

PISA 2022 ให้นิยาม “ความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์” ไว้ว่า

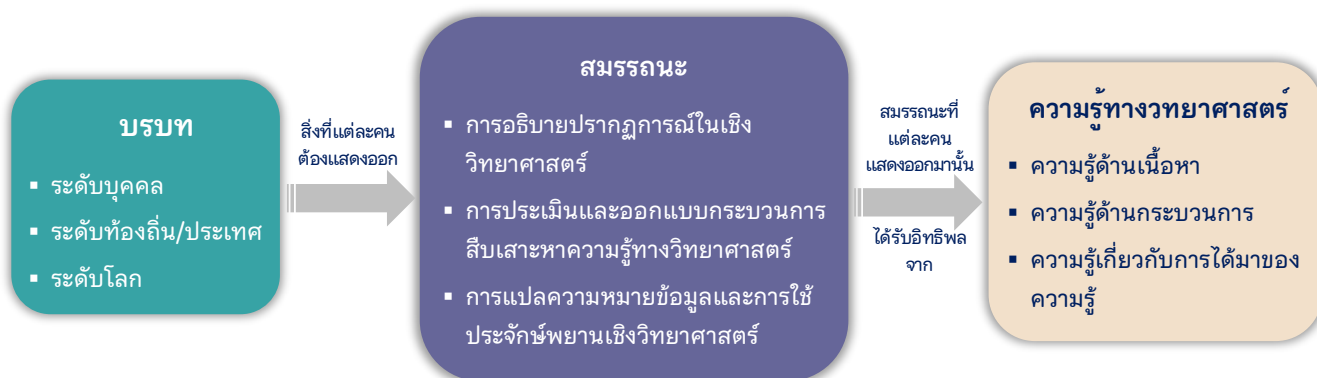
ความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) หมายถึง ความสามารถในการเชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ เข้ากับประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณ

บุคคลที่ได้ชื่อว่ามี**ความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Scientifically Literate Person)** คือ ผู้ที่สามารถสื่อสารหรือโต้แย้งในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างเป็นเหตุเป็นผล ซึ่งบุคคลนั้นจำเป็นต้องรู้และใช้องค์ประกอบหลายอย่าง ได้แก่ บริบทหรือสถานการณ์ของวิทยาศาสตร์ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ PISA จึงได้กำหนดกรอบโครงสร้างการประเมินด้านวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกัน ดังนี้

- 1) **บริบท (Context)** หมายถึง สถานการณ์หรือประเด็นปัญหาในระดับส่วนบุคคล ระดับท้องถิ่น/ประเทศ และระดับโลก ทั้งที่เป็นเรื่องในปัจจุบันหรือในอดีตที่ผ่านมาซึ่งจำเป็นต้องมีความเข้าใจเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- 2) **ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Knowledge)** หมายถึง ความเข้าใจในข้อเท็จจริง แนวคิดหลัก และทฤษฎีสำคัญ ที่ทำให้เกิดความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ โดยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย (1) **ความรู้ด้านเนื้อหา (Content knowledge)** เป็นความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง แนวคิด และทฤษฎีเกี่ยวกับโลกธรรมชาติที่วิทยาศาสตร์ได้สร้างขึ้น และสิ่งประดิษฐ์ทางเทคโนโลยี (2) **ความรู้ด้านกระบวนการ (Procedural knowledge)** เป็นความรู้เกี่ยวกับวิธีการในการสร้างแนวคิดต่าง ๆ และ (3) **ความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้ (Epistemic Knowledge)** เป็นความเข้าใจในเหตุผลพื้นฐานของกระบวนการสร้างความรู้
- 3) **สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ (Science competencies)** หมายถึง ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการแปลความหมายข้อมูลและใช้ประจักษ์พยานเชิงวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบทั้งสามมีความสัมพันธ์กัน กล่าวคือ ในการดำเนินชีวิต คนเราต้องเผชิญสถานการณ์ที่หลากหลายในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องกับทั้งตนเอง ท้องถิ่น ประเทศ หรือสถานการณ์ของโลก เราจึงต้องมีและใช้สมรรถนะเพื่อตอบสนองและแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างสมเหตุสมผล ซึ่งการตอบสนองจะทำได้ดีเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับความรู้และเจตคติต่าง ๆ ที่แต่ละคนมีอยู่ ดังความสัมพันธ์ที่แสดงในรูปต่อไปนี้

