

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ การวิจัยเชิงตีความ (Interpretive paradigm) จาก การบรรยายในแบบบันทึก POE และการสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม ในการศึกษา รูปแบบการทำ ความเข้าใจกับลักษณะโครงสร้างทางปัญญาสกีมา (Schema) ลักษณะความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง ความ จริง (Declarative Knowledge) โดยใช้กรอบแนวคิดทฤษฎีสกีมาเป็นพื้นฐานในการพิจารณา (Merriënboer, 1997) ศึกษาแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) บนพื้นฐานของ ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ทั้งหมด 6 สถานการณ์โดยใช้วิธี Predict - Observe - Explain (POE) ในการจัดการเรียนรู้และเชิงปริมาณมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาจำนวน นักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียน บ้านหนองปล้อง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาชัยภูมิ เขต 1 ปีการศึกษา 2552 จำนวนนักเรียน 26 คน โดยใช้วิธี Predict - Observe - Explain (POE) เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ ซึ่งในบทนี้จะนำเสนอ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

- 4.1 รูปแบบในการทำความเข้าใจ (Mental Model) เรื่องขนาดและทิศทางของแรง
- 4.2 รูปแบบในการทำความเข้าใจ (Mental Model) เรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (การตก ของวัตถุอย่างอิสระ)
- 4.3 รูปแบบในการทำความเข้าใจ (Mental Model) เรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับแรงโน้มถ่วงของโลก)
- 4.4 รูปแบบในการทำความเข้าใจ (Mental Model) เรื่องแรงเสียดทาน
- 4.5 รูปแบบในการทำความเข้าใจ (Mental Model) เรื่อง โมเมนตัมของแรง
- 4.6 รูปแบบในการทำความเข้าใจ (Mental Model) เรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุ
- 4.7 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์จากการบรรยายในขั้นทำนาย (Predict : P) กับขั้น อธิบาย (Explain : E) ของนักเรียนจากสถานการณ์ที่กำหนด เรื่องแรงและการเคลื่อนที่
- 4.8 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียน โดยใช้วิธี Predict - Observe - Explain (POE) เรื่องแรงและการเคลื่อนที่

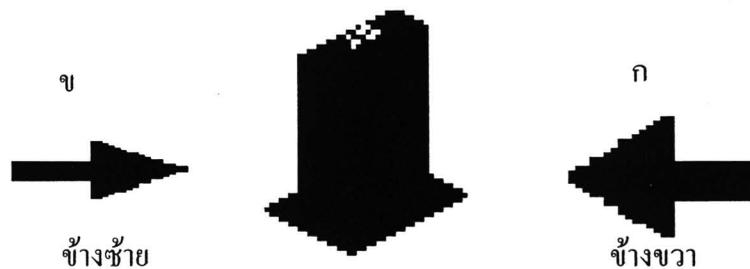
4.1 รูปแบบในการทำความเข้าใจ (Mental Model) เรื่องขนาดและทิศทางของแรง

รูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) บนพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้วิธี Predict - Observe - Explain (POE) ในการจัดการเรียนรู้ เรื่องขนาดและทิศทางของแรง ผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

4.1.1 สถานการณ์ปัญหา เรื่องขนาดและทิศทางของแรง โดยใช้วิธี Predict - Observe - Explain (POE)

สถานการณ์ปัญหาเรื่องขนาดและทิศทางของแรง โดยผู้วิจัยนำเสนอสถานการณ์ดังต่อไปนี้

นักเรียนสามารถทำนายได้ว่า จะเกิดอะไรขึ้นเมื่อออกแรงไม่เท่ากันผลักวัตถุในทิศทางตรงข้ามกันดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ออกแรงไม่เท่ากัน โดยที่ แรง ก และแรง ข โดยที่แรง ก มากกว่าแรง ข ผลักวัตถุในทิศทางตรงข้ามกัน โดยใช้ลูกศรแทนแรง หัวลูกศรแสดงทิศของแรง

- ก. ก้อนจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางซ้ายมือ เพราะ
- ข. ก้อนจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางขวามือ เพราะ
- ค. ก้อนไม่เคลื่อนที่ เพราะ

จากสถานการณ์ดังกล่าวข้อที่ถูกต้องคือ ก. ก้อนจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางซ้ายมือ เพราะแรง ก มากกว่าแรง ข แรง ก เป็นแรงทางขวามือของวัตถุ แต่เป็นแรงผลักวัตถุทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปทางซ้ายมือที่ก้อนเคลื่อนที่ไปทางซ้ายมือเกิดจากแรง ก มีขนาดของแรงมากกว่าแรง ข ทิศทางการเคลื่อนที่จะเคลื่อนไปตามทิศทางที่แรงมีขนาดมากกว่าซึ่งแรง (Force) หมายถึง สิ่งที่ทำต่อวัตถุ ทำให้วัตถุเคลื่อนที่อาจทำให้ช้าลงหรือเร็วขึ้น หรือทำให้ทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุเปลี่ยนไปจากเดิม แรง (Force) มีหน่วยเป็นนิวตัน (N) หรือ kg m/s^2 แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ที่

ประกอบด้วยขนาดและทิศทางซึ่งไม่มีตัวคนรูปร่างที่มองเห็นได้ จึงจำเป็นต้องใช้ปริมาณเวกเตอร์มาช่วยอธิบาย โดยเขียนเป็นภาพแล้วใช้สเกลเวกเตอร์แทนแรง ตัวอย่างของแรงในชีวิตประจำวันเช่น การที่นักเรียนออกแรงผลักกล่อง, ช้างออกแรงดึงท่อนซุง, การที่ออกแรงผลักโต๊ะให้เคลื่อนที่ เป็นต้น จากสถานการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดให้ผู้เรียนต้องทำนายในขั้นทำนาย (Predict : P) ก่อนที่จะเรียนรู้เพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องในขั้นสังเกต (Observe : O) จากนั้นนำข้อคำตอบที่ได้จากการสังเกตมาอธิบายสถานการณ์ในขั้นอธิบาย (Explain : E) แล้วผู้วิจัยวิเคราะห์รูปแบบในการทำความเข้าใจ (Mental Model) ลักษณะโครงสร้างทางปัญญาสกีมา (Schema) ลักษณะความรู้ที่เป็นข้อเท็จ ความจริง (Declarative Knowledge) เป็นลักษณะความรู้เกี่ยวกับหลักการ ทฤษฎี กฎเกณฑ์ ซึ่งจะอธิบายวิธีการสร้างความเข้าใจของผู้เรียนในลักษณะของโครงสร้างทางปัญญาสกีมา (Schema) ซึ่งประกอบด้วย (1) ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) (2) รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General) และ (3) รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) โดยวิเคราะห์ตีความจากการเขียนบรรยายและจากการสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 วิเคราะห์รูปแบบการทำความเข้าใจในเรื่องที่ศึกษาข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative Knowledge) จากแนวทฤษฎีสถิตีมา เรื่อง ขนาดและทิศทางของแรง

ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)	รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General)	รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract)
<p>บอกรายละเอียดหรือความคิดรวบยอดเดียว เป็นโครงสร้างทางปัญญที่ง่าย ไม่ซับซ้อน ซึ่งจะบอกทิศทางเพียงอย่างเดียว บอกขนาดเพียงอย่างเดียว อธิบายตามความรู้เดิมของนักเรียนที่ได้มีความรู้เดิมมาแล้ว เช่น วัตถุจะเคลื่อนที่ไปทางซ้ายมือเพราะออกแรงผลักทางขวามากกว่า, วัตถุจะเคลื่อนที่ไปทางซ้ายมือเพราะเราออกแรงไม่เท่ากันออกแรงผลักทางซ้ายมากกว่า เป็นต้น หรือแนวคิดอาจจะความเคลื่อนแต่คำอธิบายของนักเรียน ได้จากความรู้เดิมหรือความเชื่อภายในของนักเรียนเอง</p>	<p>บอกรายละเอียดได้สมบูรณ์ขึ้นและอธิบายได้อย่างกว้างขวาง ซึ่งจะบอกทิศทางการเคลื่อนที่พร้อมขนาดของการเคลื่อนที่ ที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้ บอกความหมายของแรงที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้ สามารถเรียนรู้และแก้ปัญหาซึ่งนำไปสู่การอธิบายสถานการณ์ได้ เช่น กล้องจะเคลื่อนที่ไปทางซ้ายมือ เพราะออกแรงผลักทางขวามากกว่าทางซ้ายมือ ซึ่งแรง หมายถึง สิ่งที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ อาจจะทำให้ช้าหรือเร็วขึ้น, กล้องจะเคลื่อนที่ไปทางซ้ายมือ เพราะออกแรงผลักทางขวามากกว่าทางซ้ายมือ การออกแรงในชีวิตประจำวันได้แก่ การออกแรงผลักตู้ การออกแรงผลักโต๊ะ เป็นต้น หรือแนวคิดอาจจะคลาดเคลื่อนแต่สามารถบอกความหมายของแรงได้ และยกตัวอย่างสถานการณ์ได้</p>	<p>บอกรายละเอียดได้สมบูรณ์ครบถ้วน ตามแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ เช่น ขนาดและทิศทางของแรงได้บอกความหมายของแรงได้ บอกหน่วยของแรงได้ บอกปริมาณของแรงได้ สามารถเรียนรู้และแก้ปัญหาซึ่งนำไปสู่การอธิบายสถานการณ์ได้สามารถยกตัวอย่างสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในชีวิตประจำวันได้ เช่น กล้องจะเคลื่อนที่ไปทางซ้ายมือ เพราะแรง g มากกว่าแรง x ซึ่งแรง g เป็นแรงทางขวามือของวัตถุ แต่เป็นแรงผลักวัตถุทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปทางซ้ายมือ ที่กล้องเคลื่อนที่ไปทางซ้ายมือเกิดจากแรง g มีขนาดของแรงมากกว่าแรง x ทิศทางการเคลื่อนที่ จะเคลื่อนไปตามทิศทางที่แรงมีขนาดมากกว่าซึ่งแรง (Force) หมายถึง สิ่งที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ อาจทำให้ช้าลงหรือเร็วขึ้น หรือทำให้ทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุเปลี่ยนไปจากเดิมแรง (Force) มีหน่วยเป็นนิวตัน (N) ตัวอย่างของแรงในชีวิตประจำวัน เช่น การที่นักเรียนออกแรงผลักกล้อง, ช้างออกแรงดึงท่อนซุง, การที่ออกแรงผลักโต๊ะให้เคลื่อนที่เป็นต้น</p>



4.1.2 . รูปแบบในการทำความเข้าใจ (Mental Model) ในขั้นทำนาย (Predict : P) เรื่องขนาดและทิศทางของแรง

การเรียนรู้โดยใช้วิธี POE ในขั้นทำนาย (Predict : P) นักเรียนได้ทำนายสถานการณ์ที่ 1 เรื่องขนาดและทิศทางของแรงก่อนที่จะทำการทดลองหาคำตอบในขั้นสังเกต (Observe : O) เพื่อหาคำตอบที่ถูกต้อง ได้ผลการวิเคราะห์ผู้วิจัยตีความร่วมกับผู้ร่วมวิจัยจากการบรรยายและสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมในขั้นทำนาย (Predict : P) ของสถานการณ์ที่ 1 เรื่องขนาดและทิศทางของแรง จากสถานการณ์ดังกล่าว ในข้อ ก. ถูกต้อง คือ กล่องจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางซ้ายมือ พบมีนักเรียนตอบถูกไม่ถึงร้อยละ 50 ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลจากการวิเคราะห์ที่นักเรียนเลือกคำตอบในขั้นทำนาย (Predict : P) ของสถานการณ์ที่ 1 เรื่องขนาดและทิศทางของแรง จากนักเรียนทั้งหมด 26 คน

ตัวเลือก	ก (แนวคิดที่ ถูกต้อง)	ข (แนวคิดที่ไม่ ถูกต้อง)	ค (แนวคิดที่ไม่ ถูกต้อง)	รวม (คน)
จำนวนคนที่ตอบ(คน)	10	6	10	26
ร้อยละ	38	24	38	100

จากตารางที่ 3 พบว่า นักเรียนทำนายสถานการณ์ที่ 1 เรื่องขนาดและทิศทางของแรง ตอบถูกจำนวน 10 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 38 และตอบผิดจำนวน 16 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 62 ผลการวิเคราะห์ผู้วิจัยตีความร่วมกับผู้ร่วมวิจัยจากการบรรยายและสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมรูปแบบในการทำความเข้าใจ (Mental Model) ความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative Knowledge) เป็นลักษณะความรู้เกี่ยวกับ หลักการ ทฤษฎี กฎเกณฑ์ ซึ่งจะอธิบายวิธีการสร้างความเข้าใจของผู้เรียนในลักษณะของโครงสร้างทางปัญญาสกีมา (Schema) ซึ่งประกอบด้วย (1) ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) (2) รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General) และ (3) รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) หรือ สกีมาที่ซับซ้อน (Complex schema) ผลที่ได้จากการศึกษาเป็นดังนี้

นักเรียนที่ตอบข้อ ก เป็นแนวคิดที่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึกสถานการณ์ POE ของเด็กชายทัต นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมีแนวความคิดเรื่องขนาดและทิศทางของแรง ดังนี้

แนวความคิด : “การออกแรงกระทำต่อวัตถุไม่ว่าจะเป็นการผลักหรือดึงผลให้วัตถุเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ดีขึ้น”

จากข้อความจะพบว่า สกีมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) ซึ่งเห็นได้จากที่ผู้เรียนมีการอธิบายรายละเอียดหรือความคิดรวบยอดเดียว เป็นโครงสร้างทางปัญญาที่ง่าย ไม่ซับซ้อนเป็นแนวคิดที่ถูกต้อง แต่การอธิบายของผู้เรียนเกิดจากความรู้เดิมของผู้เรียน ดังบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กชายทัตชน ต่อไปนี้

- | | | |
|------------------|---|--|
| “... ผู้สัมภาษณ์ | : | กล่องจะเคลื่อนที่ไปทางไหนคะ |
| ทัต | : | ก. กล่องจะเคลื่อนที่ไปทางซ้ายมือครับ |
| ผู้สัมภาษณ์ | : | ที่อธิบายของทัตชนที่ว่า “การออกแรงกระทำต่อวัตถุไม่ว่าจะเป็นการผลักหรือดึงผลให้วัตถุเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ดีขึ้น” ทัตชน จงอธิบายการเปลี่ยนแปลงได้ดีขึ้นค่ะ |
| ทัต | : | ถูกศรจากรูปแทนการผลักวัตถุ ถูกศรทางซ้ายมือจะเล็กกว่าทางขวามือเพราะฉะนั้นกล่องจะเคลื่อนที่ไปทางซ้ายมือครับ |
| ผู้สัมภาษณ์ | : | ทัตสามารถอธิบายความหมายของแรงได้หรือไม่คะ |
| ทัต | : | ไม่ได้ครับ |
| ผู้สัมภาษณ์ | : | ตามความเข้าใจของทัตความหมายของแรงคืออะไรคะ |
| ทัต | : | การผลัก การดึงของวัตถุครับ ...” |

นักเรียนที่ตอบข้อ ก เป็นแนวคิดที่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบ รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึกสถานการณ์ POE ของเด็กหญิงฟ้า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ทำให้ทราบว่านักเรียนมีแนวความคิดเรื่องขนาดและทิศทางของแรง ดังนี้

แนวความคิด : “กล่องจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางซ้ายมือ เพราะแรงไม่เท่ากันการผลักวัตถุ การผลักวัตถุไม่เท่ากัน เพราะในภาพสามารถบอกได้ว่า ลูกศรใหญ่ชี้ไปทางซ้ายมือและลูกศรเล็กชี้ไปทางขวามือ อาจทำให้ได้เปรียบเสียเปรียบ ก็เพราะลูกศรชี้ไม่เท่ากัน อาจจะทำให้รูปภาพนี้เคลื่อนที่ไปทางทิศซ้ายมือ”

จากข้อความจะพบว่าสกีมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General) ซึ่งเป็นแนวคิดที่ถูกต้องจะเห็นได้จากที่ผู้เรียนมีการอธิบายรายละเอียดเชื่อมโยงระหว่างแรง 2 แรงที่กระทำต่อวัตถุมีขนาดไม่เท่ากันพร้อมทั้งบอกการได้เปรียบเสียเปรียบระหว่างแรง 2 แรงที่กระทำต่อวัตถุโดยแสดงได้ว่าแรงที่มากจะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปได้ ดังบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กหญิงฟ้า ต่อไปนี้

- “... ผู้สัมภาษณ์ : จากภาพฟ้าคิดว่าจะเกิดอะไรขึ้นกับกล่องคะ
ฟ้า : กล่องจะเคลื่อนที่ไปทางซ้ายมือคะ เพราะแรงไม่เท่ากันคะ ทางขวามากกว่าทางซ้ายมือคะ และเรากำลังผลักกล่อง โดยออกแรงผลักทางขวามากกว่าทางซ้ายมือ ทำให้กล่องเคลื่อนที่ไปทางซ้ายมือคะ
- ผู้สัมภาษณ์ : ฟ้าอธิบายการได้เปรียบและเสียเปรียบคะ
ฟ้า : ข้างซ้ายจะเสียเปรียบเพราะข้างซ้ายจะมีแรงน้อยกว่าข้างขวาคะ
- ผู้สัมภาษณ์ : ฟ้าสามารถอธิบายความหมายของแรงได้หรือไม่คะ
ฟ้า : แรงคือ สิ่งที่กระทำให้วัตถุมีการเคลื่อนที่คะ ...”

**นักเรียนที่ตอบข้อ ข เป็นแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบ
ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)**

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึก
สถานการณ์ POEของเด็กหญิงกมล นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมี
แนวความคิดเรื่องขนาดและทิศทางของแรง ดังนี้

**แนวความคิด : “กล่องจะเคลื่อนที่ไปทางขวามือเพราะแรงดึงดูมากกว่าทางซ้าย
เพราะทางซ้ายมีแรงดึงดูน้อยกว่าทางขวา”**

จากข้อความจะพบว่าสกีมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ **ง่ายไปสู่
ซับซ้อน (Simple to Complex)** ซึ่งเห็นได้จากที่ผู้เรียนมีการอธิบายรายละเอียดหรือความคิดรวบ
ยอดเดียว เป็นโครงสร้างทางปัญญาที่ง่าย ไม่ซับซ้อน ผู้เรียนบอกถึงแรงดึงดูมากและแรงดึงดู
น้อยที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไป เป็นแนวคิดจากความเชื่อหรือความรู้จากภายในตัวของผู้เรียนเป็น
ความคิดที่ไม่ถูกต้อง แล้วความหมายของแรงของผู้เรียนยังเป็นความหมายที่เกิดจากความรู้นี้เดิมของ
ผู้เรียนยังไม่สามารถอธิบายตามแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ ดังบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กหญิง
กมล ต่อไปนี้

- “... ผู้สัมภาษณ์ : จากภาพกมลชนกคิดว่าจะเกิดอะไรขึ้นกับกล่อง
คะ
กมล : กล่องจะเคลื่อนไปทางขวามือคะ
ผู้สัมภาษณ์ : ทำไมกมล คิดว่ากล่องจะเคลื่อนที่ไปทางขวา
มือคะ
กมล : เกิดจากแรงดึงดูของลูกศรคะ ทางขวามีแรง
ดึงดูมากกว่าทางซ้ายมือคะกล่องเลยเคลื่อนที่
ไปทางขวาคะ
ผู้สัมภาษณ์ : กมล อธิบายความหมายของแรงได้หรือไม่คะ
กมล : แรงคือการดึงวัตถุคะ ...”

**นักเรียนที่ตอบข้อ ข เป็นแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบ
รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General)**

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึก
สถานการณ์ POE ของเด็กหญิงเจน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมี
แนวความคิดเรื่องขนาดและทิศทางของแรง ดังนี้

แนวความคิด : “ถึงจะมีแรงทางซ้ายแต่แรงทางขวามากกว่าจึงทำให้กล่องเคลื่อนที่ไปทางขวาถ้ากล่องมีแรงดัน 2 ทางเท่ากันกล่องจะไม่เคลื่อนที่เพราะแรงเท่ากันดันกัน กล่องจะเคลื่อนที่ไปทางทิศขวามือเพราะ ทางขวามือมีแรงดันมากกว่าทางซ้ายมือแต่ละดันไปทางขวามือได้แค่ชนิดเดียวเพราะแรงทางซ้ายมือก็ดันเหมือนกัน”

จากข้อความจะพบว่าสกีมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ รายละเอียดไปสู่ว่าทั่วไป (Detail to General) ซึ่งเห็นได้จากที่ผู้เรียนมีการอธิบายรายละเอียดเชื่อมโยงระหว่างแรง 2 แรงที่กระทำต่อวัตถุมีขนาดไม่เท่ากัน แต่นักเรียนเข้าใจว่าเป็นการดึงวัตถุไม่ใช่การผลักวัตถุ จึงทำให้แนวคิดของผู้เรียนไม่ถูกต้อง โดยผู้เรียนไม่ดูหัวลูกศรที่กระทำต่อกล่อง โดยคิดว่าลูกศรทางขวามือใหญ่กว่าทางซ้ายมือจึงทำให้กล่องเคลื่อนที่ไปทางขวามือ แต่ผู้เรียนได้อธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการออกแรง 2 แรงที่กระทำต่อวัตถุถ้ามีขนาดเท่ากันออกแรงผลักวัตถุชนิดเดียวกันจะทำให้วัตถุไม่เคลื่อนที่หรือหยุดนิ่ง ผู้เรียนยังสามารถให้ความหมายของแรงได้ ซึ่งการอธิบายของผู้เรียนเป็นลักษณะทั่วไปและสรุปหลักการที่สำคัญตามที่ตัวเองเข้าใจ ดังบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กหญิงเจน ต่อไปนี้

- “... ผู้สัมภาษณ์ : จากภาพจินตคิดว่าจะเกิดอะไรขึ้นกับกล่องคะ
 เจน : กล่องจะเคลื่อนที่ไปทางขวามือเพราะแรงกระทำทางขวามือมากกว่า ทางซ้ายมือคะ
 ผู้สัมภาษณ์ : ทำไมเป็นเช่นนั้น
 เจน : ดูจากภาพและลูกศรที่แสดงในภาพคะ
 ผู้สัมภาษณ์ : เจนทราบความหมายของแรงหรือไม่คะ ลองตอบสิคะ
 เจน : แรงคือการกระทำต่อวัตถุทำให้วัตถุเคลื่อนที่ช้าหรือเร็วก็ได้ ค่ะ ...”

นักเรียนที่ตอบข้อ ค เป็นแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึกสถานการณ์ POE ของเด็กหญิงอุไร นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมีแนวความคิดเรื่องขนาดและทิศทางของแรง ดังนี้

แนวความคิด : “กล่องไม่เคลื่อนที่เพราะเราไม่ได้ผลักดันกล่องใบนั้นเพราะเราไม่ต้องการผลักดันกล่องใบนั้น”

จากข้อความจะพบว่าสกีมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) ซึ่งเห็นได้จากที่ผู้เรียนมีการอธิบายรายละเอียดหรือความคิดรวบยอดเดียว เป็น โครงสร้างทางปัญญาที่ง่าย ไม่ซับซ้อน เป็นความคิดที่เกิดจากความรู้ภายในตัวของ ผู้เรียนเอง โดยความรู้นั้นเป็นความรู้ที่ไม่ถูกต้อง ดังบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กหญิงอุไร ต่อไปนี้

- “... ผู้สัมภาษณ์ : อุไรบอกว่าวัตถุจะไม่เคลื่อนที่คะ
 อุไร : เพราะหนูไม่ต้องการผลักดันกล่องใบนั้นกล่อง เลยไม่เคลื่อนที่คะ
 ผู้สัมภาษณ์ : ถ้าสมมุติว่าต้องการผลักกล่องจะเคลื่อนที่ไป ทางไหนคะ
 อุไร : กล่องจะเคลื่อนที่ไปทางซ้ายมือคะเพราะแรง ทางขวามือมากกว่า ทางซ้ายมือผลักทางขวา กล่องจะเคลื่อนที่ไปทางซ้ายมือผลักทางซ้าย กล่องเคลื่อนที่ไป ทางขวา ทางขวาออกแรง ผลักมากกว่าทางซ้ายกล่องเลย เคลื่อนที่ไป ทางซ้ายมือคะ ...”

จากแบบบันทึกสถานการณ์ POE ในขั้นทำนาย (Predict : P) ของนักเรียนพบว่า นักเรียนมีรูปแบบทำความเข้าใจ (Mental Model) กับลักษณะ โครงสร้างทางปัญญาสกีมา (Schema) ลักษณะความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative Knowledge) โดยใช้กรอบ แนวคิดทฤษฎีสกีมา (Schema) เป็นพื้นฐานในการพิจารณาผู้เรียน ซึ่งผู้เรียนส่วนมากมีลักษณะเป็น แบบง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) โดยเฉลี่ยร้อยละ 62 ดังในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 วิเคราะห์รูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) ในเรื่องที่ศึกษาความรู้ที่เป็น
ข้อเท็จจริง (Declarative Knowledge) จากแนวทฤษฎีสคีมา (Schema) ในขั้นทำนาย
(Predict : P) เรื่องขนาดและทิศทางของแรงจากนักเรียนทั้งหมด 26 คน

ตัวเลือก	จำนวนนักเรียน ที่ตอบ (คน)	รูปแบบการทำความเข้าใจในเรื่องที่ศึกษาความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง (Declarative Knowledge) จากแนวทฤษฎีสคีมา (Schema)		
		ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) (คน)	รายละเอียดไปสู่ ทั่วไป (Detail to General) (คน)	รูปธรรมไปสู่ นามธรรม (Concrete to Abstract) (คน)
ก	10	1	9	-
ข	6	5	1	-
ค	10	10	-	-
รวม	26	16	10	0
ร้อยละ		62	38	0

จากตารางที่ 4 พบว่านักเรียนบรรยายในแบบบันทึกสถานการณ์ POE ในขั้น
ทำนาย (Predict : P) นักเรียนมีรูปแบบการทำความเข้าใจกับลักษณะโครงสร้างทางปัญญาศีมา
(Schema) ลักษณะความรู้ที่เป็น ข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative Knowledge) โดยใช้กรอบ
แนวทฤษฎีสคีมา (Schema) เป็นพื้นฐานในการพิจารณาผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ ง่ายไปสู่
ซับซ้อน (Simple to Complex) จำนวน 16 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 62 และลักษณะเป็นแบบ
รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General) จำนวน 10 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 38 แสดงว่าแนวคิด
ของนักเรียนส่วนมากจะมีรูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) ในเรื่องที่ศึกษาความรู้ที่เป็น
ข้อเท็จจริง (Declarative Knowledge) จากแนวทฤษฎีสคีมา (Schema) ในขั้นทำนาย (Predict : P)
ในลักษณะเป็นแบบ ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) โดยบอกรายละเอียดหรือความคิด
รวบยอดเดียว เป็นโครงสร้างทางปัญญาที่ง่าย ไม่ซับซ้อนจากพื้นฐานความรู้เดิมของผู้เรียนที่มีอยู่
แล้วตามหลักทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่ว่ามนุษย์ทำหรือสร้างความรู้ของตนเองขึ้นมาโดยอาศัย
ประสบการณ์และความรู้เหล่านี้จะสร้างมุมมองในโลกส่วนบุคคลที่ผู้เรียนแต่ละคนจะนำมา

4.1.3 รูปแบบในการทำความเข้าใจ (Mental Model) ในชั้นอธิบาย (Explain : E) เรื่องขนาดและทิศทางของแรง

หลังที่ทำการทดลองในขั้นสังเกต (Observe : O) เพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องแล้ว นักเรียนได้เลือกและอธิบายในชั้นอธิบาย (Explain : E) สถานการณ์ที่ 1 เรื่องขนาดและทิศทางของแรง ได้ผลการวิเคราะห์ที่ผู้วิจัยตีความร่วมกับผู้ร่วมวิจัยจากการบรรยายและสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมในชั้นอธิบาย (Explain : E) ของสถานการณ์ที่ 1 เรื่องขนาดและทิศทางของแรงจากสถานการณ์ดังกล่าว ในข้อ ก. ถูกต้อง คือกล่องจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางซ้ายมือ พบว่า มีนักเรียนตอบถูกร้อยละ 85 ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลจากการวิเคราะห์ที่นักเรียนเลือกคำตอบในชั้นอธิบาย (Explain : E) ของสถานการณ์ที่ 1 เรื่องขนาดและทิศทางของแรง จากนักเรียนทั้งหมด 26 คน

ตัวเลือก	ก (แนวคิดที่ ถูกต้อง)	ข (แนวคิดที่ไม่ ถูกต้อง)	ค (แนวคิดที่ไม่ ถูกต้อง)	รวม (คน)
จำนวนคนที่ตอบ (คน)	22	3	1	26
ร้อยละ	85	12	3	100

จากตารางที่ 5 พบว่านักเรียนอธิบายสถานการณ์ที่ 1 เรื่องขนาดและทิศทางของแรง ตอบถูกจำนวน 22 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 85 และตอบผิดจำนวน 4 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 15 ผลการวิเคราะห์ตีความจากการบรรยายและสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมรูปแบบในการทำความเข้าใจ (Mental Model) ความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative Knowledge) เป็นลักษณะความรู้เกี่ยวกับ หลักการ ทฤษฎี กฎเกณฑ์ ซึ่งจะอธิบายวิธีการสร้างความเข้าใจของผู้เรียนในลักษณะของโครงสร้างทางปัญญาสกีมา (Schema) ซึ่งประกอบด้วย (1) ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) (2) รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General) และ (3) รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) หรือสกีมาที่ซับซ้อน (Complex schema) ผลที่ได้จากการศึกษาเป็นดังนี้

นักเรียนที่ตอบข้อ ก เป็นแนวคิดที่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบ
ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึก
สถานการณ์ POE ของเด็กชายพล นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมี
แนวความคิดเรื่องขนาดและทิศทางของแรง ดังนี้

แนวความคิด : “กล่องจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางซ้ายมือเพราะเกิดจากขนาดและ
ทิศทางของแรงที่เกิดจากรากกระทำต่อวัตถุ แรงของวัตถุที่กระทำต่อวัตถุแรงมากจะทำต่อวัตถุ”

จากข้อความจะพบว่าสกีมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ ง่ายไปสู่
ซับซ้อน (Simple to Complex) ซึ่งเห็นได้จากที่ผู้เรียนมีการอธิบายรายละเอียดหรือความคิดรวบ
ยอดเดียว เป็นโครงสร้างทางปัญญาที่ง่าย ไม่ซับซ้อน นักเรียนบอกความหมายของแรงยังเป็น
ความหมายที่เป็นความรู้ที่ตนเองเข้าใจยังไม่เข้าถึงหลักการวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ แต่ความรู้ที่
นักเรียนอธิบายยังเป็นความรู้ที่ถูกต้องมีหลักการวิทยาศาสตร์บ้างเป็นบางส่วนแต่ยังไม่ครบถ้วน
สมบูรณ์ ดังบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กชายพล ต่อไปนี้

- “... ผู้สัมภาษณ์ : สวัสดีค่ะ จากการศึกษาเรื่องของแรง
มาแล้วพลคิดว่ากล่องจะเคลื่อนที่ไปทางใด
เพราะเหตุใดคะ
- พล : กล่องจะเคลื่อนที่ไปทางซ้ายมือครับ เกิดจาก
ขนาดที่กระทำต่อวัตถุขนาดใหญ่จะทำให้วัตถุ
เคลื่อนที่ได้ดีกว่าครับ
- ผู้สัมภาษณ์ : แรงหมายถึงอะไรคะ
- พล : แรงคือทำให้วัตถุเคลื่อนที่ครับ เช่น การออก
แรงดึง การออกแรงผลัก ครับ ...”

นักเรียนที่ตอบข้อ ก เป็นแนวคิดที่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบ
รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึก
สถานการณ์ POE ของเด็กหญิงมล นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมี
แนวความคิดเรื่องขนาดและทิศทางของแรง ดังนี้

แนวความคิด : “เลือก ก คือ กล่องจะเคลื่อนที่ได้ แรง Force คือ ปริมาณที่สามารถ
ทำให้วัตถุที่อยู่ที่ออกแรงมากถ้าออกแรงไม่มากพอก็จะเพียงแค่ทำให้วัตถุเคลื่อนได้แรงเป็นปริมาณ
เวกเตอร์และมีหน่วยเป็นนิวตัน”

จากข้อความจะพบว่าสกีมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ รายละเอียด **ไปสู่ทั่วไป (Detail to General)** ซึ่งเห็นได้จากที่ผู้เรียนมีการอธิบายรายละเอียดและสามารถบอก ความหมายของแรงได้แล้วสามารถบอกขนาดของแรงได้ว่าถ้าออกแรงมากจะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ เป็นแนวคิดที่ถูกต้องแต่นักเรียนยังอธิบายไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ทั้งหมด ดังบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของ เด็กหญิงมล ต่อไปนี้

- “... ผู้สัมภาษณ์ : สวัสดิ์คะ จากการที่ได้ศึกษาเรื่องขนาดและ ทิศทางของแรงมาแล้วตอบข้อใดคะ
- มล : ข้อ ก. คะ กล้องจะเคลื่อนที่ไปทางซ้ายมือคะ เพราะแรงทั้งสองข้างไม่เท่ากันแรงผลัทางขวา มากกว่าทางซ้ายมือกล้องเลยเคลื่อนที่ไป ทางซ้ายมือคะ
- ผู้สัมภาษณ์ : จงอธิบายความหมายของแรงคะ
- มล : แรงหมายถึงสิ่งที่กระทำต่อวัตถุทำให้วัตถุ เคลื่อนที่ได้ เช่น สมมุติหนูผลักตู้ทำให้ตู้เลื่อน คะ
- ผู้สัมภาษณ์ : ปริมาตรของแรงเป็นอะไรคะ
- มล : ปริมาตรเวกเตอร์คะ ...”

