บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การวิจัยเรื่องรูปแบบความเข้าใจ เรื่อง ของไหล และการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม เป็นการวิจัยที่ใช้กระบวนทัศน์การตีความ (Interpretive Paradigm) มุ่งตีความเพื่อศึกษารูปแบบความเข้าใจและการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเมยวดีพิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาร้อยเอ็ด เขต 3 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 จำนวน 31 คน โดยผู้วิจัยขอนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ

4.1 รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับ ของไหล

4.1.1 รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนในประเด็นเกี่ยวกับความหนาแน่น

4.1.2 รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนในประเด็นเกี่ยวกับความดันในของเหลว

4.1.3 รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนในประเด็นเกี่ยวกับพลศาสตร์ของของไหล

4.2 การคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่เกิดขึ้นระหว่างการจัดการเรียนรู้

4.1 รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับ ของไหล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลรูปแบบความเข้าใจเรื่องของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเมยวดีพิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาร้อยเอ็ด เขต 3 ผู้วิจัยมุ่งตีความรูปแบบความเข้าใจเรื่องของไหล โดยเน้นความสำคัญที่จะศึกษาความเข้าใจของนักเรียนแต่ละบุคคลที่แสดงออกมาในรูปของการเขียนตอบคำถาม แบบสอบถามปลายเปิด และการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง ซึ่งเป็นการสนทนาระหว่างนักเรียนกับผู้วิจัยซึ่งเป็นผู้สอนในครั้งนี้ แล้วนำข้อมูลที่รวบรวมไว้มาวิเคราะห์ตีความ เพื่อจัดกลุ่มรูปแบบความเข้าใจเรื่องของไหลของนักเรียน ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม ของ Yuenyong (2006) โดยได้ตัวแทนความคิดวิทยาศาสตร์เรื่องของไหล ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นกรอบทฤษฎีในการวิเคราะห์ตีความ เมื่อผู้วิจัยได้จัดกลุ่มรูปแบบความเข้าใจแล้ว ผู้วิจัยได้นำข้อมูลการวิเคราะห์ไปตรวจสอบโดยสมาชิก ได้แก่ ผู้ร่วมวิจัยซึ่งเป็นครูผู้สอนในสาระการเรียนรู้ฟิสิกส์ โรงเรียนเมยวดีพิทยาคม และอาจารย์ที่ปรึกษาการทำวิจัยในครั้งนี้

ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปรายผลรูปแบบความเข้าใจเรื่องของไหลของนักเรียน ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

4.1.1 รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนในประเด็นเกี่ยวกับความหนาแน่น

ผู้วิจัยวิเคราะห์การเขียนตอบข้อคำถามปลายเปิด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 โรงเรียนเมยวดีพิทยาคม จำนวน 31 คน ในประเด็นเกี่ยวกับความหนาแน่น คือ

"ถ้านำเหล็กรูปร่างทรงกลมตัน มีมวล 1,000 กิโลกรัม นำไปปล่อยลงทะเล นักเรียนคิดว่าเหล็กก้อนนี้จะจมน้ำหรือลอยน้ำทะเล และถ้าหากนำเหล็กก้อนเดิมไปสร้างเรือ แล้วนำไปปล่อยลงทะเลเช่นเดิม นักเรียนคิดว่าก้อนเหล็กที่นำไปสร้างเรือจะจมหรือลอยน้ำทะเล ทำไมเป็นเช่นนั้น"

แล้ววิเคราะห์ตีความคำตอบของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม ของ Yuenyong (2006) โดยกรอบทฤษฎีในการตรวจสอบรูปแบบความเข้าใจเกี่ยวกับประเด็นดังกล่าว คือ ตัวแทนความคิดวิทยาศาสตร์เรื่องความหนาแน่นของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2547) กล่าวคือ

"ความหนาแน่น (Density) ของสารเป็นสมบัติเฉพาะตัวของสารแต่ละชนิดและหมายถึงปริมาณมวลสารต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร ถ้าให้ มวล m ซึ่งมีปริมาตร V และสัญลักษณ์ ρ (อ่านว่า rho, โร) แทนความหนาแน่นของสาร จะได้ว่า

$$\rho = \frac{m}{V}$$ ดังนั้นความหนาแน่นมีหน่วยเป็น $kg \cdot m^{-3}$

วัตถุมีความหนาแน่นน้อยกว่าของเหลวจะลอยบนของเหลว"

ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อจัดกลุ่มรูปแบบความเข้าใจของนักเรียน พบว่า

4.1.1.1 รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนก่อนเรียนในประเด็นเกี่ยวกับความหนาแน่น

จากการอ่านคำตอบของนักเรียนในประเด็นเกี่ยวกับความหนาแน่น นักเรียนทั้งหมดสามารถตอบได้ว่า ถ้านำเหล็กรูปร่างทรงกลมตัน มีมวล 1,000 กิโลกรัม นำไปปล่อยลงทะเล เหล็กก้อนนี้จะจมน้ำทะเลและถ้าหากนำเหล็กก้อนเดิมไปสร้างเรือ แล้วนำไปปล่อยลงทะเลเช่นเดิมเรือจะลอยน้ำทะเล แต่พบว่านักเรียนให้เหตุผลแตกต่างกัน ซึ่งผู้วิจัยสามารถจัดกลุ่มรูปแบบความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับประเด็นนี้ได้เป็น 4 กลุ่ม ได้แก่

รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มที่ 1 ความหนาแน่น
รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มที่ 2 แรงทางฟิสิกส์
รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มที่ 3 รูปทรงของวัตถุ
รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มที่ 4 การออกแบบ

ดังที่ผู้วิจัยได้ทำการตีความและอภิปรายผลต่อไปนี้

รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มที่ 1 ความหนาแน่น

เหตุผลที่นักเรียนในกลุ่มนี้อธิบายว่าเพราะเหตุใดก้อนเหล็กที่มีมวล 1,000 กิโลกรัมจึงจมน้ำ และเมื่อนำเหล็กก้อนเดิม ไปสร้างเรือแล้วปรากฏว่าเรือลอยน้ำนั้น นักเรียนได้ให้เหตุผลเกี่ยวกับการใช้ความรู้เรื่องความหนาแน่นมาอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ดังคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

"เพราะเมื่อเรานำเหล็กก้อนเดิมนำมาสร้างเรือ วัตถุจะเปลี่ยนแปลงรูปร่างจากทรงกลมตัน มาเป็นเรือ เรือจะโปร่ง ทำให้ความหนาแน่นของวัตถุเปลี่ยนแปลง เป็นรูปร่างที่สามารถลอยน้ำได้" มงคลทิพย์

"เนื่องจากความหนาแน่นก้อนเหล็กมากกว่าความหนาแน่นของน้ำทะเลและความหนาแน่นของเรือน้อยกว่าน้ำทะเลจึงทำให้เรือสามารถลอยอยู่เหนือน้ำได้" สุวัตร

"เพราะเหล็กรูปร่างทรงกลมตันมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำและมีพื้นที่กระทำต่อน้ำน้อยกว่า จึงจมน้ำ เรือลอยน้ำเพราะมีพื้นที่ที่กระทำต่อผิวน้ำมากและภายในเรือกลวง ทำให้ความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ" เทวฤทธิ์

"ก้อนเหล็กจมน้ำเพราะมวลและความหนาแน่นมากกว่าน้ำ และถ้านำไปสร้างเรือแล้วแม้จะมีน้ำหนักมากแต่รูปร่างรูปทรงจะมีความกว้าง ความยาว ความลึกและน้ำไม่สามารถเข้าไปได้ทำให้เรือลอยน้ำ" อานนท์

จากเหตุผลที่อธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นดังกล่าว ผู้วิจัยจึงตีความว่าผู้เรียนกลุ่มนี้มีรูปแบบความเข้าใจความหนาแน่น เนื่องจากการที่นำเหล็กตันมวล 1,000 กิโลกรัม ไปสร้างเป็นเรือจะพบว่า แม้มวลของวัตถุจะเท่าเดิม แต่สิ่งที่เปลี่ยนไปคือปริมาตรของวัตถุ ซึ่งเมื่อเปลี่ยนปริมาตรของวัตถุ จะส่งผลให้ความหนาแน่นของวัตถุเปลี่ยนไปด้วย ดังสมการ $\rho = \frac{m}{V}$ ดังนั้น เรือที่มีปริมาตรมากขึ้น ความหนาแน่นของเรือย่อมน้อยลง ทำให้เรือนั้นลอยน้ำได้ ซึ่งนักเรียนที่มีรูปแบบความเข้าใจความหนาแน่น คิดเป็นร้อยละ 12.90 ของนักเรียนทั้งหมด

รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มที่ 2 แรงทางฟิสิกส์

คำตอบของนักเรียนในกลุ่มนี้อธิบายว่าเพราะเหตุใดก้อนเหล็กที่มีมวล 1,000 กิโลกรัมจึงจมน้ำ และเมื่อนำเหล็กก้อนเดิม ไปสร้างเรือแล้วปรากฏว่าเรือลอยน้ำนั้น นักเรียนได้ให้เหตุผลเกี่ยวกับแรง ได้แก่ แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำ แรงดันของน้ำที่กระทำกับวัตถุ แรงดึงดูดระหว่างวัตถุ แรงดึงผิว ดังคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

"เพราะเมื่อนำเหล็กก้อนเดิมไปสร้างเรือ แล้วนำไปปล่อยลงในทะเล จะทำให้โมเลกุลของน้ำดึงกันและกันไว้ ทำให้ของเหลวไม่แยกออกจากกัน เพราะฉะนั้นจึงทำให้เหล็กที่นำไปสร้างเรือไม่จม" ปริศนา

"เมื่อนำก้อนเหล็กเฉยๆที่ยังไม่ได้นำไปสร้างอะไรเป็นแค่วัตถุชนิดหนึ่งพอปล่อยลงในน้ำ เหล็กก้อนนี้ก็จะจม แต่ถ้าหากนำเหล็กไปสร้างเรือ เหล็กก้อนนี้จะลอยน้ำเพราะมีแรงดันกระทำต่อเรือเลยส่งผลให้เรือลอย" วิภาวรรณ์

"ลูกเหล็กเป็นทรงกลมจึงไม่มีส่วนใดที่จะมาต้านทานกับผิวน้ำและบวกกับน้ำหนักมากทำให้ลูกเหล็กจม ส่วนท้องเรือจะเกิดแรงดันกับน้ำ ทำให้ความดันคงที่และสามารถลอยได้" ปฏิภาณ

"เพราะเมื่อนำเหล็กไปสร้างเป็นเรือแล้วน้ำมีแรงดึงผิว แรงดึงผิวของของเหลวเป็นแรงที่พยายามยึดผิวของของเหลวไม่ให้แยกออกจากกัน เมื่อนำเหล็กไปสร้างเป็นเรือจะมีลักษณะเป็นรูปโค้งทำให้ความดันระหว่างน้ำกับผิวเรือมีน้อย เรือจึงไม่จมน้ำ" นวรัตน์

จากเหตุผลของนักเรียนข้างต้นนั้นจะเห็นว่านักเรียนพยายามอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นโดยใช้แรงมาอธิบาย ซึ่งเหตุผลที่นักเรียนอธิบายนี้เป็นเหตุผลที่ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์ ซึ่งเป็นการแสดงออกถึงความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการจมการลอยของวัตถุ ดังนั้นผู้วิจัยจึงตีความได้ว่านักเรียนในกลุ่มนี้มีความรู้ในเรื่องแรงอยู่แล้ว ซึ่งปัจจุบันนักเรียนกำลังเรียนอยู่ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5โดยที่เนื้อหาเรื่องแรงนั้นนักเรียนได้เรียนในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 จึงทำให้นักเรียนพยายามอธิบายโดยเชื่อมโยงความรู้ที่มีกับเหตุการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้น และสามารถจัดกลุ่มรูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มนี้ว่า นักเรียนมีรูปแบบความเข้าใจเกี่ยวกับแรงทางฟิสิกส์ ซึ่งพบว่านักเรียนที่มีรูปแบบความเข้าใจเกี่ยวกับแรงทางฟิสิกส์ คิดเป็นร้อยละ 29.03

รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มที่ 3 รูปทรงของวัตถุ

นักเรียนในกลุ่มนี้ได้อธิบายเกี่ยวกับการที่ก้อนเหล็กจมน้ำ แต่เมื่อนำไปสร้างเรือกลับลอยน้ำได้ โดยมุ่งอธิบายเกี่ยวกับรูปทรงของวัตถุ คือ เพราะการเปลี่ยนแปลงรูปทรงและลักษณะของรูปทรงที่ส่งผลต่อการทรงตัวของวัตถุ ดังคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

"เพราะเรือมีพื้นที่ผิวมากกว่าและกลวง ไม่ตันเหมือนท่อนเหล็กก่อนนำไปสร้างเรือ เหล็กมีรูปร่างแบนจึงลอยน้ำได้" สุภาพร

"เรือลอยตัวเพราะ ในการที่เราสร้างเรือนั้นเราไม่สามารถสร้างให้เป็นวงกลมได้แต่จะสร้างให้เป็นเหลี่ยม ถ้าเราสร้างเรือให้เป็นเหลี่ยมนั้นเหล็กจะมีการทรงตัวมากกว่าตอนที่เหล็กนั้นเป็นทรงกลม ซึ่งตอนที่เหล็กเป็นทรงกลมนั้นไม่มีการทรงตัว" ลัดดา

"เพราะเหล็กที่นำไปสร้างเรือนั้นจะนำไปทำให้เหล็กเป็นรูปร่างแล้วทำให้เหล็กนั้นลอยตัวได้" ศุภชัย

"เมื่อนำเหล็กก้อนนี้ไปสร้างเรือ เหล็กก้อนนี้จะสามารถลอยน้ำได้เพราะเรือมีพื้นที่มากและเรือมีตรงกลางเว้าเข้าไป มีกำแพงกั้นน้ำไว้ ทำให้น้ำไม่สามารถเข้าไปในเรือและจะทำให้เรือไม่จมน้ำทะเล" ทศพล

"ที่ก้อนเหล็กจมเพราะว่าข้างในมันตัน ถ้านำไปสร้างเรือจะลอยได้เพราะว่าเหล็กได้ถูกนำมาทำเป็นรูปทรงใหม่ลอยน้ำได้" สราวุฒิ