กรอบการประเมินด้านวิทยาศาสตร์



บริบทที่ใช้ในการประเมิน

สิ่งหนึ่งที่ PISA ให้ความสำคัญในการประเมิน คือ การใช้วิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ต่าง ๆ อย่างหลากหลายในการจัดการกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์ การเลือกวิธีการที่ใช้มักจะขึ้นอยู่กับสถานการณ์ของประเด็นปัญหานั้น ปัญหาแบบเดียวกันแต่ถ้าอยู่ในสถานการณ์ที่ต่างกัน วิธีการที่เลือกใช้ก็จะต่างกัน ดังนั้น ในการสร้างข้อสอบจึงมีการจัดสถานการณ์ หรือจำกัดบริบทของภารกิจในการประเมิน ข้อคำถามของ PISA จะเป็นการทดสอบความรู้ความเข้าใจในแนวคิดหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้มาจากหลักสูตรเพื่อนำมาใช้ในการตอบคำถามเรื่องวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง เช่น เกิดกับตัวเอง ครอบครัว หรือเพื่อน (บริบทระดับบุคคล) ประเด็นที่ส่งผลกระทบต่อสังคม วัฒนธรรม สุขภาพ หรือชีวิตมนุษย์ (บริบทระดับท้องถิ่น/ประเทศ) ประเด็นทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นข่าวในสื่อ หรือมีผลกระทบต่อสังคมโลกหรือต่อโลกอนาคต (บริบทระดับโลก) เป็นต้น

คำถามของการประเมินผล PISA จึงอยู่ในสถานการณ์ที่เป็นส่วนหนึ่งในชีวิตจริงของนักเรียน และไม่จำกัดอยู่เฉพาะสถานการณ์ในโรงเรียนเท่านั้น แต่จะเป็นสถานการณ์ที่อาจเกี่ยวข้องกับตัวเอง ครอบครัว ชุมชน หรือสถานการณ์ของโลกก็ได้ หรือแม้กระทั่งคำถามที่อยู่ในบริบทประวัติศาสตร์ก็สามารถนำมาใช้ประเมินความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการและความก้าวหน้าของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้

บริบทสำหรับการประเมินด้านวิทยาศาสตร์ PISA 2022

บริบท	ระดับบุคคล	ระดับท้องถิ่น/ประเทศ	ระดับโลก
สุขภาพและโรคภัย	การดูแลรักษาสุขภาพ อุบัติเหตุ โภชนาการ	การควบคุมโรค การแพร่เชื้อในสังคม การเลือกอาหาร สุขภาพชุมชน	การระบาดของโรคที่แพร่กระจาย ไปทั่วโลก
ทรัพยากรธรรมชาติ	การใช้วัสดุต่าง ๆ และ พลังงาน	การควบคุมขนาดประชากรมนุษย์ คุณภาพชีวิต ความมั่นคง การผลิตและการกระจายอาหาร การจัดการพลังงาน	แหล่งพลังงานหมุนเวียนและ พลังงานที่ใช้แล้วหมดไป การเติบโตของประชากร การใช้ประโยชน์จากสิ่งมีชีวิต ชนิดต่าง ๆ อย่างยั่งยืน

