อภินันทนาการ

สำนักหอสมุด

ผลการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติที่มีต่อความเข้าใจมโนมติ
เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

สายชล สุขโข

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 4 มี.ค. 2557
เลขทะเบียน 3622618
เลขเรียกหนังสือ ว LB
1027
.23
ส168ร4ม
2557

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
กุมภาพันธ์ 2557
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ผลการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติที่มีต่อความเข้าใจมโนมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4" ของ สายชล สุขโข เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยนเรศวร

.....ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.วารีรัตน์ แก้วอุไร)

.....กรรมการ
(ดร.ธิติยา บงกชเพชร)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระชัย บงการณ์)

.....กรรมการ
(ดร.เอกภูมิ จันทรขันตี)

อนุมัติ

.....

(ศาสตราจารย์ ดร.รัตนะ บัวสนธ์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
13 กุมภาพันธ์ 2557

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก ดร.ธิติยา บงกชเพชร ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระชัย บงการณ์ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างยิ่ง จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกรอบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์จรัญ พรมสุวรรณ ดร.สายฝน วิบูลรังสรรค์ และอาจารย์ณัฐภัสสร เหล่าเนตร์ ผู้เชี่ยวชาญที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ ตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงเครื่องมือในการทำวิจัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ได้เงินทุนบางส่วนสนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้บริหาร คณะครู โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ในจังหวัดพิษณุโลก ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกตลอดระยะเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล และขอขอบใจนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ให้ความร่วมมือกับผู้วิจัยในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ร่วมรุ่นนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษารุ่นรหัส 53 และเพื่อนทุกคนที่คอยให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือกับผู้วิจัยตลอดมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และทุกคนในครอบครัวรวมทั้งญาติพี่น้องทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจ ให้ความรัก ความห่วงใย และให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้านอย่างดีที่สุดแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

คุณค่าและคุณประโยชน์อันพึงจะมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบและอุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุกๆ ท่าน ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการจัดเรียนการสอนเพื่อพัฒนาให้นักเรียนมีคุณภาพที่ดียิ่งขึ้นแก่ผู้ที่สนใจบ้างไม่มากก็น้อย

สายชล สุขโข

ชื่อเรื่อง	ผลการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติที่มีต่อความเข้าใจมโนมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ผู้วิจัย	สายชล สุขโข
ประธานที่ปรึกษา	ดร.ธิติยา บงกชเพชร
กรรมการที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระชัย บงการณ์
ประเภทสารนิพนธ์	วิทยานิพนธ์ กศ.ม. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2556
คำสำคัญ	ความเข้าใจมโนมติ การเปลี่ยนมโนมติ กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ ซึ่งประกอบด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้ 3 วิธี ได้แก่ การเปรียบเทียบ การใช้เอกสารเปลี่ยนมโนมติ บทบาทสมมติ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 25 คน ของโรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก ใช้การคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แบบสัมภาษณ์ที่ใช้เทคนิคการสัมภาษณ์โดยใช้ตัวอย่าง 2) แผนการจัดการเรียนรู้ตามยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ 3) แบบบันทึกการเรียนรู้ และ 4) การสังเกตเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติสามารถช่วยให้นักเรียนมีการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ โดยนักเรียนเปลี่ยนมโนมติเป็นความเข้าใจถูกต้องและความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วนเพิ่มขึ้น ขณะเดียวกันความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อนและความไม่เข้าใจมโนมติลดลง แม้ว่าไม่มีการเปลี่ยนมโนมติในบางมโนมติ แต่นักเรียนให้เหตุผลในการสัมภาษณ์และอธิบายมากขึ้น ผลการวิจัยที่ได้เป็นการเสนอแนวทางให้ครูนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจถูกต้อง

Title	EFFECT OF THE USING CONCEPTUAL CHANGE TEACHING STRATEGY ON CONCEPTUAL UNDERSTANDING IN RADIOACTIVITY AND NUCLEAR ENERGY TOPICS FOR MATAYOMSUKSA IV STUDENTS
Author	Saichol Sukkho
Advisor	Thitiya Bongkotphet, Ph.D.
Co - Advisor	Theerachai Bongkan, Ph.D.
Academic Paper	Thesis M.Ed. in Science Education, Naresuan University, 2013
Keywords	Conceptual Change, Radioactivity and Nuclear Energy, Conceptual Understanding

ABSTRACT

This research aimed to explore conceptual change in radioactivity and nuclear energy topics for Matayomsuksa IV Student by using conceptual change teaching strategies, which were analogy, refutation text and role-playing. The participants were 25 Matayomsuksa IV students in a secondary school in Phitsanulok province. The participants were selected by purposive sampling. Research instruments lesson plans that employed conceptual change teaching strategies, learning log, and classroom observations. Data were analyzed by content analysis. The result indicated that learning process by using conceptual change teaching strategies could develop the students' scientific conceptions about radioactivity and nuclear energy. Although some students did not change in some conceptions. They improved their reasoning and explaining skills. This research results can be a guideline teachers in using an instructional management to encourage student to have scientific understanding.

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	**บทนำ**	1
	ความเป็นมาของปัญหา	1
	จุดมุ่งหมายของการศึกษา	4
	ขอบเขตของงานวิจัย	5
	นิยามศัพท์เฉพาะ	5
2	**เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	9
	หลักสูตรสาระการเรียนรู้ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์	10
	มโนมติ	12
	มโนมติที่คลาดเคลื่อน	24
	การเปลี่ยนมโนมติ	30
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	44
3	**วิธีดำเนินการวิจัย**	54
	รูปแบบการวิจัย	54
	กลุ่มตัวอย่าง	54
	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	55
	การสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	56
	การเก็บรวบรวมข้อมูล	62
	การวิเคราะห์ข้อมูล	63
4	**ผลการวิจัย**	65
	ผลการศึกษาการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง การแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสี	68
	ผลการศึกษาการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง ครึ่งชีวิต	76
	ผลการศึกษาการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง รังสีในธรรมชาติและการตรวจวัด	83

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	ผลการศึกษาการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง การนำธาตุกัมมันตรังสีไปใช้ประโยชน์	90
	ผลการศึกษาการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง ผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสี	94
	ผลการศึกษาการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง ปฏิกิริยานิวเคลียร์	97
	ผลการศึกษาการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง การนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้	108
	ผลการศึกษาการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง ผลกระทบของโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์	112
5	**บทสรุป**	117
	สรุปผลการวิจัย	117
	อภิปรายผล	120
	ข้อเสนอแนะ	124
บรรณานุกรม		126
ภาคผนวก		133
ประวัติผู้วิจัย		196

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางตามมาตรฐาน ว 3.1.....	11
2	ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางตามมาตรฐาน ว 5.1.....	11
3	ข้อดีและข้อจำกัดของแบบทดสอบคำถามปลายเปิดและแบบเลือกตอบ.....	22
4	เกณฑ์ในการจัดประเภทมโนมติของ Haidar and Abraham.....	23
5	เกณฑ์ในการจัดประเภทมโนมติของ Abraham et al.....	24
6	ความเข้าใจมโนมติถูกต้องและมโนมติคลาดเคลื่อนวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์.....	28
7	วิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติที่เหมาะสมกับเนื้อหา.....	44
8	การวิเคราะห์ความเหมาะสมของการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติเรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์.....	59
9	วิธีการจัดการเรียนรู้ความเข้าใจมโนมติของนักเรียน เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์.....	65

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	ตัวอย่างการสำรวจมโนติด้วยการสัมภาษณ์โดยใช้ตัวอย่าง เรื่อง พลังงาน.....	18
2	ตัวอย่างการสำรวจมโนติด้วยการวาดรูป เรื่อง นักวิทยาศาสตร์.....	20
3	ตัวอย่างการสำรวจมโนติด้วยการเขียนแผนผังมโนมติ เรื่อง ไฟฟ้า.....	21
4	ตัวอย่างเอกสารเปลี่ยนมโนมติ เรื่อง มุมหักเห.....	37
5	ความเข้าใจมโนมติการแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสีก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน.....	68
6	ตัวอย่างการเปรียบเทียบระหว่างลูกบอลเปล่งแสงกับธาตุกัมมันตรังสีของนักเรียน.....	72
7	ตัวอย่างแบบทึกการเรียนรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับธาตุกัมมันตรังสี.....	74
8	ความเข้าใจมโนมติครึ่งชีวิตก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน.....	76
9	ตัวอย่างการคำนวณปริมาณธาตุกัมมันตรังสีโดยใช้ครึ่งชีวิตของนักเรียน.....	79
10	ตัวอย่างแบบทึกการเรียนรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับครึ่งชีวิต.....	81
11	ความเข้าใจมโนมติรังสีในธรรมชาติและการตรวจวัดก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน.....	84
12	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อสถานการณ์ผลกระทบจากรังสีพื้นฐาน.....	86
13	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อสถานการณ์ผลกระทบจากรังสีพื้นฐาน.....	87
14	ความเข้าใจมโนมติการนำธาตุกัมมันตรังสีไปใช้ประโยชน์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน.....	90
15	ตัวอย่างแบบทึกการเรียนรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับการนำธาตุกัมมันตรังสีไปใช้ประโยชน์.....	92
16	ความเข้าใจมโนมติผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสีก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน.....	94
17	ความเข้าใจมโนมติปฏิกิริยานิวเคลียร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน....	98

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
18	ตัวอย่างการเปรียบเทียบระหว่างการรวมกันและแยกกันของลูกปัดกับปฏิกิริยานิวเคลียร์ของนักเรียน.....	103
19	ตัวอย่างแผนผังเวนส์ของนักเรียนเกี่ยวกับปฏิกิริยาฟิชชันและฟิวชัน.....	104
20	ตัวอย่างแบบทึกการเรียนรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับปฏิกิริยานิวเคลียร์.....	105
21	ความเข้าใจมโนมติการนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน.....	108
22	ความเข้าใจมโนมติผลกระทบของโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน.....	113
23	ตัวอย่างแบบทึกการเรียนรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์...	115
24	.สัญลักษณ์สากลที่แสดงว่าบริเวณนั้นมีรังสี.....	167
25	สัญลักษณ์สากลที่แสดงว่าบริเวณนั้นมีรังสี.....	173

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่างๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตต่างๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน เหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่นๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (Knowledge-based society) ดังนั้น ทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้มีความรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม (ศึกษาธิการ, 2551, หน้า 1) ซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์เกิดจากการสังเกตสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นบนโลกและทำความเข้าใจโดยใช้ทักษะและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ศึกษาค้นคว้าเพื่อหาคำตอบ หรือสร้างแบบจำลองธรรมชาติและทำการตรวจสอบ จนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้น (ภพ เลาหไพบูลย์, 2542, หน้า 1-2)

มโนมติทางวิทยาศาสตร์เป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ประเภทหนึ่ง ซึ่งเป็นพื้นฐานหนึ่งสำคัญต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ และก่อให้เกิดความเข้าใจในหลักการและทฤษฎีขั้นพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ อันเป็นความมุ่งหมายของการสอนวิทยาศาสตร์ (สุนีย์ คล้ายนิล, ปรีชาญ เดชศรี และนาวาอากาศอัมพลิกา ประโมจนีย์, 2551, หน้า 11) ซึ่งการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ได้ผลจะต้องมุ่งการสร้างมโนมติทางวิทยาศาสตร์ให้แก่นักเรียน เพื่อให้นักเรียนได้เกิดทักษะการคิด ในการสร้างความรู้และกำหนดโครงสร้างทางความรู้ของนักเรียนของนักเรียนเอง อันเป็นพื้นฐานสำหรับการศึกษาหาความรู้ และการประยุกต์ความรู้ต่อไปในวิชาอื่นที่เกี่ยวข้องและชีวิตประจำวัน

อย่างไรก็ตาม กระบวนการสร้างมโนมติของนักเรียนนั้นเริ่มมาจากการที่นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมหรือจากกระบวนการเรียนการสอนในโรงเรียน หรือจากกระบวนการเรียนการสอนในโรงเรียน หรือจากประสบการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน เช่น การอ่าน

การดูโทรทัศน์ และสื่อต่างๆ ก่อนที่จะได้รับการสอนจากครู ดังนั้นมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจึงเป็นความคิดของนักเรียนเองรวมเข้าด้วยกันกับความคิดของครูผู้สอน โดยนักเรียนนำความรู้ที่ได้รับจากการสอนของครูไปสร้างมโนมติของนักเรียนเอง ซึ่งอาจจะทำให้เกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อน (misconception) ขึ้นได้ (Pines and West, 1986 อ้างอิงใน วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2540, หน้า 13-14) ซึ่งเมื่อนักเรียนเกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อนจะทำให้มีอุปสรรคต่อความรู้ความเข้าใจในเรื่องนั้น รวมไปถึงการนำความรู้นั้นไปประยุกต์ในเรื่องอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง หรือเรื่องที่สูงขึ้น อีกทั้งอาจทำให้นักเรียนเกิดทัศนคติที่ไม่ดีต่อเรื่องนั้นๆ (Costua, Ayasb and Niazc, 2012, pp. 47-67; Halloun and Hesyenes, 1985, pp.1056-1065 อ้างอิงใน นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์, 2548, หน้า 17-18) ด้วยเหตุนี้ การจัดการเรียนการสอนควรส่งเสริมให้นักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

ตามแนวคิดของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (constructivism) เชื่อว่าการเรียนรู้เกิดจากนักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองจากประสบการณ์ของตน ไม่ใช่การเติมสมองที่ว่างเปล่าของนักเรียนให้เต็ม แต่เป็นการพัฒนาหรือเปลี่ยนแปลงความคิดที่มีอยู่แล้ว หรือเป็นการสร้างและยอมรับความคิดใหม่ๆ ของนักเรียน เป็นการเปลี่ยนมโนมติ (Bell, 1993 อ้างอิงใน วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2540, หน้า 13) เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนมโนมติให้สอดคล้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ครูจึงควรพิจารณามโนมติเดิมที่นักเรียนมีมาก่อนด้วย เพราะมโนมติเดิมที่มีมาก่อนเป็นพื้นฐานสำคัญให้กับครูในการตัดสินใจจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

เนื่องจาก แนวคิดตามทฤษฎีการเปลี่ยนมโนมติ (Conceptual Change) มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Bell, 1993 อ้างอิงใน วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2540, หน้า 13) และเชื่อว่า การเปลี่ยนมโนมติเป็นกระบวนการแทนมโนมติเดิมด้วย มโนมติใหม่ ซึ่งกระบวนการนี้ต้องอาศัยเงื่อนไข 4 ประการ คือ 1) ความไม่พอใจในมโนมติเดิมที่มีอยู่ (Dissatisfaction) 2) ความเข้าใจในมโนมติใหม่ (Intelligible) 3) ความเป็นไปได้ของมโนมติใหม่ (Plausible) และ 4) มโนมติใหม่จะต้องมีประโยชน์สำหรับการใช้ในบริบทอื่น (Fruitful) Posner, et al. (1982, pp.211-227) เงื่อนไขเหล่านี้ชี้ให้เห็นว่าการเปลี่ยนมโนมติเน้นความสำคัญกับมโนมติเดิมของนักเรียนเป็นพื้นฐาน และมโนมติใหม่จะต้องทำให้นักเรียนเข้าใจง่ายกว่ามโนมติเดิม

จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับวิธีวิธีการจัดการเรียนรู้ เพื่อเปลี่ยนมโนมติที่คลาดเคลื่อน พบว่ามีหลายรูปแบบ เช่น การเรียนรู้บนเครือข่าย (Web-based learning) การเรียนรู้แบบทำนาย-อภิปราย-การอธิบาย-สังเกต-อภิปราย-การอธิบาย (Predict-Discuss-Explain-Observe-Discuss-Explain: PDEODE)การจัดการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์จำลอง (Simulation) การเรียนรู้

ในบริบทจริง (Situated learning event) การเรียนรู้โดยใช้เอกสารเปลี่ยนมโนมติ (Conceptual change text) การจัดการเรียนรู้โดยใช้บทบาทสมมติ (Role playing) และการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบ (Analogy) เป็นต้น ซึ่งแต่ละวิธีสอนมีลักษณะ ข้อดีและข้อจำกัดแตกต่างกัน ด้วยเหตุนี้ การเลือกวิธีการจัดการเรียนรู้ (Pedagogical) ควรสอดคล้องกับเนื้อหาวิชา (Content) และบริบทสิ่งแวดล้อมของการเรียนรู้ (Context) เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ และเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง

ปัจจุบัน เทคโนโลยีนิวเคลียร์เข้ามาเกี่ยวข้องกับการใช้ชีวิตประจำวันของมนุษย์หลากหลายขึ้น อาทิ ด้านการแพทย์ในการตรวจวินิจฉัยโรคและบำบัดรักษาโรคมะเร็ง ด้านเกษตรกรรมในการปรับปรุงพันธุ์พืช การทำหมันแมลงศัตรูพืช การฉายรังสีเพื่อชะลอการงอกของเมล็ด และถนอมอาหาร ด้านการตรวจสอบความปลอดภัยในการตรวจสอบกระเป๋าสัมภาระเดินทางในสนามบิน เพื่อตรวจสอบวัตถุต้องสงสัย อีกทั้งด้านโบราณคดีที่ใช้เพื่อการตรวจหาอายุของโบราณสถาน โบราณวัตถุ และซากดึกดำบรรพ์ มากไปกว่านั้น คณะรัฐมนตรียังเห็นชอบนำเทคโนโลยีนิวเคลียร์มาประยุกต์ใช้ในด้านพลังงานสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า แต่อย่างไรก็ตาม จากเหตุการณ์การอุบัติเหตุโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่ประเทศญี่ปุ่น (กรุงเทพธุรกิจออนไลน์, 2556; มติชนออนไลน์, 2556) ซึ่งก่อให้เกิดผลเสียอย่างกว้างขวางและยาวนาน พลังงานนิวเคลียร์จึงเป็นเสมือน "ดาบสองคม" ที่ให้ทั้งประโยชน์และโทษสำหรับมนุษย์

เนื่องจากพลังงานนิวเคลียร์มีทั้งประโยชน์และโทษต่อมนุษย์ การเรียนรู้เพื่อมีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์จึงเป็นเรื่องที่จำเป็นสำหรับพลเมืองทุกคน ดังนั้น กระทรวงศึกษาธิการ (2551) จึงได้บรรจุเนื้อหาเกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ไว้ใน "ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551" ซึ่งเป็นเนื้อหาที่เกี่ยวข้องทั้งสาระวิชาเคมีและฟิสิกส์ โดยในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานของประเทศไทยกำหนดเนื้อหานี้อยู่ในสาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งมีสาระการเรียนรู้เพียงศึกษาเกี่ยวกับสมบัติของธาตุกัมมันตรังสีและการนำไปใช้ประโยชน์ รวมถึงการป้องกันอันตรายจากกัมมันตรังสี และสาระที่ 5 พลังงาน ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6 โดยมีเนื้อหาเกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสี ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ การนำไปใช้ประโยชน์ และโทษต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะเน้นถึงการนำไปใช้ในเชิงเทคโนโลยี เช่น ทางการเกษตร และทางการแพทย์ เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยหลายเรื่องได้เปิดเผยว่า นักเรียนจำนวนมากที่มีมโนมติคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ ตัวอย่างเช่น ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากมโนมติวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการแผ่รังสี ครึ่งชีวิตและผลกระทบของสารกัมมันตรังสี (ทัศนีวรรณ์ เลิศเจริญฤทธิ์, 2548) ของนักเรียนจะศึกษาอยู่ในเขตพื้นที่ที่ก่อตั้งสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ เช่นเดียวกับการศึกษามโนมติของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายในยุโรป ซึ่งพบว่านักเรียนมีเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับสมบัติการส่งผ่านและการดูดกลืนรังสี โดยนักเรียนไม่สามารถแยกข้อแตกต่างระหว่างการฉายรังสีและการปนเปื้อนรังสี (Millar, Eijkelhof and Eijkelhof, 1990, pp.338-342; Tekin and Nakiboglu, 2006, pp.1712-1718) และการใช้คำศัพท์เกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีที่ผิด เช่น ธาตุกัมมันตรังสีและกัมมันตภาพรังสี การฉายรังสี (Millar and Gill, 1996, pp.27-33; Henriksen, 1996, pp.191-196) ซึ่ง Prather (2005, pp.345-354) และ Tekin and Nakiboglu (2006, pp.1712-1718) มีความเห็นตรงกันว่าสาเหตุอาจมาจากเนื้อหาเรื่อง กัมมันตภาพรังสี ส่วนใหญ่เป็นนามธรรม ยากต่อการทำความเข้าใจ เช่น ครึ่งชีวิต การสลายกัมมันตภาพรังสี เป็นต้น ดังนั้น วิธีการจัดการจัดการเรียนรู้ที่นำมาใช้ในการสอนเรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ จึงเป็นเรื่องที่มีความสำคัญยิ่ง

จากการศึกษางานวิจัยที่ศึกษาการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติเกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ (Millar, Eijklhof and Eijklhof, 1990, pp.338-342; Henriksen and Jorde, 2001, pp.189-206) พบว่าส่วนใหญ่เป็นการศึกษากับนักเรียนต่างประเทศที่อาจได้รับประสบการณ์และบริบทที่แตกต่างจากประเทศไทย ซึ่งการนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้กับนักเรียนไทยอาจมีข้อจำกัด ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจในการศึกษาการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ ผลที่ได้จากการศึกษานี้เป็นข้อมูลพื้นฐานให้ครูใช้เป็นแนวทางในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องและเหมาะสมกับนักเรียนเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติใน เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ให้ถูกต้องและเป็นแนวทางในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ต่อไป

จุดมุ่งหมายของการศึกษา

เพื่อศึกษาการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เมื่อใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ

ขอบเขตของงานวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 จากห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ในเขตเทศบาลเมือง จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 25 คน

2. มโนมติที่ทำการวิจัย

ขอบเขตของมโนมติที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ กำหนดเฉพาะมโนมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ ใน 8 มโนมติ ได้แก่ การแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสี ครึ่งชีวิต รังสีในธรรมชาติและการตรวจวัด การนำธาตุกัมมันตรังสีไปใช้ประโยชน์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ การนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้ และผลกระทบของโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์

3. ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์

ตัวแปรตาม คือ ความเข้าใจมโนมติของนักเรียน

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. มโนมติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ อันเกิดจากการศึกษาปรากฏการณ์หรือความสัมพันธ์ต่างๆ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์มีความเห็นร่วมกัน

2. มโนมติที่คลาดเคลื่อน หมายถึง ความคิด ความเข้าใจ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ ของนักเรียนที่เบี่ยงเบนไปจากมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับในปัจจุบัน

3. ความเข้าใจมโนมติ หมายถึง ความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ ซึ่งนักเรียนได้อธิบายในการสัมภาษณ์ โดยใช้เกณฑ์ความสอดคล้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่

3.1 ความเข้าใจมโนมติถูกต้อง (Sound Understanding: SU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนเกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ ถูกต้องตรงตามมโนมติของนักวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับในปัจจุบัน และมีการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ครบทุกองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละมโนมติตามเกณฑ์ที่ผู้วิจัยตั้งไว้

3.2 ความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน (Partial Understanding: PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนเกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ ถูกต้องตรงตามมโนมติของนักวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับในปัจจุบัน และมีการให้เหตุผลถูกต้องแต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วนของแต่ละมโนมติตามเกณฑ์ที่ผู้วิจัยตั้งไว้

3.3 ความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน (Misunderstanding: MU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนเกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ ถูกต้องตามมโนมติของนักวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับในปัจจุบัน แต่การให้เหตุผลไม่ถูกต้องตามเกณฑ์ที่ผู้วิจัยตั้งไว้

3.4 ความไม่เข้าใจ (No Understanding: NU) หมายถึง นักเรียนไม่ตอบคำถาม หลีกเลี่ยงการตอบคำถาม หรือคำตอบของนักเรียนเกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ไม่เป็นเหตุเป็นผลกับคำถามที่ผู้วิจัยถาม

4. การเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงข้อสรุปของความคิดหรือความเข้าใจ เกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ ของนักเรียนจากระดับความเข้าใจมโนมติหนึ่งไปเป็นอีกความเข้าใจมโนมติหนึ่ง ซึ่งได้มาจากความแตกต่างของระดับความเข้าใจมโนมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ ของนักเรียนก่อนและหลังการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ ซึ่งได้แก่ ความเข้าใจมโนมติถูกต้อง ระดับถูกต้องบางส่วน ระดับคลาดเคลื่อน และไม่เข้าใจมโนมติ

5. ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่นำความเข้าใจมโนมติเดิมของนักเรียนมาเป็นพื้นฐานในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้ 3 วิธี ได้แก่ การเรียนรู้โดยใช้เอกสารเปลี่ยนมโนมติ การจัดการเรียนรู้โดยใช้บทบาทสมมติ และการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบ ซึ่งแต่ละวิธีประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

5.1 การเรียนรู้โดยใช้เอกสารเปลี่ยนมโนมติ หมายถึง การเรียนรู้โดยใช้เอกสารเปลี่ยน มโนมติเกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์เพื่อเปลี่ยนมโนมติ ซึ่งขั้นตอนการเรียนรู้โดยใช้เอกสารเปลี่ยนมโนมติ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

5.1.1 ขั้นนำเสนอสถานการณ์ เป็นขั้นที่นักเรียนอ่านถึงเหตุการณ์หรือสถานการณ์เกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ที่ครูนำเสนอในเอกสารเปลี่ยนมโนมติ

5.1.2 ขั้นทำนายคำตอบ เป็นขั้นที่นักเรียนศึกษาปัญหาที่ครูกำหนดให้จากสถานการณ์ในขั้นที่หนึ่ง แล้วแลกเปลี่ยนความคิดเห็น หรืออภิปรายร่วมกันเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับคำตอบในสถานการณ์นั้น แล้วเขียนบรรยายหรืออธิบายลงในเอกสารเปลี่ยนมโนมติ

5.1.3 ขั้นนำเสนอมโนมติที่คลาดเคลื่อน เป็นขั้นที่ครูนำเสนอคำตอบหรือความเข้าใจของนักเรียนที่คลาดเคลื่อนในสถานการณ์ที่กำหนดให้ในเอกสารเปลี่ยนมโนมติ ซึ่งในที่นี้ นักเรียนอาจเกิดความขัดแย้งในมโนมติเดิมที่มีอยู่ เพราะไม่สามารถอธิบายคำตอบในสถานการณ์ใหม่ได้

5.1.4 ขั้นนำเสนอมโนมติที่ถูกต้อง เป็นขั้นที่ครูนำเสนอการอธิบายปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ถูกต้องสอดคล้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์

5.2 การจัดการเรียนรู้โดยใช้บทบาทสมมติ หมายถึง การเรียนรู้โดยให้นักเรียนสวมบทบาทในสถานการณ์เกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ และแสดงความรู้ความเข้าใจของตน แล้วนำเอาการแสดงความรู้ ความคิดที่สังเกตเห็นมาเป็นข้อมูลในการอภิปรายให้เกิดการเรียนรู้ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

5.2.1 ขั้นเตรียมการ หมายถึง ขั้นที่ผู้วิจัยวิเคราะห์และกำหนดประเด็นเกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ที่จะศึกษา รวมทั้งกำหนดสถานการณ์และบทบาทสมมติของผู้เกี่ยวข้อง

5.2.2 ขั้นแสดง แบ่งขั้นตอนเป็น ดังนี้

1) ขั้นอุ่นเครื่อง เป็นขั้นที่ผู้วิจัยนำเสนอสถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ ที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริง

2) ขั้นเลือกบทบาท เป็นขั้นที่มอบบทบาทสมมติที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ให้กับนักเรียนแต่ละกลุ่มรับผิดชอบ

3) ขั้นเตรียมความพร้อมก่อนแสดง เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาบทบาทที่ได้รับมอบหมาย แล้วมีการสืบค้นข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการแสดงบทบาทที่ได้รับ ก่อนจะอภิปรายร่วมกัน และลงข้อสรุปเกี่ยวกับข้อมูลที่นำเสนอในการแสดงบทบาทที่ได้รับ

4) ขั้นการแสดง เป็นขั้นที่ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มแสดงบทบาทที่กลุ่มตนได้รับมอบหมาย

5.2.3 ขั้นวิเคราะห์และอภิปรายผล หมายถึง ขั้นที่ผู้แสดงบทบาทสมมติได้เปิดเผยความรู้สึกต่อบทบาทของตนเอง และผู้สังเกตการณ์ได้แสดงความคิดเห็นต่อบทบาทของผู้แสดง

5.2.4 ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์และสรุป หมายถึง ขั้นที่สมาชิกในแต่ละกลุ่มจะแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันเกี่ยวกับสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ โดยนำความรู้และความคิดที่ได้จากการชมการแสดงมาอภิปรายร่วมกันเพื่อหาข้อสรุปความคิดเห็นของกลุ่มตนเอง

5.3 การจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบ หมายถึง การเรียนรู้ที่ผู้วิจัยนำสิ่งที่นักเรียนคุ้นเคยหรือรู้จักเป็นอย่างดีมาใช้เป็นมโนมติเปรียบเทียบ เพื่อเปรียบเทียบกับมโนมติวิทยาศาสตร์หรือ มโนมติเป้าหมาย เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

5.3.1 ขั้นนำเสนอมโนมติ หมายถึง ขั้นที่ครูให้ความรู้เกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ กับนักเรียน

5.3.2 ขั้นทบทวนความรู้เกี่ยวกับมโนมติเปรียบเทียบ หมายถึง ขั้นที่ครูสาธิตสิ่งที่คุ้นเคย หรือนักเรียนสังเกตและลงมือปฏิบัติกิจกรรมเกี่ยวกับมโนมติที่ใช้เปรียบเทียบ

5.3.3 ขั้นวิเคราะห์หาประเด็นที่สำคัญของมโนมติเป้าหมาย เป็นขั้นที่ครูแนะนำให้นักเรียนวิเคราะห์ประเด็นที่สำคัญระหว่างมโนมติเป้าหมายเกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ และมโนมติเปรียบเทียบ

5.3.4 ขั้นเชื่อมโยงความเหมือนกันระหว่างมโนมติเป้าหมายและมโนมติเปรียบเทียบ เป็นขั้นที่นักเรียนนำผลที่ได้จากการชมการสาธิตหรือปฏิบัติกิจกรรม มาอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันเพื่อเปรียบเทียบส่วนที่คล้ายคลึงระหว่างมโนมติเปรียบเทียบและมโนมติเป้าหมาย

5.3.5 ขั้นวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างมโนมติเป้าหมายและมโนมติเปรียบเทียบ เป็นขั้นที่นักเรียนนำผลที่ได้จากการชมการสาธิตหรือปฏิบัติกิจกรรม มาอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันเพื่อเรียบเทียบส่วนที่แตกต่างกันระหว่างมโนมติเปรียบเทียบและมโนมติเป้าหมาย

5.3.6 ขั้นสรุปเกี่ยวกับมโนมติเป้าหมาย หมายถึง ขั้นที่ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้เกี่ยวกับมโนมติเป้าหมายหรือมโนมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ โดยใช้การตั้งคำถาม หรือแผนผังเวนส์ และการสะท้อนความคิดในแบบบันทึกการเรียนรู้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร หลักการ ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนเปลี่ยนมโนมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ (Conceptual Change Teaching Strategy) ดังต่อไปนี้

1. หลักสูตรสาระการเรียนรู้ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์
2. มโนมติ
   - 2.1 ความหมายของมโนมติ
   - 2.2 ความหมายของมโนมติของวิทยาศาสตร์
   - 2.3 การสร้างมโนมติ
   - 2.4 ความเข้าใจมโนมติ
   - 2.5 วิธีการตรวจสอบมโนมติ
   - 2.6 เกณฑ์ที่ใช้จำแนกประเภทมโนมติ
3. มโนมติที่คลาดเคลื่อน
   - 3.1 ความหมายของมโนมติที่คลาดเคลื่อน
   - 3.2 ลักษณะของความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน
   - 3.3 สาเหตุการเกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อน
   - 3.4 มโนมติที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์
4. การเปลี่ยนมโนมติ
   - 4.1 ความหมายของการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง
   - 4.2 ทรรศนะของการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง
   - 4.3 การสอนตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง
   - 4.4 ทฤษฎีการเปลี่ยนมโนมติ
   - 4.5 วิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนมโนมติ
     - 4.5.1 การเรียนรู้บนเครือข่าย

4.5.2 การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-อภิปราย-การอธิบาย-สังเกต-อภิปราย-การอธิบาย

4.5.3 การจัดการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์จำลอง

4.5.4 การเรียนรู้ในบริบทจริง

4.5.5 การเรียนรู้โดยใช้เอกสารเปลี่ยนมโนมติ

4.5.6 การจัดการเรียนรู้โดยใช้บทบาทสมมติ

4.5.7 การจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบ

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยในประเทศ

5.1.1 งานวิจัยเกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์

5.1.2 งานวิจัยเกี่ยวกับการสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ

5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

5.2.1 งานวิจัยเกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์

5.2.2 งานวิจัยเกี่ยวกับการสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ

หลักสูตรสาระการเรียนรู้ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์

ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานของประเทศไทย (กระทรวงการศึกษาธิการ, 2551) พบว่า เรื่องกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ได้กำหนดอยู่ใน สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร และสาระที่ 5 พลังงาน ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ซึ่งประกอบด้วยตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ดังตาราง 1

สาระที่ 5 พลังงาน

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวน การสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ ไปใช้ประโยชน์

ซึ่งประกอบด้วยตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ดังตาราง 2

ตาราง 1 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางตามมาตรฐาน ว 3.1

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.2	1. สืบค้นข้อมูลและเปรียบเทียบสมบัติของธาตุโลหะ ธาตุอโลหะ ธาตุกึ่งโลหะและธาตุกัมมันตรังสีและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- ธาตุแต่ละชนิดมีสมบัติบางประการที่คล้ายกันและแตกต่างกัน จึงสามารถจำแนกกลุ่มธาตุตามสมบัติของธาตุเป็นธาตุโลหะ กึ่งโลหะ อโลหะ และธาตุกัมมันตรังสี - ในชีวิตประจำวันมีวัสดุ อุปกรณ์และผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่ผลิตมาจากธาตุและสารประกอบ จึงควรเลือกใช้ให้ถูกต้องเหมาะสมปลอดภัย และยั่งยืน

ที่มา: กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, หน้า 44

ตาราง 2 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางตามมาตรฐาน ว 5.1

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.4 - 6	1. อธิบายปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชัน ฟิวชัน และความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับพลังงาน	- ปฏิกิริยานิวเคลียร์เป็นปฏิกิริยาที่ทำให้นิวเคลียสเกิดการเปลี่ยนแปลง ปฏิกิริยาที่นิวเคลียสของธาตุที่มีเลขมวลมากแตกตัวเรียกว่า ฟิชชัน ปฏิกิริยาที่เกิดจากการหลอมรวมนิวเคลียสของธาตุที่มีเลขมวลน้อย เรียกว่า ฟิวชัน ความสัมพันธ์ระหว่างมวลและพลังงานเป็นไปตามสมการ $E = mc^2$
	2. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับพลังงานที่ได้จากปฏิกิริยานิวเคลียร์และผลต่อสิ่งมีชีวิตและ	- ปฏิกิริยานิวเคลียร์ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

ตาราง 2 (ต่อ)

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	สิ่งแวดล้อม	
	3. อภิปรายผลการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับโรงไฟฟ้านิวเคลียร์และนำไปใช้ประโยชน์	- โรงไฟฟ้านิวเคลียร์เป็นโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนประเภทหนึ่ง ซึ่งได้พลังงานความร้อนจากพลังงานนิวเคลียร์
	4. อธิบายชนิดและสมบัติของรังสีจากธาตุกัมมันตรังสี	- รังสีจากธาตุกัมมันตรังสีมี 3 ชนิด คือ แอลฟา บีตาและแกมมา ซึ่งมีอำนาจทะลุผ่านต่างกัน
	5. อธิบายการเกิดกัมมันตภาพรังสีและบอกวิธีการตรวจสอบรังสีในสิ่งแวดล้อม การใช้ประโยชน์ ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม	- กัมมันตภาพรังสีเกิดจากการสลายของไอโซโทปของธาตุที่ไม่เสถียร สามารถตรวจจับได้โดยเครื่องตรวจวัดรังสี ในธรรมชาติมีรังสีแต่ส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำมาก - รังสีมีประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรม การเกษตร การแพทย์ โบราณคดี รังสีในระดับสูงมีอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต

ที่มา: กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, หน้า 72-73

มโนมติ

1. ความหมายของมโนมติ

มโนมติแปลมาจากคำว่า concept ในภาษาอังกฤษซึ่งมีผู้ให้คำแปลเป็นคำศัพท์ภาษาไทย และนิยมใช้แตกต่างกันหลายคำเช่น ความคิดรวบยอด มโนทัศน์ มโนภาพ มโนมติ สังกัป แนวคิด ฯลฯ ซึ่งมีนักวิชาการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของมโนมติไว้ ดังนี้

รัตนา เส้งสุข (2540, หน้า 8) ได้ให้ความหมายมโนมติว่า หมายถึง ความคิดความเข้าใจของบุคคลต่อสิ่งต่างๆ ซึ่งทำให้บุคคลนั้นสามารถสรุปรวมลักษณะที่เหมือนกันหรือลักษณะที่แตกต่างกันของคุณสมบัติของสิ่งเร้าหรือเหตุการณ์นั้นๆ ทั้งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม

ซึ่งเกิดจากการสังเกตหรือได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นแล้วใช้คุณลักษณะของสิ่งนั้นนำมาประมวลเข้าด้วยกันให้เป็นข้อสรุปหรือคำจำกัดความของสิ่งนั้น

ทัศนีวรรณ์ เลิศเจริญฤทธิ์ (2548, หน้า 8) ได้ให้ความหมายของมโนมติไว้ว่า มโนมติ หมายถึง แนวคิดหมายถึงการให้คำอธิบายเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งอาจเป็นข้อเท็จจริงภาพในใจหรือเหตุการณ์ของแต่ละบุคคลโดยแต่ละคนจะมีจุดร่วมของมโนมตินั้นเหมือนกันแต่จะแตกต่างกันตามประสบการณ์และวุฒิภาวะ

นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์ (2548, หน้า 12) ได้ให้ความหมายของมโนมติ หมายถึง ความคิดหรือความเข้าใจภายในตัวบุคคลที่จะตีความและสรุปความเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งอันเป็นผลที่เกิดจากการสังเกตหรือการได้รับประสบการณ์ตรงเกี่ยวกับสิ่งนั้นแล้วใช้คุณลักษณะสำคัญที่เกี่ยวกับสิ่งนั้นมาประมวลเข้าด้วยกันเป็นข้อสรุปเป็นคุณสมบัติหรือลักษณะที่เฉพาะเจาะจงของสิ่งนั้น

ไพโรจน์ เติมเตชาพงศ์ (2550, หน้า 10) ได้ให้ความหมายของมโนมติ หมายถึง ความคิดความเข้าใจของบุคคลที่เป็นข้อสรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งอันเกิดจากการสังเกตหรือประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นแล้วใช้คุณลักษณะของสิ่งนั้นมาประมวลเข้าด้วยกันเป็นข้อสรุปเพื่อให้คำจำกัดความของเรื่องนั้นหรือสิ่งนั้น

สำหรับนักวิชาการศึกษาต่างประเทศที่กล่าวถึงความหมายของมโนมติก็มีหลายท่านเช่นกัน ดังนี้

Romey (1968 อ้างอิงใน ไพโรจน์ เติมเตชาติพงศ์, 2550, หน้า 9) ได้ให้ความหมายของมโนมติไว้ว่า มโนมติเป็นข้อสรุปสำคัญของกลุ่มความคิดหรือกลุ่มความจริงซึ่งแสดงให้เห็นถึงลักษณะร่วมกันที่สำคัญของปัจจัยต่างๆ จากกลุ่มความคิดหรือกลุ่มความจริงจำนวนมากกว่า

Klausmeier, et al. (1974 อ้างอิงใน กาญจนา เป็งวงค์, 2546, หน้า 11) ได้กล่าวถึงมโนมติไว้ว่า ใช้การเรียกขานโครงสร้างทางจิตของแต่ละบุคคล ซึ่งเป็นสิ่งที่สาธารณชนยอมรับ และเป็นการจัดระบบข้อมูลเกี่ยวกับสมบัติของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง วัตถุ เหตุการณ์หรือกระบวนการ ซึ่งทำให้สามารถเห็นรายละเอียดของสิ่งเหล่านั้นหรือระดับชั้นของสิ่งเหล่านั้นได้ ตลอดจนทำให้เห็นความแตกต่างหรือความสัมพันธ์ของสิ่งเหล่านั้นกับสิ่งอื่นๆ ได้

Fieldman (1987 อ้างอิงใน รัตนา เส้งสุข, 2540, หน้า 7) ได้ให้ความหมายของมโนมติไว้ว่า เป็นการจัดกลุ่มสิ่งของเหตุการณ์หรือคนที่มีคุณสมบัติคล้ายกันเข้าด้วยกัน มโนมติทำให้เข้าใจสิ่งต่างๆ ได้ง่ายขึ้นและสามารถจัดจำแนกสิ่งใหม่ๆ ที่เราพบให้อยู่ในรูปที่เราสามารถเข้าใจได้ตามประสบการณ์ที่ผ่านมา