"เพราะเมื่อนำเหล็กมาทำเป็นเรือแล้ว เรือมีลักษณะแบนทำให้เรือไม่จมน้ำ" อาทิตย์

จากเหตุผลของนักเรียนดังกล่าว จะเห็นว่าสิ่งที่ส่งผลต่อการจมและการลอยของวัตถุนั้นคือรูปร่างและรูปทรงของวัตถุ ผู้วิจัยได้ตีความว่านักเรียนมีประสบการณ์จากการสังเกตรูปทรงของวัตถุที่มีการทรงตัวที่ดี กล่าวคือ วัตถุต้องมีลักษณะแบน มีฐานเป็นสี่เหลี่ยม ถ้านำวัตถุที่มีการทรงตัวที่ดีไปวางลงในน้ำวัตถุก็มีการทรงตัวที่เช่นเดียวกับวางบนพื้นธรรมดา ซึ่งนักเรียนไม่มีมโนมติเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของวัตถุ กล่าวคือ เมื่อวัตถุเปลี่ยนรูปร่างปริมาตรก็จะมีการเปลี่ยนแปลงด้วย ทำให้ก้อนเหล็กที่มีน้ำหนักเท่าเดิม คือ 1,000 กิโลกรัม เมื่อนำไปสร้างเรือปริมาตรของวัตถุนี้จะเพิ่มขึ้น ทำให้ความหนาแน่นของวัตถุลดลง ส่งผลให้เรือลอยตัว ดังนั้นผู้วิจัยจึงจัดกลุ่มรูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มนี้ว่า นักเรียนมีรูปแบบความเข้าใจเกี่ยวกับรูปทรงของวัตถุ ซึ่งพบว่านักเรียนที่มีรูปแบบความเข้าใจเกี่ยวกับรูปทรงของวัตถุ มีมากถึงร้อยละ 51.62

รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มที่ 4 การออกแบบ

พบว่านักเรียนร้อยละ 6.45 มีรูปแบบความเข้าใจเกี่ยวกับประเด็นดังกล่าวในการอธิบายถึงการออกแบบสร้างเรือ ดังคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

"ก้อนเหล็กจมน้ำเพราะมวลของเหล็ก มีความหนาแน่นมากกว่ามวลของน้ำทะเล จริงอยู่ถ้าเรานำเหล็กก้อนกลมมาตีเป็นแผ่นเหล็ก ความหนาแน่นอาจลดลง แต่เมื่อนำแผ่นเหล็กมาประกอบกันเป็นตัวเรือแล้วเรือจะลอยน้ำเพราะท้องเรือได้ถูกออกแบบมา ให้อยู่ในสภาวะที่สมดุลกับพื้นผิวใต้น้ำของทะเล ถ้าจะสังเกตให้ดี ใต้ท้องเรือจะมีรูปร่างคล้ายวงรีที่ระนาบยาวจากหัวเรือไปยังท้ายเรือ แต่ท้องเรือนั้นจะขนาดเล็กกว่าตัวเรือ ถ้าจะเปรียบเทียบอาจเปรียบเทียบได้กับรูปสี่เหลี่ยมคางหมู แต่จะไม่มีเหลี่ยมมีมุม ที่น่าสงสัยคือทำไมท้องเรือไม่ถูกออกแบบให้เป็นรูปเหลี่ยมหรือมุม" (กมลรัตน์)

"เพราะว่าเหล็กที่นำไปสร้างเรือนั้นได้มีการออกแบบมาเป็นเรือได้มีการคำนวณให้เรือสามารถทรงตัวบนน้ำได้โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์และมีเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพทำให้เรือไม่จมน้ำค่ะ" (อุกฤษฎ์)

4.1.1.2 รูปแบบความเข้าใจหลังเรียนของนักเรียนในประเด็นเกี่ยวกับความหนาแน่นของวัตถุ

หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์ สังคม และเทคโนโลยีของ Yuenyong (2006) แล้วผู้วิจัยนำแบบสอบถามประเด็นเดิมให้นักเรียนตอบคำถาม เมื่อนักเรียนตอบคำถามเสร็จสิ้นผู้วิจัยทำการอ่านคำตอบของนักเรียนอย่างคร่าวๆ หนึ่งรอบก่อน หลังจากนั้นทำการอ่านคำตอบของนักเรียนอีกครั้งและสามารถจัดกลุ่มรูปแบบความเข้าใจของนักเรียนได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มที่ 1 ความหนาแน่น

รูปแบบความเข้าใจนักเรียนกลุ่มที่ 2 แรงทางฟิสิกส์

รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มที่ 3 รูปทรงของวัตถุ

ดังที่ผู้วิจัยได้ทำการตีความต่อไปนี้

รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มที่ 1 ความหนาแน่น

เมื่ออ่านคำตอบของนักเรียนที่ได้ตอบคำถามในประเด็นเกี่ยวกับความหนาแน่น หลังจากที่ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมแล้ว พบว่านักเรียนที่อธิบายการที่ก้อนเหล็กจมน้ำทะเล เพราะก้อนเหล็กมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำทะเลและเรือลอยน้ำเพราะเรือมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำทะเล ซึ่งผู้วิจัยจัดกลุ่มรูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มนี้ว่านักเรียนมีรูปแบบความเข้าใจเกี่ยวกับความหนาแน่น โดยพบว่านักเรียนที่มีรูปแบบความเข้าใจกลุ่มนี้มีจำนวนมากถึงร้อยละ 70.97 ดังคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

"เพราะว่าเหล็กก้อนทรงกลมมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำทะเล จึงทำให้เหล็กจมน้ำทะเล แต่ถ้านำมาสร้างเป็นเรือ ทำให้ความหนาแน่นลดน้อยลง จึงทำให้ลอยน้ำได้" รัชดา

"ก้อนเหล็กตันมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำถ้านำเหล็กมาสร้างเรือซึ่งมีลักษณะแบน ปริมาตรของเหล็กแผ่กระจายไปทุกส่วน ความหนาแน่นของเหล็กย่อมน้อยลง ทำให้เรือลอยน้ำ" อาทิตย์

" เพราะเหล็กทรงกลมตัน มีมวล 1,000 กิโลกรัม มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ จึงทำให้เหล็กจม แต่เมื่อนำเหล็กก้อนเดิมไปสร้างเรือ จึงทำให้ความหนาแน่นน้อยกว่าความหนาแน่นของน้ำ ทำให้เรือลอยน้ำ" ปริศนา

"เหล็กมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ จึงทำให้เหล็กจม แต่เมื่อนำเหล็กไปสร้างเรือ จึงทำให้ความหนาแน่นน้อยลงน้อยกว่าความหนาแน่นของน้ำจึงทำให้เรือลอย" วิภาวรรณ

รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มที่ 2 แรงทางฟิสิกส์

จากการอ่านคำตอบที่นักเรียนเขียนตอบคำถามพบว่านักเรียนร้อยละ 16.13 ได้อธิบายว่าการที่เรือลอยน้ำได้เพราะในน้ำมีแรงดัน แรงต้านทานต่อผิวน้ำ แรงตึงผิว และแรงลอยตัว ซึ่งผู้วิจัยได้จัดกลุ่มนักเรียนที่ตอบคำถามโดยอธิบายเกี่ยวกับแรง ว่านักเรียนในกลุ่มนี้มีรูปแบบความเข้าใจเกี่ยวกับแรงทางฟิสิกส์ ดังคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

"ก้อนเหล็กจมน้ำทะเล เรือลอยน้ำทะเล เพราะเมื่อเรานำเหล็กมาสร้างเป็นเรือ เราจะสามารถนำลงสู่น้ำทะเลได้โดยการนำเหล็กมาหลอมโลหะทำเป็นเรือ ภายในใต้น้ำทะเลจะมีแรงดัน ซึ่งทำให้เรือลอยสู่น้ำทะเลได้" ทิพวรรณ

"เพราะเหล็กมีมวลถึง 1,000 กิโลกรัม ถ้าทำเป็นก้อนในระยะแรกจะจมน้ำทะเล แต่ถ้านำมาทำเป็นเรือ เหล็กจะลอยน้ำเพราะถูกแรงดันมากระทำกับความหนาแน่นของเหล็ก เมื่อถูกแรงดันมากระทบกัน เหล็กที่มีความหนาแน่นมากแต่รูปร่างเปราะบางก็จะลอยทะเลได้ โดยจะถูกแรงลอยตัวกระทำทำให้เหล็กลอยน้ำได้" รำไพ

"เพราะว่าเหล็กที่นำไปสร้างเรือ จะมีแรงต้านทานต่อผิวน้ำ เพราะน้ำมีแรงตึงผิว เมื่อนำไปสร้างเรือมาปล่อยลงน้ำ เรือมีอากาศด้านใน จึงทำให้ส่วนเหล็กด้านนอกต้านทานกับพื้นผิวน้ำทำให้เรือลอย ซึ่งไม่เหมือนกับเหล็กทรงกลมธรรมดา ซึ่งไม่มีอากาศอยู่ภายใน" ปฏิภาณ

รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มที่ 3 รูปทรงของวัตถุ

จากการอ่านคำตอบของนักเรียนพบว่า นักเรียนในกลุ่มนี้ได้อธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นว่า การที่วัตถุลอยหรือจมน้ำขึ้นอยู่กับรูปทรงของวัตถุ ซึ่งผู้วิจัยได้จัดกลุ่มนักเรียนที่ตอบคำถามโดยอธิบายเกี่ยวกับรูปทรงของวัตถุ ว่านักเรียนในกลุ่มนี้มีรูปแบบความเข้าใจเกี่ยวกับรูปทรงของวัตถุ ซึ่งนักเรียนร้อยละ 12.13 มีรูปแบบความเข้าใจในประเด็นนี้เกี่ยวกับรูปทรงของวัตถุ ดังคำตอบของนักเรียนดังต่อไปนี้

"นำเหล็กรูปร่างทรงกลมตันปล่อยลงทะเล มันจะจมเพราะรูปร่างทรงกลมตันจะทำให้มีแรงต้านทานน้อย และถ้านำเหล็กไปสร้างเรือก็จะสามารถลอยได้เพราะรูปร่างของเรือมีขอบสูง ตรงกลางเว้า ทำให้น้ำหนักแพร่กระจายไปทั่วและเรือจะมีความยาวและขอบสูงเพื่อที่จะป้องกันไม่ให้น้ำเข้าไปในเรือ เรือก็จะไม่จมน้ำ" ทศพล

"ก้อนเหล็กจม เรือลอยน้ำเพราะได้ผ่านกระบวนการแปรรูปเป็นเรือ รูปร่างเปลี่ยนไป สามารถลอยน้ำได้" ลัดดาวัลย์

"เพราะว่ารูปทรงของเหล็กได้เปลี่ยนไป มีขอบขึ้นมาเพื่อไม่ให้น้ำไหลเข้าที่เหล็กจมน้ำเพราะเหล็กรูปร่างทรงกลมตันและมีน้ำหนักมากก็เลยไม่สามารถลอยน้ำได้" สราวุฒิ

จากผลการตีความเพื่อจัดกลุ่มรูปแบบความเข้าใจของนักเรียนในประเด็นเกี่ยวกับความหนาแน่นก่อนเรียนและหลังเรียน แล้วนำผลการวิเคราะห์มาเปรียบเทียบร้อยละได้ผลดังตารางที่ 5

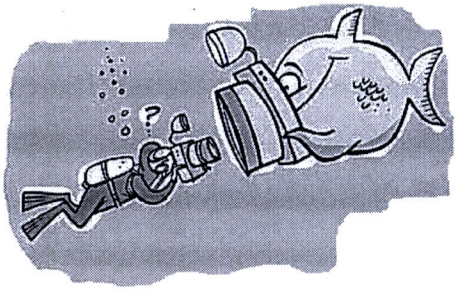
ตารางที่ 5 แสดงร้อยละของรูปแบบความเข้าใจของนักเรียนในประเด็นเกี่ยวกับความหนาแน่นก่อนเรียนและหลังเรียน

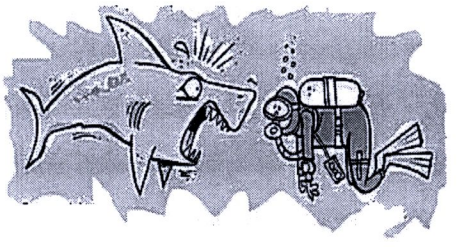
รูปแบบความเข้าใจ	ก่อนเรียน		หลังเรียน	
	ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
ความหนาแน่น	4	12.90	22	70.97
แรงทางฟิสิกส์	9	29.03	5	16.13
รูปทรงของวัตถุ	16	51.62	4	12.90
การออกแบบ	2	6.45	-	-
รวม	**31**	**100**	**31**	**100**

จากตารางจะเห็นว่า รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนในประเด็นเกี่ยวกับความหนาแน่นก่อนการจัดการเรียนรู้นั้น รูปแบบความเข้าใจรูปทรงของวัตถุ คิดเป็นร้อยละ 51.62 ซึ่งมากที่สุด รองลงมาคือ แรงทางฟิสิกส์ ความหนาแน่น และการออกแบบ ตามลำดับ แต่หลังจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม ของ Yuenyong (2006) พบว่านักเรียนมากถึงร้อยละ 70.97 มีรูปแบบความเข้าใจความหนาแน่น รองลงมาคือ แรงทางฟิสิกส์ และรูปทรงของวัตถุ ตามลำดับ

4.1.2 รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนในประเด็นเกี่ยวกับความดันในของเหลว

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์การเขียนตอบข้อคำถามปลายเปิด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 โรงเรียนเมยวดีพิทยาคม จำนวน 31 คน ในประเด็นเกี่ยวกับความดันในของเหลว คือ





นักดำน้ำสำรวจความหลากหลายของปลาที่อาศัยอยู่ที่ระดับความลึก 7 เมตร โดยคนแรกทำหน้าที่ดำน้ำสำรวจปลาน้ำจืดและคนที่สองดำน้ำสำรวจปลาน้ำเค็ม นักเรียนคิดว่าความดันของน้ำที่กระทำต่อนักดำน้ำทั้งสองจะเท่ากันหรือไม่ เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น จงอธิบาย

โดยกรอบทฤษฎีในการตรวจสอบรูปแบบความเข้าใจเกี่ยวกับประเด็นดังกล่าว อาศัยตัวแทนความคิดวิทยาศาสตร์เรื่องความดันในของเหลว ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2547) กล่าวคือ

"ความดันในของเหลว *(Pressure)* หมายถึง ขนาดแรงในของเหลวที่กระทำตั้งฉากต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่

$$P = \frac{F}{A}$$

ลักษณะความดันของของเหลวที่อยู่นิ่ง

1) ณ จุดใดๆของของเหลว จะมีแรงกระทำของของเหลวไปในทุกทิศทาง

2) แรงที่ของเหลวกระทำต่อผนังภาชนะ จะอยู่ในทิศตั้งฉากกับผนังภาชนะ

3) ความดันในของเหลวมีค่าเท่ากับผลคูณของความหนาแน่น น้ำหนักกับความลึก หรือ $P = \rho gh$ ซึ่งหมายความว่าความดันจะขึ้นอยู่กับชนิดของของเหลวและความลึก

4) ในของเหลวเดียวกัน ความดันจะเปลี่ยนแปลงตามความลึกเพราะว่า ρg มีค่าคงที่ ความดันจึงแปรผันตรงกับความลึก และความดันไม่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาตรและรูปร่างของภาชนะที่บรรจุของเหลว"

จากการอ่านคำตอบแล้ววิเคราะห์การเขียนตอบข้อคำถามปลายเปิด ในประเด็นดังกล่าว ได้ผลดังนี้

4.1.2.1 รูปแบบความเข้าใจก่อนเรียนของนักเรียนในประเด็นเกี่ยวกับความดันในของเหลว

จากคำตอบของนักเรียน ผู้วิจัยสามารถจัดกลุ่มรูปแบบความเข้าใจของนักเรียนในประเด็นเกี่ยวกับความดันในของเหลวเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มที่ 1 ความดันในของเหลวขึ้นอยู่กับชนิดของของเหลวและความลึก

รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มที่ 2 ความดันในของเหลวขึ้นอยู่กับความลึกของของเหลว

รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มที่ 3 ความดันในของเหลวขึ้นอยู่กับชนิดของของเหลวและความเข้มข้นของสารในของเหลว

ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อจัดกลุ่มรูปแบบความเข้าใจของนักเรียนพบว่า

รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มที่ 1 ความดันในของเหลวขึ้นอยู่กับชนิดของของเหลวและความลึก

จากการอ่านคำตอบของนักเรียนพบว่า นักเรียนตอบคำถามในประเด็นเกี่ยวกับความดันในของไหล ซึ่งสามารถบอกได้ว่าแม้นักสำรวจปลาน้ำเค็มและปลาน้ำจืดดำลงไปที่ความลึกเท่ากัน ความดันของน้ำที่กระทำต่อนักดำน้ำสำรวจปลาน้ำเค็มและปลาน้ำจืดไม่เท่ากัน เป็นผลเนื่องมาจากความหนาแน่นของน้ำจืดกับน้ำเค็มมีค่าแตกต่างกัน ดังคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

> *"ไม่เท่ากัน น้ำทะเลมีความดันมากกว่าน้ำจืด แรงดันที่กระทำกับนักดำน้ำสำรวจจึงแตกต่างกันโดย นักดำน้ำที่สำรวจปลาน้ำจืดจะมีแรงดันน้อยกว่านักสำรวจปลาน้ำเค็ม เพราะ น้ำทะเลมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำจืด"นวรัตน์*
>
> *"ไม่เท่ากัน เพราะถึงแม้นักดำน้ำในระดับความลึก 7 เมตรเท่ากัน แต่ก็มิได้แปลว่าความดันที่มากระทำต่อนักดำน้ำจะเท่ากัน ทำไมถึงกล่าวเช่นนั้น คืออาจกล่าวได้ว่า ถึงแม้ระดับความลึกเท่ากัน แต่ความหนาแน่นต่างกัน*

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ความดันของน้ำที่กระทำต่อนักดำน้ำทั้งสองก็ย่อมไม่เท่ากัน อาจเปรียบได้กับตัวอย่างดังต่อไปนี้ ไข่จม ไข่ลอย เมื่อนำไข่ทิ้งลงในน้ำเปล่าผลปรากฏว่าไข่จะจมและเมื่อเราเติมเกลือลงในน้ำ เมื่อเกลือละลายนำไข่ทิ้งลงในน้ำปรากฏว่าไข่จะลอย เพราะมีความหนาแน่นที่ต่างกันนั่นเอง" (ปริศนา)

"ไม่เท่ากันเพราะผมคิดว่าคนแรกที่สำรวจปลาน้ำจืดจะมีความดันที่กระทำต่อตัวน้อยกว่าคนที่สำรวจปลาน้ำเค็ม เพราะน้ำเค็มจะมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำจืด ถึงแม้ว่าจะดำน้ำลึกในระดับที่เท่ากันก็ตามแต่อย่างใด" ณัฐพงษ์

ผู้วิจัยตีความคำตอบของนักเรียนในกลุ่มนี้ว่า นักเรียนมีตัวแทนความคิดวิทยาศาสตร์เรื่องความดันในของไหล กล่าวคือ ความดัน ณ จุดใดๆในของเหลวที่อยู่นิ่งแปรผันตรงกับความลึก และความหนาแน่นของของเหลว เมื่ออุณหภูมิคงที่ และในของเหลวที่อยู่นิ่ง ณ จุดใดๆที่อยู่ในระดับความลึกเดียวกัน จะมีความดันเท่ากันเสมอ ซึ่งนักเรียนสามารถตอบคำถามและอธิบายคำตอบได้อย่างถูกต้อง คือ แม้นักดำน้ำทั้งสองจะดำน้ำที่ระดับความลึกเท่ากัน แต่ความดันของน้ำที่กระทำกับนักดำน้ำทั้งสองจะไม่เท่ากัน เพราะนอกจากความลึกแล้ว ความดันยังขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของของเหลวด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงจัดกลุ่มรูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มนี้ว่ามีรูปแบบความเข้าใจความดันในของเหลวขึ้นอยู่กับชนิดของของเหลวและความลึก นักเรียนที่มีรูปแบบความเข้าใจในกลุ่มนี้คิดเป็นร้อยละ 45.16

รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มที่ 2 ความดันในของเหลวขึ้นอยู่กับความลึกของของเหลว

คำตอบของนักเรียนในกลุ่มนี้ คือ ความดันของน้ำที่กระทำกับนักดำน้ำทั้งสองจะเท่ากัน เนื่องจากนักดำน้ำทั้งสองดำน้ำที่ระดับความลึกเท่ากัน ดังคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

"เท่ากัน ถ้าระดับความลึกเท่ากัน ความดันของน้ำที่กระทำต่อนักดำน้ำจะเท่ากันเสมอ เพราะอยู่ในระดับความลึกเดียวกันคือ 7 เมตร" วิภาวรรณ์

"เท่ากัน คือ นักสำรวจทั้งสองดำน้ำที่ระดับความลึกเท่ากัน ทำให้มีความดันกระทำต่อนักดำน้ำทั้งสองเท่ากันแต่มีความหนาแน่นไม่เท่ากัน เนื่องจากน้ำเค็มมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำจืด และความดันไม่ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของน้ำแต่ขึ้นอยู่กับความลึกของน้ำ" ฐิติมา

"เท่ากัน เพราะว่าถ้าอยู่ในระดับน้ำลึกเดียวกัน ความดันของน้ำที่กระทำก็จะเท่ากัน น่าจะไม่เกี่ยวกับน้ำที่เป็นน้ำจืดหรือน้ำเค็ม" ศศิธร

จากคำตอบของนักเรียนข้างต้น พบว่า นักเรียนมีมโนมติวิทยาศาสตร์เรื่องความดันในของเหลวเพียงบางส่วน คือ ความดันในของเหลวที่อยู่นิ่งแปรผันตรงกับความลึกเท่านั้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงตีความและจัดกลุ่มรูปแบบความเข้าใจของนักเรียนในกลุ่มนี้ว่า ความดันขึ้นอยู่กับความลึกของของเหลว นักเรียนที่มีรูปแบบความเข้าใจในกลุ่มนี้คิดเป็นร้อยละ 25.81

รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มที่ 3 ความดันในของเหลวขึ้นอยู่กับชนิดของของเหลวและความเข้มข้นของสารในของเหลว

นักเรียนในกลุ่มนี้สามารถตอบได้ว่าแม้นักดำน้ำทั้งสองจะดำน้ำที่ระดับความลึกเท่ากัน แต่ความดันของน้ำที่กระทำกับนักดำน้ำทั้งสองจะไม่เท่ากัน แต่นักเรียนในกลุ่มนี้ได้อธิบายถึง ความแตกต่างสารบางชนิดในน้ำทะเลและน้ำจืด โดยที่น้ำทะเลมีรสเค็ม นักเรียนจึงให้เหตุผลว่าความเข้มข้นของสารบางชนิดในน้ำทะเลมีมากกว่าในน้ำจืด ดังคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

"ผมคิดว่าความดันของน้ำที่มากระทำต่อนักดำน้ำทั้งสองคนแตกต่างกัน โดยนักดำน้ำที่อยู่ในน้ำเค็มจะมีความดันมากกว่าน้ำจืด เพราะน้ำเค็มมีความเข้มข้นมากกว่า ทำให้ความเข้มข้นมากกว่า แต่ถ้าน้ำเค็มมากๆจะทำให้วัตถุหรือคนลอยน้ำได้โดยไม่ต้องว่ายเลยครับ" อานนท์

"ไม่เท่ากัน เพราะน้ำเค็มมีสารต่างๆมากมาย ซึ่งสารเหล่านั้นจะมาทำปฏิกิริยาต่อนักดำน้ำมากเป็นพิเศษ แต่น้ำจืด ถึงจะมีความดันเหมือนกันก็จริง แต่มีสารแร่ธาตุต่างๆไม่เท่ากับทะเล จึงทำให้น้ำเค็มมีค่าความดันมากกว่าน้ำจืด" ปฏิภาณ

"ไม่เท่ากัน เพราะน้ำจืดมีความดัน น้ำเค็มก็มีความดันมาก เพราะมีเกลือปะปน คือ น้ำแต่ละชนิดจะมีความดันที่แตกต่างกันและนักสำรวจก็ดำน้ำลงไปลึก 7 เมตร แล้วก็จะมีแรงมากระทำต่อนักสำรวจ ถ้าดำน้ำเค็มก็จะมีแรงดันมากเพราะน้ำเค็มมีความเข้มข้นของเกลือมากกว่าน้ำจืด" กัญญารัตน์

ผู้วิจัยตีความคำตอบของนักเรียนในกลุ่มนี้ว่า นักเรียนมีรูปแบบความเข้าใจความดันขึ้นอยู่กับชนิดของของเหลวและความเข้มข้นของสารในของเหลว เพราะนักเรียนได้อธิบายเกี่ยวกับความเข้มข้นของสาร ที่ส่งผลถึงความดันของของเหลว แต่ไม่สามารถเชื่อมโยงไปถึงความหนาแน่นของสารได้ นักเรียนที่มีรูปแบบความเข้าใจในกลุ่มนี้คิดเป็นร้อยละ 29.03

4.1.2.2 รูปแบบความเข้าใจหลังเรียนของนักเรียนในประเด็นเกี่ยวกับความดันในของเหลว

เมื่อทำการวิเคราะห์การตอบคำถามประเด็นเกี่ยวกับความดันในของเหลว หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม ผู้วิจัยสามารถจัดกลุ่มรูปแบบความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับความดันในของเหลวได้เป็น 3 กลุ่ม

รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มที่ 1 ความดันในของเหลวขึ้นอยู่กับชนิดของของเหลวและความลึก

รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มที่ 2 ความดันในของเหลวขึ้นอยู่กับความลึกของของเหลว

รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มที่ 3 ความดันในของเหลวขึ้นอยู่กับชนิดของของเหลวและความเข้มข้นของสารในของเหลว

ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อจัดกลุ่มรูปแบบความเข้าใจหลังเรียนของนักเรียน พบว่า

รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มที่ 1 ความดันในของเหลวขึ้นอยู่กับชนิดของของเหลวและความลึก

จากการอ่านการเขียนตอบคำถามในประเด็นเกี่ยวกับความดันในของเหลว หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม พบว่า นักเรียนโดยส่วนใหญ่ คิดเป็นร้อยละ 83.87 มีรูปแบบความเข้าใจความดันในของเหลวขึ้นอยู่กับชนิดของของเหลวและความลึก โดยคำตอบของนักเรียนนั้นพอสรุปได้ว่า ความดันที่กระทำต่อนักดำน้ำสำรวจปลาน้ำเค็มและปลาน้ำจืด ไม่เท่ากัน แม้ว่านักดำน้ำทั้งสองจะดำน้ำที่ระดับความลึกเท่ากัน เพราะน้ำจืดกับน้ำเค็มมีค่าความหนาแน่นไม่เท่ากัน ดังคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

"ไม่เท่ากัน ความดันของน้ำที่กระทำต่อนักดำน้ำคนแรกน้อยกว่าคนที่สอง เพราะว่าในน้ำจืดจะมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำเค็ม ถึงจะความลึกเดียวกันก็ไม่ได้หมายความว่าจะมีความดันเท่ากัน" กาญกนกจน์

"ไม่เท่ากัน เพราะในน้ำทะเลยิ่งลึกยิ่งมีความดันมาก และมีความหนาแน่นมากกว่า สรุปคนที่สองมีความดันมากกว่าคนแรก" จักรกฤษ

"ไม่เท่ากัน เพราะน้ำจืดและน้ำทะเล เป็นน้ำเหมือนกัน แต่เป็นคนละชนิดกัน น้ำทะเลมีรสเค็ม เพราะมีเกลือละลายอยู่ ทำให้มีความหนาแน่นไม่เท่ากับน้ำจืด เหมือนเอาไข่ไปลอยในน้ำละลายเกลือกับน้ำ ไข่ที่ลอยในน้ำละลายเกลือจะลอย แต่ไข่ที่ลอยน้ำธรรมดาจะจม" ฐิติมา

"ความดันของน้ำที่กระทำต่อนักดำน้ำทั้งสองไม่เท่ากัน เพราะความดันในของเหลวแปรผันตรงกับความลึกและความหนาแน่นของของเหลว น้ำธรรมดามีความหนาแน่น $1x10^3$ kg/m^3 ส่วนน้ำทะเลมีความหนาแน่น 1.024 $x10^3$ kg/m^3 ดังนั้นความดันจึงไม่เท่ากันแม้ความลึกเท่ากันก็ตาม" สุภาพร

"ไม่เท่ากันเพราะความดันในของเหลวไม่ได้ขึ้นอยู่กับความลึกเพียงอย่างเดียว ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นด้วย ตาม $P = \rho gh$ ถ้าความลึกเท่ากันจะมีความดันเท่ากันจะต้องเป็นสารชนิดเดียวกัน แต่น้ำจืดกับน้ำเค็มไม่ใช่สารชนิดเดียวกัน" ทศพล

รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มที่ 2 ความดันของของเหลวขึ้นอยู่กับความลึกของของเหลว

จากผลการจัดกลุ่มรูปแบบความเข้าใจของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนร้อยละ 6.45 มีรูปแบบความเข้าใจเกี่ยวกับความดันในของเหลว ว่าความดันในของเหลวจะเปลี่ยนแปลงตามความลึก ซึ่งเป็นคำตอบที่ถูกต้องเพียงบางส่วน กล่าวคือ ตามมโนมติวิทยาศาสตร์ ความดันในของเหลวคือผลคูณของความหนาแน่น น้ำหนักกับความลึก หรือ $P = \rho gh$ ซึ่งหมายความว่าความดันจะขึ้นอยู่กับชนิดของของเหลวและความลึก และในของเหลวชนิดเดียวกัน ความดันจะเปลี่ยนแปลงตามความลึกเพราะว่า ρg มีค่าคงที่ ความดันจึงแปรผันตรงกับความลึก และความดันไม่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาตรและรูปร่างของภาชนะที่บรรจุของเหลว ดังนั้นผู้วิจัยจึงตีความคำตอบของนักเรียนว่า นักเรียนมีมโนมติความดันในของเหลวอยู่เพียงบางส่วน ซึ่งไม่ใช่มโนมติที่ถูกต้องคือ ความดันจึงแปรผันตรงกับความลึก ดังคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

"ความดันของน้ำที่กระทำต่อนักดำน้ำทั้งสองจะเท่ากันเพราะน้ำที่ระดับความลึกเท่ากันความดันจะเท่ากันเสมอ"รำไพ

"เท่ากัน เพราะความดันในของเหลวชนิดเดียวกันที่ระดับเดียวกันจะมีค่าเท่ากันเสมอ คนสองคนนี้เขาดำน้ำในระดับเดียวกันแต่ว่าแตกต่างแค่ว่า ดำน้ำในน้ำต่างชนิดกัน แต่ว่าความลึกเดียวกัน ความดันต้องเท่ากัน เพราะชนิดของน้ำไม่มีผลต่อความดันเลย"เบญจมาศ

รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มที่ 3 ความดันของของเหลวขึ้นอยู่กับชนิดของของเหลวหรือความเข้มข้นของสารในของเหลว

นักเรียนร้อยละ 9.68 มีรูปแบบความเข้าใจความดันขึ้นอยู่กับชนิดของของเหลวและความเข้มข้นของสารในของเหลว จากคำตอบของนักเรียนกลุ่มนี้พบว่านักเรียนสามารถบอกได้ว่า ความดันที่กระทำต่อนักดำน้ำทั้งสองไม่เท่ากัน โดยให้เหตุผลว่า เพราะน้ำจืดกับ

น้ำเค็มเป็นของเหลวต่างชนิดกัน ในน้ำเค็มมีความเข้มข้นของเกลือ ซึ่งเป็นคำตอบที่ถูกต้องเพียงบางส่วนเท่านั้น ดังคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

"ไม่เท่ากัน น้ำทะเลมีความดันมากกว่า ซึ่งได้ทำการทดลองแล้ว เมื่อนำเกลือมาเทลงในน้ำคนให้เข้ากันแล้วนำไข่ไก่ลงไปในน้ำเกลือ จะปรากฏว่าไข่จะค่อยๆลอย เพราะน้ำเกลือมีความดันมาก เหตุนี้จึงสรุปได้ว่า น้ำทะเลจะมีความดันมากกว่าน้ำจืดนั้นเอง" ปฏิภาณ

"ไม่เท่ากัน คนแรกทำหน้าที่ดำน้ำสำรวจปลาน้ำจืด คนที่สองสำรวจปลาน้ำน้ำเค็ม คนแรกที่สำรวจปลาน้ำจืดจะมีความดันมากระทำน้อยกว่าคนที่สอง ถึงแม้จะอยู่ที่ระดับความลึกเดียวกันก็ตามแต่ก็ดำน้ำในน้ำที่ต่างชนิดกัน" ทิพวรรณ

"ไม่เท่ากัน เพราะนักดำน้ำสำรวจปลาน้ำจืดดำลงไป 7 เมตร แต่มีความดันน้อยกว่า ส่วนนักดำน้ำคนที่สองดำน้ำเค็มจะมีความดันมากกว่าน้ำจืด" กัญญารัตน์

จากผลการตีความเพื่อจัดกลุ่มรูปแบบความเข้าใจของนักเรียนในประเด็นเกี่ยวกับความดันในของเหลวก่อนเรียนและหลังเรียน แล้วนำผลการวิเคราะห์มาเปรียบเทียบร้อยละได้ผลดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงร้อยละของรูปแบบความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับความดันในของเหลวก่อนเรียนและหลังเรียน

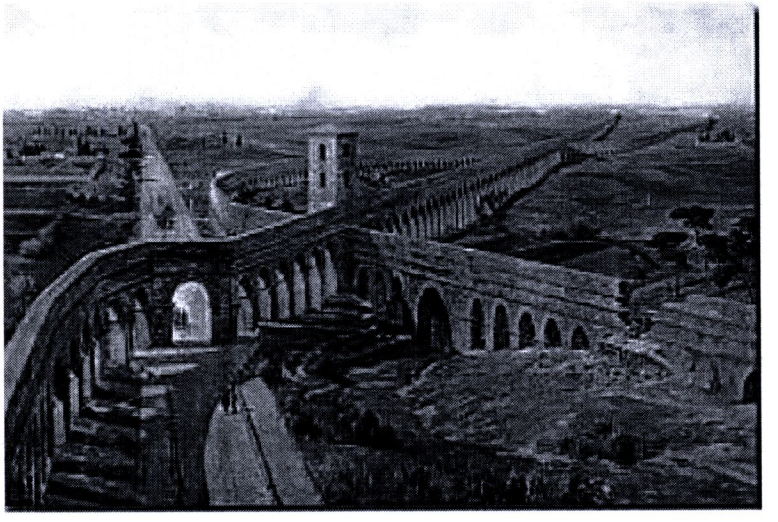
รูปแบบความเข้าใจ	ก่อนเรียน		หลังเรียน	
	ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
ความดันในของเหลวขึ้นอยู่กับชนิดของของเหลวและความลึก	14	45.16	26	83.87
ความดันในของเหลวขึ้นอยู่กับความลึกของของเหลว	8	25.81	2	6.45
ความดันในของเหลวขึ้นอยู่กับชนิดของของเหลวและความเข้มข้นของสารในของเหลว	9	29.03	3	9.68
รวม	**31**	**100**	**31**	**100**

จากตารางพบว่า จากตารางจะเห็นว่า รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนในประเด็นเกี่ยวกับความดันในของเหลว ก่อนการจัดการเรียนรู้นั้น นักเรียนมีรูปแบบความเข้าใจความดันในของเหลวขึ้นอยู่กับชนิดของของเหลวและความลึก คิดเป็นร้อยละ 45.16 รองลงมาคือ ความดันขึ้นอยู่กับความลึกของของเหลว กับ ความดันขึ้นอยู่กับชนิดของของเหลวและความเข้มข้นของสารในของเหลว ตามลำดับ แต่หลังจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม ของ Yuenyong (2006) พบว่านักเรียนจำนวนมากถึงร้อยละ 83.87 มีรูปแบบความเข้าใจความดันในของเหลวขึ้นอยู่กับชนิดของของเหลวและความลึก และรองลงมาคือ ความดันในของเหลวขึ้นอยู่กับความลึกของของเหลว และความดันในของเหลวขึ้นอยู่กับชนิดของของเหลวและความเข้มข้นของสารในของเหลว ตามลำดับ

4.1.3 รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนในประเด็นเกี่ยวกับพลศาสตร์ของไหล

ผู้วิจัยทำการอ่านคำตอบการเขียนตอบข้อคำถามปลายเปิด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 โรงเรียนเมยวดีพิทยาคม จำนวน 31 คน ในประเด็นเกี่ยวกับพลศาสตร์ของไหล คือ

“ในสมัยโบราณ ชาวโรมันมีการวางรางน้ำให้อยู่บนที่สูงเพื่อลำเลียงน้ำจากแหล่งน้ำให้ไหลลงมายังชุมชน ดังรูป แต่ทำไมระบบน้ำประปาในปัจจุบันสามารถวางท่อน้ำในระดับพื้นดินเพื่อส่งน้ำให้กับชุมชนได้ จงอธิบาย”



สามารถวิเคราะห์ตีความคำตอบของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม ของ Yuenyong (2006) โดยกรอบทฤษฎีในการตรวจสอบรูปแบบความเข้าใจเกี่ยวกับประเด็นดังกล่าว คือตัวแทนความคิดวิทยาศาสตร์

เรื่องพลศาสตร์ของของไหล ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2547) กล่าวคือ

พลศาสตร์ของของไหลเป็นการศึกษาของไหลกรณีของไหลเคลื่อนที่ ซึ่งในระดับมัธยมศึกษาจะมุ่งศึกษาการเคลื่อนที่ของของไหลในอุดมคติ โดยที่ของไหลมีพฤติกรรมเป็นไปตามกฎของนิวตันและกฎการอนุรักษ์พลังงาน โดยให้ความสำคัญที่สมการของความต่อเนื่องและกฎของแบร์นูลลี

การเคลื่อนที่ของของไหลที่จะกล่าวต่อไปนี้เป็นของไหลในอุดมคติ ซึ่งมีลักษณะดังนี้

1. มีการไหลอย่างสม่ำเสมอ แต่ความเร็วของอนุภาคของของไหลเมื่อไหลผ่านจุดต่างๆจะเท่ากันหรือต่างกันก็ได้
2. มีการไหลโดยไม่หมุน คือ ของไหลจะไม่มีอนุภาคไหลด้วยความเร็วเชิงมุมรอบจุดๆหนึ่ง
3. มีการไหลโดยไม่มีแรงต้านเนื่องจากความหนืด
4. ไม่สามารถอัดได้ คือ ของไหลมีปริมาตรคงที่ ความหนาแน่นเท่าเดิม

สมการความต่อเนื่อง (Continuity equation)

เส้นกระแสหรือเส้นสายธารของการไหล คือเส้นที่ลากสัมผัสกับทิศทางของการไหลที่ทุก ๆ จุด ในสนามการไหลในขณะใดขณะหนึ่ง

ภาพที่ 6 เส้นสายธารของการไหล

พิจารณาหลอดของการไหล ซึ่งของไหลไหลเข้าผ่านพื้นที่หน้าตัด A_1 ด้วยความเร็ว v_1 และไหลออกผ่านพื้นที่หน้าตัด A_2 ด้วยความเร็ว v_2 ดังภาพที่ 5

ภาพที่ 7 แสดงการไหลเข้าและออกภายในหลอดของการไหล

ดังนั้น $A_1v_1 = A_2v_2$

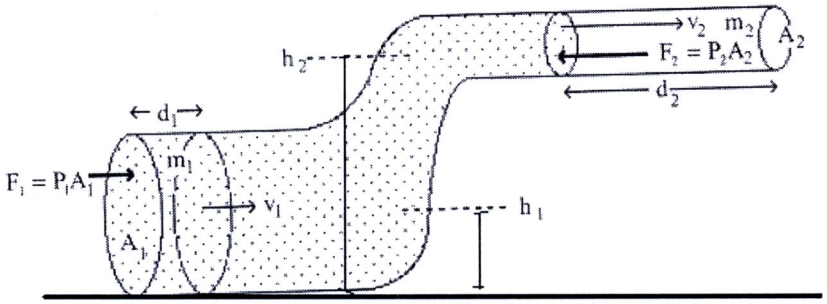
สมการดังกล่าว เรียกว่า สมการของความต่อเนื่อง (equation of continuity) แสดงให้เห็นว่า ความเร็วของของไหลในท่อแปรผกผันกับขนาดพื้นที่หน้าตัดของท่อ ผลคูณของพื้นที่หน้าตัดกับความเร็ว (Av) คือ อัตราการไหล แทนด้วย Q

หลักของแบร์นูลลี

หลักของแบร์นูลลี กล่าวว่า "เมื่อของไหลเคลื่อนที่ในแนวระดับ หากอัตราเร็วมีค่าเพิ่มขึ้น ความดันในของเหลวจะลดลง และเมื่ออัตราเร็วลดลงความดันในของเหลวจะเพิ่มขึ้น"

สมการแบร์นูลลี

พิจารณาของไหลที่ไม่มีความหนืด และอัดตัวไม่ได้ ไหลแบบคงตัวผ่านท่อหรือหลอดของการไหล เข้าทางด้านซ้ายมีพื้นที่หน้าตัด A_1 ด้วยอัตราเร็ว v_1 ความดัน P_1ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัด A_2 (ด้านขวา) ด้วยอัตราเร็ว v_2 ความดัน P_2 ปลายท่อด้านซ้ายอยู่ที่ระยะ h_1 ปลายท่อด้านขวาอยู่ที่ระยะ h_2 โดยวัดจากระดับอ้างอิง การเปลี่ยนขนาดและระดับสูงของท่อถือว่าค่อยเป็นค่อยไป เพื่อคงสภาพการไหลแบบคงตัว ดังภาพ



ภาพที่ 8 การไหลของของไหลผ่านท่อ

สมการแบร์นูลลี กล่าวว่า "ผลรวมของความดัน พลังงานจลน์ต่อปริมาตร และพลังงานศักย์ต่อปริมาตร ทุกๆจุดภายในท่อมีค่าคงที่

นั่นคือ $$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh = \text{ค่าคงที่}$$

$$P_1 + \frac{1}{2}\frac{mv_1^2}{V} + \frac{mgh_1}{V} = P_2 + \frac{1}{2}\frac{mv_2^2}{V} + \frac{mgh_2}{V}$$

หรือ $$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gh_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gh_2$$

เมื่อ P_1, P_2 คือ ความดันของของเหลวในท่อ ณ.จุดที่ 1 และจุดที่ 2 ตามลำดับ (N/m^2)

v_1, v_2 คือ อัตราเร็วของของเหลวในท่อ ณ.จุดที่ 1 และจุดที่ 2 ตามลำดับ (m/s)

h_1, h_2 คือ ความสูงจากพื้นถึงจุดศูนย์กลางท่อที่ 1 และจุดที่ 2 ตามลำดับ (m)

ρ คือ ความหนาแน่นของของเหลว

ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อจัดกลุ่มรูปแบบความเข้าใจของนักเรียน พบว่า

4.1.3.1 รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนก่อนเรียนในประเด็นเกี่ยวกับพลศาสตร์ของของไหล

จากคำตอบของนักเรียน ผู้วิจัยสามารถจัดกลุ่มรูปแบบความเข้าใจของนักเรียนในประเด็นเกี่ยวกับพลศาสตร์การไหลเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มที่ 1 ความดันและแรงดัน

รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มที่ 2 ความรู้วิทยาศาสตร์

รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มที่ 3 เทคโนโลยี

ดังที่ผู้วิจัยได้ทำการตีความและอภิปรายผลต่อไปนี้

รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มที่ 1 ความดันและแรงดัน

เหตุผลที่นักเรียนในกลุ่มนี้อธิบายว่าเพราะเหตุใดในสมัยโบราณชาวโรมันมีการวางรางน้ำให้อยู่บนที่สูงเพื่อลำเลียงน้ำจากแหล่งน้ำให้ไหลลงมายังชุมชน แต่ทำไมระบบน้ำประปาในปัจจุบันสามารถวางท่อน้ำในระดับพื้นดินเพื่อส่งน้ำให้กับชุมชนได้ นักเรียนได้ให้เหตุผลเกี่ยวกับการใช้ความรู้เรื่องความดันและแรงดันมาอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ดังคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

"เพราะในสมัยโรมันวางรางน้ำอยู่บนที่สูงทำให้มีแรงดันมาก ปัจจุบันมีการวางรางน้ำประปาในระดับพื้นดินก็เพราะว่า ที่วางบนพื้นดินมันจะให้แรงดันไม่มากเท่ากับในสมัยโรมัน เพราะมันอยู่ในระดับไม่แตกต่างกันกับน้ำ เพราะฉะนั้นจึงใช้แรงดันไม่มาก" เบญจมาศ

"ในสมัยโบราณ ชาวโรมันทำเป็นกำแพงซึ่งคิดว่าคงลำเลียงน้ำมาจากภูเขา ซึ่งแต่ละประเทศมีภูมิประเทศที่ต่างกัน ดังนั้นชาวโรมันจึงทำเป็นกำแพงเพื่อเป็นแนวระดับเดียวน้ำจะได้ไม่สะดุด ประปาในปัจจุบันมีการสร้างเป็นหอถังสูงเพื่อให้มีแรงดันสามารถวางท่อในระดับพื้นดินได้" เทวฤทธิ์

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

"ในสมัยก่อนมีการลำเลียงน้ำจากแหล่งน้ำโดยตรง ไม่ได้สูบน้ำไปเก็บไว้ แต่ในปัจจุบันมีการสูบน้ำไปเก็บไว้ที่ถังสูง ถังสูงจะช่วยเพิ่มแรงดันในการส่งน้ำ ดังนั้นจึงสามารถวางระบบท่อส่งน้ำไว้ใต้ดินได้" ชาญสุวัตร