บริบท	ระดับบุคคล	ระดับท้องถิ่น/ประเทศ	ระดับโลก
คุณภาพสิ่งแวดล้อม	พฤติกรรมเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การใช้และการกำจัดวัสดุและอุปกรณ์	การกระจายของประชากร การจัดการกับขยะ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	ความหลากหลายทางชีวภาพ ความยั่งยืนของระบบนิเวศ การควบคุมมลพิษ การเกิดและการสูญเสียดิน/มวลชีวภาพ
ภัยอันตราย	การประเมินความเสี่ยงในการเลือกดำเนินชีวิต	การประเมินความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงกะทันหัน (แผ่นดินไหว สภาพอากาศเลวร้าย) การเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ และต่อเนื่อง (การกัดเซาะชายฝั่ง การเกิดตะกอน)	การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ผลกระทบจากการติดต่อสื่อสารยุคใหม่
ความก้าวหน้าของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	แง่มุมทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับงานอดิเรก เทคโนโลยีที่ใช้ส่วนบุคคล กิจกรรมทางดนตรีและกีฬา	วัสดุ เครื่องมือและกระบวนการใหม่ การดัดแปรพันธุกรรม เทคโนโลยีเกี่ยวกับสุขภาพ การคมนาคมขนส่ง	การสูญพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต การสำรวจอวกาศ จุดกำเนิดและโครงสร้างของเอกภพ

สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์

PISA ประเมินด้านวิทยาศาสตร์โดยให้ความสำคัญเป็นพิเศษกับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Competencies) และนิยามการประเมินสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ว่าเป็นการประเมินความสามารถของนักเรียนในการทำสิ่งต่อไปนี้

- การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (Explain Phenomena Scientifically) หมายถึง การมีความสามารถในการรับรู้ เสนอและประเมินคำอธิบายที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและเทคโนโลยี
- การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Evaluate and Design Scientific Enquiry) หมายถึง การมีความสามารถในการอธิบายและประเมินคุณค่าของการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ และนำเสนอแนวทางในการตอบคำถามอย่างเป็นวิทยาศาสตร์
- การแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ (Interpret Data and Evidence Scientifically) หมายถึง การมีความสามารถในการวิเคราะห์และประเมินข้อมูล คำกล่าวอ้าง และข้อโต้แย้งในหลากหลายรูปแบบ และลงข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม

สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ทั้งสามสมรรถนะ ขยายความได้ในรายละเอียดดังนี้

1) การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์เป็นสมรรถนะที่จำเป็นสำหรับ ความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ การแสดงออกถึงสมรรถนะนี้บุคคลที่รู้เรื่องวิทยาศาสตร์ต้องสามารถระลึกถึงความรู้ด้านเนื้อหาที่เหมาะสมในสถานการณ์ที่กำหนดให้ และใช้ความรู้เพื่อแปลความหมายและให้คำอธิบายต่อปรากฏการณ์ต่าง ๆ สมรรถนะนี้ รวมถึงการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดในชีวิตประจำวัน การบรรยายและการตีความปรากฏการณ์ การคาดการณ์หรือการทำนายการเปลี่ยนแปลงที่อาจจะเกิดขึ้น รวมถึงการให้นักเรียนระบุว่า คำบรรยาย คำอธิบายใดสมเหตุสมผลหรือไม่ อย่างไร คำคาดการณ์จะเป็นไปได้หรือไม่ ด้วยเหตุผลอะไร เป็นต้น โดยสรุปผู้ที่มีสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์สามารถทำสิ่งต่อไปนี้

- นำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล
- ระบุ ใช้ และสร้างแบบจำลอง และนำเสนอข้อมูลเพื่อใช้ในการอธิบาย
- สร้างและตรวจสอบความถูกต้องของการทำนายผลทางวิทยาศาสตร์ที่สมเหตุสมผล
- เสนอสมมติฐานเพื่อใช้ในการอธิบาย
- อธิบายถึงศักยภาพของการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้เพื่อประโยชน์ของสังคม

2) การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

บุคคลที่รู้เรื่องวิทยาศาสตร์ต้องมีความสามารถในการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้ในการสร้างความรู้ที่เชื่อถือได้เกี่ยวกับโลกธรรมชาติ การแสดงออกถึงสมรรถนะด้านนี้ บุคคลต้องสามารถประเมินข้อค้นพบทางวิทยาศาสตร์อย่างมีวิจารณญาณ แยกแยะคำถามทางวิทยาศาสตร์ว่าคำถามใดสามารถตอบได้ด้วยการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ สมรรถนะนี้จำเป็นต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับลักษณะสำคัญของการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ เช่น การทดสอบที่เที่ยงตรงต้องทำอย่างไร ต้องเปรียบเทียบกับอะไร ควบคุมตัวแปรใด และเปลี่ยนแปลงตัวแปรใด ต้องค้นคว้าสารและข้อมูลอะไรเพิ่มเติมอีก และต้องทำอะไรอย่างไรจึงจะเก็บข้อมูลที่ต้องการได้ นอกจากนี้ ยังต้องรู้ถึงความสำคัญและคุณค่าของงานวิจัยที่ผ่านมาที่ส่งผลต่อการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์เรื่องอื่น ๆ ต่อไป รวมถึงการเข้าใจถึงความสำคัญของการตั้งข้อสงสัยในการรายงานที่ปรากฏในสื่อ หรือ ข้อค้นพบจากงานวิจัยต่าง ๆ ในแง่มุมที่ว่า อาจมีความคลุมเครือ การสรุปไม่สมเหตุสมผล ไม่มีข้อมูลมากพอ หรือมีความลำเอียงได้ เป็นต้น โดยสรุปผู้ที่มีสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถทำสิ่งต่อไปนี้

- ระบุประเด็นปัญหาที่ต้องการสำรวจตรวจสอบจากการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้
- แยกแยะได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์
- เสนอวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้
- ประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้
- บรรยายและประเมินวิธีการต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการยืนยันถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูล และความเป็นกลางและการสรุปอ้างอิงจากคำอธิบาย

3) การแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์

บุคคลที่มีสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ ต้องแสดงออกถึงความสามารถในการตีความข้อมูลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการสร้างคำกล่าวอ้างหรือลงข้อสรุป นำเสนอข้อมูลที่ได้รับในรูปแบบอื่น เช่น ใช้คำพูดของตนเอง แผนภาพ หรือการแสดงแทนอื่น ๆ ได้ ซึ่งสมรรถนะนี้จำเป็นต้องใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ในการวิเคราะห์หรือสรุปข้อมูล และใช้ความสามารถในการใช้วิธีการพื้นฐานในการแปลงข้อมูลเป็นการแสดงแทนในรูปแบบอื่น ๆ นอกจากนี้ ยังต้องสร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผลบนพื้นฐานของประจักษ์พยาน ข้อมูล หรือประเมินข้อสรุปที่ผู้อื่นสร้างขึ้นว่าสอดคล้องกับประจักษ์พยานที่มีหรือไม่ รวมถึงสามารถให้เหตุผลสนับสนุนหรือโต้แย้งข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล โดยสรุปผู้ที่มีสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและใช้ประจักษ์พยานเชิงวิทยาศาสตร์สามารถทำสิ่งต่อไปนี้

- แปลงข้อมูลที่น่าเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น
- วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ และลงข้อสรุป
- ระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และเหตุผล ในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์
- แยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ กับที่มาจาก การพิจารณาจากสิ่งอื่น
- ประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย เช่น หนังสือพิมพ์ อินเทอร์เน็ต และวารสาร

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

การประเมินด้านวิทยาศาสตร์มีส่วนของความรู้ทางวิทยาศาสตร์แตกต่างจากการประเมินในรอบที่ผ่านมา การประเมินความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Knowledge) ที่ PISA กำหนดไว้เน้นครอบคลุมความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามด้าน ได้แก่ ความรู้ด้านเนื้อหา (Content Knowledge) ความรู้ด้านกระบวนการ (Procedural Knowledge) และความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้ (Epistemic Knowledge) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) **ความรู้ด้านเนื้อหา** เป็นความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง แนวความคิดหลัก แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับโลกธรรมชาติ โดย PISA เลือกประเมินความรู้ในสาขาวิชาหลัก ได้แก่ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และวิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ ทั้งนี้มีเกณฑ์การเลือกแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการประเมิน ดังนี้

- เป็นความรู้ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ในชีวิตจริง
- แสดงให้เห็นถึงแนวความคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ หรือทฤษฎีที่สำคัญ ซึ่งถูกสร้างและใช้ได้อย่างยาวนาน
- เหมาะสมกับระดับพัฒนาการของนักเรียนอายุ 15 ปี