นักเรียนที่ตอบข้อ ก เป็นแนวคิดที่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบ รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึก สถานการณ์ POE ของเด็กหญิงกมล นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมี แนวความคิดเรื่องขนาดและทิศทางของแรง ดังนี้

แนวความคิด : “เลือกข้อ ก คือ กล้องจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางซ้ายมือ เพราะเกิด จากแรง ก ที่ผลักวัตถุไปในทิศทางตรงข้าม แรงที่กระทำต่อวัตถุ แรงผลัก แรง หมายถึง สิ่ง ที่กระทำต่อวัตถุให้วัตถุเคลื่อนที่ อาจช้าลงหรือเร็วขึ้นหรือทำให้ทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ เปลี่ยนไปจากเดิมแรงมีหน่วยเป็น (N) หรือ Kg m/s^2 แรงมากจะทำให้วัตถุเคลื่อนที่เร็ว ตัวอย่างใน การออกแรงให้วัตถุเคลื่อนที่เช่น รถเข็นดิน ปั่นจักรยาน เดิน วิ่ง ผลักตู้ เป็นต้น”

จากข้อความจะพบว่าสกีมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ **รูปธรรมไปสู่ นามธรรม (Concrete to abstract)** หรือสกีมาที่ซับซ้อน (Complex Schema) ซึ่งเห็นได้จาก ผู้เรียนมีการอธิบายเชื่อมโยงสถานการณ์ที่เกิดขึ้นเข้ากับหลักการหรือทฤษฎี พร้อมยกตัวอย่าง



สถานการณ์ในชีวิตประจำวันได้อย่างสมบูรณ์ครบถ้วน นักเรียนสามารถอธิบายจากรูปธรรมเข้าสู่นามธรรมได้ ดังบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กหญิงกมล ต่อไปนี้

- “... ผู้สัมภาษณ์ : สวัสดิ์ค่ะ กมลจากการศึกษาเรื่องแรงกมล
คิดว่ากล่องจะเคลื่อนที่ไปทางไหนคะ
กมล : กล่องจะเคลื่อนที่ไปทางซ้ายมือค่ะเพราะเรา
ผลักทางขวาจะ เคลื่อนที่ไปทางซ้ายผลัก
ทางซ้ายจะเคลื่อนที่ไปทางขวาที่กล่อง เคลื่อนที่
ไปทางซ้ายเพราะออกแรงผลักทางขวามากกว่า
ค่ะ
ผู้สัมภาษณ์ : จงอธิบายความหมายของแรงค่ะ
กมล : แรง หมายถึง สิ่งที่ทำให้วัตถุให้วัตถุ
เคลื่อนที่ อาจช้าลงหรือเร็ว ขึ้นหรือทำให้ทิศ
ทางการเคลื่อนที่ของวัตถุเปลี่ยนไปจากเดิมแรง
มีหน่วยเป็น นิวตัน แรงมากจะทำให้วัตถุ
เคลื่อนที่เร็ว
ผู้สัมภาษณ์ : ปริมาตรของแรงเป็นอะไรคะ
กมล : เป็นเวกเตอร์ค่ะเพราะบอกทั้งขนาดและทิศทาง
ค่ะ
ผู้สัมภาษณ์ : ยกตัวอย่างของแรงในชีวิตประจำวันได้หรือไม่คะ
กมล : ได้ค่ะ เช่น การวิ่ง การดึงโต๊ะ การผลักตู้
การปั่นจักรยานค่ะ ...”

นักเรียนที่ตอบข้อ ข เป็นแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบรายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึกสถานการณ์ POE ของเด็กหญิงเจม นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมีแนวความคิดเรื่องขนาดและทิศทางของแรง ดังนี้

แนวความคิด : “ เลือกข้อ ข คือ กล่องจะเคลื่อนที่ไปในทางขวามือ เพราะ แรง ข เกิดจากแรงเคลื่อนที่ของวัตถุ เมื่อออกแรงไม่เท่ากันจึงทำให้กล่องเคลื่อนที่ไปทางซ้าย แรงหมายถึงถึง

การกระทำต่อวัตถุเพื่อเปลี่ยนสภาพเดิมของวัตถุนั้น แรงมากจะทำให้วัตถุเคลื่อนที่เป็นต้น ในการออกแรงให้วัตถุเคลื่อนที่ เช่น การผลักตู้ การเตะฟุตบอล การดึงเชือก เป็นต้น”

จากข้อความจะพบว่า สกEMA (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General) ซึ่งเห็นได้จากที่ผู้เรียนมีการอธิบายรายละเอียดยังไม่ถูกต้อง แต่นักเรียนสามารถบอกความหมายของแรงได้ซึ่งเป็นความหมายทั่วไป และสามารถยกตัวอย่างที่เป็นสถานการณ์ในชีวิตประจำวันได้ ดังบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กหญิงเจม ต่อไปนี้

- “... ผู้สัมภาษณ์ : เมื่อได้ศึกษาเรื่องขนาดและทิศทางของแรง ทำไมเจมถึงคิดว่ากล่องจะเคลื่อนที่ไปทางขวามือคะ
- เจม : เพราะทางขวาลูกศรใหญ่กว่าทางซ้ายมือคะ กล่องจึงเคลื่อนที่ไปทางขวามือคะ
- ผู้สัมภาษณ์ : แรง หมายถึงอะไรคะ
- เจม : การกระทำต่อวัตถุเพื่อเปลี่ยนสภาพเดิมของวัตถุนั้นแรงมากจะทำให้ วัตถุเคลื่อนที่
- ผู้สัมภาษณ์ : ยกตัวอย่างของแรงในชีวิตประจำวันได้หรือไม่คะ
- เจม : ได้คะ เช่น การผลักตู้ การเตะฟุตบอล การวิ่ง การเดินคะ
- ผู้สัมภาษณ์ : ปริมาณของแรงเป็นปริมาณอะไรคะ
- เจม : ไม่ทราบคะ ...”

นักเรียนที่ตอบข้อ ค เป็นแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง มีสกEMA (Schema) ลักษณะเป็นแบบรายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึกสถานการณ์ POE ของเด็กหญิงกัญญา นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมีแนวความคิดเรื่องขนาดและทิศทางของแรง ดังนี้

แนวความคิด : “ ค กล่องไม่เคลื่อนตัวเพราะ เกิดจากแรง 2 แรงที่กระทำต่อวัตถุ ทิศทางของแรง และขนาดของแรง แรงหมายถึงแรงที่กระทำต่อวัตถุ แรงมากจะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ ตัวอย่างในการออกแรงให้วัตถุเคลื่อนที่ เช่น ตะเกียบ การจับไม้กวาด การจับปากกา การถือถาด”

จากข้อความจะพบว่า สกEMA (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General) ซึ่งเห็นได้จากที่ผู้เรียนมีการอธิบายรายละเอียดยังไม่ถูกต้อง

คำอธิบายยังไม่ครบสมบูรณ์ตามแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ แต่นักเรียนสามารถบอกความหมายของแรงได้ซึ่งเป็นความหมายทั่วไป และสามารถยกตัวอย่างในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ ดังบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กหญิงกัญญา ต่อไปนี้

- “... ผู้สัมภาษณ์ : สวัสดิ์คือกัญญา ทำไมคิดว่ากล่องไม่เคลื่อนตัวคะ
- กัญญา : เพราะถูกศรผลักกันกล่องเลยไม่เคลื่อนตัวคะ
- ผู้สัมภาษณ์ : แรง หมายถึงอะไรคะ
- กัญญา : แรงหมายถึงแรงที่กระทำต่อวัตถุ แรงมากจะทำให้วัตถุเคลื่อนที่
- ผู้สัมภาษณ์ : ทราบหรือไม่คะว่าปริมาณของแรงเป็นอะไร
- กัญญา : ไม่ทราบคะ
- ผู้สัมภาษณ์ : กัญญาช่วยยกตัวอย่างสถานการณ์ที่ใช้แรงในชีวิตประจำวันคะ
- กัญญา : การวิ่ง การจับปากกา การผลักโต๊ะ การจับไม้กวาดคะ ...”

จากแบบบันทึกสถานการณ์ POE ในขั้นอธิบาย (Explain : E) ของนักเรียนพบว่านักเรียนมีรูปแบบทำความเข้าใจ (Mental Model) กับลักษณะโครงสร้างทางปัญญาสกีมา (Schema) ลักษณะความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative Knowledge) โดยใช้กรอบแนวคิดทฤษฎีสกีมา (Schema) เป็นพื้นฐานในการพิจารณาผู้เรียน ซึ่งผู้เรียนส่วนมากมีลักษณะเป็นแบบรูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) หรือสกีมาที่ซับซ้อน (Complex Schema) โดยเฉลี่ยร้อยละ 62 ดังในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 วิเคราะห์รูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) ในเรื่องที่ศึกษาความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง (Declarative Knowledge) จากแนวทฤษฎีสคีมา (Schema) ในชั้นอธิบาย (Explain : E) เรื่องขนาดและทิศทางของแรงจากนักเรียนทั้งหมด 26 คน

ตัวเลือก	จำนวนนักเรียนที่ตอบ (คน)	รูปแบบการทำความเข้าใจในเรื่องที่ศึกษาความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง (Declarative Knowledge) จากแนวทฤษฎีสคีมา (Schema)		
		ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) (คน)	รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General) (คน)	รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) (คน)
ก	22	4	2	16
ข	3	-	3	-
ค	1	-	1	-
รวม	26	4	6	16
ร้อยละ		16	24	62

จากตารางที่ 6 พบว่านักเรียนทำแบบบันทึกสถานการณ์ POE ในชั้นอธิบาย (Explain : E) ของนักเรียนพบว่านักเรียนมีรูปแบบทำความเข้าใจ (Mental Model) กับลักษณะโครงสร้างทางปัญญาสคีมา (Schema) ลักษณะความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative Knowledge) โดยใช้กรอบแนวคิดทฤษฎีสคีมา (Schema) เป็นพื้นฐานในการพิจารณาผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบรูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to abstract) หรือสคีมาที่ซับซ้อน (Complex Schema) จำนวน 16 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 62 มีลักษณะเป็นแบบ รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General) จำนวน 6 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 24 และมีลักษณะเป็นแบบ ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) จำนวน 4 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 16 แสดงว่าแนวคิดของนักเรียนส่วนมากจะมีรูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) ที่เป็นลักษณะแบบ รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to abstract) หรือสคีมาที่ซับซ้อน (Complex Schema) สคีมาที่มีความเป็นนามธรรม (Abstract) ผู้เรียนมีการอธิบายเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสถานการณ์เข้าสู่ทฤษฎีและยกตัวอย่างที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้โดยการผ่านประสบการณ์การเรียนรู้และความรู้ที่ได้ศึกษาเป็นความรู้ที่ผู้เรียน

สร้างขึ้นร่วมเข้ากับความรู้เดิมของตนเองนำสู่การอธิบายได้อย่างสมบูรณ์และถูกต้องเพิ่มขึ้นตาม ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

4.1.4 ผลการวิเคราะห์รูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) จากการบรรยายใน ชั้นทำนาย (Predict : P) กับชั้นอธิบาย (Explain : E) ของนักเรียน เรื่องขนาดและทิศทางของแรง

ผลการวิเคราะห์รูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) ผู้วิจัยตีความร่วมกับ ผู้ร่วมวิจัยจากการบรรยายและสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมเรื่องขนาดและทิศทางของแรง พบว่าการ อธิบายของนักเรียนส่วนมากในชั้นทำนาย (Predict:P) จะมีรูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) มีลักษณะเป็นแบบ ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) โดยเฉลี่ยร้อยละ 62 ตอบถูก โดยเฉลี่ยร้อยละ 38 และการอธิบายของนักเรียนส่วนมากในชั้นอธิบาย (Explain: E) จะมีรูปแบบ การทำความเข้าใจ (Mental Model) มีลักษณะเป็นแบบ รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to abstract) หรือสเก็มาที่ซับซ้อน (Complex Schema) โดยเฉลี่ยร้อยละ 62 ตอบถูกโดยเฉลี่ยร้อยละ 85 ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์รูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) จากการ บรรยายใน ชั้นทำนาย (Predict : P) กับชั้นอธิบาย (Explain : E) ของนักเรียนเรื่อง ขนาดและทิศทางของแรง จากนักเรียนทั้งหมด 26 คน

จำนวนนักเรียน				รูปแบบการทำความเข้าใจในเรื่องที่ศึกษาความรู้ ที่เป็นข้อเท็จจริง (Declarative Knowledge) จากแนวทฤษฎีสเก็มา (Schema)							
				ง่ายไปสู่ ซับซ้อน (Simple to Complex)		รายละเอียด ไปสู่ทั่วไป (Detail to General)		รูปธรรมไปสู่ นามธรรม (Concrete to Abstract)			
ก่อน Observe ชั้นทำนาย (Predict : P)		หลัง Observe ชั้นอธิบาย (Explain : E)		P	E	P	E	P	E		
ถูก (คน)	ผิด (คน)	ถูก (คน)	ผิด (คน)	(คน)	(คน)	(คน)	(คน)	(คน)	(คน)		
10	16	22	4	16	4	10	6	0	16		
38	62	85	15	62	16	38	24	0	62	ร้อยละ	

จากตารางที่ 7 พบว่า ก่อนเรียนเรื่องขนาดและทิศทางของแรง นักเรียนได้ทำนายสถานการณ์ในขั้นทำนาย (Predict : P) นักเรียนตอบถูก คิดเป็นร้อยละ 38 หลังเรียนในขั้นอธิบาย (Explain : E) นักเรียนตอบถูกมากขึ้นคิดเป็นร้อยละ 85 โดยนักเรียนที่ผ่านการเรียนรู้โดยใช้วิธี Predict - Observe - Explain (POE) นักเรียนส่วนมากจะมีรูปแบบการทำความเข้าใจที่มีลักษณะที่เป็นแบบ รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) หรือสกีมาที่ซับซ้อน (Complex Schema) สกีมาที่มีความเป็นนามธรรม (Abstract) ซึ่งผู้เรียนมีการอธิบายเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสถานการณ์เข้าสู่ทฤษฎีและยกตัวอย่างที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้โดยการผ่านประสบการณ์การเรียนรู้และความรู้ที่ได้ศึกษาเป็นความรู้ที่ผู้เรียนสร้างขึ้นรวมเข้ากับความรู้เดิมของตนเองนำสู่การอธิบายได้อย่างสมบูรณ์และถูกต้องเพิ่มขึ้น

4.2 รูปแบบในการทำความเข้าใจ (Mental Model) เรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (การตกของวัตถุอย่างอิสระ)

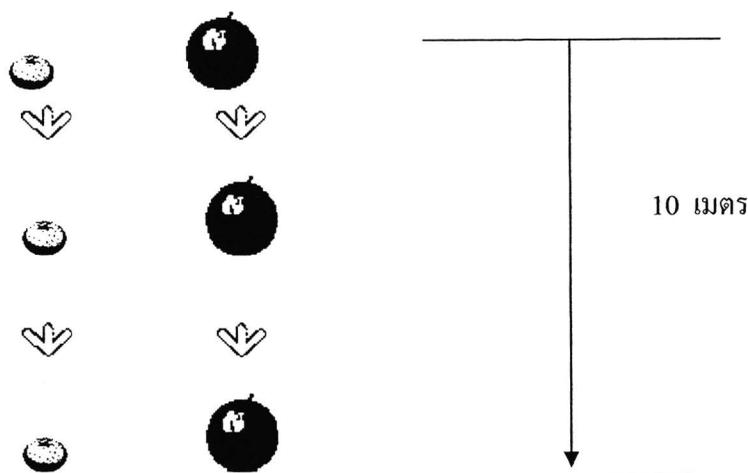
รูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) บนพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้วิธี Predict - Observe - Explain (POE) ในการจัดการเรียนรู้ เรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (การตกของวัตถุอย่างอิสระ) ผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

4.2.1 สถานการณ์ปัญหา เรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก(การตกของวัตถุอย่างอิสระ) โดยใช้วิธี Predict - Observe - Explain (POE)

สถานการณ์ เรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (การตกของวัตถุอย่างอิสระ) โดยผู้วิจัยนำเสนอสถานการณ์ดังต่อไปนี้

เมื่อปล่อยสัมกับแดงโมให้ตกสู่พื้นอย่างอิสระ จากระดับความสูงจากพื้นเท่ากัน ดังภาพที่ 4 สัม และแดงโม จะกระทบพื้นในเวลาเดียวกันหรือไม่

- ก. สัมถึงพื้นก่อนเพราะเหตุใด
- ข. แดงโมถึงพื้นก่อนเพราะเหตุใด
- ค. สัมและแดงโมถึงพื้นพร้อมกันเพราะเหตุใด



ภาพที่ 4 แสดงภาพการตกอย่างอิสระของส้มและแตงโม

จากสถานการณ์ดังกล่าวข้อที่ถูกต้องคือ ค. ส้มและแตงถึงพื้นพร้อมกัน เพราะส้มและแตงโมถูกปล่อยให้ตกอย่างอิสระ ซึ่งการตกอย่างอิสระเมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุที่กำลังตกมีเพียงแค่แรงโน้มถ่วงเพียงแรงเดียว เราถือว่าวัตถุนั้นมีการตกอย่างอิสระ (Free Fall) วัตถุที่ตกอย่างอิสระจะมีความเร่งในขณะที่ตกลงมาสู่พื้น แล้วการตกอย่างอิสระจะมีแรงโน้มถ่วงเป็นแรงที่ไม่สมดุลและแรงที่ไม่สมดุลจะทำให้วัตถุมีความเร่ง ทำไมหนังสือจึงหล่นลงสู่พื้นเมื่อนักเรียนปล่อยจากมือ นิวตันได้อธิบายว่ามีแรงมากระทำต่อวัตถุเพื่อดึงวัตถุให้ตกสู่ใจกลางโลก และเรียกแรงนี้ว่าแรงโน้มถ่วง (Gravity) ซึ่งแรงโน้มถ่วง คือ แรงดึงดูดวัตถุทุกชนิดเข้าสู่โลก วัตถุมีความเร่งเท่าไรในการตกอย่างอิสระที่บริเวณใกล้กับพื้นผิวโลก ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงมีค่าเท่ากับ 9.8 เมตรต่อวินาที² หมายความว่าในทุกวินาทีที่วัตถุดตก วัตถุจะมีความเร็วเพิ่มขึ้น 9.8 เมตรต่อวินาที² สมมติว่าวัตถุดตกลงมาจากตึก วัตถุจะมีความเร็วเริ่มต้นเท่ากับ 0 เมตรต่อวินาที หลังจากวินาทีแรกผ่านไป วัตถุจะมีความเร็ว 9.8 เมตรต่อวินาทีกำลังสอง หลังจากผ่านไป 2 วินาทีความเร็วจะเป็น 19.6 เมตรต่อวินาที² (9.8 เมตรต่อวินาที² + 9.8 เมตรต่อวินาที²) และเมื่อเวลาผ่านไป 3 วินาที ความเร็วจะเป็น 29.4 เมตรต่อวินาที² ความเร็วจะเพิ่มขึ้นตลอดเวลาที่วัตถุดตก วัตถุทุกชิ้นมีความเร่งในการตกอย่างอิสระเท่ากัน โดยไม่ขึ้นอยู่กับมวลของวัตถุให้นักเรียนพิจารณาจากการทดลอง เมื่อปล่อยวัตถุที่มีมวลต่างกันให้ตกลงสู่พื้น วัตถุจะตกถึงพื้นพร้อมกันโดยไม่ขึ้นกับมวล จากสถานการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดให้ผู้เรียนต้องทำนายในขั้นทำนาย (Predict : P) ก่อนที่จะเรียนรู้เพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องในขั้นสังเกต (Observe : O) จากนั้นนำข้อคำตอบที่ได้จากการสังเกตมาอธิบายสถานการณ์ในขั้นอธิบาย (Explain : E) แล้วผู้วิจัยวิเคราะห์รูปแบบในการทำความเข้าใจ (Mental Model) ลักษณะ

โครงสร้างทางปัญญาสกีมา (Schema) ลักษณะความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative Knowledge) เป็นลักษณะความรู้เกี่ยวกับ หลักการ ทฤษฎี กฎเกณฑ์ ซึ่งจะอธิบายวิธีการสร้างความเข้าใจของผู้เรียนในลักษณะของโครงสร้างทางปัญญาสกีมา (Schema) ซึ่งประกอบด้วย (1) ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) (2) รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General) และ (3) รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) โดยวิเคราะห์ตีความจากการเขียนบรรยายและจากการสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 วิเคราะห์รูปแบบการทำความเข้าใจในเรื่องที่ศึกษาข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative Knowledge) จากแนวทฤษฎีสกีมา เรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (การตกของวัตถุอย่างอิสระ)

ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)	รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General)	รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract)
<p>บอกรายละเอียดหรือความคิดรวบยอดเดียวเป็นโครงสร้างทางปัญญาที่ง่าย ไม่ซับซ้อน การอธิบายตามความรู้เดิมของนักเรียนที่เกิดจากภายในตัวของผู้เรียน โดยใช้เหตุผลในการอธิบายในรูปแบบที่ง่ายไม่เข้าสู่ทฤษฎีหรือหลักการใดๆ เช่น สัมและแดงโมตกถึงพื้นพร้อมกันเพราะปล่อยให้ตกอย่างอิสระด้วยแรงโน้มถ่วง, สัมและแดงโมตกถึงพื้นพร้อมกันด้วยความเร่งจากแรงโน้มถ่วง เป็นต้น หรืออาจจะเป็นคำตอบที่คลาดเคลื่อนแต่นักเรียนให้คำอธิบายตามความเข้าใจหรือความรู้เดิมที่เกิดภายในตัวของผู้เรียนเอง</p>	<p>บอกรายละเอียดได้สมบูรณ์ขึ้นและอธิบายได้อย่างกว้างขวาง โดยมีหลักการเข้ามาเกี่ยวข้องบ้างเป็นบางส่วนหรือยกสถานการณ์ที่ใกล้เคียงเข้ามาเพื่ออธิบายเพิ่มเติมได้ เช่น สัมและแดงโมจะตกถึงพื้นพร้อมกันเพราะเป็นการปล่อยวัตถุอย่างอิสระและวัตถุตกด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งแรงโน้มถ่วง คือแรงดึงดูดเข้าสู่โลก, สัมและแดงโมจะตกถึงพื้นพร้อมกันเพราะเป็นการปล่อยวัตถุให้ตกอย่างอิสระแล้ววัตถุจะตกด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก เช่น การตกของมะม่วง การตกของหนังสือ เป็นการตกลงสู่พื้น โดยแรงโน้มถ่วงของโลก เป็นต้น หรืออาจจะเป็นคำตอบที่คลาดเคลื่อนแต่นักเรียนสามารถให้ความหมายของแรงโน้มถ่วงของโลกได้ แล้วสามารถยกตัวอย่างการตกของวัตถุเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกได้</p>	<p>บอกรายละเอียดได้สมบูรณ์ครบถ้วนตามแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ คือ เป็นการตกอย่างอิสระ ให้ความหมายเรื่องแรงโน้มถ่วงของโลกได้ ที่ทำให้วัตถุตกลงถึงพื้นพร้อมกันได้ เช่น สัมและแดงโมถูกปล่อยให้ตกอย่างอิสระ ซึ่งการตกอย่างอิสระเมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุที่กำลังตกมีเพียงแค่แรงโน้มถ่วงเพียงแรงเดียว เราถือว่าวัตถุนั้นมีการตกอย่างอิสระ วัตถุที่ตกอย่างอิสระจะมีความเร่งในขณะที่ตกลงมาสู่พื้นแล้วการตก โดยแรงโน้มถ่วงของโลก เป็นต้น หรืออาจจะเป็นคำตอบที่คลาดเคลื่อนแต่นักเรียนสามารถให้ความหมายของแรงโน้มถ่วงของโลกได้แล้วสามารถยกตัวอย่างการตกของวัตถุเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกได้</p>

4.2.2 รูปแบบในการทำความเข้าใจ (Mental Model) ในขั้นทำนาย (Predict : P) เรื่อง แรงโน้มถ่วงของโลก (การตกของวัตถุอย่างอิสระ)

การเรียนรู้โดยใช้วิธี Predict - Observe - Explain (POE) ในขั้นทำนาย (Predict : P) นักเรียนได้ทำนายสถานการณ์ที่ 2 เรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (การตกของวัตถุอย่างอิสระ) ก่อนที่จะทำการทดลองหาคำตอบในขั้นสังเกต (Observe : O) เพื่อหาคำตอบที่ถูกต้อง ได้ผลการวิเคราะห์ผู้วิจัยตีความร่วมกับผู้ร่วมวิจัยจากการบรรยายและสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมในขั้นทำนาย (Predict : P) ของสถานการณ์ที่ 2 เรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (การตกของวัตถุอย่างอิสระ) จากสถานการณ์ดังกล่าว ในข้อ ก. ถูกต้อง คือสัมพันธ์และตรงกันพบว่ามีนักเรียนตอบถูกไม่ถึงร้อยละ 50 ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลจากการวิเคราะห์ที่นักเรียนเลือกคำตอบในขั้นทำนาย (Predict : P) ของสถานการณ์ที่ 2 เรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (การตกของวัตถุอย่างอิสระ) จากนักเรียนทั้งหมด 26 คน

ตัวเลือก	ก (แนวคิดที่ไม่ถูกต้อง)	ข (แนวคิดที่ไม่ถูกต้อง)	ค (แนวคิดที่ถูกต้อง)	รวม (คน)
จำนวนคนที่ตอบ (คน)	0	21	5	26
ร้อยละ	0	81	19	100

จากตารางที่ 9 พบว่า นักเรียนทำนายสถานการณ์ที่ 2 เรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (การตกของวัตถุอย่างอิสระ) ตอบถูกจำนวน 5 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 19 และตอบผิดจำนวน 21 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 81 ผลการวิเคราะห์ผู้วิจัยตีความร่วมกับผู้ร่วมวิจัยจากการบรรยายและสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมรูปแบบในการทำความเข้าใจ (Mental Model) ความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative Knowledge) เป็นลักษณะความรู้เกี่ยวกับหลักการ ทฤษฎี กฎเกณฑ์ ซึ่งจะอธิบายวิธีการสร้างความเข้าใจของผู้เรียนในลักษณะของโครงสร้างทางปัญญาสกีมา (Schema) ซึ่งประกอบด้วย (1) ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) (2) รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to

General) และ (3) รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) หรือสกีมาที่ซับซ้อน (Complex schema) ผลที่ได้จากการศึกษาเป็นดังนี้

**นักเรียนที่ตอบข้อ ข เป็นแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบ
ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)**

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึก
สถานการณ์ POE ของเด็กหญิงเอื้อง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมี
แนวความคิดเรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (การตกของวัตถุอย่างอิสระ) ดังนี้

**แนวความคิด : “แรงโน้มถ่วงมาก่อน เพราะแรงโน้มถ่วงมีแรงโน้มถ่วงมากกว่าส้ม แรงโน้ม
มีน้ำหนักมากกว่าส้ม เพราะแรงโน้มถ่วงมีเนื้อมากกว่าส้มและแรงโน้มถ่วงใหญ่กว่าส้ม แรงโน้ม
เป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่มีน้ำหนักเยอะและลูกใหญ่ แรงโน้มจะตกลงพื้นก่อนส้ม”**

จากข้อความจะพบว่าสกีมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ **ง่ายไปสู่
ซับซ้อน (Simple to Complex)** ซึ่งเห็นได้จากที่ผู้เรียนมีการอธิบายรายละเอียดหรือความคิดรวบ
ยอดเดียว เป็นโครงสร้างทางปัญญาที่ง่าย ไม่ซับซ้อน โดยเป็นความเข้าใจที่อาจจะมาจากความรู้เดิม
ของเขาที่มีอยู่นำมาอธิบาย แต่แนวคิดที่นักเรียนนำมาอธิบายยังเป็นแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง ดังบทสัมภาษณ์
เพิ่มเติมของเด็กหญิงเอื้อง ต่อไปนี้

- | | | |
|------------------|---|--|
| “... ผู้สัมภาษณ์ | : | ค่ะ ทำไมคิดว่าแรงโน้มถ่วงมาก่อนคะ |
| เอื้อง | : | เพราะแรงโน้มถ่วงมีแรงโน้มถ่วงมากกว่าส้มคะ |
| ผู้สัมภาษณ์ | : | ทำไม แรงโน้มถ่วงถึงอยู่ที่ผลส้มกับแรงโน้มคะ |
| เอื้อง | : | คิดว่าแรงโน้มถ่วงอยู่ที่ผลส้มกับแรงโน้มเลยทำให้ผลส้มกับแรงโน้มตกลงพื้น |
| ผู้สัมภาษณ์ | : | แรงโน้มถ่วงหมายถึงแรงอะไรคะ ตามความคิด
ของหนู |
| เอื้อง | : | แรงที่ทำให้ผลส้มกับแรงโน้มตกลงมาคะ |
| ผู้สัมภาษณ์ | : | หนูสามารถบอกได้หรือไม่คะว่าค่าของแรง
โน้มถ่วงที่หนูทราบมีค่าเท่าใด |
| เอื้อง | : | ไม่ทราบคะ ...” |

**นักเรียนที่ตอบข้อ ค เป็นแนวคิดที่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบ
ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)**

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึก
สถานการณ์ POE ของเด็กหญิงนน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมี
แนวความคิดเรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (การตกของวัตถุอย่างอิสระ) ดังนี้

แนวความคิด : “ตอบข้อ ค. สัมและแดงโมตกถึงพื้นพร้อมกัน เพราะสัมกับแดงโม
ถูกปล่อยลงมาพร้อมๆ กัน จึงมีแรงโน้มถ่วงที่ถูกปล่อยลงมาเท่ากัน ”

จากข้อความจะพบว่า สกิวมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ **ง่ายไปสู่
ซับซ้อน (Simple to Complex)** ซึ่งเห็นได้จากที่ผู้เรียนมีการอธิบายรายละเอียดหรือความคิดรวบ
ยอดเดียว เป็นโครงสร้างทางปัญญาที่ง่าย ไม่ซับซ้อน แนวคิดของผู้เรียนเป็นแนวคิดที่ถูกต้อง ซึ่ง
ผู้เรียนบอกว่าเป็นแรงโน้มถ่วงของโลกแต่ไม่ทราบหลักการที่เป็นแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ ดัง
บทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กหญิงนน ต่อไปนี้

“... ผู้สัมภาษณ์	:	จากที่หนูทำนายหนูบอกว่าสัมและแดงโมตก ถึงพื้นพร้อมกันเพราะปล่อยพร้อมกันและตกลง ด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก จึงให้ความหมายของ แรงโน้มถ่วงของโลกคะ
นน	:	แรงที่ทำให้วัตถุตกลงสู่พื้นคะ
ผู้สัมภาษณ์	:	หนูสามารถบอกได้หรือไม่คะว่าค่าของแรง โน้มถ่วงที่หนูทราบมีค่าเท่าใด
นน	:	ไม่ทราบคะ ...”

