของโลกมีอุณหภูมิลดลงและแข็งตัวเร็วกว่าส่วนอื่น กระบวนการที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ทำให้โลกเกิดการแบ่งชั้น ดังรูป 1.1 นักวิทยาศาสตร์ใช้ข้อมูลหรือหลักฐานใดบ้างมาสนับสนุนการแบ่งชั้นโครงสร้างโลกแต่ละชั้น



(ก)

(ข)

(ค)

รูป 1.1 กระบวนการกำเนิดโลกที่ทำให้โลกเกิดการแบ่งชั้น

(ก) ช่วงต้นของการกำเนิดโลกที่เกิดจากการปะทะและหลอมรวมกัน

ของวัตถุที่เหลืออยู่จากการก่อตัวของดวงอาทิตย์

(ข) ช่วงที่อุณหภูมิของโลกเริ่มลดต่ำลงทำให้ผิวชั้นนอกสุดเกิดการแข็งตัว

(ค) โครงสร้างภายในโลกที่แบ่งเป็นชั้น ๆ

## 1.1 ข้อมูลในการศึกษาและแบ่งชั้นโครงสร้างโลก

นักวิทยาศาสตร์มีความสนใจที่จะศึกษาโครงสร้างโลกมาเป็นเวลานาน เซอร์ไอแซค นิวตัน (Sir Isaac Newton) เป็นนักวิทยาศาสตร์ที่มีบทบาทสำคัญในการศึกษาโครงสร้างโลก จากการที่นิวตันศึกษาความโน้มถ่วงของโลก ซึ่งในเวลาต่อมานักวิทยาศาสตร์ใช้กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตันคำนวณหาความหนาแน่นเฉลี่ยของโลก พบว่าความหนาแน่นเฉลี่ยของโลกมีค่าเป็น 2 เท่าของความหนาแน่นของหินบนผิวโลก จึงสันนิษฐานว่า โลกไม่ได้เป็นเนื้อเดียวกันทั้งหมด และส่วนที่อยู่ลึกลงไปภายในโลกน่าจะมีมีความหนาแน่นมากกว่าหินบนผิวโลก

ต่อมานักวิทยาศาสตร์ได้มีการสำรวจหินบนเปลือกโลกและศึกษาหินที่เกิดจากการระเบิดของภูเขาไฟ พบว่าสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของหินบนเปลือกโลกคล้ายกับหินที่เกิดจากการระเบิดของภูเขาไฟ แต่เมื่อเทียบกับหินแปลกปลอม (xenolith) ที่ถูกพาขึ้นมาพร้อมลาวา พบว่ามีสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างออกไป นอกจากนี้จากการเจาะสำรวจทำให้ทราบว่าโลกมีอุณหภูมิและความดันเพิ่มขึ้นตามระดับความลึก และจากการระเบิดของภูเขาไฟทำให้ทราบว่าภายในใต้ผิวโลกลงไปบางส่วนมีหินหลอมเหลว