ความรู้ด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ PISA 2022 ประเมินนั้นครอบคลุมความรู้เกี่ยวกับโลกธรรมชาติ มีองค์ประกอบดังนี้

ความรู้ด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ PISA 2022

ระบบทางกายภาพ (Physical Systems) ใช้ความรู้เกี่ยวกับ :

- โครงสร้างของสสาร (เช่น แบบจำลองอนุภาค และพันธะ)
- สมบัติของสสาร (เช่น การเปลี่ยนสถานะ การนำความร้อนและการนำไฟฟ้า)
- การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสสาร (เช่น ปฏิกิริยาเคมี การถ่ายโอนพลังงาน กรด/เบส)
- การเคลื่อนที่และแรง (เช่น ความเร็ว ความเสียดทาน) และแรงที่กระทำต่อวัตถุโดยส่งผลของแรงมาจากระยะไกล (เช่น แรงแม่เหล็ก แรงโน้มถ่วง แรงแม่เหล็กไฟฟ้า)
- พลังงานและการเปลี่ยนรูปของพลังงาน (เช่น การอนุรักษ์พลังงาน การสูญเสียพลังงาน ปฏิกิริยาเคมี)
- อันตรกิริยาระหว่างพลังงานและสสาร (เช่น คลื่นแสงและคลื่นวิทยุ คลื่นเสียงและคลื่นไหวสะเทือน)

ระบบสิ่งมีชีวิต (Living Systems) ใช้ความรู้เกี่ยวกับ :

- เซลล์ (เช่น โครงสร้างและหน้าที่ DNA เซลล์พืชและเซลล์สัตว์)
- แนวความคิดเรื่องสิ่งมีชีวิต (เช่น สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว สิ่งมีชีวิตหลายเซลล์)
- มนุษย์ (เช่น สุขภาพ โภชนาการ ระบบต่าง ๆ ในร่างกาย ซึ่งรวมทั้งการย่อย การหายใจ การหมุนเวียนเลือด การขับถ่าย การสืบพันธุ์ ความสัมพันธ์ของระบบต่าง ๆ)
- ประชากร (เช่น สายพันธุ์ การวิวัฒนาการ ความหลากหลายทางชีวภาพ ความแปรผันทางพันธุกรรม)
- ระบบนิเวศ (เช่น โข่อาหาร การถ่ายทอดสารและพลังงาน)
- ไบโอสเฟียร์ (เช่น ประโยชน์ที่ได้รับจากระบบนิเวศ ความยั่งยืนของระบบนิเวศ)

ระบบของโลกและอวกาศ (Earth and Space Systems) ใช้ความรู้เกี่ยวกับ :

- โครงสร้างของระบบโลก (เช่น พื้นดิน พื้นน้ำ บรรยากาศ)
- พลังงานในระบบโลก (เช่น แหล่งพลังงาน ภูมิอากาศของโลก)
- การเปลี่ยนแปลงในระบบโลก (เช่น การแปรสัณฐานของแผ่นธรณี วัฏจักรธรณีเคมี แรงดึงและแรงอัด)
- ประวัติศาสตร์ของโลก (เช่น ซากดึกดำบรรพ์ กำเนิดและวิวัฒนาการของโลก)
- โลกในอวกาศ (เช่น ความโน้มถ่วง ระบบสุริยะ กาแล็กซี)
- ประวัติศาสตร์และขนาดของจักรวาล (เช่น ปีแสง ทฤษฎีบิกแบง)

2) **ความรู้ด้านกระบวนการ** เป็นความรู้เกี่ยวกับกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งความรู้ในเรื่องการปฏิบัติและแนวความคิดเกี่ยวกับการสืบเสาะหาความรู้ เช่น การตรวจสอบซ้ำ เพื่อลดความผิดพลาดและลดความไม่แน่นอน การควบคุมตัวแปร และการมีกระบวนการมาตรฐานเพื่อนำเสนอและสื่อสารข้อมูล ซึ่งลักษณะทั่วไปของความรู้ด้านกระบวนการที่จะทดสอบนักเรียน ครอบคลุมถึง