จากแบบบันทึกสถานการณ์ POE ในขั้นทำนาย (Predict : P) ของนักเรียนพบว่า
นักเรียนมีรูปแบบทำความเข้าใจ (Mental Model) กับลักษณะโครงสร้างทางปัญญาสกิวมา
(Schema) ลักษณะความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative Knowledge) โดยใช้กรอบ
แนวคิดทฤษฎีสกิวมา (Schema) เป็นพื้นฐานในการพิจารณาผู้เรียน ซึ่งผู้เรียนส่วนมากมีลักษณะเป็น
แบบ **ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)** โดยเฉลี่ยร้อยละ 100 ดังในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 วิเคราะห์รูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) ในเรื่องที่ศึกษาความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง (Declarative Knowledge) จากแนวคิดทฤษฎีสคีมา (Schema) ในขั้นทำนาย (Predict : P) เรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (การตกของวัตถุอย่างอิสระ) จากนักเรียนทั้งหมด 26 คน

ตัวเลือก	จำนวนนักเรียนที่ตอบ (คน)	รูปแบบการทำความเข้าใจในเรื่องที่ศึกษาความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง (Declarative Knowledge) จากแนวคิดทฤษฎีสคีมา (Schema)		
		ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) (คน)	รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General) (คน)	รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) (คน)
ก	0	0	0	0
ข	21	21	0	0
ค	5	5	0	0
รวม	26	26	0	0
ร้อยละ		100	0	0

จากตารางที่ 10 พบว่า นักเรียนบรรยายในแบบบันทึกสถานการณ์ POE ในขั้นทำนาย (Predict : P) นักเรียนมีรูปแบบการทำความเข้าใจกับลักษณะโครงสร้างทางปัญญาสคีมา (Schema) ลักษณะความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative Knowledge) โดยใช้กรอบแนวคิดทฤษฎีสคีมา (Schema) เป็นพื้นฐานในการพิจารณาผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) จำนวน 26 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 100 แสดงว่าแนวคิดของนักเรียนทั้งหมดมีรูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) ในเรื่องที่ศึกษาความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง (Declarative Knowledge) จากแนวคิดทฤษฎีสคีมา (Schema) ในขั้นทำนาย (Predict : P) ในลักษณะเป็นแบบง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) โดยบอกรายละเอียดหรือความคิดรวบยอดเดียว เป็นโครงสร้างทางปัญญาที่ง่าย ไม่ซับซ้อนจากพื้นฐานความรู้เดิมของผู้เรียนที่มีอยู่แล้วตามหลักทฤษฎีคอนกรีตวิสต์ที่ว่ามนุษย์ทำหรือสร้างความรู้ของตนเองขึ้นมาโดยอาศัยประสบการณ์และความรู้เหล่านี้จะสร้างมุมมองในโลกส่วนบุคคลที่ผู้เรียนแต่ละคนจะนำมา

4.2.3 รูปแบบในการทำความเข้าใจ (Mental Model) ในชั้นอธิบาย (Explain : E) เรื่อง แรงโน้มถ่วงของโลก (การตกของวัตถุอย่างอิสระ)

หลังที่ทำการทดลองในชั้นสังเกต (Observe : O) เพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องแล้ว นักเรียนได้เลือกและอธิบายในชั้นอธิบาย (Explain : E) สถานการณ์ที่ 2 เรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (การตกของวัตถุอย่างอิสระ) ได้ผลการวิเคราะห์ที่ผู้วิจัยตีความร่วมกับผู้ร่วมวิจัยจากการบรรยายและสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมในการอธิบายสถานการณ์ที่ 2 เรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (การตกของวัตถุอย่างอิสระ) จากสถานการณ์ดังกล่าว ในข้อ ก. ถูกต้อง คือ สัมและแดงถึงพื้นพร้อมกัน พบว่ามีนักเรียนตอบถูกร้อยละ 65 ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ผลจากการวิเคราะห์ที่นักเรียนเลือกคำตอบในชั้นอธิบาย (Explain : E) ของ สถานการณ์ที่ 2 เรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (การตกของวัตถุอย่างอิสระ) จากนักเรียนทั้งหมด 26 คน

ตัวเลือก	ก (แนวคิดที่ไม่ ถูกต้อง)	ข (แนวคิดที่ไม่ ถูกต้อง)	ค (แนวคิดที่ ถูกต้อง)	รวม (คน)
จำนวนคนที่ตอบ(คน)	3	6	17	26
ร้อยละ	12	23	65	100

จากตารางที่ 11 พบว่า นักเรียนอธิบายสถานการณ์ที่ 2 เรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (การตกของวัตถุอย่างอิสระ) ตอบถูกจำนวน 17 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 65 และตอบผิดจำนวน 9 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 35 ผลการวิเคราะห์ที่ผู้วิจัยตีความร่วมกับผู้ร่วมวิจัยจากการบรรยายและสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมรูปแบบในการทำความเข้าใจ (Mental Model) ความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative Knowledge) เป็นลักษณะความรู้เกี่ยวกับหลักการ ทฤษฎี กฎเกณฑ์ ซึ่งจะอธิบายวิธีการสร้างความเข้าใจของผู้เรียนในลักษณะของ โครงสร้างทางปัญญาสกีมา (Schema) ซึ่งประกอบด้วย (1) ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) (2) รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General) และ (3) รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) หรือ สกีมาที่ซับซ้อน (Complex schema) ผลที่ได้จากการศึกษาเป็นดังนี้

นักเรียนที่ตอบข้อ ก เป็นแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึกสถานการณ์ POE ของเด็กชายวัด นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมีแนวความคิดเรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (การตกของวัตถุอย่างอิสระ) ดังนี้

แนวความคิด : “สัมถึงพื้นก่อนเพราะสัมลูกเล็กกว่าแตงโม เพราะสัมผลเล็กจึงถึงพื้นก่อนแตงโม ถ้าจะให้แตงโมลงสู่พื้นก่อนคงเป็นไปได้”

จากข้อความจะพบว่า สกีมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ **ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)** ซึ่งเห็นได้จากที่ผู้เรียนมีการอธิบายรายละเอียดหรือความคิดรวบยอดเดียว เป็นโครงสร้างทางปัญญาที่ง่าย ไม่ซับซ้อน คำอธิบายของเด็กชายวัด ยังเป็นความรู้ที่เขาเชื่ออยู่เดิมอยู่แล้วว่าเป็นไปไม่ได้ที่ผลสัมกับผลแตงโมจะตกลงพร้อมกัน ซึ่งเป็นความคิดที่ไม่ถูกต้องตามหลักการวิทยาศาสตร์ ดัชนีสัมภาษณ์ของเด็กชายวัด ต่อไปนี้

- “... ผู้สัมภาษณ์ : สวัสดิ์คะ ทำไมวัดจึงคิดว่าผลสัมกับผลแตงโมตก
- วัด : เพราะขนาดของลูกแตงโมกับสัมไม่เท่ากันครับ แตงโมใหญ่กว่าต้องถึงพื้นก่อนครับ
- ผู้สัมภาษณ์ : ผลสัมกับผลแตงโมตกลงสู่พื้นได้อย่างไรคะ
- วัด : เพราะโลกมีแรงโน้มถ่วงครับ
- ผู้สัมภาษณ์ : ช่วยอธิบายความหมายของแรงโน้มถ่วงของโลกได้หรือคะ
- วัด : ผมคิดว่าเป็นแรงที่ทำให้สิ่งของไม่หลุดลอยออกจากรอบโลกครับ ...”

นักเรียนที่ตอบข้อ ก เป็นแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบรายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึกสถานการณ์ POE ของเด็กหญิงกันย์ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมีแนวความคิดเรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (การตกของวัตถุอย่างอิสระ) ดังนี้

แนวความคิด : “สัมถึงพื้นก่อนเพราะสัมมีผลที่เล็กและซึ่งให้เห็นถึงการใช้แรงโน้มถ่วงของโลกและยังทำให้ผลสัมมีแรงเสียดทานที่น้อยกว่าแดงโม”

จากข้อความจะพบว่าสกีมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ รายละเอียด **ไปสู่ทั่วไป (Detail to General)** ผู้เรียนมีการอธิบายรายละเอียดอย่างกว้าง แต่แนวคิดยังไม่ถูกต้องตามหลักการวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนกล่าวถึงแรงเสียดทานของอากาศเข้ามาเกี่ยวข้องกับการตกของวัตถุจากการสัมภาษณ์นักเรียนได้กล่าวว่า “สัมมีแรงเสียดทานน้อยเพราะเป็นวัตถุที่เล็กกว่าทำให้ตกถึงพื้นก่อนแดงโม” ตามหลักการวิทยาศาสตร์ไม่กล่าวถึงแรงเสียดทานอากาศที่มีผลต่อการตกของวัตถุในหลักการวิทยาศาสตร์ผู้เรียนสามารถบอกถึงแรงโน้มถ่วงของโลกได้และบอกความหมายของแรงโน้มถ่วงของโลกได้ ดังบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กหญิงกัญย์ ต่อไปนี้

“... ผู้สัมภาษณ์ : สวัสดิ์คะ ในขั้นอธิบายบอกครูว่าสัมถึงพื้นก่อนทำไมคิดอย่างนั้นคะ

กัญย์ : เพราะว่าสัมมีแรงเสียดทานน้อยเพราะเป็นวัตถุที่เล็กกว่าทำให้ตกถึงพื้นก่อนแดง โมคะ

ผู้สัมภาษณ์ : ทำไมถึงคิดว่าเกิดจากแรงเสียดทาน

กัญย์ : เพราะว่าอากาศมาเสียดทานกับสัมน้อยกว่าแดงโมคะ ...”

นักเรียนที่ตอบข้อ ข เป็นแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึกสถานการณ์ POE ของเด็กหญิงนิต นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมีแนวความคิดเรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (การตกของวัตถุอย่างอิสระ) ดังนี้

แนวความคิด : “แดงโมถึงพื้นก่อน เพราะแดงโมมีน้ำหนักมากกว่าสัม ”

จากข้อความจะพบว่าสกีมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ **ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)** ซึ่งเห็นได้จากที่ผู้เรียนมีการอธิบายรายละเอียดหรือความคิดรวบยอดเดียว เป็นโครงสร้างทางปัญญาที่ง่าย ไม่ซับซ้อน คำอธิบายของเด็กหญิงนิต ยังเป็นความรู้ที่เขาเชื่ออยู่เดิมอยู่แล้วว่าเป็นไปไม่ได้ที่ผลสัมกับผลแดงโมจะตกลงพร้อมกัน เพราะน้ำหนักไม่เท่ากัน ซึ่งเป็นคำตอบที่ไม่ถูกต้องตามหลักการวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ ดังบทสัมภาษณ์ของเด็กหญิงนิต ต่อไปนี้

- “... ผู้สัมภาษณ์ : สวัสดิ์คะ ทำไมคิดว่าแสงโมถึงพื้นก่อนส้มคะ
 นิต : เพราะแสงโมผลใหญ่น้ำหนักมากกว่าส้ม
 จึงทำให้แสงโมตกถึงพื้นก่อนคะ
 ผู้สัมภาษณ์ : หนูคิดทราบหรือไม่คะว่าทำไมวัตถุถึงตกลงสู่
 พื้นเสมอโดยไม่หลุดลอยออกนอกโลก
 นิต : เพราะ โลกมีแรงโน้มถ่วงคะ
 ผู้สัมภาษณ์ : อธิบายความหมายของแรงโน้มถ่วงได้หรือไม่คะ
 นิต : แรงที่ทำให้วัตถุไม่หลุดลอยและตกลงสู่
 พื้นคะ ...”

นักเรียนที่ตอบข้อ ข เป็นแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง มีสเกิมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบ
 รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึก
 สถานการณ์ POE ของเด็กหญิงน้อย นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมี
 แนวความคิดเรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (การตกของวัตถุอย่างอิสระ) ดังนี้

แนวความคิด : “ส้มและแสงโมจะมีค่าไม่เท่ากันเพราะว่าส้มลูกเล็กกว่าแสงโม
 แสงโมจะทำให้ลูกมีค่ามากกว่า เพราะแสงโมมีน้ำหนักมากกว่า 10 เท่า ส้มเป็นลูกกลม ๆ เล็ก ๆ ไม่มี
 แรงที่จะทำให้ส้มกับแสงโมไม่ตกพร้อมกัน”

จากข้อความจะพบว่า สเกิมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ รายละเอียด
 ไปสู่ทั่วไป (Detail to General) ผู้เรียนมีการอธิบายรายละเอียดอย่างกว้าง ผู้เรียนได้กล่าวถึง
 ความหมายของแรงโน้มถ่วงตามหลักวิทยาศาสตร์ได้และยกตัวอย่างที่เกิดในชีวิตประจำวันได้แต่
 แนวคิดของผู้เรียนยังไม่ถูกต้อง ดังบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กหญิงน้อย ต่อไปนี้

- “... ผู้สัมภาษณ์ : สวัสดิ์คะ ทำไมคิดว่าแสงโมตกถึงพื้นก่อนคะ
 น้อย : เพราะลูกแสงโมกับส้มมีค่าไม่เท่ากัน แสงโม
 ใหญ่กว่าส้มมากแสงโมจะตกถึงพื้นก่อนคะ
 และน้ำหนักของแสงโมมากกว่าส้มต้องถึงพื้น
 ก่อนคะ
 ผู้สัมภาษณ์ : การตกของส้มและแสงโมคิดว่ามีแรงใดมา
 เกี่ยวข้องหรือไม่คะ
 น้อย : มีคะแรงโน้มถ่วงของโลกคะ”

- ผู้สัมภาษณ์ : สามารถบอกความหมายของแรงโน้มถ่วงของโลกได้หรือไม่คะ
- น้อย : คือแรงที่ดึงวัตถุลงสู่โลกคะ เช่น การหล่นของมะพร้าว, การที่มะม่วงหล่นสู่พื้น, การที่เราสามารถยืนอยู่บนโลกได้โดยไม่หลุดลอยคะ ...”

นักเรียนที่ตอบข้อ ค เป็นแนวคิดที่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึกสถานการณ์ POE ของเด็กหญิงดา นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมีแนวความคิดเรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (การตกของวัตถุอย่างอิสระ) ดังนี้

แนวความคิด : “ ค สัมและแดงโมถึงพื้นพร้อมกันเพราะปล่อยลงมาพร้อมทั้งสัมและแดงโมต้องเร่งถึงพื้นเพราะมีความเร็วและความดึงดูดเท่ากัน สัมและแดงโมจึงถึงพื้นพร้อมกัน”

จากข้อความจะพบว่าสกีมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ **ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)** ซึ่งเห็นได้จากที่ผู้เรียนมีการอธิบายรายละเอียดหรือความคิดรวบยอดเดียว เป็นโครงสร้างทางปัญญาที่ง่าย ไม่ซับซ้อน เป็นความรู้ที่สร้างจากแนวคิดของผู้เรียนและเป็นแนวคิดที่ถูกต้องแต่ยังอธิบายตามหลักการวิทยาศาสตร์ยังไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ ดังบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กหญิงดา ต่อไปนี้

- “... ผู้สัมภาษณ์ : สวัสดิ์คะ ในชั้นอธิบาย หนูบอกว่า สัมและแดงโมถึงพื้นพร้อมกันเพราะเหตุใดคะ
- ดา : เพราะเราปล่อยสัมและแดงโมพร้อมกันคะ ความเร่งลงสู่พื้นพร้อมกันแรงดึงดูดก็เท่ากันด้วย เพราะโลกใบเดียวกัน คะ
- ผู้สัมภาษณ์ : แรงดึงดูดที่ดากล่าวมาคือแรงอะไรคะ
- ดา : คือแรงโน้มถ่วงของโลก เป็นแรงที่ดึงให้วัตถุลงสู่โลกคะ...”

นักเรียนที่ตอบข้อ ค เป็นแนวคิดที่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบ รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึก สถานการณ์ POE ของเด็กหญิงก นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมี แนวความคิดเรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (การตกของวัตถุอย่างอิสระ) ดังนี้

แนวความคิด : “การตกอย่างอิสระมีผลกระทำต่อวัตถุที่กำลังถูกเพียงแต่เดียว คือ แรงโน้มถ่วงวัตถุที่ตกอย่างอิสระและมีความเร่งในขณะที่ตกลงมาวัตถุซึ่งมีความเร่งในการตกอย่าง อิสระเท่ากัน โดยไม่ขึ้นอยู่กับสัมและแดงโม”

จากข้อความจะพบว่า สกีมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ รายละเอียด ไปสู่ทั่วไป (Detail to General) ผู้เรียนมีการอธิบายรายละเอียดอย่างกว้าง โดยบอกรายละเอียดตาม หลักวิทยาศาสตร์บอกถึงมวลของวัตถุไม่เกี่ยวข้องกับการตกลงสู่พื้นแต่มีแรงโน้มถ่วงเข้ามา เกี่ยวข้องแต่ยังไม่สามารถบอกค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงได้ จากการแนวคิดของผู้เรียนเป็น แนวคิดที่ถูกต้องแต่ยังไม่สมบูรณ์ ดังบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กหญิงก ต่อไปนี้

- “... ผู้สัมภาษณ์ : สวัสดิ์คะ ในชั้นอธิบายทำไมจนถึงคิดว่าสัมกับแดงโมถึงตกถึงพื้นพร้อมกันคะ
- นก : เพราะเราปล่อยให้สัมและแดงโมตกอย่างอิสระ การตกอย่างอิสระจะตกลงสู่พื้นด้วยแรงโน้มถ่วงของโลกและมีความเร่งเข้าสู่พื้นคะใน ขณะที่ตกลงของวัตถุ วัตถุมีความเร่งในการตกอย่างอิสระเท่ากันคะ สัมและแดงโมและตกถึงพื้น พร้อมกันโดยไม่ขึ้นอยู่กับมวลคะ
- ผู้สัมภาษณ์ : แรงโน้มถ่วงคือแรงอะไรคะ
- นก : คือแรงที่โลกดึงดูดวัตถุไม่ให้หลุดลอยออกนอกโลกคะ
- ผู้สัมภาษณ์ : ทราบค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงหรือไม่คะ
- นก : จำไม่ได้คะ ...”

นักเรียนที่ตอบข้อ ค เป็นแนวคิดที่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบ
รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึก
สถานการณ์ POE ของเด็กหญิงพร นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมี
แนวความคิดเรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (การตกของวัตถุอย่างอิสระ) ดังนี้

แนวความคิด : “เลือก ค. เพราะวัตถุจะตกลงอย่างอิสระตามแรงโน้มถ่วงของ
โลกโดยไม่ขึ้นอยู่กับมวลของวัตถุนั้น แรงโน้มถ่วงของโลก หมายถึง แรงดึงดูดระหว่างโลกกับ
วัตถุนั้น ๆ เป็นค่าคงตัวประมาณ 10 เมตร/วินาที² ตัวอย่างเช่น การหล่นของมะพร้าว การยึบบน
โลกได้โดยไม่ลอยตัว การตกของส้มและแตงโม เป็นต้น”

จากข้อความจะพบว่า สกีมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ รูปธรรมไปสู่
นามธรรม (Concrete to Abstract) หรือสกีมาที่ซับซ้อน (Complex Schema) ซึ่งเห็นได้จาก
ผู้เรียนมีการอธิบายเชื่อมโยงสถานการณ์ที่เกิดขึ้นเข้ากับหลักการหรือทฤษฎี พร้อมยกตัวอย่าง
สถานการณ์ในชีวิตประจำวันได้ นักเรียนสามารถอธิบายจากรูปธรรมเข้าสู่นามธรรมได้ และ
แนวคิดของผู้เรียนเป็นแนวคิดที่ถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์ ดังบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กหญิงนก
ต่อไปนี้

- “... ผู้สัมภาษณ์ : สวัสดิ์คะ ในชั้นอธิบายหนูนึกถึงคิดว่าส้มและ
แตงโมถึงตกลงพื้นพร้อมกันคะ
- นก : เพราะเราปล่อยส้มและแตงโมให้ตกอย่างอิสระ
คะ
- ผู้สัมภาษณ์ : จงอธิบายการตกอย่างอิสระตามความเข้าใจของ
นกคะ
- นก : การตกอย่างอิสระหรือคะ เป็นการตกที่ตาม
แรงโน้มถ่วงของโลก โดยไม่ขึ้นอยู่กับมวลของ
วัตถุนั้นคะ การตกอย่างอิสระมีความเร่งเข้าสู่
พื้น
- ผู้สัมภาษณ์ : บอกความหมายของแรงโน้มถ่วงของโลกได้
หรือไม่คะ
- นก : แรงโน้มถ่วงของโลก คือ แรงดึงดูดระหว่าง
โลกกับวัตถุนั้น ๆ ...”

จากแบบบันทึกสถานการณ์ POE ในขั้นอธิบาย (Explain : E) ของนักเรียนพบว่า นักเรียนมีรูปแบบทำความเข้าใจ (Mental Model) กับลักษณะโครงสร้างทางปัญญาสกีมา (Schema) ลักษณะความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative Knowledge) โดยใช้กรอบแนวคิดทฤษฎีสกีมา (Schema) เป็นพื้นฐานในการพิจารณาผู้เรียน ซึ่งผู้เรียนส่วนมากมีลักษณะเป็นแบบรูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to abstract) หรือสกีมาที่ซับซ้อน (Complex Schema) โดยเฉลี่ยร้อยละ 65 ดังในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 วิเคราะห์รูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) ในเรื่องที่ศึกษาความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง (Declarative Knowledge) จากแนวคิดทฤษฎีสกีมา (Schema) ในขั้นอธิบาย (Explain : E) เรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (การตกของวัตถุอย่างอิสระ) จากนักเรียนทั้งหมด 26 คน

ตัวเลือก	จำนวนนักเรียนที่ตอบ (คน)	รูปแบบการทำความเข้าใจในเรื่องที่ศึกษาความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง (Declarative Knowledge) จากแนวคิดทฤษฎีสกีมา (Schema)		
		ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) (คน)	รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General) (คน)	รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) (คน)
ก	3	2	1	-
ข	6	2	4	-
ค	17	2	2	13
รวม	26	6	7	13
ร้อยละ		23	27	50

จากตารางที่ 12 พบว่านักเรียนทำแบบบันทึกสถานการณ์ POE ในขั้นอธิบาย (Explain : E) ของนักเรียนพบว่า นักเรียนมีรูปแบบทำความเข้าใจ (Mental Model) กับลักษณะโครงสร้างทางปัญญาสกีมา (Schema) ลักษณะความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative Knowledge) โดยใช้กรอบแนวคิดทฤษฎีสกีมา (Schema) เป็นพื้นฐานในการพิจารณาผู้เรียนมี

ลักษณะเป็นแบบรูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) หรือสกีมาที่ซับซ้อน (Complex Schema) จำนวน 13 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 50 มีลักษณะเป็นแบบ รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General) จำนวน 7 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 27 และมีลักษณะเป็นแบบ ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) จำนวน 6 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 23 แสดงว่าแนวคิดของนักเรียนส่วนมากจะมีรูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) ที่เป็นแบบ รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) หรือ สกีมาที่ซับซ้อน (Complex Schema) สกีมาที่มีความเป็นนามธรรม (Abstract) ผู้เรียนมีการอธิบาย เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสถานการณ์เข้าสู่ทฤษฎีและยกตัวอย่างที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ โดยการผ่านประสบการณ์การเรียนรู้และความรู้ที่ได้ศึกษาเป็นความรู้ที่ผู้เรียนสร้างขึ้นรวมเข้ากับ ความรู้เดิมของตนเองนำสู่การอธิบายได้อย่างสมบูรณ์และถูกต้องเพิ่มขึ้นตามแนวคิดทฤษฎี คอนสตรัคติวิสต์

4.2.4 ผลการวิเคราะห์รูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) จากการบรรยายใน ขั้นทำนาย (Predict : P) กับขั้นอธิบาย (Explain: E) ของนักเรียนเรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (การ ตกของวัตถุอย่างอิสระ)

ผลการวิเคราะห์รูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) ผู้วิจัยตีความร่วมกับผู้ ร่วมวิจัยจากการบรรยายและสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมเรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก(การตกของวัตถุ อย่างอิสระ) พบว่า การอธิบายของนักเรียนส่วนมากในขั้นทำนาย (Predict : P) จะมีรูปแบบการ ทำความเข้าใจ (Mental Model) มีลักษณะเป็นแบบ ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) โดยเฉลี่ย ร้อยละ 100 ตอบถูกโดยเฉลี่ยร้อยละ 19 และการอธิบายของนักเรียนส่วนมากในขั้นอธิบาย (Explain : E) จะมีรูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) มีลักษณะเป็นแบบ รูปธรรมไปสู่ นามธรรม (Concrete to Abstract) หรือสกีมาที่ซับซ้อน (Complex Schema) โดยเฉลี่ยร้อยละ 65 ตอบถูกโดยเฉลี่ยร้อยละ 65 ดังแสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์รูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) จากการบรรยายในขั้นทำนาย (Predict : P) กับขั้นอธิบาย (Explain : E) ของนักเรียนเรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (การตกของวัตถุอย่างอิสระ) จากนักเรียนทั้งหมด 26 คน

จำนวนนักเรียน				รูปแบบการทำความเข้าใจในเรื่องที่ศึกษาความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง (Declarative Knowledge) จากแนวทฤษฎีสถิติมา (Schema)						
ก่อน Observe ขั้นทำนาย (Predict : P)		หลัง Observe ขั้นอธิบาย (Explain : E)		ง่ายไปสู่ ซับซ้อน (Simple to Complex)		รายละเอียด ไปสู่ทั่วไป (Detail to General)		รูปธรรมไปสู่ นามธรรม (Concrete to Abstract)		
ถูก (คน)	ผิด (คน)	ถูก (คน)	ผิด (คน)	P (คน)	E (คน)	P (คน)	E (คน)	P (คน)	E (คน)	
5	21	17	9	26	6	0	7	0	13	
19	81	65	35	100	23	0	27	0	50	ร้อยละ

จากตารางที่ 13 พบว่า ก่อนเรียนเรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (การตกของวัตถุอย่างอิสระ) นักเรียนได้ทำนายสถานการณ์ตอบถูก คิดเป็นร้อยละ 19 หลังเรียนนักเรียนตอบถูกมากขึ้น คิดเป็นร้อยละ 65 โดยนักเรียนที่ผ่านการเรียนรู้โดยใช้วิธี Predict - Observe - Explain (POE) นักเรียนส่วนมากจะมีรูปแบบการทำความเข้าใจที่มีลักษณะที่เป็นแบบ รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) หรือสถิติที่ซับซ้อน (Complex Schema) สถิติที่มีความเป็นนามธรรม (Abstract) ผู้เรียนมีการอธิบายเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสถานการณ์เข้าสู่ทฤษฎีและยกตัวอย่างที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้โดยการผ่านประสบการณ์การเรียนรู้และความรู้ที่ได้ศึกษาเป็นความรู้ที่ผู้เรียนสร้างขึ้นรวมเข้ากับความรู้เดิมของตนเองนำสู่การอธิบายได้อย่างสมบูรณ์และถูกต้องเพิ่มขึ้น

4.3 รูปแบบในการทำความเข้าใจ (Mental Model) เรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับแรงโน้มถ่วงของโลก)

รูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) บนพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้วิธี POE (Predict - Observe - Explain) ในการจัดการเรียนรู้เรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับแรงโน้มถ่วงของโลก) ผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

4.3.1 สถานการณ์ปัญหาเรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับแรงโน้มถ่วงของโลก) โดยใช้วิธี Predict - Observe - Explain (POE)

สถานการณ์ปัญหาเรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับแรงโน้มถ่วงของโลก) โดยผู้วิจัยนำเสนอสถานการณ์ดังต่อไปนี้

เมื่อนักเรียนนำกระสอบทราย 1 กระสอบไปชั่งบนโลกและชั่งบนดวงจันทร์จะมีค่าเท่ากันหรือไม่ เพราะเหตุใด

- ก. ไม่เท่ากัน ชั่งบนโลกหนักกว่าชั่งบนดวงจันทร์ เพราะเหตุใด
- ข. ไม่เท่ากัน ชั่งบนโลกเบากว่าชั่งบนดวงจันทร์ เพราะเหตุใด
- ค. มีค่าเท่ากัน ไม่ว่าจะชั่งบนโลกหรือบนดวงจันทร์ เพราะเหตุใด

จากสถานการณ์ดังกล่าวข้อที่ถูกต้องคือ ก. ไม่เท่ากัน ชั่งบนโลกหนักกว่าชั่งบนดวงจันทร์ เพราะ โดยค่าของแรงที่โลกดึงดูด จะมากขึ้นเมื่อเพิ่มจำนวนก้อนของวัตถุให้มากขึ้น นั่นคือเมื่อมวลของวัตถุมากขึ้น แรงที่โลกดึงดูดก็จะมากขึ้นด้วย จากการศึกษาเรื่องน้ำหนักของวัตถุที่มีผลจากความสัมพันธ์ระหว่างมวลของวัตถุและความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก พบว่าแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อคนหรือวัตถุใด ๆ บนพื้นผิวโลก คือ น้ำหนัก (Weight) เมื่อนักเรียนยืนบนเครื่องชั่งน้ำหนัก นั่นคือนักเรียนกำลังวัดแรงที่โลกดึงดูดนักเรียนอยู่ อย่าสับสนกับคำว่าน้ำหนักกับมวล น้ำหนักเป็นค่าของแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อวัตถุ ส่วนมวลเป็นค่าที่บอกปริมาณของสสารที่มีอยู่ในวัตถุ

เนื่องจากน้ำหนักคือแรง นักเรียนสามารถใช้กฎของนิวตันที่ว่า

$$\text{แรง} = \text{มวล} \times \text{ความเร่ง}$$

$$\text{น้ำหนัก} = \text{มวล} \times \text{ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง}$$

น้ำหนัก มีหน่วยเป็น นิวตัน มวลมีหน่วยเป็น กิโลกรัม และความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงมีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที² ดังนั้นคนที่มวล 50 กิโลกรัม

$$\text{จะมี น้ำหนัก } 50 \text{ กิโลกรัม} \times 9.8 \text{ เมตรต่อวินาที}^2 = 490 \text{ นิวตันบนโลก}$$

มวล คือ ปริมาณเนื้อของสารซึ่งมีค่าคงตัว มีหน่วยเป็นกิโลกรัม

น้ำหนัก ของวัตถุบนโลก เกิดจากแรงดึงดูดระหว่างมวลของวัตถุและโลก

น้ำหนักของวัตถุชิ้นหนึ่ง ๆ เมื่อชั่งในที่ต่างกันจะมีค่าต่างกัน เพราะค่าของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงแต่ละที่มีค่าต่างกัน จากการทำนายสถานการณ์ที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับแรงโน้มถ่วงของโลกน้ำหนักของกระสอบทรายจะมีค่าต่างกันขึ้นอยู่กับความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของแต่ละที่ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกมีค่ามากกว่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของดวงจันทร์เพราะฉะนั้นเมื่อชั่งกระสอบทรายบนโลกจะหนักกว่าบนดวงจันทร์ แต่มวลของกระสอบทรายเท่าเดิม จากสถานการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดให้ผู้เรียนต้องทำนายในขั้นทำนาย (Predict : P) ก่อนที่จะเรียนรู้เพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องในขั้นสังเกต (Observe : O) จากนั้นนำข้อคำตอบที่ได้จากการสังเกตมาอธิบายสถานการณ์ในขั้นอธิบาย (Explain : E) แล้วผู้วิจัยวิเคราะห์รูปแบบในการทำความเข้าใจ (Mental Model) ลักษณะโครงสร้างทางปัญญาสกีมา (Schema) ลักษณะความรู้ที่เป็นข้อเท็จ ความจริง (Declarative Knowledge) เป็นลักษณะความรู้เกี่ยวกับหลักการ ทฤษฎี กฎเกณฑ์ ซึ่งจะอธิบายวิธีการสร้างความเข้าใจของผู้เรียนในลักษณะของโครงสร้างทางปัญญาสกีมา (Schema) ซึ่งประกอบด้วย (1) ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) (2) รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General) และ (3) รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) โดยวิเคราะห์ตีความจากการเขียนบรรยายและจากการสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 · วิเคราะห์รูปแบบการทำความเข้าใจในเรื่องที่ศึกษาข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative Knowledge) จากแนวทฤษฎีสถิติมาเรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับแรงโน้มถ่วงของโลก)

ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)	รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General)	รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract)
บอกรายละเอียดหรือความคิดรวบยอดเดียว เป็นโครงสร้างทางปัญญาที่ง่าย ไม่ซับซ้อน บอกรายละเอียดเหตุผลต่างๆ ตามความรู้เดิมของผู้เรียนตามหลักวิทยาศาสตร์หรือไม่ตามหลักวิทยาศาสตร์ก็ได้แต่เป็นเหตุผลตามความคิดของนักเรียนเอง เช่น ชั่งบนโลกหนักกว่าชั่งบนดวงจันทร์ เพราะบนโลกมีค่าของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงมากกว่า , ชั่งบนโลกหนักกว่าชั่งบนดวงจันทร์ เพราะโลกใหญ่กว่าบนดวงจันทร์ เป็นต้น	บอกรายละเอียดได้สมบูรณ์ขึ้นและอธิบายได้อย่างกว้างขวางตามหลักวิทยาศาสตร์ยิ่งขึ้นมีการยกสถานการณ์มาเกี่ยวข้องบ้าง หรือมีหลักการหรือทฤษฎีมาประกอบบ้างเป็นบางส่วน อาจจะเป็นเหตุผลที่นักเรียนเข้าใจตามความรู้เดิมของเขา ประกอบกับความรู้ใหม่ เช่น บอกว่าโลกหนักกว่าเพราะมีค่าของแรงโน้มถ่วงมากกว่าดวงจันทร์ และวัตถุมีมวลเท่าเดิมน้ำหนักเท่าเดิม, บอกว่าโลกหนักกว่าและยกตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับมวลหรือน้ำหนักของวัตถุ เป็นต้น	บอกรายละเอียดได้สมบูรณ์ครบถ้วนตามแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ ตอบถูกต้องและอธิบายถึงน้ำหนักที่เกี่ยวข้องกับวัตถุ เช่น ยกกระสอบทรายบนโลกหนักกว่าบนดวงจันทร์เพราะบนโลกมีค่าของแรงโน้มถ่วงมากกว่าบนดวงจันทร์ แต่มวลและน้ำหนักของวัตถุเท่าเดิม เพราะเป็นวัตถุชิ้นเดียวกัน ยกกระสอบทรายบนโลกหนักกว่าบนดวงจันทร์เพราะค่าของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงบนโลกมากกว่าบนดวงจันทร์ แต่มวลหรือน้ำหนักของวัตถุมีค่าเท่าเดิมเพราะเป็นวัตถุชนิดเดียวกัน