### ความรู้เพิ่มเติม

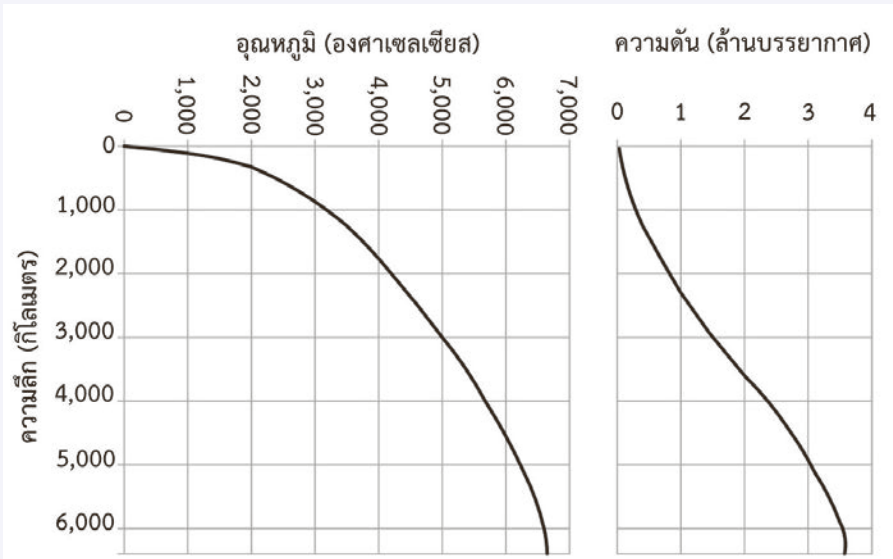
#### หินแปลกปลอมคืออะไร

โดยทั่วไปหินแปลกปลอมหมายถึงเศษของหินท้องที่ที่เข้าไปอยู่ในแมกมาหรือลาวา แต่ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาโครงสร้างโลกนั้น หินแปลกปลอมนี้เป็นเศษหินแข็งที่มีต้นกำเนิดอยู่ในระดับลึกใต้เปลือกโลก ซึ่งพบปนอยู่ในเนื้อของมวลหินอัคนีที่เกิดจากการปะทุของลาวาขึ้นมาบนผิวโลก และประกอบด้วยแร่ที่มีธาตุเหล็กและแมกนีเซียมปริมาณมากกว่าหินบนเปลือกโลก





### ชวนคิด : ความดันและอุณหภูมิภายในโลก



กราฟข้างต้นแสดงอุณหภูมิและความดันที่เปลี่ยนแปลงไปตามความลึกของโครงสร้างโลก ณ ปัจจุบัน

1. จากกราฟ ที่ระดับความลึกใดของโลกที่มีอุณหภูมิและความดันสูงที่สุด และที่ระดับความลึกใดมีอุณหภูมิและความดันต่ำที่สุด
2. นักเรียนคิดว่าอุณหภูมิและความดันภายในโลกที่เปลี่ยนไปในแต่ละระดับความลึกมีความสัมพันธ์กับสิ่งใด
3. นักเรียนคิดว่ากราฟของอุณหภูมิและความดันของโลกในช่วงก่อกำเนิดแตกต่างจากปัจจุบันอย่างไร

จากการศึกษาข้างต้นยังไม่ทำให้ทราบถึงข้อมูลของโครงสร้างภายในโลกในระดับลึกได้ นักวิทยาศาสตร์จึงใช้ความรู้จากทฤษฎีกำเนิดระบบสุริยะ และสมบัติของคลื่นไหวสะเทือน (seismic waves) มาช่วยในการศึกษา

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและความหนาแน่นของอุกกาบาตเหล็ก (iron meteorites) ที่พบในระบบสุริยะ ดังรูป 1.2 พบว่ามีองค์ประกอบหลักทางเคมีเป็นเหล็กและนิเกิล และเมื่อนำค่าความหนาแน่นของอุกกาบาตเหล็กและหินบนเปลือกโลก ไปคำนวณและเปรียบเทียบกับค่าความหนาแน่นของโลกที่นักวิทยาศาสตร์ได้คำนวณไว้ พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อเชื่อมโยงทฤษฎีกำเนิดระบบสุริยะ ที่กล่าวว่าอุกกาบาตคือวัตถุที่เหลือ



รูป 1.2 อุกกาบาตเหล็ก แคมโป เดล เซียโล (Campo del Cielo) ประเทศอาร์เจนตินา

จากการกำเนิดระบบสุริยะ จึงทำให้นักวิทยาศาสตร์สันนิษฐานว่าส่วนหนึ่งของวัสดุที่กำเนิดโลกจะมีองค์ประกอบเป็นเหล็กและนิเกิล จึงนำมาสู่ข้อสรุปว่าภายในโลกมีองค์ประกอบทางเคมีเป็นเหล็กและนิเกิล

นักวิทยาศาสตร์ได้นำสมบัติของคลื่นไหวสะเทือนมาศึกษาสมบัติเชิงกลของโครงสร้างโลก คลื่นไหวสะเทือนเป็นคลื่นกลที่เกิดจากแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวหรือที่มนุษย์สร้างขึ้น คลื่นไหวสะเทือน แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ **คลื่นในตัวกลาง** (body waves) และ **คลื่นพื้นผิว** (surface waves) ทั้งนี้ในการศึกษาโครงสร้างโลกนั้นใช้สมบัติของคลื่นในตัวกลางเป็นหลัก ซึ่งแบ่งออกเป็น **คลื่นปฐมภูมิ** (primary wave, P-wave) และ **คลื่นทุติยภูมิ** (secondary wave, S-wave) โดยคลื่นปฐมภูมิและทุติยภูมิมีสมบัติ ดังนี้