- แนวคิดเรื่องตัวแปร ได้แก่ ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม
- แนวคิดเรื่องการวัด เช่น การวัดเชิงปริมาณ (การใช้เครื่องมือวัด) การวัดเชิงคุณภาพ (การสังเกต) การใช้มาตรวัด และการวัดตัวแปรเชิงกลุ่มและตัวแปรต่อเนื่อง
- วิธีการประเมินและลดข้อผิดพลาด เช่น การทำซ้ำและการหาค่าเฉลี่ยจากการวัด
- กลไกที่ทำให้เกิดความน่าเชื่อถือในการทำซ้ำและความถูกต้องของข้อมูล
- การสรุปและนำเสนอข้อมูลโดยใช้ตาราง กราฟ และแผนภูมิอย่างเหมาะสม

- วิธีการกำหนดและควบคุมตัวแปร และบทบาทของตัวแปรในการออกแบบการทดลอง
- ลักษณะของการออกแบบที่เหมาะสมเพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ เช่น การทดลอง การสำรวจตรวจสอบภาคสนาม หรือการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ

3) **ความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้** เป็นความรู้เกี่ยวกับบทบาทและลักษณะที่จำเป็นต่อกระบวนการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงความเข้าใจบทบาทและหน้าที่ของสิ่งต่าง ๆ ที่มีต่อวิทยาศาสตร์ เช่น คำถาม การสังเกต ทฤษฎี สมมติฐาน แบบจำลอง การอภิปรายโต้แย้ง การยอมรับรูปแบบที่หลากหลายในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และบทบาทในการตรวจสอบจากผู้อื่นที่ทำให้ความรู้ที่สร้างขึ้นนั้นน่าเชื่อถือ ซึ่งความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้ที่จำเป็นต่อความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ มีลักษณะสำคัญดังนี้

1) การสร้างและการระบุลักษณะของวิทยาศาสตร์ ครอบคลุมถึง

- ธรรมชาติของการสังเกต ข้อเท็จจริง สมมติฐาน แบบจำลอง และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์
- วัตถุประสงค์และเป้าหมายของวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างคำอธิบายธรรมชาติของโลก ซึ่งต่างจากวัตถุประสงค์และเป้าหมายของเทคโนโลยี ซึ่งเป็นการสร้างวิธีแก้ปัญหาที่ตรงตามความต้องการของมนุษย์ให้มากที่สุด จึงต้องพิจารณาถึงคำถามและข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับวิทยาศาสตร์ หรือเทคโนโลยี
- คุณค่าของวิทยาศาสตร์ เช่น ความมุ่งมั่นในการตีพิมพ์ผลงาน การไม่เอาเรื่องส่วนตัวมาเกี่ยวข้อง และการขจัดอคติ
- ธรรมชาติของการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เช่น การอนุมาน การอุปมาน การลงข้อสรุปเพื่อหาคำอธิบายที่ดีที่สุด การเปรียบเทียบความคล้ายคลึง การใช้แบบจำลอง

2) ลักษณะที่ใช้ในการตัดสินความรู้ที่สร้างจากวิทยาศาสตร์ ครอบคลุมถึง

- คำกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์ต้องได้รับการสนับสนุนจากข้อมูลและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์
- บทบาทของการใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้หลากหลายรูปแบบในการสร้างความรู้ กำหนดเป้าหมาย (เพื่อตรวจสอบสมมติฐานและระบุรูปแบบ) และการออกแบบ (การสังเกต การควบคุม การทดลอง การวิจัยเชิงความสัมพันธ์)
- ความผิดพลาดในการตรวจวัดส่งผลต่อความเชื่อมั่นในความรู้ทางวิทยาศาสตร์
- การใช้ บทบาท และข้อจำกัดของแบบจำลองที่เป็นรูปธรรม แบบจำลองที่เป็นระบบ และแบบจำลองที่เป็นนามธรรม
- บทบาทของการทำงานแบบร่วมมือกัน การวิพากษ์วิจารณ์ และการตรวจสอบคุณภาพจากผู้อื่นในการสร้างความน่าเชื่อถือเกี่ยวกับคำกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์
- ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีบทบาทในการระบุถึงปัญหาทางสังคมและเทคโนโลยี