"เพราะว่าน้ำประปาในปัจจุบันสามารถส่งน้ำให้แก่ชุมชน โดยทั่วถึงเหมือนกันกับสมัยก่อน มีแรงดันน้ำไหลไปทั่วทุกท่อที่ประชาชนวางได้" กัญญารัตน์

"ปัจจุบันนี้มีการสูบน้ำไปไว้บนหอสูง แล้วค่อยๆปล่อยน้ำลงสู่ที่ต่ำ เพื่อส่งน้ำให้กับชุมชน เพราะหอสูงจะช่วยเพิ่มแรงดันในการส่งน้ำนี้ ทำให้ส่งน้ำไปได้ไกลและทั่วถึง" เบญจมาศ

จากคำตอบของนักเรียนที่ได้อธิบายเกี่ยวกับระบบการส่งน้ำในสมัยโรมันและในปัจจุบัน นักเรียนได้ใช้แนวคิดเกี่ยวกับแรงดันและความดัน โดยได้อธิบายเกี่ยวกับการสูบน้ำขึ้นไปเก็บไว้บนหอถังสูงก่อนส่งน้ำให้ครัวเรือนได้ใช้ ซึ่งหอถังสูงทำหน้าที่เพื่อเพิ่มแรงดันในการจ่ายน้ำให้ผู้ใช้น้ำซึ่งผู้วิจัยคิดว่าการที่นักเรียนสามารถตอบได้เช่นนี้ แสดงว่านักเรียนมีการสังเกตระบบน้ำประปาในหมู่บ้านของนักเรียน ผู้วิจัยจึงตีความว่าผู้เรียนกลุ่มนี้มีรูปแบบความเข้าใจความดันและแรงดัน เนื่องจากในการส่งน้ำในปัจจุบันได้มีการวางท่อในระดับพื้นดิน เนื่องจากใช้แนวคิดเกี่ยวกับความดัน และพลศาสตร์ของของไหล ซึ่งนักเรียนที่มีรูปแบบความเข้าใจความดันและแรงดัน คิดเป็นร้อยละ 29.03 ของนักเรียนทั้งหมด

รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มที่ 2 ความรู้วิทยาศาสตร์

คำตอบของนักเรียนในกลุ่มนี้ได้อธิบายว่าในสมัยโบราณ ชาวโรมันยังไม่มีความรู้เรื่องของไหล ดังคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

"เพราะว่าปัจจุบันคนมีความรู้เรื่องของของไหล ทำให้ส่งน้ำไปยังที่ต่างๆในชุมชนได้" วราวรรณ

"เพราะในสมัยโบราณ ชาวโรมันไม่มีความรู้เรื่องการไหลของของไหลมากพอ" ทิพวรรณ

"ในสมัยก่อน วิศวกรคงยังไม่มีความรู้เรื่องการไหลของของไหลมากพอ เพราะในปัจจุบันเราวางท่อน้ำในพื้นดินก็สามารถส่งน้ำได้ทั่วเมือง" สุภาพร

"ในสมัยก่อนวิศวกรคงยังไม่มีความรู้เรื่องเกี่ยวกับของไหล ในปัจจุบันสามารถวางท่อน้ำในพื้นดินเพื่อส่งน้ำให้กับชุมชนได้แล้ว" วิภาวรรณ

จากเหตุผลของนักเรียนข้างต้นนั้นจะเห็นว่านักเรียนพยายามอธิบายว่าในสมัยโบราณ ชาวโรมันมีการวางรางน้ำให้อยู่บนที่สูงเพื่อลำเลียงน้ำจากแหล่งน้ำให้ไหลลงมา

ยังชุมชน แต่ทำไมระบบน้ำประปาในปัจจุบันสามารถวางท่อน้ำในระดับพื้นดินเพื่อส่งน้ำให้กับชุมชนได้ เป็นเพราะว่าในสมัยโบราณคนยังไม่มีความรู้เรื่องของไหล แต่ในปัจจุบันเรามีความรู้เรื่องของไหล และนำความรู้ไปออกแบบสร้างระบบการส่งน้ำที่สามารถวางท่อน้ำในระดับพื้นดินได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงตีความรูปแบบความเข้าใจของนักเรียนในกลุ่มนี้ว่า ความรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งพบว่านักเรียนร้อยละ 32.26 มีรูปแบบความเข้าใจความรู้วิทยาศาสตร์

รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มที่ 3 เทคโนโลยี

นักเรียนในกลุ่มนี้ได้อธิบายเกี่ยวกับระบบการส่งน้ำในสมัยโรมัน และสมัยปัจจุบัน โดยอธิบายถึง วิธีการสร้างระบบการส่งน้ำที่เหมาะสมกับสภาพปัจจุบัน ดังคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

"เพราะปัจจุบันความต้องการใช้น้ำมีมาก จึงต้องมีวิธีที่จะส่งน้ำได้อย่างรวดเร็ว สะดวก เพื่อสนองความต้องการของผู้ใช้" กมลรัตน์

"เพราะการวางน้ำให้อยู่บนที่สูง จะทำให้ระบบการส่งน้ำส่งน้ำได้ช้าแล้วมีการพัฒนาการสร้างระบบน้ำประปาให้สามารถวางท่อน้ำในระดับพื้นดินเพื่อส่งน้ำให้กับชุมชนได้เร็วและสะดวกกว่าการวางรางน้ำให้อยู่บนที่สูง" รำไพ

"เพราะในสมัยนี้มันทันสมัยและการวางท่อในระดับพื้นดินนั้นสามารถจ่ายน้ำได้รวดเร็วและสะดวกกว่าการส่งน้ำแบบสมัยโรมัน" เนาวรัตน์

จากเหตุผลของนักเรียนที่ได้อธิบายว่าในปัจจุบันสามารถวางท่อน้ำในระดับพื้นดินเพื่อส่งน้ำให้กับชุมชนได้เพราะว่า ต้องออกแบบสร้างระบบการส่งน้ำทีเหมาะสมกับสภาพการใช้น้ำ โดยที่นักเรียนไม่ได้มีการอธิบายว่าใช้ความรู้วิทยาศาสตร์อะไร ดังนั้นผู้วิจัยจึงจัดกลุ่มรูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มนี้ว่า นักเรียนมีรูปแบบความเข้าใจเทคโนโลยี ซึ่งพบว่านักเรียนที่มีรูปแบบความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยี คิดเป็นร้อยละ 38.71

4.1.1.2 รูปแบบความเข้าใจหลังเรียนของนักเรียนในประเด็นเกี่ยวกับพลศาสตร์ของไหล

หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์ สังคม และเทคโนโลยีของ Yuenyong (2006) แล้วผู้วิจัยนำแบบสอบถามประเด็นเดิมให้นักเรียนตอบคำถาม เมื่อนักเรียนตอบคำถามเสร็จสิ้นผู้วิจัยทำการอ่านคำตอบของนักเรียนอย่างคร่าวๆ หนึ่งรอบก่อน หลังจากนั้นทำการอ่านคำตอบของนักเรียนอีกครั้งและสามารถจัดกลุ่มรูปแบบความเข้าใจของนักเรียนได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มที่ 1 ความดันและแรงดัน

รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มที่ 2 ความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ดังที่ผู้วิจัยได้ทำการตีความต่อไปนี้

รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มที่ 1 ความดันและแรงดัน

เมื่ออ่านคำตอบของนักเรียนที่ได้ตอบคำถามในประเด็นเกี่ยวกับพลศาสตร์ของไหล หลังจากที่ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมแล้ว พบว่า นักเรียนที่อธิบายการที่ปัจจุบันมีการวางท่อส่งน้ำในระดับพื้นดินได้เพราะได้มีการสูบน้ำขึ้นไปเก็บไว้ในถังสูงเพื่อทำหน้าที่เพิ่มแรงดันให้กับของเหลว มีจำนวนมากถึงร้อยละ 83.87 ซึ่งผู้วิจัยจัดกลุ่มรูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มนี้ว่านักเรียนมีรูปแบบความเข้าใจเกี่ยวกับมโนมติวิทยาศาสตร์ ดังคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

"เพราะในปัจจุบันได้มีการสร้างหอส่งน้ำโดยสูบน้ำให้ขึ้นไปอยู่ในหอสูงส่งน้ำ แล้วปล่อยลงมา เพิ่มแรงดันในการส่งน้ำสู่ชุมชน เพื่อให้ชุมชนได้ใช้น้ำอย่างทั่วถึง

ปฏิภาณ ป้องศรี "เพราะในสมัยโบราณนั้นยังไม่มีเครื่องมือสำหรับใช้ดูดน้ำ แต่ในสมัยปัจจุบันมีเครื่องมือที่ทันสมัย ซึ่งมีกำลังแรงดันมาก สามารถนำน้ำที่อยู่ในบาดาลขึ้นมาใช้ได้" กมลรัตน์

"เพราะว่าปัจจุบันนี้ได้มีการผลิตเครื่องสูบน้ำขึ้นมา การส่งน้ำก็จะมีแรงดันส่งน้ำไปตามชุมชนได้อย่างง่ายดาย" สราวุฒิ

"เพราะว่าในปัจจุบันมีการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องความดันของของเหลวและเรื่องของการไหลของของเหลวมากขึ้น จึงทำให้ปัจจุบันมีการใช้วิธีการต่างๆ เกี่ยวกับเรื่องเหล่านี้มาใช้ในการวางท่อน้ำในระดับพื้นดินได้โดยไม่ต้องมีการวางรางน้ำในระดับสูง" ศิวพงษ์

"เพราะในสมัยโบราณนักวิทยาศาสตร์ยังไม่ค้นพบกฎของการไหลและในสมัยนี้ที่ระบบน้ำประปาสามารถวางท่อน้ำในระดับได้เพื่อส่งให้กับชุมชนได้ก็เพราะ ของไหลสามารถไหลในระดับพื้นดินได้เมื่อเพิ่มแรงดันน้ำก็จะถูกส่งไปยังที่ต่างๆให้เราใช้ในชุมชนได้ง่ายกว่าในสมัยโบราณ" รำไพ

"เพราะในปัจจุบัน จะสูบน้ำจากใต้ดินขึ้นไปไว้ที่สูงๆหรือหอสูง แล้วปล่อยน้ำลงมาตามท่อ โดยใช้ความดันก็จะทำให้น้ำไหลผ่านไปทุกๆจุดค่ะ" จักรกฤษ

รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนกลุ่มที่ 2 ความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

นักเรียนร้อยละ 16.13 มีการตอบคำถามในประเด็นเกี่ยวกับพลศาสตร์ของของไหล โดยได้อธิบายว่า เหตุที่ในสมัยโรมันมีการสร้างระบบการส่งน้ำเป็นกำแพงสูง เป็นเพราะในอดีตยังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับของไหล ซึ่งในสมัยโบราณนั้นไม่มีใครเข้าใจเรื่องของความดันในของเหลว จึงมีความเชื่อว่าน้ำต้องไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำเสมอ แต่ปัจจุบันได้มีการสร้างระบบการส่งน้ำโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงตีความว่านักเรียนในกลุ่มนี้มีรูปแบบความเข้าใจ การรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ดังคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

"เนื่องจากสมัยนั้นมนุษย์ยังไม่มีหลักการเกี่ยวกับการวางท่อประปา ซึ่งชาวโรมันอาจคิดว่าน้ำต้องไหลจากที่สูงลงมาสู่ที่ต่ำ แต่ปัจจุบันเรามีวิวัฒนาการและหลักการมากกว่าสมัยโบราณจึงคิดหาวิธีวางท่อประปาที่พื้นดินได้" ฐิติมา

"แต่ก่อนสมัยโรมันยังไม่มีความรู้เรื่อง ของไหล จึงสร้างเป็นกำแพงสูง แต่ในสมัยนี้มีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี วิศวกรจึงคิดสร้างระบบน้ำประปาวางท่อในระดับพื้นดินได้เพื่อส่งน้ำให้กับชุมชนได้" ทิพวรรณ

"เพราะในสมัยโบราณนั้นยังไม่มีการศึกษาของไหล จึงได้สร้างระบบส่งน้ำเป็นกำแพงสูง ซึ่งแตกต่างจากสมัยปัจจุบันได้มีการศึกษาเรื่องของไหลอย่างชัดเจน และอีกอย่างคือ การวางท่อในดินเป็นการประหยัดพื้นที่" เทวฤทธิ์

จากผลการตีความเพื่อจัดกลุ่มรูปแบบความเข้าใจของนักเรียนในประเด็นเกี่ยวกับพลศาสตร์ของของไหลก่อนเรียนและหลังเรียน แล้วนำผลการวิเคราะห์มาเปรียบเทียบร้อยละได้ผลดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงร้อยละของรูปแบบความเข้าใจของนักเรียนในประเด็นเกี่ยวกับพลศาสตร์ของของไหลก่อนเรียนและหลังเรียน

รูปแบบความเข้าใจ	ก่อนเรียน		หลังเรียน	
	ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
ความดันและแรงดัน	9	29.03	26	83.87
ความรู้วิทยาศาสตร์	10	32.26	-	-
เทคโนโลยี	12	38.71	-	-
ความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	-	-	5	16.13
รวม	**31**	**100**	**31**	**100**

จากตารางจะเห็นว่า รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนในประเด็นเกี่ยวกับพลศาสตร์ของของไหลก่อนการจัดการเรียนรู้นั้น นักเรียนมีรูปแบบความเข้าใจในประเด็นเกี่ยวกับพลศาสตร์การไหล 3 กลุ่ม คือ ความดันและแรงดัน, ความรู้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี คิดเป็นร้อยละ 29.03, 32.26 และ 38.71 ตามลำดับ แต่หลังจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม ของ Yuenyong (2006) พบว่านักเรียนมากถึงร้อยละ 83.87 มีรูปแบบความเข้าใจความดันและแรงดัน และนักเรียนบางส่วนคิดเป็นร้อยละ 16.13 มีรูปแบบความเข้าใจความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษารูปแบบความเข้าใจเรื่องของไหลในเนื้อหา ความหนาแน่น และความดันในของเหลว กับพลศาสตร์ของของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้รับการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม ของ Yuenyong (2006) ซึ่งเป็นแนวคิดในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในบริบทของประสบการณ์ของคน การเรียนการสอนตามแนวคิดนี้จะเน้นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกิดขึ้นจริงแทนการเรียนการสอนที่เริ่มต้นด้วยแนวคิดและกระบวนการ ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จัดการวิเคราะห์และประยุกต์ใช้แนวคิดและกระบวนการในสถานการณ์จริง ทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงการเรียนรู้ในห้องเรียนกับสถานการณ์จริงในสังคมท้องถิ่นของผู้เรียนได้ โดยเน้นเหตุการณ์หรือประเด็นที่กำลังเกิดขึ้นและพยายามให้ผู้เรียนหาคำตอบสำหรับเหตุการณ์นั้นๆ (ณัฐวิทย์ พจนตันติ, 2548) พบว่า ผลการจัดกลุ่มรูปแบบความเข้าใจในประเด็นเกี่ยวกับความหนาแน่น ความดันในของเหลว และพลศาสตร์ของของไหล ก่อนการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้ เป็นดังนี้