จากความหมายของคำว่ามโนมติตามที่นักการศึกษาของไทยและของต่างประเทศให้ความหมายไว้พอจะสรุปได้ว่า มโนมติ หมายถึง ความคิด ความเข้าใจของแต่ละบุคคลเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งอาจเป็นข้อเท็จจริงภาพในใจหรือเหตุการณ์ โดยแต่ละคนจะมีมโนมติเกี่ยวกับสิ่งนั้นเหมือนกันหรือแตกต่างกันตามประสบการณ์และวุฒิภาวะ

2. **ความหมายของมโนมติทางวิทยาศาสตร์**

สำหรับคำว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์ มีนักการศึกษาให้หลายท่านให้ความหมายไว้เช่น

Klopfer (1971, อ้างอิงใน ไพโรจน์ เติมเตชาติพงศ์, 2550, หน้า 10) กล่าวว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง สิ่งที่เป็นนามธรรม อันเป็นผลที่ได้จากการศึกษาปรากฏการณ์หรือความสัมพันธ์ต่างๆ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ได้พบว่ามโนมตินั้นมีประโยชน์ในการศึกษาโลกธรรมชาติ

วรรณทิพา รอดแรงค้า (2540, หน้า 3) กล่าวว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์ คือความคิดหลักที่คนเรามีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งช่วยให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่างๆ โดยที่ความเข้าใจดังกล่าวจะแตกต่างไปตามประสบการณ์ของบุคคล มโนมติเป็นกลุ่มของสิ่งเร้าที่มีลักษณะร่วมกันกลุ่มของสิ่งเร้าเหล่านี้อาจเป็นวัตถุเหตุการณ์หรือบุคคลก็ได้

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, หน้า 3) ได้กล่าวถึง มโนมติทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิด ความเข้าใจที่สรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งอันเกิดจากการสังเกตหรือได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นหลายๆ แบบแล้วใช้คุณลักษณะของสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นนำมาประมวลเข้าด้วยกันให้เป็นข้อสรุปหรือคำจำกัดความของสิ่งหนึ่งสิ่งใด โดยมโนมติทางวิทยาศาสตร์มีทั้งระดับที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม มีความเชื่อมโยงต่อเนื่องกัน มโนมติหนึ่งๆ อาจเกิดจากการนำเอามโนมติหลายๆ อย่างมาสัมพันธ์กันอย่างมีเหตุผล และมโนมติทางวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่มีลักษณะสากล

มณีกานต์ หินสอ (2549, หน้า 9) กล่าวว่ามโนมติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ประเภทหนึ่งที่เกิดจากความคิดความเข้าใจของกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ที่สรุปต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งในวิทยาศาสตร์

ไพโรจน์ เติมเตชาติพงศ์ (2550, หน้า10) กล่าวว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์ (science concepts) หมายถึง ความคิด ความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่งในทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นข้อสรุปซึ่งนักวิทยาศาสตร์เห็นร่วมกัน

จากความหมายของมโนมติทางวิทยาศาสตร์ตามที่นักวิชาการศึกษาให้ความหมายไว้สรุปได้ว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งอันเกิดจากการศึกษาปรากฏการณ์หรือความสัมพันธ์ต่างๆ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์มีความเห็นร่วมกัน

3. **การสร้างมโนมติ**

ในการสร้างมโนมตินั้น มีนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงไว้ดังต่อไปนี้

Ausubel (1968 อ้างอิงในรัตนา เส้งสุข, 2540, หน้า 7) ได้สรุปกระบวนการสร้างมโนมติไว้ดังนี้

3.1 การวิเคราะห์และแยกแยะความแตกต่างของกระบวนการสิ่งเร้า

3.2 ตั้งสมมติฐานโดยพิจารณาลักษณะร่วมของส่วนย่อยในการแยกแยะนั้น

3.3 ทดสอบสมมติฐานที่สร้างขึ้นในสถานการณ์หนึ่ง

3.4 เลือกข้อสมมติฐานที่สามารถรวมกลุ่มสิ่งเร้าซึ่งมีลักษณะบางประการร่วมกันได้

3.5 หาลักษณะจำเพาะของสิ่งเร้ามาสัมพันธ์กับมโนมติของตน

3.6 แยกแยะความแตกต่างระหว่างมโนมติที่รับมาใหม่กับมโนมติเดิมที่มีอยู่แล้วเพื่อหาความสัมพันธ์กัน

3.7 สรุปครอบคลุมลักษณะจำเพาะของมโนมติใหม่ให้ครอบคลุมกับส่วนย่อยทั้งหมดในกลุ่ม

3.8 หาสัญลักษณ์ทางภาษามาแทนมโนมติใหม่

รัตนา เส้งสุข (2540, หน้า 12 - 13) กล่าวว่า มโนมติเป็นผลของความคิด ความเข้าใจเนื่องจากประสบการณ์ เมื่อได้ปะทะกับสิ่งเร้าจะเกิดการรับรู้เก็บไว้เป็นความจำ เมื่อได้รับรู้สิ่งเร้าใดมากความจำเกี่ยวกับกลุ่มสิ่งเร้านั้นก็มีมากขึ้น ก็เกิดการคิดหาเหตุผลจัดระเบียบความคิดความเข้าใจเป็นหมวดหมู่ แล้วสรุปรวบยอดเกิดเป็นมโนมติ

จากการสร้างมโนมติที่กล่าวมาแล้วข้างต้นสรุปได้ว่า การสร้างมโนมตินั้นเริ่มต้นจากการที่นักเรียนได้สังเกตวัตถุหรือเหตุการณ์ต่างๆ ทำให้เกิดการรับรู้ มีการจัดระบบความคิดแล้วนำมาแยกแยะโดยอาศัยคุณสมบัติ ลักษณะเฉพาะของวัตถุ หรือเหตุการณ์นั้น แล้วเชื่อมโยงความสัมพันธ์กับแนวความคิดของตนเอง จนเกิดความเข้าใจข้อสรุปที่เป็นมโนมติใหม่ได้

4. **ความเข้าใจมโนมติ**

การพัฒนาพฤติกรรมความเข้าใจของนักเรียนเป็นพฤติกรรมทางด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) หรือกล่าวได้ว่าเป็นการพัฒนาทางด้านสติปัญญาของนักเรียน ซึ่งขึ้นอยู่กับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของครูและความสามารถของนักเรียนในการเรียนรู้ได้มากน้อยเพียงไร นักการศึกษาให้ความหมายของความเข้าใจที่หลากหลายดังต่อไปนี้

เยาวดี วิบูลย์ศรี (2551, หน้า 206-207) กล่าวว่า ระดับความรู้ความเข้าใจของขั้นตอนการเรียนรู้ทางด้านพุทธิพิสัย ตามแนวคิดของ Bloom et al. สมรรถภาพทางสมองของมนุษย์นั้นสามารถจัดลำดับการเรียนรู้จากง่ายไปยาก ระดับความเข้าใจ (comprehension)

เป็นลำดับที่สองของการเรียนรู้ตามแนวคิดของ Bloom et al. คือ การแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมหรือนำหลักการไปประยุกต์ใช้เมื่อกำหนดเงื่อนไขต่างๆ ที่กำหนดให้ ระดับความรู้ความเข้าใจตามแนวคิดของ Bloom et al. ได้แก่

1. การแปลความ หมายถึง การถอดความของเรื่องราวเดิมหรือข้อความให้เป็นสัญลักษณ์ใหม่ที่ไม่เหมือนเดิม หรือสามารถระลึกข้อความหรือสัญลักษณ์ที่เปลี่ยนไปมีความหมายอย่างไร

2. การตีความ หมายถึง การนำข้อมูลจากเรื่องต่างๆ ที่ศึกษามาวินิจฉัย เพื่ออธิบายว่าเรื่องนั้นๆ เป็นอย่างไรหรือการสรุปใจความสำคัญและสามารถอธิบายได้นอกเหนือจากตัวอักษรที่ปรากฏในข้อความ รวมทั้งสามารถบอกความสัมพันธ์ระหว่างส่วนต่างๆ ได้ และรวบรวมข้อความที่สำคัญ

3. การขยายความ หมายถึง การพิจารณาถึงแนวโน้มหรือแนวทางในการเปลี่ยนแปลงที่อาจเป็นไปได้ โดยพิจารณาจากข้อความหรือเรื่องต่างๆ ที่เกิดขึ้น

Anderson and Krathwohl (2001 อ้างอิงใน สิริอร วิชชาวุธ, 2540, หน้า 136-137) ได้เปลี่ยนแปลงประเภทการเรียนรู้ของ Bloom, et al. โดยเปลี่ยนจาก ระดับความเข้าใจ (comprehension) เป็น ความเข้าใจ (understanding) ซึ่งบุคคลสามารถที่จะสร้างความหมายจากคำพูด ข้อเขียน หรือข้อมูลจากกราฟ ผ่านการตีความ การจัดประเภท การย่อสรุป การอ้างอิง การเปรียบเทียบและการอธิบาย และแบ่งระดับความเข้าใจออกเป็น

1. การตีความ ความสามารถที่ทำให้ชัดเจนได้ การถอดความ การเป็นตัวแทน การแปลความ
2. การยกตัวอย่าง
3. การแบ่งประเภทหรือหมวดหมู่
4. การย่อความ
5. การอนุมาน การชี้ให้เห็นหรือการแนะนำได้ การสรุป การคาดการณ์ได้
6. การเปรียบเทียบ ความตรงข้าม หรือการจับคู่กันได้
7. การอธิบาย การเขียนโมเดลได้

จากการที่กล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า ความเข้าใจมโนมติ คือ ความสามารถของนักเรียนซึ่งเกิดจากการนำความรู้ ความจำไปอธิบายเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ด้วยวิธีการตีความ ยกตัวอย่าง จำแนกประเภท จับใจความ และเปรียบเทียบ

5. วิธีการตรวจสอบความเข้าใจมโนมติ

การตรวจสอบมโนมติเป็นการศึกษาเกี่ยวกับความคิด ความเข้าใจในนิยามหรือลักษณะเฉพาะของมโนมติ การตรวจสอบมโนมติทำได้หลายวิธี ดังนี้

5.1 การสัมภาษณ์โดยใช้ตัวอย่าง (Interview about Instances: IAI) การสัมภาษณ์แบบนี้จะต้องมีบัตรคำแสดงภาพลายเส้น หรือรูปภาพของวัตถุหรือเหตุการณ์ของตัวอย่างมโนมติที่ต้องการถาม ผู้สัมภาษณ์จะนำเสนอบัตรคำทีละใบเพื่อให้นักเรียนดูภาพ แล้วมีคำถามถามเกี่ยวกับภาพในบัตรคำนั้น จุดประสงค์ของการสัมภาษณ์แบบนี้ คือ ต้องการสำรวจมโนมติของนักเรียน รวมทั้งตัวอย่างที่แสดงมโนมติและเกณฑ์ที่ใช้ในการจัดว่าตัวอย่างนั้นแสดงมโนติ โดยที่นักเรียนสามารถโยงมโนมติของสิ่งนั้นกับคำที่แสดงมโนมตินั้น (วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2540, หน้า 22-24)

Venville (2004, pp.449 - 480) ได้ใช้การสัมภาษณ์โดยใช้ตัวอย่างในการตรวจสอบ มโนมติของนักเรียนเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต ซึ่งใช้รูปภาพตัวอย่างสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต 12 ภาพ ได้แก่ กองไฟ โต๊ะ รถยนต์ ต้นไม้ พืช หญ้า ดวงอาทิตย์ เมฆ แมว นก แมลงวัน และบ้าน

ตัวอย่างคำถาม คือ

"..... มีชีวิตหรือไม่" คำถามนี้ต้องการล้วงความคิดของนักเรียนว่าตัวอย่างภาพที่ใช้เป็นตัวอย่างของสิ่งมีชีวิตหรือไม่

"เพราะเหตุใด นักเรียนจึงคิดว่า.....เป็นสิ่งมีชีวิต" คำถามนี้ต้องการล้วงเกณฑ์ที่ใช้ในการจัดภาพดังกล่าวเป็นตัวอย่างหรือไม่ใช่ตัวอย่างของมโนมติสิ่งมีชีวิตที่ถาม นอกจากนี้มีการถามอื่นๆ อีก เพื่อค้นหาความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับเกณฑ์ที่ใช้จำแนกสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต

รัตนา เส้งสุข (2540) ได้สำรวจมโนมติ เรื่อง พลังงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 - 6 ด้วยวิธีการสัมภาษณ์โดยใช้ตัวอย่าง ดังภาพ 1

ตัวอย่างคำถาม คือ

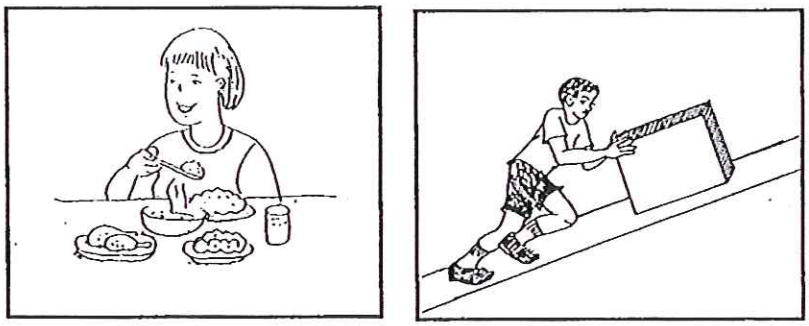
"..... ใช้พลังงานหรือไม่"

"พลังงานที่ใช้มาจากไหน"

"เกิดอะไรขึ้นกับพลังงานที่ใช้นั้น"

"ตามความเข้าใจของนักเรียน พลังงานมีความหมายอย่างไรบ้าง"

ตัวอย่างภาพ



ภาพ 1 ตัวอย่างการสำรวจมโนติด้วยการสัมภาษณ์โดยใช้ตัวอย่าง เรื่อง พลังงาน

ที่มา: รัตนา เส้งสุข, 2540, หน้า 156-179

5.2 การสัมภาษณ์โดยใช้เหตุการณ์ (Interview about Event: IAE) เป็นการสัมภาษณ์ที่ยืดหยุ่นกว่าการสัมภาษณ์โดยใช้ตัวอย่างและนำมาใช้เพื่อสำรวจความคิดของนักเรียนเกี่ยวกับปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันโดยมีการสาธิตปรากฏการณ์จริงๆ ให้นักเรียนดูหรือวาดปรากฏการณ์ดังกล่าวลงบนบัตรคำ

กฤษดา สงวนสิน (2548) ได้ใช้การสัมภาษณ์โดยใช้ตัวอย่างและใช้สถานการณ์ตรวจสอบมโนมติของนักเรียนเกี่ยวกับสถานะและการเปลี่ยนสถานะของสาร

ตัวอย่างสถานการณ์และคำถาม

ในการศึกษามโนมติ เรื่อง การแข็งตัว

สถานการณ์: สาธิตการทำไอศกรีมหวานเย็นให้นักเรียนดูโดยการนำบีกเกอร์ใส่น้ำแข็งและเกลือแล้วคนให้เข้ากันแล้วนำหลอดทดลองขนาดกลางซึ่งบรรจุน้ำหวาน แล้วนำไปแช่ในบีกเกอร์จนน้ำหวานกลายเป็นไอศกรีมหวานเย็น

คำถาม : "นักเรียนเห็นอะไรอยู่ในหลอดทดลองก่อนที่ครูจะนำไปแช่ในบีกเกอร์และสารนั้นอยู่ในสถานะอะไร"

: "เมื่อครูนำหลอดทดลองไปแช่ในบีกเกอร์ที่ใส่น้ำแข็งและเกลือนักเรียนสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงหรือไม่อย่างไร"

: "นักเรียนคิดว่าของเหลวในหลอดทดลองเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็งได้อย่างไร"

: "ปรากฏการณ์ที่ของเหลวเหลวกลายเป็นของแข็งเรียกว่าอะไร"

5.2 การสัมภาษณ์เกี่ยวกับมโนมติ (Interview About Concept) เป็นการสัมภาษณ์เพื่อตรวจสอบความรู้ที่นักเรียนมีเกี่ยวกับมโนมติของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งผู้สัมภาษณ์บางคนอาจจำกัดความรู้แค่ข้อเท็จจริง หรืออาจจะสัมภาษณ์เกี่ยวกับความเชื่อ ความคิดเห็น ภาพในใจ ความทรงจำกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นกับตนเอง หรือแม้แต่ทักษะทางด้านความคิดและทักษะทางด้านการปฏิบัติ ถ้าทักษะทางด้านความคิดและทักษะทางด้านการปฏิบัติมีความสัมพันธ์กับมโนมติ (White and Gunstone, 1993, pp.82-84)

ตัวอย่างสัมภาษณ์เกี่ยวกับมโนมติ

ผู้สัมภาษณ์: เราต้องการทราบมโนมติของคุณเกี่ยวกับยูคาลิปตัส คุณทราบอะไรเกี่ยวกับยูคาลิปตัสบ้าง

ผู้ให้สัมภาษณ์: อา ต้นไม้ หมีโคอาล่ากินใบของต้นพวกนี้ เป็นน้ำมันจากยูคาลิปใช้สำหรับทากล้ามเนื้อ เช่น น้ำยาบ้วนปาก ใช้เป็นลูกอม

ผู้สัมภาษณ์: คุณเคยใช้น้ำมันยูคาลิปหรือไม่

ผู้ให้สัมภาษณ์: ไม่ แต่ฉันเคยกินใบ (ยูคาลิปตัส) แก้เจ็บคอ ฉันเอาพวกมัน (ใบ) ใส่ในปาก

ผู้สัมภาษณ์: มีอะไรอีกไหมที่รู้เกี่ยวกับยูคาลิปตัส

ผู้ให้สัมภาษณ์: มันเป็นต้นไม้ในออสเตรเลีย

ผู้สัมภาษณ์: นอกจากที่พูดมาแล้ว คุณมีอะไรอีกหรือไม่

ผู้ให้สัมภาษณ์: ไม่

ผู้สัมภาษณ์: ชื่ออื่นของยูคาลิปตัสมีไหม

ผู้ให้สัมภาษณ์: ฉันไม่รู้จักชื่ออื่นเลย

ผู้สัมภาษณ์: ไม่แปลก มันไม่ใช่ชื่อสามัญ ใบของยูคาลิปเป็นอย่างไร

ผู้ให้สัมภาษณ์: มัน (ใบ) แตกต่างกัน บางชนิดแคบ และบางชนิดโค้ง แต่ฉันคิดว่ามันโค้งทั้งหมดต้นยูคาลิปตัสบางต้นจะสูงกว่าต้นอื่น จึงทำให้มันแตกต่าง

5.4 การวาดรูป (Drawing)

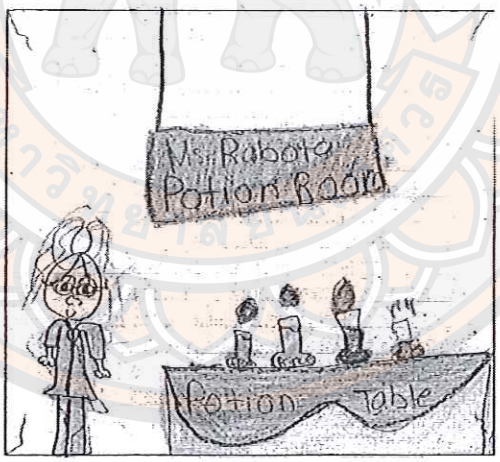
White and Gunstone (1993, pp. 98-99) ได้เสนอวิธีการตรวจสอบมโนมติโดยใช้การวาดรูป ซึ่งเป็นการตรวจสอบมโนมติโดยการให้วาดสิ่งที่เข้าใจออกมา โดยภาพที่วาดจะไม่มีการเขียนคำอธิบายใดๆ ซึ่งถือว่าวิธีการนี้เป็นการแสดงออกทางความคิดอย่างเปิดกว้างเต็มที่ไม่มีข้อจำกัด เช่น การให้นิสิตฝึกสอนวาดภาพห้องเรียนว่าในความคิดของพวกเขาทั้งก่อนและหลังการฝึกสอน ซึ่งภาพที่วาดออกมาแตกต่างกันวัตถุประสงค์ของการวาดเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ

โดยผ่านมิติของคำ-แผนภาพ (word-diagram) และคำถามปลายเปิด โดยการวาดรูปของนิสิตฝึกสอนจะแสดงถึงระดับความเข้าใจซึ่งไม่สามารถแสดงออกได้ด้วยวิธีการอื่น และการวาดภาพเป็นการตรวจสอบความเข้าใจตัวอย่างที่ง่ายมากกว่าการเขียน

Walls (2012, pp.1 - 37) ได้ตรวจสอบมุมมองของนักเรียนแอฟริกัน-อเมริกา (African American) ต่ออาชีพนักวิทยาศาสตร์ ด้วยวิธีวาดรูป โดยให้นักเรียนวาดรูปนักวิทยาศาสตร์ องค์ประกอบอื่น เช่น เสื้อผ้าที่สวม หรืออุปกรณ์ต่างๆ และมีการเขียนบรรยายนักวิทยาศาสตร์ที่วาดขึ้น ดังภาพ 2

ตัวอย่างของการวาดรูป

"นักวิทยาศาสตร์ของฉันชื่อ Robota เธอชอบการทำยาพิษ (potion) ชอบอ่านและชอบเรียน สิ่งที่เธอชอบทำมากที่สุดคือการเรียนเกี่ยวกับยาพิษ Robota อายุ 29 ปี และขณะนี้เธอกำลังหาสิ่งที่นำมาใช้ในการเรียน ซึ่งมันก็คือโลก ก่อนที่ Robota จะมาเป็นนักวิทยาศาสตร์เธอเคยเป็นหมอมาก่อน เธอใช้จ่ายเงินจำนวนมาก ดังนั้นเธอจึงต้องการเป็นนักวิทยาศาสตร์ เธอจึงซื้ออุปกรณ์ตกแต่งสำหรับห้องทดลองของเธอและซื้อเสื้อคลุมนักวิทยาศาสตร์ ตอนนี้เธอเป็นนักวิทยาศาสตร์ ... เธอสามารถพูดภาษาอังกฤษและภาษาสเปนได้เล็กน้อย"



ภาพ 2 ตัวอย่างการสำรวจมโนติด้วยการวาดรูป เรื่อง นักวิทยาศาสตร์

ที่มา: Walls, 2012, pp.1 – 37

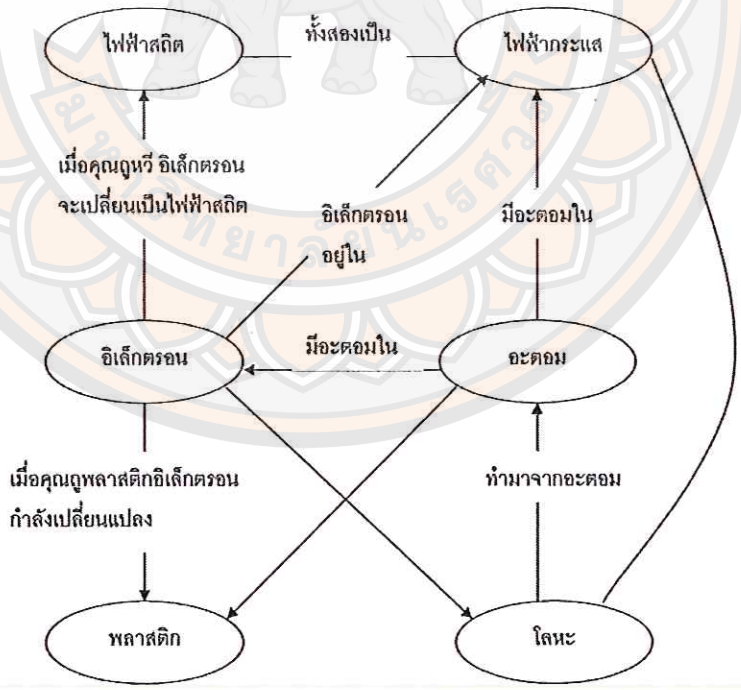
5.5 แผนผังมโนมติ (Concept Mapping)

แผนผังมโนมติมีจุดประสงค์เพื่อใช้แทนความสัมพันธ์อันมีความหมายระหว่างมโนมติต่างๆ โดยทำให้อยู่ในรูปของประพจน์ซึ่งหมายถึงมโนมติอย่างน้อย 2 มโนมติที่เชื่อมกันด้วยคำเชื่อมให้มีความหมายขึ้นมาหน่วยหนึ่งเช่น "ท้องฟ้าเป็นสีน้ำเงิน" จะแทนแผนผังมโนมติที่ง่ายๆ อันหนึ่งซึ่งก็คือประพจน์ที่สมเหตุสมผลข้อหนึ่งอันเกี่ยวกับมโนมติที่ว่าด้วย "ท้องฟ้า" และ "สีน้ำเงิน" (วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2540, หน้า 31-43)

การใช้แผนผังมโนมติเป็นการตรวจสอบมโนมติของนักเรียนที่มีอยู่ ทำให้ครูและนักเรียนสามารถแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันเกี่ยวกับเหตุผล หรือช่วยให้เห็นการเชื่อมโยงที่ขาดหายไประหว่างมโนมติต่างๆ และช่วยให้ครูทราบว่าควรจะสอนเพิ่มเติมหรือแก้ไขมโนมติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนอย่างไรให้สอดคล้องกับมโนมติของนักเรียน ซึ่งมีตัวอย่างการสร้างแผนผังมโนมติ ดังภาพ 3

ตัวอย่างแผนผังมโนมติ

ให้นักเรียนสร้างแผนผังแนวคิดจากแนวคิดที่กำหนดให้ต่อไปนี้ อิเล็กตรอน อะตอม ไฟฟ้าสถิต ไฟฟ้ากระแส พลาสติก และโลหะ



ภาพ 3 ตัวอย่างการสำรวจมโนติด้วยการเขียนแผนผังมโนมติ เรื่อง ไฟฟ้า

ที่มา: White and Gunstone, 1993, p.25 อ้างอิงใน วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2540, หน้า 43

5.6 การสำรวจ (Survey) เป็นการค้นหาความคิดที่หลากหลายของนักเรียนที่มีจำนวนมาก แม้ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจไม่ลึกเท่า หรือไม่มีรายละเอียดเหมือนกับการสัมภาษณ์ แต่เวลาที่ใช้ในการสำรวจไม่มากเท่ากับการสัมภาษณ์ (วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2540, หน้า 29-30) การสำรวจนิยมใช้แบบทดสอบ 2 แบบ คือ แบบเลือกตอบหรือแบบปรนัย (multiple choices) และคำถามปลายเปิดหรือแบบอัตนัย (open-ended) (จรรยา ดาสา, 2553, หน้า 64) ซึ่งทั้งสองแบบมีข้อดีและข้อจำกัดแตกต่างกัน ดังนี้

ตาราง 3 ข้อดีและข้อจำกัดของแบบทดสอบคำถามปลายเปิดและแบบเลือกตอบ

ชนิดแบบทดสอบ	ข้อดี	ข้อจำกัด
คำถามปลายเปิด	- สามารถวัดกระบวนการคิดและความสามารถในการเรียน - สามารถวัดความคิดและความสามารถในการประเมิน - มีความสะดวกและง่ายต่อการสร้างข้อสอบ - ผู้ตอบมีอิสระในการแสดงแนวคิดได้อย่างเต็มที่	- การให้คะแนนไม่แน่นอน คะแนนที่ได้ขึ้นอยู่กับผู้ตรวจ - ตรวจให้คะแนนยาก ใช้เวลามากในการตรวจสอบ
แบบเลือกตอบ	- ตรวจและให้คะแนนง่าย - ให้คะแนนได้อย่างยุติธรรม	- วัดได้เพียงความรู้ ความจำ ไม่สามารถวัดทักษะการคิดขั้นสูงได้ - เปิดโอกาสให้เดาคำตอบได้ - จำกัดกรอบแนวคิด ทำให้ไม่ได้คำตอบอื่นๆ ที่เป็นไปได้ - เตรียมได้ยาก

ที่มา: จรรยา ดาสา, 2553, หน้า 64-66

จากการศึกษาทำให้ผู้วิจัยเลือกวิธีการตรวจสอบมโนมติด้วยวิธีการสัมภาษณ์โดยใช้ตัวอย่าง เพราะเป็นวิธีการที่ทำให้ทราบถึงมโนมติของนักเรียนได้อย่างดี

6. **เกณฑ์ที่ใช้จำแนกประเภทมโนมติ**

Abraham and Haidar (1991, pp.919-938) ได้ทำการศึกษาและใช้เกณฑ์ในการจัดประเภทมโนมติของนักเรียนตามระดับความเข้าใจออกเป็น 4 ระดับไว้ ดังตาราง 4

ตาราง 4 เกณฑ์ในการจัดประเภทมโนมติของ Haidar and Abraham

ระดับความเข้าใจ	เกณฑ์ที่ใช้ในการจัดประเภท
ไม่มีมโนมติ (No Understanding: NU)	- ไม่ตอบ / ตอบว่า "ไม่รู้" หรือ "ไม่เข้าใจ" - ตอบทวนคำถาม - อธิบายเหตุผลไม่ชัดเจนและไม่เกี่ยวข้อง
มโนมติที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conceptions: AC)	พยายามที่จะอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น แต่สิ่งที่อธิบายไม่สอดคล้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์
มโนมติที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU)	อธิบายมโนมติทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องอย่างน้อย 1 องค์ประกอบจากทั้งหมด
มโนมติที่ถูกต้อง (Sound Understanding: SU)	อธิบายมโนมติทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องและครบถ้วนทุกองค์ประกอบ

ที่มา: Abraham and Haidar, 1991, pp.919-938

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2532, อ้างอิงใน กาญจนา เป็งวงค์, 2546, หน้า 21) ได้สร้างแบบทดสอบเพื่อสำรวจและวิเคราะห์มโนมติที่คลาดเคลื่อนและความเข้าใจผิดเฉพาะบทเรียน โดยแบบทดสอบเป็นแบบให้นักเรียนเลือกตอบและแสดงเหตุผลจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ แล้วนำคำตอบและเหตุผลนั้นมาจัดลำดับมโนมติ โดยแบ่งออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

1. มโนมติที่สมบูรณ์ หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกและให้เหตุผลถูกต้องครบองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวความคิด

2. มโนมติที่ไม่สมบูรณ์ หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกและให้เหตุผลถูกต้องแต่ขาดองค์ประกอบบางส่วนที่สำคัญ

3. มโนมติที่คลาดเคลื่อน หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูก แต่การให้เหตุผลไม่ถูกต้อง

4. ความเข้าใจผิด หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกหรือผิด แต่การให้เหตุผลไม่ถูกต้อง

Abraham, et al. (1992 อ้างอิงใน กฤษดา สงวนสิน, 2548, หน้า 35) ได้ทำการพัฒนาเกณฑ์ที่ใช้ในการจัดประเภทแนวคิด โดยแบ่งระดับความเข้าใจออกเป็น 6 ระดับ ดังตาราง 5

ตาราง 5 เกณฑ์ในการจัดประเภทมโนมติของ Abraham, et al.

ระดับความเข้าใจ	เกณฑ์ที่ใช้ในการจัดประเภท
ไม่ตอบ (no response)	ไม่ตอบ / ตอบว่า "ไม่รู้" หรือ "ไม่เข้าใจ
ไม่มีแนวคิด (no understanding)	- ตอบทวนคำถาม - อธิบายเหตุผลไม่ชัดเจนและไม่เกี่ยวข้อง
แนวคิดคลาดเคลื่อน (specific misconception)	ตอบไม่ถูกต้องและไม่มีเหตุผล
แนวคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์และมีความคลาดเคลื่อน (partial understanding with specific misconception)	การตอบแสดงให้เห็นว่าเข้าใจแนวคิด แต่ยังมีบางประโยคที่แสดงให้เห็นถึงความไม่เข้าใจ
แนวคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (partial understanding	อธิบายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องอย่างน้อย 1 องค์ประกอบจากทั้งหมด
แนวคิดที่ถูกต้อง (sound understanding)	อธิบายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องและครบถ้วนทุกองค์ประกอบ

ที่มา: กฤษดา สงวนสิน, 2548, หน้า 35

มโนมติที่คลาดเคลื่อน

1. ความหมายของมโนมติที่คลาดเคลื่อน

คำว่า มโนมติที่คลาดเคลื่อน แปลมาจากคำภาษาอังกฤษว่า misconceptions อย่างไรก็ตาม คำศัพท์ที่มีความหมายที่คล้ายคลึงกันนี้มีหลายคำ เช่น misunderstanding, preconception, alternative conception, initial conception และ erroneous conception เป็นต้น ซึ่งมีผู้ให้ความหมายไว้ ดังนี้

ป LB
1027
.23
ส 657ท
2557

- 4 พ.ย. 2557

16668707

สถาบันวิทยบริการ

Brown (1992 อ้างอิงใน รัตนา เส้งสุข, 2540, หน้า 14) ได้ให้ความหมายของมโนมติที่คลาดเคลื่อน ว่าเป็นความคิดไม่สมบูรณ์ไม่สอดคล้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์

Chi, et. al. (1994, pp.27-43) กล่าวว่า มโนมติที่คลาดเคลื่อน หมายถึง มโนมติทางวิทยาศาสตร์ถูกจัดให้ไปอยู่ในประเภทเชิงภววิทยาอื่น ซึ่งมโนมติทางวิทยาศาสตร์นั้นไม่เป็นของประเภทภววิทยานั้นๆ ตามที่นักวิทยาศาสตร์จัดให้อยู่

รัตนา เส้งสุข (2540, หน้า 14) ได้ให้ความหมายของ มโนมติที่คลาดเคลื่อนว่า มโนมติที่คลาดเคลื่อนเป็นมโนมติและความเข้าใจที่ไม่ถูกต้อง ไม่สมบูรณ์ซึ่งขัดแย้งกับมโนมติที่ยอมรับของนักวิทยาศาสตร์

นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์ (2548, หน้า 13) กล่าวว่า ความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน หมายถึง ความคิด หรือความเข้าใจภายในตัวของบุคคลที่สร้างขึ้นจากความเชื่อ ความรู้ หรือประสบการณ์เดิมของบุคคลเองที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือสถานการณ์ใดสถานการณ์หนึ่ง โดยความรู้ความเชื่อเหล่านั้น เกิดจากการสังเกตและประสบการณ์เดิมในการสร้างความรู้นั้นของบุคคล และการสร้างความรู้นั้น มีความหมายที่แตกต่างหรือผิดแผกไปจากทิศทางของแนวความคิดที่เป็นที่ยอมรับกันในสังคมวิทยาศาสตร์ในช่วงขณะนั้น

ไพโรจน์ เติมเตชาติพงศ์ (2550, หน้า 11) ให้ความหมายว่า มโนมติที่คลาดเคลื่อน หมายถึง มโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกจัดให้ไปอยู่ในประเภทเชิงภววิทยาอื่น ซึ่งมโนมติทางวิทยาศาสตร์นั้นไม่เป็นของประเภทเชิงภววิทยานั้นๆ ตามที่นักวิทยาศาสตร์จัดให้อยู่

จากความหมายของมโนมติที่คลาดเคลื่อนดังกล่าว สามารถสรุปได้ว่า มโนมติที่คลาดเคลื่อน หมายถึง ความคิด ความเข้าใจในเรื่องใดเรื่องหนึ่งของตัวบุคคล ที่เบี่ยงเบนไปจากมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับในปัจจุบัน ซึ่งเป็นผลมาจาก การสังเกต ประสบการณ์เดิม หรือการได้รับประสบการณ์ในเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่ไม่สมบูรณ์ ทำให้การสรุปความ หรือตีความให้ความหมายกับประสบการณ์ใหม่เบี่ยงเบนไป ซึ่งอาจเกิดขึ้นก่อน ระหว่าง หรือหลังจากได้รับการศึกษาเล่าเรียนไปแล้ว

2. ลักษณะของความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึง ลักษณะต่างๆ ของความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนไว้ ดังต่อไปนี้

Dykstra, Boyle and Monarch (1992, pp.4-5) ได้สรุปความหมายของความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน ที่นักการศึกษาได้ให้ความหมายไว้เป็นลักษณะที่สำคัญของความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนไว้ว่า

1. เป็นการให้คำตอบที่เข้าใจผิดของนักเรียน เมื่อที่นักเรียนได้เผชิญกับสถานการณ์ที่เฉพาะเจาะจงหนึ่งๆ

2. เป็นแนวคิดต่างๆ เกี่ยวกับสถานการณ์ที่เฉพาะเจาะจงที่นักเรียนมี ซึ่งก่อให้เกิดคำตอบที่เป็นความเข้าใจผิดของนักเรียน

3. เป็นพื้นฐานความเชื่อต่างๆ ที่นักเรียนมีเกี่ยวกับเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นบนโลก ซึ่งนักเรียนนำมาใช้อย่างหลากหลายในสถานการณ์ต่างๆ ที่แตกต่างกัน และเป็นสิ่งที่นักเรียนยึดถือในการที่จะอธิบายความหมายของการเกิดเหตุการณ์เหล่านั้น

นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์ (2548, หน้า 14-16) สรุปลักษณะของความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน ดังนี้

1. เป็นมโนมติที่ได้รับการแปลความหมายทั้งจากตัวบุคคลเอง และจากสิ่งต่างๆ รอบตัวที่แตกต่างไปจากความหมายของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับกันในปัจจุบัน

2. เป็นมโนมติที่สามารถถูกถ่ายทอดจากบุคคลหนึ่งสู่บุคคลอื่นๆ ได้อย่างกว้างขวาง ทั้งในลักษณะของจากครูไปสู่นักเรียน จากนักเรียนส่งสู่นักเรียน หรือจากนักเรียนหรือครูผู้สอนหรือผู้รู้สู่ประชาชนทั่วไป

3. เป็นมโนมติที่เมื่อเกิดขึ้นภายในตัวบุคคลแล้วมีความต้านทานสูงยากต่อการเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไข เนื่องจากบุคคลมีความยึดมั่นสูงในความหมายของบริบทนั้นๆ

3. สาเหตุการเกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อน

สาเหตุของการเกิดความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน นักการศึกษาหลายท่านได้ศึกษาและวิเคราะห์ถึงสาเหตุที่ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนและได้สรุปสาเหตุต่างๆ ของการเกิดความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน ดังนี้

Osbrone and Freyberg (1985 อ้างอิงใน นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์, 2548, หน้า 15) อธิบายว่า มโนมติที่เกิดขึ้นจากนักเรียนมักแตกต่างไปจากมโนมติที่ครูตั้งใจให้นักเรียน ซึ่งสาเหตุที่ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน ได้แก่

1. ตำราเรียน

2. การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

3. การทำกิจกรรมและการสรุปความรู้ต่างๆ

รัตนา เส้งสุข (2540, หน้า 14) กล่าวว่า มโนมติที่คลาดเคลื่อน สามารถเกิดมาจากสาเหตุ ดังนี้

1. ภาษาของนักเรียนที่ใช้ในชีวิตประจำวันกับภาษาของครูที่ใช้ในการสอนและภาษาที่ใช้ในแบบเรียน มีความหมายแตกต่างกัน

2. การหาเหตุผลและการมีความเชื่อมั่นในตนเองมากเกินไป ซึ่งอาจเกิดจากสิ่งแวดล้อม โครงสร้างของสังคมและขนบธรรมเนียมประเพณีและวัฒนธรรมของแต่ละสังคมต่างกัน ทำให้นักเรียนเกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อน

3. การขาดประสบการณ์ การรับรู้ที่ผิดพลาดและความจำที่คลาดเคลื่อนทำให้การสรุปผิดพลาด

4. ครูอาจมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนในเนื้อหาที่ตนสอน จึงทำให้นักเรียนได้รับการถ่ายทอดมโนมติที่คลาดเคลื่อน

นอกจากนี้ สาเหตุที่ทำให้เกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อนอาจเกิดจากพัฒนาการด้านสติปัญญาของนักเรียนและระดับวุฒิภาวะที่ไม่ดีพอ ทำให้นักเรียนไม่สามารถเข้าใจในเรื่องนั้นๆ ได้หรือเข้าใจเพียงบางส่วน แต่บางส่วนคลาดเคลื่อนไป

มณีกานต์ หินสอ (2549, หน้า 15-16) สรุปได้ว่า สาเหตุการเกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อนเกิดสาเหตุที่สำคัญอยู่ 2 คือ

1. เกิดจากตัวนักเรียนเอง อันเนื่องมาจากพื้นฐานความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมที่ได้รับของและบุคคลรวมทั้งวุฒิภาวะของแต่ละบุคคล

2. สิ่งแวดล้อมของตัวบุคคล เช่น ตำราเรียน เอกสารสิ่งพิมพ์ต่างๆ สถานการณ์ต่างๆ บุคคลอื่นๆ เช่น ครูผู้สอน นักการศึกษา ภาษาและวัฒนธรรม เป็นต้น

จากที่กล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า สาเหตุของการเกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อนเกิดจากสาเหตุที่สำคัญอยู่ 2 ประการ คือ

1. เกิดจากตัวบุคคลเอง ซึ่งมาจากความเชื่อ ความรู้ ประสบการณ์เดิมที่ได้รับและการแปลความหมาย รวมทั้งวุฒิภาวะของแต่ละบุคคล