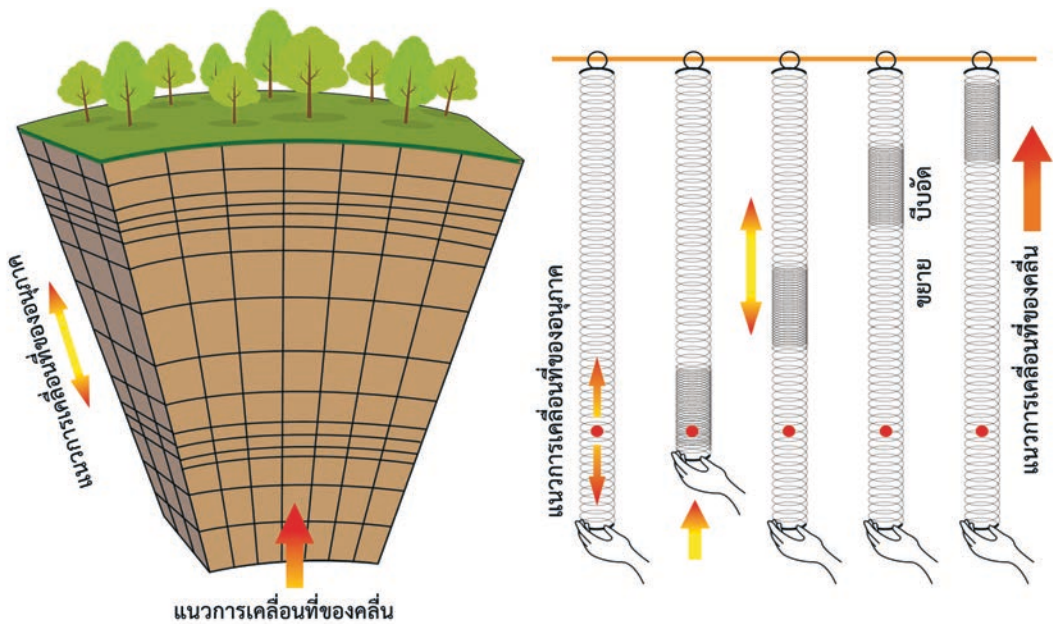
### ความรู้เพิ่มเติม

#### สมบัติเชิงกล (mechanical properties)

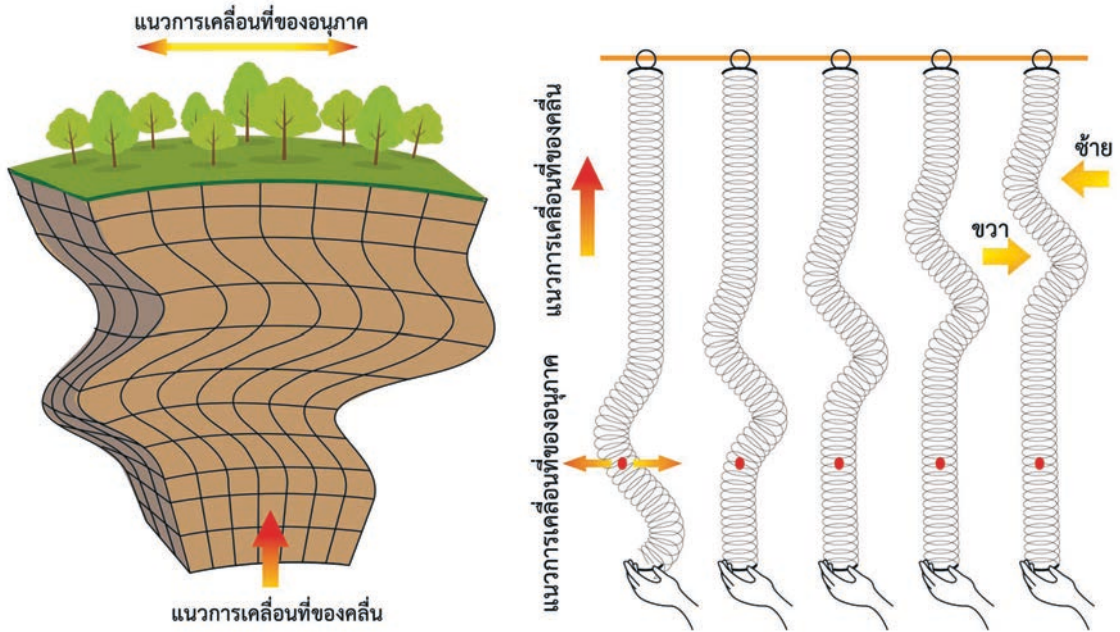
วัสดุต่าง ๆ จะมีการตอบสนองต่อแรงภายนอกที่มากระทำแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสมบัติเชิงกลของวัสดุ **สมบัติเชิงกล** คือ พฤติกรรมของวัสดุ ที่สามารถแสดงออกมาเมื่อมีแรงจากภายนอกมากระทำ เช่น **ความเค้น** (stress) **ความเครียด** (strain) **สภาพพลาสติก** (plasticity) **สภาพยืดหยุ่น** (elastic) **ความเปราะ** (brittleness) **ความแข็งแรง** (stiffness) ในที่นี้คือการตอบสนองของโครงสร้างโลกแต่ละชั้นเมื่อคลื่นไหวสะเทือนเคลื่อนที่ผ่าน