รูปแบบความเข้าใจในประเด็นเกี่ยวกับความหนาแน่นก่อนการจัดการเรียนรู้นั้น นักเรียนมีรูปแบบความเข้าใจ รูปทรงของวัตถุ คิดเป็นร้อยละ 51.62 ซึ่งมากที่สุด รองลงมาคือ แรงทางฟิสิกส์ ความหนาแน่น และการออกแบบ ตามลำดับ แต่หลังจากการจัดการเรียนรู้ พบว่านักเรียนมากถึงร้อยละ 70.97 มีรูปแบบความเข้าใจความหนาแน่น รองลงมาคือ แรงทางฟิสิกส์ และรูปทรงของวัตถุ ตามลำดับ

รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนในประเด็นเกี่ยวกับความดันในของเหลวก่อนการจัดการเรียนรู้นั้น นักเรียนมีรูปแบบความเข้าใจความดันในของเหลวขึ้นอยู่กับชนิดของของเหลวและความลึก คิดเป็นร้อยละ 45.16 รองลงมาคือ วามดันขึ้นอยู่กับความลึกของของเหลว กับความดันขึ้นอยู่กับชนิดของของเหลวและความเข้มข้นของสารในของเหลว ตามลำดับ แต่หลังจากการจัดการเรียนรู้ พบว่านักเรียนจำนวนมากถึงร้อยละ 83.87 มีรูปแบความเข้าใจความดันในของเหลวขึ้นอยู่กับชนิดของของเหลวและความลึก และรองลงมาคือ ความดันในของเหลวขึ้นอยู่กับความลึกของของเหลว และความดันในของเหลวขึ้นอยู่กับชนิดของของเหลวและความเข้มข้นของสารในของเหลว ตามลำดับ

รูปแบบความเข้าใจของนักเรียนในประเด็นเกี่ยวกับพลศาสตร์ของของไหลก่อนการจัดการเรียนรู้นั้น นักเรียนมีรูปแบบความเข้าใจในประเด็นเกี่ยวกับพลศาสตร์การไหล 3 กลุ่ม คือ ความดันและแรงดัน, ความรู้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี คิดเป็นร้อยละ 29.03, 32.26 และ 38.71 ตามลำดับ แต่หลังจากการจัดการเรียนรู้ พบว่านักเรียนมากถึงร้อยละ 83.87 มีรูปแบบความเข้าใจความดันและแรงดัน และนักเรียนบางส่วนคิดเป็นร้อยละ 16.13 มีรูปแบบความเข้าใจความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

จากผลดังกล่าวจะเห็นว่ารูปแบบความเข้าใจของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนมีความแตกต่างกัน กล่าวคือ หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้แล้วนักเรียนมีรูปแบบความเข้าใจเกี่ยวกับความหนาแน่นและความดันในของเหลว กับพลศาสตร์ของไหล ที่เป็นตัวแทนความคิดวิทยาศาสตร์มากขึ้น ดังเช่นรูปแบบความเข้าใจของนักเรียนในประเด็นเกี่ยวกับความหนาแน่น พบว่าก่อนการจัดการเรียนรู้นักเรียนมีรูปแบบความเข้าใจรูปทรงของวัตถุมากที่สุด แต่หลังจากการจัดการเรียนรู้แล้วผู้เรียนมีรูปแบบความเข้าใจความหนาแน่นมากที่สุด ซึ่งเป็นตัวแทนความคิดวิทยาศาสตร์ สำหรับรูปแบบความเข้าใจของนักเรียนในประเด็นเกี่ยวกับความดันในของเหลวก่อนเรียนและหลังเรียน นักเรียนมีรูปแบบความเข้าใจความดันในของเหลวขึ้นอยู่กับชนิดของของเหลวและความลึกซึ่งเป็นตัวแทนความคิดวิทยาศาสตร์เช่นเดียวกัน แต่จะเห็นว่าหลังจากการเรียนรู้นักเรียนมีรูปแบบความเข้าใจความดันในของเหลวขึ้นอยู่กับชนิดของของเหลวและความลึกมากขึ้นถึงร้อยละ 80 และสำหรับรูปแบบความเข้าใจของนักเรียนในประเด็นเกี่ยวกับ

พลศาสตร์ของของไหล ก่อนเรียนสามารถจัดกลุ่มรูปแบบความเข้าใจ ของนักเรียนได้เป็น 3 กลุ่ม แต่ภายหลังการจัดการเรียนรู้แล้วสามารถจัดกลุ่มรูปแบบความเข้าใจได้เพียง 2 กลุ่ม นั่นก็แสดงว่าเมื่อนักเรียนได้ร่วมเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ของ Yuenyong (2006) โดยนักเรียนได้มีการตั้งคำถามเกี่ยวกับสถานการณ์หรือประเด็นที่เกิดขึ้น แล้วพยายามหาทางแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนได้มีการสืบค้น หาความรู้จากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ และเมื่อนักเรียนมีความรู้แล้วนักเรียนสามารถนำความรู้นั้นมาตัดสินใจแก้ปัญหาหรือประเด็นทางสังคม ซึ่งจะเห็นว่าการจัดกิจกรรมตามแนวคิดดังกล่าวส่งเสริมให้นักเรียนได้พยายามทำความเข้าใจหรือสร้างความหมายจากสิ่งที่เรียนรู้ด้วยตนเอง แล้วสร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเอง ซึ่งสอดคล้องกับ ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ ที่ วรรณทิพา รอดแรงค้า (2540 อ้างถึงใน โชคชัย ยืนยง) ที่ได้กล่าวว่า "ความรู้" เป็นสิ่งชั่วคราว มีพัฒนาการ ไม่เป็นปรนัย และถูกสร้างขึ้นโดยมนุษย์ โดยอาศัยสื่อกลางทางสังคมและวัฒนธรรม เพื่อเป็นตัวแทนความคิด (Representation) ของความจริงที่เป็น reality ส่วน "การเรียนรู้" ถูกมองว่าเป็นกระบวนการที่สามารถควบคุมได้ด้วยตัวคน ๆ นั้นเอง ในการต้องสู้กับสถานการณ์และความขัดแย้งที่เกิดขึ้นระหว่างความรู้เดิมที่มีอยู่กับความรู้ใหม่ที่แตกต่างไปจากเดิม นั่นคือการเรียนรู้เป็นการสร้างตัวแทนใหม่ และสร้างโมเดล (Mental model) ของความจริง โดยคนเป็นผู้สร้างความหมายด้วยเครื่องมือและสัญลักษณ์ทางวัฒนธรรม และเป็นการประนีประนอมความหมายที่สร้างขึ้นโดยผ่านกิจกรรมทางสังคม ผ่านการร่วมมือแลกเปลี่ยนความคิดทั้งที่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วย

จากผลการศึกษาและจัดกลุ่มรูปแบบความเข้าใจของนักเรียนเรื่องของไหล ทำให้เราได้ทราบว่า ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีการเปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งธรรมชาติของความรู้วิทยาศาสตร์นั้นมีการพัฒนาผ่านกระบวนการทางสังคม การอภิปรายปัญหาต่างๆร่วมกันของนักวิทยาศาสตร์ กระบวนการทางสังคมช่วยให้ข้อค้นพบต่างๆของนักวิทยาศาสตร์เป็นความรู้สาธารณะทำให้ความรู้วิทยาศาสตร์มีความน่าเชื่อถือและสามารถอ้างอิงได้ แต่ภายใต้กระบวนการพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์จะทำให้เห็นว่าความรู้วิทยาศาสตร์มีการเปลี่ยนแปลงได้ จนมีคำกล่าวเกี่ยวกับความรู้วิทยาศาสตร์ว่า"สิ่งที่คุณเห็นและคิดว่าถูกต้องในวันนี้ อาจเป็นสิ่งที่ไม่ถูกต้องในอนาคตก็ได้" จะเห็นว่าภาพของความรู้วิทยาศาสตร์เป็นภาพของความรู้ที่เชื่อถือได้ในช่วงเวลาหนึ่งๆไม่ได้เป็นความจริงตลอดไป แต่มีการเปลี่ยนแปลงเพราะนักวิทยาศาสตร์ มีการตรวจสอบ และพัฒนาต่อเติมความรู้ให้มีความน่าเชื่อถือที่จะสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆตามกาละและเทศะ (Space and time) ที่เปลี่ยนไป ดังนั้น ถ้าการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นไปในแนวทางที่นักวิทยาศาสตร์ทำน่าจะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายมากกว่าการเรียนเพื่อจำตัวความรู้อย่างเดียว (Claxton, 1991; Driver et al, 1996; Ziman, 1978 อ้างถึงใน

โชคชัย ยืนยง, 2551) สอดคล้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (กุศลิน มุสิกุล, 2551) วิทยาศาสตร์คือกระบวนการสร้างองค์ความรู้ ซึ่งประกอบด้วยการสังเกตปรากฏการณ์ต่างๆในธรรมชาติอย่างละเอียดรอบคอบเพื่อทำความเข้าใจปรากฏการณ์นั้นๆ ดังนั้นคำถามใหม่ๆจึงเกิดขึ้นต่อเนื่องตลอดเวลาอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ และส่งผลในการปรับปรุงหรือคิดค้นวิธีการใหม่ในการค้นหาคำตอบ ซึ่งการสังเกตครั้งใหม่อาจได้ข้อมูลที่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่แล้วที่ยังไม่สามารถอธิบายได้ แม้ว่าในมุมมองวิทยาศาสตร์นั้นไม่มีความจริงใดที่สัมบูรณ์ที่สุด (Absolute Truth) แต่ข้อมูลที่มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้นจะยิ่งทำให้มนุษย์เข้าใจปรากฏการณ์นั้นๆได้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากขึ้น

4.2 การคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่เกิดขึ้นระหว่างการจัดการเรียนรู้

การศึกษาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่เกิดขึ้นระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนเป็นภาพรวมตามการวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของ ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2539) ซึ่งแบ่งการวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านที่ 1 การวิเคราะห์ความสำคัญ ด้านที่ 2 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ และด้านที่ 3 การวิเคราะห์หลักการ

การจัดการเรียนรู้เรื่อง ของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ของ Yuenyong (2006) ผู้วิจัยได้ทำการจัดการเรียนรู้ โดยแบ่งเนื้อหาเป็น 2 ตอน ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-3 เป็นเนื้อหาความหนาแน่นและความดันในของเหลว แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4-6 เป็นเนื้อหาพลศาสตร์ของของไหล ซึ่งในแต่ละตอนของเนื้อหานั้นพบว่านักเรียนได้แสดงการคิดวิเคราะห์ออกมาในระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยขอนำเสนอภาพรวมการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนขณะร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ของ Yuenyong (2006) ดังต่อไปนี้

4.2.1 การคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่เกิดขึ้นระหว่างเรียนเรื่องความหนาแน่นและความดันตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-3

การจัดการเรียนรู้เนื้อหาความหนาแน่นและความดัน ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ของ Yuenyong (2006) โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 3 แผน เพื่อศึกษาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน พบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดดังกล่าวนี้ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ดังนี้

4.2.2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ขั้นระบุประเด็นทางสังคม (Identification of social issues stage) และขั้นระบุศักยภาพแนวทางการหาคำตอบ (Identification of potential solution)

การจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 นี้ ในขั้นระบุประเด็นทางสังคมนักเรียนได้อ่านข่าวเหตุการณ์เขื่อนแตกที่ประเทศอินโดนีเซียแล้วตั้งคำถามเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนจากคำถามที่นักเรียนถาม พบว่านักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ความสำคัญ ซึ่งนักเรียนได้แสดงพฤติกรรมบ่งชี้ว่านักเรียนได้ใช้ทักษะการจำแนก ในการพิจารณาเหตุการณ์เขื่อนแตกที่ประเทศอินโดนีเซียว่าเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นมีสาเหตุมาจากอะไร สิ่งที่สำคัญอยู่ในเรื่องราวนั้นคืออะไร ดังคำถามของนักเรียนต่อไปนี้

"เขื่อนแตกได้ยังไง เหตุใดน้ำจึงไหลทะลักเข้าหมู่บ้าน" นวรัตน์

"เขื่อนแตกเพราะเหตุใด สร้างเขื่อนไม่แข็งแรงพอหรือไม่ เขื่อนนี้ถูกสร้างขึ้นมารองรับน้ำได้น้อยไปหรือไม่" สราวุฒิ

"ทำไมเขื่อนถึงแตก ทำไมไม่มีเครื่องเตือนภัยก่อนว่าเขื่อนจะแตก"เบญจมาศ

"เพราะเหตุใดเขื่อนถึงแตก และเกิดจากสาเหตุใด อยากรู้ว่าค่าเสียหายทั้งหมดจากเหตุการณ์เขื่อนแตกเป็นจำนวนเงินเท่าไหร่" พิสิษฐ์

"สาเหตุที่ทำให้เขื่อนแตกในครั้งนี้เกิดจากอะไรบ้าง และจะมีวิธีป้องกันหรือระบบเตือนภัยป้องกันภัยอย่างไร ที่จะไม่ทำให้เกิดเหตุการณ์เช่นนี้อีก" อุกฤษฎ์

นอกจากนี้ในการตั้งคำถามของนักเรียนมีการเชื่อมโยงสิ่งที่สงสัยเป็นลำดับ มีการเรียงลำดับเหตุการณ์หรือเรื่องราว การระบุความสัมพันธ์ของส่วนสำคัญต่าง ๆ ของเรื่องราว แสดงว่านักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ ดังคำถามของนักเรียนต่อไปนี้

"ทำไมเขื่อนถึงแตก เวลาสร้างเขื่อนจะเลือกที่ตั้งยังไง เขื่อนนี่สร้างจากอะไร อะไรที่เป็นสาเหตุหลักสำคัญที่เขื่อนแตก เขื่อนที่ดีมีคุณภาพต้องเป็นยังไง เราจะมีวิธีป้องกันยังไง หรือมีสัญญาณอะไรบอก" จักรกฤษ

"ทำไมเขื่อนจึงแตก คลื่นสีน้ำตาลไหลทะลักใส่บ้านเรือนที่ตั้งอยู่พื้นที่ต่ำแล้วพื้นที่สูงจะมีผลกระทบหรือไม่ ทำไมผู้ประสบภัยจึงเปรียบเหตุที่เกิดเหมือนสึนามิ ทำไมเจ้าหน้าที่ไม่ตรวจดูสภาพเขื่อน" ศศิธร

"เขื่อนนี้สามารถกักเก็บน้ำได้มากน้อยเท่าไร ทำอย่างไรจึงจะเตือนภัยให้ชาวบ้านรู้ว่าเขื่อนกำลังจะแตก" นภาพร

"ก่อนที่เขื่อนจะแตก ไม่มีใครสังเกตความผิดปกติได้เลยเหรอ ไม่มีเครื่องเตือนภัยให้ชาวบ้านทราบก่อนเหรอ แล้วทำไมเมื่อฝนตกหนักๆต่อกัน ไม่มีใครกลัวกับเหตุการณ์นี้แล้วหาทางป้องกันเบื้องต้น เช่น อพยพไปอยู่ที่อื่น"
มงคลทิพย์