2. สิ่งแวดล้อมรอบตัวบุคคลอันส่งผลต่อตัวบุคคลโดยตรง เช่น ตำราเรียน เอกสารสิ่งพิมพ์ต่างๆ สถานการณ์ต่างๆ ครูผู้สอน นักการศึกษา ภาษาและวัฒนธรรม การติดต่อสื่อสารและสัญลักษณ์ต่างๆ เป็นต้น

4. มโนมติที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ (ทัศนีวรรณ์ เลิศเจริญฤทธิ์, 2548; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2550, หน้า 53; Prather, 2005, pp.345-354; Johnson and Hafele, 2010, pp.177-180) พบว่านักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนหลายเรื่อง ดังตาราง 6

ตาราง 6 ความเข้าใจมโนมติถูกต้องและมโนมติคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์

ความเข้าใจถูกต้อง	มโนมติคลาดเคลื่อน
รังสีเอกซ์ รังสีแกมมา รังสีอัลตราไวโอเลต เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเหมือนกัน แต่มีความยาวคลื่นต่างกัน	รังสีเอกซ์ รังสีแกมมา รังสีอัลตราไวโอเลต ต่างกันโดยสิ้นเชิง
สารกัมมันตรังสีที่เป็นแก๊สนั้น จะไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า	สารกัมมันตรังสีอยู่ในสถานะแก๊ส ไม่มีสีแต่มีกลิ่นฉุน
รังสีเอกซ์ รังสีแกมมา รังสีอัลตราไวโอเลต เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเหมือนกัน แต่มีความยาวคลื่นต่างกัน	รังสีเอกซ์ รังสีแกมมา รังสีอัลตราไวโอเลต ต่างกันโดยสิ้นเชิง
ธาตุกัมมันตรังสีที่เป็นแก๊สนั้น จะไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า	ธาตุกัมมันตรังสีอยู่ในสถานะแก๊ส ไม่มีสีแต่มีกลิ่นฉุน
การแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสีสามารถแผ่รังสีออกมาเป็นทั้งพลังงานและอนุภาค โดยไม่อาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่	ธาตุกัมมันตรังสีแผ่รังสีเป็นแก๊สหรือฝุ่นเล็กๆ และเคลื่อนที่ไปโดยอาศัยตัวกลางในการพาไป เช่น ลม น้ำ เป็นต้น
ธาตุกัมมันตรังสีจะแผ่รังสีเมื่อนิวเคลียสไม่เสถียร	ธาตุกัมมันตรังสีสามารถแผ่รังสีไปได้เรื่อยๆ ไม่มีวันหมด
มวลอาจเปลี่ยนไปเป็นพลังงานได้และพลังงานก็อาจเปลี่ยนไปเป็นมวลได้ ตามความสัมพันธ์ $E = mc^2$	มวลและพลังงานไม่มีความสัมพันธ์กัน
กัมมันตรังสีในระดับต่ำ เช่น รังสีระดับพื้นในสิ่งแวดล้อมทั่วไปจะไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต	กัมมันตภาพรังสีเป็นอันตรายเสมอ
ในห้องเรียนและในร่างกายของเราก็มีกัมมันตภาพรังสี แต่มีในระดับต่ำมากจนไม่เป็นอันตราย ทุกวันเรารับรังสีคอสมิกในระดับต่ำมากอยู่เสมอ	ในสิ่งแวดล้อมปกติ (เช่น ในห้องเรียน) ไม่มีกัมมันตภาพรังสี

ตาราง 6 (ต่อ)

ความเข้าใจถูกต้อง	มโนมติคลาดเคลื่อน
ถ้าร่างกายได้รับรังสีระดับสูงมาก อาการผิดปกติก็อาจเกิดทางร่างกายจนเป็นอันตรายต่อชีวิต อันตรายนี้เป็นผลสืบเนื่องมาจากสมบัติของรังสีที่ทำให้สารที่รังสีผ่านแตกตัวเป็นไอออน กล่าวคือ เมื่อร่างกายได้รับรังสีเนื้อเยื่อร่างกายจะดูดกลืนพลังงานของรังสี ทำให้เซลล์ต่างๆ ถูกทำลาย และรังสียังอาจทำให้เกิดโรค เช่น มะเร็ง เป็นต้น และอาจมีผลทางพันธุกรรมซึ่งจะถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกหลาน	ธาตุกัมมันตรังสีจะถ่ายทอดรังสีจากสิ่งมีชีวิตหนึ่งไปยังสิ่งมีชีวิตอีกอย่างหนึ่งได้โดยการกินต่อกันเป็นทอดๆ และจะส่งผลร้ายแรง หรือไม่ขึ้นกับปริมาณของธาตุกัมมันตรังสีที่ได้รับ
การตกค้างของรังสีในการฉายรังสี ถ้ารังสีที่ใช้เป็นรังสีแกมมาก็จะไม่มีรังสีตกค้าง แต่ถ้าเป็นนิวตรอนจะมีไอโซโทปกัมมันตรังสีเกิดขึ้น จึงต้องปล่อยให้ไอโซโทปกัมมันตรังสีสลายตัวจนมีระดับรังสีที่ปลอดภัยจึงนำมาใช้ประโยชน์ได้ และในการถนอมอาหารจะใช้รังสีแกมมาจึงไม่มีผลตกค้างใดๆสารกัมมันตรังสีจะตกค้างในวัตถุมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุ	- ธาตุกัมมันตรังสีจะส่งผลกระทบโดยทำให้ ดิน น้ำและอากาศ เป็นพิษเหมือนมลภาวะที่พบในปัจจุบัน - สารกัมมันตรังสีจะทำให้พลาสติกละลาย เหล็กเป็นสนิม ส่วนไม้และกระดาษจะได้รับผลกระทบคล้ายๆ กัน คือจะไหม้และเปลี่ยนสีเหมือนได้รับความร้อน - การฉายรังสีเป็นการดูดกลืนรังสีและจะทำให้วัตถุนั้นกลายเป็นสารกัมมันตรังสี
การไม่เสถียรของอะตอมมาจากจำนวนนิวตรอนและโปรตอนในนิวเคลียส จึงทำให้เกิดการแผ่รังสี	การไม่เสถียรของอะตอมมาจากความไม่สมดุลของอิเล็กตรอนและอนุภาคในนิวเคลียส จึงทำให้เกิดการแผ่รังสี

ที่มา: ทัศนีวรรณ์ เลิศเจริญฤทธิ์ (2548); สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2550, หน้า 53); Prather (2005, pp.345-354); Johnson and Hafele (2010, pp.177-180)

การเปลี่ยนมโนมติ

1. ความหมายของการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

วรรณทิพา รอดแรงค้า (2540, หน้า 13-15) กล่าวว่า การเปลี่ยนมโนมติ (conceptual (exchange) เป็นการแก้ปัญหาเกี่ยวกับความขัดแย้ง โดยการแทนที่มโนมติของนักเรียน ซึ่งการเปลี่ยนมโนมติ มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Bell, 1993 อ้างอิงใน วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2540, หน้า 13) ดังนั้น ผู้วิจัยขอกล่าวถึงทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองก่อน ดังนี้

ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ตรงกับคำภาษาอังกฤษว่า constructivism เป็นทฤษฎีทางการศึกษาที่ในปัจจุบันได้รับความสนใจจากนักการศึกษาเป็นอย่างมาก นักการศึกษาได้ให้ความหมายของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ไว้ดังนี้

Von Glasersfeld (1991 อ้างอิงใน วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2540, หน้า 1) กล่าวว่า ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง เป็นทฤษฎีของความรู้ที่มีรากฐานมาจากปรัชญา จิตวิทยา และการศึกษาเกี่ยวกับการสื่อความหมายและการควบคุมกระบวนการการสื่อความหมายในตัวคน โดยอ้างถึงหลักการ 2 ข้อ คือ

1. ความรู้ไม่ได้เกิดจากการรับรู้อย่างไม่มีส่วนร่วม แต่ความรู้ถูกสร้างโดยบุคคลที่มีความรู้ความเข้าใจและมีส่วนร่วมในการรับรู้

2. หน้าที่ของการรับรู้ ความรู้ความเข้าใจ เป็นการปรับตัวและใช้ในการประมวลประสบการณ์ทั้งหมด แต่ไม่ใช่เพื่อการค้นพบสิ่งที่เป็นจริง

Fosnot (1996 อ้างอิงใน นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์, 2548, หน้า 25) กล่าวว่า ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง เป็นทฤษฎีที่เกี่ยวกับความรู้และการเรียนรู้ที่พยายามจะอธิบายว่าความรู้ คืออะไรและได้มาอย่างไร โดยอาศัยพื้นฐานทางจิตวิทยา ปรัชญา และมานุษยวิทยา ทฤษฎีนี้อธิบายความรู้ว่าเป็นสิ่งชั่วคราวที่มีการพัฒนาอย่างไม่หยุดนิ่งและมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ถูกสร้างขึ้นภายในตัวบุคคลโดยอาศัยสื่อตัวกลางทางสังคมและวัฒนธรรม โดยที่บุคคลจะต้องต่อสู้กับความขัดแย้งที่เกิดขึ้นระหว่างความรู้เดิมที่มีอยู่กับความรู้ใหม่ที่แตกต่างไปจากเดิมที่เคยรับรู้ เป็นการสร้างตัวแทนใหม่และสร้างแบบจำลอง (Model) ของความจริง โดยบุคคลเป็นผู้สร้างความหมายด้วยเครื่องมือและสัญลักษณ์ทางวัฒนธรรม และเป็นการประนีประนอมต่อความหมายที่สร้างขึ้นโดยผ่านกิจกรรมทางสังคม ผ่านการร่วมมือแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันทั้งที่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วย

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง เป็นทฤษฎีเกี่ยวกับความรู้และการเรียนรู้ เป็นการบรรยายถึงความรู้และการเรียนรู้โดยอาศัยพื้นฐานทางจิตวิทยาปรัชญา และมานุษยวิทยา

2. ทรรศนะของการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึง การเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองดังต่อไปนี้

Driver and Bell (1986 อ้างอิงใน กฤษดา สงวนสิน, 2548, หน้า 8-9) กล่าวถึงการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. ผลที่ได้จากการเรียนรู้ไม่ได้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของการเรียนรู้เท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับความรู้ที่มีอยู่เดิมของนักเรียน ความคิด เป้าหมาย และแรงจูงใจของนักเรียนมีอิทธิพลต่อวิธีการที่นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับอุปกรณ์การเรียนรู้ในหลายรูปแบบ

2. การเรียนรู้จะเกี่ยวข้องกับการสร้างความหมายในสิ่งที่เขาได้ยินหรือได้เห็นโดยการเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมที่มีอยู่กับประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับ แต่ความหมายที่สร้างขึ้นอาจใช่หรือไม่ใช่ความหมายที่ครูตั้งใจจะให้เกิดขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากประสบการณ์เดิมที่มีอยู่จะมีอิทธิพลต่อการสร้างความหมาย

3. การสร้างความหมายเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องและนักเรียนมีส่วนร่วมในการสร้างความหมาย เมื่อนักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับปรากฏการณ์ต่างๆ หรือกับบุคคลอื่นๆ นักเรียนจะมีส่วนร่วมในการตั้งสมมติฐาน ตรวจสอบ และเปลี่ยนแปลงความคิด หลังจากการสร้างความหมายที่เป็นไปได้นักเรียนจะตรวจสอบเพื่อดูว่า ความหมายนั้นเข้ากันได้กับประสบการณ์ของนักเรียนหรือไม่ ถ้าเข้ากันได้นักเรียนจะกล่าวว่าเข้าใจสถานการณ์นั้นๆ ถ้าเข้ากันไม่ได้ นักเรียนอาจจะสร้างความหมายใหม่

4. ความเชื่อและการประเมินผลความหมาย ถึงแม้ว่านักเรียนอาจจะสร้างความหมายอย่างที่ครูตั้งใจไว้ แต่เขาอาจจะไม่เต็มใจที่จะยอมรับหรือเชื่อในความหมายนั้น การเรียนรู้ไม่ได้เกี่ยวข้องกับการสร้างความหมายอย่างที่ตั้งใจไว้ แต่ต้องยอมรับความหมายที่สร้างขึ้น และต้องมีการประเมินผล และหลังจากประเมินผลแล้วอาจมีการยอมรับหรือละทิ้งมันไป

5. การเรียนรู้เป็นความรับผิดชอบของนักเรียน นักเรียนต้องมีความรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนเองด้วยการชี้แนะตนเองในการเรียนรู้ภาระงาน โดยใช้ความรู้ที่มีอยู่ในการสร้างความหมายไม่ว่าจะเป็นการอ่านหรือการฟังแล้วประเมินความหมายนั้น สถานการณ์การเรียนรู้หลายอย่างที่ไม่ได้กระตุ้นให้นักเรียนเข้าใจสิ่งที่นักเรียนมีประสบการณ์อยู่ ความคิดของนักเรียนอยู่ในวงจรสั้นๆ ง่ายๆ เพียงแค่ตอบคำถามให้ถูกต้องเท่านั้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้ทำให้นักเรียนได้รับการ

ยอมรับภายใต้บริบทของสถานการณ์ภายในห้องเรียนและห้องปฏิบัติการ แต่เขาอาจไม่เชื่อมันหรือใช้มันในประสบการณ์นอกโรงเรียน ดังนั้นการสอนนักเรียนจึงเป็นการช่วยนักเรียนให้จัดประสบการณ์ให้เป็นระบบและในวิธีการที่มีความหมายสำหรับเขา

6. ความหมายบางความหมายสามารถแลกเปลี่ยนกันได้ นักเรียนแต่ละคนสามารถสร้างความหมายที่แตกต่างกันในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่างๆ รอบตัว ซึ่งเป็นความหมายที่แปลกไม่เหมือนใคร ซึ่งความหมายที่นักเรียนสร้างขึ้นอาจเนื่องมาจากการแลกเปลี่ยนประสบการณ์และความคิดเห็นกับผู้อื่น

Posner, et al. (1982, pp.211-227) กล่าวว่า มนุษย์เกิดการเรียนรู้ได้ 2 รูปแบบ คือ

1. การดูดซึม (assimilation) คือ กระบวนการที่นักเรียนสามรถผสมกลมกลืนมโนมติเดิมที่มีอยู่กับปรากกฏการณ์ใหม่

2. การปรับขยายโครงสร้างมโนมติเดิม (accommodation) คือ กระบวนการที่เกิดจากการที่นักเรียนไม่สามารถนำมโนมติเดิมที่มีอยู่มาอธิบายปรากฏการณ์ใหม่ได้นักเรียนจึงต้องพยายามปรับขยายมโนมติเดิม เพื่อให้สามารถตอบคำถาม หรือแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งนำไปการเปลี่ยนมโนมติของนักเรียน

Bell (1993 อ้างอิงใน วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2540, หน้า 13) กล่าวว่า การเรียนรู้ไม่ใช่การเติมสมองที่ว่างเปล่าของนักเรียนให้เต็ม หรือไม่ใช่การได้มาซึ่งความคิดใหม่ๆ ของนักเรียน แต่เป็นการพัฒนาหรือเปลี่ยนความคิดที่มีอยู่แล้วของนักเรียน การเรียนรู้เป็นการเปลี่ยนแปลงมโนมติ เป็นการสร้างและยอมรับความคิดใหม่ๆ หรือเป็นการจัดโครงสร้างของความคิดที่มีอยู่แล้วใหม่ ซึ่งนักเรียนเป็นผู้สร้างความคิดมากกว่าดูดซึมและนักเรียนเป็นผู้สร้างความหมายจากประสบการณ์ของตนเอง

จากที่กล่าวข้างต้นสรุปการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองได้ ดังนี้

1. การเรียนรู้ที่เกิดขึ้นอยู่กับความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียน

2. การหาคำอธิบาย นักเรียนจะสร้างความหมายของวัตถุ ปรากฏการณ์ และเหตุการณ์ที่พบด้วยตัวนักเรียนตนเอง โดยความหมายที่สร้างขึ้นอาจแปลกและแตกต่างจากความหมายที่ถูกต้อง

3. นักเรียนสร้างความหมายให้กับสิ่งที่เขาเรียนรู้ ซึ่งความหมายที่สร้างขึ้นนี้มาจากการปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่นๆ

4. นักเรียนต้องมีความรับผิดชอบในการเรียนรู้ของตนเอง ครูเป็นแต่เพียงผู้สนับสนุนและอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้เท่านั้น

3. **การสอนตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง**

นักการศึกษาได้กล่าวการสอนตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ดังต่อไปนี้

เซลลี (2545, หน้า 19-20) กล่าวว่า การสอนแบบการสร้างความรู้ด้วยตนเอง เป็นการสอนที่ตอบสนองต่อความต้องการของนักเรียน โดยคำนึงถึงความแตกต่างความสามารถของนักเรียนแต่ละคน กระตุ้นให้นักเรียนแสงความรู้เดิมออกมา จำแนกความแตกต่างของนักเรียน เตรียมงานให้นักเรียนปฏิบัติตามความรู้ความสามารถ และประเมินเป็นรายบุคคล จากผลงานและการปฏิบัติกิจกรรม

สุนีย์ คล้ายนิล, ปรีชาญ เดชศรี และนาวาอากาศอัมพลิกา ประโมจนีย์ (2550, หน้า 8-9) กล่าวว่า หัวใจของการสอนตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง อยู่ที่การค้นหาความรู้เดิมว่านักเรียนรู้อะไรมาบ้าง และความรู้นั้นมีความหมายอย่างไรต่อนักเรียน หรือนักเรียนไปสร้างและยึดถือความหมายของความรู้นั้นๆ ไว้อย่างไร และประเด็นของความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนคืออะไร เพื่อที่จะเปลี่ยนมโนมติของนักเรียนแล้วจึงสร้างความรู้ใหม่ต่อเติมขึ้นไป

4. **ทฤษฎีการเปลี่ยนมโนมติ**

Posner, et al. (1982, pp.211-227) ได้นำเสนอทฤษฎีการเปลี่ยนมโนมติ (Conceptual change theory) โดยอธิบายว่า เงื่อนไขที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนมโนมติประกอบไปด้วยเงื่อนไข 4 ประการ ที่จำเป็นสำหรับเข้าไปเปลี่ยนมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. นักเรียนจะต้องเกิดความไม่พอใจในมโนมติที่มีอยู่ (Dissatisfaction) บุคคลจะต้องเผชิญกับปัญหาหรือเหตุการณ์แปลกๆ ซึ่งหาข้อสรุปไม่ได้ และคลายความเชื่อถือต่อมโนมติที่ตนมีอยู่ ในแง่ความสามารถในการแก้ปัญหาเหล่านั้น

2. มโนมติใหม่จะต้องเป็นที่เข้าใจแจ่มแจ้ง (Intelligible) บุคคลจะต้องสามารถมองเห็นได้ว่า มโนมติใหม่ก่อให้เกิดประสบการณ์ที่สามารถตอบปัญหาได้เพียงพอสำหรับการแสวงหาความเป็นไปได้ต่างๆ อย่างไร

3. มโนมติใหม่จะต้องฟังดูน่าเชื่อถือ (Plausible) อย่างน้อยมโนมติใหม่จะต้องมีความสามารถในการแก้ปัญหาที่เผชิญอยู่ได้ นอกจากนี้มโนมติดังกล่าวยังจะต้องสอดคล้องกับความรู้ในสาขาอื่นๆ อีกด้วย เช่น แนวคิดใหม่ในวิชาดาราศาสตร์จะไม่เป็นที่ยอมรับถ้ามันไม่สอดคล้องกับความรู้ทางฟิสิกส์ในปัจจุบัน

4. มโนมติใหม่จะต้องมีประโยชน์สำหรับการใช้ในบริบทอื่น (Fruitful) มโนมติดังกล่าวจะต้องมีศักยภาพที่จะขยายขอบเขตของการแสวงหาความรู้อื่นๆ

ต่อมา Hewson and Hewson (1992 as ciited in Treagust and Duit, 2008, pp. 297-328) กล่าวว่าการเปลี่ยนมโนมติก็เปรียบเสมือนการแข่งขันของสองมโนมติซึ่งก็คือ

มโนมติเดิมกับมโนมติใหม่ที่เรียกว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงของสถานะ (status) ของมโมติทั้งสองประเภท ซึ่งสถานะนี้ หมายถึง ระดับการยอมรับที่นักเรียนมีให้แก่มโนมติแต่ละประเภทนั่นคือ หากมโนมติใดเป็นไปตามเงื่อนไขของความเข้าใจในความรู้ใหม่ ความเป็นไปได้ของความรู้ใหม่ และประโยชน์ของความรู้ใหม่ นั้นก็คือ มโนมตินั้นมีสถานะที่สูงขึ้นหรือได้รับการยอมรับ ดังนั้น กุญแจสำคัญของการเปลี่ยนมโนมติจึงอยู่ที่ความไม่พึงพอใจในมโนมติเดิม นั่นคือเป็นการลดสถานะ หรือความเชื่อถือของอีกมโมติหนึ่ง ดังนั้นเมื่อใดที่นักเรียนลดของมโนมติเดิมและเพิ่มสถานะให้กับมโนมติใหม่ ก็ถือว่า การเปลี่ยนมโนมติได้เกิดขึ้นแล้ว

จากแนวคิดดังกล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า เงื่อนไขที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนมโนมติ ได้แก่ ความไม่พึงพอใจในมโนมติเดิม มโนมติใหม่สามารถเข้าใจได้ มโนมติใหม่เป็นจริงหรือมีเหตุผลและสามารถใช้แก้ปัญหาเดิมได้ และมโนมติใหม่ใช้ประโยชน์ได้

5. วิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนมโนมติ

วิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนมโนมติมีอยู่หลายวิธี ผู้วิจัยจะขอกล่าวถึงวิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนมโนมติที่นิยมใช้ในการเรียนการสอนฟิสิกส์ ดังนี้

5.1 การเรียนรู้บนเครือข่าย

การเรียนรู้บนเครือข่ายเป็นการใช้สื่อบนเครือข่ายเพื่อการเรียนรู้ของนักเรียน โดยนำเอาระบบอินเทอร์เน็ตมาออกแบบร่วมกันกับกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อใช้ในการศึกษา ซึ่งการจัดการเรียนรู้บนเครือข่ายเป็นการจัดสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ที่ได้รับการออกแบบอย่างมีระบบ โดยผนวกเอาคุณสมบัติและทรัพยากรต่างๆ บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตมาเป็นสื่อกลางในการถ่ายทอด เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนประสบการณ์ในการเรียนรู้ให้เกิดประสิทธิภาพ ดังนั้น การเรียนรู้บนเครือข่ายจึงช่วยส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพในการเรียนรู้ อีกทั้งยังช่วยขจัดปัญหาในเรื่องขอบเขตในการเรียนรู้ทางด้านเวลาและสถานที่ด้วย แต่คุณภาพของการสอนไม่ได้เกิดเพียงสื่อที่นำมาใช้ ส่วนประกอบสำคัญที่จะสร้างคุณภาพแก่ผู้เรียน คือ การมีปฏิสัมพันธ์กับนักเรียนและครู การให้ผลย้อนกลับโดยทันที ความสัมพันธ์ในรูปแบบการเรียนการสอนต่างๆ ในการเรียนรู้และการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ อีกทั้งการเรียนรู้บนเครือข่ายก็ไม่ได้เหมาะสมกับทุกสถานการณ์หรือนักเรียนทุกคน แต่คุณลักษณะเด่นต่างๆ ของการเรียนรู้บนเครือข่ายสามารถนำเอาไปประยุกต์ในการเรียนการสอนได้หลายรูปแบบ ซึ่งประสิทธิภาพและความสำเร็จในการเรียนรู้บนเครือข่ายนี้ขึ้นอยู่กับเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการในการจัดการเรียนรู้ด้วย (นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์, 2548)

5.2 การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-อภิปราย-การอธิบาย-สังเกต-อภิปราย-การอธิบาย (Predict-Discuss-Explain-Observe-Discuss-Explain: PDEODE) ถูกพัฒนาขึ้นโดย Savander-Ranne and Kolari (2003, 189-199) ซึ่งเป็นวิธีการพัฒนามาจากวิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-การอธิบาย (Predict-Observe–Explain: POE) (Costu, Ayas and Niaz, 2008, pp.47-67) ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่

5.2.1 การทำนาย: P คือ การที่ครูนำเสนอสถานการณ์ให้นักเรียนแต่ละคนทำนายผลของสถานการณ์เป็นรายบุคคล ลงในใบงาน

5.2.2 การอภิปราย: D เป็นขั้นที่นักเรียนอภิปรายคำตอบกันในกลุ่มของตนเอง เพื่อที่จะแบ่งปันความคิดเห็นซึ่งกันและกัน โดยครูจะเข้าไปในกลุ่มหนึ่งและตั้งคำถามชี้นำกับนักเรียน

5.2.3 การอธิบาย: E ในขั้นนี้นักเรียนแต่ละกลุ่มจะอธิบายและนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาเกี่ยวกับสถานการณ์ที่กำหนดให้กับเพื่อนร่วมชั้นเรียน และทำการทดลองเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหา สังเกตการทดลอง และจดบันทึกผลการสังเกตของตนเองเป็นรายบุคคล

5.2.4 การสังเกต: O นักเรียนจะสังเกตการเปลี่ยนแปลงในสถานการณ์จริงและคู่มือ ซึ่งจะทำให้นักเรียนเกิดการสังเกตที่เกี่ยวข้องกับมโนมติเป้าหมาย

5.2.5 การอภิปราย: D ในขั้นนี้ครูจะถามถึงการทำนายสถานการณ์ในครั้งแรกของนักเรียน ซึ่งนักเรียนจะวิเคราะห์เปรียบเทียบผลที่ได้มาจากการสังเกตในเหตุการณ์จริงกับคำตอบที่คาดเดาไว้ในขั้นตอนแรก เพื่อวิเคราะห์ เปรียบเทียบและอภิปรายกับเพื่อนในกลุ่ม ซึ่งในขั้นตอนนี้ครูสามารถโต้ตอบกับกลุ่มที่ได้เข้าไปอธิบายให้จากขั้นตอนที่ 2

5.2.6 การอธิบาย: E นักเรียนเกิดความขัดแย้งขึ้นระหว่างคำตอบที่ทำนายไว้และผลจากการสังเกตจากการทดลอง กิจกรรมและสถานการณ์ปัญหา ซึ่งนักเรียนเริ่มแก้ไขความขัดแย้งที่มีอยู่ และเปลี่ยนมโนมติที่คลาดเคลื่อนเข้ากับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ โดยการเปรียบเทียบความเชื่อที่มีอยู่กับสิ่งที่สังเกตเห็น และอธิบายการเปลี่ยนแปลงความคิดก่อนและหลังการปฏิบัติกิจกรรม

5.3 การจัดการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์จำลอง

การจัดการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์จำลองเป็นวิธีที่ช่วยให้นักเรียนรู้แนวความคิดหลัก ปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์หรือการทดลอง ซึ่งไม่สามารถอธิบายหรือการสาธิตให้เข้าใจในห้องปฏิบัติการได้ หรือการสาธิตนั้นอาจเป็นอันตราย หรือเปลี่ยนสิ่งที่เป็นนามธรรมซึ่งไม่สามารถมองเห็นให้เป็นรูปธรรม โดยสร้างสถานการณ์ให้เหมือนกับเหตุการณ์จริง

หรือใกล้เคียงสถานการณ์จริง ซึ่งอาจใช้สื่อคอมพิวเตอร์สร้างสถานการณ์จำลองขึ้นและนักเรียนเรียนรู้จากการปฏิสัมพันธ์กับโปรแกรมคอมพิวเตอร์คล้ายการเล่นเกม หรือให้นักเรียนเป็นผู้แสดงตามบทบาทในสถานการณ์จำลอง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2552, หน้า 115-118)

5.4 การเรียนรู้ในบริบทจริง

การเรียนรู้ในบริบทจริงเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนมีหลักฐานใหม่เพื่อสร้างความขัดแย้งกับมโนมติเดิมที่นักเรียนมีอยู่ หรือที่เรียกว่า บริบทขัดแย้งกัน (discrepant event) ซึ่งก็คือ ปรากฏการณ์หรือบริบทที่นักเรียนไม่สามารถอธิบายโดยใช้มโนมติเดิมที่มีอยู่ได้ แต่นักเรียนสามารถอธิบายบริบทได้หลังจากได้เรียนรู้มโนมติใหม่ผ่านการจัดการเรียนรู้ (Chanyah dasah, 2007, pp.26-27) โดยรูปแบบการเรียนรู้ในบริบทจริงที่นิยมใช้ในปัจุบัน คือ Dual Situated Learning Model (DSLM) (She, 2004, pp.142-164) ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่

5.4.1 การตรวจสอบองค์ประกอบของมโนมติทางวิทยาศาสตร์

5.4.2 การพิสูจน์มโนมติที่คลาดเคลื่อน

5.4.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติของมโนมติที่นักเรียนขาดหาย

5.4.4 การออกแบบ Dual Situated Learning Event

5.5.5 การดำเนินการตาม Dual Situated Learning

5.5.6 การท้าทายการเรียนรู้ในบริบทจริง

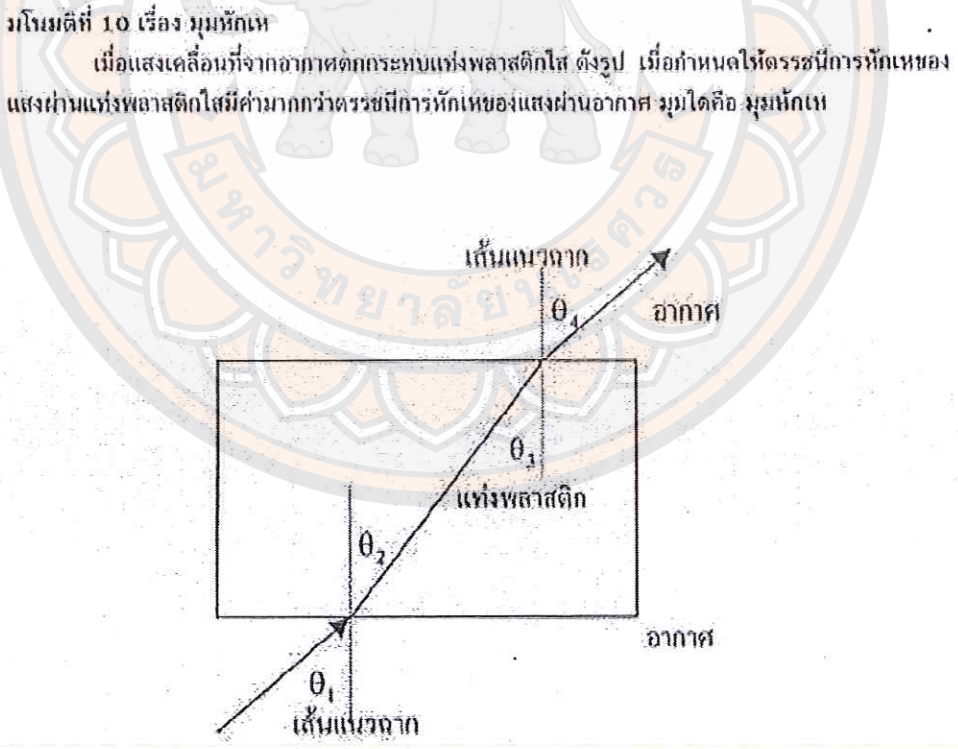
ซึ่งนักเรียนจะถูกถามเพื่ออธิบายเหตุการณ์หรือบริบทที่เกิดขึ้นทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้รูปแบบนี้จึงส่งเสริมให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมโนมติของนักเรียน เพราะการเรียนรู้ในบริบทจริงช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ชัดเจนและช่วยให้นักเรียนมองเห็นภาพการเปลี่ยนแปลงมโนมติด้วยการสร้างความเข้าใจด้วยตนเองได้ (Chanyah dasah, 2007, pp.26-27)

4.5 การเรียนรู้โดยใช้เอกสารเปลี่ยนมโนมติ

การเรียนรู้โดยใช้เอกสารเปลี่ยนมโนมติหรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า refutation text สามารถสนับสนุนการเปลี่ยนแปลงมโนมติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนให้สอดคล้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ได้ (Chambers and Andre, 1997, pp.107-123; Tippett, 2010, pp.951-970) เพราะเอกสารเปลี่ยนมโนมติจะเริ่มต้นด้วยการนำเสนอเหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่จะศึกษา และคำถามที่เกี่ยวข้องเพื่อให้นักเรียนเดาคำตอบจากสถานการณ์นั้น จากนั้นเป็นการนำเสนอข้อความที่นักเรียนส่วนใหญ่มักมีความเข้าใจในมโนมติที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับ

เหตุการณ์นั้น ซึ่งทำให้นักเรียนมีความคิดว่าเพราะเหตุใดความคิดเห็นเหล่านั้นจึงไม่ถูกต้อง โดยนำเสนอข้อมูล หลักฐาน หรือคำอธิบายมโนมติที่ถูกต้องตามมโนมติวิทยาศาสตร์ นักเรียนจึงเกิดคำถามกับมโนมตินั้นและเหตุการณ์อื่นๆ ได้ ทำให้นักเรียนพร้อมที่จะยอมรับข้อมูล ความรู้ใหม่เพื่อแทนที่ความเข้าใจมโนมติเดิม ซึ่งสอดคล้องกับกระบวนการการเปลี่ยนมโนมติที่คลาดเคลื่อนไปสู่มโนมติทางวิทยาศาสตร์ (Chambers and Andre, 1997, pp.107-123) ตัวอย่างเอกสารเปลี่ยนมโนมติ เรื่อง มุมหักเห ดังภาพ 4

อย่างไรก็ตาม การจัดการเรียนรู้โดยใช้เอกสารเปลี่ยนมโนมติเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอสำหรับให้นักเรียนทุกคนสามารถเปลี่ยนมโนมติอย่างถาวรหรือมีความคงทนในการเปลี่ยนมโนมตินั้นได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งนักเรียนที่เรียนไม่มีประสิทธิภาพในการอ่าน (Guzzetti, 2000, pp.89-98) ดังนั้น การเรียนรู้โดยใช้เอกสารเปลี่ยนมโนมติ อาจใช้ร่วมกับวิธีการอื่นๆ ด้วย เช่น การใช้สื่อวีดีโอ (videos) การสาธิต (demonstrations) การทดลองด้วยนักเรียนเอง (hands-on experiments) เป็นต้น เพื่อเพิ่มช่วยให้นักเรียนสามารถเปลี่ยนแปลงมโนมติได้ง่ายขึ้น



ภาพ 4 ตัวอย่างเอกสารเปลี่ยนมโนมติ เรื่อง มุมหักเห

☐ มุม θ_1 เพราะ.....

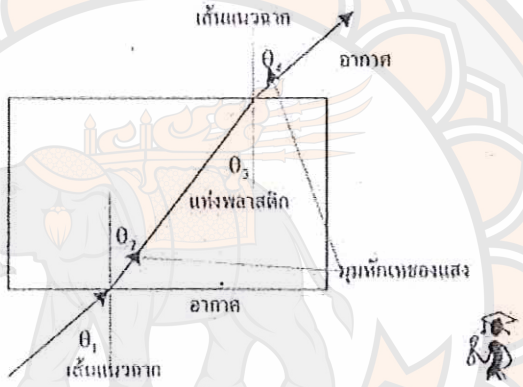
☐ มุม θ_2 เพราะ.....

☐ มุม θ_3 เพราะ.....

☐ มุม θ_4 เพราะ.....