4.3.2 รูปแบบในการทำความเข้าใจ (Mental Model) ในขั้นทำนาย (Predict : P) เรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับแรงโน้มถ่วงของโลก)

การเรียนโดยใช้วิธี Predict - Observe - Explain (POE) ในขั้นทำนาย(Predict : P) นักเรียนได้ทำนายสถานการณ์ที่ 3 เรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับแรงโน้มถ่วงของโลก) ก่อนที่จะทำการทดลองหาคำตอบในขั้นสังเกต (Observe : O) เพื่อหาคำตอบที่

ถูกต้อง ได้ผลการวิเคราะห์ผู้วิจัยตีความร่วมกับผู้ร่วมวิจัยจากการบรรยายและสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมในขั้นทำนาย (Predict : P) ของสถานการณ์ที่ 3 เรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับแรงโน้มถ่วงของโลก) จากสถานการณ์ดังกล่าว ในข้อ ก. ถูกต้อง คือไม่เท่ากัน ชั่งบนโลกหนักกว่าชั่งบนดวงจันทร์ พบมีนักเรียนตอบถูกไม่ถึงร้อยละ 50 ดังแสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ผลจากการวิเคราะห์ที่นักเรียนเลือกคำตอบในขั้นทำนาย (Predict : P) ของสถานการณ์ที่ 3 เรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับแรงโน้มถ่วงของโลก)

ตัวเลือก	ก (แนวคิดที่ ถูกต้อง)	ข (แนวคิดที่ไม่ ถูกต้อง)	ค (แนวคิดที่ไม่ ถูกต้อง)	รวม (คน)
จำนวนคนที่ตอบ(คน)	10	12	4	26
ร้อยละ	38	46	16	100

จากตารางที่ 15 พบว่านักเรียนทำนายสถานการณ์ที่ 3 เรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับแรงโน้มถ่วงของโลก) ตอบถูกจำนวน 10 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 38 และตอบผิดจำนวน 16 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 62 ผลการวิเคราะห์ผู้วิจัยตีความร่วมกับผู้ร่วมวิจัยจากการบรรยายและสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมรูปแบบในการทำความเข้าใจ (Mental Model) ความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative Knowledge) เป็นลักษณะความรู้เกี่ยวกับหลักการ ทฤษฎี กฎเกณฑ์ ซึ่งจะอธิบายวิธีการสร้างความเข้าใจของผู้เรียนในลักษณะของโครงสร้างทางปัญญาสกีมา (Schema) ซึ่งประกอบด้วย (1) ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) (2) รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General) และ (3) รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) หรือสกีมาที่ซับซ้อน (Complex schema) ผลที่ได้จากการศึกษาเป็นดังนี้

นักเรียนที่ตอบข้อ ก เป็นแนวคิดที่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึกสถานการณ์ POE ของเด็กหญิงฝน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมีแนวความคิดเรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับแรงโน้มถ่วงของโลก) ดังนี้

แนวความคิด : “ไม่เท่ากัน เพราะ ชั้บนโลกหนักกว่าชั้บนดวงจันทร์ ทำให้โลกหนักกว่าดวงจันทร์ โลกทำให้น้ำหนักมากกว่าดวงจันทร์”

จากข้อความจะพบว่าสกีมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ **ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)** ซึ่งเห็นได้จากที่ผู้เรียนมีการอธิบายรายละเอียดหรือความคิดรวบยอดเดียว เป็นโครงสร้างทางปัญญาที่ง่าย ไม่ซับซ้อน เป็นความรู้เดิมที่นักเรียนมีอยู่แล้ว เป็นแนวคิดที่ถูกต้องแต่คำอธิบายยังไม่เข้าหลักการวิทยาศาสตร์ ดังบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กหญิงฝน ต่อไปนี้

- “... ผู้สัมภาษณ์ : ทำไมถึงคิดว่าชั้บกระสอบทรายบนโลกถึงหนักกว่าบนดวงจันทร์คะ
 ฝน : โลกใบใหญ่กว่าบนดวงจันทร์คะ
 ผู้สัมภาษณ์ : มวลของกระสอบทรายจะเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่คะ
 ฝน : หนูคิดว่าเปลี่ยนคะ
 ผู้สัมภาษณ์ : เปลี่ยนอย่างไรคะ
 ฝน : มวลที่โลกจะมากกว่ามวลที่ดวงจันทร์คะ
 ผู้สัมภาษณ์ : ฝนทราบไหมคะว่ามวลของวัตถุคืออะไร
 ฝน : ค่ะ! ไข่ที่เราเอากระสอบทรายไปชั้บหรือไม่คะ...”

นักเรียนที่ตอบข้อ ก เป็นแนวคิดที่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบรายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึกสถานการณ์ POE ของเด็กหญิงวรรณ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมีแนวความคิดเรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับแรงโน้มถ่วงของโลก) ดังนี้

แนวความคิด : “ก. ไม่เท่ากัน ชั้บนโลกหนักกว่าบนดวงจันทร์ เพราะเหตุใดก็เพราะโลกมีความดึงดูดมากกว่าอยู่บนดวงจันทร์ เพราะว่า บนดวงจันทร์ไม่มีแรงดึงดูดเหมือนโลกดี”

จากข้อความจะพบว่าสกีมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ **รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General)** ซึ่งเห็นได้จากที่ผู้เรียนมีการอธิบายรายละเอียดที่เข้าสู่หลักการวิทยาศาสตร์บ้างเป็นบางส่วน ที่กล่าวถึงแรงดึงดูดของโลกและแรงดึงดูดของดวงจันทร์ไม่เท่ากัน และแนวคิดของนักเรียนเป็นแนวคิดที่ถูกต้อง แต่ผู้เรียนยังไม่เข้าใจความหมายของมวลและ

ความหมายของน้ำหนัก ผู้เรียนยังเข้าใจว่ามวลและน้ำหนักคือค่าเดียวกันซึ่งแนวคิดนี้คลาดเคลื่อนจากหลักการวิทยาศาสตร์ ดังบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กหญิงวรรณ ต่อไปนี้

- “... ผู้สัมภาษณ์ : ทำไมคิดว่าชั่งกระสอบทรายบนดวงจันทร์เบา กว่าบนโลกคะ
- วรรณ : โลกมีแรงดึงดูดมากกว่าบนดวงจันทร์คะ
- ผู้สัมภาษณ์ : บนดวงจันทร์มีแรงดึงดูดหรือไม่
- วรรณ : ไม่มีคะ
- ผู้สัมภาษณ์ : แรงดึงดูดคือแรงอะไรคะ
- วรรณ : แรงที่ไม่ทำให้สิ่งของหลุดลอยออกไปนอก โลกคะ
- ผู้สัมภาษณ์ : หนูคิดว่ามวลของกระสอบทรายจะ เปลี่ยนแปลงไปหรือไม่คะ
- วรรณ : เปลี่ยนคะ คือมวลที่ดวงจันทร์เบากว่าบน โลกคะ
- ผู้สัมภาษณ์ : มวลคืออะไรตามความเข้าใจคะ
- วรรณ : น้ำหนักหรือเปล่าคะ ...”

นักเรียนที่ตอบข้อ ข เป็นแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบ ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึก สถานการณ์ POE ของเด็กหญิงนิ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมี แนวความคิดเรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับแรงโน้มถ่วงของโลก) ดังนี้

แนวความคิด : “เพราะโลกมีน้ำหนักมากกว่าดวงจันทร์ และมีความหนาแน่น ดังนั้น โลกจึงไม่หนักแต่ถ้าดวงจันทร์ก็จะมีน้ำหนัก” จากข้อความจะพบว่าสกีมา (Schema) ของผู้เรียนมี ลักษณะเป็นแบบ ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) ซึ่งเห็นได้จากผู้เรียนมีการอธิบาย รายละเอียดหรือความคิดรวบยอดเดียว เป็นโครงสร้างทางปัญญาที่ง่าย ไม่ซับซ้อน เป็นการอธิบาย ตามความคิดของนักเรียนเองตามความเชื่อเดิมของผู้เรียน โดยมีเหตุผลที่เขาเชื่ออย่างนั้น เป็นแนวคิด ที่ยังไม่ถูกต้อง ดังบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กหญิงนิ ต่อไปนี้

- “... ผู้สัมภาษณ์ : ทำไมนึกคิดว่าซึ่งกระสอบทรายบนดวงจันทร์ถึงหนักกว่าบนโลกคะ
- นิ : โลกใบใหญ่กว่าบนดวงจันทร์ ทนทานกว่าบนดวงจันทร์คะ
- ผู้สัมภาษณ์ : คำว่า “ทนทาน” ความหมายของสุภาษิตคืออะไรคะ
- นิ : โลกใบใหญ่มากกว่าบนดวงจันทร์คะ
- ผู้สัมภาษณ์ : การที่โลกใบใหญ่กว่าทำไมถึงซึ่งบนโลกถึงเบากว่าคะ
- นิ : เพราะบนดวงจันทร์ไม่มีอากาศนำกระสอบทรายไปซึ่งแล้วมันจะหนักคะ
- ผู้สัมภาษณ์ : มวลของกระสอบทรายจะเปลี่ยนแปลงไปไหม
- นิ : หนูไม่ทราบคะ...”

นักเรียนที่ตอบข้อ ค เป็นแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึกสถานการณ์ POE ของเด็กหญิงเจม นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมีแนวความคิดเรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับแรงโน้มถ่วงของโลก) ดังนี้

แนวความคิด : “ตอบ ข้อ ค. มีค่าเท่ากันเพราะว่าทำให้โลกและดวงจันทร์มีค่าเท่าเทียมกันโดยใช้ดวงดาวเป็นหลักเพราะดวงดาวใช้เป็นหลัก”

จากข้อความจะพบว่าสกีมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) ซึ่งเห็นได้จากที่ผู้เรียนมีการอธิบายรายละเอียดหรือความคิดรวบยอดเดียว เป็นโครงสร้างทางปัญญาที่ง่าย ไม่ซับซ้อน ตามความเข้าใจของผู้เรียนเอง แนวคิดของผู้เรียนยังไม่ถูกต้องตามหลักการวิทยาศาสตร์ ดังบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กหญิงเจม ต่อ ไปนี้

- “... ผู้สัมภาษณ์ : ซึ่งบนโลกกับซึ่งบนดวงจันทร์เท่ากันเพราะอะไรคะ
- เจม : มันเป็นดวงดาวเหมือนกันจะเอาไปซึ่งบนโลกหรือบนดวงจันทร์น้ำหนักของกระสอบทรายก็เท่าเดิมคะ

ผู้สัมภาษณ์ : อธิบายคำที่ว่าดวงดาวตามความเข้าใจคะ
 เจม : โลกกับดวงจันทร์อยู่ในระบบสุริยะเหมือนกัน
 ค่ะ ...”

จากแบบบันทึกสถานการณ์ POE ในขั้นทำนาย (Predict : P) ของนักเรียนพบว่า
 นักเรียนมีรูปแบบทำความเข้าใจ (Mental Model) กับลักษณะ โครงสร้างทางปัญญาสกีมา (Schema)
 ลักษณะความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative Knowledge) โดยใช้กรอบแนวคิดทฤษฎี
 สกีมา (Schema) เป็นพื้นฐานในการพิจารณาผู้เรียน ซึ่งผู้เรียนส่วนมากมีลักษณะเป็นแบบ **ง่ายไปสู่
 ซับซ้อน (Simple to Complex)** โดยเฉลี่ยร้อยละ 76 ดังในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 วิเคราะห์รูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) ในเรื่องที่ศึกษาความรู้ที่เป็น
 ข้อเท็จจริง (Declarative Knowledge) จากแนวทฤษฎีสกีมา (Schema) ในขั้นทำนาย
 (Predict : P) เรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับแรงโน้มถ่วง
 ของโลก) จากนักเรียนทั้งหมด 26 คน

ตัวเลือก	จำนวน นักเรียนที่ ตอบ (คน)	รูปแบบการทำความเข้าใจในเรื่องที่ศึกษาความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง (Declarative knowledge) จากแนวทฤษฎีสกีมา (Schema)		
		ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) (คน)	รายละเอียดไปสู่ ทั่วไป (Detail to General) (คน)	รูปธรรมไปสู่ นามธรรม (Concrete to Abstract) (คน)
ก	10	4	6	0
ข	12	12	0	0
ค	4	4	0	0
รวม	26	20	6	0
ร้อยละ		76	24	0



จากตารางที่ 16 พบว่านักเรียนบรรยายในแบบบันทึกสถานการณ์ POE ในขั้นทำนาย (Predict : P) นักเรียนมีรูปแบบทำความเข้าใจกับลักษณะโครงสร้างทางปัญญาสกีมา (Schema) ลักษณะความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative Knowledge) โดยใช้กรอบแนวคิดทฤษฎีสกีมา (Schema) เป็นพื้นฐานในการพิจารณาผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) จำนวน 20 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 76 และลักษณะเป็นแบบรายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General) จำนวน 6 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 24 แสดงว่าแนวคิดของนักเรียนส่วนมากจะมีรูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) ในเรื่องที่ศึกษาความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง (Declarative Knowledge) จากแนวคิดทฤษฎีสกีมา (Schema) ในขั้นทำนาย (Predict : P) ในลักษณะเป็นแบบ ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) โดยบอกรายละเอียดหรือความคิดรวบยอดเดียว เป็นโครงสร้างทางปัญญาที่ง่าย ไม่ซับซ้อนจากพื้นฐานความรู้เดิมของผู้เรียนที่มีอยู่แล้วโดยอาศัยประสบการณ์และความรู้เหล่านี้จะสร้างมุมมองในโลกส่วนบุคคลที่ผู้เรียนแต่ละคนจะนำมาตามหลักทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

4.3.3 รูปแบบในการทำความเข้าใจ (Mental Model) หลังเรียนเรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับแรงโน้มถ่วงของโลก)

หลังที่ทำการทดลองในขั้นสังเกต (Observe : O) เพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องแล้ว นักเรียนได้เลือกและอธิบายในขั้นอธิบาย (Explain : E) สถานการณ์ที่ 3 เรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับแรงโน้มถ่วงของโลก) ได้ผลการวิเคราะห์ผู้วิจัยตีความร่วมกับผู้ร่วมวิจัยจากการบรรยายและสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมในขั้นอธิบาย (Explain : E) ของสถานการณ์ที่ 3 เรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับแรงโน้มถ่วงของโลก) จากสถานการณ์ดังกล่าว ในข้อ ก. ถูกต้อง คือไม่เท่ากัน ชั่งบนโลกหนักกว่าชั่งบนดวงจันทร์ พบว่ามีนักเรียนตอบถูกร้อยละ 76 ดังแสดงในตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ผลจากการวิเคราะห์ที่นักเรียนเลือกคำตอบในข้ออธิบาย (Explain : E) ของสถานการณ์ที่ 3 เรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับแรงโน้มถ่วงของโลก) จากนักเรียนทั้งหมด 26 คน

ตัวเลือก	ก (แนวคิดที่ถูกต้อง)	ข (แนวคิดที่ไม่ถูกต้อง)	ค (แนวคิดที่ไม่ถูกต้อง)	รวม (คน)
จำนวนคนที่ตอบ(คน)	20	3	3	26
ร้อยละ	76	12	12	100

จากตารางที่ 17 พบว่านักเรียนอธิบายสถานการณ์ที่ 3 เรื่อง แรงโน้มถ่วงของโลก (ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับแรงโน้มถ่วงของโลก) ตอบถูกจำนวน 20 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 76 และตอบผิดจำนวน 6 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 34 ผลการวิเคราะห์ผู้วิจัยตีความร่วมกับผู้ร่วมวิจัยจากการบรรยายและสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมรูปแบบในการทำความเข้าใจ (Mental Model) ความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative knowledge) เป็นลักษณะความรู้เกี่ยวกับหลักการ ทฤษฎี กฎเกณฑ์ ซึ่งจะอธิบายวิธีการสร้างความเข้าใจของผู้เรียนในลักษณะของโครงสร้างทางปัญญาสกีมา (Schema) ซึ่งประกอบด้วย (1) ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) (2) รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General) และ (3) รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) หรือ สกีมาที่ซับซ้อน (Complex schema) ผลที่ได้จากการศึกษาเป็นดังนี้

นักเรียนที่ตอบข้อ ก เป็นแนวคิดที่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบรูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to abstract)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึกสถานการณ์ POE ของเด็กหญิงทิชา นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมีแนวความคิดเรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับแรงโน้มถ่วงของโลก) ดังนี้

แนวความคิด : “เลือก ก ซึ่งบนโลกหนักกว่าซึ่งบนดวงจันทร์ เพราะโลกกับดวงจันทร์มีแรงโน้มถ่วงไม่เท่ากันบนโลกจะมีแรงโน้มถ่วงมากกว่าดวงจันทร์จึงทำให้ยกกระสอบทรายบนโลกหนักกว่าดวงจันทร์แต่มวลน้ำหนักของวัตถุจะเท่าเดิม ค่าคงตัวแรงโน้มถ่วงของโลกประมาณ 10 เมตร/วินาที² ค่าคงตัวแรงโน้มถ่วงของดวงจันทร์ เป็น 1/6 เท่าของโลก ”

จากข้อความจะพบว่าสกีมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ **รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract)** หรือ **สกีมาที่ซับซ้อน (Complex Schema)** ซึ่งเห็นได้จากผู้เรียนมีแนวคิดที่ถูกต้อง การอธิบายของผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงสถานการณ์ที่เกิดขึ้นเข้ากับหลักการหรือทฤษฎี บอกค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกและของดวงจันทร์ต่างกันทำให้เกิดผลคือยกวัตถุบนโลกกับบนดวงจันทร์จะแตกต่างกัน แต่มวลของวัตถุเท่าเดิมโดยนักเรียนให้ความหมายของมวล ดังบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กหญิงทิตา ต่อไปนี้

- “... ผู้สัมภาษณ์ : สวัสดีค่ะ ศึกษาเรื่องแรงโน้มถ่วงของโลกแล้ว
ได้ตอบว่าซึ่งกระสอบทรายบนโลกหนักกว่าบน
ดวงจันทร์เพราะเหตุใดคะ
ทิตา : โลกกับบนดวงจันทร์มีค่าความเร่งเนื่องจากแรง
โน้มถ่วงต่างกันค่ะ
ผู้สัมภาษณ์ : น้ำหนักที่ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความเร่ง
เนื่องจากแรงโน้มถ่วงอย่างไร
ทิตา : น้ำหนักมีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างมวลวัตถุกับ
ความเร่งที่ได้เรียนมาค่ะ
ผู้สัมภาษณ์ : มวลหมายถึงอะไรคะ
ทิตา : เช่น การสอบทรายหนัก 10 กิโลกรัม เอาไป
บนดวงจันทร์ก็หนัก 10 กิโลกรัมเท่าเดิมนะค่ะ
ผู้สัมภาษณ์ : มวลคือปริมาณของกระสอบทรายไหม
ทิตา : ใช่คะคือมันจะเท่าเดิมค่ะ
ผู้สัมภาษณ์ : แรงโน้มถ่วงบนดวงจันทร์น้อยกว่าโลกจะเกิด
อะไร
ทิตา : แรงโน้มถ่วงของดวงจันทร์น้อยทำให้คนไม่
สามารถยืนบนดวงจันทร์ ได้ด้วยตัวเปล่าคะมัน
จะลอย แต่บนโลกเราไม่ลอยค่ะ
ผู้สัมภาษณ์ : ทำอย่างไรถึงจะยืนได้เมื่ออยู่บนดวงจันทร์
ทิตา : ก็ใส่ชุดอวกาศค่ะ ...”

นักเรียนที่ตอบข้อ ข เป็นแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึกสถานการณ์ POE ของเด็กหญิงวิภา นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมีแนวความคิดเรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับแรงโน้มถ่วงของโลก) ดังนี้

แนวความคิด : “โลกไม่เท่ากับดวงจันทร์เพราะโลกเบากว่าดวงจันทร์ถ้าเอาดวงทรายไปชั่งบนโลกและดวงจันทร์บนโลกจะชั่งได้น้อยกว่าดวงจันทร์เพราะดวงจันทร์หนักกว่าโลก”

จากข้อความจะพบว่า สกีมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) ซึ่งเห็นได้จากที่ผู้เรียนมีการอธิบายรายละเอียดหรือความคิดรวบยอดเดียว เป็นโครงสร้างทางปัญญาที่ง่าย ไม่ซับซ้อน ตามความเข้าใจของผู้เรียนเอง ซึ่งเป็นแนวคิดที่ยังไม่ถูกต้องตามหลักการวิทยาศาสตร์ จากที่ได้เรียนรู้ผู้เรียนก็ยังเข้าใจเรื่องมวลว่าเป็นถุงทรายถุงเดียวกันมันน่าจะหนักเท่าเดิม แต่ไม่เข้าใจเรื่องน้ำหนักที่เกี่ยวข้องกับค่าของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ดังบทสัมภาษณ์ของเด็กหญิงวิภา ต่อไปนี้

- “... ผู้สัมภาษณ์ : สวัสดิ์ค่ะ ทำไมคิดว่าชั่งบนโลกจะเบากว่าบนดวงจันทร์คะ
- วิภา : ดวงจันทร์ไม่มีอากาศ
- ผู้สัมภาษณ์ : ไม่มีอากาศเกิดอะไรขึ้นคะ
- วิภา : แรงโน้มถ่วงน้อยมันจะกดให้วัตถุกระสอบทรายมันหนักขึ้นคะ
- ผู้สัมภาษณ์ : มวลของวัตถุละคะ
- วิภา : กระสอบทรายถุงเดียวกันใช่ไหมคะ
- ผู้สัมภาษณ์ : ใช่คะ
- วิภา : เท่าเดิมคะ เพราะถุงทรายถุงเดียวกันคะ ...”

นักเรียนที่ตอบข้อ ค เป็นแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึกสถานการณ์ POE ของเด็กชายบอล นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมีแนวความคิดเรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับแรงโน้มถ่วงของโลก) ดังนี้

แนวความคิด : “เพราะกระสอบทราย 1 ถุง ก็จะเอาไปชั่งบนโลก หรือบนดวงจันทร์ก็จะเท่ากันอยู่ดี เพราะไม่ต่างกันแต่กระสอบทราย 1 ถุงก็ไม่ต่างกันอยู่ดี เพราะที่มันเท่ากัน เพราะว่ากระสอบทราย 1 กระสอบเหมือนกันก็เลยทำให้ไม่ต่างกัน”

จากข้อความจะพบว่าสกีมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ **ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)** ซึ่งเห็นได้จากที่ผู้เรียนมีการอธิบายรายละเอียดหรือความคิดรวบยอดเดียว เป็นโครงสร้างทางปัญญาที่ง่าย ไม่ซับซ้อน ตามความเข้าใจของผู้เรียนเอง โดยนักเรียนเข้าใจว่ากระสอบทรายถุงเดียวกัน ไม่ว่าชั่งที่ไหนน้ำหนักก็เท่ากันเหมือนเดิม เขามีความรู้คิดที่ว่ามวลกับน้ำหนักนั้นมีความหมายเหมือนกัน โดยน้ำหนักในคำถามที่ครูนำเสนอนี้หมายถึงน้ำหนักของวัตถุบนโลก เกิดจากแรงดึงดูดระหว่างมวลของวัตถุและโลกสิ่งที่คุณเรียนเข้าใจว่ามวลกับน้ำหนักคือตัวเดียวกัน เป็นแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง ดังบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กชายบอด ต่อไปนี้

- “... ผู้สัมภาษณ์ : สวัสดีค่ะ ทำไมคิดว่าชั่งบนโลกกับบนดวงจันทร์ถึงเท่ากันคะ
- บอด : ถุงทรายถุงเดียวกันครับ ไม่ได้เพิ่มถุงทรายครับ
- ผู้สัมภาษณ์ : แล้วจะเกิดอะไรขึ้นคะ
- บอด : ชั่งบนโลกกับบนดวงจันทร์เท่ากันครับ
- ผู้สัมภาษณ์ : งั้นบอดให้ความหมายของน้ำหนักให้ครูฟังหน่อยคะ
- บอด : แบบที่ว่าผมเอากระสอบทรายไปชั่งบนเครื่องชั่งแล้วอ่านดูครับ เช่น กระสอบทรายไปชั่งเข็มหมุดไปเลข 2 ผมก็อ่านได้ว่า 2 กิโลกรัมครับ ...”

จากแบบบันทึกสถานการณ์ POE ใน**ขั้นอธิบาย (Explain : E)** ของนักเรียนพบว่านักเรียนมีรูปแบบทำความเข้าใจ (Mental Model) กับลักษณะโครงสร้างทางปัญญาสกีมา (Schema) ลักษณะความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative Knowledge) โดยใช้กรอบแนวคิดทฤษฎีสกีมา (Schema) เป็นพื้นฐานในการพิจารณาผู้เรียน ซึ่งผู้เรียนส่วนมากมีลักษณะเป็นแบบ **รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract)** หรือสกีมาที่**ซับซ้อน (Complex Schema)** โดยเฉลี่ยร้อยละ 76 ดังในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 วิเคราะห์รูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) ในเรื่องที่ศึกษาความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง (Declarative Knowledge) จากแนวทฤษฎีสคีมา (Schema) ในชั้นอธิบาย (Explain : E) เรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับแรงโน้มถ่วงของโลก) จากนักเรียนทั้งหมด 26 คน

ตัวเลือก	จำนวนนักเรียนที่ตอบ (คน)	รูปแบบการทำความเข้าใจในเรื่องที่ศึกษาความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง (Declarative Knowledge) จากแนวทฤษฎีสคีมา (Schema)		
		ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) (คน)	รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General) (คน)	รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) (คน)
ก	20	-	-	20
ข	3	3	-	-
ค	3	3	-	-
รวม	26	6	-	20
ร้อยละ		24	0	76

จากตารางที่ 18 พบว่านักเรียนทำแบบบันทึกสถานการณ์ POE ในชั้นอธิบาย (Explain : E) ของนักเรียนพบว่านักเรียนมีรูปแบบทำความเข้าใจ (Mental Model) กับลักษณะโครงสร้างทางปัญญาสคีมา (Schema) ลักษณะความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative Knowledge) โดยใช้กรอบแนวคิดทฤษฎีสคีมา (Schema) เป็นพื้นฐานในการพิจารณาผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบรูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) หรือสคีมาที่ซับซ้อน (Complex Schema) จำนวน 20 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 76 มี และมีลักษณะเป็นแบบ ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) จำนวน 6 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 24 แสดงว่าแนวคิดของนักเรียนส่วนมากจะมีรูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) ที่เป็นลักษณะแบบ รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) หรือสคีมาที่ซับซ้อน (Complex Schema) สคีมาที่มีความเป็นนามธรรม (Abstract) ผู้เรียนมีการอธิบายเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสถานการณ์เข้าสู่ทฤษฎีโดยเกิดจากการเรียนรู้ที่ได้ศึกษาเป็นความรู้ใหม่ที่สร้างขึ้นรวมกับความรู้เดิมของตนเองนำเข้าสู่การอธิบายให้ข้อความที่

สมบูรณ์ยิ่งขึ้นและเป็นแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่แล้ว ผู้เรียนยังสามารถยกตัวอย่างที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ถูกต้องตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

4.3.4 ผลการวิเคราะห์รูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) จากการบรรยายในขั้นทำนาย(Predict : P) กับขั้นอธิบาย (Explain : E) ของนักเรียนเรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับแรงโน้มถ่วงของโลก)

ผลการวิเคราะห์รูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) ผู้วิจัยตีความร่วมกับผู้ร่วมวิจัยจากการบรรยายและสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมเรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับแรงโน้มถ่วงของโลก) พบว่า การอธิบายของนักเรียนส่วนมากในขั้นทำนาย (Predict:P) จะมีรูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) มีลักษณะเป็นแบบ **ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)** โดยเฉลี่ยร้อยละ 76 ตอบถูกโดยเฉลี่ยร้อยละ 38 และการอธิบายของนักเรียนส่วนมากในขั้นอธิบาย(Explain : E) จะมีรูปแบบการทำความเข้าใจ(Mental Model) มีลักษณะเป็นแบบ **รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) หรือสกีมาที่ซับซ้อน (Complex Schema)** โดยเฉลี่ยร้อยละ 76 ตอบถูกโดยเฉลี่ยร้อยละ 76 ดังแสดงในตารางที่ 19

ตารางที่ 19 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์รูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) จากการบรรยายในขั้นทำนาย (Predict : P) กับขั้นอธิบาย (Explain : E) ของนักเรียนเรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับแรงโน้มถ่วงของโลก) จากนักเรียนทั้งหมด 26 คน

จำนวนนักเรียน				รูปแบบการทำความเข้าใจในเรื่องที่ศึกษาความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง (Declarative Knowledge) จากแนวทฤษฎีสกีมา (Schema)						
ก่อน Observe ขั้นทำนาย (Predict:P)		หลัง Observe ขั้นอธิบาย (Explain : E)		ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)		รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General)		รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract)		
ถูก (คน)	ผิด (คน)	ถูก (คน)	ผิด (คน)	P (คน)	E (คน)	P (คน)	E (คน)	P (คน)	E (คน)	
10	16	20	6	20	6	6	0	0	20	
38	62	76	34	76	24	24	0	0	76	ร้อยละ

จากตารางที่ 19 พบว่า ก่อนเรียนเรื่องแรงโน้มถ่วงของโลก (ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับแรงโน้มถ่วงของโลก) นักเรียนได้ทำนายสถานการณ์ต่อบลูก คิดเป็นร้อยละ 38 หลังเรียน นักเรียนต่อบลูกมากขึ้นคิดเป็นร้อยละ 76 โดยนักเรียนที่ผ่านการเรียนรู้โดยใช้วิธี Predict - Observe - Explain (POE) นักเรียนส่วนมากจะมีรูปแบบการทำความเข้าใจที่มีลักษณะที่เป็นแบบรูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) หรือสกีมาที่ซับซ้อน (Complex Schema) สกีมาที่มีความเป็นนามธรรม (Abstract) ผู้เรียนมีการอธิบายเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสถานการณ์เข้าสู่ทฤษฎีและยกตัวอย่างที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้โดยการผ่านประสบการณ์การเรียนรู้และความรู้ที่ได้ศึกษาเป็นความรู้ที่ผู้เรียนสร้างขึ้นใหม่รวมเข้ากับความรู้เดิมของตนเองนำสู่การอธิบายได้อย่างสมบูรณ์และถูกต้องเพิ่มขึ้น

4.4 รูปแบบในการทำความเข้าใจ (Mental Model) เรื่องแรงเสียดทาน

รูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) บนพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้วิธี Predict - Observe - Explain (POE) ในการจัดการเรียนรู้ เรื่องแรงเสียดทาน ผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

4.4.1 สถานการณ์ปัญหา เรื่องแรงเสียดทาน

สถานการณ์ปัญหาเรื่องแรงเสียดทาน โดยผู้วิจัยนำเสนอสถานการณ์ดังต่อไปนี้

นักเรียนลองสังเกตว่า จากภาพที่ 5 ภาพ ก. สมชายเดินบนพื้นขรุขระและข. สมชายเล่นสเก็ตในสนามสวนสาธารณะ ภาพใดที่สมชายต้องออกแรงมากกว่าในการเคลื่อนที่เพราะเหตุใด

ก. ภาพ ก จะออกแรงน้อยกว่า ภาพ ข เพราะ

ข. ภาพ ก จะออกแรงมากกว่า ภาพ ข เพราะ

ค. ภาพ ก และ ภาพ ข ออกแรงเท่ากัน เพราะ



ก. สมชายเดินบนพื้นผิวขรุขระ



ข. สมชายเล่นสเก็ตในสนามสวนสาธารณะ

ภาพที่ 5 แสดงภาพสมชายกำลังเคลื่อนที่ในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน

จากสถานการณ์ดังกล่าวข้อที่ถูกคือ **ข. ภาพ ก จะออกแรงมากกว่า ภาพ ข** เพราะสมชายเดินบนพื้นผิวขรุขระในภาพ ก ทำให้เดินลำบากเพราะมีแรงเสียดทานมากกว่าภาพ ข ร่องเท้าสเก็ตลดแรงเสียดทานลงทำให้สมชายเคลื่อนที่ได้ง่ายและออกแรงไม่มากในการเคลื่อนที่ ทำให้เคลื่อนที่ได้เร็วกว่าภาพ ก แรงเสียดทาน หมายถึง แรงต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ มีทิศตรงข้ามกับทิศการเคลื่อนที่ของวัตถุเสมอ ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อผิววัตถุสองผิวสัมผัสกัน ถ้าผิวหนึ่งเคลื่อนที่หรือพยายามเคลื่อนที่อีกผิวหนึ่งจะออกแรงต้านในทิศตรงข้ามกับทิศทางการเคลื่อนที่ ปัจจัยที่ส่งผลต่อแรงเสียดทาน คือ 1. ชนิดของผิวสัมผัส ถ้าผิวหยาบหรือขรุขระจะมีแรงเสียดทานมากกว่าผิวลื่น 2. น้ำหนักของวัตถุที่กดพื้นหรือแรงกดต่อได้จากพื้น ถ้าน้ำหนักของวัตถุที่กดพื้นมีมากแรงเสียดทานมากด้วย และแรงเสียดทานจะมากหรือน้อยไม่ขึ้นกับขนาดพื้นที่ผิวสัมผัส จากสถานการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดให้ผู้เรียนต้องทำนายในขั้นทำนาย (Predict : P) ก่อนที่จะเรียนรู้เพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องในขั้นสังเกต (Observe : O) จากนั้นนำข้อคำตอบที่ได้จากการสังเกตมาอธิบายสถานการณ์ในขั้นอธิบาย (Explain : E) แล้วผู้วิจัยวิเคราะห์รูปแบบในการทำความเข้าใจ (Mental Model) ลักษณะโครงสร้างทางปัญญาสกีมา (Schema) ลักษณะความรู้ที่เป็นข้อเท็จ ความจริง (Declarative Knowledge) เป็นลักษณะความรู้เกี่ยวกับหลักการ ทฤษฎี กฎเกณฑ์ ซึ่งจะอธิบายวิธีการสร้างความเข้าใจของผู้เรียนในลักษณะของโครงสร้างทางปัญญาสกีมา (Schema) ซึ่งประกอบด้วย (1) ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) (2) รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General) และ (3) รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) ตีความจากการเขียนบรรยายและจากการสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม ดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 วิเคราะห์รูปแบบการทำความเข้าใจในเรื่องที่ศึกษาข้อเท็จจริง ความจริง
(Declarative Knowledge) จากแนวทฤษฎีสติศึกษา เรื่องแรงเสียดทาน

<p>ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)</p>	<p>รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General)</p>	<p>รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract)</p>
<p>บอกรายละเอียดหรือความคิดรวบยอดเดียว เป็นโครงสร้างทางปัญญาที่ง่ายไม่ซับซ้อนบอกรายละเอียดเหตุผลต่างๆตามความรู้เดิมของผู้เรียนตามหลักวิทยาศาสตร์หรือไม่ตามหลักวิทยาศาสตร์ก็ได้แต่เป็นเหตุผลตามความคิดของนักเรียนเอง เช่น สมชายเดินบนพื้นขรุขระออกแรงมากกว่าเล่นสเก็ตที่ส่วนสาธารณะเพราะการเดินบนพื้นขรุขระจะเหนื่อยกว่าพื้นเรียบ, สมชายเดินบนพื้นขรุขระออกแรงมากกว่าเล่นสเก็ตที่ส่วนสาธารณะเพราะพื้นขรุขระคดมากกว่าพื้นเรียบ เป็นต้น หรืออาจจะเป็นคำตอบที่ไม่ถูกต้องแต่คำอธิบายเป็นคำอธิบายที่เกิดขึ้นจากความรู้ภายในตัวของผู้เรียนเองจากความรู้เดิมของผู้เรียน</p>	<p>บอกรายละเอียดได้สมบูรณ์ขึ้นและอธิบายได้อย่างกว้างขวาง ตามหลักวิทยาศาสตร์ยิ่งขึ้นมีการยกสถานการณ์มาเกี่ยวข้องบ้าง หรือมีหลักการหรือทฤษฎีมาประกอบบ้างเป็นบางส่วน อาจจะเป็นเหตุผลที่นักเรียนเข้าใจตามความรู้เดิมของเขาประกอบกับความรู้นี้ใหม่โดยที่นักเรียนต้องกล่าวถึงความหมายของแรงเสียดทานหรือยกตัวอย่างสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแรงเสียดทานมาอธิบายเพิ่มเติมประกอบ เช่น สมชายเดินบนพื้นขรุขระออกแรงมากกว่าเล่นสเก็ตที่ส่วนสาธารณะเพราะพื้นขรุขระมีแรงเสียดทานมากกว่าพื้นเรียบ ซึ่งแรงเสียดทานคือแรงที่ต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ เป็นต้น หรืออาจจะตอบผิด แต่ผู้เรียนสามารถบอกความหมายของแรงเสียดทานได้หรือบอกประโยชน์และโทษของแรงเสียดทานได้</p>	<p>บอกรายละเอียดได้สมบูรณ์ครบถ้วนตามแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ตอบถูกต้อง อธิบายถึงความหมายของแรงเสียดทาน ปัจจัยที่ส่งผลต่อแรงเสียดทาน ยกตัวอย่างเกี่ยวกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับแรงเสียดทานได้ เช่น สมชายเดินบนพื้นผิวขรุขระในภาพ ทำให้เดินลำบาก เพราะมีแรงเสียดทานมากกว่าภาพที่ใส่องเท้าสเก็ตเล่นในส่วนสาธารณะเพราะรองเท้าสเก็ตลดแรงเสียดทานลงทำให้สมชายเคลื่อนที่ได้ง่ายและออกแรงไม่มากในการเคลื่อนที่ทำให้เคลื่อนที่ได้เร็วกว่าภาพกแรงเสียดทาน หมายถึงแรงต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ มีทิศตรงข้ามกับทิศการเคลื่อนที่ของวัตถุเสมอ ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อผิววัตถุสองผิวสัมผัสกัน ถ้าผิวหนึ่งเคลื่อนที่หรือพยายามเคลื่อนที่อีกผิวหนึ่งจะออกแรงต้านในทิศตรงข้ามกับทิศทางการเคลื่อนที่ ปัจจัยที่ส่งผลต่อแรงเสียดทาน คือ 1. ชนิดของผิวสัมผัส ถ้าผิวหยาบหรือขรุขระจะมีแรงเสียดทานมากกว่าผิวลื่น 2. น้ำหนักของวัตถุที่กดพื้นหรือแรงกดต่อได้จากพื้น ถ้าน้ำหนักของวัตถุที่กดพื้นมีมากแรงเสียดทานจะมากด้วย และแรงเสียดทานจะมากหรือน้อยไม่ขึ้นกับขนาดพื้นที่ผิวสัมผัส เป็นต้น</p>



4.4.2 รูปแบบในการทำความเข้าใจ (Mental Model) ในขั้นทำนาย (Predict : P) เรื่อง แรงเสียดทาน

การเรียนรู้โดยใช้วิธี POE ในขั้นทำนาย (Predict : P) นักเรียนได้ทำนายสถานการณ์ที่ 4 เรื่องแรงเสียดทาน ก่อนที่จะทำการทดลองหาคำตอบในขั้นสังเกต (Observe : O) เพื่อหาคำตอบที่ถูกต้อง ผลการวิเคราะห์ผู้วิจัยตีความร่วมกับผู้ร่วมวิจัยจากการบรรยายและสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมในขั้นทำนาย (Predict : P) ของสถานการณ์ที่ 4 เรื่องแรงเสียดทาน จากสถานการณ์ดังกล่าว ในข้อ ข. ถูกต้อง คือ ภาพ ก จะออกแรงมากกว่าภาพ ข พบมีนักเรียนตอบถูกไม่ถึงร้อยละ 50 ดังแสดงในตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ผลจากการวิเคราะห์ที่นักเรียนเลือกคำตอบในขั้นทำนาย (Predict : P) ของสถานการณ์ที่ 4 เรื่องแรงเสียดทาน

ตัวเลือก	ก (แนวคิดที่ไม่ ถูกต้อง)	ข (แนวคิดที่ ถูกต้อง)	ค (แนวคิดที่ไม่ ถูกต้อง)	รวม (คน)
จำนวนคนที่ตอบ(คน)	15	10	1	26
ร้อยละ	58	38	4	100

จากตารางที่ 21 พบว่านักเรียนทำนายสถานการณ์ที่ 4 เรื่องแรงเสียดทานตอบถูกจำนวน 10 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 38 และตอบผิดจำนวน 16 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 62 ผลการวิเคราะห์ผู้วิจัยตีความร่วมกับผู้ร่วมวิจัยจากการบรรยายและสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมรูปแบบในการทำความเข้าใจ (Mental Model) ความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative Knowledge) เป็นลักษณะความรู้เกี่ยวกับหลักการ ทฤษฎี กฎเกณฑ์ ซึ่งจะอธิบายวิธีการสร้างความเข้าใจของผู้เรียนในลักษณะของโครงสร้างทางปัญญาสกีมา (Schema) ซึ่งประกอบด้วย (1) ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) (2) รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General) และ (3) รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) หรือสกีมาที่ซับซ้อน (Complex schema) ผลที่ได้จากการศึกษาเป็นดังนี้

นักเรียนที่ตอบข้อ ก เป็นแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึกสถานการณ์ POE ของเด็กหญิงดา นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมีแนวความคิดเรื่องแรงเสียดทาน ดังนี้

แนวความคิด : “ก. ภาพ ก. จะออกแรงน้อยกว่า ภาพ ข เพราะการเดินที่พื้นขรุขระช้าและต้องออกแรงน้อยกว่าสเก็ตบอสเพราะสเก็ตบอสออกแรงมาก”

จากข้อความจะพบว่าสกีมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) ซึ่งเห็นได้จากที่ผู้เรียนมีแนวคิดที่ยังไม่ถูกต้อง การอธิบายของผู้เรียนเป็นการอธิบายที่มีรายละเอียดหรือความคิดรวบยอดเดียว เป็นโครงสร้างทางปัญญาที่ง่ายไม่ซับซ้อน เป็นความรู้เดิมที่นักเรียนมีอยู่แล้ว ดังบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กหญิงดา ต่อไปนี้

- “... ผู้สัมภาษณ์ : คิดว่าภาพใดสมชายจะออกแรงมากกว่ากัน
ดา : ภาพ ข ออกแรงมากกว่า เพราะต้องบังคับล้อเท้าสเก็ตให้เคลื่อนที่ ตามใจเราที่ต้องการจะไปค่ะ
ผู้สัมภาษณ์ : ภาพ ก ทำไมออกแรงน้อยละคะ
ดา : เพราะแค่เดินเฉย ๆ ค่ะ
ผู้สัมภาษณ์ : แล้วพื้นที่เขาเดินมีผลต่อการออกแรงในขณะที่สมชายเดินหรือไม่
ดา : มีผลบ้างเล็กน้อย
ผู้สัมภาษณ์ : มีผลอย่างไร
ดา : ถ้าสมชายเอารองเท้าสเก็ตไปเดินบนพื้นขรุขระอาจจะไปไม่ได้ค่ะ ...”

นักเรียนที่ตอบข้อ ก เป็นแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบรายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึกสถานการณ์ POE ของเด็กชายเอก นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมีแนวความคิดเรื่องแรงเสียดทาน ดังนี้

แนวความคิด : “สมชายเดินบนพื้นขรุขระ ออกแรงน้อยกว่าเล่นสเก็ตในสนาม เพราะเล่นสเก็ตในสนาม มีแรงเสียดทานมาก”

จากข้อความจะพบว่าสกีมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ รายละเอียด **ไปสู่ทั่วไป (Detail to General)** ซึ่งเห็นได้จากที่ผู้เรียนมีการอธิบายรายละเอียดที่เข้าสู่หลักการ วิทยาศาสตร์บ้างเป็นบางส่วน ที่กล่าวถึงแรงเสียดทานที่ต่างกัน คำตอบของผู้เรียนยังไม่ถูกต้อง เพราะยังไม่เข้าใจว่าแรงเสียดทานมากหรือน้อยต้องขึ้นอยู่กับพื้นผิวสัมผัส แต่ผู้เรียนยังมีความรู้เดิม อยู่บ้างเพราะสามารถบอกความหมายของแรงเสียดทานได้ ดังบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กชายเอก ต่อไปนี้

- “... ผู้สัมภาษณ์ : เอกคิดว่าเดินบนพื้น ขรุขระออกแรงน้อยกว่า เล่นสเก็ตในสวนสาธารณะเพราะเกิดจากแรง เสียดทาน จงอธิบายแรงเสียดคะ
- เอก : คือแรงที่ต้านการเคลื่อนที่ครับ แรงเสียดทาน แรงที่เสียดสี ระหว่างเท้ากับพื้นถนนครับ แรงเสียดทานรองเท้าเสียดกับพื้นถนนจะ มากกว่าครับ เขาถึงจะเดินไปได้โดยไม่ล้ม
- ผู้สัมภาษณ์ : แล้วแรงเสียดทานระหว่างรองเท้ากับพื้นขรุ ละเอียดคะ
- เอก : จะน้อยครับเพราะเดินบนพื้นเฉย ๆ ...”

นักเรียนที่ตอบข้อ ข เป็นแนวคิดที่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบ ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึก สถานการณ์ POE ของเด็กหญิงนัฐ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมี แนวความคิดเรื่องแรงเสียดทาน ดังนี้

แนวความคิด : “ตอบ ภาพ ก จะออกแรงมากกว่า ภาพ ข เพราะพื้นดินมีพื้นที่ ขรุขระ แต่พื้นลาดยางมีพื้นเรียบ ต้องเป็นภาพ ก ที่สมชายต้องออกแรงมากกว่าภาพ ข”

จากข้อความจะพบว่า สกีมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ **ง่ายไปสู่ ซ้ำซ้อน (Simple to Complex)** ซึ่งเห็นได้จากที่ผู้เรียนมีการอธิบายรายละเอียดหรือความคิดรวบ ยอดเดียว เป็นโครงสร้างทางปัญญาที่ง่าย ไม่ซับซ้อน เป็นความรู้เดิมที่นักเรียนมีอยู่แล้ว แนวคิด ของผู้เรียนเป็นแนวคิดที่ถูกต้องแต่ผู้เรียนยังไม่สามารถอธิบายเข้าถึงหลักการวิทยาศาสตร์ได้ ดังบท สัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กหญิงนัฐ ต่อไปนี้

- “... ผู้สัมภาษณ์ : จากภาพคิดว่าภาพ ก ออกแรงมากกว่าภาพ ข เพราะเหตุใดคะ
- นั้ญ : เพราะพื้นต่างกันค่ะ
- ผู้สัมภาษณ์ : อธิบายสิคะ
- นั้ญ : ภาพ ก เดินบนพื้นที่ขรุขระและเดินขึ้นเขาต้อง ออกแรงมากและเหนื่อยมากกว่าภาพ ข ที่ เล่นสเก็ตในสนามบนพื้นเรียบ เพราะร้องเท้า สเก็ตมันมีล้อจะเดินไม่เมื่อยค่ะ
- ผู้สัมภาษณ์ : สิ่งที่ทำให้เกิดแรงมากหรือแรงน้อยขึ้นอยู่กับ อะไรคะ
- นั้ญ : พื้นผิวที่เขาเดินค่ะ ...”

นักเรียนที่ตอบข้อ ข เป็นแนวคิดที่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบ รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึก สถานการณ์ POE ของเด็กหญิงแก้ว นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมี แนวความคิดเรื่องแรงเสียดทาน ดังนี้

แนวความคิด : “ตอบ ก จะออกแรงมากกว่าภาพ ข เพราะ ภาพ ก สมชายเดิน บนพื้นขรุขระ ส่วนภาพ ข สมชายเล่นสเก็ต จึงทำให้สมชายออกแรงมากกว่าเพราะเดินในทาง ขรุขระ มีอุปสรรคมากเพราะทำให้สะดุดล้มได้ แต่ภาพ ข เล่นสเก็ตในทางที่สะดวก และออกแรง น้อยกว่าพื้นขรุขระ”

จากข้อความจะพบว่าสกีมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ รายละเอียด ไปสู่ทั่วไป (Detail to General) ซึ่งเห็นได้จากที่ผู้เรียนมีการอธิบายรายละเอียดอย่างกว้างและ ยกตัวอย่างเหตุผลที่ทำไม่เดินบนทางขรุขระจะเหนื่อยกว่าเล่นสเก็ตบนทางเรียบ แนวคิดของผู้เรียน เป็นแนวคิดที่ถูกต้องแต่อธิบายยังไม่สมบูรณ์ ดังบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กหญิงแก้ว ต่อไปนี้

- “... ผู้สัมภาษณ์ : ทำไมถึงคิดว่าเดินบนทางขรุขระจะออกแรง มากกว่าเล่นสเก็ตทางเรียบคะ
- แก้ว : เพราะเล่นสเก็ตทางสะดวกกว่าและรองเท้า สเก็ตมีล้อจะเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าเดินบนทาง ขรุขระค่ะ

- ผู้สัมภาษณ์ : แก้วคิดว่าพื้นมีผลต่อการออกแรงเดินของ
สมชายหรือไม่คะ
- แก้ว : มีผลค่ะ
- ผู้สัมภาษณ์ : มีผลอย่างไรคะ
- แก้ว : พื้นขรุขระออกแรงมากกว่าพื้นเรียบคะ เช่น
หนูเล่นรถของเล่นบนพื้นขรุขระมันเล่นได้
ยากคะ แต่เมื่อหนูเอามาเล่นบนพื้นถนนมัน
เล่นได้ไกลและเร็วมากคะ ...”

นักเรียนที่ตอบข้อ ค เป็นแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบ
ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึก
สถานการณ์ POE ของเด็กหญิงปลา นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมี
แนวความคิดเรื่องแรงเสียดทาน ดังนี้

แนวความคิด : “มีการเลือก ข้อ ค เพราะว่าสมชายเดินทางบนพื้นขรุขระและ
ภาพต่อไปสมชายเล่นสกีในสนามสวนธารณะ เป็นการออกแรงเท่ากันเพราะว่า เดินที่ทางบนพื้น
ขรุขระและเป็นการออกกำลังกายเหมือนกัน ภาพต่อไปก็เป็นการออกแรงเท่ากับภาพที่ 1 เหมือนกัน
เพราะทำให้เป็นการออกกำลังกายด้วยเหมือนกัน”

จากข้อความจะพบว่าสกีมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ ง่ายไปสู่
ซับซ้อน (Simple to Complex) ซึ่งเห็นได้จากที่ผู้เรียนมีแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง การอธิบายรายละเอียด
ของผู้เรียนเป็นการอธิบายความคิดรวบยอดเดียว เป็นโครงสร้างทางปัญญาที่ง่าย ไม่ซับซ้อน เป็น
ความรู้ที่ว่าการเดินบนพื้นที่ต่างกันไม่มีผลต่อแรง คือ สมชายจะออกแรงเดินเท่ากันไม่ว่าจะเป็นพื้น
เรียบหรือพื้นขรุขระเพราะเป็นการออกกำลังกายดังบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กหญิงปลา
ต่อไปนี้

- “... ผู้สัมภาษณ์ : ทำไมถึงคิดว่าสมชายออกแรงเดินเท่ากันคะ
- ปลา : เพราะเป็นการออกกำลังกายเหมือนกันคะ
เพราะต้องออกแรงเหมือนกัน สมชายเหนื่อย
เท่ากันคะ
- ผู้สัมภาษณ์ : ลักษณะของพื้นมีผลต่อการที่สมชายต้องออก
แรงเดินหรือไม่คะ

ปลา : ไม่มีผลคะเพราะเดินที่ไฉนก็เหนื่อยเหมือนกัน
คะ ...”

จากแบบบันทึกสถานการณ์ POE ในขั้นทำนาย (Predict : P) ของนักเรียนพบว่า
นักเรียนมีรูปแบบทำความเข้าใจ (Mental Model) กับลักษณะโครงสร้างทางปัญญาสกีมา
(Schema) ลักษณะความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative Knowledge) โดยใช้กรอบ
แนวคิดทฤษฎีสกีมา (Schema) เป็นพื้นฐานในการพิจารณาผู้เรียน ซึ่งผู้เรียนส่วนมากมีลักษณะเป็น
แบบง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) โดยเฉลี่ยร้อยละ 85 ดังในตารางที่ 22

ตารางที่ 22 วิเคราะห์รูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) ในเรื่องที่ศึกษาความรู้ที่เป็น
ข้อเท็จจริง (Declarative Knowledge) จากแนวทฤษฎีสกีมา (Schema) ในขั้นทำนาย
(Predict : P) เรื่องแรงเสียดทาน จากนักเรียนทั้งหมด 26 คน

ตัวเลือก	จำนวน นักเรียนที่ ตอบ (คน)	รูปแบบการทำความเข้าใจในเรื่องที่ศึกษาความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง (Declarative knowledge) จากแนวทฤษฎีสกีมา (Schema)		
		ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) (คน)	รายละเอียดไปสู่ ทั่วไป (Detail to General) (คน)	รูปธรรมไปสู่ นามธรรม (Concrete to Abstract) (คน)
ก	15	13	2	0
ข	10	8	2	0
ค	1	1	0	0
รวม	26	22	4	0
ร้อยละ		85	15	0

จากตารางที่ 22 พบว่านักเรียนบรรยายในแบบบันทึกสถานการณ์ POE ในขั้น
ทำนาย (Predict : P) นักเรียนมีรูปแบบทำความเข้าใจกับลักษณะโครงสร้างทางปัญญาสกีมา
(Schema) ลักษณะความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative Knowledge) โดยใช้กรอบ
แนวคิดทฤษฎีสกีมา (Schema) เป็นพื้นฐานในการพิจารณาผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบง่ายไปสู่

ซับซ้อน (Simple to Complex) จำนวน 22 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 85 และลักษณะเป็นแบบรายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General) จำนวน 4 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 15 แสดงว่าแนวคิดของนักเรียนส่วนมากจะมีรูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) ในเรื่องที่ศึกษาความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง (Declarative Knowledge) จากแนวทฤษฎีสถิติมา (Schema) ในขั้นทำนาย (Predict : P) ในลักษณะเป็นแบบง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) โดยบอกรายละเอียดหรือความคิดรวบยอดเดียว เป็นโครงสร้างทางปัญญาที่ง่าย ไม่ซับซ้อนจากพื้นฐานความรู้เดิมของผู้เรียนที่มีอยู่แล้ว โดยอาศัยประสบการณ์ของตนเองและความเชื่อส่วนบุคคลที่นำมาอธิบายเป็นความรู้รวบยอดของตนเอง ตามทฤษฎีคอนตรัคติวิสต์ที่ว่ามนุษย์ทำหรือสร้างความรู้ของตนเองขึ้นมาและความรู้เหล่านี้จะสร้างมุมมองในโลกส่วนบุคคลที่ผู้เรียนแต่ละคนจะนำมา

4.4.3 รูปแบบในการทำความเข้าใจ (Mental Model) ในขั้นอธิบาย (Explain : E) เรื่องแรงเสียดทาน

หลังที่ทำการทดลองในขั้นสังเกต (Observe : O) เพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องแล้ว นักเรียนได้เลือกและอธิบายในขั้นอธิบาย (Explain : E) สถานการณ์ที่ 4 เรื่องแรงเสียดทาน ได้ผลการวิเคราะห์ผู้วิจัยตีความร่วมกับผู้ร่วมวิจัยจากการบรรยายและสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมในขั้นอธิบาย (Explain : E) ของสถานการณ์ที่ 4 เรื่องแรงเสียดทาน จากสถานการณ์ดังกล่าว ในข้อ ข. ถูกต้อง คือ ภาพ ก จะออกแรงมากกว่า ภาพ ข พบว่ามีนักเรียนตอบถูกร้อยละ 92 ดังแสดงในตารางที่ 23

ตารางที่ 23 ผลจากการวิเคราะห์ที่นักเรียนเลือกคำตอบในขั้นอธิบาย (Explain : E) ของสถานการณ์ที่ 4 เรื่อง แรงเสียดทาน จากนักเรียนทั้งหมด 26 คน

ตัวเลือก	ก (แนวคิดที่ไม่ถูกต้อง)	ข (แนวคิดที่ถูกต้อง)	ค (แนวคิดที่ไม่ถูกต้อง)	รวม (คน)
จำนวนคนที่ตอบ(คน)	0	24	2	26
ร้อยละ	0	92	8	100

จากตารางที่ 23 พบว่านักเรียนอธิบายสถานการณ์ที่ 4 เรื่องแรงเสียดทาน ตอบถูกจำนวน 24 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 92 และตอบผิดจำนวน 2 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 8 ผลการวิเคราะห์ผู้วิจัยตีความร่วมกับผู้ร่วมวิจัยจากการบรรยายและสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมรูปแบบในการทำความเข้าใจ (Mental Model) ความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริงความจริง (Declarative Knowledge) เป็นลักษณะความรู้เกี่ยวกับหลักการ ทฤษฎี กฎเกณฑ์ ซึ่งจะอธิบายวิธีการสร้างความเข้าใจของผู้เรียนในลักษณะของโครงสร้างทางปัญญาสกีมา (Schema) ซึ่งประกอบด้วย (1) ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) (2) รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General) และ (3) รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) หรือสกีมาที่ซับซ้อน (Complex schema) ผลที่ได้จากการศึกษาเป็นดังนี้

นักเรียนที่ตอบข้อ ข เป็นแนวคิดที่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึกสถานการณ์ POE ของเด็กชายกร นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมีแนวความคิดเรื่องแรงเสียดทาน ดังนี้

แนวความคิด : “ภาพ ก จะออกแรงมากกว่าภาพ ข เพราะภาพ ก สมชายเดินบนพื้นหินก็เลยเดินอยากกว่าพื้นปูนและสมชายใส่รองเท้ามีล้อด้วย”

จากข้อความจะพบว่าสกีมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) ซึ่งเห็นได้จากที่ผู้เรียนมีการอธิบายรายละเอียดหรือความคิดรวบยอดเดียว เป็นโครงสร้างทางปัญญาที่ง่าย ไม่ซับซ้อน เป็นความเข้าใจของตนเอง เป็นแนวคิดที่ไม่ถูกต้องตามหลักการวิทยาศาสตร์ ดังบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กชายกร ต่อไปนี้

“... ผู้สัมภาษณ์	:	สวัสดิ์คะ คิดว่าภาพ ก จะออกแรงมากกว่าภาพ ข เพราะเหตุใดคะ
กร	:	เพราะเขาเดินบนพื้นขรุขระมีหินมากเดินยากครับออกแรงมากเหนื่อยครับ
ผู้สัมภาษณ์	:	แล้วภาพ ข ละคะเหนื่อยเหมือนกันไหม
กร	:	ก็เหนื่อยครับแต่เหนื่อยน้อยกว่าเพราะเดินบนพื้นเรียบและรองเท้ามันก็มีล้อด้วยเดินได้ไกลได้เร็ว และสะดวกด้วย ครับ
ผู้สัมภาษณ์	:	ที่ได้เรียนมาแล้วเข้าใจและอธิบายเรื่องแรงเสียดทานได้หรือไม่คะ

กร : ผมจำความหมายไม่ได้ครับใช้แรงที่อยู่ตรงพื้น
กับรองเท้าใช้ใหม่ครับ ...”

นักเรียนที่ตอบข้อ ข เป็นแนวคิดที่ถูกต้อง มีสเกิมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบ
รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึก
สถานการณ์ POE ของเด็กหญิงปู นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมี
แนวความคิดเรื่องแรงเสียดทาน ดังนี้

แนวความคิด : “ตอบ เพราะผิวลื่นทำให้สเก็ตไปได้เร็วกว่าสมชาย ก เพราะผิว
ขรุขระจึงทำให้เดินไม่ค่อยสะดวก แรงเสียดทาน หมายถึง แรงต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุมีทิศ
ทางตรงข้ามกับทิศการเคลื่อนที่ของวัตถุเสมอ ประโยชน์ของแรงเสียดทาน (1) รถวิ่งบนถนน
สะดวก (2) เดิน และ (3) วิ่ง โทษของแรงเสียดทาน (1) แรงเสียดทานส่งผลให้วัตถุเคลื่อนที่ช้าลง
และ (2) ทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน ”

จากข้อความจะพบว่า สเกิมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ รายละเอียด
ไปสู่ทั่วไป (Detail to General) ซึ่งเห็นได้จากที่ผู้เรียนมีแนวคิดที่ถูกต้อง การอธิบายของผู้เรียน
เป็นการอธิบายรายละเอียดกว้าง โดยมีหลักการวิทยาศาสตร์มาเกี่ยวข้องบ้าง เช่น บอกถึง
ความหมายของแรงเสียดทาน และยกตัวอย่างประโยชน์และโทษของแรงเสียดทานดังบทสัมภาษณ์
เพิ่มเติมของเด็กหญิงปู ต่อไปนี้

“... ผู้สัมภาษณ์ : สวัสดิ์คะ ทำไมคิดว่าสมชายจะออกแรงเดินใน
ภาพใดมากกว่ากัน

ปู : ภาพ ก จะออกแรงมากกว่าคะ เพราะเขาเดิน
บนทางขรุขระคะ

ผู้สัมภาษณ์ : แล้วทำไมภาพ ข ถึงออกแรงน้อยกว่า

ปู : เพราะสมชายเล่นสเก็ตในพื้นที่ผิวเรียบและ
สะดวกกว่า

ผู้สัมภาษณ์ : บอกความหมายเกี่ยวกับแรงเสียดทานคะ

ปู : เป็นแรงที่ต้านการเคลื่อนที่ มีทิศทางตรงข้าม
กับการเคลื่อนที่คะ

ผู้สัมภาษณ์ : แรงเสียดทานเกี่ยวข้องอะไรกับสถานการณ์
หรือไม่คะ

ปู : ยืม (ไม่ตอบ)

ผู้สัมภาษณ์	:	ถ้าฉันหนุยกตัวอย่างประโยชน์และโทษของแรงเสียดทานได้ไหมคะ
ปู	:	คะ ประโยชน์ของแรงเสียดทานคือเดินรถได้อย่างสะดวกค่ะ
ผู้สัมภาษณ์	:	เดินได้สะดวกอย่างไรคะ
ปู	:	เช่นพื้นเรียบเราวิ่งรถได้อย่างสะดวกค่ะ
ผู้สัมภาษณ์	:	มีแรงเสียดทานมีประโยชน์อะไรอีกหรือไม่คะ
ปู	:	มีค่ะเวลาวิ่งค่ะ
ผู้สัมภาษณ์	:	เวลาวิ่งจะเกิดอะไรคะ
ปู	:	คือหนูใส่รองเท้าสตั๊ดแล้ววิ่งเกาะพื้นได้ดีและได้เร็วค่ะไม่ลื่นค่ะ
ผู้สัมภาษณ์	:	กมลชนกทราบปัจจัยที่มีผลต่อแรงเสียดทานหรือไม่คะ
ปู	:	อืม (ไม่ตอบ) ...”