หลังจากนักเรียนทุกคนตั้งคำถามแล้ว นักเรียนทั้งหมดช่วยกันจัดกลุ่มคำถามที่สามารถหาคำตอบร่วมกันได้ แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีการคิดวิเคราะห์ความสำคัญและการคิดวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ ซึ่งในกิจกรรมดังกล่าวนักเรียนมีทักษะการจำแนก ทักษะการจัดหมวดหมู่ ทักษะการเชื่อมโยง กล่าวคือ นักเรียนสามารถจำแนกคำถามของเพื่อนแต่ละคนเพื่อนำคำถามของแต่ละคนมาจัดกลุ่มคำถามที่มีลักษณะคล้ายกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน และมีการเชื่อมโยงคำถามก่อนที่จะไปสู่การหาคำตอบเป็นลำดับ ซึ่งนักเรียนสามารถจัดกลุ่มคำถามได้เป็น 4 กลุ่มคำถาม คือ 1) สาเหตุที่ทำให้เขื่อนแตก 2) การป้องกันและการเตือนภัย 3) การออกแบบสร้างเขื่อน 4) ผลกระทบจากเขื่อนแตก และให้แต่ละกลุ่มระดมความคิดแนวทางการหาคำตอบ ซึ่งได้แนวทางในการหาคำตอบคือ การสืบค้นข้อมูลจากอินเตอร์เน็ต จากห้องสมุดโรงเรียนและห้องสมุดประชาชนอำเภอเมยวดี การสอบถามจากช่างโยธา ในเทศบาล

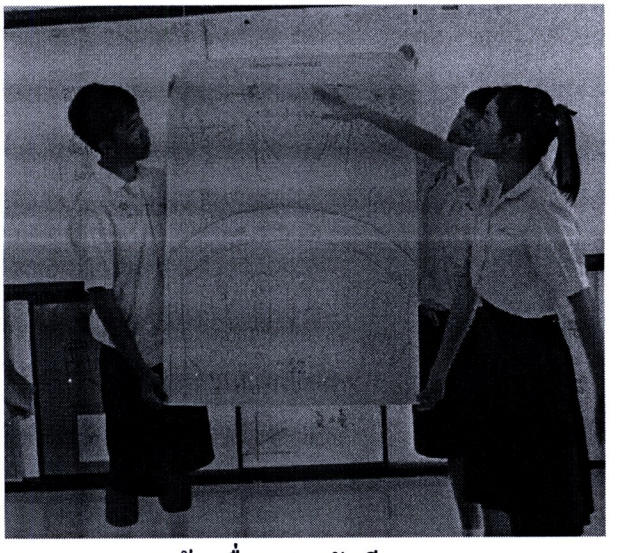
4.2.2.2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ขั้นต้องการความรู้ (Need for knowledge stage) เมื่อนำสู่บทเรียนโดยกล่าวถึงประเด็นในการสืบเสาะหาความรู้ว่า "พวกเราจะมีวิธีป้องกันและแก้ปัญหาเพื่อไม่ให้เขื่อนหรือฝายกั้นน้ำในชุมชนแตกอย่างไรบ้าง"แล้วร่วมกันอภิปรายและประมวลผลว่า จากข้อคำถาม จะต้องมีความรู้ฟิสิกส์ เรื่องใดบ้างในการอธิบาย จนได้ข้อสรุปร่วมกันว่า เรื่องความหนาแน่น ความดันในของเหลว, ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน ความลึกและความหนาแน่นของของเหลว, แรงที่น้ำกระทำต่อเขื่อนหรือประตูกั้นน้ำ แล้วในขั้นต้องการความรู้ได้มอบหมายให้นักเรียนทำการสืบค้นเรื่องความหนาแน่น ความดันในของเหลว, ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน ความลึกและความหนาแน่นของของเหลว, แรงที่น้ำกระทำต่อเขื่อนหรือประตูกั้นน้ำ และครูทำการชี้แนะเพิ่มเติมในการคำนวณหาปริมาณต่างๆที่เกี่ยวข้อง ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นนี้นักเรียนจะมีการคิดวิเคราะห์ด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์หลักการ กล่าวคือ นักเรียนมีการเชื่อมโยงเนื้อหา ความหนาแน่น, ความดันในของเหลว, ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน ความลึกและความหนาแน่นของของเหลว, แรงที่น้ำกระทำต่อเขื่อนหรือประตูกั้นน้ำ ซึ่งทุกเรื่องที่กล่าวมามีความสัมพันธ์กัน และนักเรียนต้องสามารถสรุปเนื้อหาที่ได้จากการศึกษาและมีการนำความรู้ หลักการและทฤษฎีมาใช้ในคำนวณในสถานการณ์ต่างๆ ที่ครูกำหนดให้ได้

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

4.2.2.3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ขั้นทำการตัดสินใจ (Decision-making stage) และขั้นกระบวนการทางสังคม (Socialization stage)

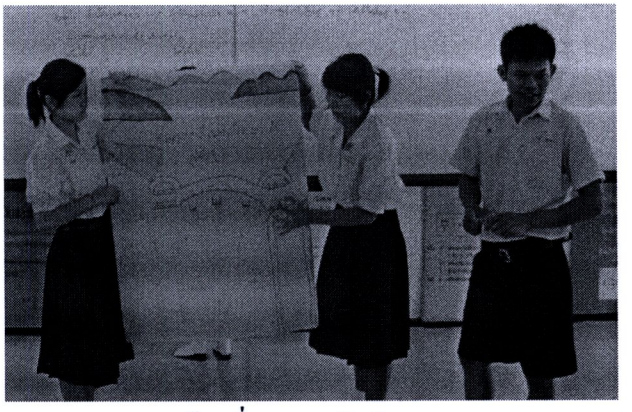
การจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 นักเรียนได้มีการระดมความคิดในการออกแบบการสร้างเขื่อน โดยใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ที่มีคือ ความรู้เกี่ยวกับเรื่องความหนาแน่น ความดันในของเหลว, ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน ความลึกและความหนาแน่นของของเหลว, แรงที่น้ำกระทำต่อเขื่อนหรือประตูกั้นน้ำ และนักเรียนต้องคำนึงประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นมากที่สุด และทำอย่างไรจึงจะไม่ให้เกิดเหตุการณ์ฝายกั้นน้ำ อ่างเก็บน้ำ หรือเขื่อนนั้นแตก โดยให้นักเรียนบอกเหตุผลในการตัดสินใจออกแบบสร้างเขื่อน หลังจากที่ให้นักเรียนออกแบบสร้างเขื่อนแล้วให้นักเรียนนำเสนองานการออกแบบ พร้อมทั้งให้เพื่อนๆสามารถตั้งคำถามเกี่ยวกับเขื่อนที่นักเรียนออกแบบได้

ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ในขั้นทำการตัดสินใจและขั้นกระบวนการทางสังคม นักเรียนจะมีความสามารถการคิดวิเคราะห์ทั้ง 3 ด้าน กล่าวคือ ในการออกแบบสร้างเขื่อนนักเรียนต้องจำแนกแยกแยะได้ว่าสิ่งใดบ้างที่จำเป็นและสำคัญที่สุดที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบสร้างเขื่อน นักเรียนมีการเชื่อมโยงความเป็นเหตุเป็นผล เช่น หากสร้างเขื่อนแบบนี้แล้วจะเกิดผลอย่างไรบ้าง มีการเชื่อมโยงความรู้จนสรุปเป็นหลักการที่ใช้ในการออกแบบการสร้างเขื่อน ซึ่งสิ่งที่กล่าวมานั้นผู้วิจัยได้ทำการสังเกตแบบมีส่วนร่วมโดยแฝงตัวเข้าไปในกลุ่มนักเรียนขณะที่นักเรียนร่วมมือกันออกแบบสร้างเขื่อน โดยทำการอัดเสียงการสนทนาและการนำเสนอผลงานในห้องเรียน ตัวอย่างการนำเสนอและบทสนทนาที่ชี้ให้เห็นว่านักเรียนมีการคิดวิเคราะห์แสดงดังภาพที่ 7 และ 8 ต่อไปนี้



ภาพที่ 9 การนำเสนอการออกแบบสร้างเขื่อนของนักเรียน

" เขื่อนของเราเป็นเหมือนโครงการแก้มลิง ที่รองรับน้ำจากแม่น้ำสายต่างๆ มากักเก็บไว้ เขื่อนของเราเป็นแบบโค้ง เพราะช่วยลดแรงดันของน้ำที่กระทำกับสันเขื่อน ถ้าน้ำมากๆ จะระบายน้ำออกตรงท่อระบาย และมีเสาตรวจระดับน้ำ ถ้าระดับน้ำที่เกิน จะมีตัวส่งสัญญาณเตือน" กมลรัตน์และเพื่อนๆ



ภาพที่ 10 การนำเสนอการออกแบบสร้างเขื่อนของนักเรียน

"เขื่อนของเราเป็นเขื่อนคอนกรีตที่มีความแข็งแรงนะคะ เขื่อนจะรองรับน้ำที่อยู่บริเวณสันเขื่อน มีช่องระบายน้ำอยู่บริเวณขอบของเขื่อนเพื่อปล่อยน้ำให้พื้นที่การเกษตร มีพื้นที่สำหรับการท่องเที่ยวอยู่บริเวณสันเขื่อน ด้านล่างมีหมู่บ้านมีคนอาศัยอยู่ มีอาคารควบคุมการทำงานของเขื่อน เพื่อคอยตรวจสอบ ดูแล และแจ้งภัยด้วยค่ะ เขื่อนของเรามีความปลอดภัยแน่นอนค่ะ เพราะเราได้คำนวณแรงที่กระทำต่อเขื่อนแต่ละด้านแล้ว รับรองว่าเขื่อนไม่แตกแน่นอนค่ะ" รัชดาและเพื่อนๆ

จากการศึกษาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนเรื่องความหนาแน่นและความดันในของเหลว ระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ส่งผลให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ทั้ง 3 ด้าน ดังตารางแสดงที่ 8

ตารางที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการเรียนรู้เนื้อหาความหนาแน่นและความดันในของเหลวและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	**การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STS ของ Yuenyong (2006)**	**ความสามารถในการคิดวิเคราะห์**
1	1. ขั้นระบุประเด็นทางสังคม (Identification of social issues stage) ประเด็น พวกเราจะมีวิธีป้องกันและแก้ปัญหาเพื่อไม่ให้เขื่อนหรือฝายกั้นน้ำในชุมชนแตกอย่างไรบ้าง - ครูนำรูปตัวอย่างเขื่อนในประเทศไทยให้นักเรียนดู ให้นักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับประโยชน์ และโทษของการสร้างเขื่อน - ครูให้นักเรียนดูภาพและอ่านข่าวเหตุการณ์ “เขื่อนแตกที่ประเทศอินโดนีเซีย” ที่ทำให้เกิดการสูญเสียทรัพย์สินและส่งผลกระทบต่อจิตใจของผู้ประสบภัย ครูเชื่อมโยงเหตุการณ์นี้เข้ากับเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำที่อยู่ใกล้ตัว คือ อ่างเก็บน้ำวังนอง ที่ อ. เมยวดี หากอ่างเก็บน้ำวังนองประสบกับเหตุการณ์เช่นนี้ ถามนักเรียนว่ารู้สึกอย่างไร และมีคำถามอะไรเกี่ยวกับเหตุการณ์นี้บ้าง เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถามที่เป็นประเด็นทางสังคมเนื่องมาจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	วิเคราะห์ความสำคัญ -การจำแนก - การจัดหมวดหมู่ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ - การเชื่อมโยง

Yuenyong (2006)

ตารางที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการเรียนรู้เนื้อหาความหนาแน่นและความดันในของเหลวและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STS ของ Yuenyong (2006)	ความสามารถในการคิดวิเคราะห์
	- นักเรียนช่วยกันตั้งคำถามที่สนใจเกี่ยวกับข่าวเขื่อนแตกที่อินโดนีเซีย ที่จะสามารถนำไปหาคำตอบโดยใช้ความรู้ในเรื่องความหนาแน่นและความดันในของเหลว 2. ขั้นระบุศักยภาพแนวทางการหาคำตอบ (Identification of potential solution) - ให้นักเรียนจัดกลุ่มคำถามที่มีความใกล้เคียงที่สามารถหาคำตอบร่วมกันได้ - ระดมความคิด เพื่อค้นหาว่าในกลุ่มของตนมีความรู้อะไรบ้างที่จะนำมาหาแนวทางการหาคำตอบในแต่ละข้อที่ได้จัดกลุ่มไว้ นำเสนอวิธีการคร่าว ๆ ในการค้นหาคำตอบที่ได้ตั้งเอาไว้ - นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนองาน ครูให้คำแนะนำว่าต้องทำอะไรเพิ่มบ้าง หรือบางสิ่งที่ไม่เหมาะสม หรืออาจจะเป็นอันตรายแก่การสืบเสาะหาคำตอบ ควรเปลี่ยนวิธีที่เหมาะสม	
2	3. ขั้นต้องการความรู้ (Need for knowledge stage) - ครูและนักเรียนร่วมกันทบทวนเกี่ยวกับประเด็นในการสืบเสาะหาความรู้ว่า “พวกเราจะมีวิธีป้องกันและแก้ปัญหาเพื่อไม่ให้เขื่อนหรือฝายกั้นน้ำในชุมชนแตกอย่างไรบ้าง”แล้วร่วมกันอภิปรายและประมวลผลว่าจากข้อคำถาม จะต้องมีความรู้ฟิสิกส์ เรื่องใดบ้างในการอธิบาย - นักเรียน สำรวจ สืบค้น ศึกษา ความหนาแน่น, ความดันในของเหลว, ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน ความลึกและความหนาแน่นของของเหลว, แรงที่น้ำกระทำต่อเขื่อนหรือประตูกั้นน้ำ	วิเคราะห์ความสัมพันธ์ - การเชื่อมโยง วิเคราะห์หลักการ - การสรุปความ - การประยุกต์

Yuenyong (2006)