ในเรื่องของมุมหักเหมีหลักการที่ถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ดังนี้

มุมหักเห คือ มุมที่รังสีของแสงพุ่งเข้าสู่ตัวกลางที่สอง โดยวัดขนาดของมุมจากเส้นแนวฉากมาจนถึงเส้นรังสีของแสง (ได้แก่มุม θ_2 และ θ_4) ไม่ใช่ วัดจากผิวของวัตถุที่แสงเดินทางผ่านมาถึงรังสีของแสง ส่วนมุม θ_1 และ θ_3 คือ มุมตกกระทบ ดังภาพที่ 10.3



สำหรับสถานการณ์ข้างต้น นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง มุมหักเห ดังนี้

มุมหักเหเป็นมุมที่ทำแสงเดินทางผิดเพี้ยนหรือมุมหักเหคือมุมที่รวมกันแล้วได้มุมฉาก เป็นต้น ซึ่งความเข้าใจเหล่านี้ล้วนเป็นความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนไปจากหลักการทางวิทยาศาสตร์ สามารถแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนได้ดัง ภาพที่ 10.2

ภาพ 4 (ต่อ)

ที่มา: วัชระ พริกษาลา, 2545

5.6 การจัดการเรียนรู้โดยใช้บทบาทสมมติ

การจัดการเรียนรู้โดยใช้บทบาทสมมติเป็นกระบวนที่ครูใช้ในการช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดให้ โดยการให้นักเรียนสวมบทบาทในสถานการณ์ซึ่งมีความใกล้เคียงกับความเป็นจริง และแสดงออกตามความรู้สึกนึกคิดของตน และนำเอาการแสดงออกของผู้แสดง ทั้งทางด้านความรู้ ความคิด ความรู้สึกและพฤติกรรมที่สังเกตพบมาเป็นข้อมูลในการอภิปราย เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ (ทิศนา แขมมณี, 2548, หน้า 358-361) และเข้าใจในตนเอง เข้าใจในความความคิด ค่านิยม และพฤติกรรมของผู้อื่นได้ จึงเกิดการปรับเปลี่ยนเจคติ ค่านิยม และพฤติกรรมของตนไปในทางที่เหมาะสม (วีณา ประชากูล และประสาท เนืองเฉลิม, 2554, หน้า 144-146)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2552, หน้า 100-101) กล่าวว่า ในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้โดยใช้บทบาทสมมติเหมาะสำหรับสอนประเด็นปัญหาหรือสาระที่มีความคิดหลายมุมมองหรือหัวข้อที่มีการถกเถียงหรือโต้แย้งกัน เพื่อให้นักเรียนเรียนรู้เนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวันและฝึกกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ครูควรเลือกประเด็นปัญหาวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันและเป็นประเด็นปัญหาของสังคม ให้นักเรียนสวมบทบาทของผู้เกี่ยวข้องกับประเด็นนั้นๆ และศึกษาข้อมูลเพื่อนำมาอภิปรายร่วมกัน

นักวิทยาศาสตร์ศึกษา ศึกษาพบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทบาทสมมติสามารถช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงมโนติที่คลาดเคลื่อนได้ (Lehtelä, 2002, pp.211-216) ซึ่งรูปแบบการใช้บทบาทสมมติสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2552, หน้า 100-101) ดังนี้

1. การแสดงบทบาทสมมติที่นักเรียนสวมบทบาทของผู้อื่นเหมือนนักแสดงสวมบทบาทของบุคคลที่ตนเองได้รับมอบหมาย นักเรียนจะแสดงพฤติกรรมและความรู้สึกของบุคคลที่ตนสวมบทบาท

2. การแสดงบทบาทสมมติที่นักเรียนแสดงบทบาทของนักเรียน ตามความรู้สึกนึกคิดและประสบการณ์ของตนเอง ในสถานการณ์ที่สมมติขึ้น เช่น การสมัครงาน การนำเสนอผลงาน วิธีการนี้มักใช้กับการฝึกปฏิบัติ

สุคนธ์ สินธพานนท์ และคณะ (2545, หน้า 100-103) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้บทบาทสมมติ แบ่งขั้นตอนกิจกรรมบทบาทสมมติออกเป็น 5 ขั้น คือ

1. ขั้นเตรียมการ ขั้นนี้เป็นการเตรียมการของครู ซึ่งแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ

1.1 การวิเคราะห์และกำหนดขอบเขตของปัญหา ครูจะต้องสามารถจำแนกสถานการณ์ออกมาให้ได้ว่าอะไร หรือปัญหาอะไรเป็นจุดที่ต้องการให้นักเรียนได้เรียนรู้

1.2 กำหนดสถานการณ์และบทบาทสมมติ เมื่อครูได้ปัญหาที่ชัดเจนแล้วจึงนำมากำหนดสถานการณ์ที่ง่ายๆ ชัดเจน สถานการณ์ในบทนั้นควรมีความขัดแย้งหรือมีอุปสรรคที่จะเอาชนะ มีเนื้อหาเรื่องราวที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริง การกำหนดสถานการณ์ในบทนั้นเพื่อเป็นการฝึกฝนการแก้ปัญหาและการตัดสินใจของนักเรียน

2. ขั้นแสดง แบ่งเป็นขั้นตอน ดังนี้

2.1 การอุ่นเครื่อง เป็นการนำนักเรียนหรือกระตุ้นนักเรียนไปสู่เรื่องที่จะเรียนเพื่อทำให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ตรงกัน ครูอาจจะพูดโน้มน้าวใจนักเรียนให้ตั้งใจฟังอย่างตั้งใจและมีวิธีการทำให้นักเรียนรู้ตัวว่าทุกคนมีโอกาสจะประสบกับปัญหาทำนองนั้นและกระตุ้นให้นักเรียนคิดที่จะช่วยแก้ปัญหานั้น ครูจะต้องมีวิธีการที่เร้าใจนักเรียนให้เกิดความรู้สึกตามเรื่องที่เล่าและจะต้องทำให้นักเรียนรู้สึกว่าจะต้องมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหานั้น เรื่องหรือสถานการณ์ครูนำมาเล่านั้นอาจจะแต่งขึ้นเองให้สอดคล้องกับเรื่องที่ต้องการสอน หรือนำมาจากตอนใดตอนหนึ่งของหนังสือ และครูจะหยุดเล่าเรื่องลงตรงที่ปัญหาเกิดขึ้น เมื่อครูเล่าเรื่องจบก็ให้นักเรียนนำมาอภิปรายร่วมกัน โดยตั้งคำถาม เช่น นักเรียนคิดว่าจะเกิดอะไรขึ้น และวิจารณ์ตัวละครต่างๆ เพื่อนำไปสู่การแสดงบทบาทสมมติต่อไป

2.2. การเลือกผู้แสดง อาจเลือกได้หลายทาง โดยครูเป็นผู้เลือกหรือนักเรียนมีส่วนร่วมในการเลือกว่าแสดงบทใด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายของการแสดงและการสอนเป็นสำคัญ

2.3. การจัดฉากตัวแสดง เมื่อได้ตัวผู้แสดงแล้วครูที่เหลือได้มีส่วนร่วมในการจัดสถานที่แบบสมมติขึ้น เพื่อให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง

2.4. การเตรียมผู้สังเกตการณ์ ครูจะต้องเตรียมนักเรียนให้รู้จักสังเกตและรู้จักวิเคราะห์เหตุการณ์ไปด้วย เป็นการฝึกผู้เรียนให้มีส่วนร่วมกิจกรรมการอภิปรายหลังการแสดง โดยครูจะต้องแนะนำนักเรียนให้รู้จักเป็นผู้สังเกต รับฟังวิธีการแก้ไขปัญหาของเพื่อนที่เสนอมา ใช้เหตุผลในการคิดวิคราะห์ว่า วิธีการดังกล่าวนั้นจะสามารถแก้ไขปัญหาได้จริงหรือไม่ และถ้าแก้ปัญหาไปแล้วปัญหาอื่นจะตามมาอีกหรือไม่

2.5. การเตรียมความพร้อมก่อนแสดง นักเรียนควรได้วางแผนกันว่าจะแสดงกันอย่างไร การแสดงจะเป็นไปโดยอัตโนมัติ โดยครูจะช่วยให้ผู้แสดงเข้าใจสถานการณ์มากขึ้น

2.6 การแสดง เมื่อทุกคนพร้อมแล้วก็ให้เริ่มการแสดงได้ ผู้แสดงทุกคนจะแสดงตามบทที่ได้รับมอบหมายเป็นไปตามธรรมชาติ มีการแสดงอารมณ์ ความรู้สึก การตัดสินใจของตนเหมือนกับว่าตนเองอยู่ในเหตุการณ์นั้นจริงๆ ในกรณีที่นักเรียนแสดงพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสมไม่เป็นระเบียบ ครูควรมีวิธีการทำให้นักเรียนมีระเบียบ โดยให้หันมาติดตามเรื่องหรือฝึกการฟังอย่างต่อเนื่อง และหลีกเลี่ยงการใช้คำพูดอย่างตำหนิทันที

2.7. การตัดบท เมื่อการแสดงเป็นไปจนได้เวลาพอสมควรแล้ว และการแสดงนั้นได้ข้อมูลที่เพียงพอที่จะนำมาวิเคราะห์และอภิปรายได้แล้ว เพื่อไม่ให้การอภิปรายยืดเยื้อจนผู้ชมเบื่อหน่าย

3. ขั้นวิเคราะห์และอภิปรายผล การวิเคราะห์การแสดงจะเป็นไปในรูปการอภิปรายร่วมกันระหว่างผู้แสดง ผู้ชมหรือผู้สังเกตการณ์ซึ่งการอภิปรายจะเป็นแบบใดนั้นขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการเรียนเป็นหลัก อาจจะมีการแบ่งกลุ่มย่อยซึ่งมีทั้งผู้แสดงและผู้สังเกตการณ์ บางครั้งอาจจะให้ผู้แสดงเปิดเผยความรู้สึกส่วนตัวและเหตุผลก่อนเสนอความคิดเห็นว่าทำไมจึงแสดงบทบาทเช่นนั้น แล้วจึงให้ผู้ชมหรือผู้สังเกตการณ์เสนอความคิดเห็นบ้าง ซึ่งอาจจะมีความคิดเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย ขึ้นอยู่กับเหตุผลของผู้อภิปราย ครูควรมีส่วนช่วยในการอภิปรายให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ด้วยการตั้งคำถามกว้างๆ เพื่อกระตุ้นนักเรียนให้คิดและหาคำตอบ

3.1 ขั้นแสดงเพิ่มเติม เป็นขั้นที่เมื่ออภิปรายเสนอความคิดเห็นแล้ว อาจจะมีการเสนอแนะแนวความคิดใหม่ในการแก้ไขปัญหาหรือการตัดสินใจ ในการแสดงครั้งแรกอาจยังได้ผลไม่เป็นที่น่าพอใจ ครูก็อาจจะให้มีการแสดงเพิ่มเติมได้

3.2 ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์และสรุป ในการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ระหว่างนักเรียน จะทำให้นักเรียนได้แนวความคิดที่หลากหลายกว้างขวางขึ้น ทำให้เห็นว่าเรื่องที่เรียนมีส่วนเกี่ยวข้องกับชีวิตจริง และสามารถสรุปหาข้อยุติหรือความคิดรวบยอดที่ได้จากการเรียนในเรื่องนั้น ครูจะมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นให้ผู้เรียนได้อภิปรายร่วมกันและเล่าประสบการณ์ของตนให้เพื่อฟังกัน ครูอาจจะใช้คำถามว่านักเรียนคิดว่าเรื่องนี้อาจเกิดขึ้นกับชีวิตของนักเรียนได้หรือไม่

5.7 การจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบ

การเปรียบเทียบช่วยทำให้นักเรียนเข้าใจมโนมติที่ซับซ้อนหรือเป็นนามธรรม โดยเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้นักเรียนสร้างสรรค์ความรู้ใหม่ที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้เดิม ช่วยในการสร้างสรรค์ความคิด และมักใช้เป็นเครื่องมือสื่อสารมโนมติกับผู้อื่น ซึ่งมักใช้อธิบายในหนังสือเรียน (Duit, 1991, p.649-672) มีบทบาทในการสนับสนุนการเปลี่ยนแปลงมโนมติ โดยทำให้นักเรียน

รู้จักมโนมติที่คลาดเคลื่อนที่ตนเองมีอยู่ ปฏิเสธมโนมติเดิมและยอมรับมโนมติใหม่ที่สอดคล้องกับมโนมติวิทยาศาสตร์ ซึ่งการเปรียบเทียบอาจจะทำให้มโนมติใหม่เข้าใจได้และมีความเป็นเหตุผลโดยการเชื่อมโยงกับข้อมูลที่นักเรียนรู้และคุ้นเคย ซึ่งถ้านักเรียนสามารถรับข้อมูลใหม่ที่สอดคล้องกับข้อมูลเดิมก็จะทำให้นักเรียนเข้าใจข้อมูลใหม่และสื่อสารด้วยภาษาของตัวเองได้

วิธีการเปรียบเทียบเป็นกระบวนการพิจารณาความคล้ายคลึงกันระหว่างมโนมติสองมโนมติที่แตกต่างกัน มโนมติหนึ่งเป็นมโนมติที่ใช้ในการเปรียบเทียบหรือคุ้นเคย เรียกว่า มโนมติเปรียบเทียบ (Analog) และอีกมโนมติเป็นมโนมติเป้าหมายหมายหรือไม่คุ้นเคย เรียกว่า มโนมติเป้าหมาย (Target) (Glynn, 1998, pp.1129-1149) มโนมติเปรียบเทียบเป็นมโนมติที่รู้จักเป็นอย่างดี อาจพบเห็นในชีวิตประจำวัน หรือเป็นประสบการณ์ที่ผ่านมา หรือเคยเรียนรู้มาแล้วและเข้าใจอยู่แล้ว ส่วนมโนมติเป้าหมายไม่คุ้นเคยอาจจะเป็นมโนมติใหม่ เนื้อหาที่ต้องการเรียนรู้ความรู้ใหม่ๆ ที่พบเห็นในห้องเรียน หรือพบในชีวิตประจำวันและเป็นมโนมติที่ยังไม่เข้าใจ โดยมโนมติที่ใช้ในการเปรียบเทียบสามารถเชื่อมโยง (mapping) ไปสู่มโนมติใหม่ด้วยการวิเคราะห์หาคุณลักษณะ (attribute) ที่คล้ายคลึงกันระหว่างมโนมติทั้งสอง เพื่อทำความเข้าใจมโนมติใหม่โดยใช้ความรู้พื้นฐานจากมโนมติที่ใช้ในการเปรียบเทียบ และยังเป็นการวิเคราะห์หาคุณลักษณะที่มโนมติทั้งสองไม่คล้ายคลึงกัน หรือค้นหาจุดที่มโนมติทั้งสองแตกต่างกัน

Glynn (1991 as cited in Harrison and Treagust, 1993, pp.1291-1307) ได้สร้างรูปแบบการสอนแบบเปรียบเทียบ ที่เรียกว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบ (Teaching-With-Analogy (TWA) model) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นแนวทางในการสอนโดยใช้การเปรียบเทียบและเป็นแนวทางให้ให้กับผู้เขียนหนังสือวิชาการใช้ในการเขียนอธิบายโดยใช้การเปรียบเทียบ ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. นำเสนอมโนมติที่จะเรียน
2. ทบทวนความรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับมโนมติเปรียบเทียบ
3. วิเคราะห์หาประเด็นที่สำคัญของมโนมติเป้าหมาย
4. เชื่อมโยงความเหมือนกันระหว่างมโนมติเป้าหมายและมโนมติเปรียบเทียบ
5. เขียนบทสรุปเกี่ยวกับมโนมติเป้าหมาย
6. วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างมโนมติเป้าหมายและมโนมติเปรียบเทียบ

ต่อมา Harrison and Treagust (1993, pp.1291-1307) ได้นำเสนอปรับรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบของ Glynn โดยใช้วิธีการสาธิตปรากฏการณ์เกี่ยวกับมโนมติเปรียบเทียบที่จะศึกษากับมโนมติเป้าหมาย ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. นำเสนอมโนมติที่จะเรียน เป็นขั้นที่ครูนำมโนมติที่จะเรียน

2. ทบทวนความรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับมโนมติเปรียบเทียบ เป็นขั้นที่ครูสาธิตตัวอย่างเกี่ยวกับมโนมติที่ใช้ในการเปรียบเทียบ หรืออาจให้นักเรียนสังเกตและลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตัวเอง

3. วิเคราะห์หาประเด็นที่สำคัญของมโนมติเป้าหมาย เป็นขั้นที่ครูแนะนำให้นักเรียนวิเคราะห์ประเด็นที่สำคัญระหว่างมโนมติเป้าหมายและมโนมติเปรียบเทียบ

4. เชื่อมโยงความเหมือนกันระหว่างมโนมติเป้าหมายและมโนมติเปรียบเทียบ เป็นขั้นที่ครูและนักเรียนนำผลที่ได้จากการสาธิตหรือการทดลองมาอภิปรายร่วมกันเพื่อหาส่วนที่คล้ายคลึงระหว่างมโนมติเปรียบเทียบและมโนมติเป้าหมาย และอธิบายได้ว่าคล้ายคลึงกันอย่างไร

5. วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างมโนมติเป้าหมายและมโนมติเปรียบเทียบ เป็นขั้นที่ครูและนักเรียนนำผลที่ได้จากการสาธิตหรือการทดลองมาอภิปรายร่วมกันเพื่อหาส่วนที่แตกต่างกันระหว่างมโนมติเปรียบเทียบและมโนมติเป้าหมาย และอธิบายได้ว่าแตกต่างกันอย่างไร

6. เขียนบทสรุปเกี่ยวกับมโนมติเป้าหมาย เป็นขั้นที่ครูและนักเรียนสรุปความรู้ร่วมกันเกี่ยวกับมโนมติเป้าหมายหรือมโนมติที่จะเรียน

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนมโนมติที่นิยมใช้ในการเรียนการสอนฟิสิกส์มีหลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีมีรูปแบบ ขั้นตอนและเป้าหมายแตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตาม ลักษณะเฉพาะของวิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่มีเนื้อหาที่เชื่อมโยงต่อเนื่อง ซับซ้อน และบางเรื่องมีลักษณะเป็นนามธรรม การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งไม่สามารถใช้ได้ทุกเนื้อหา แต่เนื้อหาเพียงเรื่องหนึ่งสามารถใช้รูปแบบและวิธีการจัดการเรียนรู้ได้หลากหลายวิธี ดังตาราง 7

ตาราง 7 วิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติที่เหมาะสมกับเนื้อหา

รูปแบบเนื้อหา	ตัวอย่างการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติ
เนื้อหาเป็นนามธรรม แต่สามารถสาธิตในห้องปฏิบัติการได้	- การจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-อภิปราย-การอธิบาย-สังเกต-อภิปราย-การอธิบาย - การใช้เอกสารเปลี่ยนมโนมติ
เนื้อหาเป็นนามธรรมไม่สามารถสาธิตในห้องปฏิบัติการได้	- สถานการณ์จำลอง - การเรียนรู้บนเครือข่าย - การใช้เอกสารเปลี่ยนมโนมติ - การใช้บทบาทสมมติ - การใช้การเปรียบเทียบ
เนื้อหาเป็นประเด็นปัญหา หรือสาระที่มีความคิดหลายมุมมอง หรือหัวข้อที่มีการถกเถียงหรือโต้แย้งกัน	- การใช้บทบาทสมมติ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ

1.1 งานวิจัยเกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์

ทัศนีวรรณ์ เลิศเจริญฤทธิ์ (2548) ได้ศึกษาแนวคิดความรู้สึกและความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดและความรู้สึกเกี่ยวกับสารกัมมันตรังสีของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ผ่านการเรียนเรื่องสารกัมมันตรังสี ของโรงเรียนในเขตพื้นที่ที่ก่อตั้งสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ โดยใช้การเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสำรวจแนวคิดซึ่งเป็นคำถามปลายเปิด และแบบสัมภาษณ์โดยใช้เทคนิคการสัมภาษณ์เกี่ยวกับเหตุการณ์ ผลการวิจัยพบว่า แนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับสารกัมมันตรังสีมี ดังนี้

1. มี 3 สถานะคือของแข็ง ของเหลวและแก๊ส ลักษณะเหมือนก้อนแร่และน้ำเสียจากโรงงานมีกลิ่นฉุน อุณหภูมิสูง แผ่รังสีออกมาเป็นพลังงานและอนุภาค มีอายุการใช้งานในเวลาจำกัดโดยขึ้นอยู่กับการเก็บรักษา

2. มีแหล่งกำเนิดทั้งเกิดจากธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้น

3. สารกัมมันตรังสีมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์รวมทั้งสิ่งไม่มีชีวิตทั้งดิน น้ำ อากาศ และวัตถุต่างๆ

4. สารกัมมันตรังสีส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้ทางการแพทย์และสงคราม

ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดที่ถูกต้องเรื่องการนำสารกัมมันตรังสีไปใช้มากที่สุด และนักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนมากที่สุดในเรื่องผลกระทบของสารกัมมันตรังสี ส่วนความรู้สึกที่นักเรียนมีเกี่ยวกับสารกัมมันตรังสีนักเรียนรู้สึกว่าสารกัมมันตรังสีนั้นเป็นอันตราย แต่จะอันตรายมากหรือน้อยนั้นขึ้นกับปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องคือ ปริมาณของสารกัมมันตรังสี ระยะห่างจากสารกัมมันตรังสี

ศักดิ์อนันต์ อนันตสุข และโชคชัย ยืนยง (2553) ทำการวิจัยเพื่อศึกษากระบวนการตัดสินใจของนักเรียน เรื่อง โรงไฟฟ้านิวเคลียร์สำหรับประเทศไทย จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม (STS) ของ Yuenyong โดยกลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 40 คน จำแนกเป็นนักเรียนกลุ่มเก่ง 3 กลุ่ม และนักเรียนกลุ่มอ่อน 3 กลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม ของYuenyong 2. แบบแผนสำหรับการลงรหัสพฤติกรรมกระบวนการตัดสินใจ (ISPED) 3. การสังเกตแบบมีส่วนร่วม 4. การสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการ 5. อนุทิน และ 6. ผลงานนักเรียน ซึ่งผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มเก่งและนักเรียนกลุ่มอ่อนมีกระบวนการตัดสินใจเหมือนกัน และยังพบว่า นักเรียนตัดสินใจสนับสนุนการสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในประเทศไทยเพิ่มขึ้นจากความเห็นเดิม โดยนักเรียนยอมรับว่า การสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์มีทั้งข้อดีและข้อเสีย แต่ข้อดีจะช่วยให้ประเทศไทยมีไฟฟ้าใช้อย่างพอเพียงและทำให้เกิดความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ เป็นประเทศผู้นำทางเทคโนโลยีนิวเคลียร์ในกลุ่มประเทศอาเซียน ส่วนนักเรียนกลุ่มอ่อนยังยืนยันแนวทางการคัดค้านการสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ โดยนักเรียนจะมีความกังวลเกี่ยวกับอุบัติเหตุทางรังสีและการได้รับกัมมันตภาพรังสี และนักเรียนนำความรู้วิทยาศาสตร์และศาสตร์อื่นๆ มาใช้ในการตัดสินใจ เช่น เศรษฐกิจ การลงทุน ประวัติศาสตร์และวัฒนธรรมทางการเมืองในระบอบประชาธิปไตย มาใช้ในการเสนอทางเลือก ประเมินทางเลือก และตัดสินใจเลือกทางเลือก

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่องกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ พบประเด็นที่ได้เรียนรู้จากการศึกษางานวิจัย 5 ประเด็นดังนี้

1. เนื้อหา พบว่าแม้นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่เคยเรียน เรื่อง สารกัมมันตรังสีผ่านมาแล้ว และศึกษาในโรงเรียนที่อยู่ในเขตพื้นที่ที่ก่อตั้งสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ก็ยังมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนเรื่องกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์

2. วิธีการตรวจสอบมโนมติของนักเรียน พบว่าวิธีการสัมภาษณ์เป็นอีกวิธีที่ทำให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับความรู้ ความเข้าใจของนักเรียนว่ามีมโนมติอย่างไร และข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลเชิงลึก ส่วนวิธีการอื่นๆ ที่ใช้ในการตรวจสอบมโนมติ เช่น การใช้แบบสำรวจมโนมติที่เป็นข้อสอบพร้อมตัวเลือก การใช้แบบสำรวจมโนมติที่เป็นข้อสอบพร้อมตัวเลือก และให้อธิบายเหตุผลประกอบการเลือก เป็นต้น

3. ลักษณะคำถามและตัวอย่างเหตุการณ์ที่ใช้ในการสัมภาษณ์แนวคิด ทำให้ผู้วิจัยทราบว่าควรจะถามคำถามอย่างไรจึงสามารถตรวจสอบแนวคิดของนักเรียนได้ครอบคลุมเนื้อหาตามที่ผู้วิจัยต้องการ

4. ลักษณะคำตอบของนักเรียนว่ามีแนวโน้มในการอธิบายอย่างไร

1.2 งานวิจัยเกี่ยวกับการสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ

คชานน สุวรรณพันธ์ (2543) ทำการวิจัยศึกษาโครงสร้างความรู้และการเปลี่ยนมโนมติ เรื่อง ระบบนิเวศ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้เทคนิคแผนผังมโนมติ กลุ่มตัวอย่างจะได้รับการทดสอบมโนมติก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยแบบทดสอบมโนมติ ผู้วิจัยดำเนินการสอน เรื่อง ระบบนิเวศ กับกลุ่มตัวอย่าง แล้วให้กลุ่มตัวอย่างเขียนแผนผังมโนมติ 3 แผนผัง โดยเว้นช่องว่าง 2 สัปดาห์ นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีการพัฒนาการเขียนแผนผังมโนมติ โดยนักเรียนเขียนแผนผังมโนมติมีรายละเอียดมากขึ้น นอกจากนี้การเขียนแผนผังมโนมติช่วยให้นักเรียนมีการเปลี่ยนมโนมติ

วิลาวัลย์ ลาภบุญเรือง (2543) ได้ศึกษาผลการสอนเพื่อเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมี โดยใช้กลวิธีการสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติตามทฤษฎีของ Posner, et al. และการสอนตามปกติ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งได้มาโดยการทดสอบความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน แล้วนำกลุ่มตัวอย่างมาแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 50 คน กลุ่มทดลองสอนโดยใช้แผนการสอนตามทฤษฎีของ Posner, et al. ส่วนกลุ่มควบคุมใช้แผนการสอนตามปกติ หลังการสอนจบแล้วทำการวัดความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองมีการเปลี่ยนจากความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนเป็นมโนมติทางวิทยาศาสตร์ และจำนวนผู้ที่เปลี่ยนเป็นมโนมติวิทยาศาสตร์มากกว่ากลุ่มควบคุม

วัชระ พริกษาลา (2545) ได้ศึกษาวิจัยความเข้าใจมโนมติของนักเรียนหลังจากได้เรียนโดยใช้หนังสืออ่านประกอบเพื่อเปลี่ยนมโนมติของ Posner, et al. ร่วมกับการเรียนปกติในเนื้อหา เรื่อง แสง ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ หนังสืออ่านประกอบเพื่อเปลี่ยนมโนมติที่คลาดเคลื่อนที่ผู้วิจัยสร้างตามทฤษฎีการเปลี่ยนมโนมติของ Posner, et al.

และแบบวัดความเข้าใจมโนมติซึ่งเป็นปรนัย 41 ตัวเลือก และมีการให้เหตุผลประกอบ วิธีการวิจัยดำเนินการโดย ให้นักเรียนทั้งสองกลุ่มเรียนตามมือของครูของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยจัดเวลาเรียนให้ทั้งสองกลุ่มมีเวลาเหลือในช่วงท้ายชั่วโมงกลุ่มละประมาณ 15 นาที นักเรียนกลุ่มควบคุมให้ทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน ในขณะที่กลุ่มทดลองใช้หนังสืออ่านประกอบเพื่อเปลี่ยนมโนมติที่คลาดเคลื่อนและให้ทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียนเป็นการบ้าน พบว่าหลังจากใช้หนังสืออ่านประกอบประกอบการเรียน นักเรียนกลุ่มทดลองมีความเข้าใจมโนมติสูงขึ้นโดยนักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจมโนมติได้ถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ แต่ยังมีนักเรียนบางคนที่ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนอยู่เช่นเดิมและบางคนเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนอย่างใหม่ อย่างไรก็ตาม นักเรียนที่เรียนโดยใช้หนังสืออ่านประกอบเพื่อเปลี่ยนมโนมติที่คลาดเคลื่อนประกอบการเรียนมีความเข้าใจมโนมติหลังการเรียนสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ใช้หนังสือดังกล่าวประกอบการเรียน

กาญจนา เป็งวงค์ (2546) ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เรื่องกลไกมนุษย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ และปรับเปลี่ยนมโนมติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนโดยใช้กลวิธีการสอนตามทฤษฎีของ Posner, et al. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่องกลไกมนุษย์ แผนการสอนโดยใช้กลวิธีการสอนตามทฤษฎีของ Posner, et al. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก พบว่า การสอนโดยใช้กลวิธีการสอนตามทฤษฎีของ Posner, et al. สามารถปรับเปลี่ยนมโนมติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนได้

นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์ (2548) ทำการวิจัยศึกษาความเข้าใจมโนมติและการเปลี่ยนมโนมติของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้บนเครือข่ายที่พัฒนาตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนมีความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ แต่หลังจากที่ได้รับการจัดการเรียนรู้บนเครือข่ายที่พัฒนาตามแนวแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองแล้ว นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติที่ถูกต้องมากขึ้น โดยดูจากคะแนนความเข้าใจมโนมติเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

มณีกานต์ หินสอ (2549) ได้ทำการวิจัยศึกษาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์เรื่อง ระบบการไหลเวียนโลหิตในร่างกายมนุษย์ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติของ Hewson and Hewson โดยเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบความเข้าใจเป็น แบบวัดความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบปรนัย จำนวน 4 ตัวเลือก ชนิดที่ให้นักเรียน ให้เหตุผลในการเลือกตัวเลือก พบว่า คะแนนความเข้าใจมโนมติเฉลี่ย

ก่อนและหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติ มีความแตกต่างกัน โดยที่คะแนนเฉลี่ยหลังการใช้การใช้รูปแบบการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนการใช้รูปแบบการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติ อย่างไรก็ตาม นักศึกษายังมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนบางมโนมติ

น้ำค้าง จันเสริม (2551) ทำวิจัยสำรวจมโนมติก่อนเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และพัฒนามโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง งานและพลังงาน บนพื้นฐานของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้วิธี POE ซึ่งเป็นการวิจัยเชิงตีความ โดยเครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบ POE แบบวัดมโนมติ แผนผังมโนมติ การสัมภาษณ์เพิ่มเติม และใบกิจกรรม POE ของศึกษา ผลการวิจัยพบว่า การพัฒนามโนมติ เรื่อง งานและพลังงาน นักเรียนส่วนใหญ่มีการพัฒนามโนมติทางเลือกไปสู่มโนมติวิทยาศาสตร์ตามที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยียอมรับ

วิทยา ภาชื่น (2553) ศึกษาความเข้าใจมโนมติ เรื่อง สมดุลเคมี ของนักเรียนโดยใช้วิธีสอนที่ใช้การเปรียบเทียบ และศึกษาว่ามโนมติที่ใช้ในการเปรียบเทียบใดที่เหมาะสมในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สมดุลเคมี โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนขนาดเล็กแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่น ซึ่งนักเรียนกลุ่มนี้ส่วนมากเป็นนักเรียนที่มีผลการเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ระดับต่ำ และมีเจตคติในทางลบในการเรียนวิทยาศาสตร์ การวิจัยนี้เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการใช้แบบสำรวจมโนมติก่อนและหลังเรียนที่เป็นข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก พร้อมให้เขียนอธิบายเหตุผลของคำตอบ การสัมภาษณ์ การสังเกตชั้นเรียน และการวิเคราะห์ชิ้นงาน ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนจำนวนมากยังคงมี มโนมติที่คลาดเคลื่อนดังเช่นก่อนเรียน โดยพบว่านักเรียนมีปัญหาในการเรียนรู้โดยวิธีการเปรียบเทียบในหลายประการ ได้แก่ นักเรียนไม่เข้าใจมโนมติพื้นฐานบางมโนมติ นักเรียนขาดความชัดเจนหรือไม่คุ้นเคยกับมโนมติที่ใช้ในการเปรียบเทียบที่ครูนำเสนอ และนักเรียนมีทักษะการเขียนและการพูดอธิบายในระดับต่ำ นอกจากนั้น ผลจากการสัมภาษณ์เพิ่มเติมและการสังเกตชั้นเรียน ยังแสดงให้เห็นว่านักเรียนขาดความตระหนักในการเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างระหว่างมโนมติที่ใช้ในการเปรียบเทียบและมโนมติวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตามหลังจากเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ก็ได้พบว่านักเรียนมีอัตราการตอบคำถามและการร่วมกิจกรรมอย่างเต็มใจเพิ่มมากขึ้นในทุกกิจกรรม

จากการศึกษางานวิจัยดังกล่าวข้างต้น พบว่า พื้นฐานสำคัญสำหรับการสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ คือ การตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน เพื่อนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ และเทคนิคการสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติที่คลาดเคลื่อนมีหลายรูปแบบ นอกจากนี้ยังพบว่า ทฤษฎีการเปลี่ยนมโนมติของ Posner, et al. เป็นทฤษฎีที่นิยมนำมาใช้เป็นกรอบแนวคิดทางการวิจัยมาก

2. งานวิจัยต่างประเทศ

2.1 งานวิจัยเกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์

Millar, Eijkelhof and Eijkelhof (1990, pp.338-342) ได้ทำการศึกษาวิจัยความเข้าใจของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีและการฉายรังสี โดยเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสัมภาษณ์และแบบสอบถาม พบว่านักเรียนมีความเข้าใจว่าการฉายรังสีเป็นการดูดกลืนซึ่งคลาดเคลื่อนจากมโนมติทางวิทยาศาสตร์โดยนักเรียนจำนวนมากมีความคิดว่าวัตถุที่ถูกฉายรังสีจะกลายเป็นสารกัมมันตรังสี เหมือนกับการฉีดยาและใส่ปุ๋ยพืช โดยการฉายรังสีกับพืชจะทำให้พืชแผ่รังสีได้ และนักเรียนหลายคนคิดว่าผนังห้องรวมถึงอากาศที่อยู่ภายในห้องการเอกซเรย์จะต้องมีอากาศถ่ายเทดีเพื่อป้องกันไม่ให้มีรังสีเกิดขึ้น

Henriksen (1996, pp.191-196) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาความเข้าใจของประชาชนเกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีและการฉายรังสี โดยใช้แบบสอบถาม พบว่า ประชาชนมีความเข้าใจที่ไม่สมบูรณ์เกี่ยวกับ การสลายกัมมันตรังสี (radioactive decay) ครึ่งชีวิต (half life) การดูดกลืนของรังสี (absorption of radiation) และความแตกต่างระหว่างสารกัมมันตรังสีและวัสดุฉายรังสี นอกจากนี้ ประชาชนยังไม่สามารถจำแนกระหว่างแหล่งกำเนิดของรังสี (ionising radiation) กับอันตรายของรังสีในธรรมชาติได้ ซึ่งประชาชนคิดว่าโรงไฟฟ้านิวเคลียร์และเรือดำน้ำที่ใช้พลังงานนิวเคลียร์เป็นต้นกำเนิดที่น่ากลัวในการปล่อยรังสี ซึ่งความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องเหล่านี้เกิดจากสื่อต่างๆ

Millar and Gill (1996, pp.27-33) ศึกษาความเข้าใจของนักเรียนอายุ 16 ปี ในประเทศอังกฤษ เรื่อง ผลกระทบจากสารกัมมันตรังสีและการแผ่รังสี โดยใช้คำถามแบบวินิจฉัย (diagnostic questions) พบว่า นักเรียนจำนวนมากไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างกระบวนการของการฉายรังสีและการปนเปื้อน และนักเรียนหลายคนยังมีความเข้าใจไม่ชัดเจนเกี่ยวกับการดูดกลืนของรังสี

Alsop (2001, pp.263-281) ได้ศึกษาเปรียบเทียบความเข้าใจ และความกังวลเกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสี ระหว่างนักศึกษากลุ่มที่อาศัยอยู่และศึกษาในเขตพื้นที่ที่มีรังสีจากเรดอน ซึ่งเป็นธาตุกัมมันตรังสีที่มีอยู่ในอากาศสูง และนักศึกษาที่อาศัยอยู่และศึกษาในเขตพื้นที่ที่มีรังสีจากเรดอนต่ำ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการสัมภาษณ์เกี่ยวกับสถานการณ์ (interviews-about-scenarios) ผลการวิจัยพบว่า ทั้งสองกลุ่มมีความเข้าใจและอารมณ์ ความรู้สึกเกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีไม่แตกต่างกัน แต่นักศึกษาที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีรังสีจากรังสีเรดอนอยู่ในอากาศสูงจะมีความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการดำรงชีวิตประจำวันที่เสี่ยงต่อสารกัมมันตรังสีเนื่องจากปริมาณเรดอนที่อยู่ในอากาศสูงด้วย

Henriksen and Jorde (2001, pp.189-206) ศึกษาความเข้าใจมโนมติของนักเรียนเกี่ยวกับกัมมันตรังสีจากการทัศนศึกษาพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยดำเนินการทดลอง เริ่มจากการทดสอบก่อนเรียนด้วยการเขียนวิธีการแก้ปัญหาในสถานการณ์คล้ายเหตุการณ์จริงที่กำหนดให้ ซึ่งใช้เวลาประมาณ 15 นาที จากนั้นนักเรียนจะทัศนศึกษาพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อรวบรวมความรู้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหา และสุดท้ายจะเป็นการทดสอบหลังเรียนด้วยการเขียนวิธีการแก้ปัญหาในสถานการณ์นั้นอีกครั้ง ซึ่งผลการวิจัยพบว่าหลังการทัศนศึกษาพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนลดลง

จากการศึกษางานวิจัยที่กล่าวข้างต้น พบว่า การสำรวจเกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ เป็นเรื่องที่นิยมศึกษา ซึ่งการตรวจสอบมโนมติโดยการสัมภาษณ์จะทำให้ได้มโนมติของนักเรียนอย่างแท้จริง ซึ่งทำให้ผู้วิจัยได้เข้าใจถึงความรู้ ความคิดและสาเหตุหรือเหตุผลในการคิดของนักเรียนด้วย นอกจากนี้ยังพบว่ามโนมติที่นักเรียนสามารถเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันได้จะเป็นที่สอดคล้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์มากกว่ามโนมติที่ไม่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน นอกจากนั้นยังพบว่านักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนหลายมโนมติ เรื่องกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์

2.2 งานวิจัยเกี่ยวกับการสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ

Treagust, Harrison, Venville and Dagher (1996, pp.213-229) ทำการศึกษาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบเพื่อส่งเสริมการเปลี่ยนมโนมติ เรื่องการหักเหของแสง โดยปรับรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบของ Glynn และเลือกใช้การเคลื่อนที่ของรถเข็นผ่านพื้นผิวที่แตกต่างเพื่ออธิบายการหักเหของแสงเมื่อเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่แตกต่างกัน จากการศึกษาพบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนมโนมติ เรื่อง การหักเหของแสงได้

Glynn and Tekahashi (1998, pp.1129-1149) ทำการศึกษาส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบ เรื่อง เซลล์สัตว์ โดยเลือกใช้โรงงานอุตสาหกรรมเป็นมโนมติเปรียบเทียบ เพื่อศึกษาหน้าที่ขององค์ประกอบต่างๆ ภายในเซลล์สัตว์ ซึ่งการศึกษาได้แบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองที่จัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบและกลุ่มควบคุมที่สอนตามวิธีปกติ พบว่า ในการทดสอบหลังเรียนหลังจากเรียนไปได้ 2 อาทิตย์ นักเรียนกลุ่มทดลองสามารถจดจำหน้าที่ขององค์ประกอบต่างๆ ของเซลล์ได้ดีกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม

Chiu and Lin (2005, pp.429 – 464) ศึกษาการทดสอบประสิทธิผลของการใช้การเปรียบเทียบในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (analogies in science learning) เรื่อง ไฟฟ้า ของนักเรียนเกรด 4 ในเมืองไทเป โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจสิ่งที่มีอิทธิพลต่อการเรียนรู้และศึกษารูปแบบการทำความเข้าใจของนักเรียน (students' mental model) ที่ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงมโนมติและตรวจสอบภาษาที่นักเรียนใช้ในการรับรู้มโนมติ การดำเนินการวิจัยมีขั้นตอน ดังนี้

1. ทดสอบก่อนเรียนด้วยการใช้แบบทดสอบ (paper-and-pencil test)
2. เมื่อตรวจแบบทดสอบก่อนเรียนของนักเรียนเรียบร้อยแล้ว เลือกศึกษาเฉพาะนักเรียนที่มีคะแนนสูงหรือต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ย
3. แบ่งนักเรียนออกเป็น 4 กลุ่ม โดยใช้คะแนน เช่น ถ้านักเรียนมีคะแนนเท่ากัน 4 คน จะถูกแบ่งแยกให้อยู่แต่ละกลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่มีใช้การเปรียบเทียบอย่างเดียว (Single Analogy) กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่มีกิจกรรมคล้ายการใช้การเปรียบเทียบ (Similar Analogies) กลุ่มที่ 3 มีกิจกรรมเสริมกับการใช้การเปรียบเทียบ (Complementary Analogies) และกลุ่มที่ 4 เป็นกลุ่มควบคุมหรือกลุ่มที่ไม่มีการใช้การเปรียบเทียบ (control/Nonanalogy)
4. จัดการเรียนการสอนด้วยวิธีทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Prediction–Observation–Explanation: POE) ซึ่งในแต่ละกลุ่มจะมีการจัดการเรียนการสอนแตกต่างกันไป
5. หลังจากสิ้นสุดการจัดการเรียนการสอน นักเรียนจำนวน 32 คน โดยเลือกจากกลุ่มต่างๆ กลุ่มละ 4 คน จะถูกสัมภาษณ์ ซึ่งจะมีการบันทึกเทป และจดบันทึกคำตอบนักเรียน

ซึ่งผลการวิจัยพบว่า นักเรียนในกลุ่มที่มีการใช้การเปรียบเทียบมีการพัฒนามโนติที่คลาดเคลื่อนไปสู่มโนมติทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น

Lehtela (2002, pp.211-216) ทำการวิจัยเพื่ออธิบายการเรียนรู้และความเข้าใจของนักเรียนเกรด 7 ในการเปลี่ยนมโนมติ เรื่อง โครงสร้างของสสาร ด้วยการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของนักเรียนและการแสดงบทบาทสมมติ ซึ่งใช้เวลาจัดการเรียนการสอนทั้งหมด 8 คาบ และเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการสังเกตชั้นเรียนและการเขียนของนักเรียนเพื่อสะท้อนความคิด ซึ่งการจัดการเรียนรู้ประกอบวิธีการ ดังนี้

1. นำเสนอหัวข้อของบทเรียน
2. ใช้วิธีการสังเกตหรือการทดลอง
3. รวบรวมความของนักเรียนจากการอภิปรายในชั้นเรียน
4. ใช้กิจกรรมการแสดงบทบาทสมมติ

5. เขียนข้อสรุป

6. เขียนสะท้อนความคิดและนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เชิงคุณภาพการสอน ซึ่งผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีความคิดเห็นในเชิงบวกเกี่ยวกับการแสดงบทบาทสมมติ โดยนักเรียนคิดว่ากิจกรรมนี้ช่วยในกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง และช่วยให้มองเหตุการณ์ที่เป็นนามธรรมได้ง่ายขึ้น

Chambers and Andre (1997, pp.107-123) ทำการวิจัยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเพศ ความสนใจ และประสบการณ์ในเรื่องกระแสไฟฟ้า ของนักเรียน โดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่ม ตามตัวแปรที่ศึกษา คือ เพศ (ชายและหญิง) รูปแบบเอกสาร (เอกสารเปลี่ยนมโนมติและเอกสารสอนปกติ) และชนิดคำถาม (มีคำถามแนบกับสถานการณ์และไม่มีคำถาม) โดยใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบทดสอบหลายตัวเลือก แบบทดสอบวัดความสนใจและประสบการณ์เรื่องกระแสไฟฟ้า และแบบทดสอบคำศัพท์เกี่ยวกับไฟฟ้า ซึ่งผลการวิจัยพบว่าเอกสารเปลี่ยนมโนมติสามารถส่งเสริมให้ทั้งนักเรียนชายและหญิงเกิดการเปลี่ยนมโนมติได้ไม่แตกต่างกัน

McCrudden and Kendeou (2012, pp.1-25) ทำการศึกษากระบวนการทางพุทธิปัญญา (cognitive processes) เฉพาะบุคคลที่เกิดจากการเรียนรู้ด้วยเอกสารเปลี่ยนมโนมติเรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่หนึ่ง ร่วมกับเทคนิคการคิดดังๆ (Think aloud) โดยเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์เป็นรายบุคคลหลังจากที่นักเรียนอ่านเอกสารการเปลี่ยนมโนมติเสร็จสิ้น ผลการศึกษาเชิงคุณภาพพบว่านักเรียนมีการเปลี่ยนมโนมติที่คลาดเคลื่อนให้สอดคล้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น และการทำนายคำตอบของสถานการณ์ที่กำหนดให้ในเอกสารเปลี่ยนมโนมติช่วยสนับสนุนการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติของนักเรียน

จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติในต่างประเทศ จะเห็นว่า การศึกษาด้านวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการจัดการเรียนการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติในเรื่องที่ยากต่อความเข้าใจของนักเรียน และเป็นนามธรรม มีหลายรูปแบบ แต่ครูต้องเลือกวิธีการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับเนื้อหาเรื่องที่สอน ความสามารถของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนสามารถเปลี่ยนมโนมติที่คลาดเคลื่อนไปสู่มโนมติทางวิทยาศาสตร์ได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น ซึ่งเนื้อหาวิทยาศาสตร์เรื่องหนึ่งสามารถเลือกรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนมโนมติได้หลายวิธี โดยวิธีที่มักนำมาใช้ในวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีเนื้อหาเป็นนามธรรม นักเรียนไม่สามารถมองเห็นได้ ซับซ้อน และไม่สามารถทดลอง สาธิตในห้องปฏิบัติการได้ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้โดยใช้เอกสารเปลี่ยนมโนมติ การจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบ ซึ่งการจัดการเรียนรู้ทั้งสองวิธี

เป็นวิธีการสอนที่นำความรู้เดิมของนักเรียนมาเป็นพื้นฐานในการสร้างเงื่อนไขให้นักเรียนเกิดความไม่พอใจกับความรู้เดิมที่มีอยู่ แล้วกระตุ้นให้ค้นหาความรู้ใหม่ที่น่าเชื่อถือและมีประโยชน์ในการอธิบายเหตุการณ์อื่นด้วย ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้เอกสารเปลี่ยนมโนมติ และการเปรียบเทียบเพื่อส่งเสริมการเปลี่ยนแปลงมโนมติ