นักเรียนที่ตอบข้อ ข เป็นแนวคิดที่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบรูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึกสถานการณ์ POE ของเด็กหญิงดวง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมีแนวความคิดเรื่องแรงเสียดทาน ดังนี้

แนวคำตอบ : “ตอบ ข ภาพ ก จะออกแรงมากกว่าภาพ ข เพราะในภาพ ก นั้น สมชายเดินในพื้นที่ขรุขระ ส่วนภาพ ข นั้นสมชายเล่นสเก็ตในทางที่เรียบ จึงทำให้ภาพ ข เดินได้สะดวกกว่าบนพื้นที่ขรุขระ แรงเสียดทานหมายถึง แรงต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ ปัจจัยดังนี้ 1) ชนิดของผิวสัมผัสถ้าผิวหยาบหรือขรุขระจะมีแรงเสียดทานมากกว่าพื้นลื่น 2) น้ำหนักของวัตถุที่กดพื้นหรือแรงตอบโต้จากพื้น น้ำหนักของวัตถุที่กดพื้นมีมากแรงเสียดทานจะมากด้วยแรงเสียดทานจะมากหรือน้อยไม่ขึ้นกับขนาดพื้นที่ผิวสัมผัส ประโยชน์ของแรงเสียดทาน 1. แรงเสียดทานทำให้เราเดินได้ 2. การที่ล้อรถมีดอกยางเราจึงเล่นรถได้ 3. แรงเสียดทานระหว่างตะปูกับไม้ โทษของแรงเสียดทาน 1. ทำให้เราเดินได้ช้าลง 2. ทำให้เราออกแรงมากขึ้น”

จากข้อความจะพบว่าสกีมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) หรือสกีมาที่ซับซ้อน (Complex Schema) ซึ่งเห็นได้จากผู้เรียนมีการอธิบายเชื่อมโยงสถานการณ์ที่เกิดขึ้นเข้ากับหลักการหรือทฤษฎี พร้อมยกตัวอย่าง

สถานการณ์ในชีวิตประจำวันได้ นักเรียนสามารถอธิบายจากรูปธรรมเข้าสู่นามธรรมได้ แนวคิดของผู้เรียนเป็นแนวคิดที่ถูกต้อง ดั้งบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กหญิงดวง ต่อไปนี้

- “... ผู้สัมภาษณ์ : สวัสดิ์ค่ะ ทำไมคิดว่าภาพ ก หรือ ภาพ ข ที่จะ
ออกแรงมากกว่ากัน
- ดวง : ภาพ ก ออกแรงมากกว่า ภาพ ข ค่ะ
- ผู้สัมภาษณ์ : เพราะเหตุใดคะ
- ดวง : ภาพ ก เดินบนพื้นขรุขระ มีแรงเสียดทานมาก
จะเหนื่อยและออกแรงมากกว่าภาพ ข ที่เล่นบน
พื้นเรียบมีแรงเสียดทานน้อยค่ะ
- ผู้สัมภาษณ์ : แรงเสียดทานคืออะไรคะ
- ดวง : แรงที่ต้านการเคลื่อนที่ค่ะ
- ผู้สัมภาษณ์ : ยกตัวอย่างให้ครูฟังได้หรือไม่คะ
- ดวง : เช่นอย่างที่ครูให้ทำวันนี้ละคะ คือ ถ้าพื้น
ขรุขระจะออกแรงมากมีแรงเสียดทานมาก พื้น
เรียบออกแรงน้อยแรงเสียดทานน้อยค่ะ
- ผู้สัมภาษณ์ : บอกประโยชน์และโทษของแรงเสียดทานค่ะ
- ดวง : ประโยชน์ของแรงเสียดทานคือทำให้เราเดินได้
โดยไม่ ลื่นแล้วหกล้ม ค่ะ
- ผู้สัมภาษณ์ : ทำไมไม่ลื่นละคะ
- ดวง : เพราะหนูใส่รองเท้าที่พื้นรองเท้ามีลายคะ เลยมี
แรงเสียดทานมาก
- ผู้สัมภาษณ์ : ถ้าลายที่พื้นมันหมดไปละคะ
- ดวง : ก็ทำให้เดินยากเพราะจะลื่นค่ะ มันลดแรง
เสียดทานลงค่ะ
- ผู้สัมภาษณ์ : โทษของแรงเสียดทานละคะ
- ดวง : ทำให้เราออกแรงมากขึ้น
- ผู้สัมภาษณ์ : อย่างไรคะยกตัวอย่าง
- ดวง : เช่นเดินบนพื้นที่ขรุขระจะเหนื่อยมากขึ้นค่ะ ...”

นักเรียนที่ตอบข้อ ค เป็นแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบ
ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึก
สถานการณ์ POE ของเด็กหญิงแอน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมี
แนวความคิดเรื่องแรงเสียดทาน ดังนี้

แนวความคิด : “อธิบายได้ว่า ภาพ ก และภาพ ข ออกแรงเท่ากันในภาพ ก เป็น
ทางขรุขระสมชายเดินบนพื้นขรุขระ ทำไมว่าออกแรงเท่ากันเพราะภาพ ก เดินบนพื้น ส่วนภาพ
ข สมชายเล่นสเก็ตในสนามสวนสาธารณะเราก็ออกแรงเท่ากัน เพราะภาพ ข เล่นสเก็ตในสนาม
สวนสาธารณะ แรงเสียดทานหมายถึง.....ปัจจัยดังนี้ 1. ชนิดของผิวสัมผัส 2. น้ำหนักของวัตถุ
ประโยชน์ของแรงเสียดทาน 1. เพื่อป้องกัน 2. เพื่อเพิ่มแรงเสียดทาน 3. ระมัดระวังในการขับขี่
โทษของแรงเสียดทาน 1. ช่วยลดแรงเสียดทาน 2. เวลาเราริงทำให้เราหกล้มได้ 3. ชี้อักรยานล้ม
ได้”

จากข้อความจะพบว่าสกีมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ ง่ายไปสู่
ซับซ้อน (Simple to Complex) ซึ่งเห็นได้จากที่ผู้เรียนมีแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง ผู้เรียนมีการอธิบาย
รายละเอียดหรือความคิดรวบยอดเดียว เป็นโครงสร้างทางปัญญาที่ง่าย ไม่ซับซ้อน เป็นความเข้าใจ
ที่ผิดแต่เป็นความรู้ที่เขาเชื่ออย่างนั้น แต่เขายังสามารถบอกปัจจัยที่ส่งผลต่อแรงเสียดทานได้แต่
ขยายความออกไม่ได้เพราะอะไรเชื่อมโยงเข้าสู่สถานการณ์ไม่ได้ เขายังสามารถบอกความหมาย
ของแรงเสียดทานได้บ้างตามที่ได้เรียนรู้มา ดังบทสัมภาษณ์ของเด็กหญิงแอน ต่อไปนี้

- “... ผู้สัมภาษณ์ : สวัสดีค่ะ ทำไมแอนเลือก ข้อ ค. คือ ภาพ ก
และภาพ ข ออกแรงเท่ากัน เพราะเหตุใดคะ
แอน : มันออกแรงเหมือนกันคะเพราะเดินบนพื้น
เหมือนกันมันคงจะเหนื่อยเหมือนกันคะเวลาเรา
เดินนานๆ
ผู้สัมภาษณ์ : ลักษณะพื้นมันต่างกันนะมันไม่มีผลหรือคะ
แอน : มันก็มีอยู่คะ แต่หนูคิดว่ามันออกแรงเดินมันจะ
เหนื่อยเหมือนกันคะ
ผู้สัมภาษณ์ : แอนให้ความหมายแรงเสียดทานได้หรือไม่คะ
แอน : คือแรงที่ต้านการเคลื่อนที่
ผู้สัมภาษณ์ : ยกตัวอย่างสิคะ
แอน : ยืม...(ไม่ตอบ)

ผู้สัมภาษณ์	:	ฉันบอกปัจจัยที่หนูเขียนมาอธิบายเพิ่มเติมสิคะ
แอน	:	มีชนิดของพื้นผิว และน้ำหนักของวัตถุค่ะ
ผู้สัมภาษณ์	:	ประโยชน์ของแรงเสียดทานที่หนูเขียนว่าเพื่อป้องกัน ป้องกันอะไรคะ ช่วยอธิบายเพิ่มเติมได้ไหมคะ
แอน	:	ป้องกันไม่ให้ลื่นค่ะ เวลาขับรถเข้าโค้งถ้าลื่นรถมีลายของยางมันจะไม่ลื่นค่ะ ...”

จากแบบบันทึกสถานการณ์ POE ในขั้นอธิบาย (Explain : E) ของนักเรียนพบว่านักเรียนมีรูปแบบทำความเข้าใจ(Mental Model) กับลักษณะโครงสร้างทางปัญญาสกีมา (Schema) ลักษณะความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative Knowledge) โดยใช้กรอบแนวคิดทฤษฎีสกีมา (Schema) เป็นพื้นฐานในการพิจารณาผู้เรียน ซึ่งผู้เรียนส่วนมากมีลักษณะเป็นแบบ **รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to abstract) หรือสกีมาที่ซับซ้อน (Complex Schema)** โดยเฉลี่ยร้อยละ 65 ดังในตารางที่ 24

ตารางที่ 24 วิเคราะห์รูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) ในเรื่องที่ศึกษาความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง (Declarative Knowledge) จากแนวทฤษฎีสกีมา (Schema) ในขั้นอธิบาย (Explain : E) เรื่องแรงเสียดทาน จากนักเรียนทั้งหมด 26 คน

ตัวเลือก	จำนวนนักเรียนที่ตอบ (คน)	รูปแบบการทำความเข้าใจในเรื่องที่ศึกษาความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง (Declarative knowledge) จากแนวทฤษฎีสกีมา (Schema)		
		ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) (คน)	รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General) (คน)	รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) (คน)
ก	0	-	-	-
ข	24	2	5	19
ค	2	2	-	-
รวม	26	4	5	19
ร้อยละ		16	19	65

จากตารางที่ 24 พบว่า นักเรียนทำแบบบันทึกสถานการณ์ POE ในชั้นอธิบาย (Explain : E) ของนักเรียนพบว่านักเรียนมีรูปแบบทำความเข้าใจ (Mental Model) กับลักษณะโครงสร้างทางปัญญาสกีมา (Schema) ลักษณะความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative Knowledge) โดยใช้กรอบแนวคิดทฤษฎีสกีมา (Schema) เป็นพื้นฐานในการพิจารณาผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) หรือสกีมาที่ซับซ้อน (Complex Schema) จำนวน 19 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 65 มีลักษณะเป็นแบบ รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General) จำนวน 5 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 19 และมีลักษณะเป็นแบบ ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) จำนวน 4 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 16 แสดงว่าแนวคิดของนักเรียนส่วนมากจะมีรูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) ที่เป็นลักษณะแบบ **รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) หรือสกีมาที่ซับซ้อน (Complex Schema)** สกีมาที่มีความเป็นนามธรรม (Abstract) ผู้เรียนมีการอธิบายเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสถานการณ์เข้าสู่ทฤษฎีและยกตัวอย่างที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้โดยการผ่านประสบการณ์การเรียนรู้และความรู้ที่ได้ศึกษาเป็นความรู้ใหม่ที่ผู้เรียนสร้างขึ้นรวมเข้ากับความรู้เดิมของตนเองนำสู่การอธิบายได้อย่างสมบูรณ์และถูกต้องเพิ่มขึ้นตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

4.4.4 ผลการวิเคราะห์รูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) จากการบรรยายในชั้นทำนาย (Predict : P) กับชั้นอธิบาย (Explain : E) ของนักเรียน เรื่องแรงเสียดทาน

ผลการวิเคราะห์รูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) ผู้วิจัยตีความร่วมกับผู้ร่วมวิจัยจากการบรรยายและสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมเรื่องแรงเสียดทาน พบว่าการอธิบายของนักเรียนส่วนมากในชั้นทำนาย (Predict : P) จะมีรูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) มีลักษณะเป็นมีลักษณะเป็นแบบ ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) โดยเฉลี่ยร้อยละ 85 ตอบถูกโดยเฉลี่ยร้อยละ 38 และการอธิบายของนักเรียนส่วนมากในชั้นอธิบาย (Explain : E) จะมีรูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) มีลักษณะเป็นแบบ **รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) หรือสกีมาที่ซับซ้อน (Complex Schema)** โดยเฉลี่ยร้อยละ 65 ตอบถูกโดยเฉลี่ยร้อยละ 92 ดังแสดงในตารางที่ 25

ตารางที่ 25. เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์รูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) จากการบรรยายในขั้นทำนาย (Predict : P) กับขั้นอธิบาย (Explain : E) ของนักเรียนเรื่องแรงเสียดทาน จากนักเรียนทั้งหมด 26 คน

จำนวนนักเรียน				รูปแบบการทำความเข้าใจในเรื่องที่ศึกษาความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง (Declarative Knowledge) จากแนวคิดทฤษฎีสถิติ (Schema)						
ก่อน Observe ขั้นทำนาย (Predict : P)		หลัง Observe ขั้นอธิบาย (Explain : E)		ง่ายไปสู่ ซับซ้อน (Simple to Complex)		รายละเอียด ไปสู่ทั่วไป (Detail to General)		รูปธรรมไปสู่ นามธรรม (Concrete to Abstract)		
ถูก (คน)	ผิด (คน)	ถูก (คน)	ผิด (คน)	P (คน)	E (คน)	P (คน)	E (คน)	P (คน)	E (คน)	
10	16	24	2	22	4	4	5	0	19	
38	62	92	8	85	16	15	19	0	65	ร้อยละ

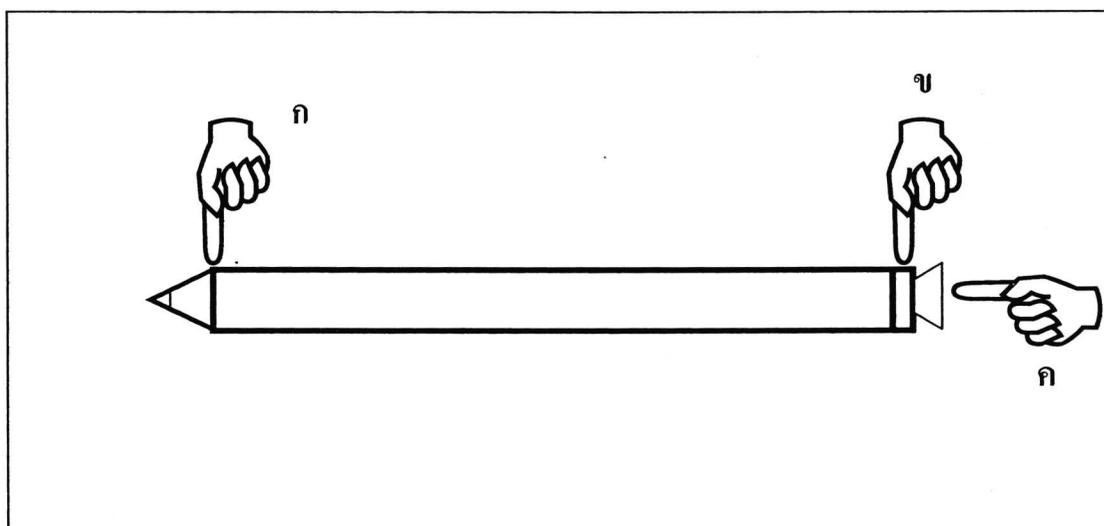
จากตารางที่ 25 พบว่า ก่อนเรียนเรื่องขนาดและทิศทางของแรง นักเรียนได้ทำนายสถานการณ์ตอบถูก คิดเป็นร้อยละ 38 หลังเรียนนักเรียนตอบถูกมากขึ้นคิดเป็นร้อยละ 92 โดยนักเรียนที่ผ่านการเรียนรู้โดยใช้วิธี Predict - Observe - Explain (POE) นักเรียนส่วนมากจะมีรูปแบบการทำความเข้าใจที่มีลักษณะที่เป็นแบบ รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) หรือสกีมาที่ซับซ้อน (Complex Schema) สกีมาที่มีความเป็นนามธรรม (Abstract) ผู้เรียนมีการอธิบายเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสถานการณ์เข้าสู่ทฤษฎีและยกตัวอย่างที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ โดยการผ่านประสบการณ์การเรียนรู้และความรู้ที่ได้ศึกษาเป็นความรู้ที่ผู้เรียนสร้างขึ้นรวมเข้ากับความรู้เดิมของตนเองนำสู่การอธิบายได้อย่างสมบูรณ์และถูกต้องเพิ่มขึ้น

4.5 รูปแบบในการทำความเข้าใจ (Mental Model) เรื่องโมเมนต์ของแรง

รูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) บนพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้วิธี Predict - Observe - Explain (POE) ในการจัดการเรียนรู้เรื่อง โมเมนต์ของแรง ผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

4.5.1 สถานการณ์ปัญหา เรื่องโมเมนต์ของแรง

สถานการณ์ปัญหาเรื่อง โมเมนต์ของแรง โดยผู้วิจัยนำเสนอสถานการณ์ดังต่อไปนี้ นักเรียนลองสังเกตว่าเมื่อเราออกแรงกระทำต่อดินสอในแนวต่าง ๆ ดังภาพที่ 6 ดินสอจะเกิดอะไรขึ้นเพราะเหตุใด



ภาพที่ 6 แสดงภาพออกแรงกระทำกับดินสอในแนวต่าง ๆ

- ก. ออกแรงกระทำที่ตำแหน่ง ก และ ข ดินสอจะหมุน แล้วที่ตำแหน่ง ค ดินสอไม่หมุน เพราะ
- ข. ออกแรงกระทำที่ตำแหน่ง ก, ข และ ค ดินสอจะหมุน เพราะ
- ค. ออกแรงกระทำที่ตำแหน่ง ก, ข และ ค ไม่เกิดปฏิกิริยาใดเลยกับดินสอ เพราะ

จากสถานการณ์ดังกล่าวข้อที่ถูกต้องคือ ก. ออกแรงกระทำที่ตำแหน่ง ก และ ข ดินสอจะหมุน แล้วที่ตำแหน่ง ค ดินสอไม่หมุน เพราะเมื่อออกแรงกระทำที่ตำแหน่ง ก และ ข ทำให้ดินสอหมุนเพราะที่ตำแหน่ง ก และ ข เป็นแรงกระทำในแนวตั้งฉากกับดินสอ แล้วที่ ตำแหน่ง ค ดินสอไม่หมุน เพราะแรงนั้นขนานกับดินสอจึงทำให้ดินสอไม่หมุน แล้วแรงที่กระทำต่อวัตถุ

แล้วทำให้วัตถุหมุน เรียกว่าเกิดโมเมนต์ของแรงการหมุนของดินสอมี 2 แบบ คือ หมุนตามเข็มนาฬิกา และหมุนทวนเข็มนาฬิกา ออกแรงที่ตำแหน่ง ก ดินสอจะหมุนทวนเข็มนาฬิกา ถ้าออกแรงที่ตำแหน่ง ข ดินสอจะหมุนตามเข็มนาฬิกา ผลรวมของโมเมนต์ของแรงตามเข็มนาฬิกาเท่ากับผลรวมของโมเมนต์ของแรงทวนเข็มนาฬิกา คานจะอยู่ในสมดุล จากสถานการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดให้ผู้เรียนต้องทำนายในขั้นทำนาย (Predict : P) ก่อนที่จะเรียนรู้เพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องในขั้นสังเกต (Observe : O) จากนั้นนำข้อคำตอบที่ได้จากการสังเกตมาอธิบายสถานการณ์ในขั้นอธิบาย (Explain : E) แล้วผู้วิจัยวิเคราะห์รูปแบบในการทำความเข้าใจ (Mental Model) ลักษณะโครงสร้างทางปัญญา สกีม่า (Schema) ลักษณะความรู้ที่เป็นข้อเท็จ ความจริง (Declarative Knowledge) เป็นลักษณะความรู้เกี่ยวกับหลักการ ทฤษฎี กฎเกณฑ์ ซึ่งจะอธิบายวิธีการสร้างความเข้าใจของผู้เรียนในลักษณะของโครงสร้างทางปัญญาสกีม่า (Schema) ซึ่งประกอบด้วย (1) ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) (2) รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General) และ (3) รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) โดยวิเคราะห์ตีความจากการเขียนบรรยายและจากการสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม ดังตารางที่ 26

ตารางที่ 26 วิเคราะห์รูปแบบการทำความเข้าใจในเรื่องที่ศึกษาข้อเท็จจริง ความจริง
(Declarative Knowledge) จากแนวทฤษฎีสกิมมา เรื่อง โมเมนตัมของแรง

ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)	รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General)	รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract)
<p>บอกรายละเอียดหรือความคิดรวบยอดเดียวเป็นโครงสร้างทางปัญญาที่ง่ายไม่ซับซ้อน บอกรายละเอียดเหตุผลต่างๆตามความรู้เดิมของผู้เรียนตามหลักวิทยาศาสตร์หรือไม่ตามหลักวิทยาศาสตร์ก็ได้แต่เป็นเหตุผลตามความคิดของนักเรียนเอง เช่น ออกแรงกระทำที่ตำแหน่ง ก และ ข ดินสอจะหมุนแล้วที่ตำแหน่ง ค ดินสอไม่หมุน เพราะในตำแหน่ง ก และ ข ถูกผลึกที่ปลายหัวดินสอ และปลายกันดินสอในแนวตั้งฉากกับดินสอดินสอจึงหมุน ในตำแหน่ง ค ถูกผลึกในแนวเดียวกันกับดินสอจึงไม่หมุน, เป็นแนวคิดที่ไม่ถูกต้องแต่เป็นความรู้ภายในตัวของผู้เรียนเอง เป็นต้น</p>	<p>บอกรายละเอียดได้สมบูรณ์ขึ้นและอธิบายได้อย่างกว้างขวางตามหลักวิทยาศาสตร์ยิ่งขึ้นมีการยกสถานการณ์มาเกี่ยวข้องบ้างหรือมีหลักการหรือทฤษฎีมาประกอบบ้างเป็นบางส่วนอาจจะเป็นเหตุผลที่นักเรียนเข้าใจตามความรู้เดิมของเขาประกอบกับความรู้ใหม่ผู้เรียนบอกความหมายของโมเมนตัมของแรง, ยกตัวอย่างที่เกี่ยวข้องโมเมนตัมของแรง เช่น ออกแรงกระทำที่ตำแหน่ง ก และ ข ดินสอจะหมุน แล้วที่ตำแหน่ง ค ดินสอไม่หมุน เพราะ ในตำแหน่ง ก และ ข ถูกผลึกที่ปลายหัวดินสอ และปลายกันดินสอในแนวตั้งฉากกับดินสอดินสอจึงหมุน ในตำแหน่ง ค ถูกผลึกในแนวเดียวกันกับดินสอจึงไม่หมุนแรงที่ทำให้ดินสอหมุนเรียกว่า โมเมนตัมของแรง ซึ่งโมเมนตัมของแรง คือ แรงที่กระทำต่อวัตถุแล้วทำให้วัตถุหมุน, ออกแรงกระทำที่ตำแหน่ง</p>	<p>บอกรายละเอียดได้สมบูรณ์ครบถ้วนตามแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ตอบถูกต้องอธิบายถึงความหมายของโมเมนตัมของแรง ยกตัวอย่างเกี่ยวกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับโมเมนตัมของแรง เช่น ออกแรงกระทำที่ตำแหน่ง ก และ ข ดินสอจะหมุน แล้วที่ตำแหน่ง ค ดินสอไม่หมุน เพราะเมื่อออกแรงกระทำที่ตำแหน่ง ก และ ข ทำให้ดินสอหมุนเพราะที่ตำแหน่ง ก และ ข เป็นแรงกระทำในแนวตั้งฉากกับดินสอแล้วที่ ตำแหน่ง ค ดินสอไม่หมุน เพราะแรงนั้นขนานกับดินสอจึงทำให้ดินสอไม่หมุน แล้วแรงที่กระทำต่อวัตถุแล้วทำให้วัตถุหมุน เรียกว่า เกิดโมเมนตัมของแรงการหมุนของดินสอมี 2 แบบ คือ หมุนตามเข็มนาฬิกา และหมุนทวนเข็มนาฬิกา ออกแรงที่ตำแหน่ง ก ดินสอจะหมุนทวนเข็มนาฬิกา</p>

ตารางที่ 26. วิเคราะห์รูปแบบการทำความเข้าใจในเรื่องที่ศึกษาข้อเท็จจริง ความจริง
(Declarative Knowledge) จากแนวทฤษฎีสกีม่า เรื่อง โมเมนตัมของแรง (ต่อ)

ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)	รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General)	รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract)
	<p>ก และ ข ดินสอจะ หมุน แล้วที่ตำแหน่ง ค ดินสอไม่หมุน เพราะในตำแหน่ง ก และ ข ถูก ผลักที่ปลายหัวดินสอ และปลายก้นดินสอในแนวตั้งฉากกับ ดิน สอ ดิน สอ จึง หมุน ในตำแหน่ง ค ถูกผลักในแนวเดียวกันกับดินสอจึงไม่หมุน โมเมนตัมของแรงที่เห็นในชีวิตประจำวันได้แก่ กระดานหก ครกกระเดื่อง ขอบกปลา เป็นต้น หรือเป็นข้อคำตอบที่ไม่ถูกต้อง แต่สามารถยกตัวอย่างโมเมนตัมของแรงได้และสามารถบอกความหมายของโมเมนตัมของแรงได้</p>	<p>ถ้าออกแรงที่ตำแหน่ง ข ดินสอ จะหมุนตามเข็มนาฬิกา ผลรวมของโมเมนตัมของแรงตามเข็มนาฬิกาเท่ากับผลรวมของโมเมนตัมของแรงทวนเข็มนาฬิกา กานจะอยู่ในสมดุล เป็นต้น</p>

4.5.2 รูปแบบในการทำความเข้าใจ (Mental Model) ในขั้นทำนาย (Predict : P) เรื่อง โมเมนตัมของแรง

การเรียนรู้โดยใช้วิธี Predict - Observe - Explain (POE) ในขั้นทำนาย (Predict : P) นักเรียนได้ทำนายสถานการณ์ที่ 5 เรื่อง โมเมนตัมของแรง ก่อนที่จะทำการทดลองหาคำตอบในขั้นสังเกต (Observe : O) เพื่อหาคำตอบที่ถูกต้อง ได้ผลการวิเคราะห์ผู้วิจัยตีความร่วมกับผู้ร่วมวิจัยจากการบรรยายและสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมในขั้นทำนาย (Predict : P) ของสถานการณ์ที่ 5 เรื่อง โมเมนตัมของแรง จากสถานการณ์ดังกล่าว ในข้อ ก. ถูกต้อง คือออกแรง กระทำที่ตำแหน่ง ก และ ข

ดินสอจะหมุน แล้วที่ตำแหน่ง ค ดินสอไม่หมุน พบมีนักเรียนตอบถูกไม่ถึงร้อยละ 50 ดังแสดงในตารางที่ 27

ตารางที่ 27 ผลจากการวิเคราะห์ที่นักเรียนเลือกคำตอบในขั้นทำนาย (Predict : P) ของสถานการณ์ที่ 5 เรื่องโมเมนต์ของแรง จากนักเรียนทั้งหมด 26 คน

ตัวเลือก	ก (แนวคิดที่ถูกต้อง)	ข (แนวคิดที่ไม่ถูกต้อง)	ค (แนวคิดที่ไม่ถูกต้อง)	รวม (คน)
จำนวนคนที่ตอบ(คน)	11	11	4	26
ร้อยละ	42	42	16	100

จากตารางที่ 27 พบว่า นักเรียนทำนายสถานการณ์ที่ 4 เรื่องโมเมนต์ของแรง ตอบถูกจำนวน 11 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 42 และตอบผิดจำนวน 15 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 58 ผลการวิเคราะห์ผู้วิจัยตีความร่วมกับผู้ร่วมวิจัยจากการบรรยายและสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมรูปแบบในการทำความเข้าใจ (Mental Model) ความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative Knowledge) เป็นลักษณะความรู้เกี่ยวกับหลักการ ทฤษฎี กฎเกณฑ์ ซึ่งจะอธิบายวิธีการสร้างความเข้าใจของผู้เรียนในลักษณะของโครงสร้างทางปัญญาสกีมา (Schema) ซึ่งประกอบด้วย (1) ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) (2) รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General) และ (3) รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) หรือสกีมาที่ซับซ้อน (Complex schema) ผลที่ได้จากการศึกษาเป็นดังนี้

นักเรียนที่ตอบข้อ ก เป็นแนวคิดที่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบ ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึกสถานการณ์ POE ของเด็กหญิงน้อย นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมีแนวความคิดเรื่องโมเมนต์ของแรง ดังนี้

แนวความคิด : “ออกแรงกระทำตำแหน่ง ก และ ข ดินสอจะหมุนแล้วตำแหน่ง ค ดินสอจะไม่หมุนเพราะถ้าเราเอามือไปดันตรงที่ตำแหน่ง ค มันก็จะเดินไปข้างหน้า แต่ถ้าเราไปจับที่ตำแหน่ง ก, ข ก็จะหมุนไปด้วยดี”

จากข้อความจะพบว่า สกิมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ **ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)** ซึ่งเห็นได้จากที่ผู้เรียนมีการอธิบายรายละเอียดหรือความคิดรวบยอดเดียว เป็นโครงสร้างทางปัญญาที่ง่าย ไม่ซับซ้อน เป็นความเข้าใจของผู้เรียนเอง คำทำนายของผู้เรียนเป็นข้อที่ถูกต้องแต่ยังไม่สามารถอธิบายในแนวทางที่เป็นหลักการวิทยาศาสตร์ได้ ดังบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กหญิงน้อย ต่อไปนี้

- “... ผู้สัมภาษณ์ : จงอธิบายสิคะว่าตำแหน่ง ก และ ตำแหน่ง ข
ทำไมถึงหมุน และตำแหน่ง ค ทำไมไม่หมุนคะ
น้อย : เพราะตำแหน่ง ค ดันที่ก้นดินสอมันจะ
เคลื่อนที่ไปข้างหน้าคะ แต่ตำแหน่ง ก ดันที่
หัวดินสอและ ตำแหน่ง ข ดันที่ปลายก้นดินสอ
หนูคิดว่ามันจะหมุนคะ
ผู้สัมภาษณ์ : หนูน้อยเคยได้ยินคำว่า โมเมนต์ของแรง
หรือไม่คะ
น้อย : ไม่เคยคะ ...”

นักเรียนที่ตอบข้อ ข เป็นแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง มีสกิมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึกสถานการณ์ POE ของเด็กหญิงกุ่ม นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมีแนวความคิดเรื่อง โมเมนต์ของแรง ดังนี้

แนวความคิด : “ตอบ ข้อ ข ออกแรงกระทำที่ตำแหน่ง ก, ข, ค ดินสอจะหมุน เพราะ เมื่อเราออกแรงทิศของแรง ที่กระทำนั้นตรงข้ามกันกับทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ แล้วมันก็จะออกแรงหมุนพร้อมกัน”

จากข้อความจะพบว่า สกิมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ **ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)** ซึ่งเห็นได้จากที่ผู้เรียนมีการอธิบายรายละเอียดหรือความคิดรวบยอดเดียว เป็นโครงสร้างทางปัญญาที่ง่าย ไม่ซับซ้อน เป็นความที่นักเรียนเชื่อว่าเป็นอย่างนั้น แต่แนวคิดของผู้เรียนยังไม่ถูกต้องตามแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ ดังบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กหญิงกุ่ม ต่อไปนี้

- “... ผู้สัมภาษณ์ : ทำไมกุ่มถึงคิดว่าข้อ ข ถูกต้องคะ
กุ่ม : คิดว่าเมื่อเราออกแรง โดยมีทิศทางไม่ต่อดินสอ
แต่งเดียวกันมันก็จะหมุนพร้อมกันคะ

ผู้สัมภาษณ์ : หมุนพร้อมกันที่หนูว่าหมายความว่า
ออกแรงที่ตำแหน่ง ก, ข และ ค พร้อมกัน
ใช่ไหมคะ

ก๊ิง : ยืม...คะ...(แล้วก็ทำหน้าง) ...”

นักเรียนที่ตอบข้อ ค เป็นแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบ
ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึก
สถานการณ์ POE ของเด็กหญิงไก่อ่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมี
แนวความคิดเรื่องโมเมนต์ของแรง ดังนี้

แนวความคิด : “ค ออกแรงกระทำที่ตำแหน่ง ก, ข และ ค ไม่เกิดปฏิกิริยาใดเลย
กับดินสอ เพราะการหมุนเราจะออกแรงทุก ๆ ส่วนของปลายนิ้ว เมื่อเราใช้ปลายนิ้วหมุนดินสอแล้ว
ดินสอจะเกิดการหมุนเพราะมีความกลม”

จากข้อความจะพบว่า สกีมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ ง่ายไปสู่
ซับซ้อน (Simple Complex) ซึ่งเห็นได้จากที่ผู้เรียนมีการอธิบายรายละเอียดหรือความคิดรวบยอด
เดียว เป็นโครงสร้างทางปัญญาที่ง่าย ไม่ซับซ้อน เป็นความรู้เดิมที่นักเรียนมีอยู่แล้ว แต่คำตอบของ
ผู้เรียนยังไม่ถูกต้องตามหลักการของนักวิทยาศาสตร์ได้พิสูจน์ไว้ ดังบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของ
เด็กหญิงไก่อ่ ต่อไปนี้

“... ผู้สัมภาษณ์ : ทำไมหนูคิดว่า เมื่อออกแรงกระทำที่ตำแหน่ง
ก, ข และ ค ไม่เกิดปฏิกิริยาใดเลยกับดินสอ

ไก่อ่ : เพราะถ้าจะทำให้มันหมุนเราต้องจับทั้ง 5 นิ้ว
ใช้ปลายนิ้วทั้งหมดหมุนดินสอคะ

ผู้สัมภาษณ์ : แรงอะไรที่ทำให้ดินสอหมุนได้ เรียกว่าแรง
อะไรคะ

ไก่อ่ : แรงที่ปลายนิ้ว ที่ใช้จับดินสอให้หมุนคะ แล้ว
มันก็จะหมุนเป็นวงกลมคะ ...”