ตารางที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการเรียนรู้เนื้อหาความหนาแน่นและความดันในของเหลวและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STS ของ Yuenyong 2006	ความสามารถในการคิดวิเคราะห์
	- ครูชี้แนะความรู้เพิ่มเติมใน การคำนวณปริมาณต่างๆ - มอบหมายให้นักเรียนแต่ละกลุ่มไปศึกษาเกี่ยวกับเขื่อนนอกเวลาเรียน โดยอาจไปศึกษากับเจ้าหน้าที่ที่ดูแลอ่างเก็บน้ำวังนอง อ.เมยวดี เจ้าหน้าที่โยธาใน อบต. หรือผู้รู้ในเรื่องของการก่อสร้างฝายในชุมชน	
3	4. ขั้นทำการตัดสินใจ (Decision-making stage) - ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอสิ่งที่ได้ไปสืบค้นเพิ่มเติมนอกห้องเรียน - นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมสมองออกแบบการสร้าง เขื่อน โดย นำความรู้เรื่องความหนาแน่น ความดันในของเหลว ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน ความลึกและความหนาแน่นของของเหลว แรงที่น้ำกระทำต่อเขื่อนหรือประตูกั้นน้ำมาใช้ และมีแผนการปฏิบัติงานอย่างไรให้ฝายกั้นน้ำ อ่างเก็บน้ำ หรือเขื่อนที่สร้างขึ้นก่อ เกิดผลดีมากที่สุด และทำอย่างไรจึงจะไม่ให้เกิดเหตุการณ์ฝายกั้นน้ำ อ่างเก็บน้ำ หรือเขื่อนนั้นแตก โดยให้นักเรียนบอกเหตุผลในการตัดสินใจออกแบบ 5. ขั้นกระบวนการทางสังคม (Socialization stage) - นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอสิ่งที่นักเรียนได้ออกแบบการสร้างเขื่อนในห้องเรียน ครูและเพื่อนๆ ในห้องแสดงความคิดเห็น เสนอแนะเพิ่มเติม - ให้นักเรียนนำผลงานของตนไปเผยแพร่ให้กับคนอื่นๆ โดยอาจช่วยกันจัดบอร์ด เกี่ยวกับประโยชน์โทษ ของการสร้างอ่างเก็บน้ำ หรือเขื่อน	วิเคราะห์ความสำคัญ - การจำแนก - การจัดหมวดหมู่ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ - การเชื่อมโยง วิเคราะห์หลักการ - การสรุปความ - การประยุกต์

Yuenyong (2006)

4.2.2 การคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่เกิดขึ้นระหว่างเรียนเรื่องพลศาสตร์ของของไหล ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4-6

การจัดการเรียนรู้เนื้อหาความหนาแน่นและความดัน ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ของ Yuenyong (2006) โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 3 แผน เพื่อศึกษาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน พบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดดังกล่าวนี้ ส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ทั้ง 3 ด้าน โดยผู้วิจัยได้วิเคราะห์พฤติกรรมที่บ่งชี้ว่านักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ดังนี้

4.2.2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ขั้นระบุประเด็นทางสังคม (Identification of social issues stage) และขั้นระบุศักยภาพแนวทางการหาคำตอบ (Identification of potential solution)

การจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 นี้ ในขั้นระบุประเด็นทางสังคมนักเรียนได้ดูภาพระบบส่งน้ำในสมัยโรมันและระบบส่งน้ำในปัจจุบันแล้วตั้งคำถามเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนจากคำถามที่นักเรียนถาม พบว่า

นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ความสำคัญ ซึ่งนักเรียนได้แสดงพฤติกรรมบ่งชี้ว่านักเรียนได้ใช้ทักษะการจำแนก เป็นคำถามเกี่ยวกับการจำแนกแยกแยะระบบน้ำประปา มีการจำแนกเรื่องราวความเป็นเหตุเป็นผลของการสร้างระบบการส่งน้ำ ดังคำถามของนักเรียนต่อไปนี้

"ระบบประปาสามารถส่งได้กี่แบบ สมัยก่อนทำไมวิศวกรจึงสร้างท่อประปาบนกำแพง" ฐิติมา

"เวลาปล่อยน้ำเขาจะปล่อยไปอย่างไร ทำไมต้องสร้างถังสูงขนาดนี้ ถังแบบนี้มันมีกี่ประเภท แล้วแต่ละประเภททำงานเหมือนกันหรือไม่"เนาวรัตน์

นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ โดยนักเรียนตั้งคำถามที่บ่งชี้ว่านักเรียนใช้ทักษะการเชื่อมโยง เป็นคำถามการเชื่อมโยงระบบการส่งน้ำในสมัยโรมันกับระบบการส่งน้ำในปัจจุบัน ดังคำถามของนักเรียนต่อไปนี้

"ทำไมน้ำที่ใช้ชุมชนต้องวางท่อสูงขนาดนี้ ทำไมต้องมีการสร้างกำแพงเพื่อส่งน้ำ แล้วทำไมในปัจจุบันถึงวางท่อในระดับพื้นดินได้" อาทิตย์

"ทำไมไม่วางระบบท่อส่งน้ำไว้ใต้ดินเหมือนในปัจจุบัน ทำไมต้องเอาหินสร้างเป็นท่อน้ำ ใช้อย่างอื่นแทนได้หรือไม่ มีวิธีการส่งน้ำอย่างไร"ชาญสุวัตร

"ทำไมประปาโบราณจึงทำเป็นกำแพงสูง ทำไมสมัยก่อนและสมัยปัจจุบันไม่เหมือนกัน" เทวฤทธิ์

นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลักการคือ การถามคำถามเกี่ยวกับหลักการ ในการสร้างระบบการส่งน้ำ ดังคำถามของนักเรียนต่อไปนี้

"การที่สร้างกำแพงสูงเพื่อส่งน้ำนี้ จะไม่ต้องใช้แรงดันในการส่งน้ำเพิ่มขึ้นเหรอ"เบญจมาศ

"หลักการทำงานของหอถังสูงเป็นอย่างไร การออกแบบสร้างจะออกแบบอย่างไร"สุภาพร

"ทำไมถึงสร้างกำแพงให้สลับซับซ้อนด้วย ทำไมถึงสร้างระบบน้ำประปาสูงกว่าพื้นดิน หลักการทำงานที่สูบน้ำขึ้นไปทำงานอย่างไรคะ" รัชดา

"ทำไมต้องสร้างสูง ต้องสร้างยังไง ระบบของมันเป็นยังไง เราต้องออกแบบวางแผนยังไง สร้างเพื่ออะไร สร้างทำไม"จักรกฤษ

หลังจากนักเรียนทุกคนตั้งคำถามแล้วให้นักเรียนช่วยกันจัดกลุ่มคำถาม ซึ่งจัดได้เป็น 3 กลุ่มคำถามคือ 1) เหตุผลที่สร้างระบบการส่งน้ำแบบกำแพงในสมัยโรมันและการสร้างหอถังสูงในระบบน้ำประปา 2) การออกแบบสร้างระบบการส่งน้ำ 3) หลักการทำงานของหอถังสูงในระบบน้ำประปา ให้แต่ละกลุ่มระดมความคิดแนวทางการหาคำตอบ ซึ่งได้แนวทางในการหาคำตอบคือ การสืบค้นข้อมูลจากอินเตอร์เน็ต จากห้องสมุดโรงเรียนและห้องสมุดประชาชนอำเภอเมยวดี การสอบถามจากช่างโยธา ในเทศบาล จากกิจกรรมการจัดกลุ่มคำถามดังกล่าว นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ความสำคัญโดยมีทักษะการจำแนกคือ สามารถจำแนกคำถามของเพื่อนนักเรียนแต่ละคนเพื่อนำคำถามของแต่ละคนมาจัดกลุ่มคำถามที่มีลักษณะคล้ายกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน และนักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หาความสัมพันธ์โดยมีทักษะการเชื่อมโยงคือมีการเชื่อมโยงคำถามก่อนที่จะไปสู่การหาคำตอบ

4.2.2.2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ขั้นต้องการความรู้ (Need for knowledge stage) เมื่อนำสู่บทเรียนโดยกล่าวถึงประเด็นในการสืบเสาะหาความรู้ว่า "นักเรียนจะมีวิธีการอย่างไรในการส่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำวังนอง ให้ทั่วถึงแม้ในพื้นที่ที่อยู่ห่างไกล"แล้วร่วมกันอภิปรายและประมวลผลว่า จากข้อคำถาม จะต้องมีความรู้ฟิสิกส์ เรื่องใดบ้างในการอธิบาย จนได้ข้อสรุปร่วมกันว่า เรื่องพลศาสตร์ของของไหล แล้วในขั้นต้องการความรู้ได้มอบหมายให้นักเรียนทำการสืบค้นเรื่องพลศาสตร์ของของไหล และครูทำการชี้แนะเพิ่มเติมในการคำนวณหาปริมาณต่างๆที่เกี่ยวข้อง ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นนี้นักเรียนจะมีการคิดวิเคราะห์ด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์หลักการ กล่าวคือ นักเรียนมีการเชื่อมโยงเนื้อหา พลศาสตร์

ของของไหล ซึ่งทุกเรื่องที่กล่าวมามีความสัมพันธ์กัน และนักเรียนต้องสามารถสรุปเนื้อหาที่ได้จากการศึกษาและมีการนำความรู้ หลักการและทฤษฎีมาใช้ในคำนวณในสถานการณ์ต่างๆ ที่ครูกำหนดให้ได้

4.2.2.3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ขั้นทำการตัดสินใจ (Decision-making stage) และขั้นกระบวนการทางสังคม (Socialization stage)

การจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 นักเรียนได้มีการระดมความคิดในการคิดหาวิธีการส่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำวังนองไปยังพื้นที่ที่ไกลออกไป โดยใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ที่มีคือ ความรู้เกี่ยวกับพลศาสตร์ของของไหล และนักเรียนต้องคำนึงประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นต่อชุมชนมากที่สุด โดยให้นักเรียนบอกเหตุผลในการตัดสินใจในการใช้วิธีการที่ตกลงกันในกลุ่มว่านักเรียนจะใช้วิธีการส่งน้ำอย่างไร แล้วให้นักเรียนนำเสนอผลการตัดสินใจ พร้อมทั้งให้เพื่อนๆ สามารถตั้งคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่ตัดสินใจได้ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ในขั้นทำการตัดสินใจและขั้นกระบวนการทางสังคม นักเรียนจะมีความสามารถการคิดวิเคราะห์ทั้ง 3 ด้าน กล่าวคือ ในการระดมความคิดในการคิดหาวิธีการส่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำวังนองไปยังพื้นที่ที่ไกลออกไป นักเรียนต้องจำแนกแยกแยะได้ว่าสิ่งใดบ้างที่จำเป็นและสำคัญที่สุดที่ควรคำนึงถึงในการส่งน้ำ นักเรียนมีการเชื่อมโยงความเป็นเหตุเป็นผล เช่น นักเรียนมีเหตุผลอย่างไร จึงตัดสินใจในการเลือกวิธีการส่งน้ำ วิธีการส่งน้ำของนักเรียนคำนึงถึงประโยชน์ที่เกิดขึ้นคืออะไร มีการเชื่อมโยงความรู้จนสรุปเป็นหลักการที่ใช้ในตัดสินใจเลือกวิธีการส่งน้ำ จนนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันของนักเรียนได้

จากการศึกษาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้เรื่องพลศาสตร์ของของไหล ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ส่งผลให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ทั้ง 3 ด้าน ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการเรียนรู้เนื้อหาพลศาสตร์ของของไหลและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STS ของ Yuenyong 2006	ความสามารถในการคิดวิเคราะห์
1	1. ขั้นระบุประเด็นทางสังคม (Identification of social issues stage) ประเด็น นักเรียนจะมีวิธีการอย่างไรในการส่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำวังนอง ให้ทั่วถึงแม้ในพื้นที่ที่อยู่ห่างไกล - ครูนำรูประบบการส่งน้ำในสมัยโรมัน ที่สร้างให้มีลักษณะเหมือนกำแพงเมืองให้นักเรียนดู หลังจากนั้นครูนำรูประบบการสร้างประปา และการส่งน้ำประปาไปยังครัวเรือนให้นักเรียนดู - ครูให้นักเรียนช่วยกันตั้งคำถามสิ่งที่สงสัยเกี่ยวกับระบบส่งน้ำในสมัยโรมันและระบบการส่งน้ำในปัจจุบัน ที่จะสามารถนำไปหาคำตอบโดยใช้ความรู้ในเรื่องพลศาสตร์ของของไหล 2. ขั้นระบุศักยภาพแนวทางการหาคำตอบ (Identification of potential solution) - ให้นักเรียนจัดกลุ่มคำถามที่มีความใกล้เคียงที่สามารถหาคำตอบร่วมกันได้ - ระดมความคิด เพื่อค้นหาว่าในกลุ่มของตนมีความรู้อะไรบ้างที่จะนำมาหาแนวทางการหาคำตอบในแต่ละข้อที่ได้จัดกลุ่มไว้ นำเสนอวิธีการคร่าว ๆ ในการค้นหาคำตอบที่ได้ตั้งเอาไว้ - นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนองาน ครูให้คำแนะนำว่าต้องทำอะไรเพิ่มบ้าง หรือบางสิ่งที่ไม่เหมาะสม หรืออาจจะเป็นอันตรายแก่การสืบเสาะหาคำตอบ ควรเปลี่ยนวิธีที่เหมาะสม	วิเคราะห์ความสำคัญ -การจำแนก -การจัดหมวดหมู่ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ - การเชื่อมโยง วิเคราะห์หลักการ - การสรุปความ - การประยุกต์

Yuenyong (2006)

ตารางที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการเรียนรู้เนื้อหาพลศาสตร์ของของไหลและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STS ของ Yuenyong 2006	ความสามารถในการคิดวิเคราะห์
2	3. ขั้นต้องการความรู้ (Need for knowledge stage) - ครูและนักเรียนร่วมกันทบทวนเกี่ยวกับประเด็นในการสืบเสาะหาความรู้ว่า "นักเรียนจะมีวิธีการอย่างไรในการส่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำวังนอง ให้ทั่วถึงแม้ในพื้นที่ที่อยู่ห่างไกล"แล้วร่วมกันอภิปรายและประมวลผลว่า จากข้อคำถาม จะต้องมีความรู้ฟิสิกส์เรื่องใดบ้างในการอธิบาย - นักเรียน สำรวจ สืบค้น ศึกษาพลศาสตร์ของของไหล - ครูชี้แนะความรู้เพิ่มเติมใน การคำนวณปริมาณต่างๆ - มอบหมายให้นักเรียนแต่ละกลุ่มไปศึกษาเกี่ยวกับระบบการส่งน้ำ นอกเวลาเรียน โดยอาจไปศึกษาในอินเตอร์เน็ต กับเจ้าหน้าที่ที่ดูแลอ่างเก็บน้ำวังนอง อ.เมยวดี เจ้าหน้าที่โยธาใน อบต. หรือบุคคลที่มีความรู้ในเรื่องระบบประปาในหมู่บ้านของนักเรียน	วิเคราะห์ความสัมพันธ์ - การเชื่อมโยง วิเคราะห์หลักการ - การสรุปความ - การประยุกต์
3	4. ขั้นทำการตัดสินใจ (Decision-making stage) - ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอสิ่งที่ได้ไปสืบค้นเพิ่มเติมนอกห้องเรียน - นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมสมองคิดหาวิธีการในการส่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำวังนอง ไปยังพื้นที่ที่อยู่ห่างจากอ่างเก็บน้ำ โดยนำความรู้เรื่องพลศาสตร์ของของไหลมาใช้ในการตัดสินใจ	วิเคราะห์ความสำคัญ - การจำแนก - การจัดหมวดหมู่ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ - การเชื่อมโยง วิเคราะห์หลักการ - การสรุปความ - การประยุกต์
	5.ขั้นกระบวนการทางสังคม (Socialization stage) - นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอสิ่งที่นักเรียนได้ออกแบบการสร้างระบบการส่งน้ำในห้องเรียน ครูและเพื่อนๆ ในห้องแสดงความคิดเห็น เสนอแนะเพิ่มเติม	

Yuenyong (2006)