นอกจากนี้ เนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาหรือสาระที่มีความคิดหลายมุมมองหรือหัวข้อที่มีการถกเถียงหรือโต้แย้งกัน การจัดการเรียนรู้โดยใช้บทบาทสมมติเป็นวิธีหนึ่งที่น่าสนใจสำหรับการสอนเพื่อส่งเสริมการเปลี่ยนแปลงแนวความคิด ความเชื่อ ค่านิยมพฤติกรรม และมโนมติ และยังไม่มีงานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทบาทสมมติการเปลี่ยนมโนมติในวิชาวิทยาศาสตร์แพร่หลายนัก ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทบาทสมมติเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเปลี่ยนมโนมติที่มีมาก่อนให้สอดคล้องกับมโนมติที่เป็นที่ยอมรับของสังคมวิทยาศาสตร์

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ เมื่อใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งมีรายละเอียดการดำเนินการ ดังนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. กลุ่มตัวอย่าง
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ เมื่อใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้ระเบียบวิจัยเชิงตีความ (Interpretive research) จากปรากฏการณ์ในโรงเรียนที่เป็นแหล่งวิจัย ผู้วิจัยยึดหลักการทำความเข้าใจปรากฏการณ์จากมุมมองของผู้ที่มีส่วนร่วมในปรากฏการณ์โดยใช้การตรวจสอบมโนมติวิธีสัมภาษณ์ การสังเกตและจดบันทึก การวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis) ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาได้ถูกนำมาวิเคราะห์และตีความเพื่ออธิบายการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่1 ปีการศึกษา 2556 จากโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในเขตเทศบาลเมือง จังหวัดพิษณุโลก โดยโรงเรียนเปิดสอนตั้งแต่ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 – 6 จำนวนนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในแต่ละห้องจำนวน 55 คน ยกเว้นห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์ (Gifted) มีจำนวนนักเรียน 36 คน เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ เป็นเนื้อหาที่เปิดสอนในรายวิชา "ฟิสิกส์พื้นฐาน"

ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และรายวิชา "ฟิสิกส์ 5" ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยนักเรียนส่วนใหญ่ในโรงเรียนนี้มีสภาพเศรษฐกิจทางครอบครัวปานกลาง และมีการเรียนพิเศษเพิ่มเติมในวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และภาษาอังกฤษ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนในห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์ จำนวน 25 คน ประกอบด้วยนักเรียนชาย 9 คน และนักเรียนหญิง 16 คน โดยการคัดเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) ด้วยเกณฑ์การคัดเลือก 3 กรณี ดังนี้

1. ความสมัครใจและการให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลของนักเรียน โดยผู้วิจัยมีการชี้แจงกับนักเรียนในห้องเรียนนี้ทั้งหมด เกี่ยวกับจุดประสงค์ของการวิจัย พบว่ามีนักเรียน จำนวน 6 คน ที่ผู้วิจัยไม่สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลได้ครบ เนื่องจากนักเรียนไม่มาสัมภาษณ์ในวันที่มีการนัดหมายและไม่เข้าเรียนในบางชั่วโมงที่ผู้วิจัยมีการดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้
2. ความต่อเนื่องในการประจำห้องเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ซึ่งในขณะที่เก็บข้อมูลนักเรียนมีการย้ายออกห้องเรียนห้องเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ จำนวน 5 คน และ
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย กลุ่มตัวอย่างทุกคนยังไม่ผ่านการเรียนการสอนเกี่ยวกับพลังงานนิวเคลียร์มาก่อน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง กัมมันตภาพรังสี และพลังงานนิวเคลียร์ จำนวน 6 แผน และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบสำรวจมโนมติแบบสัมภาษณ์โดยใช้ตัวอย่าง เรื่อง กัมมันตภาพรังสี และพลังงานนิวเคลียร์ และแบบบันทึกการเรียนรู้ แบบบันทึกภาคสนาม

1. แบบสัมภาษณ์มโนมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ สำหรับการตรวจสอบความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนจะใช้แบบสัมภาษณ์มโนมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ ซึ่งเป็นการสัมภาษณ์โดยใช้ตัวอย่างภาพเหตุการณ์ที่วาดลงในบัตรภาพ โดยผู้วิจัยกำหนดเหตุการณ์ต่างๆ เพื่อให้นักเรียนอธิบายความเข้าใจมโนมติของนักเรียน จำนวน 13 เหตุการณ์ (ดังภาคผนวก ข) เพื่อใช้วัดความเข้าใจมโนมติในเรื่องกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์

2. แผนการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ ในครั้งนี้ผู้วิจัยได้จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้โดยยึดเนื้อหาตามกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 5 พลังงาน ในหนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐาน ฟิสิกส์พื้นฐาน สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่เน้นวิทยาศาสตร์ ของกระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้

ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นได้ตั้งอยู่บนพื้นฐานของแนวคิดการเปลี่ยนมโนมติ และใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ 3 วิธี ได้แก่ การเปรียบเทียบ เอกสารเปลี่ยนมโนมติ และบทบาทสมมติ โดยการเลือกใช้การจัดการเรียนรู้แต่ละวิธีมีการวิเคราะห์ให้สอดคล้องกับลักษณะเนื้อหาและมโนมติคลาดเคลื่อนของนักเรียน ดังรายละเอียดในตาราง 8 ซึ่งมีจำนวน 6 แผน ใช้เวลารวมทั้งสิ้น 10 ชั่วโมง

3. แบบบันทึกการเรียนรู้ (Journals) เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ เป็นเครื่องมือที่ให้นักเรียนได้เขียนแสดงสิ่งที่ได้เรียนรู้ และปัญหาภายหลังการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้สิ้นสุดลง โดยกำหนดขอบข่ายในประเด็นต่างๆ ได้แก่ นักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้าง นักเรียนมีอะไรที่เป็นปัญหา/ยังไม่เข้าใจอะไรบ้าง และความรู้ที่นักเรียนได้รับแตกต่างจากความคิดเดิมอย่างไร

การสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การสร้างและการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มีลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. แบบสัมภาษณ์มโนมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ มีขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 คำอธิบายรายวิชา มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รวมทั้งหนังสือเรียน และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดกรอบมโนมติเกี่ยวกับ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ ซึ่งประกอบด้วย 8 มโนมติ คือ 1. การแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสี 2. ครึ่งชีวิต 3. รังสีในธรรมชาติและการตรวจวัด 4. การนำธาตุกัมมันตรังสีไปใช้ประโยชน์ 5. ผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสี 6. ปฏิกิริยานิวเคลียร์ 7. การนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้ และ 8. ผลกระทบของโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์

1.2 ศึกษาหนังสือ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบความเข้าใจมโนมติด้วยการสัมภาษณ์โดยใช้เหตุการณ์ และตัวอย่าง และมโนมติคลาดเคลื่อน เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ ของนักเรียน เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลในการสร้างแบบสัมภาษณ์

1.3 ดำเนินการสร้างแบบสัมภาษณ์มโนมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ ไว้ จำนวน 13 ภาพ ครอบคลุมทุกมโนมติที่กำหนดไว้ โดยสร้างเป็นการวาดเหตุการณ์ลงในบัตรภาพประกอบคำถาม ซึ่งคำถามและบัตรภาพบางข้อได้ปรับมาจากเครื่องมือในการสัมภาษณ์ของ ทัศนีวรรณ์ เลิศเจริญฤทธิ์ (2548)

1.4 นำแบบสัมภาษณ์มโนมติ ที่ประกอบด้วยบัตรภาพคำถาม และคำตอบที่เป็นไปได้ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ จำนวน 2 ท่าน ซึ่งเป็นอาจารย์ในสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษาและอาจารย์ในสาขาวิชาฟิสิกส์ เพื่อตรวจสอบพิจารณาความถูกต้อง

1.5 ปรับปรุงแก้ไขแบบสัมภาษณ์มโนมติ ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และนำเสนอแบบสัมภาษณ์มโนมติ ที่ปรับปรุงแล้วต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบพิจารณาอีกครั้ง

1.6 นำแบบสัมภาษณ์มโนมติโดยใช้เหตุการณ์ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาฟิสิกส์นิวเคลียร์ 2 ท่าน ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้สอนระดับอุดมศึกษาและระดับมัธยมศึกษาตอนปลายอย่างละ 1 ท่าน และด้านการวัดและประเมินผล 1 ท่าน ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้สอนระดับอุดมศึกษา รวม 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบพิจารณาความถูกต้อง การใช้ภาษาและพิจารณาความตรงตามเนื้อหาว่าคำถามและคำตอบแต่ละข้อตรงและสามารถวัดมโนมติได้หรือไม่ อย่างไรก็ตาม ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะให้เปลี่ยนรูปภาพและคำถามบางข้อที่อาจสื่อความหมายไม่ตรงกับมโนมติที่ต้องการวัด ผู้วิจัยจึงปรับปรุงแก้ไขแบบสัมภาษณ์มโนมติ ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

1.7 นำแบบสัมภาษณ์มโนมติที่สร้างขึ้นไปทดลองใช้กับนักเรียนที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 5 คน เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับแบบสัมภาษณ์มโนมติในเรื่องการใช้ภาษา ภาพเหตุการณ์ และระยะเวลาในการสัมภาษณ์ ซึ่งพบว่าแบบสัมภาษณ์สามารถทำให้นักเรียนอธิบายข้อมูลได้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย แต่อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยพบปัญหาในการใช้บัตรภาพบางภาพที่ทำให้เข้าใจไม่ตรงตามสิ่งที่ผู้วิจัยต้องการนำเสนอ ความไม่ชัดเจนดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยปรับปรุงรูปภาพดังกล่าว โดยการเติมสีลงในบัตรภาพให้ชัดเจนขึ้น และนำความคิดเห็นของนักเรียนมาปรับปรุงแก้ไขแบบสัมภาษณ์มโนมติ เกี่ยวกับความเหมาะสมของการใช้ภาษาระยะเวลาในการสัมภาษณ์ แล้วจัดทำแบบสัมภาษณ์มโนมติที่สมบูรณ์

2. แผนการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ มีขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือดังนี้

2.1 ศึกษาจุดมุ่งหมายของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 คำอธิบายรายวิชา มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

2.2 ศึกษารายละเอียดเนื้อหาเรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ เพื่อกำหนดกรอบเนื้อหาวิชาฟิสิกส์พื้นฐานเรื่องกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 6 แผน ใช้เวลาเรียน 10 ชั่วโมง ซึ่งสามารถแบ่งเนื้อหาย่อยออกได้ ดังนี้

แผนการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง รู้จักกัมมันตภาพรังสี	จำนวน 2 ชั่วโมง
แผนการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ครึ่งชีวิต	จำนวน 1.5 ชั่วโมง
แผนการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การวัดปริมาณรังสี	จำนวน 1 ชั่วโมง
แผนการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ประโยชน์และโทษของรังสี	จำนวน 2 ชั่วโมง
แผนการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ปฏิกิริยานิวเคลียร์	จำนวน 1.5 ชั่วโมง
แผนการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง โรงไฟฟ้านิวเคลียร์	จำนวน 2 ชั่วโมง

2.3 ศึกษาทฤษฎีการเปลี่ยนมโนมติ หลักการและวิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติและเรื่องราวที่เกี่ยวข้อง จากตำราและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการจัดทำแผนจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติ

2.4 ศึกษาความเข้าใจมโนมติของนักเรียนจากการสัมภาษณ์มโนมติก่อนการเรียนเรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ และความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ จากงานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนเปลี่ยนมโนมติ

2.5 ดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง กัมมันตภาพรังสี และพลังงานนิวเคลียร์ โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ ตามเนื้อหาที่แบ่งไว้ในข้อ 4.2.2 จำนวน 6 แผนการเรียนรู้ ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้จำนวน 10 ชั่วโมง ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนประกอบด้วย มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด มโนมติ ความรู้พื้นฐาน มโนมติที่คลาดเคลื่อน จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ ยุทธศาสตร์การสอน วัสดุอุปกรณ์และสื่อการเรียนรู้ และการวัดประเมินผล นอกจากนี้ในแต่ละแผนจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยมีการศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหามโนมติเดิมของนักเรียน จากนั้นจึงเลือกการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสม ดังตาราง 8

2.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบพิจารณาความถูกต้อง

2.7 ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และนำเสนอแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบพิจารณาความถูกต้องอีกครั้ง

ตาราง 8 การวิเคราะห์ความเหมาะสมของการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสี และพลังงานนิวเคลียร์

แผนที่	เรื่อง	ลักษณะเนื้อหา	มโนมติเดิมของนักเรียน	วิธีการจัดการเรียนรู้
1	รู้จักกัมมันตภาพรังสี	เนื้อหาเป็นนามธรรม เข้าใจได้ยาก และไม่สามารถสาธิตหรือการปฏิบัติการทดลองในห้องปฏิบัติการได้ง่าย	- กัมมันตภาพรังสีและธาตุกัมมันตรังสีมีความหมายเดียวกัน - ธาตุกัมมันตรังสีจะแผ่รังสีเป็นแก๊สหรือฝุ่นผง และเคลื่อนที่ไปโดยอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ไป เช่น ลมหรือน้ำ - ธาตุกัมมันตรังสีจะแผ่รังสีไปได้ไกลหรือใกล้ขึ้นอยู่กับปริมาณของธาตุกัมมันตรังสีระยะห่างจากธาตุ และทิศทางลม - ถ้าธาตุกัมมันตรังสีอยู่ในภาชนะที่ปิดสนิทจะไม่สามารถแผ่รังสีออกมาได้	การเปรียบเทียบ
2	ครึ่งชีวิต	เนื้อหาเป็นนามธรรม เข้าใจได้ยาก และไม่สามารถสาธิตหรือการปฏิบัติการในห้องปฏิบัติการได้ง่าย	- ธาตุกัมมันตรังสีสามารถแผ่รังสีไปได้ไม่มีวันหมด - ครึ่งชีวิตของธาตุกัมมันตรังสี คือ ปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่เกิดขึ้นจากธาตุกัมมันตรังสีเพียงครึ่งหนึ่งของปริมาณธาตุกัมมันตรังสีเริ่มต้น - อุณหภูมิมีผลต่อการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี	การเปรียบเทียบ

ตาราง 8 (ต่อ)

แผนที่	เรื่อง	ลักษณะเนื้อหา	มโนมติเดิมของนักเรียน	วิธีการจัดการเรียนรู้
3	การวัดปริมาณรังสี	เนื้อหาเป็นนามธรรม เข้าใจได้ยาก อาจสาธิตหรือปฏิบัติการทดลองในห้องปฏิบัติการได้ แต่อาจเป็นไปได้ยากสำหรับห้องปฏิบัติการที่ไม่มีอุปกรณ์	- กัมมันตภาพรังสีเป็นอันตรายเสมอ - ในสิ่งแวดล้อมปกติ (เช่น ในห้องเรียน) ไม่มีกัมมันตภาพรังสี	การใช้เอกสารเปลี่ยนมโนมติ
4	ประโยชน์และโทษของรังสี	เนื้อหาเป็นประเด็นปัญหา หรือสาระที่มีความคิดเห็นได้หลากหลายมุมมอง หรือเป็นหัวข้อที่มีการถกเถียงหรือโต้แย้งกัน	- ธาตุกัมมันตรังสีจะถ่ายทอดรังสีจากสิ่งมีชีวิตหนึ่งไปยังสิ่งมีชีวิตอีกอย่างหนึ่งได้โดยการกินต่อกันเป็นทอดๆ และจะส่งผลร้ายแรงหรือไม่ขึ้นกับปริมาณของธาตุกัมมันตรังสีที่ได้รับ - การฉายรังสีเป็นการดูดกลืนรังสีและจะทำให้วัตถุนั้นกลายเป็นสารกัมมันตรังสี	บทบาทสมมติ
5	ปฏิกิริยานิวเคลียร์	เนื้อหาเป็นนามธรรม เข้าใจได้ยาก และไม่สามารถสาธิตหรือการปฏิบัติการในห้องปฏิบัติการได้ง่าย	- ปฏิกิริยานิวเคลียร์ไม่ต่างจากปฏิกิริยาเคมี - มวลและพลังงานไม่มีความสัมพันธ์กัน	การเปรียบเทียบ

ตาราง 8 (ต่อ)

แผนที่	เรื่อง	ลักษณะเนื้อหา	มโนมติเดิมของนักเรียน	วิธีการจัดการเรียนรู้
6	โรงไฟฟ้านิวเคลียร์	เนื้อหาเป็นประเด็นปัญหา หรือสาระที่มีความคิดเห็นได้หลากหลายมุมมอง หรือเป็นหัวข้อที่มีการถกเถียงหรือโต้แย้งกัน	- โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ปล่อยกัมมันตภาพรังสีที่เป็นอันตรายเสมอ - การเกิดอุบัติเหตุโรงไฟฟ้านิวเคลียร์จะทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิต คน และพืช บริเวณใกล้เคียง	บทบาทสมมติ

2.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบพิจารณาความถูกต้องของเนื้อหาความเหมาะสมของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การวัดผลและประเมินผล และระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้

2.9 ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

3. แบบบันทึกการเรียนรู้ (Journals) เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ มีขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

3.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบบันทึกการเรียนรู้ เพื่อสะท้อนความคิดของนักเรียนจากหนังสือ เอกสาร และงานวิจัยต่างๆ

3.2 กำหนดขอบข่ายประเด็นที่ต้องการให้นักเรียนเขียนสะท้อนความคิดในประเด็นต่างๆ ประกอบด้วย 3 ประเด็น ได้แก่ นักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้าง นักเรียนมีอะไรที่เป็นปัญหา/ยังไม่เข้าใจอะไรบ้าง และความรู้ที่นักเรียนได้รับแตกต่างจากความคิดเดิมอย่างไร

3.3 สร้างแบบบันทึกการเรียนรู้ตามขอบข่ายที่กำหนดไว้ แล้วนำแบบบันทึกการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจสอบพิจารณาความถูกต้องและความเหมาะสมของประเด็นที่ต้องการศึกษา จากนั้นปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้มีความเหมาะสมก่อนนำไปใช้จริง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. การตรวจสอบความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนของนักเรียน ซึ่งดำเนินการในเดือนพฤษภาคม 2556 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 โดยใช้การสัมภาษณ์มโนมติ โดยผู้วิจัยดำเนินการสัมภาษณ์นักเรียนด้วยตนเองเป็นรายบุคคล คนละ 20-30 นาที เริ่มการสัมภาษณ์โดยให้นักเรียนดูบัตรภาพการสัมภาษณ์เริ่มจากการเสนอบัตรภาพกับนักเรียน ก่อนจะเป็นการขอให้นักเรียนระบุว่าเป็นบัตรภาพใด เพื่อตรวจสอบว่านักเรียนเข้าใจถึงเหตุการณ์ในบัตรภาพที่ผู้วิจัยเสนอหรือไม่ ซึ่งในขณะที่มีการสัมภาษณ์ผู้วิจัยได้ขออนุญาตบันทึกเสียงของนักเรียน ทั้งนี้เพื่อความสะดวกต่อการตีความและวิเคราะห์ข้อมูลในภายหลัง

2. การดำเนินการสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติโดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติเรื่องกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ ซึ่งดำเนินการในระหว่างเดือนมิถุนายน – กรกฎาคม 2556 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 โดยผู้วิจัยทำการสอนสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ครั้งละ 1-2 ชั่วโมง ตามขั้นตอนดังนี้

2.1 จัดการเรียนรู้เพื่อปรับความเข้าใจเบื้องต้นที่จำเป็นสำหรับการเรียน เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ ของนักเรียน ซึ่งได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับอะตอม ธาตุ และสัญลักษณ์นิวเคลียร์ จำนวน 1 ชั่วโมง

2.2 จัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงมโนมติโดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ เวลา 10 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยเป็นผู้สอนเอง ขณะที่ดำเนินการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยได้บันทึกวีดิโอเทปบรรยากาศห้องเรียน เพื่อสะดวกต่อการตีความและวิเคราะห์ข้อมูลในภายหลัง

2.3 ในแต่แผนการจัดการเรียนรู้นักเรียนมีการบันทึกสิ่งที่ได้เรียนรู้ลงในแบบบันทึกการเรียนรู้เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ และผู้วิจัยจดบันทึกเหตุการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นในระหว่างทำการวิจัยลงในบันทึกภาคสนาม ซึ่งจะจดบันทึกสิ่งที่ได้จากการสังเกตอย่างละเอียดตามความเป็นจริงพร้อมทั้งบันทึกความคิดเห็นส่วนตัวของผู้วิจัยที่เกิดขึ้นในขณะทำการวิจัยเพื่อเป็นการช่วยตรวจสอบคุณภาพของข้อมูล

3. การตรวจสอบความเข้าใจมโนมติหลังการเรียนของนักเรียน ซึ่งดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังจัดกาารเรียนรู้ประมาณ 1 อาทิตย์ (ในระหว่างเดือนสิงหาคม – กันยายน 2556) โดยผู้วิจัยดำเนินการสัมภาษณ์นักเรียนด้วยตนเองเป็นรายบุคคล คนละ 30-40 นาที และกระทำการสัมภาษณ์เช่นเดิมกับการตรวจสอบความเข้าใจมโนมติก่อนการเรียน

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ เกิดขึ้นทันทีเมื่อทำการสัมภาษณ์นักเรียนทุกคนเสร็จสิ้น มีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

1.1 ผู้วิจัยถอดคำพูดของนักเรียนแต่ละคนจากเทปบันทึกเสียงการสัมภาษณ์แบบคำต่อคำ

1.2 อ่านคำพูดอย่างละเอียด และตีความคำตอบของของนักเรียนแต่ละคน

1.3 จัดกลุ่มความเข้าใจมโนมติของนักเรียนโดยใช้เกณฑ์ความสอดคล้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ตามแนวคิดของ Haidar and Abraham (1991, pp.919-938)

1.3.1 ความเข้าใจมโนมติถูกต้อง (Sound Understanding: SU)

1.3.2 ความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน (Partial Understanding: PU)

1.3.3 ความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน (Misunderstanding: MU)

1.3.4 ความไม่เข้าใจมโนมติ (No Understanding: NU)

1.4 นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และอภิปรายตรวจสอบการตีความและจัดกลุ่มความเข้าใจมโนมติร่วมกับกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาความสอดคล้องของการตีความและพัฒนาเป็นผลการวิจัยต่อไป

2. การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบบันทึกการเรียนรู้ เกิดขึ้นทันทีเมื่อทำการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้น มีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

2.1 ผู้วิจัยอ่านแบบบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างละเอียด จับประเด็นหลักของข้อมูล และตีความ

2.2 จัดกลุ่มข้อมูลที่ได้จากแบบบันทึกการเรียนรู้เป็นประเด็นดังนี้

2.2.1 สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้

2.2.2 สิ่งที่นักเรียนมีอะไรที่เป็นปัญหาหรือยังไม่เข้าใจ

2.2.3 ความรู้ที่นักเรียนได้รับแตกต่างจากความคิดเดิมหรือไม่ อย่างไร

2.3 เชื่อมโยงข้อมูลที่จัดกลุ่มไว้ เพื่อหาความสัมพันธ์การเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติของนักเรียน

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ เมื่อใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มโนมติที่ศึกษาจำนวน 8 มโนมติ ได้แก่ การแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสี ครึ่งชีวิต รังสีในธรรมชาติและการตรวจวัด การนำธาตุกัมมันตรังสีไปใช้ประโยชน์ ผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสี ปฏิกิริยานิวเคลียร์ การนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้ และ ผลกระทบของโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ รายละเอียดผลการวิจัย ดังตาราง 9

ตาราง 9 วิธีการจัดการเรียนรู้ ความเข้าใจมโนมติของนักเรียน เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์

มโนมติ	วิธีการจัดการเรียนรู้	ความเข้าใจมโนมติของนักเรียน (ร้อยละ)				
		ก่อนเรียน	หลังเรียน			
			SU	PU	MU	NU
1. การแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสี	การเปรียบเทียบ	SU	-	-	-	-
		PU	4	4	-	-
		MU	88	20	60	8
		NU	8	8	-	-
		รวม	100	32	60	8
2. ครึ่งชีวิต	การเปรียบเทียบ	SU	-	-	-	-
		PU	8	8	-	-
		MU	20	8	8	4
		NU	72	52	12	8
		รวม	100	68	20	12

ตาราง 9 (ต่อ)

มโนมติ	วิธีการจัดการเรียนรู้	ความเข้าใจมโนมติของนักเรียน (ร้อยละ)				
		ก่อนเรียน	หลังเรียน			
			SU	PU	MU	NU
3. รังสีในธรรมชาติและการตรวจวัด	เอกสารเปลี่ยนมโนมติ	SU	-	-	-	-	-
		PU	-	-	-	-	-
		MU	60	28	24	8	-
		NU	40	20	20	-	-
		รวม	100	48	44	8	-
4. การนำธาตุกัมมันตรังสีไปใช้ประโยชน์	บทบาทสมมติ	SU	-	-	-	-	-
		PU	48	16	32	-	-
		MU	52	12	40	-	-
		NU	-	-	-	-	-
		รวม	100	28	72	-	-
5. ผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสี	บทบาทสมมติ	SU	-	-	-	-	-
		PU	4	-	4	-	-
		MU	96	8	88	-	-
		NU	-	-	-	-	-
		รวม	100	8	92	-	-
6. ปฏิกิริยานิวเคลียร์	การเปรียบเทียบ	SU	-	-	-	-	-
		PU	-	-	-	-	-
		MU	84	24	36	24	-
		NU	16	4	4	8	-
		รวม	100	28	40	32	-
7. การนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้	บทบาทสมมติ	SU	-	-	-	-	-
		PU	8	4	4	-	-
		MU	72	44	28	-	-
		NU	20	8	12	-	-
		รวม	100	56	44	-	-

ตาราง 9 (ต่อ)

มโนมติ	วิธีการจัดการเรียนรู้	ความเข้าใจมโนมติของนักเรียน (ร้อยละ)					
		ก่อนเรียน		หลังเรียน			
			SU	PU	MU	NU	
8. ผลกระทบของโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์	บทบาทสมมติ	SU	-	-	-	-	-
		PU	8	-	8	-	-
		MU	84	-	76	8	-
		NU	8	-	8	-	-
		รวม	100	-	92	8	-

หมายเหตุ: SU หมายถึง ความเข้าใจมโนมติถูกต้อง PU หมายถึง ความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน MU หมายถึง ความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน NU หมายถึง ความไม่เข้าใจมโนมติ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์มโนมติทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน แสดงให้เห็นว่า ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติสามารถส่งเสริมการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติเรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ ได้ทุกมโนมติ โดยก่อนเรียน นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน และมีนักเรียนบางส่วนไม่เข้าใจมโนมติ โดยนักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนสูงสุดร้อยละ 96 ในมโนมติเรื่อง ผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสี และไม่เข้าใจมโนมติสูงสุดร้อยละ 72 เรื่อง ครึ่งชีวิต แต่เมื่อพิจารณาความเข้าใจมโนมติของนักเรียนหลังเรียนแล้วพบว่า นักเรียนมีแนวโน้มจากไม่เข้าใจมโนมติและเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อนไปสู่เข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วนและเข้าใจมโนมติถูกต้องมากยิ่งขึ้น โดยมโนมติที่นักเรียนมีการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติในระดับสูงขึ้นมากที่สุด คือ ผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสี และการนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้ เมื่อแยกพิจารณาในแต่ละมโนมติ พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ แตกต่างกัน ซึ่งผู้วิจัยจะนำเสนอรายละเอียด ดังนี้

1. ผลการศึกษาการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง การแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสี
2. ผลการศึกษาการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง ครึ่งชีวิต
3. ผลการศึกษาการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง รังสีในธรรมชาติและการตรวจวัด
4. ผลการศึกษาการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง การนำธาตุกัมมันตรังสีไปใช้ประโยชน์
5. ผลการศึกษาการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง ผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสี

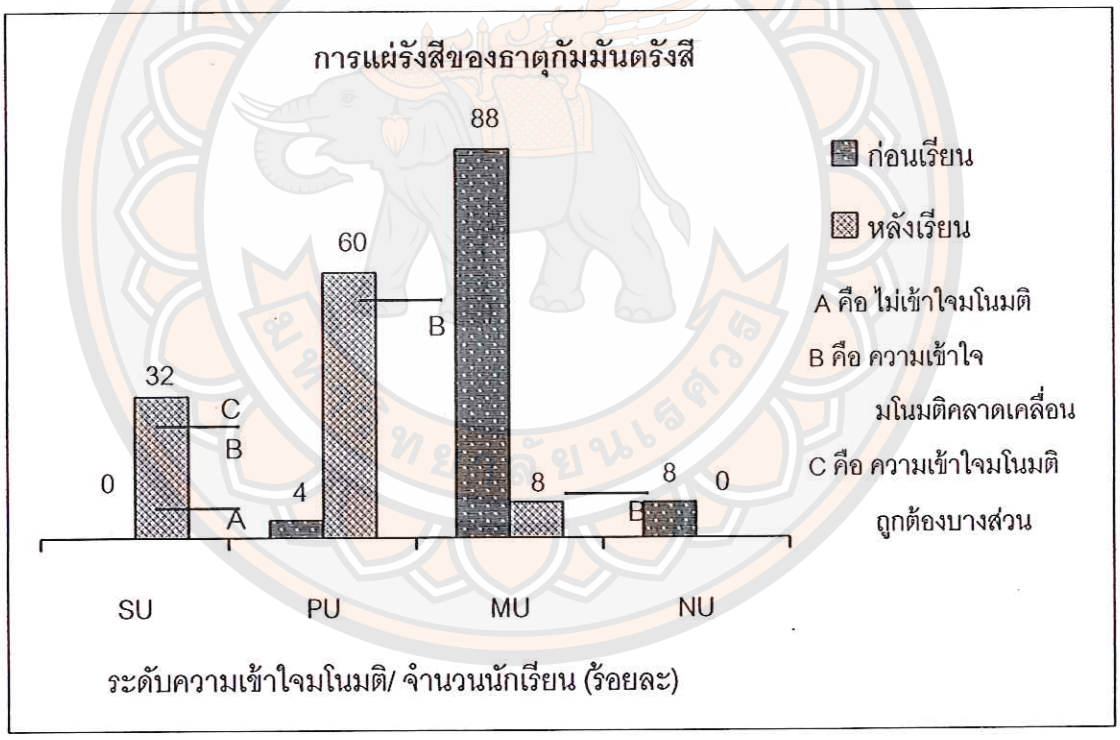
6. ผลการศึกษาการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง ปฏิกิริยานิวเคลียร์

7. ผลการศึกษาการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง การนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้

8. ผลการศึกษาการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง ผลกระทบของโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์

ผลการศึกษาการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง การแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสี

สำหรับมโนมติเรื่อง การแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสี เมื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ โดยพิจารณาความเข้าใจมโนมติก่อนและหลังเรียน พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน และหลังจากจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบไปแล้ว นักเรียนส่วนใหญ่มีการเปลี่ยนเป็นความเข้าใจมโนมติที่ถูกต้องบางส่วนเพิ่มขึ้น ดังภาพ 5



ภาพ 5 ความเข้าใจมโนมติการแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสีก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน

จากการสัมภาษณ์ความเข้าใจโนมติก่อนเรียน โดยใช้เหตุการณ์ในบัตรภาพที่ 1 กล่องบรรจุธาตุกัมมันตรังสี ให้นักเรียนอธิบายลักษณะของธาตุกัมมันตรังสี และการแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสี พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 88 มีความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อนคือ ตอบได้ว่าการแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสีเนื่องมาจากนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีไม่เสถียร และอธิบายชนิดลักษณะและอำนาจในการทะลุทะลวงของอนุภาคและรังสีที่ธาตุกัมมันตรังสีปลดปล่อยออกมาไม่ถูกต้องหรือ ตอบไม่ได้ว่าการแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสีเนื่องมาจากนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีไม่เสถียร และอธิบายชนิดลักษณะและอำนาจในการทะลุทะลวงของอนุภาคและรังสีที่ธาตุกัมมันตรังสีปลดปล่อยออกมาไม่ถูกต้อง โดยนักเรียนส่วนใหญ่ในกลุ่มนี้เข้าใจว่าธาตุกัมมันตรังสีจะแผ่รังสีออกมาเป็นฝุ่นหรือแก๊ส เคลื่อนที่โดยอาศัยตัวกลาง เช่น ลม อากาศ เป็นต้น และอัตราเร็วของรังสีขึ้นอยู่กับอัตราเร็วของลมและอุณหภูมิอากาศ ข้างล่างนี้เป็นตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในกลุ่มนี้

> ...มัน (รังสี) น่าจะไปได้เรื่อยๆ ขึ้นอยู่กับอากาศหรือลม พอมันออกมา (จากกล่อง) ก็จะมีอากาศเป็นตัวพาไป
>
> (นักเรียนรหัส S3, ผู้ให้สัมภาษณ์, 10 พฤษภาคม 2556)

> ...(การแผ่รังสี) จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิสูงมัน (รังสี) ก็จะกระจายได้ดี ถ้าอุณหภูมิต่ำ มัน (รังสี) ก็จะไม่ไป
>
> (นักเรียนรหัส S18, ผู้ให้สัมภาษณ์, 8 พฤษภาคม 2556)

นอกจากนี้ นักเรียนบางส่วนในกลุ่มนี้ยังใช้คำศัพท์ปะปนกันระหว่างสัมภาษณ์ เช่น ธาตุกัมมันตภาพรังสี กัมมันตรังสี เป็นต้น แสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่เข้าใจความหมายของคำว่า "กัมมันตภาพรังสี" และ "ธาตุกัมมันตรังสี"

> ...ถ้ากล่องเปิดอยู่ ธาตุกัมมันตภาพรังสีก็จะมีคุณสมบัติผิดไป และมีรังสีออกมา
>
> (นักเรียนรหัส S7, ผู้ให้สัมภาษณ์, 9 พฤษภาคม 2556)

และนักเรียนบางส่วน ร้อยละ 8 ไม่มีความเข้าใจมโนมติ คือ ตอบไม่ได้ว่าการแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสีเนื่องมาจากนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีไม่เสถียรและไม่สามารถอธิบายถึงอนุภาคและรังสีที่ธาตุกัมมันตรังสีปลดปล่อยออกมา ทั้งเรื่องชนิดลักษณะและอำนาจในการทะลุทะลวง โดยบางครั้ง นักเรียนเลี่ยงการตอบคำถามด้วยการตอบสั้นๆ ว่าไม่รู้

ผู้วิจัย: ถ้ากล่องที่บรรจุธาตุกัมมันตรังสีถูกเปิดทิ้งไว้จะเป็นอย่างไร
นักเรียน: ไม่มีอะไรเกิดขึ้นขึ้น มันก็จะอยู่เหมือนเดิม
ผู้วิจัย: แล้วถ้าปิดกล่องใบนั้นล่ะจะเป็นอย่างไร
นักเรียน: ก็ไม่น่าจะมีอะไรต่างจากเปิดกล่อง
ผู้วิจัย: ถ้ากล่องที่บรรจุธาตุกัมมันตรังสี ทำด้วยกระดาษจะเป็นอย่างไร
นักเรียน: ไม่รู้ครับ

(นักเรียนรหัส S1, บันทึกเสียง, 8 พฤษภาคม 2556)

เมื่อนักเรียนได้ทำกิจกรรม โดยศึกษาเกี่ยวกับความหมายของกัมมันตภาพรังสี กัมมันตรังสี นิวเคลียสเสถียร และนิวเคลียสไม่เสถียร ตามหนังสือเรียนรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน จากนั้นผู้วิจัยซักถามนักเรียนเกี่ยวกับธาตุกัมมันตรังสี แล้วนำเสนอมโนมติเปรียบเทียบ เรื่อง ลูกบอลเปล่งแสง ซึ่งในระหว่างที่ผู้วิจัยนำเสนอมโนมติผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับสิ่งที่เกิดขึ้นกับลูกบอล โดยผู้วิจัยใช้คำถามนำการอภิปราย ดังบทสนทนาต่อไปนี้

ผู้วิจัย: เกิดอะไรขึ้นกับลูกบอล
นักเรียน: ลูกบอลสั่นสะเทือนตลอดเวลา/ลูกบอลเปล่งแสงสีต่างๆ ออกมาตลอดเวลา
ผู้วิจัย: เมื่ออากาศในห้องเปลี่ยนแปลงลูกบอลยังคงเปล่งแสงและสั่นสะเทือนได้หรือไม่
นักเรียน: ได้ค่ะ/ครับ
ผู้วิจัย: เมื่อลมในห้องพัดแรงขึ้น แสงที่เปล่งออกมาจากลูกบอลเคลื่อนที่เร็วขึ้นหรือไม่
นักเรียน: ไม่
ผู้วิจัย: อย่างไร แล้วทำไมการเปล่งแสงไม่เปลี่ยนแปลง
นักเรียน: ความเร็วแสงน่าจะไม่เกี่ยวข้องกับลมและอากาศ

(บันทึกวีดีโอ, แผนการเรียนรู้ที่ 1, 10 มิถุนายน 2556)

จากการอภิปรายดังกล่าว แสดงให้เห็นว่านักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับการเปล่งแสงของลูกบอลที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง แม้ปัจจัยอื่นๆ ในห้องเรียนที่มีลูกบอลวางอยู่จะเปลี่ยนแปลง จากนั้นผู้วิจัยได้นำอภิปรายเพื่อเชื่อมโยงสู่เรื่อง การแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสี ดังบทสนทนาต่อไปนี้

ผู้วิจัย: ธาตุกัมมันตรังสีแตกต่างกับธาตุอื่นอย่างไร

นักเรียน: สามารถแผ่รังสีได้เอง

ผู้วิจัย: ทำไมธาตุกัมมันตรังสีจึงสามารถแผ่รังสีได้

นักเรียน: เพราะนิวเคลียสไม่เสถียร

ผู้วิจัย: การแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสีขึ้นอยู่กับความเร็วลมหรือสภาพอากาศหรือไม่

นักเรียน: ไม่ค่ะ/ครับ

ผู้วิจัย: อย่างไร แล้วทำไมการแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสีไม่เปลี่ยนแปลง

นักเรียน: การแผ่รังสีไม่อาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่

ผู้วิจัย: แล้วรังสีมันเคลื่อนที่ได้อย่างไร

นักเรียน: มันมีการแผ่ออกไปโดยไม่อาศัยตัวกลาง

(บันทึกวีดีโอ, แผนการเรียนรู้ที่ 1, 10 มิถุนายน 2556)

จากนั้นนักเรียนได้ทำกิจกรรมเปรียบเทียบตามใบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง ธาตุกัมมันตรังสี โดยให้นักเรียนระบุความคล้ายคลึงและความแตกต่างระหว่างลูกบอลเปล่งแสงกับธาตุกัมมันตรังสีเกี่ยวกับแหล่งกำเนิด ความสามารถ และผลิตผล ซึ่งพบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถเปรียบเทียบความคล้ายคลึงและความแตกต่างระหว่างลูกบอลเปล่งแสงและธาตุกัมมันตรังสีถูกต้อง ดังภาพ 6

แหล่งกำเนิด	ลูกบอลเรืองแสง	เปรียบเหมือนกับ	วัตถุที่แผ่รังสี.....
	หลอดไฟในลูกบอล	เปรียบเหมือนกับ	รังสี.....
ความสามารถ	ลูกบอลสั่นสะเทือน	เปรียบเหมือนกับ	แสงมีคลื่นสั่นสะเทือน.....
	ลูกบอลเปล่งแสง	เปรียบเหมือนกับ	สามารถแผ่รังสี.....
ผลิตผล	แสง	เปรียบเหมือนกับ	รังสี.....
	ลูกบอลเปล่งแสงหลายสี	เปรียบเหมือนกับ	มีรังสีหลายชนิดแผ่รังสี.....
	แสงที่เปล่งออกมาไม่อาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่	เปรียบเหมือนกับ	รังสีสามารถผ่านสุญญากาศได้เหมือนแสงได้เช่นกัน.....