จากแบบบันทึกสถานการณ์ POE ในขั้นทำนาย (Predict : P) ของนักเรียนพบว่า
นักเรียนมีรูปแบบทำความเข้าใจกับลักษณะ โครงสร้างทางปัญญา (Schema) ลักษณะความรู้ที่เป็น
ข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative Knowledge) โดยใช้กรอบแนวคิดทฤษฎีสกีมา (Schema) เป็น



พื้นฐานในการพิจารณาผู้เรียน ซึ่งผู้เรียนส่วนมากมีลักษณะเป็นแบบ ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) โดยเฉลี่ยร้อยละ 100 ดังในตารางที่ 28

ตารางที่ 28 วิเคราะห์รูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) ในเรื่องที่ศึกษาความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง (Declarative Knowledge) จากแนวทฤษฎีสถิติ (Schema) ในขั้นทำนาย (Predict : P) เรื่องโมเมนต์ของแรง จากนักเรียนทั้งหมด 26 คน

ตัวเลือก	จำนวนนักเรียนที่ตอบ (คน)	รูปแบบการทำความเข้าใจในเรื่องที่ศึกษาความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง (Declarative knowledge) จากแนวทฤษฎีสถิติ (Schema)		
		ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) (คน)	รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General) (คน)	รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) (คน)
ก	11	11	0	0
ข	11	11	0	0
ค	4	4	0	0
รวม	26	26	0	0
ร้อยละ		100	0	0

จากตารางที่ 28 พบว่า นักเรียนบรรยายในแบบบันทึกสถานการณ์ POE ในขั้นทำนาย (Predict : P) นักเรียนมีรูปแบบการทำความเข้าใจกับลักษณะ โครงสร้างทางปัญญา (Schema) ลักษณะความรู้ที่เป็น ข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative Knowledge) โดยใช้กรอบแนวคิดทฤษฎีสถิติ (Schema) เป็นพื้นฐานในการพิจารณาผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) จำนวน 26 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 100 แสดงว่าแนวคิดของนักเรียนทั้งหมดมีรูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) ในเรื่องที่ศึกษาความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative Knowledge) จากแนวทฤษฎีสถิติ (Schema) ในขั้นทำนาย (Predict : P) ในลักษณะเป็นแบบ ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) โดยบอกรายละเอียดหรือความคิดรวบยอดเดียว ขยายความ

ของคำอธิบายที่เป็นรูปแบบง่ายๆ ตามความรู้ของตนเองโดยมีหลักการ หรือทฤษฎี ที่ซับซ้อน โดยอาศัยจากพื้นฐานความรู้เดิมของผู้เรียนที่มีอยู่แล้วตามหลักทฤษฎีคอนกรีตวิสต์ที่ว่ามนุษย์ทำหรือสร้างความรู้ของตนเองขึ้นมาโดยอาศัยประสบการณ์และความรู้เหล่านี้จะสร้างมุมมองในโลกส่วนบุคคลที่ผู้เรียนแต่ละคนจะนำมา

4.5.3 รูปแบบในการทำความเข้าใจ (Mental Model) ในชั้นอธิบาย (Explain : E) เรื่อง โมเมนตัมของแรง

หลังที่ทำการทดลองในชั้นสังเกต (Observe : O) เพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องแล้ว นักเรียนได้เลือกและอธิบายในชั้นอธิบาย (Explain : E) สถานการณ์ที่ 5 เรื่องโมเมนตัมของแรงได้ผลการวิเคราะห์ผู้วิจัยตีความร่วมกับผู้ร่วมวิจัยจากการบรรยายและสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมในการทำสถานการณ์ที่ 5 เรื่องโมเมนตัมของแรง จากสถานการณ์ดังกล่าว ในข้อ ก. ถูกต้อง คือออกแรงกระทำที่ตำแหน่ง ก และ ข ดินสอจะหมุน แล้วที่ตำแหน่ง ค ดินสอไม่หมุน พบว่ามีนักเรียนตอบถูกร้อยละ 96 ดังแสดงในตารางที่ 29

ตารางที่ 29 ผลจากการวิเคราะห์ที่นักเรียนเลือกคำตอบในชั้นอธิบาย (Explain : E) ของ สถานการณ์ที่ 5 เรื่องโมเมนตัมของแรง จากนักเรียนทั้งหมด 26 คน

ตัวเลือก	ก (แนวคิดที่ ถูกต้อง)	ข (แนวคิดที่ไม่ ถูกต้อง)	ค (แนวคิดที่ไม่ ถูกต้อง)	รวม (คน)
จำนวนคนที่ตอบ(คน)	25	0	1	26
ร้อยละ	96	0	4	100

จากตารางที่ 29 พบว่า นักเรียนอธิบายสถานการณ์ที่ 5 เรื่องโมเมนตัมของแรง ตอบถูกจำนวน 25 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 96 และตอบผิดจำนวน 1 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 4 ผลการวิเคราะห์ผู้วิจัยตีความร่วมกับผู้ร่วมวิจัยจากการบรรยายและสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมรูปแบบในการทำความเข้าใจ (Mental Model) ความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative Knowledge) เป็นลักษณะความรู้เกี่ยวกับหลักการ ทฤษฎี กฎเกณฑ์ ซึ่งจะอธิบายวิธีการสร้างความเข้าใจของผู้เรียนในลักษณะของโครงสร้างทางปัญญาสกีมา (Schema) ซึ่งประกอบด้วย (1) ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) (2) รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General) และ (3) รูปธรรมไปสู่

นามธรรม (Concrete to Abstract) หรือ สกีม่าที่ซับซ้อน (Complex schema) ผลที่ได้จากการศึกษาเป็นดังนี้

นักเรียนที่ตอบข้อ ก เป็นแนวคิดที่ถูกต้อง มีสกีม่า (Schema) ลักษณะเป็นแบบง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึกสถานการณ์ POE ของเด็กหญิงนาง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมีแนวความคิดเรื่องโมเมนต์ของแรง ดังนี้

แนวความคิด “เลือก ข้อ ก เพราะตำแหน่ง ก, ข ทำให้ดินสอหมุนได้ตำแหน่ง ก, ข ทำให้ดินสอไม่หมุนคือ ค เพราะว่า ค ทำให้มันไม่หมุน เพราะว่า ค มันดันไปข้างหน้ามันไม่หมุน”

จากข้อความจะพบว่า สกีม่า (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) ซึ่งเห็นได้จากที่ผู้เรียนมีแนวคิดที่ถูกต้อง การอธิบายของผู้เรียนเป็นการอธิบายรายละเอียดหรือความคิดรวบยอดเดียว เป็นโครงสร้างทางปัญญาที่ง่าย ไม่ซับซ้อน เป็นความรู้ที่นักเรียนได้ทำการศึกษาในการทดลองแล้วแต่ยังไม่สามารถบอกถึงความหมายของโมเมนต์ของแรงได้ตามแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ ดังบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กหญิงนางต่อไปนี้

“... ผู้สัมภาษณ์	:	สวัสดีค่ะ ทำไมหมุนนางถึงเลือกข้อ ก ค่ะ
นาง	:	เพราะว่าหนูได้ทำการทดลองแล้วค่ะว่า ดินสอ มันหมุนค่ะ
ผู้สัมภาษณ์	:	แล้วตำแหน่ง ค ละคะ
นาง	:	ไม่หมุนค่ะ มันจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าค่ะ
ผู้สัมภาษณ์	:	นางคิดว่าแรงอะไรที่ทำให้ดินสอหมุน
นาง	:	แรงที่เราผลักดินสอด้วยปลายนิ้วแล้วดินสอ หมุนที่ตำแหน่ง ก และ ข แล้วตำแหน่ง ค ดินสอเคลื่อนที่ไปข้างหน้าค่ะ...”

นักเรียนที่ตอบข้อ ก เป็นแนวคิดที่ถูกต้อง มีสกีม่า (Schema) ลักษณะเป็นแบบรายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึกสถานการณ์ POE ของเด็กหญิงจันทร์ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมีแนวความคิดเรื่องโมเมนต์ของแรง ดังนี้

แนวความคิด : “เลือก ข้อ ก เพราะตำแหน่งของแรงกระทำที่ตำแหน่ง ก และ ข ดินสอจะหมุน และที่ตำแหน่ง ค ดินสอไม่หมุน ตำแหน่ง ก และ ข ทำให้ดินสอหมุนการหมุนเรียกว่า การเกิดโมเมนต์ของแรง โมเมนต์ของแรงหมายถึง ผลของแรงทำให้เกิดการหมุนรอบจุดหมุนคงที่ โมเมนต์ของแรงเท่ากับผลคูณระหว่างขนาดของแรงกับระยะทางตั้งฉากจากจุดหมุนถึงแนวแรงที่กระทำ การเกิดโมเมนต์ของแรง เช่น เมื่อวัตถุอยู่ในภาวะสมดุล”

จากข้อความจะพบว่าสกีมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General) ซึ่งเห็นได้จากที่ผู้เรียนมีการอธิบายรายละเอียดที่เข้าสู่หลักการวิทยาศาสตร์บ้างเป็นบางส่วน ที่กล่าวถึงความหมายของโมเมนต์ของแรง แต่ยังคงตัวอย่างโมเมนต์ของแรงไม่ได้ และแนวคิดของผู้เรียนเป็นแนวคิดที่ถูกต้อง ดังบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กหญิงจันทร์ ต่อไปนี้

- “... ผู้สัมภาษณ์ : สวัสดีค่ะ ทำไมหนูตอบข้อ ก ละ
 จันทร์ : เพราะหนูได้ทดลองดูแล้วค่ะ
 ผู้สัมภาษณ์ : การทดลองเกิดอะไรขึ้นคะ
 จันทร์ : ตำแหน่ง ก และ ข หมุนค่ะ
 ผู้สัมภาษณ์ : หมุนอย่างไรคะ
 จันทร์ : ตำแหน่ง ก หมุนทวนเข็มนาฬิกาคะ ตำแหน่ง ข หมุนตามเข็มนาฬิกาคะ และตำแหน่ง ค เคลื่อนที่ข้างหน้า
 ผู้สัมภาษณ์ : แรงที่เกิดจากการหมุนเรียกว่าแรงอะไรคะ
 จันทร์ : โมเมนต์ของแรงค่ะ...”

นักเรียนที่ตอบข้อ ก เป็นแนวคิดที่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบรูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึกสถานการณ์ POE ของเด็กหญิงนุช นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมีแนวความคิดเรื่องโมเมนต์ของแรง ดังนี้

แนวความคิด : “อธิบาย เรื่อง โมเมนต์ของแรง เลือกข้อ ก เพราะ ตำแหน่ง ก และ ข ทำให้ดินสอหมุน ตำแหน่ง ค ทำให้ดินสอไม่หมุน ตำแหน่ง ก และ ข ทำให้ดินสอหมุนการหมุนเรียกว่า โมเมนต์ โมเมนต์ของแรงหมายถึง ผลของแรงที่ทำให้เกิดการหมุนรอบจุดคงที่ โมเมนต์ของแรงเท่ากับผลคูณระหว่างขนาดของแรงกับผลคูณระหว่างขนาดของแรงกับระยะทาง

ตั้งฉากจากจุดหมุนถึงแนวแรงที่กระทำ ตัวอย่างการเกิดโมเมนต์ของแรง เช่น ครกกระเดื่อง กระดานหก ยอยกปลา กรรไกรตัดผ้า เป็นต้น”

จากข้อความจะพบว่า สกีมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ **รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract)** หรือสกีมาที่ซับซ้อน (**Complex Schema**) ซึ่งเห็นได้จาก ผู้เรียนมีแนวคิดที่ถูกต้องโดยการอธิบายเชื่อมโยงสถานการณ์ที่เกิดขึ้นเข้ากับหลักการหรือทฤษฎี พร้อมยกตัวอย่างสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน ได้ นักเรียนสามารถอธิบายจากรูปธรรมเข้าสู่ นามธรรมได้ ดังบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กหญิงนุช ต่อไปนี้

- “... ผู้สัมภาษณ์ : สวัสดีค่ะ ทำไมหนูนุชเลือกข้อ ก ค่ะ
 นุช : เพราะตำแหน่ง ก และ ข เราทำมือตั้งฉาก (พร้อมสาธิต) แล้วมันก็หมุน ค่ะ
 ผู้สัมภาษณ์ : หมุนอย่างไรคะ
 นุช : ที่ตำแหน่ง ก หมุนทวนเข็มนาฬิกาจะ และ ตำแหน่ง ข หมุนตามเข็มนาฬิกาจะ
 ผู้สัมภาษณ์ : แล้ว ตำแหน่ง ค เกิดอะไรขึ้นคะ
 นุช : เคลื่อนที่ไปข้างหน้าคะ
 ผู้สัมภาษณ์ : แรงอะไรที่ทำให้เกิดการหมุน
 นุช : โมเมนต์ของแรงคะ
 ผู้สัมภาษณ์ : ยกตัวอย่างโมเมนต์ของแรงที่เกิดใน ชีวิตประจำวันคะ
 นุช : กระดานหก, ครกกระเดื่อง, กรรไกร, ยอยกปลา ...”

นักเรียนที่ตอบข้อ ค เป็นแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบ **ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)**

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึก สถานการณ์ POE ของเด็กหญิงฉัตร นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมี แนวความคิดเรื่องโมเมนต์ของแรง ดังนี้

แนวความคิด : “เลือก ค เพราะ ตำแหน่ง ก, ข และ ค ทำให้ดินสอ หมุน ตำแหน่ง ค ทำให้ดินสอไม่หมุน ตำแหน่ง ก ทำให้ดินสอไม่หมุน การหมุนเรียกว่า จูระหว่าง ความพยายาม โมเมนต์ของแรงหมายถึง ผลของแรงที่ทำให้เกิดหมุนคงที่โมเมนต์ของแรง”

จากข้อความจะพบว่า สกีม่า (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ ง่ายไปสู่ ซับซ้อน (Simple to Complex) ซึ่งเห็นได้จากที่ผู้เรียนมีแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง แต่การอธิบาย รายละเอียดหรือความคิดรวบยอดเดียว เป็นโครงสร้างทางปัญญาที่ง่าย ไม่ซับซ้อน เป็นความเชื่อ ของผู้เรียนเองว่ามันจะเป็นเช่นนั้น และนักเรียนบอกความหมายของ โมเมนต์ของแรงยังไม่สมบูรณ์ ถูกต้องตามแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ ดังบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กหญิงฉัตร ต่อไปนี้

- “... ผู้สัมภาษณ์ : สวัสดีค่ะ ทำไมเลือกข้อ ค ค่ะ
 ฉัตร : ถ้าจะให้ดินสอหมุนต้องจับหมุนค่ะ (สาธิตจับ ดินสอหมุน) เราใช้ปลาย นิ้วมันไม่หมุนค่ะ
 ผู้สัมภาษณ์ : การหมุนเรียกว่า จุดระหว่างความพยายาม หมายถึงอะไรคะ
 ฉัตร : คือจุดที่ยึดติดทำให้หมุนค่ะ เช่นเข็มนาฬิกา มี จุดตรงกลางแล้วเข็มนวนค่ะ
 ผู้สัมภาษณ์ : นั่นที่เขาเรียกว่าจุดหมุนใช่ไหมคะ
 ฉัตร : ใช่ค่ะ
 ผู้สัมภาษณ์ : โมเมนต์ของแรงหมายถึงอะไรคะ
 ฉัตร : ผลของแรงที่ทำให้เกิดหมุนคงที่ ...”

จากแบบบันทึกสถานการณ์ POE ในขั้นอธิบาย (Explain : E) ของนักเรียนพบว่า นักเรียนมีรูปแบบทำความเข้าใจ (Mental Model) กับลักษณะ โครงสร้างทางปัญญา สกีม่า (Schema) ลักษณะความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative Knowledge) โดยใช้กรอบ แนวคิดทฤษฎีสกีม่า (Schema) เป็นพื้นฐานในการพิจารณาผู้เรียน ซึ่งผู้เรียนส่วนมากมีลักษณะเป็น แบบ รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) หรือสกีม่าที่ซับซ้อน (Complex Schema) โดยเฉลี่ยร้อยละ 38 ดังในตารางที่ 30

ตารางที่ 30 วิเคราะห์รูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) ในเรื่องที่ศึกษาความรู้ที่เป็น
ข้อเท็จจริง (Declarative Knowledge) จากแนวทฤษฎีสถิติมา (Schema) ในชั้นอธิบาย
(Explain : E) เรื่องโมเมนต์ของแรง จากนักเรียนทั้งหมด 26 คน

ตัวเลือก	จำนวน นักเรียนที่ ตอบ ' (คน)	รูปแบบการทำความเข้าใจในเรื่องที่ศึกษาความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง (Declarative knowledge) จากแนวทฤษฎีสถิติมา (Schema)		
		ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) (คน)	รายละเอียดไปสู่ ทั่วไป (Detail to General) (คน)	รูปธรรมไปสู่ นามธรรม (Concrete to Abstract) (คน)
ก	25	7	8	10
ข	0	-	-	-
ค	1	1	-	-
รวม	26	8	8	10
ร้อยละ		31	31	38

จากตารางที่ 30 พบว่า นักเรียนทำแบบบันทึกสถานการณ์ POE ในชั้นอธิบาย
(Explain : E) ของนักเรียนพบว่านักเรียนมีรูปแบบทำความเข้าใจ (Mental Model) กับลักษณะ
โครงสร้างทางปัญญาสถิติมา (Schema) ลักษณะความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative
Knowledge) โดยใช้กรอบแนวคิดทฤษฎีสถิติมา (Schema) เป็นพื้นฐานในการพิจารณาผู้เรียนมี
ลักษณะเป็นแบบ รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) หรือสถิติมาที่ซับซ้อน (Complex
Schema) จำนวน 10 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 38 มีลักษณะเป็นแบบ รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to
General) จำนวน 8 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 31 และมีลักษณะเป็นแบบ ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to
Complex) จำนวน 8 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 31 แสดงว่าแนวคิดของนักเรียนส่วนมากจะมีรูปแบบ
การทำความเข้าใจ (Mental Model) ที่เป็นแบบ **รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract)**
หรือสถิติมาที่ซับซ้อน (Complex Schema) สถิติมาที่มีความเป็นนามธรรม (Abstract) ผู้เรียนมีการ
อธิบายเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสถานการณ์เข้าสู่หลักการและทฤษฎีพร้อมยกตัวอย่างที่
เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้โดยการผ่านประสบการณ์การเรียนรู้และความรู้ที่ได้ศึกษาเป็นความรู้

ใหม่ที่ผู้เรียนสร้างขึ้นรวมเข้ากับความรู้เดิมของตนเองนำสู่การอธิบายได้อย่างสมบูรณ์และถูกต้องเพิ่มขึ้นตามหลักการของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

4.5.4 ผลการวิเคราะห์รูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) จากการบรรยายในขั้นทำนาย (Predict : P) กับขั้นอธิบาย (Explain : E) ของนักเรียนเรื่องโมเมนต์ของแรง

ผลการวิเคราะห์ผู้วิจัยตีความร่วมกับผู้ร่วมวิจัยจากการบรรยายและสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมเรื่อง โมเมนต์ของแรง พบว่าการอธิบายของนักเรียนส่วนมากในขั้นทำนาย (Predict : P) จะมีรูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) มีลักษณะเป็นแบบ ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) โดยเฉลี่ยร้อยละ 100 ตอบถูกโดยเฉลี่ยร้อยละ 42 และการอธิบายของนักเรียนส่วนมากในขั้นอธิบาย (Explain : E) จะมีรูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) มีลักษณะเป็นแบบ รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) หรือสกีมาที่ซับซ้อน (Complex Schema) โดยเฉลี่ยร้อยละ 38 ตอบถูกโดยเฉลี่ยร้อยละ 96 ดังแสดงในตารางที่ 31

ตารางที่ 31 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์รูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) จากการบรรยายในขั้นทำนาย (Predict : P) กับขั้นอธิบาย (Explain : E) ของนักเรียนเรื่อง โมเมนต์ของแรง จากนักเรียนทั้งหมด 26 คน

จำนวนนักเรียน				รูปแบบการทำความเข้าใจในเรื่องที่ศึกษาความรู้ที่เป็น ข้อเท็จจริง (Declarative Knowledge) จากแนวทฤษฎีสกีมา(Schema)						
ก่อน Observe ขั้นทำนาย (Predict : P)		หลัง Observe ขั้นอธิบาย (Explain : E)		ง่ายไปสู่ ซับซ้อน (Simple to Complex)		รายละเอียดไปสู่ ทั่วไป (Detail to General)		รูปธรรมไปสู่ นามธรรม (Concrete to Abstract)		
ถูก (คน)	ผิด (คน)	ถูก (คน)	ผิด (คน)	P (คน)	E (คน)	P (คน)	E (คน)	P (คน)	E (คน)	
11	15	25	1	26	8	0	8	0	10	
42	58	96	4	100	31	0	31	0	38	ร้อยละ

จากตารางที่ 31 พบว่า ก่อนเรียนเรื่องโมเมนต์ของแรง นักเรียนได้ทำนายสถานการณ์ตอบถูก คิดเป็นร้อยละ 42 หลังเรียนนักเรียนตอบถูกมากขึ้นคิดเป็นร้อยละ 96 โดยนักเรียนที่ผ่านการเรียนรู้โดยใช้วิธี POE (Predict - Observe - Explain) นักเรียนส่วนมากจะมีรูปแบบการทำความเข้าใจที่มีลักษณะที่เป็นแบบ รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) หรือสเกิมาที่ซับซ้อน (Complex Schema) สเกิมาที่มีความเป็นนามธรรม (Abstract) ผู้เรียนมีการอธิบายเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสถานการณ์เข้าสู่หลักการและทฤษฎีพร้อมยกตัวอย่างที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้โดยการผ่านประสบการณ์การเรียนรู้และความรู้ที่ได้ศึกษาเป็นความรู้ที่ผู้เรียนสร้างขึ้นใหม่รวมเข้ากับความรู้เดิมของตนเองนำสู่การอธิบายได้อย่างสมบูรณ์และถูกต้องเพิ่มขึ้น

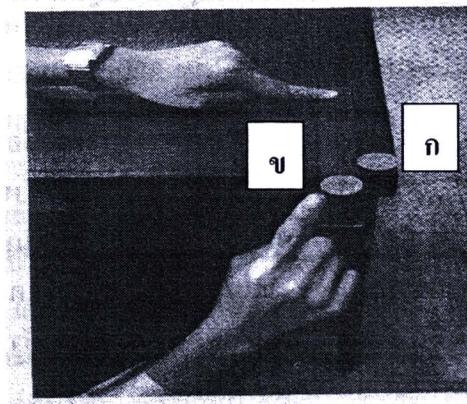
4.6 รูปแบบในการทำความเข้าใจ (Mental Model) เรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุ

รูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) บนพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้วิธี Predict - Observe - Explain (POE) ในการจัดการเรียนรู้ เรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุ ผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

4.6.1 สถานการณ์ปัญหา เรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุ

สถานการณ์ปัญหาเรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยผู้วิจัยนำเสนอสถานการณ์ดังต่อไปนี้

การเคลื่อนที่ของเหรียญ 2 เหรียญ โดยเหรียญหนึ่งวางบนไม้บรรทัดเหรียญอีกอันหนึ่งวางบนโต๊ะดังภาพที่ 7 มีด้านหนึ่งกดปลายไม้บรรทัดไว้ ออกแรงตีไม้บรรทัดที่อีกปลายหนึ่ง ให้ไม้บรรทัดเคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว ก่อนที่จะตีไม้บรรทัด ครูให้นักเรียนทำนายผลที่เกิดขึ้นว่าเหรียญทั้งสองจะเคลื่อนที่อย่างไร

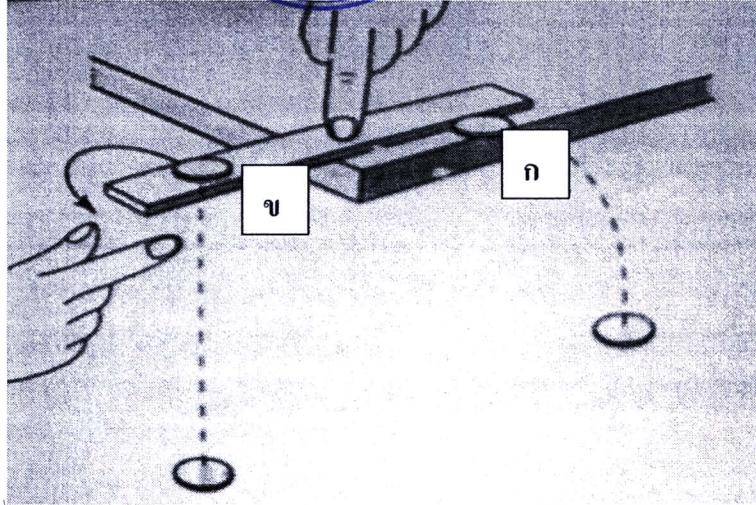


ภาพที่ 7 การเคลื่อนที่ของเหรียญ

- ก. เหรียญ ก เคลื่อนที่แนวตั้ง เหรียญ ข เคลื่อนที่แนวโค้ง เพราะ
- ข. เหรียญ ก เคลื่อนที่แนวโค้ง เหรียญ ข เคลื่อนที่แนวตั้ง เพราะ
- ค. เหรียญ ก และ ข เคลื่อนที่แนวโค้ง เพราะ
- ง. เหรียญ ก และ ข เคลื่อนที่แนวตั้ง เพราะ

จากสถานการณ์ดังกล่าวข้อที่ถูกต้องคือ **ข. เหรียญ ก เคลื่อนที่แนวโค้งเหรียญ ข เคลื่อนที่แนวตั้ง** เพราะเหรียญ ก จะเคลื่อนที่ในแนวโค้ง เพราะเหรียญ ก มีการเคลื่อนที่ 2 แนวพร้อมกันคือ เคลื่อนที่ในแนวราบและเคลื่อนที่ในแนวตั้ง การเคลื่อนที่ในแนวราบของเหรียญ ก การเคลื่อนที่บนพื้นโต๊ะเมื่อเคลื่อนที่พื้นโต๊ะไปเหรียญ ก ตกลงพื้นจะเคลื่อนที่ในแนวตั้งดังภาพที่ 8

เหรียญ ข จะเคลื่อนที่ในแนวตั้ง เพราะเหรียญ ข วางไว้ที่ไม่บรรทัดที่อยู่ในแนวตั้งเมื่อเคลื่อนที่ไม่บรรทัดออกเหรียญ ข จะตกลงในแนวตั้งลงสู่พื้นทันที การเคลื่อนที่ในแนวตั้ง คือ วัตถุจะเคลื่อนที่ในแนวเดิม (ทิศเดิมหรือทิศทางตรงกันข้าม) ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 แสดงการเคลื่อนที่ของเหรียญ 2 เหรียญ

จากสถานการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดให้ผู้เรียนต้องทำนายในขั้นทำนาย (Predict : P) ก่อนที่จะเรียนรู้เพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องในขั้นสังเกต (Observe : O) จากนั้นนำข้อคำตอบที่ได้จากการสังเกตมาอธิบายสถานการณ์ในขั้นอธิบาย (Explain : E) แล้วผู้วิจัยวิเคราะห์รูปแบบในการทำ ความเข้าใจ (Mental Model) ลักษณะ โครงสร้างทางปัญญาสกีมา (Schema) ลักษณะความรู้ที่เป็น ข้อเท็จจริง (Declarative Knowledge) เป็นลักษณะความรู้เกี่ยวกับหลักการ ทฤษฎี กฎเกณฑ์ ซึ่งจะอธิบายวิธีการสร้างความเข้าใจของผู้เรียนในลักษณะของ โครงสร้างทางปัญญาสกีมา (Schema) ซึ่งประกอบด้วย (1) ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) (2) รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General) และ (3) รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) โดยวิเคราะห์ตีความ จากการเขียนบรรยายและจากการสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม ดังตารางที่ 32

ตารางที่ 32 วิเคราะห์รูปแบบการทำความเข้าใจในเรื่องที่ศึกษาข้อเท็จจริง ความจริง
(Declarative Knowledge) เรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุ

ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)	รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General)	รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract)
<p>บอกรายละเอียดหรือความคิดรวบยอดเดียว เป็นโครงสร้างทางปัญญาที่ง่าย ไม่ซับซ้อน บอกรายละเอียดเหตุผลง่ายๆ ตามความรู้เดิมของผู้เรียนตามหลักวิทยาศาสตร์หรือไม่ตามหลักวิทยาศาสตร์ก็ได้แต่เป็นเหตุผลตามความคิดของนักเรียนเอง เช่น เลือกคำตอบโดยไม่บอกเหตุผล คือ เหริยญ ก เคลื่อนที่แนวตั้ง เหริยญ ข เคลื่อนที่แนวโค้ง, เหริยญ ก เคลื่อนที่แนวตั้ง เหริยญ ข เคลื่อนที่แนวโค้ง เพราะไม่บรรทัดผลึกให้ตกในแนวตั้งกล่าว หรือเป็นคำตอบที่ไม่ถูกต้องแต่อธิบายตามความรู้ภายในตัวของผู้เรียนเอง เป็นคำตอบที่นำมาจากประสบการณ์เดิมหรือความรู้เดิมของผู้เรียนเป็นต้น</p>	<p>บอกรายละเอียดได้สมบูรณ์ขึ้นและอธิบายได้อย่างกว้างขวางตามหลักวิทยาศาสตร์ยิ่งขึ้นมีการยกสถานการณ์มาเกี่ยวข้องบ้าง หรือมีหลักการหรือทฤษฎีมาประกอบบ้างเป็นบางส่วน อาจจะเป็นเหตุผลที่นักเรียนเข้าใจตามความรู้เดิมของเขา ประกอบกับความรู้ใหม่ เช่น บอกถึงลักษณะการเคลื่อนที่ของเหริยญทั้งสองเหริยญ บอกลักษณะการเคลื่อนที่ในแนวโค้ง และ ในแนวตั้ง ยกตัวอย่างวัตถุมีการเคลื่อนที่ในชีวิตประจำวัน เช่น เหริยญ ก เคลื่อนที่แนวตั้ง เหริยญ ข เคลื่อนที่แนวโค้ง การเคลื่อนที่แนวตั้งคือ วัตถุจะเคลื่อนที่ในแนวเดิม และการเคลื่อนที่ในแนวโค้งคือ การเคลื่อนที่ 2 แนวพร้อมกันดังการเคลื่อนที่ของเหริยญ ก คือ เคลื่อนที่ในแนวราบและเคลื่อนที่ในแนวตั้ง, เหริยญ ก เคลื่อนที่แนวตั้ง เหริยญ ข เคลื่อนที่</p>	<p>บอกรายละเอียดได้สมบูรณ์ครบถ้วนตามแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ตอบถูกต้องอธิบายถึงลักษณะการเคลื่อนที่ของเหริยญทั้งสองได้ถูกต้อง บอกลักษณะการเคลื่อนที่ใน แนวโค้งและแนวดิ่งได้ ยกตัวอย่างการเคลื่อนที่ของวัตถุในชีวิตประจำวันได้ เช่น ข. เหริยญ ก เคลื่อนที่แนวโค้ง เหริยญ ข เคลื่อนที่แนวตั้ง เพราะเหริยญ ก จะเคลื่อนที่ในแนวโค้ง เพราะเหริยญ ก มีการเคลื่อนที่ 2 แนวพร้อมกัน คือ เคลื่อนที่ในแนวราบและเคลื่อนที่ในแนวตั้ง การเคลื่อนที่ในแนวราบของเหริยญ ก การเคลื่อนที่บนพื้นโต๊ะเมื่อเคลื่อนที่พื้นโต๊ะไปเหริยญ ก ตกลงพื้นจะเคลื่อนที่ในแนวตั้ง เหริยญ ข จะเคลื่อนที่ในแนวตั้ง เพราะเหริยญ ข วางไว้ที่ไม่บรรทัดที่อยู่ในแนวตั้งเมื่อ</p>

ตารางที่ 32 วิเคราะห์รูปแบบการทำความเข้าใจในเรื่องที่ศึกษาข้อเท็จจริง ความจริง
(Declarative Knowledge) เรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุ (ต่อ)

ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)	รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General)	รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract)
	แนวโค้ง การเคลื่อนที่ในชีวิตประจำวันได้แก่ การขว้างก้อนหิน การเล่นเกม การวิ่ง การตกของมะพร้าว หรือเป็นคำตอบที่ไม่ถูกต้องแต่นักเรียนสามารถบอกถึงการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ได้ และบอกความหมายของการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ได้ หรือสามารถยกตัวอย่างการเคลื่อนที่ได้ เป็นต้น	เคลื่อน ไม้บรรทัดออก เหยียด ข จะตกลงในแนวตั้งลงสู่พื้นทันที การเคลื่อนที่ในแนวตั้ง คือ วัตถุจะเคลื่อนที่ในแนวเดิม ตัวอย่างการเคลื่อนที่ในชีวิตประจำวันได้แก่ การขว้างก้อนหิน การเดิน การวิ่ง การตกของลูกมะพร้าว เป็นต้น

4.6.2 รูปแบบในการทำความเข้าใจ (Mental Model) ในขั้นทำนาย (Predict : P) เรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุ

การเรียนรู้โดยใช้วิธี POE ในขั้นทำนาย (Predict : P) นักเรียนได้ทำนายสถานการณ์ที่ 6 เรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุ ก่อนที่จะทำการทดลองหาคำตอบในขั้นสังเกต (Observe : O) เพื่อหาคำตอบที่ถูกต้อง ได้ผลการวิเคราะห์ผู้วิจัยตีความร่วมกับผู้ร่วมวิจัยจากการบรรยายและสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมในการทำนายสถานการณ์ที่ 6 เรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุ จากสถานการณ์ดังกล่าวในข้อ ข. ถูกต้อง คือ เหยียด ก เคลื่อนที่แนวโค้ง เหยียด ข เคลื่อนที่แนวตั้ง พบมีนักเรียนตอบถูกไม่ถึงร้อยละ 50 ดังแสดงในตารางที่ 33

ตารางที่ 33 ผลจากการวิเคราะห์ที่นักเรียนเลือกคำตอบในขั้นทำนาย (Predict : P) ของ
สถานการณ์ที่ 6 เรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุ จากนักเรียนทั้งหมด 26 คน

ตัวเลือก	ก (แนวคิดที่ไม่ ถูกต้อง)	ข (แนวคิดที่ ถูกต้อง)	ค (แนวคิดที่ ไม่ถูกต้อง)	ง (แนวคิดที่ ไม่ถูกต้อง)	รวม (คน)
จำนวนคนที่ตอบ(คน)	0	10	9	7	26
ร้อยละ	0	38	35	27	100

จากตารางที่ 33 พบว่า นักเรียนทำนายสถานการณ์ที่ 5 เรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุ
ตอบถูกจำนวน 10 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 38 และตอบผิดจำนวน 16 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 62 ผลการ
วิเคราะห์ที่ผู้วิจัยตีความร่วมกับผู้ร่วมวิจัยจากการบรรยายและสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมรูปแบบใน
การทำความเข้าใจ (Mental Model) ความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative Knowledge)
เป็นลักษณะความรู้เกี่ยวกับหลักการ ทฤษฎี กฎเกณฑ์ ซึ่งจะอธิบายวิธีการสร้างความเข้าใจของ
ผู้เรียนในลักษณะของโครงสร้างทางปัญญาสกีมา (Schema) ซึ่งประกอบด้วย (1) ง่ายไปสู่ซับซ้อน
(Simple to Complex) (2) รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General) และ (3) รูปธรรมไปสู่
นามธรรม (Concrete to Abstract) หรือ สกีมาที่ซับซ้อน (Complex schema) ผลที่ได้จากการศึกษา
เป็นดังนี้

นักเรียนที่ตอบข้อ ข เป็นแนวคิดที่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบ
ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึก
สถานการณ์ POE ของเด็กหญิงกวาง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมี
แนวความคิดเรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุ ดังนี้

แนวความคิด : “จากการสมมุติฐาน พบว่า เหยี่ยววางบนไม้บรรทัดและเหยี่ยวที่
วางบนโต๊ะ เมื่อออกแรงตีไม้บรรทัด เหยี่ยว ก เคลื่อนที่แนวโค้ง เหยี่ยว ข เคลื่อนที่แนวตั้ง ค่ะ”

จากข้อความจะพบว่า สกีมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ ง่ายไปสู่
ซับซ้อน (Simple to Complex) ซึ่งเห็นได้จากที่ผู้เรียนมีแนวคิดที่ถูกต้องโดยการอธิบายรายละเอียด
หรือความคิดรวบยอดเดียว เป็นโครงสร้างทางปัญญาที่ง่าย ไม่ซับซ้อน เพราะนักเรียนยังไม่

สามารถบอกถึงความหมายของกราฟเคลื่อนที่ตามหลักการวิทยาศาสตร์ได้ ดังบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กหญิงกวาง ต่อไปนี้

- “... ผู้สัมภาษณ์ : คิดว่าเหรียญทั้งสองจะเคลื่อนที่อย่างไรคะ
 กวาง : เหรียญ ก เคลื่อนที่ในแนวโค้งคะ เหรียญ ข
 เคลื่อนที่ในแนวโค้งคะ
 ผู้สัมภาษณ์ : เพราะอะไรคะ
 กวาง : คิดว่าเมื่อผลึกไม้บรรทัดอย่างแรงไม้บรรทัด
 เคลื่อนที่ออกจากเหรียญทำให้เหรียญ เคลื่อนที่
 ไปค่ะ ...”