**คลื่นปฐมภูมิ** เป็นคลื่นตามยาว สามารถเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางได้ทุกสถานะ เมื่อเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางทำให้อนุภาคของตัวกลางเกิดการอัดและขยายในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ของคลื่น เทียบได้กับลักษณะการอัดและขยายของขดลวดสปริงไปตามแนวยาว ดังรูป 1.3 นอกจากนี้คลื่นปฐมภูมียังเป็นคลื่นไหวสะเทือนที่มีความเร็วมากที่สุด และเดินทางมาถึงเครื่องมือตรวจวัดเป็นอันดับแรก

**คลื่นทุติยภูมิ** เป็นคลื่นตามขวาง เคลื่อนที่ผ่านได้เฉพาะตัวกลางที่มีสถานะเป็นของแข็ง เมื่อเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางทำให้อนุภาคของตัวกลางสั่นตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น เทียบได้กับลักษณะการสับัดขดลวดสปริงไปทางซ้ายและขวาสลับกัน ดังรูป 1.4 คลื่นทุติยภูมิเคลื่อนที่ได้ช้ากว่าคลื่นปฐมภูมิ จึงเป็นคลื่นที่เดินทางมาถึงเครื่องมือตรวจวัดได้เป็นอันดับสอง



รูป 1.3 แสดงลักษณะการเคลื่อนที่ของคลื่นปฐมภูมิเทียบกับลักษณะการเคลื่อนที่ของคลื่นที่เกิดจากขดลวดสปริงถูกอัดขยาย



รูป 1.4 แสดงลักษณะการเคลื่อนที่ของคลื่นทุติยภูมิเทียบกับ  
ลักษณะการเคลื่อนที่ของคลื่นที่เกิดจากการสั่นสปริง



#### ลองทำดู : คลื่นในตัวกลางเคลื่อนที่อย่างไร

ให้นักเรียนผูกเชือกไหมพรมบนขดลวดสปริง ทดลองอัดและสั่นขดลวดสปริงตามทิศทางดังรูป 1.3 และ 1.4 จากนั้นสังเกตทิศทางและลักษณะการเคลื่อนที่ของลูกคลื่นและปมเชือกบนขดลวดสปริง เพื่อเปรียบเทียบกับลักษณะการเคลื่อนที่ของลูกคลื่นบนขดลวดสปริงกับคลื่นปฐมภูมิและคลื่นทุติยภูมิ

เมื่อคลื่นปฐมภูมิและคลื่นทุติยภูมิเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่างชนิดกัน หรือตัวกลางที่มีความหนาแน่นไม่เท่ากัน คลื่นจะมีความเร็วเปลี่ยนไป เกิดการหักเห และ/หรือสะท้อน ที่บริเวณรอยต่อของตัวกลางนั้น นักเรียนคิดว่านักวิทยาศาสตร์นำสมบัติของคลื่นไหวสะเทือนมาใช้ในการศึกษาโครงสร้างโลกได้อย่างไร