ภาพ 6 ตัวอย่างการเปรียบเทียบระหว่างลูกบอลเปล่งแสงกับธาตุกัมมันตรังสีของนักเรียน

หมายเหตุ: ใบกิจกรรมการเปรียบเทียบที่ 1.1 (นักเรียนรหัส S1, 10 มิถุนายน 2556)

แต่อย่างไรก็ตาม นักเรียนบางส่วนไม่สามารถระบุความแตกต่างระหว่างลูกบอลเปล่งแสงกับธาตุกัมมันตรังสีได้ ผู้วิจัยจึงอภิปรายชี้นำกับนักเรียนถึงความแตกต่างดังกล่าว ซึ่งพบว่า นักเรียนยอมรับว่าถึงสาเหตุที่ไม่สามารถระบุความแตกต่างได้ถูกต้อง เนื่องจากไม่เข้าใจเกี่ยวกับธาตุกัมมันตรังสีอย่างชัดเจน

ผู้วิจัย: ลูกบอลนี้จะเปล่งแสงสีออกมาเหมือนเดิมตลอดเวลาหรือไม่

นักเรียน: เหมือนเดิมค่ะ มี 3 สี ตลอดเวลา

ผู้วิจัย: แล้วนักเรียนคิดว่าธาตุกัมมันตรังสีจะปล่อยรังสีชนิดเดียวกันทุกครั้งหรือไม่

นักเรียน: ถ้ามันเป็นธาตุเดียวกันก็อาจจะปล่อยเหมือนกันนะ

ผู้วิจัย: เราพูดกันถึงธาตุอันเดียวค่ะ แล้วในการปล่อยรังสีของมันครั้งนี้ กับครั้งต่อไป มันมีโอกาสจะแตกต่างกันหรือไม่

นักเรียน: น่าจะมีค่ะ ธาตุกัมมันตรังสีอาจจะมีการปล่อยรังสีไม่เหมือนกันทุกครั้ง ไม่เหมือนกับลูกบอล

ผู้วิจัย: เพราะอะไรค่ะ

นักเรียน: มันมีโอกาสจะปล่อยรังสีใดก็ได้

(บันทึกวีดีโอ, แผนการเรียนรู้ที่ 1, 10 มิถุนายน 2556)

หลังจากทำกิจกรรม ผู้วิจัยได้ตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน ซึ่งผู้วิจัยตั้งคำถามเพื่ออภิปรายกับนักเรียนทั้งชั้นเรียน พบว่านักเรียนสามารถอธิบายอำนาจทะลุทะลวงของรังสีที่แผ่ออกมาจากธาตุกัมมันตรังสีได้ถูกต้อง มากไปกว่านั้น นักเรียนสามารถใช้คำศัพท์เกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีและธาตุกัมมันตรังสีถูกต้อง ดังนี้

ผู้วิจัย: ถ้าเด็กชายแดงกล่าวว่า "ธาตุกัมมันตภาพรังสีเป็นธาตุที่แผ่รังสีได้เอง" คำพูดของนายแดงถูกต้องหรือไม่

นักเรียน: ไม่ถูกต้องค่ะ/ครับ

ผู้วิจัย: แล้วประโยคนี้ผิดอย่างไรค่ะ

นักเรียน: กัมมันตภาพรังสีมันหมายถึงปรากฏการณ์ที่ธาตุสามารถแผ่รังสีได้เอง เพราะมีนิวเคลียสไม่เสถียร

ผู้วิจัย: แล้วคำพูดที่ถูกต้องควรเป็นอย่างไร

นักเรียน: ธาตุกัมมันตรังสีเป็นธาตุที่แผ่รังสีได้เอง

(บันทึกวีดีโอ, แผนการเรียนรู้ที่ 1, 10 มิถุนายน 2556)

เมื่อให้นักเรียนเขียนตอบแบบบันทึกการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถเขียนอธิบายความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับธาตุกัมมันตรังสี และรังสีที่ปลดปล่อยออกมาจากธาตุกัมมันตรังสี พร้อมทั้งระบุว่าตนเองมีความเข้าใจที่แตกต่างไปจากเดิมและถูกต้องมากขึ้น ดังภาพ 7 ซึ่งเป็นตัวอย่างของนักเรียนที่เข้าใจมโนมติการแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสี

จากการสัมภาษณ์ความเข้าใจมโนมติหลังเรียน พบว่านักเรียนมีการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติเป็นความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วนและความเข้าใจมโนมติถูกต้องเพิ่มขึ้น โดยนักเรียนมีความเข้าใจ มโนมติถูกต้องเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 32 ซึ่งมาจากนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนถูกต้องบางส่วน ร้อยละ 4 ความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน ร้อยละ 20 และไม่เข้าใจมโนมติ ร้อยละ 16 โดยนักเรียนตอบได้ว่าการแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสีเนื่องมาจากนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีไม่เสถียร และอธิบายชนิดลักษณะและอำนาจในการทะลุทะลวงของอนุภาคของรังสีที่ธาตุกัมมันตรังสีปลดปล่อยออกมาได้ถูกต้อง ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในกลุ่ม ดังนี้

...มัน (ธาตุกัมมันตรังสี) ก็จะมีรังสีแผ่ออกมาครับ มี 3 ชนิด มี รังสีแอลฟา บีตา และแกมมา...รังสีแกมมา...มีความทะลุทะลวงสูง...ก็อาจจะออกมา (จากกล่องปิด) ได้แต่แอลฟา...มีความทะลุทะลวงต่ำ มันก็อาจจะทะลุผ่านกล่องไม่ได้ แต่ต้องดูด้วยว่าเป็นกล่อง (ที่บรรจุธาตุกัมมันตรังสี) ทำจากอะไร ...แกมมาก็จะทะลุไปได้ไกล แต่แอลฟา ...อาจจะติดอยู่กับกล่อง หรือถ้าออกมาก็จะไปได้ใกล้ ประมาณ 3-5 เซนติเมตร ส่วนรังสีบีตาก็จะไปได้ไกลหน่อยแต่ไม่เท่ากับแกมมา...ธาตุมัน (ธาตุกัมมันตรังสี) จะมีการแผ่รังสีตลอดเวลา เพื่อให้ตัวมันเสถียร นิวเคลียสธาตุมัน (ธาตุกัมมันตรังสี) มีนิวตรอนมากกว่าโปรตอน มัน (ธาตุกัมมันตรังสี) ก็ไม่เสถียร มัน (ธาตุกัมมันตรังสี) ก็จะแผ่รังสีออกมาเรื่อยๆ

(นักเรียนรหัส S22, ผู้ให้สัมภาษณ์, 27 สิงหาคม 2556)

⇨ ความรู้ที่นักเรียนได้รับแตกต่างจากความคิดเดิมหรือไม่ อย่างไร

แตกต่างจากเดิมมาก เพราะ จากเดิมคิดว่า รังสี ทุกอันที่ปล่อยออกมาจากธาตุมันเหมือนกัน แต่จริงๆแล้ว รังสีที่ถูกปล่อยออกมามีหลายชนิด และมีสมบัติแตกต่างกัน การเคลื่อนที่ผ่านวัสดุต่างๆ คือ มือเรา กระดาษ อะลูมิเนียม

ภาพ 7 ตัวอย่างแบบทึกการเรียนรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับธาตุกัมมันตรังสี

หมายเหตุ: แบบบันทึกการเรียนรู้ครั้งที่ 1 (นักเรียนรหัส S19, 10 มิถุนายน 2556)

และนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติที่ถูกต้องบางส่วนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 60 ซึ่งมาจากนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนคลาดเคลื่อน โดยนักเรียนอธิบายทั้งชนิด ลักษณะและอำนาจในการทะลุทะลวงของอนุภาคและรังสีที่ธาตุกัมมันตรังสีปลดปล่อยออกมาได้ถูกต้อง แต่นักเรียนไม่ได้กล่าวถึงสาเหตุที่ธาตุกัมมันตรังสีสามารถแผ่รังสีนักเรียนอธิบายเพียงว่าเป็นสมบัติของธาตุกัมมันตรังสี ดังบทการสัมภาษณ์ ดังนี้

ผู้วิจัย: ถ้ามีกล่องบรรจุธาตุกัมมันตรังสีเปิดทิ้งไว้จะเป็นอย่างไร

นักเรียน: ธาตุ (ธาตุกัมมันตรังสี) ก็จะแผ่รังสีออกมา มีรังสีแอลฟา บีตา แกมมา

ผู้วิจัย: ถ้าปิดกล่องแล้ว รังสีจะออกข้างนอกกล่องหรือไม่

นักเรียน: ออกมาได้ค่ะ เพราะมัน (รังสี) มีความสามารถในการทะลุผ่านกล่องได้

ผู้วิจัย: รังสีที่ออกมาจากกล่องจะไปได้ระยะทางไกลเท่าใดค่ะ

นักเรียน: ไม่เท่ากันค่ะ ถ้าเป็นรังสีแอลฟาก็จะไม่ทะลุผ่านกระดาษ รังสีบีตาสามารถผ่านกระดาษได้ แล้วแกมมาก็ไม่สามารถผ่านตะกั่วได้ แกมมาจะไปได้ไกลกว่า ส่วนแอลฟาจะไปได้ใกล้

ผู้วิจัย: รังสีที่แผ่ออกมาจากธาตุกัมมันตรังสีจะแผ่ออกมาตลอดเวลาหรือไม่

นักเรียน: ตลอดเวลาค่ะ

ผู้วิจัย: ทำไม รังสีจึงแผ่ออกมาได้ตลอดเวลาค่ะ

นักเรียน: เพราะว่าเป็นสมบัติของมัน (ธาตุกัมมันตรังสี) ... สามารถแผ่รังสีได้เอง

(นักเรียนรหัส S25, ผู้ให้สัมภาษณ์, 11 กันยายน 2556)

แต่อย่างไรก็ตาม นักเรียนร้อยละ 8 ไม่มีการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ โดยนักเรียนยังคงมีความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน ซึ่งนักเรียนเข้าใจว่าธาตุกัมมันตรังสีมีรังสีอยู่ภายในธาตุ จึงสามารถแผ่รังสีออกมาได้ นอกจากนี้ นักเรียนยังอธิบายการผ่านสิ่งกีดขวางของรังสี โดยพิจารณาที่ความแข็งแรงของวัสดุที่นำมาทำเป็นสิ่งกีดขวางซึ่งนักเรียนไม่ได้คำนึงถึงอำนาจในการทะลุทะลวงของรังสีแต่ละชนิด ข้างล่างนี้เป็นตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในกลุ่มนี้

ผู้วิจัย: รังสีที่แผ่ออกมาจากธาตุกัมมันตรังสีจะแผ่ออกมาตลอดเวลาหรือไม่

นักเรียน: ตลอดค่ะ เพราะมัน (ธาตุกัมมันตรังสี) มีการแผ่ตลอดเวลา ... ธาตุมันยังมีรังสีอยู่

ผู้วิจัย: รังสีที่ออกมาจากกล่องจะไปได้ระยะทางไกลเท่าใดค่ะ

นักเรียน: รังสีแอลฟาจะไปได้ใกล้ที่สุด แล้วก็เป็นบีตา ส่วนแกมมาไปได้ไกลสุด

ผู้วิจัย: ถ้ากล่องทำด้วยกระดาษแล้วรังสีทั้งสามที่นักเรียนกล่าวถึงจะออกมาจากกล่องได้หรือไม่

นักเรียน: ได้ค่ะ เพราะกล่องมีความแข็งแรงไม่พอ วัสดุที่เอามาทำกล่องคือกระดาษมีความแข็งแรงไม่พอ

ผู้วิจัย: ถ้ากล่องทำด้วยเหล็กล่ะค่ะจะเป็นอย่างไร

นักเรียน: น่าจะไม่ได้ เพราะว่าเหล็กมีความแข็งแรง

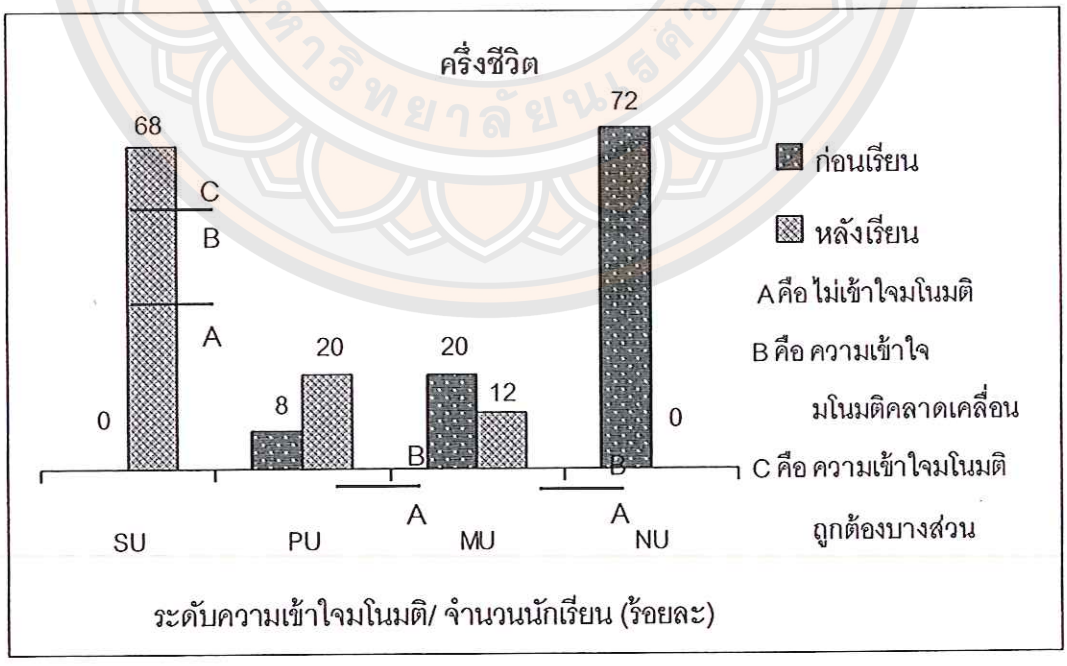
(นักเรียนรหัส S9, ผู้ให้สัมภาษณ์, 17 กันยายน 2556)

จากการศึกษาความเข้าใจมโนมติของนักเรียนทั้งก่อนเรียน ระหว่างเรียน และก่อนเรียน พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสี ดังนี้

1. กัมมันตภาพรังสีและธาตุกัมมันตรังสีมีความหมายเดียวกัน
2. ธาตุกัมมันตรังสีจะแผ่รังสีเป็นแก๊สหรือฝุ่นผง และเคลื่อนที่ไปโดยอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่
3. ธาตุกัมมันตรังสีจะแผ่รังสีไปได้ไกลหรือใกล้ขึ้นอยู่กับปริมาณของธาตุกัมมันตรังสีและทิศทางลม
4. ถ้าธาตุกัมมันตรังสีอยู่ในภาชนะที่ปิดสนิทจะไม่สามารถแผ่รังสีออกมาได้
5. ธาตุกัมมันตรังสีสามารถแผ่รังสีได้ เนื่องจากมีรังสีอยู่ภายในธาตุ
6. ถ้าวัสดุที่นำมาทำเป็นสิ่งกีดขวางมีความแข็งแรง รังสีจะไม่สามารถแผ่ออกมาได้

ผลการศึกษาการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง ครึ่งชีวิต

สำหรับมโนมติ เรื่อง ครึ่งชีวิต เมื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ โดยพิจารณาความเข้าใจมโนมติก่อนและหลังเรียน พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ไม่เข้าใจมโนมติ และหลังจากจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบไปแล้ว นักเรียนส่วนใหญ่มีการเปลี่ยนเป็นความเข้าใจมโนมติที่ถูกต้องเพิ่มขึ้น ดังภาพ 8



ภาพ 8 ความเข้าใจมโนมติครึ่งชีวิตก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน

จากการสัมภาษณ์ความเข้าใจโนมติก่อนเรียน โดยใช้เหตุการณ์ในบัตรภาพที่ 2 ธาตุกัมมันตรังสีถูกทิ้งไว้นาน ให้นักเรียนอธิบายการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 72 ไม่เข้าใจมโนมติ โดยนักเรียนอธิบายการลดลงของธาตุกัมมันตรังสีที่ถูกทิ้งไว้นาน และเข้าใจว่าอุณหภูมิมีผลต่อการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี นอกจากนี้ นักเรียนบางส่วนเลี่ยงการตอบคำถามด้วยการตอบสั้น เช่น ไม่รู้หรืออธิบายไม่เป็นเหตุเป็นผลกับเรื่องที่ถาม ข้างล่างนี้เป็นตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในกลุ่มนี้

ผู้วิจัย: ถ้าปล่อยธาตุกัมมันตรังสีทิ้งไว้นานๆ แล้วปริมาณธาตุกัมมันตรังสีจะเป็นอย่างไร

นักเรียน: ธาตุกัมมันตรังสีน่าจะลดน้อย

ผู้วิจัย: ทำไมธาตุจึงลดลง

นักเรียน: ขึ้นอยู่สภาพแวดล้อมอุณหภูมิ ภาชนะที่บรรจุ

(นักเรียนรหัส S6, ผู้ให้สัมภาษณ์, 9 พฤษภาคม 2556)

และมีนักเรียนร้อยละ 20 มีความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน โดยนักเรียนอธิบายว่าธาตุกัมมันตรังสีแต่ละชนิดจะมีครึ่งชีวิตไม่เท่ากัน หากปล่อยธาตุกัมมันตรังสีทิ้งไว้ ธาตุก็จะเหลือไม่เท่ากัน แต่อย่างไรก็ตาม นักเรียนเข้าใจว่าอุณหภูมิมีผลต่อการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี โดยการเก็บรักษาธาตุกัมมันตรังสีไว้ในสถานที่ที่มีอุณหภูมิต่ำจะทำให้การสลายของธาตุกัมมันตรังสีเป็นไปอย่างช้า

...(การเก็บธาตุกัมมันตรังสีไว้ในห้องที่มีอุณหภูมิต่ำกว่ากับการเก็บไว้ในห้องปกติ) ปริมาณธาตุกัมมันตรังสีจะเหลือแตกต่างกันค่ะ อุณหภูมิน่าจะมีผลต่อกัมมันตรังสีด้วย อุณหภูมิต่ำน่าจะเหลือมากกว่า

(นักเรียนรหัส S15, ผู้ให้สัมภาษณ์, 8 พฤษภาคม 2556)

เมื่อนักเรียนได้ทำกิจกรรม โดยให้นักเรียนเกี่ยวกับการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสีและครึ่งชีวิต ในหนังสือเรียนฟิสิกส์พื้นฐาน จากนั้นผู้วิจัยและนักเรียนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการหาปริมาณธาตุกัมมันตรังสีที่เหลือเมื่อผ่านครึ่งชีวิต และให้นักเรียนฝึกคำนวณหาปริมาณธาตุกัมมันตรังสีที่เหลือหลังผ่านครึ่งชีวิตตามแบบฝึกหัดที่ 1.2 ครึ่งชีวิต พบว่านักเรียนสามารถคำนวณเกี่ยวกับครึ่งชีวิตได้ถูกต้อง ดังภาพ 9

จากนั้นครูและนักเรียนจึงอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการเก็บธาตุกัมมันตรังสีไว้ในห้องที่อุณหภูมิต่างกัน และซักถามนักเรียนเกี่ยวกับปริมาณธาตุกัมมันตรังสีแต่ละชนิด พบว่า นักเรียนไม่สามารถตอบคำถามได้ถูกต้อง ครูจึงนำเสนอกิจกรรมการโยนเหรียญ โดยแต่ละกลุ่มจะได้เหรียญบาทจำนวน 100 เหรียญ กับภาชนะ เมื่อให้นักเรียนทำการทดลองตามใบกิจกรรมการทดลอง ในขณะนี้ ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการทดลอง จำนวนครั้งที่เหรียญเหลือจากการคัดออกประมาณครึ่งหนึ่งของจำนวนเริ่มต้นที่ได้จากการโยนเหรียญ โดยผู้วิจัยใช้คำถามนำการอภิปรายดังบทสนทนาต่อไปนี้

ผู้วิจัย: จำนวนครั้งที่โยนเหรียญแล้วทำให้จำนวนเหรียญเหลือครึ่งหนึ่งของปริมาณเริ่มต้นเป็นเท่าใด

นักเรียน: ประมาณ 1 ครั้ง

ผู้วิจัย: เพราะเหตุใด เมื่อโยนเหรียญ 1 ครั้ง จำนวนเหรียญจึงลดลงเหลือครึ่งหนึ่งของปริมาณเดิม

นักเรียน: เหรียญถูกโยนขึ้น ซึ่งมัน (เหรียญ) มี 2 หน้า มันก็สามารถหงายหน้าใดหน้าหนึ่งได้... แล้วเราก็คัดอีกหน้าหนึ่งออก

ผู้วิจัย: เมื่อเราลดจำนวนเหรียญในการโยน ทำให้ค่านี้เปลี่ยนแปลงหรือไม่

นักเรียน: ไม่เปลี่ยนแปลง

ผู้วิจัย: เมื่ออุณหภูมิและความดันในห้องเรียนเปลี่ยนแปลงทำให้ค่านี้เปลี่ยนแปลงหรือไม่

นักเรียน: ไม่เปลี่ยนแปลง

ผู้วิจัย: อย่างไร แล้วทำไมค่านี้จึงไม่เปลี่ยนแปลง

นักเรียน: อุณหภูมิและความดันไม่เกี่ยวข้องกับโอกาสที่เหรียญจะหงายหน้าใดหน้าหนึ่ง

(บันทึกวีดีโอ, แผนการเรียนรู้ที่ 2, 17 มิถุนายน 2556)

1. ฟอสฟอรัส-32 มีครึ่งชีวิต 14 วัน จะใช้เวลานานเท่าใด จึงจะเหลือฟอสฟอรัสร้อยละ 25

100% $\xrightarrow{14\text{ วัน}}$ 50% $\xrightarrow{14\text{ วัน}}$ 25% ตอบ 28 วัน

2. ทริเทียมเป็นไอโซโทปกัมมันตรังสีมีครึ่งชีวิต 12.5 ปี เมื่อเวลาผ่านไป 25 ปี จะเหลือทริเทียม ร้อยละเท่าใดของปริมาณเดิม

ทริเทียม $\xrightarrow{12.5\text{ ปี}}$ ทริเทียม $\xrightarrow{12.5\text{ ปี}}$ ทริเทียม ตอบ 25%

100% 50% 25%

ภาพ 9 ตัวอย่างการคำนวณปริมาณธาตุกัมมันตรังสีโดยใช้ครึ่งชีวิตของนักเรียน

หมายเหตุ: แบบฝึกหัดที่ 1.2 (นักเรียนรหัส S5, 17 มิถุนายน 2556)

จากการอภิปรายดังกล่าว แสดงให้เห็นว่านักเรียนเกิดความเข้าใจโอกาสการหงายหน้าใดหน้าหนึ่งของเหรียญจากการโยนเหรียญใน 1 ครั้ง จากนั้นผู้วิจัยเชื่อมโยงความเข้าใจเข้ากับเรื่องครึ่งชีวิตของธาตุกัมมันตรังสี ดังบทสนทนาต่อไปนี้

ผู้วิจัย: หากธาตุกัมมันตรังสีมีการสลายให้รังสีตลอดเวลา เมื่อผ่านไปเรื่อยๆ ธาตุนั้นจะเหลือปริมาณเท่าใดเมื่อเทียบกับปริมาณเดิม

นักเรียน: ลดลง

ผู้วิจัย: เมื่อธาตุกัมมันตรังสีลดลงเหลือครึ่งหนึ่งของปริมาณเดิมเรียกช่วงเวลานั้นว่าอย่างไร

นักเรียน: ครึ่งชีวิต

ผู้วิจัย: เมื่ออุณหภูมิหรือความดันของห้องที่เก็บธาตุกัมมันตรังสีเปลี่ยนแปลงครึ่งชีวิตของธาตุนั้นเปลี่ยนแปลงหรือไม่

นักเรียน: ไม่ค่ะ/ครับ

ผู้วิจัย: อย่างไร แล้วทำไมครึ่งชีวิตไม่เปลี่ยนแปลง

นักเรียน: ครึ่งชีวิตไม่เกี่ยวข้องกับปัจจัยต่างๆ ของห้องที่เก็บธาตุ

(บันทึกวีดีโอ, แผนการเรียนรู้ที่ 2, 17 มิถุนายน 2556)

จากนั้น นักเรียนได้ทำกิจกรรมเปรียบเทียบตามใบกิจกรรมที่ 2.2 เรื่อง ครึ่งชีวิต โดยนักเรียนระบุความคล้ายคลึงและความแตกต่างระหว่างการโยนเหรียญกับครึ่งชีวิต จากนั้นผู้วิจัยตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี ซึ่งพบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถเปรียบเทียบความคล้ายคลึงและความแตกต่างระหว่างการโยนเหรียญกับครึ่งชีวิตถูกต้อง โดยผู้วิจัยตั้งคำถาม ดังนี้

ผู้วิจัย: ถ้าปล่อยธาตุกัมมันตรังสี2 ชนิดในปริมาณเท่ากัน ทิ้งไว้ให้สลายกัมมันตรังสี เมื่อเวลาผ่านไปขณะหนึ่ง ธาตุกัมมันตรังสีทั้งสองจะเหลือเท่ากันหรือไม่

นักเรียน: ไม่เท่ากันค่ะ/ครับ

ผู้วิจัย: เพราะเหตุใดจึงเหลือไม่เท่ากันค่ะ

นักเรียน: ธาตุกัมมันตรังสีแต่ละชนิดมีครึ่งชีวิตที่แตกต่างกัน

ผู้วิจัย: ถ้าธาตุกัมมันตรังสีชนิดหนึ่งถูกแบ่งเป็น 2 ส่วนเท่ากัน ส่วนที่ 1 นำไปวางในสนามกลางแจ้ง ส่วนที่ 2 นำไปวางในห้องมิดชิด เมื่อทิ้งไว้นานๆ แล้วธาตุกัมมันตรังสีทั้งสองส่วนจะเหลือเท่ากันหรือไม่

นักเรียน: เท่ากันค่ะ/ครับ

ผู้วิจัย: เพราะเหตุใดจึงเหลือเท่ากันค่ะ

นักเรียน: อุณหภูมิไม่มีผลต่อการสลายกัมมันตรังสีของธาตุกัมมันตรังสี ทำให้ธาตุกัมมันตรังสีทั้งสองส่วนเหลือปริมาณเท่ากัน

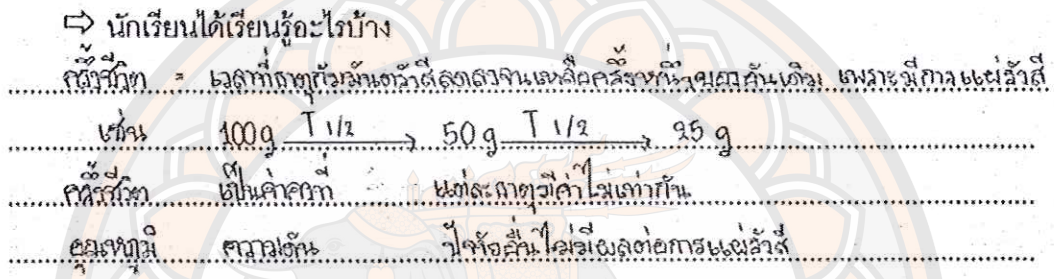
(บันทึกวีดีโอ, แผนการเรียนรู้ที่ 2, 17 มิถุนายน 2556)

ซึ่งจากบทสนทนาดังกล่าว แสดงว่า นักเรียนเข้าใจว่าการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสีแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับ ครึ่งชีวิต และอุณหภูมิไม่มีผลต่อการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี อย่างไรก็ตาม มีนักเรียนบางคนยังเข้าใจว่าอุณหภูมิมีผลต่อการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี

...ไม่เท่ากัน เพราะอันที่ไปวางในบริเวณกลางแจ้ง น่าจะเหลือน้อยกว่า... กลางแดด แล้วร้อน มันจะแผ่ออกมาเร็ว

(บันทึกวีดีโอ, แผนการเรียนรู้ที่ 2, 17 มิถุนายน 2556)

เมื่อให้นักเรียนเขียนเกี่ยวกับความรู้ที่ได้รับลงในแบบบันทึกการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนสามารถอธิบายเกี่ยวกับความหมายของครึ่งชีวิตได้ และการสลายกัมมันตรังสีได้ โดยนักเรียนส่วนใหญ่ เขียนอธิบายว่าเมื่อธาตุกัมมันตรังสีสลายกัมมันตรังสีจนผ่านครึ่งชีวิตไป จะมีปริมาณลดลงเหลือครึ่งหนึ่งของปริมาณเดิม และอุณหภูมิไม่มีผลต่อครึ่งชีวิตนี้ นอกจากนี้ นักเรียนยังอธิบายว่า ความเข้าใจใหม่หลังการเรียนแตกต่างความรู้เดิมก่อนการเรียนในหลายเรื่อง เช่น ความหมายของคำว่าครึ่งชีวิต ปริมาณธาตุกัมมันตรังสี และ ปัจจัยอื่น เช่น อุณหภูมิกับการสลายกัมมันตรังสี ดังภาพ 10



ภาพ 10 ตัวอย่างแบบทึกการเรียนรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับครึ่งชีวิต

หมายเหตุ: แบบบันทึกการเรียนรู้ครั้งที่ 2 (นักเรียนรหัส S15, 17 มิถุนายน 2556)

จากการสัมภาษณ์ความเข้าใจมโนมติหลังเรียน พบว่านักเรียนมีการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติเป็นความเข้าใจมโนมติถูกต้องเพิ่มขึ้น โดยนักเรียนมีความเข้าใจมโนมติถูกต้องเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 68 ซึ่งมาจากนักเรียนที่ไม่เข้าใจมโนมติก่อนเรียน ร้อยละ 52 ความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน ร้อยละ 8 และความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน ร้อยละ 8 โดยนักเรียนนำค่าครึ่งชีวิตมาใช้ในการอธิบายเกี่ยวกับการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี และนักเรียนอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับความหมายของครึ่งชีวิต นอกจากนี้ นักเรียนเข้าใจว่าอุณหภูมิไม่มีผลต่อการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี ข้างล่างนี้เป็นตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในกลุ่มนี้

...มัน (ธาตุกัมมันตรังสีที่ถูกทิ้งไว้นานๆ) จะมีปริมาณลดลง ตามครึ่งชีวิตของมัน (ธาตุกัมมันตรังสี)...ครึ่งชีวิตคือระยะเวลาของธาตุนั้นๆ ที่ลดลงเป็นครึ่งหนึ่งของอันเดิม ผ่านครึ่งชีวิตก็จะลดลงทีละครึ่ง...ธาตุชนิดเดียวกัน ทุกอย่าง (ปริมาณเริ่มต้น) เหมือนกันหมด ก็ต้องเหลือเท่ากัน และมีครึ่งชีวิตเท่ากัน... (ปริมาณของธาตุกัมมันตรังสีที่เก็บในห้องที่มีอุณหภูมิต่างกัน) เหลือเท่ากัน อุณหภูมิไม่มีผลต่อครึ่งชีวิตของธาตุกัมมันตรังสี การสลายของมัน (ธาตุกัมมันตรังสี) มีอุณหภูมิ สภาพแวดล้อมที่ไม่ส่งผล

(นักเรียนรหัส S1, ผู้ให้สัมภาษณ์, 16 สิงหาคม 2556)

และนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติที่ถูกต้องบางส่วนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 20 ซึ่งมาจากนักเรียนที่ไม่เข้าใจมโนมติก่อนเรียน ร้อยละ 12 และความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน ร้อยละ 8 โดยนักเรียนอธิบายเกี่ยวกับการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสีโดยนำค่าครึ่งชีวิตมาใช้ในการอธิบายได้ และอธิบายว่า อุณหภูมิไม่มีผลต่อการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี แต่อย่างไรก็ตาม นักเรียนไม่กล่าวถึงความหมายของครึ่งชีวิต ดังบทสัมภาษณ์ข้างล่างนี้

ผู้วิจัย: ถ้าธาตุกัมมันตรังสีชนิดเดียวกัน ปริมาณเท่ากันถูกปล่อยทิ้งไว้นานๆ แล้วปริมาณธาตุกัมมันตรังสีจะเหลือเท่ากันหรือไม่

นักเรียน: เท่ากันครับ เพราะเป็นธาตุชนิดเดียวกัน ก็จะมีมีครึ่งชีวิตที่เท่ากันครับ

ผู้วิจัย: แล้วถ้าเป็นธาตุคนละชนิดกันล่ะค่ะ

นักเรียน: เหลือไม่เท่ากันครับ

(นักเรียนรหัส S7, ผู้ให้สัมภาษณ์, 11 กันยายน 2556)

แต่อย่างไรก็ตาม นักเรียนร้อยละ 12 มีความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน ซึ่งนักเรียนร้อยละ 4 ยังคงมีความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อนเช่นเดิม และนักเรียนร้อยละ 8 มีการเปลี่ยนจากไม่เข้าใจมโนมติเป็นความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน โดยนักเรียนอธิบายว่าอุณหภูมิมีผลต่อการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี ข้างล่างนี้เป็นตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในกลุ่มนี้

...คิดว่าอุณหภูมิต่างกันจะทำให้ธาตุลดลงได้ต่างกัน ถ้าสารที่อยู่ในอุณหภูมิสูงกว่าจะทำให้ (ธาตุกัมมันตรังสี)ลดลงเร็วกว่า แต่อุณหภูมิที่เย็นกว่า อาจจะทำให้ (การสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี) ช้ากว่า

(นักเรียนรหัส S11, ผู้ให้สัมภาษณ์, 10 กันยายน 2556)

นอกจากนี้ นักเรียนบางส่วนในกลุ่มนี้อธิบายว่าอุณหภูมิไม่มีผลต่อการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสีแต่ไม่นำค่าครึ่งชีวิตมาใช้อธิบายในการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี ดังบทสัมภาษณ์ข้างล่างนี้

ผู้วิจัย: ถ้าปล่อยธาตุกัมมันตรังสีทิ้งไว้นานๆจะเป็นอย่างไร

นักเรียน: มันก็จะสลายไปแผ่กระจายออกไป

ผู้วิจัย: แล้วปริมาณของธาตุจะเป็นอย่างไรค่ะ

นักเรียน: ลดลง

ผู้วิจัย: ถ้าธาตุกัมมันตรังสีชนิดเดียวกัน ปริมาณเท่ากันถูกปล่อยทิ้งไว้นานๆ แล้วปริมาณธาตุกัมมันตรังสีจะเหลือเท่ากันหรือไม่

นักเรียน: เหลือเท่ากันค่ะ

ผู้วิจัย: เพราะเหตุใดจึงเหลือไม่เท่ากัน

นักเรียน: มันน่าจะแผ่กระจายได้เท่ากัน เพราะเป็นธาตุชนิดเดียวกัน

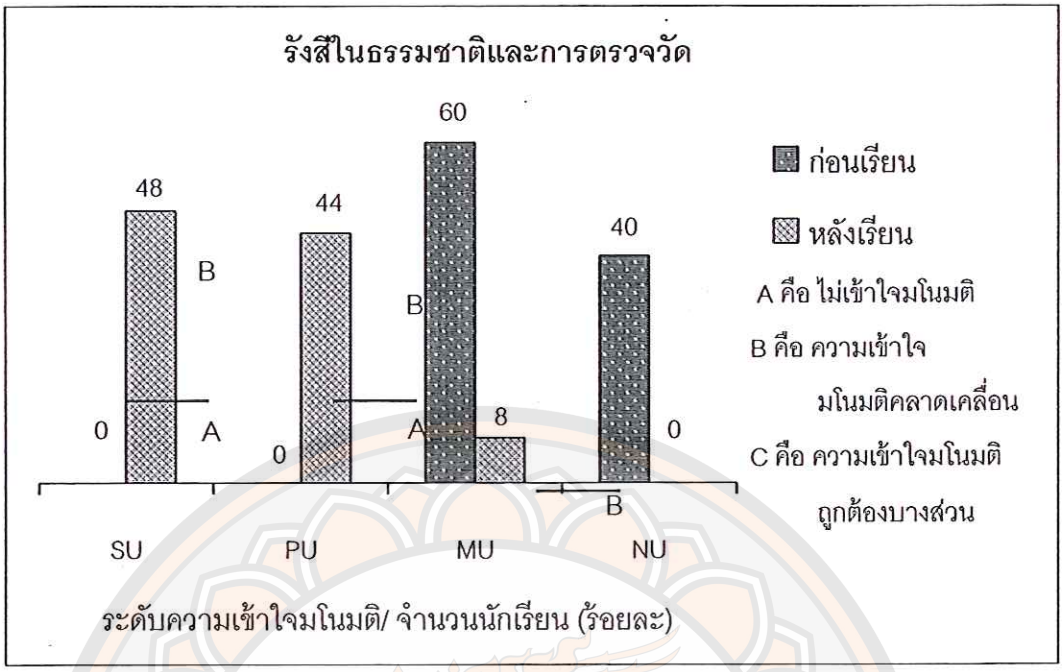
(นักเรียนรหัส S3, ผู้ให้สัมภาษณ์, 4 กันยายน 2556)

จากการศึกษาความเข้าใจมโนมติของนักเรียนทั้งก่อนเรียน ระหว่างเรียน และก่อนเรียน พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับครึ่งชีวิต ดังนี้

1. ธาตุกัมมันตรังสีสามารถแผ่รังสีไปได้ไม่มีวันหมด
2. ครึ่งชีวิตของธาตุกัมมันตรังสี คือ ปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่เกิดขึ้นจากธาตุกัมมันตรังสีเพียงครึ่งหนึ่งของปริมาณธาตุกัมมันตรังสีเริ่มต้น
3. อุณหภูมิมีผลต่อการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี

ผลการศึกษาการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง รังสีในธรรมชาติและการตรวจวัด

สำหรับมโนมติ เรื่อง รังสีในธรรมชาติและการตรวจวัด เมื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ โดยพิจารณาความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน และหลังจากจัดการเรียนรู้โดยใช้เอกสารเปลี่ยนมโนมติไปแล้ว นักเรียนส่วนใหญ่มีการเปลี่ยนเป็นความเข้าใจมโนมติที่ถูกต้องเพิ่มขึ้น ดังภาพ 11



ภาพ 11 ความเข้าใจมโนมติรังสีในธรรมชาติและการตรวจวัดก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน

จากการสัมภาษณ์ความเข้ามโนมติก่อนเรียน โดยใช้เหตุการณ์ในบัตรภาพที่ 3 ห้องเรียนให้นักเรียนอธิบายรังสีพื้นฐานเกี่ยวกับปริมาณ อันตราย และการตรวจวัดรังสี พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 60 ไม่เข้าใจมโนมติ โดยนักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจว่ารังสีที่มีในสิ่งแวดล้อมเป็นอันตราย และไม่ทราบถึงวิธีการตรวจวัดรังสี ข้างล่างนี้เป็นตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในกลุ่มนี้

ผู้วิจัย: ในสถานที่นี้ (ห้องเรียน) มีรังสีอยู่หรือไม่

นักเรียน: น่าจะมีค่ะ... เวลาเราทดลอง อาจจะมีสารบางสารหรือรังสีอยู่ในอากาศ

ผู้วิจัย: รังสีอะไรค่ะ

นักเรียน: ก็รังสีที่แผ่ออกมาจากพวกธาตุหรือสารที่เรานำมาทดลอง

ผู้วิจัย: นักเรียนจะทราบได้อย่างไรว่าบริเวณใดมีรังสีอยู่มากน้อยเพียงใด

S3: (หัวเราะ) หนูก็ไม่รู้

ผู้วิจัย: ถ้าในห้องเรียนมีรังสีแล้วนักเรียนได้รับจะเป็นอย่างไร

S3: ถ้าได้รับมากๆ อาจจะสะสมจนเสียชีวิตได้

(นักเรียนรหัส S3, ผู้ให้สัมภาษณ์, 20 พฤษภาคม 2556)

นอกจากนี้ มีนักเรียนบางส่วนอธิบายว่าทุกสถานที่มีรังสี โดยรังสีที่นักเรียนกล่าวถึงเป็นรังสีที่นักเรียนเคยได้ยินมาก่อน เช่น รังสียูวี รังสีความร้อน

...กัมมันตภาพรังสีคงเหมือนรังสีพวกนี้ ในห้องทึบไม่น่าจะมีแต่ที่โล่ง โดนแดดน่าจะมีเยอะ เพราะมีแสงแดดไปทั่วถึง... รังสีจากดวงอาทิตย์น่าจะมีเยอะ

(นักเรียนรหัส S3, ผู้ให้สัมภาษณ์, 19 พฤษภาคม 2556)

นักเรียนบางส่วนอธิบายการตรวจวัดรังสี โดยสังเกตจากสภาพแวดล้อม เช่น อากาศเป็นพิษ มีหมอกควันจำนวนมาก มากไปกว่านั้น นักเรียนบางส่วนอธิบายถึงวิธีการป้องกันและหลีกเลี่ยงรังสีนั้น เช่น การสวมเสื้อผ้าให้มิดชิด หรือทาผลิตภัณฑ์กันแดด

ผู้วิจัย: เราสามารถป้องกันกัมมันตภาพรังสีนั้นได้หรือไม่

S2: ได้... อย่างเช่น แสงแดดก็ทาครีมกันแดด ใส่เสื้อแขนยาว

(นักเรียนรหัส S3, ผู้ให้สัมภาษณ์, 10 พฤษภาคม 2556)

และนักเรียนร้อยละ 40 ไม่เข้าใจมโนมติ โดยนักเรียนเข้าใจว่า ในสถานที่มีคนจำนวนมากอาศัยอยู่จะต้องไม่มีรังสีอยู่ และนักเรียนไม่รู้ทราบวิธีการตรวจวัดรังสี บางคำตอบของนักเรียนเป็นการเลี่ยงการตอบคำถาม ด้วยการตอบสั้นว่า ไม่รู้หรือไม่เข้าใจ

เมื่อนักเรียนได้ทำกิจกรรม โดยศึกษาเอกสารเปลี่ยนมโนมติในสถานการณ์ที่กำหนดให้ 2 สถานการณ์ ซึ่งสถานการณ์ที่ 1 ป้ายสัญลักษณ์ที่ประตูหน้าห้องเอกซเรย์ในโรงพยาบาล และพบปัญหาว่า "หากบริเวณที่ไม่มีป้ายสัญลักษณ์แสดงถึงบริเวณรังสี บริเวณนั้นจะมีรังสีหรือไม่ เพราะเหตุใด" และมีการอภิปรายกันเกี่ยวกับปัญหา ก่อนจะลงข้อสรุปความคิดเห็นและเขียนคำตอบลงในเอกสารเปลี่ยนมโนมติ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ตอบคำถามว่า ไม่มีรังสี โดยนักเรียนให้เหตุผลจะมีป้ายสัญลักษณ์เฉพาะในบริเวณที่มีรังสี หรือรังสีจะเฉพาะบริเวณโรงพยาบาลหรือโรงงานที่เกี่ยวข้องกับการใช้กัมมันตภาพรังสี และนักเรียนบางส่วนตอบว่าบริเวณอื่นอาจมีรังสีอยู่บ้าง แต่อธิบายรังสีนั้นไม่เกี่ยวข้องกับกัมมันตภาพรังสี

จากนั้นนักเรียนได้ศึกษาสิ่งที่นักเรียนส่วนใหญ่มักมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับสถานการณ์นั้น ซึ่งในระหว่างนี้ผู้วิจัยอภิปรายร่วมกับนักเรียนกลุ่มย่อยเกี่ยวกับเหตุผลที่ความเข้าใจนั้นไม่ถูกต้อง ดังบทสนทนาต่อไปนี้

ผู้วิจัย: นักเรียนคิดว่าเพราะเหตุใดความคิดเหล่านั้นไม่ถูกต้อง

S8: เพราะรังสีมีทุกที่รีเปล่าค่ะ

S10: น่าจะเป็นเพราะมันมีรังสีไม่มาก

(บันทึกวีดีโอ, แผนการเรียนรู้ที่ 3, 24 มิถุนายน 2556)

เมื่อนักเรียนได้ศึกษาคำอธิบายสถานการณ์นั้นที่ถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในเอกสารเปลี่ยนมโนมติ โดยในระหว่างนี้ ผู้วิจัยมีการอภิปรายกับนักเรียนกลุ่มย่อยเกี่ยวกับรังสีในธรรมชาติ ก่อนที่นักเรียนจะชมคลิปวีดีโอเกี่ยวกับการตรวจรังสีในสิ่งแวดล้อมด้วยเครื่องวัดรังสี จากนั้นผู้วิจัยนำเสนอสถานการณ์ที่ 2 เรื่อง ผลกระทบจากรังสีพื้นฐาน และให้นักเรียนเดาคำตอบในสถานการณ์ที่ 2 ซึ่งถามว่า "ถ้าเด็กชาย ก อาศัยอยู่ในบริเวณที่มีรังสีพื้นฐาน นักเรียนคิดว่าเด็กชาย ก จะได้รับผลกระทบจากรังสีนั้นหรือไม่ เพราะเหตุใด" พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ตอบว่ารังสีในธรรมชาตินั้นไม่มีอันตราย และมีการให้เหตุผลเชื่อมโยงความเข้าใจกับสถานการณ์ที่ 1 ป้ายสัญลักษณ์ที่ประตูหน้าห้องเอกซเรย์ ดังภาพ 12 และนักเรียนบางส่วนอธิบายว่าได้รับผลกระทบจากรังสี โดยนักเรียนพิจารณากับระยะเวลาการได้รับรังสี ดังภาพ 13

สถานการณ์ที่ 2 ถ้าเด็กชาย ก อาศัยอยู่ในบริเวณที่มีรังสีพื้นฐาน นักเรียนคิดว่าเด็กชาย ก จะได้รับผลกระทบจากรังสีนั้นหรือไม่ เพราะเหตุใด

☐ ได้รับผลกระทบจากรังสี เพราะ.....