นักเรียนที่ตอบข้อ ค เป็นแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึกสถานการณ์ POE ของเด็กชายกิตติ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมีแนวความคิดเรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุ ดังนี้

แนวความคิด : “เหรียญ ก และ ข เคลื่อนที่แนวโค้ง เพราะ แนวโค้งมันไม่เท่ากัน”

จากข้อความจะพบว่าสกีมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) ซึ่งเห็นได้จากที่ผู้เรียนมีการอธิบายรายละเอียดหรือความคิดรวบยอดเดียว เป็นโครงสร้างทางปัญญาที่ง่าย ไม่ซับซ้อน เป็นความรู้ที่เกิดขึ้นจากประสบการณ์เดิมของผู้เรียนซึ่งเป็นแนวคิดที่ยังไม่ถูกต้อง ดังบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กชายกิตติ ต่อไปนี้

- “... ผู้สัมภาษณ์ : ทำไมคิดว่าเหรียญ ก และ ข เคลื่อนที่แนวโค้งคะ
 กิตติ : เพราะถ้าผลึกไม้บรรทัดอย่างแรงมันจะตกลงพื้นในแนวโค้งครับ
 ผู้สัมภาษณ์ : ทั้งสองเหรียญเคลื่อนที่ในแนวโค้งใช่ไหมคะ
 กิตติ : ครับ
 ผู้สัมภาษณ์ : จงอธิบายการเคลื่อนที่ในแนวโค้งสิคะ
 กิตติ : มันจะ โค้งก่อนแล้วค่อยตกลงพื้นครับ ...”

นักเรียนที่ตอบข้อ ง เป็นแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบ
ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึก
สถานการณ์ POE ของเด็กหญิงกมล นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมี
แนวความคิดเรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุ ดังนี้

แนวความคิด “ง เหยียด ก และ ข เคลื่อนที่แนวตั้ง เพราะการที่เรากออกแรงดันทำ
ให้เหยียดเคลื่อนที่หรือพุ่งไปข้างหน้าและการที่เหยียดเคลื่อนที่ก็เพราะว่าเคลื่อนที่แนวตั้งและให้
เกิดปฏิกิริยาในแนวตั้งพุ่งไปข้างหน้า”

จากข้อความจะพบว่า สกีมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ ง่ายไปสู่
ซับซ้อน (Simple to Complex) ซึ่งเห็นได้จากที่ผู้เรียนมีการอธิบายรายละเอียดหรือความคิดรวบ
ยอดเดียว เป็นโครงสร้างทางปัญญาที่ง่าย ไม่ซับซ้อน แนวคิดของนักเรียนยังไม่สามารถเชื่อมโยง
หลักการเข้าสู่สถานการณ์ได้และยังเป็นแนวคิดที่ยังไม่ถูกต้อง เพราะเป็นแนวคิดที่เกิดจากความเข้าใจ
และความรู้เดิมของเขาเอง ดังบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กหญิงกมล ต่อไปนี้

“... ผู้สัมภาษณ์ : ทำไมคิดว่าเหยียด ก และ ข เคลื่อนที่ใน
แนวตั้งคะ
กมล : เพราะเรากออกแรงผลักไม้บรรทัดทำให้เหยียด
พุ่งไปข้างหน้าคะและตกลงในแนวตั้งตามแรง
โน้มถ่วงคะ ...”

จากแบบบันทึกสถานการณ์ POE ในขั้นทำนาย (Predict : P) ของนักเรียนพบว่า
นักเรียนมีรูปแบบทำความเข้าใจกับลักษณะ โครงสร้างทางปัญญา (Schema) ลักษณะความรู้ที่เป็น
ข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative Knowledge) โดยใช้กรอบแนวคิดทฤษฎีสกีมา (Schema) เป็น
พื้นฐานในการพิจารณาผู้เรียน ซึ่งผู้เรียนส่วนมากมีลักษณะเป็นแบบ ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to
Complex) โดยเฉลี่ยร้อยละ 100 ดังในตารางที่ 34

ตารางที่ 34 วิเคราะห์รูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) ในเรื่องที่ศึกษาความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง (Declarative Knowledge) จากแนวคิดทฤษฎีสคีมา (Schema) ในขั้นทำนาย (Predict : P) เรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุ จากนักเรียนทั้งหมด 26 คน

ตัวเลือก	จำนวนนักเรียนที่ตอบ (คน)	รูปแบบการทำความเข้าใจในเรื่องที่ศึกษาความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง (Declarative knowledge) จากแนวคิดทฤษฎีสคีมา(Schema)		
		ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) (คน)	รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General) (คน)	รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) (คน)
ก	0	0	0	0
ข	10	10	0	0
ค	9	9	0	0
ง	7	7	0	0
รวม	26	26	0	0
ร้อยละ		100	0	0

จากตารางที่ 34 พบว่า นักเรียนบรรยายในแบบบันทึกสถานการณ์ POE ในขั้นทำนาย (Predict : P) นักเรียนมีรูปแบบการทำความเข้าใจกับลักษณะโครงสร้างทางปัญญา (Schema) ลักษณะความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative Knowledge) โดยใช้กรอบแนวคิดทฤษฎีสคีมา (Schema) เป็นพื้นฐานในการพิจารณาผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) จำนวน 26 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 100 แสดงว่าแนวคิดของนักเรียนทั้งหมดมีรูปแบบการทำความเข้าใจโดยบอกรายละเอียดหรือความคิดรวบยอดเดียว เป็นโครงสร้างทางปัญญาที่ง่าย ไม่ซับซ้อน โดยที่ไม่มีหลักการ หรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์มาประกอบการอธิบาย นักเรียนจะอธิบายจากพื้นฐานความรู้เดิมของตนเองที่มีอยู่แล้วตามหลักทฤษฎีคอนกรีตวิสต์ที่ว่ามนุษย์ทำหรือสร้างความรู้ของตนเองขึ้นมาโดยอาศัยประสบการณ์และความรู้เหล่านี้จะสร้างมุมมองในโลกส่วนบุคคลที่ผู้เรียนแต่ละคนจะนำมา

4.6.3 รูปแบบในการทำความเข้าใจ (Mental Model) ในชั้นอธิบาย (Explain : E) เรื่อง การเคลื่อนที่ของวัตถุ

หลังที่ทำการทดลองในชั้นสังเกต (Observe : O) เพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องแล้ว นักเรียนได้เลือกและอธิบายในชั้นอธิบาย (Explain : E) สถานการณ์ที่ 6 เรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุ ได้ ผลการวิเคราะห์ผู้วิจัยตีความร่วมกับผู้ร่วมวิจัยจากการบรรยายและสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมในการทำนายสถานการณ์ที่ 6 เรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุ จากสถานการณ์ดังกล่าว ในข้อ ข. ถูกต้อง คือเหรียญ ก เคลื่อนที่แนวโค้ง เหรียญ ข เคลื่อนที่แนวตั้ง พบว่ามีนักเรียนตอบถูกร้อยละ 81 ดังแสดงในตารางที่ 35

ตารางที่ 35 ผลจากการวิเคราะห์ที่นักเรียนเลือกคำตอบในชั้นอธิบาย (Explain : E) ของ สถานการณ์ที่ 6 เรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุ จากนักเรียนทั้งหมด 26 คน

ตัวเลือก	ก (แนวคิดที่ไม่ถูกต้อง)	ข (แนวคิดที่ถูกต้อง)	ค (แนวคิดที่ไม่ถูกต้อง)	ง (แนวคิดที่ไม่ถูกต้อง)	รวม (คน)
จำนวนคนที่ตอบ(คน)	0	21	4	1	26
ร้อยละ	0	81	15	4	100

จากตารางที่ 35 พบว่า นักเรียนอธิบายสถานการณ์ที่ 6 เรื่อง การเคลื่อนที่ของวัตถุ ตอบถูกจำนวน 21 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 81 และตอบผิดจำนวน 5 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 19 ผลการวิเคราะห์ผู้วิจัยตีความร่วมกับผู้ร่วมวิจัยจากการบรรยายและสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมรูปแบบในการทำความเข้าใจ (Mental Model) ความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative Knowledge) เป็นลักษณะความรู้เกี่ยวกับหลักการ ทฤษฎี กฎเกณฑ์ ซึ่งจะอธิบายวิธีการสร้างความเข้าใจของผู้เรียนในลักษณะของโครงสร้างทางปัญญาสกีมา (Schema) ซึ่งประกอบด้วย (1) ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) (2) รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General) และ (3) รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) หรือ สกีมาที่ซับซ้อน (Complex schema) ผลที่ได้จากการศึกษาเป็นดังนี้

นักเรียนที่ตอบข้อ ข เป็นแนวคิดที่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบ รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึกสถานการณ์ POE ของเด็กหญิงดาว นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมีแนวความคิดเรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุ ดังนี้

แนวความคิด “เหรียญ ก เคลื่อนที่แนวโค้ง โดยการบิดเหรียญอย่างรวดเร็ว ส่วนเหรียญ ข วางบนไม้บรรทัดแล้วปิดไม้บรรทัดอย่างรวดเร็วเหรียญ ข เคลื่อนที่แนวตั้ง”

จากข้อความจะพบว่าสกีมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General) ซึ่งเห็นได้จากที่ผู้เรียนมีการอธิบายรายละเอียดกว้างที่เข้าสู่หลักการวิทยาศาสตร์บ้างเป็นบางส่วน และแนวคิดของผู้เรียนยังเป็นแนวคิดที่ถูกต้อง บอกความหมายของการเคลื่อนที่ได้บ้างแต่ยังไม่ถูกต้องสมบูรณ์ตามแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ ดังบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กหญิงดาว ต่อไปนี้

- “... ผู้สัมภาษณ์ : สวัสดีค่ะ จากภาพคิดว่าเหรียญทั้งสองจะเคลื่อนที่แบบใดคะ
- ดาว : เหรียญ ก จะเคลื่อนที่ในแนวโค้งคะ เหรียญ ข จะเคลื่อนที่ในแนวตั้งคะ
- ผู้สัมภาษณ์ : ทำไมถึงเป็นเช่นนั้น
- ดาว : เพราะเราตีไม้บรรทัดอย่างแรงเหรียญ ก จะเคลื่อนที่จากโต๊ะแล้วพุ่งตกลงในแนวโค้งคะ
- ผู้สัมภาษณ์ : เหรียญ ข ละคะ
- ดาว : ไม้บรรทัดเคลื่อนที่ออกเหรียญ ข ก็จะต้องตกลงในแนวตั้ง
- ผู้สัมภาษณ์ : ให้ความหมายความหมายการเคลื่อนที่ในแนวตั้งและการเคลื่อนที่ในแนวโค้งคะ
- ดาว : ในแนวตั้งก็ตกลงมาตามแรงโน้มถ่วงในแนวเดียวคะ แนวโค้งก็จะโค้งก่อนตกลงพื้นคะ ...”

นักเรียนที่ตอบข้อ ข เป็นแนวคิดที่ถูกต้อง มีสเกิมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบ
รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to abstract)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึกสถานการณ์
POE ของเด็กหญิงปิยนัฐ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมีแนวความคิดเรื่อง
การเคลื่อนที่ของวัตถุ ดังนี้

แนวความคิด : “ตอบ ข้อ ข เหยี่ยก ก เคลื่อนที่แนวโค้ง เหยี่ยก ข เคลื่อนที่แนวโค้ง
เพราะเหยี่ยก ก ถูกไม้บรรทัดผลักตกลงไปเคลื่อนที่เป็นแนวโค้ง เหยี่ยก ข ถูกไม้บรรทัดดีด
เคลื่อนที่ไปแนวตรง หรือ แนวโค้ง การเคลื่อนที่ในแนวโค้ง คือ แรงที่กระทำต่อวัตถุจะมีทิศคงตัว
ตลอด ตัวอย่าง เช่น การขว้างก้อนหินลงสระน้ำ การเคลื่อนที่ในแนวโค้ง คือ ทิศของแรงที่กระทำ
อยู่ในแนวเดียวกับแนวการเคลื่อนที่ ”

จากข้อความจะพบว่าสเกิมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ รูปธรรมไปสู่
นามธรรม (Concrete to abstract) หรือสเกิมาที่ซับซ้อน (Complex Schema) ซึ่งเห็นได้จาก
ผู้เรียนมีแนวคิดที่ถูกต้องโดยการอธิบายเชื่อมโยงสถานการณ์ที่เกิดขึ้นเข้ากับหลักการหรือทฤษฎี
พร้อมยกตัวอย่างสถานการณ์ในชีวิตประจำวันได้ นักเรียนสามารถอธิบายจากรูปธรรมเข้าสู่
นามธรรมได้ ดังบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กหญิงหนึ่ง ต่อไปนี้

- | | | |
|---------------------------|---|--|
| “... ผู้สัมภาษณ์
หนึ่ง | : | สวัสดีคะ เหยี่ยกทั้งสองจะเคลื่อนที่อย่างไรคะ
เหยี่ยก ก เคลื่อนที่ในแนวโค้งคะ เหยี่ยก ข
เคลื่อนที่ในแนวโค้งคะ |
| ผู้สัมภาษณ์
หนึ่ง | : | จงให้ความหมายการเคลื่อนที่ในแนวโค้งกับ
แนวโค้งคะ |
| ผู้สัมภาษณ์
หนึ่ง | : | การเคลื่อนที่ในแนวโค้งจะเคลื่อนที่เป็นแนว
โค้งที่คงตัวคะ |
| ผู้สัมภาษณ์
หนึ่ง | : | คงตัวอย่างไรคะ |
| ผู้สัมภาษณ์
หนึ่ง | : | คือเคลื่อนที่เป็นสองแนวคะ ภาพสถานการณ์ที่
เหยี่ยก ก เมื่อผลักไม้บรรทัดเหยี่ยกจะ
เคลื่อนที่แนวราบไปกับโต๊ะก่อนแล้วโค้งตกลง
ในแนวโค้งลงสู่พื้นตามแรงโน้มถ่วงของโลก ที่
เห็นในชีวิตประจำวันได้แก่ การขว้างก้อนหินคะ |
| ผู้สัมภาษณ์
หนึ่ง | : | แล้วการเคลื่อนที่ในแนวโค้งคะคะ |
| ผู้สัมภาษณ์
หนึ่ง | : | เป็นการเคลื่อนที่ในแนวเดียว ภาพสถานการณ์ |

ที่เหรียญ ข ไม่บรรทัดเคลื่อนออกเหรียญ ข
ตกลงในแนวดิ่ง ที่เห็นในชีวิตประจำวันได้แก่
การตก ของวัตถุ การที่มะพร้าวหล่นคะ ...”

นักเรียนที่ตอบข้อ ค เป็นแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบ ง่าย
ไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึกสถานการณ์
POE ของเด็กชายเก่ง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมีแนวความคิดเรื่องการ
เคลื่อนที่ของวัตถุ ดังนี้

แนวความคิด : “ค เหรียญ ก และ ข เคลื่อนที่แนวโค้ง เพราะจะทำให้ไม่บรรทัดจะ
เป็นแนวตั้งหรือแนวตั้งฉากเหรียญจะเคลื่อนที่ในแนวโค้ง”

จากข้อความจะพบว่า สกีมา (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ ง่ายไปสู่ซับซ้อน
(Simple to Complex) ซึ่งเห็นได้จากที่ผู้เรียนมีการอธิบายรายละเอียดหรือความคิดรวบยอดเดียว
เป็นโครงสร้างทางปัญญาที่ง่ายไม่ซับซ้อน เป็นความเชื่อของเขาว่าเหรียญจะเคลื่อนที่ในแนวโค้ง
ซึ่งเป็นความคิดที่ไม่ถูกต้องตามแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ ดังบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กชาย
เก่ง ต่อไปนี้

“... ผู้สัมภาษณ์	:	สวัสดิ์คะ ทำไมทั้งสองเหรียญเคลื่อนที่ในแนว โค้งคะ
เก่ง	:	เพราะมันถูกไม่บรรทัดผลักมันเลยตกลงใน แนวโค้งครับ
ผู้สัมภาษณ์	:	อธิบายการเคลื่อนที่ในแนวโค้งตามความ เข้าใจคะ
เก่ง	:	มันจะตกลงเป็นรูปโค้งลงพื้นครับ...”

นักเรียนที่ตอบข้อ ง เป็นแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง มีสกีมา (Schema) ลักษณะเป็นแบบ ง่าย
ไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)

จากข้อมูลการบรรยายและการสัมภาษณ์เพิ่มเติมดังแสดงในแบบบันทึกสถานการณ์
POE ของเด็กหญิงจิระ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทำให้ทราบว่านักเรียนมีแนวความคิดเรื่องการ
เคลื่อนที่ของวัตถุ ดังนี้

แนวความคิด : “ข้อ ก ทำให้เหรียญ ก และข เคลื่อนที่แนวตั้ง เพราะว่าทำให้เหรียญ ก และ ข มีค่าเท่ากันจึงทำให้แนว ก และแนว ข ได้เคลื่อนที่แนวตั้ง ทำให้เหรียญที่แนวตั้งทำให้มีน้อย”

จากข้อความจะพบว่า สกEMA (Schema) ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบ ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) ซึ่งเห็นได้จากที่ผู้เรียนมีแนวคิดที่ยังไม่ถูกต้อง โดยการอธิบายรายละเอียดหรือความคิดรวบยอดเดียว เป็นโครงสร้างทางปัญญาที่ง่าย ไม่ซับซ้อน ดังบทสัมภาษณ์เพิ่มเติมของเด็กหญิงจ๊ะระ ต่อไปนี้

- “... ผู้สัมภาษณ์ : สวัสดิ์ค๊ะ ทำไมหนูถึงคิดว่าเหรียญจะเคลื่อนที่ในแนวตั้งคะ
- จ๊ะระ : เพราะไม้บรรทัดผลักดันเหรียญตกลงในแนวตั้งคะตามแรงโน้มถ่วงของโลก
- ผู้สัมภาษณ์ : จงอธิบายการเคลื่อนที่ในแนวตั้งคะ
- จ๊ะระ : การตกลงมาของวัตถุคะเช่น การตกของเหรียญจากที่ทดลองการหล่นของมะม่วงคะ
- ผู้สัมภาษณ์ : มีการเคลื่อนที่แบบอื่นที่รู้จักไหมคะ
- จ๊ะระ : มีการเคลื่อนที่ในแนวโค้ง การเคลื่อนที่วงกลม การเคลื่อนที่ทางตรง
- ผู้สัมภาษณ์ : ให้ความหมายการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ที่หนูกล่าวมาได้หรือไม่คะ
- จ๊ะระ : ไม่ได้คะ ...”

จากแบบบันทึกสถานการณ์ POE ในขั้นอธิบาย (Explain : E) ของนักเรียนพบว่านักเรียนมีรูปแบบทำความเข้าใจ (Mental Model) กับลักษณะโครงสร้างทางปัญญาสกEMA (Schema) ลักษณะความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative Knowledge) โดยใช้กรอบแนวคิดทฤษฎีสกEMA (Schema) เป็นพื้นฐานในการพิจารณาผู้เรียน ซึ่งผู้เรียนส่วนมากมีลักษณะเป็นแบบ รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to abstract) หรือสกEMA ที่ซับซ้อน (Complex Schema) โดยเฉลี่ยร้อยละ 46 ดังในตารางที่ 36

ตารางที่ 36 . วิเคราะห์รูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) ในเรื่องที่ศึกษาความรู้ที่เป็น
ข้อเท็จจริง (Declarative Knowledge) จากแนวคิดทฤษฎีสคีมา (Schema) ในชั้นอธิบาย
(Explain : E) เรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุ จากนักเรียนทั้งหมด 26 คน

ตัวเลือก	จำนวน นักเรียนที่ ตอบ (คน)	รูปแบบการทำความเข้าใจในเรื่องที่ศึกษาความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง (Declarative knowledge) จากแนวคิดทฤษฎีสคีมา(Schema)		
		ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) (คน)	รายละเอียดไปสู่ ทั่วไป (Detail to General) (คน)	รูปธรรมไปสู่ นามธรรม (Concrete to Abstract) (คน)
ก	0	-	-	-
ข	21		9	12
ค	4	4	-	-
ง	1	1	-	-
รวม	26	5	9	12
ร้อยละ		19	35	46

จากตารางที่ 36 พบว่า นักเรียนทำแบบบันทึกสถานการณ์ POE ในชั้นอธิบาย (Explain : E) ของนักเรียนพบว่านักเรียนมีรูปแบบทำความเข้าใจ (Mental Model) กับลักษณะโครงสร้างทางปัญญาสคีมา (Schema) ลักษณะความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative Knowledge) โดยใช้กรอบแนวคิดทฤษฎีสคีมา (Schema) เป็นพื้นฐานในการพิจารณาผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบรูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) หรือสคีมาที่ซับซ้อน (Complex Schema) จำนวน 12 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 46 มีลักษณะเป็นแบบ รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General) จำนวน 9 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 35 และมีลักษณะเป็นแบบ ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) จำนวน 5 คน โดยเฉลี่ยร้อยละ 19 แสดงว่า แนวคิดของนักเรียนส่วนมากจะมีรูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) ที่เป็นแบบ รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) หรือสคีมาที่ซับซ้อน (Complex Schema) สคีมาที่มีความเป็นนามธรรม (Abstract) ผู้เรียนมีการอธิบายจากรูปธรรมเข้าสู่นามธรรมเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสถานการณ์เข้าสู่หลักการและ

ทฤษฎีพร้อมยกตัวอย่างที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้โดยการผ่านประสบการณ์การเรียนรู้และความรู้ที่ได้ศึกษาเป็นความรู้ใหม่ที่ผู้เรียนสร้างขึ้นรวมเข้ากับความรู้เดิมของตนเองนำสู่การอธิบายได้อย่างสมบูรณ์และถูกต้องเพิ่มขึ้นตามหลักการของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

4.6.4 ผลการวิเคราะห์รูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) จากการบรรยายในชั้นทำนาย (Predict : P) กับชั้นอธิบาย (Explain : E) เรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุ

ผลการวิเคราะห์ผู้วิจัยตีความร่วมกับผู้ร่วมวิจัยจากการบรรยายและสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมเรื่อง โมเมนต์ของแรง พบว่าการอธิบายของนักเรียนส่วนมากในชั้นทำนาย (Predict : P) จะมีรูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) มีลักษณะเป็นแบบ ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex) โดยเฉลี่ยร้อยละ 100 ตอบถูกโดยเฉลี่ยร้อยละ 38 และการอธิบายของนักเรียนส่วนมากในชั้นอธิบาย (Explain : E) จะมีรูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) มีลักษณะเป็นแบบ รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) หรือสกีมาที่ซับซ้อน (Complex Schema) โดยเฉลี่ยร้อยละ 46 ตอบถูกโดยเฉลี่ยร้อยละ 81 ดังแสดงในตารางที่ 37

ตารางที่ 37 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์รูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) จากการบรรยายในชั้นทำนาย (Predict : P) กับชั้นอธิบาย (Explain : E) ของนักเรียนเรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุ จากนักเรียนทั้งหมด 26 คน

จำนวนนักเรียน				รูปแบบการทำความเข้าใจในเรื่องที่ศึกษาความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง (Declarative Knowledge) จากแนวทฤษฎีสกีมา(Schema)						
ก่อน Observe ชั้นทำนาย (Predict : P)		หลัง Observe ชั้นอธิบาย (Explain : E)		ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)		รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to General)		รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract)		
ถูก (คน)	ผิด (คน)	ถูก (คน)	ผิด (คน)	P (คน)	E (คน)	P (คน)	E (คน)	P (คน)	E (คน)	
10	16	21	5	26	5	0	9	0	12	
38	62	81	19	100	19	0	35	0	46	ร้อยละ

จากตารางที่ 37 พบว่า ก่อนเรียนเรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุ นักเรียนได้ทำนายสถานการณ์ตอบถูก คิดเป็นร้อยละ 38 หลังเรียนนักเรียนตอบถูกมากขึ้นคิดเป็นร้อยละ 81 โดยนักเรียนที่ผ่านการเรียนรู้โดยใช้วิธี Predict - Observe - Explain (POE) นักเรียนส่วนมากจะมีรูปแบบการทำความเข้าใจที่มีลักษณะที่เป็นแบบ รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) หรือสกีมาที่ซับซ้อน (Complex Schema) สกีมาที่มีความเป็นนามธรรม (Abstract) ผู้เรียนมีการอธิบายเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสถานการณ์เข้าสู่หลักการและทฤษฎีพร้อมยกตัวอย่างที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้โดยการผ่านประสบการณ์การเรียนรู้และความรู้ที่ได้ศึกษาเป็นความรู้ที่ผู้เรียนสร้างขึ้นใหม่รวมเข้ากับความรู้เดิมของตนเองนำสู่การอธิบายได้อย่างสมบูรณ์และถูกต้องเพิ่มขึ้น

4.7 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์จากการบรรยายในขั้นทำนาย (Predict : P) กับขั้นอธิบาย (Explain : E) ของนักเรียนจากสถานการณ์ที่กำหนด เรื่องแรงและการเคลื่อนที่

เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์จากการบรรยายในขั้นทำนาย (Predict : P) กับขั้นอธิบาย (Explain : E) ของนักเรียนจากสถานการณ์ที่กำหนด เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ จากสถานการณ์ที่กำหนดทั้งหมด 6 สถานการณ์ ในแผนการสอนเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ ทั้งหมด 10 แผนของนักเรียนทั้งหมด 26 คน ดังแสดงในตารางที่ 38



ตารางที่ 38 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์จากการบรรยายในขั้นทำนาย (Predict : P) กับขั้นอธิบาย (Explain : E) ของนักเรียนจากสถานการณ์ที่กำหนด เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ จำนวนนักเรียนทั้งหมด 26 คน

สถานการณ์ การ ที่	จำนวนนักเรียน						รูปแบบการทำความเข้าใจในเรื่องที่ศึกษา Declarative Knowledge จากแนวทฤษฎีสถิติ								
	ก่อน ขั้นทำนาย (Predict : P)			หลัง Observe ขั้นอธิบาย (Explain : E)			ง่ายไปสู่ซับซ้อน (Simple to Complex)			รายละเอียดไปสู่ทั่วไป (Detail to Genera)			รูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract)		
	ถูก (คน)	ผิด (คน)	คิด (คน)	ถูก (คน)	ผิด (คน)	คิด (คน)	Predict (คน)	Explain (คน)		Predict (คน)	Explain (คน)		Predict (คน)	Explain (คน)	
1	10	16	4	22	4	4	16	4	10	6	0	16	0	16	
	38	62	15	85	15	15	62	16	38	24	0	62	0	62	ร้อยละ
2	5	21	9	17	9	9	26	6	0	7	0	13	0	13	
	19	81	35	65	35	35	100	23	0	27	0	50	0	50	ร้อยละ
3	10	16	6	20	6	6	20	6	6	0	0	20	0	20	
	38	62	34	76	34	34	76	24	24	0	76	0	76	ร้อยละ	
4	10	16	2	24	2	2	22	4	4	5	0	19	0	19	
	38	62	8	92	8	8	85	16	15	19	0	65	0	65	ร้อยละ
5	11	15	1	25	1	1	26	8	0	8	0	10	0	10	
	42	58	4	96	4	4	100	31	0	31	0	38	0	38	ร้อยละ
6	10	16	5	21	5	5	26	5	0	9	0	12	0	12	
	38	62	19	81	19	19	100	19	0	35	0	46	0	46	ร้อยละ

จากตารางที่ 38 พบว่า เมื่อนักเรียนทำการเรียนรู้โดยใช้วิธี Predict - Observe - Explain (POE) นักเรียนสามารถตอบคำถามจากสถานการณ์ที่กำหนดได้ถูกต้องมากขึ้น และผลการวิเคราะห์หาค่าความจากการบรรยายในขั้นทำนาย (Predict : P) เปรียบเทียบกับขั้นอธิบาย (Explain : E) ของนักเรียนจากสถานการณ์ที่กำหนด เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ จำนวนนักเรียนทั้งหมด 26 คน นักเรียนส่วนมากมีรูปแบบการทำความเข้าใจ (Mental Model) ในลักษณะของข้อเท็จจริง ความจริง (Declarative Knowledge) ซึ่งเป็นโครงสร้างทางปัญญา (Schema) ที่เป็นรูปธรรมไปสู่นามธรรม (Concrete to Abstract) หรือสกีมาที่ซับซ้อน (Complex Schema) ซึ่งผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงหลักการ ทฤษฎี ไปสู่ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

4.8 จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ก่อนเรียนและหลังเรียนของผู้เรียนที่เรียนโดยใช้วิธี Predict - Observe - Explain (POE) เรื่องแรงและการเคลื่อนที่

ตารางที่ 39 แสดงจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ก่อนเรียนและหลังเรียนของผู้เรียนที่เรียนโดยใช้วิธี Predict - Observe - Explain (POE) เรื่องแรงและการเคลื่อนที่

การวัด	จำนวนนักเรียน (คน)	คะแนนเต็ม	คะแนนผ่าน เกณฑ์ร้อยละ 70	จำนวนนักเรียน ที่ผ่านเกณฑ์ (คน)	คิดเป็นร้อยละ
ก่อนเรียน	26	40	28	0	0
หลังเรียน	26	40	28	22	85

จากตารางที่ 39 พบว่า จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 หลังเรียนโดยใช้วิธี Predict - Observe - Explain (POE) เรื่องแรงและการเคลื่อนที่สูงขึ้น และมีจำนวนผ่านเกณฑ์มากกว่า ร้อยละ 70