.....

.....

.....

☑ ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีเพราะ ปริมาณรังสีอาจมีน้อยมากจนไม่สามารถทำอันตรายเราได้

.....

.....

.....

ภาพ 12 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อสถานการณ์ผลกระทบจากรังสีพื้นฐาน

หมายเหตุ: เอกสารเปลี่ยนมโนมติ (นักเรียนรหัส S20, 24 มิถุนายน 2556)

สถานการณ์ที่ 2 ถ้าเด็กชาย ก อาศัยอยู่ในบริเวณที่มีรังสีพื้นฐาน นักเรียนคิดว่าเด็กชาย ก จะได้รับผลกระทบจากรังสีนั้นหรือไม่ เพราะเหตุใด

☑ ได้รับผลกระทบจากรังสี เพราะ เมื่อเขารับรังสีมากขึ้น เขาจะไม่เป็นอะไรมาก แต่ถ้าเขาได้รับในช่วงเวลาระยะยาว อาจจะได้รับผลกระทบมาก

.....

.....

ภาพ 13 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อสถานการณ์ผลกระทบจากรังสีพื้นฐาน

หมายเหตุ: เอกสารเปลี่ยนมโนมติ (นักเรียนรหัส S6, 24 มิถุนายน 2556)

จากนั้นให้นักเรียนศึกษาสิ่งที่นักเรียนส่วนใหญ่มักมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับสถานการณ์นั้น และในระหว่างนี้ผู้วิจัยอภิปรายร่วมกับนักเรียนกลุ่มย่อยเกี่ยวกับเหตุผลที่ความเข้าใจนั้นไม่ถูกต้อง ก่อนให้นักเรียนศึกษาคำอธิบายสถานการณ์นั้นที่ถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในเอกสารเปลี่ยนมโนมติ และอภิปรายร่วมกับผู้วิจัยเกี่ยวกับปริมาณรังสีที่ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ พบว่านักเรียนเข้าใจถึงสาเหตุที่รังสีไม่มีผลกระทบต่อร่างกาย

ผู้วิจัย: รังสีที่มีอยู่รอบๆ ตัวเรา มีอันตรายต่อเราหรือไม่
นักเรียน: ไม่มีค่ะ
ผู้วิจัย: เพราะเหตุใดจึงไม่มีค่ะ
นักเรียน: มัน (รังสี) มีอยู่ปริมาณเล็กน้อย ไม่มากค่ะ

(บันทึกวีดีโอ, แผนการเรียนรู้ที่ 3, 24 มิถุนายน 2556)

หลังจากทำกิจกรรม ผู้วิจัยตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับรังสีในสิ่งแวดล้อม โดยผู้วิจัยตั้งคำถามถึงปริมาณและอันตรายของรังสีในสิ่งแวดล้อม รวมถึงการตรวจวัดรังสี พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถตอบคำถามได้ถูกต้อง ดังบทสนทนาการอภิปราย ดังนี้

ผู้วิจัย: ในสิ่งแวดล้อมมีรังสีหรือไม่

นักเรียน: มีค่ะ/ครับ

ผู้วิจัย: รังสีเหล่านี้เป็นอันตรายกับเราหรือไม่

นักเรียน: ไม่มีค่ะ/ครับ

ผู้วิจัย: เพราะเหตุใดรังสีที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมจึงไม่เป็นอันตรายต่อเราค่ะ

นักเรียน: เพราะรังสีมีปริมาณน้อยมาก

ผู้วิจัย: เราสามารถรู้ได้อย่างไรว่ามีรังสีหรือไม่

นักเรียน: ตรวจดูจากเครื่องวัดรังสี/สังเกตจากเครื่องหมายรูปใบพัด

(บันทึกวีดีโอ, แผนการเรียนรู้ที่ 3, 24 มิถุนายน 2556)

เมื่อให้นักเรียนเขียนแบบบันทึกการเรียนรู้เกี่ยวกับความรู้ที่ได้รับ พบว่าส่วนใหญ่สรุปความรู้ที่ได้รับถูกต้อง สอดคล้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อให้นักเรียนเขียนปัญหาในการเรียนรู้ พบว่านักเรียนเขียนข้อสงสัยเกี่ยวกับชนิดรังสีที่อยู่ในธรรมชาติ และเข้าใจว่าแม้รังสีนั้นมีปริมาณน้อย แต่หากเป็นรังสีแกมมาก็อาจจะเป็นอันตรายได้ ส่วนข้อมูลในแบบบันทึกการเรียนรู้เกี่ยวกับความแตกต่างความรู้ใหม่ที่ได้รับและความรู้เดิมของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับว่าตนมีความเข้าใจแตกต่างจากเดิม

จากการสัมภาษณ์ความเข้าใจมโนมติหลังเรียน พบว่านักเรียนมีการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติเป็นความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วนและความเข้าใจมโนมติถูกต้องเพิ่มขึ้น โดยนักเรียนมีความเข้าใจ มโนมติถูกต้องเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 48 ซึ่งมาจากนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนคลาดเคลื่อน ร้อยละ 28 และไม่เข้าใจมโนมติร้อยละ 20 โดยนักเรียนอธิบายเรื่องรังสีในสิ่งแวดล้อม เกี่ยวกับแหล่งที่พบ ปริมาณรังสี ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและการตรวจวัดรังสีได้ถูกต้อง ข้างล่างนี้เป็นตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในกลุ่มนี้

...รังสีอยู่ในทุกๆ ที่รอบตัวเรา ในห้องเรียนก็มี...มีการตรวจสอบโดยใช้เครื่องมือวัดรังสีหรือป้ายสัญลักษณ์...ร่างกายเราสามารถรับได้ เพราะตามธรรมชาติมีรังสีปริมาณน้อย ร่างกายของเราสามารถรับได้เพราะมัน (รังสี) ไม่มากเกินไปที่จะเกิดอันตราย...ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ครับ เพราะมัน (รังสี) อยู่รอบๆ ตัวเราอย่างที่ผมพูดไว้ว่าทุกๆ ที่มีรังสีแต่มีปริมาณน้อย

(นักเรียนรหัส S3, ผู้ให้สัมภาษณ์, 4 กันยายน 2556)

และนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติที่ถูกต้องบางส่วนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 44 จากนักเรียนที่มีความเข้าใจก่อนเรียนคลาดเคลื่อน ร้อยละ 24 และไม่เข้าใจมโนมติ ร้อยละ 20 โดยนักเรียนอธิบายเกี่ยวกับรังสีในสิ่งแวดล้อมในเรื่องแหล่งที่พบ ปริมาณรังสี และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตได้ถูกต้อง แต่อย่างไรก็ตาม นักเรียนสามารถอธิบายเกี่ยวกับวิธีตรวจสอบรังสีในสถานที่ต่างๆ ได้เพียงจากการสังเกตป้ายสัญลักษณ์ในบริเวณนั้น ข้างล่างนี้เป็นตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในกลุ่มนี้

ผู้วิจัย: นักเรียนทราบได้อย่างไรว่าสถานที่ใดมีรังสีมากน้อยเพียงใด

นักเรียน: สังเกตจากป้ายที่เค้าปิดเตือน อย่างเขตโรงพยาบาล โรงไฟฟ้านิวเคลียร์จะมีการติดป้ายเตือนค่ะ

(นักเรียนรหัส S9, ผู้ให้สัมภาษณ์, 17 กันยายน 2556)

แต่อย่างไรก็ตาม นักเรียนร้อยละ 8 ยังคงมีความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน ซึ่งนักเรียนอธิบายเกี่ยวกับวิธีการตรวจวัดรังสีได้ แต่อธิบายรังสีที่มีในสิ่งแวดล้อมไม่เกี่ยวข้องกับกัมมันตภาพรังสี

ผู้วิจัย: นักเรียนทราบได้อย่างไรว่ามีรังสีหรือไม่

นักเรียน: ถ้าเป็นแสงอาทิตย์ก็มีรังสีครับ...ก็จากแสงไฟครับ

ผู้วิจัย: แล้วรังสีทำให้เกิดไอออนหรือที่เป็นกัมมันตรังสีมีไหมค่ะ

นักเรียน: ไม่มีครับ ผมคิดว่ารังสีก็จะมีอยู่ในพวกธาตุ แต่ในนี้มันไม่ธาตุเลยก็คิดว่าคงไม่น่ามีครับ

ผู้วิจัย: เรามีวิธีการใดได้บ้างที่จะตรวจสอบว่าสถานที่ใดมีหรือไม่มีรังสี

นักเรียน: ผมคิดว่าน่าจะทุกที่...ถ้าอยู่ในห้อง รังสีก็อาจจะน้อยกว่า ถ้าอยู่กลางแดด รังสีก็จะมากกว่าเราอาจจะใช้เครื่องมือวัดด้วย

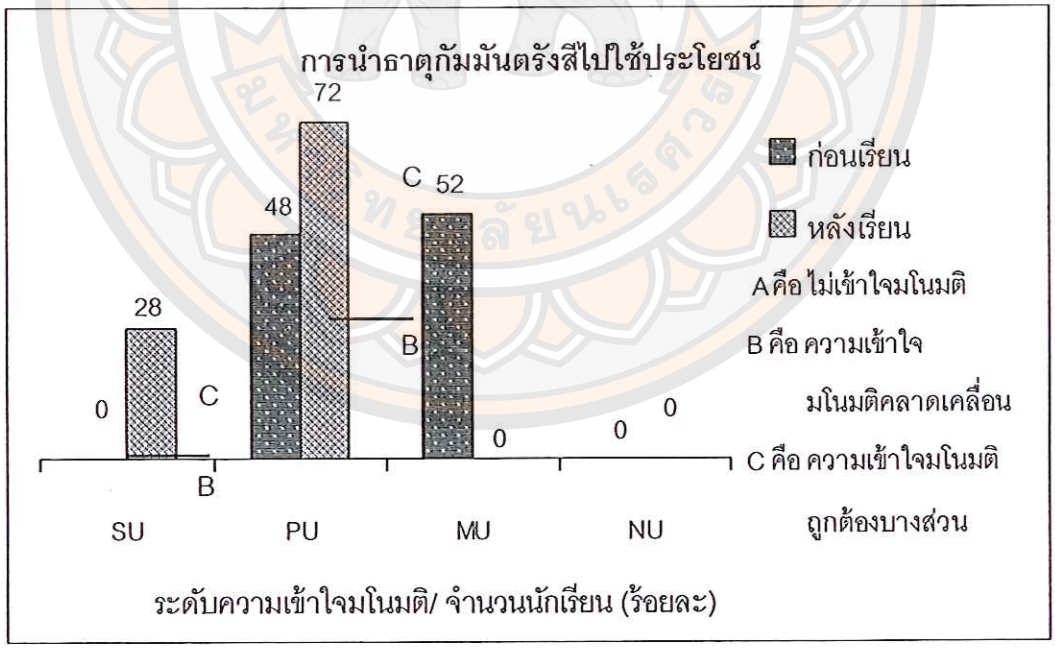
(นักเรียนรหัส S11, ผู้ให้สัมภาษณ์, 10 กันยายน 2556)

จากการศึกษาความเข้าใจมโนมติของนักเรียนทั้งก่อนเรียน ระหว่างเรียน และก่อนเรียน พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับรังสีในธรรมชาติและการตรวจวัด ดังนี้

1. กัมมันตภาพรังสีเป็นอันตรายเสมอ
2. ในสิ่งแวดล้อมปกติ (เช่น ในห้องเรียน) ไม่มีกัมมันตภาพรังสี
3. รังสียูวี รังสีความร้อน เป็นรังสีชนิดเดียวกับกัมมันตภาพรังสี
4. การตรวจวัดรังสี ใช้สังเกตจากสภาพแวดล้อม เช่น หมอกควันในอากาศ
5. การป้องกันและหลีกเลี่ยงรังสีพื้นฐานในธรรมชาติ เช่น การสวมเสื้อผ้าให้มิดชิด หรือทาผลิตภัณฑ์กันแดด
6. ในสถานที่มีคนจำนวนมากอาศัยอยู่จะไม่มีรังสีพื้นฐานอยู่

ผลการศึกษาการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง การนำธาตุกัมมันตรังสีไปใช้ประโยชน์

สำหรับมโนมติ เรื่อง การนำธาตุกัมมันตรังสีไปใช้ประโยชน์ เมื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ โดยพิจารณาความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน และหลังจากจัดการเรียนรู้โดยใช้บทบาทสมมติไปแล้ว นักเรียนส่วนใหญ่มีการเปลี่ยนเป็นความเข้าใจมโนมติที่ถูกต้องบางส่วนเพิ่มขึ้น ดังภาพ 14



ภาพ 14 ความเข้าใจมโนมติการนำธาตุกัมมันตรังสีไปใช้ประโยชน์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน

จากการสัมภาษณ์ความเข้าใจโนมติก่อนเรียน โดยใช้เหตุการณ์ในบัตรภาพที่ 6 เรื่อง การแพทย์และบัตรภาพที่ 7 เรื่อง ผลไม้ฉายรังสี 3 ซึ่งเป็นการให้นักเรียนยกตัวอย่างการใช้รังสีทางการแพทย์และทางการเกษตร พบว่านักเรียนร้อยละ 48 มีความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน โดยนักเรียนยกตัวอย่างและอธิบายเกี่ยวกับการนำกัมมันตภาพรังสีไปใช้ประโยชน์ได้แต่อย่างไรก็ตาม นักเรียนส่วนใหญ่ไม่อธิบายว่ารังสีสามารถเข้าไปหยุดยั้งการทำงานใดในผลไม้จึงทำให้สามารถยืดอายุการเก็บผลไม้ที่ฉายรังสีได้ ข้างล่างนี้เป็นตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในกลุ่มนี้

...ช่วยในการถนอมอาหาร ให้มันอยู่นานกว่าเดิม ช่วยยืดอายุ

(นักเรียนรหัส S3, ผู้ให้สัมภาษณ์, 20 พฤษภาคม 2556)

...อย่าง Co-60 ที่มีการรักษาโรคมะเร็ง แล้วรังสีเอกซ์ใช้ในการฉายรังสีเอกซเรย์เพื่อตรวจดูว่ามีความผิดปกติใดบ้าง

(นักเรียนรหัส S8, ผู้ให้สัมภาษณ์, 9 พฤษภาคม 2556)

...การถนอมอาหาร เพื่อให้มัน (ผลไม้) ไม่เน่า

(นักเรียนรหัส S19, ผู้ให้สัมภาษณ์, 8 พฤษภาคม 2556)

อย่างไรก็ตาม นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 52 มีความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน โดยนักเรียนสามารถยกตัวอย่างการนำกัมมันตภาพรังสีไปใช้ประโยชน์ แต่อธิบายเกี่ยวกับการนำกัมมันตภาพรังสีไปใช้ประโยชน์ไม่ถูกต้อง

...รักษาสภาพอาหารไว้ได้ครับ ให้ทนทาน ให้สด อย่างกับที่เก็บในตู้เย็น

(นักเรียนรหัส S1, ผู้ให้สัมภาษณ์, 8 พฤษภาคม 2556)

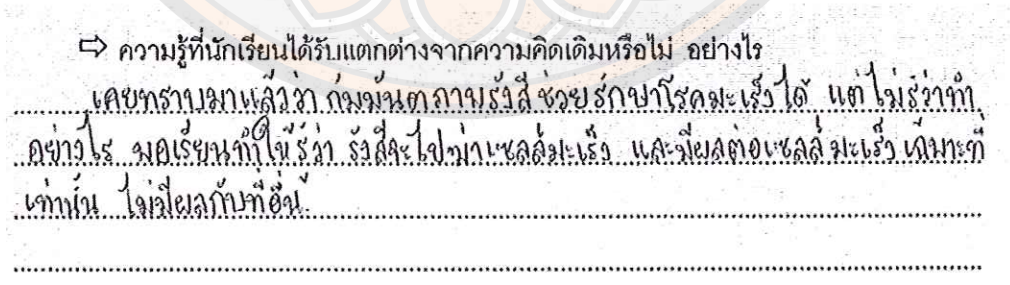
...การตรวจโรค...โรคมะเร็ง โดยมัน (รังสีหรือเซลล์มะเร็ง) จะเป็นขั้วบวก ขั้วลบกันพอฉายรังสีเข้าไปเจอกันก็หายไป

(นักเรียนรหัส S6, ผู้ให้สัมภาษณ์, 9 พฤษภาคม 2556)

เมื่อนักเรียนได้ทำกิจกรรม และอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันเกี่ยวกับการเลือกกัมมันตภาพรังสีมาใช้ในชุมชน โดยผู้วิจัยกำหนดประเด็นที่จะศึกษาเกี่ยวกับประโยชน์ของกัมมันตภาพรังสี เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและชุมชน กำหนดสถานการณ์เป็นการเสวนาการเลือกกัมมันตภาพรังสีมาใช้ในชุมชน และกำหนดบทบาทที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ 4 บทบาท ได้แก่ 1. ผู้เชี่ยวชาญด้านกัมมันตภาพรังสีจากสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ ที่มีความเชี่ยวชาญด้านการประยุกต์ใช้กัมมันตภาพรังสีด้านเกษตรกรรม 2. ผู้เชี่ยวชาญด้านกัมมันตภาพรังสีจากสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ ที่มีความเชี่ยวชาญด้านการประยุกต์ใช้กัมมันตภาพรังสีด้านอุตสาหกรรม 3. นักโบราณคดี ที่มีความเชี่ยวชาญด้านการประยุกต์ใช้กัมมันตภาพรังสีด้านโบราณคดี 4. แพทย์ประจำโรงพยาบาลรัฐบาลแห่งหนึ่ง ที่มีความเชี่ยวชาญด้านการประยุกต์ใช้กัมมันตภาพรังสีด้านการแพทย์

> ...กลุ่มเราเห็นด้วยกับการนำกัมมันตภาพรังสีมาใช้ในชุมชนเรา...เพราะเราคิดว่าธาตุกัมมันตรังสีมีประโยชน์ต่อเรามาก เช่น การรักษาโรคมะเร็ง การช่วยยืดอายุอาหาร ผลไม้ ฆ่าเชื้อโรคในอาหารให้สะอาด แปลงพันธุ์พืช ให้มีคุณภาพมากขึ้น ทนต่อโรค
>
> (บันทึกวีดีโอ, แผนจัดการเรียนรู้ที่ 4, 1 กรกฎาคม 2556)

และเมื่อให้นักเรียนเขียนแบบบันทึกการเรียนรู้ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่เขียนประโยชน์ของกัมมันตภาพรังสีได้หลากหลายด้าน นอกจากนั้น นักเรียนเขียนคำอธิบายเพิ่มเติมว่าความรู้ของตนเองเกี่ยวกับประโยชน์ของกัมมันตภาพรังสีหลังจัดการเรียนรู้มีมากขึ้นกว่าเดิม ดังภาพ 15


⇨ ความรู้ที่นักเรียนได้รับแตกต่างจากความคิดเดิมหรือไม่ อย่างไร

เคยทราบมาแล้วว่า กัมมันตภาพรังสี ช่วยรักษาโรคมะเร็งได้ แต่ไม่รู้ว่าทำอย่างไร พอเรียนทำให้รู้ว่า รังสีจะไปทำเซลล์มะเร็ง และมีผลต่อเซลล์มะเร็งเท่านั้น ไม่มีผลกับที่อื่น

ภาพ 15 ตัวอย่างแบบทึกการเรียนรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับการนำธาตุกัมมันตรังสีไปใช้ประโยชน์

หมายเหตุ: แบบบันทึกการเรียนรู้ครั้งที่ 4 (นักเรียนรหัส S21, 17 มิถุนายน 2556)

จากการสัมภาษณ์ความเข้าใจมโนมติหลังเรียน พบว่านักเรียนมีการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติเป็นความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วนและความเข้าใจมโนมติถูกต้องเพิ่มขึ้น โดยนักเรียนมีความเข้าใจ มโนมติถูกต้องเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 28 ซึ่งมาจากนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนถูกต้องบางส่วน ร้อยละ 16 และความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน ร้อยละ 12 โดยนักเรียนอธิบายและยกตัวอย่างเกี่ยวกับการนำกัมมันตภาพรังสีไปใช้ประโยชน์ในด้านการแพทย์และการเกษตรได้ถูกต้อง ข้างล่างนี้เป็นตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในกลุ่มนี้

> ...การเอกซเรย์ เพื่อตรวจสอบความผิดปกติหรือโรคภายในร่างกายของเรา การรักษาโรคบ้างโรคครับ เช่น รักษาโรคมะเร็งโดยการฉายรังสีผ่านไปยับยั้งการเกิดเซลล์มะเร็ง หรือการกินกัมมันตรังสีเพื่อยับยั้งโรคครับ...การฉายรังสีไปในผลไม้เพื่อให้เก็บได้นานขึ้น มีอายุอยู่ได้นานขึ้น ไม่เน่าเร็ว เพราะไปฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในผลไม้ แต่ว่าเค้าจะฉายไปในผลไม้ในปริมาณที่พอเหมาะ
>
> (นักเรียนรหัส S6, ผู้ให้สัมภาษณ์, 28 สิงหาคม 2556)

> ...พวกฉายรังสีรักษาโรคต่างๆ รักษาโรคมะเร็ง เหมือนการฉายรังสีไปยับยั้งเซลล์ที่เป็นเนื้อร้ายของเรา...ใช้พวกถนอมอาหาร เหมือนยับยั้งพวกแบคทีเรียที่จะทำให้อาหารเน่าเสียไว
>
> (นักเรียนรหัส S23, ผู้ให้สัมภาษณ์, 5 กันยายน 2556)

และนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 72 ซึ่งมาจากนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนคลาดเคลื่อน ร้อยละ 40 และนักเรียนอีกร้อยละ 32 เป็นนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนถูกต้องบางส่วนเช่นเดิม โดยนักเรียนยกตัวอย่างและอธิบายเกี่ยวกับการนำกัมมันตภาพรังสีไปใช้ประโยชน์ในด้านการแพทย์และการเกษตรได้ แต่อย่างไรก็ตาม นักเรียนไม่อธิบายว่า ในด้านการแพทย์ รังสีเหล่านี้สามารถไปรักษาเซลล์มะเร็งได้อย่างไร หรือในด้านการเกษตร รังสีเหล่านี้ช่วยยับยั้งยืดอายุผลไม้เหล่านี้ได้อย่างไร

> ...การรักษามะเร็ง การฉายรังสี การฉายเอกซเรย์ ตรวจความผิดปกติของร่างกาย การวินิจฉัยโรค...ช่วยไม่ให้ผลไม้เสียไว จะได้เก็บไว้ได้นานๆ เป็นการถนอมอาหาร การฉายรังสีลงบนผลไม้ มัน (รังสี) จะไปยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ทำให้มัน (ผลไม้) ไม่เน่าเร็ว ไม่เสียเร็ว
>
> (นักเรียนรหัส S22, ผู้ให้สัมภาษณ์, 5 กันยายน 2556)

จากการศึกษาความเข้าใจมโนมติของนักเรียนทั้งก่อนเรียน ระหว่างเรียน และก่อนเรียน พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการนำธาตุกัมมันตรังสีไปใช้ประโยชน์ ดังนี้

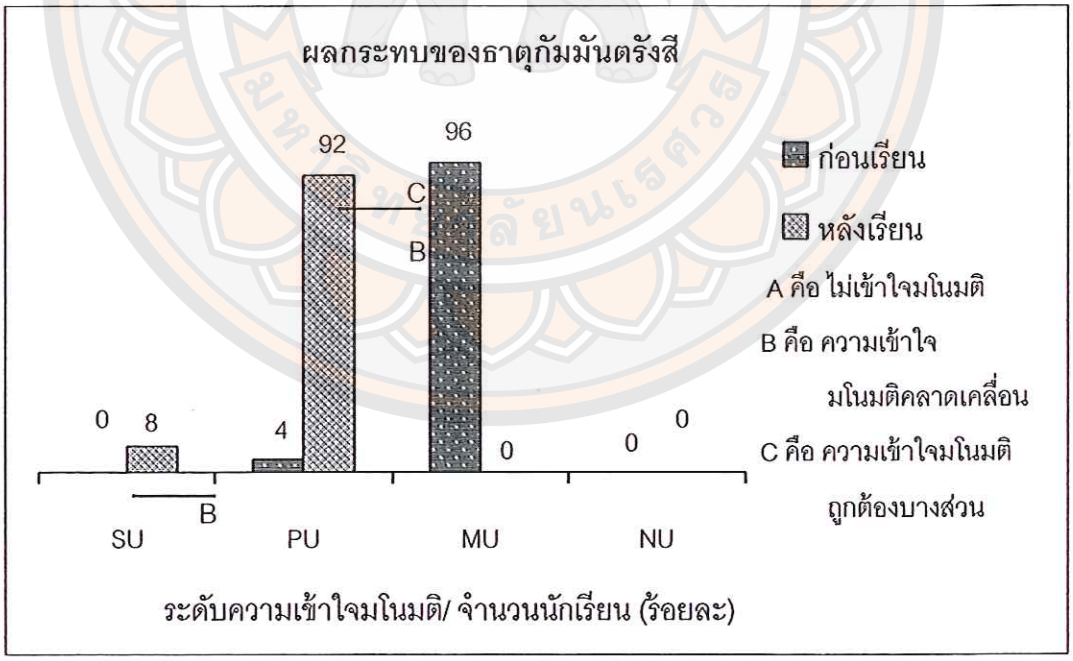
1. การฉายรังสีลงบนอาหารเป็นการตรวจหาสิ่งแปลกปลอมในอาหารเช่นเดียวกับการฉายรังสีเพื่อตรวจหาความผิดปกติของอวัยวะในร่างกายมนุษย์

2. การฉายรังสีลงบนอาหารจะช่วยให้เก็บอาหารให้คงสภาพสดเช่นเดียวกับการเก็บอาหารในตู้เย็น

3. การฉายรังสีเพื่อรักษาเซลล์มะเร็ง สามารถทำได้โดยรังสีที่ฉายไปมีประจุไฟฟ้าตรงกันข้ามกับประจุไฟฟ้าในอวัยวะที่ความผิดปกติ

ผลการศึกษาการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง ผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสี

สำหรับมโนมติ เรื่อง ผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสี เมื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ โดยพิจารณาความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน และหลังจากจัดการเรียนรู้โดยใช้บทบาทสมมติไปแล้ว นักเรียนส่วนใหญ่มีการเปลี่ยนเป็นความเข้าใจมโนมติที่ถูกต้องบางส่วนเพิ่มขึ้น ดังภาพ 16



ภาพ 16 ความเข้าใจมโนมติผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสีก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน

จากการสัมภาษณ์ความเข้ามโนมติก่อนเรียน โดยใช้เหตุการณ์ในบัตรภาพที่ 1 กล่องบรรจุธาตุกัมมันตรังสี บัตรภาพที่ 4 คนถือธาตุกัมมันตรังสีในมือ บัตรภาพที่ 5 ธาตุกัมมันตรังสีถูกทิ้งลงสู่ทะเลบัตรภาพที่ 6 การแพทย์ และบัตรภาพที่ 7 ผลไม้ฉายรังสี 6 เรื่อง ซึ่งเป็นการให้นักเรียนอธิบายผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม พบว่านักเรียนร้อยละ 96 มีความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน โดยอธิบายเกี่ยวกับผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิตไม่ถูกต้องแตกต่างกัน นักเรียนส่วนใหญ่อธิบายผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสีตามความเชื่อ ความรู้ที่เคยได้ยินจากข่าวเหตุการณ์เกี่ยวกับอุบัติเหตุธาตุกัมมันตรังสี ข้างล่างนี้เป็นตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในกลุ่มนี้

ผู้วิจัย: การฉายรังสีลงบนอาหารจะทำให้อาหารนั้นเป็นธาตุกัมมันตรังสี
นักเรียน: น่าจะเป็น เพราะว่ามีรังสีแผ่ออกไป ฉายลงไปในเนื้อผลไม้
ผู้วิจัย: ถ้ามีผลไม้ที่ฉายรังสี นักเรียนจะเลือกรับประทานหรือไม่
นักเรียน: (หัวเราะ) ไม่ค่ะ กลัวอันตราย กลัวรังสี

(นักเรียนรหัส S22, ผู้ให้สัมภาษณ์, 5 กันยายน 2556)

เมื่อนักเรียนได้ทำกิจกรรมโดยใช้บทบาทสมมติ ซึ่งผู้วิจัยใช้แผนการจัดการเรียนรู้เดียวกับมโนมติ เรื่อง การนำธาตุกัมมันตรังสีไปใช้ประโยชน์ แต่เพิ่มประเด็นที่จะศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสี และกำหนดบทบาทที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสีคือนักอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมจากกรมส่งเสริมคุณภาพด้านสิ่งแวดล้อม พบว่าในระหว่างที่ ตัวแทนนักเรียนกลุ่มที่ได้รับบทบาทนี้แสดงบทบาทสมมติในการเสวนา นักเรียนคนอื่นมีการซักถามและอภิปรายในประเด็นที่สงสัย ทั้งปริมาณของสารกัมมันตรังสีที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย อันตรายที่เกิดขึ้นเมื่อได้รับรังสี และฉากต่างๆ ที่มีการใช้รังสีในละครหรือภาพยนตร์ ซึ่งผู้วิจัยพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจผิดหลากหลายจากการชมภาพยนตร์เหล่านั้น เช่น เมื่อตัวละครมีการฉายรังสีแล้วทำให้เซลล์ในร่างกายเกิดการเปลี่ยนแปลง หรือมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง

...ผมเคยเห็นในหนัง... มีการฉายรังสีแล้วเปลี่ยนขนาดตัวได้ ตัวมันจะใหญ่ขึ้น มันใช้รังสีเดียวกันกับรังสีที่มากจากธาตุพวกนี้รึเปล่าครับ

...รังสีพวกนี้มันน่าจะมีอันตรายไหมครับ เพราะมันทำให้เปลี่ยนเซลล์ในร่างกายเราได้

(บันทึกวีดีโอ, แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4, 1 กรกฎาคม 2556)

เมื่อให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการเลือกกัมมันตภาพรังสีมาใช้ในชุมชน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่พิจารณาจากเหตุผลอันตรายที่เกิดจากกัมมันตภาพรังสีมากกว่าประโยชน์ที่ได้รับจากกัมมันตภาพรังสี มากไปกว่านั้น นักเรียนบางคนไม่ยอมรับการนำกัมมันตภาพรังสีมาใช้ในชุมชน แต่อย่างไรก็ตาม ข้อมูลจากแบบบันทึกการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจเกี่ยวกับผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสีมากขึ้น เนื่องจากนักเรียนเขียนเกี่ยวกับอันตรายจากกัมมันตภาพรังสี โดยอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์มากกว่าความเชื่อที่เคยเข้าใจคลาดเคลื่อนมาก่อน

จากการสัมภาษณ์ความเข้าใจมโนมติหลังเรียน พบว่านักเรียนมีการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติเป็นความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วนและความเข้าใจมโนมติถูกต้องเพิ่มขึ้น โดยนักเรียนมีความเข้าใจ มโนมติถูกต้องเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 8 ซึ่งมาจากนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนคลาดเคลื่อน โดยนักเรียนอธิบายผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต โดยพิจารณาเกี่ยวกับปริมาณรังสี ชนิดรังสี และระยะห่างจากธาตุกัมมันตรังสี นอกจากนี้ นักเรียนยังอธิบายอาการเริ่มต้นและอาการภายหลังเมื่อได้รับรังสีได้ถูกต้อง

ผู้วิจัย: ถ้าเราอยู่ในห้องที่มีกล่องบรรจุธาตุกัมมันตรังสีเปิดอยู่จะเป็นอย่างไร

นักเรียน: ถ้าเราไปอยู่ใกล้บริเวณนั้นและก็ได้รับรังสีพวกนี้ อาจจะรู้สึกมึนหัวในทันที อาเจียน ถ้าเรายืนอยู่นานก็จะได้รับมาก...แล้วแต่ว่ารังสีนั้นแผ่ออกมาน้อย และเราได้รับมากน้อยแค่ไหน ความเข้มข้นของมัน (รังสี) ค่ะ ถ้ามีความเข้มข้นมากก็จะได้รับเข้าไปมาก ก็จะเป็นอันตรายในทันที...หรืออาจจะไม่ส่งผลในทันที อาจกักเก็บไว้นานต่อๆ ไปอาจจะมีอาการเกิดขึ้น

ผู้วิจัย: ถ้าเราไม่ได้ถือธาตุกัมมันตรังสี แต่ไปยืนใกล้คนถือธาตุกัมมันตรังสีไว้ในมือจะเป็นอย่างไร

นักเรียน: เราก็ได้รับรังสีเหมือนผู้ชายคนนั้น แต่ได้รับน้อยกว่าเขา

ผู้วิจัย: อันตรายที่เกิดขึ้นกับตัวเราและคนที่ถือแตกต่างกันไหม

นักเรียน: แตกต่างค่ะ ยกตัวอย่าง เขาได้รับโดยตรง แต่เราได้รับในระยะที่ห่างกว่าเขา ...เราก็จะเป็นอันตรายน้อยกว่าเขา

(นักเรียนรหัส S8, ผู้ให้สัมภาษณ์, 5 กันยายน 2556)

และนักเรียนมีความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 92 ซึ่งมาจากนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนคลาดเคลื่อน และนักเรียนอีกร้อยละ 4 เป็นนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนถูกต้องบางส่วนเช่นเดิม โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้ว่าธาตุกัมมันตรังสีมีอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมได้ แต่อธิบายปัจจัยที่ทำให้เกิดอันตรายจากธาตุกัมมันตรังสีไม่ครบทุกประเด็น

ผู้วิจัย: ถ้าเราถือธาตุกัมมันตรังสีไว้ในมือจะเป็นอย่างไร

นักเรียน: อาจเป็นอันตรายทำให้เสียชีวิตได้ เพราะธาตุกัมมันตรังสีปล่อยรังสีเข้าสู่ร่างกายได้ ทางผิวหนัง ทางการสูดดม

ผู้วิจัย: อันตรายที่เกิดขึ้นมากน้อยขึ้นอยู่กับอะไรบ้าง

นักเรียน: ขึ้นอยู่กับปริมาณรังสี...การสูดดมเข้าไป

ผู้วิจัย: ถ้าเราไม่ได้ถือธาตุแต่ไปยืนใกล้คนที่ถือจะเป็นอย่างไร

นักเรียน: ได้รับผลกระทบเช่นกัน...แต่คนที่ถือจะได้รับอันตรายมากกว่า...ไม่ได้สัมผัส ก็จะทำให้อันตรายน้อยลง

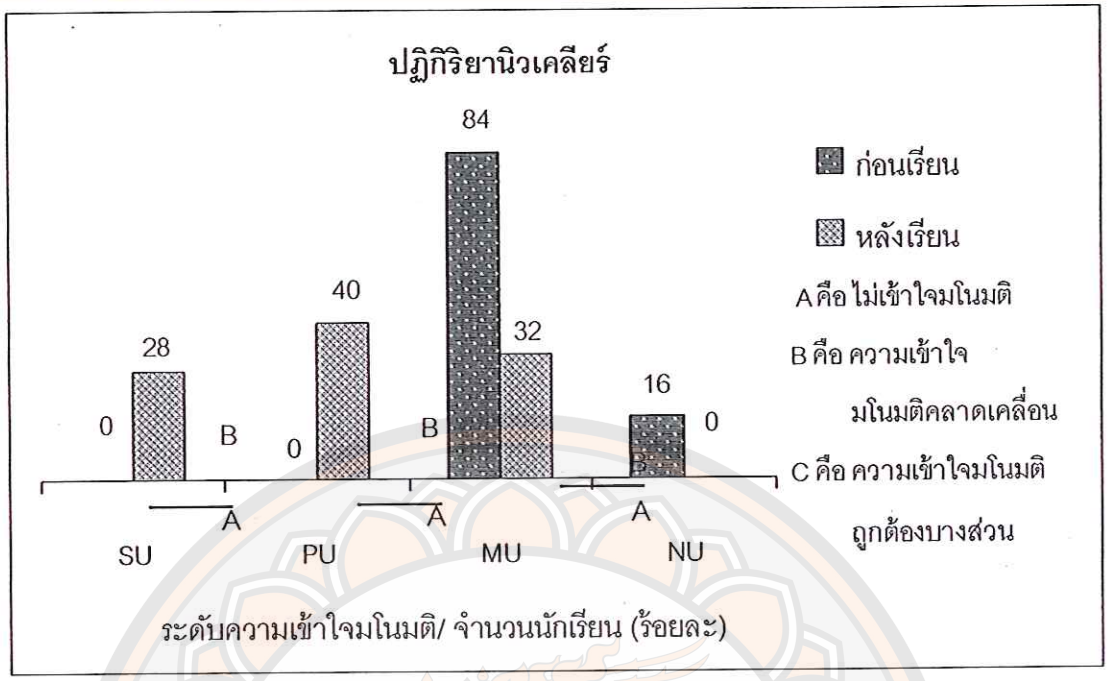
(นักเรียนรหัส S11, ผู้ให้สัมภาษณ์, 10 กันยายน 2556)

จากการศึกษาความเข้าใจมโนมติของนักเรียนทั้งก่อนเรียน ระหว่างเรียน และก่อนเรียน พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสี ดังนี้

1. ธาตุกัมมันตรังสีจะถ่ายทอดรังสีจากสิ่งมีชีวิตหนึ่งไปยังสิ่งมีชีวิตอีกอย่างหนึ่งได้โดยการกินต่อกันเป็นทอดๆ และจะส่งผลร้ายแรงหรือไม่ขึ้นกับปริมาณของธาตุกัมมันตรังสีที่ได้รับ
2. การฉายรังสีเป็นการดูดกลืนรังสีและจะทำให้วัตถุนั้นกลายเป็นสารกัมมันตรังสี

ผลการศึกษาการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง ปฏิกิริยานิวเคลียร์

สำหรับมโนมติ เรื่อง ปฏิกิริยานิวเคลียร์ เมื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติโดยพิจารณาความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน และหลังจากจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบไปแล้ว นักเรียนส่วนใหญ่มีการเปลี่ยนเป็นความเข้าใจมโนมติที่ถูกต้องบางส่วนเพิ่มขึ้น ดังภาพ 17



ภาพ 17 ความเข้าใจมโนมติปฏิกิริยานิวเคลียร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน

จากการสัมภาษณ์ความเข้ามโนมติก่อนเรียน โดยใช้เหตุการณ์ในบัตรภาพที่ 8 การเผาขยะที่ปนเปื้อนสารเคมี บัตรภาพที่ 9 การเปลี่ยนวงโคจรของอิเล็กตรอน บัตรภาพที่ 10 การยิงอนุภาคมวลน้อยเข้าไปในนิวเคลียสมวลหนัก บัตรภาพที่ 11 การรวมกันของนิวเคลียสมวลเบา ซึ่งเป็นการให้นักเรียนระบุว่า "เหตุการณ์นี้เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์หรือไม่" และ "เพราะเหตุใดนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น" เพื่อให้นักเรียนอธิบายลักษณะปฏิกิริยานิวเคลียร์ นอกจากนี้เหตุการณ์ในบัตรภาพที่ 10 และ 11 ผู้วิจัยสัมภาษณ์เพิ่มเติมคำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของปฏิกิริยาฟิชชันและฟิวชัน ซึ่งพบว่าไม่มีนักเรียนคนใดเลยที่อธิบายได้ว่า ปฏิกิริยานิวเคลียร์เป็น ปฏิกิริยาที่เกิดความเปลี่ยนแปลงกับนิวเคลียสของอะตอม โดยนักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 84 มีความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน ซึ่งนักเรียนอธิบายลักษณะปฏิกิริยานิวเคลียร์ ปฏิกิริยาฟิชชันและฟิวชัน ไม่ถูกต้อง และมีเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อนแตกต่างกัน เช่น นักเรียนอธิบายว่าปฏิกิริยานิวเคลียร์เกี่ยวข้องกับการเผาไหม้ และสารเคมี ซึ่งการเผาไหม้จะทำให้เกิดความร้อนและพลังงานจำนวนมาก ข้างล่างนี้เป็นตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในกลุ่มนี้

...มัน (การเผาขยะ) เกิดการเผาไหม้

(นักเรียนรหัส S1, ผู้ให้สัมภาษณ์, 8 พฤษภาคม 2556)

...เพราะมัน (ขยะ) มีสารที่ปนเปื้อนอยู่...สารที่ทำปฏิกิริยากับไฟ

(นักเรียนรหัส S4, ผู้ให้สัมภาษณ์, 12 พฤษภาคม 2556)

...เพราะสารที่เผามัน (ขยะ) เกี่ยวกับสารเคมี

(นักเรียนรหัส S5, ผู้ให้สัมภาษณ์, 10 พฤษภาคม 2556)

...เพราะมัน (ขยะ) มีสารเคมี

(นักเรียนรหัส S13, ผู้ให้สัมภาษณ์, 9 พฤษภาคม 2556)

นักเรียนบางส่วนอธิบายว่า ปฏิกิริยานิวเคลียร์ที่เกิดการเผาไหม้ ปฏิกิริยาอาจรุนแรงก่อให้เกิดเป็นระเบิดและมีสารกัมมันตรังสีแผ่ออกมา

...เพราะสารเคมีมันโดนไฟ หรือโดนความร้อน มันน่าจะระเบิด... มัน (สารเคมี) น่าจะมีสาร (กัมมันตรังสี) ที่แผ่ออกมาอย่างรวดเร็ว

(นักเรียนรหัส S3, ผู้ให้สัมภาษณ์, 10 พฤษภาคม 2556)

...เพราะมัน (ขยะ) เป็นสารเคมี...มัน(ขยะ) อาจระเบิด...เอาไปเผาไฟ มัน (การเผาไหม้) อาจเกิดการระเบิดได้

(นักเรียนรหัส S10, ผู้ให้สัมภาษณ์, 12 พฤษภาคม 2556)

...สารจุดกับไฟ มัน (การเผาไหม้) อาจรุนแรงมาก สารบางชนิดอาจมีปฏิกิริยากันอาจจะระเบิด

(นักเรียนรหัส S21, ผู้ให้สัมภาษณ์, 8 พฤษภาคม 2556)

นอกจากนี้ นักเรียนส่วนหนึ่งอธิบายว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในอะตอมเป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์เท่านั้น

...อะตอมในทางเคมี การที่มัน (อิเล็กตรอน) เปลี่ยนระดับพลังงาน...ต้องเป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์เท่านั้น...ไม่มีปฏิกิริยาใดที่สามารถทำให้อะตอมแยกอิเล็กตรอนได้

(นักเรียนรหัส S7, ผู้ให้สัมภาษณ์, 9 พฤษภาคม 2556)

ในกรณีภาพเหตุการณ์ที่เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์ ผู้วิจัยขอให้นักเรียนอธิบายลักษณะของนิวเคลียสที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ และความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับพลังงาน เพื่อต้องการทราบแนวคิดของนักเรียนในเรื่องลักษณะของปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชัน ฟิวชัน และความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับพลังงาน ซึ่งพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่อธิบายว่าพลังงานที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยานิวเคลียร์จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นกับมวลของนิวเคลียสเริ่มต้น โดยนักเรียนอธิบายว่าถ้ามวลของนิวเคลียสเริ่มต้นมาก (หรือนิวคลีออนมีจำนวนมาก) พลังงานที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยานิวเคลียร์จะมีค่ามาก อย่างไรก็ตาม นักเรียนไม่สามารถอธิบายได้ว่า ปฏิกิริยานิวเคลียร์ทำให้มวลอะตอมรวมของนิวเคลียสก่อนและหลังเกิดปฏิกิริยามีการเปลี่ยนแปลง โดยมวลอะตอมรวมของนิวเคลียสหลังเกิดปฏิกิริยาจะมีค่าลดลง และเปลี่ยนเป็นพลังงาน ดังการสัมภาษณ์ ดังนี้

ผู้วิจัย: พลังงานที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยา (การยิงอนุภาคมวลเบาเข้าไปในนิวเคลียสมวลหนัก) จะมีค่ามากน้อยขึ้นอยู่กับอะไร

นักเรียน: ขึ้นอยู่กับไอ้ตัวนี้ (ชี้ที่รูปนิวเคลียสเริ่มต้น) ขนาดตัวมัน (นิวเคลียส) ถ้าขนาดเล็ก ปริมาณที่ยิงเข้าไป...ขนาดใหญ่...มัน (พลังงาน) จะเพิ่มจำนวน) .

(นักเรียนรหัส S21, ผู้ให้สัมภาษณ์, 8 พฤษภาคม 2556)

นอกจากนี้ นักเรียนบางส่วนอธิบายว่าพลังงานที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ขึ้นอยู่กับความเร็วของนิวเคลียสที่มาปะทะกันจนเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ โดยนักเรียนอธิบายว่า ถ้าอนุภาคชนกับนิวเคลียสเริ่มต้นอย่างรวดเร็ว พลังงานที่เกิดขึ้นจะมีค่ามาก และนักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจผิดว่าการรวมกันของนิวเคลียสมวลเบาจะเกิดพลังงานน้อยกว่าการแตกตัวของนิวเคลียสมวลหนัก เพราะเป็นเพียงการรวมกันของนิวเคลียสทำให้เกิดนิวเคลียสใหม่เท่านั้นไม่เกิดการแตกตัวให้พลังงานออกมา ดังการสัมภาษณ์ ดังนี้

ผู้วิจัย: พลังงานที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยา (การยิงอนุภาคมวลเบาเข้าไปในนิวเคลียสมวลหนัก) จะมีค่ามากน้อยขึ้นอยู่กับอะไร

นักเรียน: ขึ้นอยู่กับที่ยิงเข้าไป ถ้าชนกันช้า พลังงานก็จะน้อย แต่ถ้าชนกันด้วยความเร็วมากพลังงานก็จะมาก

(นักเรียนรหัส S19, ผู้ให้สัมภาษณ์, 8 พฤษภาคม 2556)

และนักเรียนร้อยละ 16 ไม่เข้าใจมโนมติ โดยนักเรียนระบุไม่ถูกต้องว่าเหตุการณ์ในบัตรภาพเป็น/ไม่เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์ และไม่สามารถอธิบายหรือให้เหตุผลว่าทำไมจึงตอบเช่นนั้น นักเรียนในกลุ่มนี้เลี่ยงจะตอบคำถาม โดยการเงียบ หรือให้คำตอบสั้นเพียงว่า "ไม่รู้"

ผู้วิจัย: เหตุการณ์นี้ (การเผาขยะที่ปนเปื้อนสารเคมี) เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์หรือไม่
นักเรียน: เป็น
ผู้วิจัย: ทำไมนักเรียนจึงคิดว่าเหตุการณ์นี้ เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์
นักเรียน: หนูไม่รู้

(นักเรียนรหัส S23, ผู้ให้สัมภาษณ์, 8 พฤษภาคม 2556)

เมื่อนักเรียนได้ทำกิจกรรม โดยศึกษาเกี่ยวกับความหมายของปฏิกิริยานิวเคลียร์ตามรายละเอียดในหนังสือเรียนฟิสิกส์พื้นฐานแล้ว และอภิปรายเกี่ยวกับปฏิกิริยานิวเคลียร์กับปฏิกิริยาเคมี หลังจากนั้นผู้วิจัยมีการยกตัวอย่างจำนวนมากเกี่ยวกับปฏิกิริยานิวเคลียร์กับปฏิกิริยาเคมี ดังบทสนทนาต่อไปนี้

ผู้วิจัย: การผสมน้ำส้มสายชูกับผงฟูเป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์หรือไม่
นักเรียน: ไม่เป็น
ผู้วิจัย: เพราะเหตุใดจึงไม่เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์
นักเรียน: เป็นการเปลี่ยนแปลงที่ไม่เกิดธาตุใหม่/เป็นการเปลี่ยนแปลงในระดับอะตอมและโมเลกุล/ไม่เกี่ยวข้องกับนิวเคลียสของธาตุ
ผู้วิจัย: การชนกันของอิเล็กตรอนในอะตอมเป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์หรือไม่
นักเรียน: ไม่เป็น
ผู้วิจัย: เพราะเหตุใดจึงไม่เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์
นักเรียน: เป็นการเปลี่ยนแปลงที่ไม่เกิดธาตุใหม่/ไม่เกี่ยวข้องกับนิวเคลียสของธาตุ

(บันทึกวีดีโอ, แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5, 8 กรกฎาคม 2556)

จากนั้น ผู้วิจัยให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบฟิชชันและฟิวชัน เมื่อผู้วิจัยตรวจสอบความรู้ของนักเรียน พบว่า นักเรียนบางคนมีความเข้าใจมโนมติบางส่วน จากนั้นครูให้ความรู้นักเรียนเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของพลังงานที่ถูกปลดปล่อยออกมากับมวลที่หายของนิวเคลียสตามความสัมพันธ์ระหว่างมวลและพลังงาน $E = mc^2$

ผู้วิจัย: เมื่อนิวเคลียสขนาดใหญ่ เช่น ยูเรเนียม ถูกยิงด้วยนิวเคลียสขนาดเล็ก เช่น นิวตรอนจะเกิดอะไรขึ้น

นักเรียน: ยูเรเนียมแตกตัวออกจากกัน

ผู้วิจัย: แล้วมวลรวมของอะตอมก่อนและหลังเกิดปฏิกิริยาเท่ากันหรือไม่

นักเรียน: ไม่เท่ากันค่ะ/ครับ

ผู้วิจัย: มวลหายไปไหน

นักเรียน: ไปเป็นพลังงานนิวเคลียร์

ผู้วิจัย: เมื่อนิวเคลียสของธาตุเบามารวมกันจะเป็นอย่างไร

นักเรียน: เกิดเป็นธาตุที่มีขนาดใหญ่ขึ้น

(บันทึกวีดีโอ, แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5, 8 กรกฎาคม 2556)

ผู้วิจัยจึงนำเสนอมโนมติที่ใช้เปรียบเทียบ เรื่อง การรวมกันและแยกกันของลูกปัด โดยผู้วิจัยสาธิตการเขย่ากล่องพลาสติกใสที่ภายในบรรจุกลุ่มลูกปัดขนาดเล็กจำนวนมาก และกล่องที่บรรจุกล่องลูกปัดแม่เหล็กสองกลุ่ม และให้นักเรียนสังเกตสิ่งที่เกิดขึ้นกับกล่องทั้งสอง จากนั้นผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับสิ่งที่สังเกตเห็น โดยผู้วิจัยใช้คำถามนำการอภิปรายดังบทสนทนาต่อไปนี้

ผู้วิจัย: เมื่อเขย่ากลุ่มลูกปัดขนาดเล็กเกิดอะไรขึ้น

นักเรียน: กลุ่มลูกปัดแตกแยกกัน

ผู้วิจัย: แล้วมวลของลูกปัดก่อนและหลังรวมเท่ากันหรือไม่

นักเรียน: เท่ากัน

ผู้วิจัย: เมื่อกลุ่มลูกปัดแม่เหล็กสองกลุ่มมารวมกันแล้วเกิดอะไรขึ้น

นักเรียน: เกิดเป็นกลุ่มลูกปัดที่มีขนาดใหญ่มากกว่าเดิม

(บันทึกวีดีโอ, แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5, 8 กรกฎาคม 2556)

จากการอภิปรายดังกล่าว แสดงให้เห็นว่านักเรียนเกิดความเข้าใจถึงการรวมกันและแยกกันของลูกปัด จากนั้นผู้วิจัยได้เชื่อมโยงสู่เรื่องปฏิกิริยานิวเคลียร์ เมื่อนักเรียนได้ทำกิจกรรมเปรียบเทียบตามใบกิจกรรมเปรียบเทียบที่ 1.4 ปฏิกิริยานิวเคลียร์ โดยให้นักเรียนเปรียบเทียบความคล้ายคลึงและความแตกต่างระหว่างการรวมกันและแยกกันของลูกปัดกับปฏิกิริยานิวเคลียร์ ซึ่งพบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถเปรียบเทียบความคล้ายคลึงได้ถูกต้อง ดังภาพ 18 แต่อย่างไรก็ตาม นักเรียนบางส่วนยังมีปัญหาการวิเคราะห์ความแตกต่างของมวลและพลังงาน ซึ่งนักเรียนเขียนอธิบายอธิบายสั้นๆ ผู้วิจัยจึงอภิปรายชี้นำ เพื่อให้นักเรียนวิเคราะห์ความแตกต่างได้

กลุ่มลูกปัดขนาดเล็กจำนวนมาก	เปรียบเหมือนกับ	....
การแยกตัวของกลุ่มลูกปัดขนาดเล็กเมื่อถูกเขย่ากล่อง	เปรียบเหมือนกับ	....
กลุ่มลูกปัดแม่เหล็กสองกลุ่ม	เปรียบเหมือนกับ	....
การรวมกันของกลุ่มลูกปัดแม่เหล็ก	เปรียบเหมือนกับ	....

ภาพ 18 ตัวอย่างการเปรียบเทียบระหว่างการรวมกันและแยกกันของลูกปัดกับปฏิกิริยานิวเคลียร์ของนักเรียน

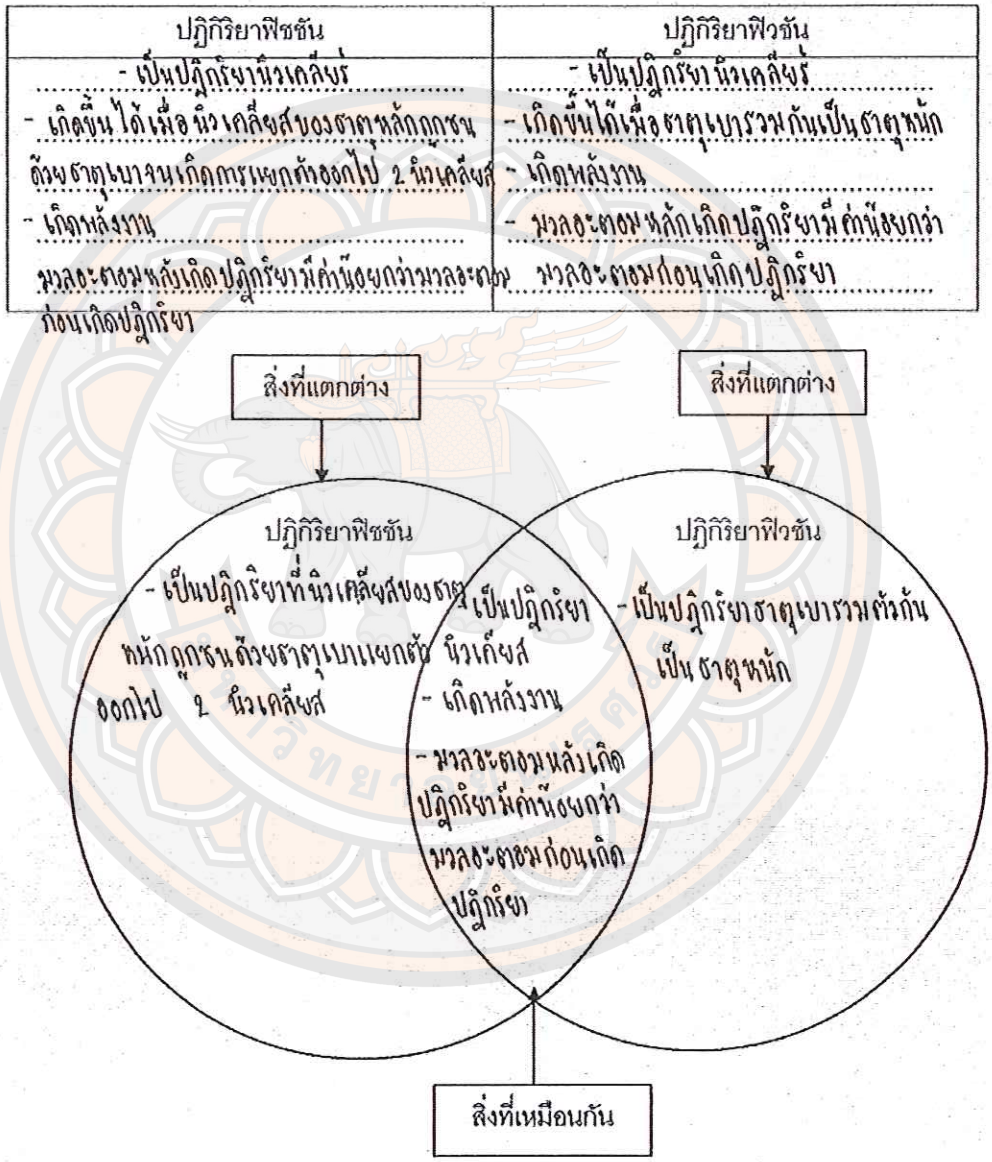
หมายเหตุ: ใบกิจกรรมการเปรียบเทียบที่ 1.5, นักเรียนรหัส S12, 8 กรกฎาคม 2556

หลังจากนั้น ครูตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน โดยมอบหมายให้นักเรียนทำแผนผังเวนส์ เพื่อจำแนกสิ่งเหมือนและสิ่งที่แตกต่างของปฏิกิริยาฟิชชันและฟิวชัน ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายสิ่งที่แตกต่างได้ถูกต้อง แต่นักเรียนบางส่วนเขียนสิ่งที่เหมือนกันไม่ครบทุกประเด็นที่สำคัญ เช่น นักเรียนไม่ระบุว่าปฏิกิริยานิวเคลียร์เกิดขึ้นในนิวเคลียส ดังภาพ 19

นอกจากนี้นักเรียนได้ทำแบบฝึกหัดเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของตนเอง โดยผู้วิจัยตั้งคำถามเกี่ยวกับข้อแตกต่างปฏิกิริยานิวเคลียร์และปฏิกิริยาเคมี และพลังงานที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยานิวเคลียร์ พบว่า นักเรียนสามารถอธิบายความแตกต่างระหว่างปฏิกิริยานิวเคลียร์และปฏิกิริยาเคมีได้ถูกต้อง

...ปฏิกิริยาเคมีเป็นการเปลี่ยนแปลงในระดับอะตอมและโมเลกุล โดยไม่เกี่ยวข้องกับนิวเคลียสของอะตอม จึงไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงชนิดของธาตุ ซึ่งต่างจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ เพราะนิวเคลียสของธาตุตั้งต้นจะถูกเปลี่ยนไปเป็นธาตุชนิดอื่นหลังเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์

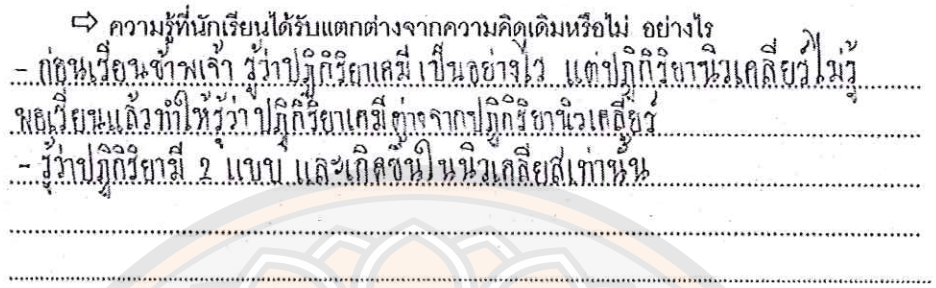
(แบบฝึกหัดที่ 5.1, แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5, 8 กรกฎาคม 2556)



ภาพ 19 ตัวอย่างแผนผังเวนส์ของนักเรียนเกี่ยวกับปฏิกิริยาฟิชชันและฟิวชัน

หมายเหตุ: แบบฝึกหัดที่ 5.1, นักเรียนรหัส S18, 8 กรกฎาคม 2556

ส่วนข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบบันทึกการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่อธิบายว่ามีความเข้าใจเกี่ยวกับปฏิกิริยานิวเคลียร์แตกต่างจากเดิม เช่น ข้อแตกต่างของปฏิกิริยานิวเคลียร์และเคมี พลังงานนิวเคลียร์ ประเภทของปฏิกิริยานิวเคลียร์ ดังภาพ 20


⇨ ความรู้ที่นักเรียนได้รับแตกต่างจากความคิดเดิมหรือไม่ อย่างไร
- ก่อนเรียนข้าพเจ้า รู้ว่าปฏิกิริยาเคมี เป็นอย่างไร แต่ปฏิกิริยานิวเคลียร์ไม่รู้
หลังเรียนแล้วทำให้รู้ว่า ปฏิกิริยาเคมีต่างจากปฏิกิริยานิวเคลียร์
- รู้ว่าปฏิกิริยามี 2 แบบ และเกิดขึ้นในนิวเคลียสเท่านั้น

ภาพ 20 ตัวอย่างแบบทึกการเรียนรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับปฏิกิริยานิวเคลียร์

หมายเหตุ: แบบบันทึกการเรียนรู้ครั้งที่ 5, นักเรียนรหัส S6, 8 กรกฎาคม 2556

จากการสัมภาษณ์ความเข้าใจมโนมติหลังเรียน พบว่านักเรียนมีการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติเป็นความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วนและความเข้าใจมโนมติถูกต้องเพิ่มขึ้น โดยนักเรียนมีความเข้าใจ มโนมติถูกต้องเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 28 ซึ่งมาจากนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนคลาดเคลื่อน ร้อยละ 24 และไม่เข้าใจมโนมติ ร้อยละ 4 โดยนักเรียนอธิบายเกี่ยวกับปฏิกิริยานิวเคลียร์ถูกต้อง ทั้งปฏิกิริยาฟิชชันและฟิวชัน รวมถึงพลังงานที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยานิวเคลียร์

ผู้วิจัย: ถ้ายิงอนุภาคที่มีมวลน้อยๆ เช่น นิวตรอน เข้าไปชนกับนิวเคลียสของธาตุที่มีมวลมาก เช่น ยูเรเนียม-235 ดังภาพ เหตุการณ์นี้เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์หรือไม่

นักเรียน: เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์

ผู้วิจัย: ทำไมนักเรียนจึงคิดว่าเหตุการณ์นี้ เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์

นักเรียน: เพราะว่ามีการเปลี่ยนแปลงในระดับอนุภาคนิวเคลียสของมัน (ยูเรเนียม) เกิดการแตกตัวของยูเรเนียม

ผู้วิจัย: นิวเคลียสที่เกิดขึ้นจากแตกตัวของปฏิกิริยานี้เป็นอย่างไร

นักเรียน: มัน (นิวเคลียสที่เกิดขึ้น) จะต่างจากนิวเคลียสเดิม...ยิงมวลเบาเข้าไปในนิวเคลียสมวลหนัก จะทำให้เกิดการแตกตัวเป็นนิวเคลียสที่เบากว่าเดิม

(นักเรียนรหัส S20, ผู้ให้สัมภาษณ์, 30 สิงหาคม 2556)

นอกจากนี้ นักเรียนส่วนใหญ่ยังมีการอธิบายเหตุผลในการตอบคำถามเกี่ยวกับลักษณะปฏิกิริยานิวเคลียร์ชัดเจน

ผู้วิจัย: เหตุการณ์นี้ (การเผาขยะที่ปนเปื้อนสารเคมี) เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์หรือไม่

นักเรียน: ไม่เป็น

ผู้วิจัย: ทำไมจึงคิดว่าเหตุการณ์นี้ไม่เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์

นักเรียน: เพราะว่าปฏิกิริยานิวเคลียร์มันต้องมีการเปลี่ยนแปลงในระดับนิวเคลียสของอะตอม

(นักเรียนรหัส S24, ผู้ให้สัมภาษณ์, 16 กันยายน 2556)

และมีความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 40 ซึ่งมาจากนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนคลาดเคลื่อนร้อยละ 36 และไม่เข้าใจมโนมติ ร้อยละ 4 โดยนักเรียนสามารถอธิบายเกี่ยวกับพลังงานที่เกิดจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ว่า พลังงานที่เกิดจากปฏิกิริยาฟิวชันมากกว่าฟิชชัน แต่นักเรียนไม่บอกเหตุผลถึงการที่พลังงานที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาฟิวชันมากกว่าปฏิกิริยาฟิชชัน

ผู้วิจัย: ภาพถัดไป เป็นการการรวมกันของนิวเคลียสของธาตุมวลน้อย เช่น นิวเคลียสของดิวเทอเรียมรวมกับนิวเคลียสของทริเทียม จะเกิดอะไรขึ้น

นักเรียน: เกิดธาตุใหม่ขึ้น นิวเคลียสเกิดขึ้นที่ใหญ่กว่าเดิม เพราะมีสองธาตุมารวมกัน มีพลังงานนิวเคลียร์เกิดขึ้น

ผู้วิจัย: เหตุการณ์นี้เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์หรือไม่

นักเรียน: เป็นครับ

ผู้วิจัย: ทำไมนักเรียนจึงคิดว่าเหตุการณ์นี้เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์

นักเรียน: มันเป็นการรวมตัวของนิวเคลียสสองอัน...เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันครับ

ผู้วิจัย: พลังงานที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยานี้มีค่าแตกต่างจากปฏิกิริยาก่อนหน้านี้ (การแตกตัวของนิวเคลียสมวลหนัก) หรือไม่

นักเรียน: อันนี้ (การรวมกันของนิวเคลียสมวลเบา) มากกว่า เพราะ...เป็นการรวมตัวกันครับ

(นักเรียนรหัส S1, ผู้ให้สัมภาษณ์, 16 กันยายน 2556)

แต่อย่างไรก็ตาม นักเรียนร้อยละ 32 มีความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน ซึ่งในจำนวนนี้นักเรียนร้อยละ 24 ยังคงมีความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนคลาดเคลื่อนเช่นเดิม และนักเรียนร้อยละ 8 มีการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติมาจากไม่เข้าใจมโนมติ โดยนักเรียนบางส่วนในกลุ่มนี้ไม่สามารถแยกลักษณะปฏิกิริยานิวเคลียร์กับปฏิกิริยาเคมีได้

ผู้วิจัย: เหตุการณ์นี้ (ถ้ามันเป็นการเปลี่ยนระดับชั้นพลังงานของอิเล็กตรอนภายในอะตอม) เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์หรือไม่

นักเรียน: เป็นครับ

ผู้วิจัย: ทำไมนักเรียนจึงคิดว่าเป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์

นักเรียน: เพราะว่าการเปลี่ยนระดับชั้นพลังงานของอิเล็กตรอน มันจะมีรังสีแผ่ออกมา และมีการคายพลังงานออกมา

(นักเรียนรหัส S16, ผู้ให้สัมภาษณ์, 3 กันยายน 2556)

นอกจากนี้ นักเรียนในกลุ่มนี้อธิบายพลังงานที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยานิวเคลียร์ ไม่ถูกต้อง แต่อธิบายความหมายหรือลักษณะปฏิกิริยานิวเคลียร์ได้ ดังบทสัมภาษณ์ต่อไปนี้

ผู้วิจัย: เหตุการณ์นี้ (ถ้ายิงอนุภาคที่มีมวลน้อยๆ เช่น นิวตรอน เข้าไปชนกับนิวเคลียสของธาตุที่มีมวลมาก เช่น ยูเรเนียม-235) เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์หรือไม่

นักเรียน: เป็น

ผู้วิจัย: ทำไมนักเรียนจึงคิดว่าเหตุการณ์นี้ เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์

นักเรียน: เพราะอันนี้มันเป็นปฏิกิริยาแบบฟิชชัน นิวเคลียร์จะมีอยู่สองชนิด คือ ฟิชชันกับฟิวชัน ปฏิกิริยาคือการแตกตัวของธาตุหนักเป็นธาตุเบาด้วยการยิงอนุภาคเข้ามา ธาตุที่มีปริมาณมากจะแตกตัว

ผู้วิจัย: นิวเคลียสที่เกิดขึ้นจากแตกตัวของปฏิกิริยานี้เป็นอย่างไร

นักเรียน: ขนาดที่เกิดใหม่จะเล็กลง แต่มีพลังงานเกิดขึ้น

ผู้วิจัย: ถ้ามีพลังงานเกิดขึ้นคือพลังงานอะไร

นักเรียน: พลังงานนิวเคลียร์

ผู้วิจัย: พลังงานที่เกิดขึ้นนี้จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอะไร

นักเรียน: ขึ้นอยู่กับการแตกตัวของอนุภาค พอมันแตกตัวจะมีพลังงานสูงมาก

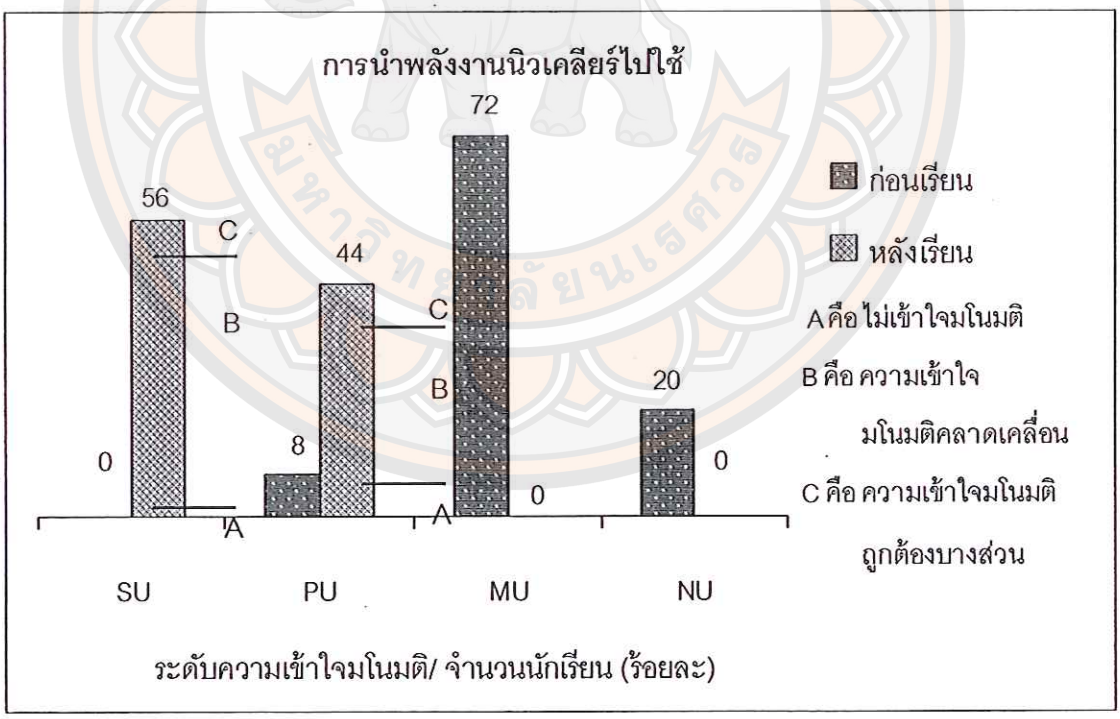
(นักเรียนรหัส S23, ผู้ให้สัมภาษณ์, 5 กันยายน 2556)

จากการศึกษาความเข้าใจมโนมติของนักเรียนทั้งก่อนเรียน ระหว่างเรียน และก่อนเรียน พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับปฏิกิริยานิวเคลียร์ ดังนี้

1. ปฏิกิริยานิวเคลียร์ไม่ต่างจากปฏิกิริยาเคมี
2. มวลและพลังงานไม่มีความสัมพันธ์กัน
3. การรวมกันของนิวเคลียสมวลเบาจะเกิดพลังงานน้อยกว่าการแตกตัวของนิวเคลียสมวลหนัก เพราะการรวมกันของนิวเคลียสทำให้เกิดนิวเคลียสใหม่เท่านั้นไม่เกิดการแตกตัวให้พลังงานออกมา

ผลการศึกษาการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง การนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้

สำหรับมโนมติ เรื่อง การนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้ เมื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ โดยพิจารณาความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน และหลังจากจัดการเรียนรู้โดยใช้บทบาทสมมติไปแล้ว นักเรียนส่วนใหญ่มีการเปลี่ยนเป็นความเข้าใจมโนมติที่ถูกต้องเพิ่มขึ้น ดังภาพ 21



ภาพ 21 ความเข้าใจมโนมติการนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน

จากการสัมภาษณ์ความเข้ามโนมติก่อนเรียน โดยใช้เหตุการณ์ในบัตรภาพที่ 8 การเผาขยะที่ปนเปื้อนสารเคมี บัตรภาพที่ 10 การยิงอนุภาคมวลน้อยเข้าไปในนิวเคลียสมวลหนัก และเหตุการณ์ที่ 12โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 44 มีความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน โดยเมื่อถามนักเรียนว่า พลังงานที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยานิวเคลียร์คือพลังงานใด และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ใด พบว่านักเรียนสามารถยกตัวอย่างการนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้ประโยชน์ได้ แต่อธิบายเกี่ยวกับข้อดี ข้อเสียของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ไม่ถูกต้อง โดยนักเรียนส่วนใหญ่อธิบายแหตุผลอื่นๆ เช่น คุ้มค่า ถูก เป็นต้น

...(พลังงานนิวเคลียร์) นำไปใช้ผลิตไฟฟ้า...เพราะว่ามันคุ้มกว่า มัน (เชื้อเพลิง) ใช้ได้เยอะกว่า

(นักเรียนรหัส S11, ผู้ให้สัมภาษณ์, 9 พฤษภาคม 2556)

แต่อย่างไรก็ตาม นักเรียนบางส่วนในกลุ่มนี้ไม่สามารถยกตัวอย่างการนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้ประโยชน์ แต่อธิบายข้อดี ข้อเสียของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ได้

ผู้วิจัย: พลังงานที่เกิดขึ้นจากเหตุการณ์นี้ (การยิงอนุภาคมวลน้อยเข้าไปในนิวเคลียสมวลหนัก) สามารถนำไปใช้ประโยชน์ใดบ้าง

นักเรียน: ไม่รู้ค่ะ

ผู้วิจัย: นักเรียนคิดว่า เหตุผลสำคัญที่ทำให้หลายประเทศเลือกผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานนิวเคลียร์คืออะไร

นักเรียน: ประหยัดต้นทุน...ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ดี...แต่ถ้าระเบิดมันก็จะแผ่รังสีทำให้คนตาย

(นักเรียนรหัส S12, ผู้ให้สัมภาษณ์, 9 พฤษภาคม 2556)

และนักเรียนร้อยละ 28 ไม่เข้าใจมโนมติ โดยนักเรียนไม่ทราบว่าพลังงานที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยานิวเคลียร์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ใด และบอกข้อดีของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ไม่เกี่ยวข้องและไม่เป็นเหตุเป็นผลกับเรื่องที่ผู้วิจัยถาม

ผู้วิจัย: พลังงานที่เกิดขึ้นจากเหตุการณ์นี้ (การยิงอนุภาคมวลน้อยเข้าไปในนิวเคลียสมวลหนัก) สามารถนำไปใช้ประโยชน์ใดบ้าง

นักเรียน: ใช้ได้ไหม ใช้ได้ แต่ไม่รู้ว่าจะใช้ประโยชน์อะไร

ผู้วิจัย: นักเรียนคิดว่า เหตุผลสำคัญที่ทำให้หลายประเทศเลือกผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานนิวเคลียร์คืออะไร

นักเรียน: ทำให้เศรษฐกิจดีขึ้น

(นักเรียนรหัส S18, ผู้ให้สัมภาษณ์, 8 พฤษภาคม 2556)

เมื่อนักเรียนได้ทำกิจกรรม และอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันเกี่ยวกับการใช้พลังงานไฟฟ้าและความเหมาะสมสำหรับการก่อตั้งโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในประเทศไทย โดยผู้วิจัยกำหนดประเด็นที่จะศึกษาเกี่ยวกับประเทศไทยควรสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์หรือไม่ กำหนดสถานการณ์เป็นการเสวนาการใช้พลังงานไฟฟ้าและความเหมาะสมสำหรับการก่อตั้งโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในประเทศไทยและกำหนดบทบาทที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ 4 บทบาท ได้แก่ 1. รัฐมนตรีว่าการกระทรวงพลังงาน ผู้กำหนดนโยบายด้านพลังงานของประเทศ 2. ผู้อำนวยการการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ผู้ที่ดูแลการผลิตกระแสไฟฟ้าของประเทศ 3. นักวิชาการฝ่ายแผนงานพัฒนาโรงไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยผู้ที่มีความเชี่ยวชาญด้านการวางแผนและวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตกระแสไฟฟ้า และ 4. ผู้เชี่ยวชาญด้านพลังงานนิวเคลียร์จากสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติที่มีความเชี่ยวชาญด้านประเภทและหลักการทำงานของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ ซึ่งพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่เห็นด้วยว่ากับการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับการก่อตั้งโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในประเทศไทย

...เห็นด้วยกับการสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ไทย...เพราะปัจจุบันคนไทยเพิ่มจำนวนมากขึ้น และต้องการใช้ไฟฟ้ามาก ซึ่งพวกถ่านหิน น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติที่ไม่สามารถสร้างทดแทนได้กำลังจะหมดไป จึงควรมีโรงไฟฟ้าประเภทอื่นที่ไม่ใช่เชื้อเพลิงเหล่านี้ แต่หากเป็นพวกพลังงานน้ำ แสงอาทิตย์ มันก็จะไม่เพียงพอต่อการใช้...แล้วก็โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ไม่ปล่อยก๊าซพิษด้วย เช่น คาร์บอนไดออกไซด์

(บันทึกวีดีโอ, แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6, 22 กรกฎาคม 2556)

เมื่อพิจารณาคำตอบในแบบบันทึกการเรียนรู้ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่เขียนข้อดีข้อเสียโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ได้ถูกต้อง นอกจากนี้ นักเรียนมีการเขียนอธิบายเพิ่มเติมว่ามีความเข้าใจถึงความจำเป็นในการก่อตั้งโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในประเทศไทยทั้งด้านพลังงานด้านสิ่งแวดล้อม และค่าใช้จ่าย

จากการสัมภาษณ์ความเข้าใจมโนมติหลังเรียน พบว่านักเรียนมีการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติเป็นความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วนและความเข้าใจมโนมติถูกต้องเพิ่มขึ้น โดยนักเรียนมีความเข้าใจ มโนมติถูกต้องเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 56 ซึ่งมาจากนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนถูกต้องบางส่วน ร้อยละ 4 ความเข้ามโนมติคลาดเคลื่อน ร้อยละ 44 และไม่เข้าใจมโนมติ ร้อยละ 8 โดยนักเรียนสามารถยกตัวอย่างการนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้ประโยชน์ได้ และอธิบายข้อดี ข้อเสีย ของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ได้ถูกต้อง

> ...กระแสไฟฟ้าที่ได้รับมีจำนวนมาก มีการใช้ทุนการผลิตต่ำ ค่าเชื้อเพลิงที่น้อยกว่าต้นทุนในก่อสร้างโรงไฟฟ้าสูง เพราะโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ต้องออกแบบหลายชั้นให้ควบคุมการปล่อยรังสีได้ แต่ถ้าโรงไฟฟ้านิวเคลียร์มันระเบิดขึ้นมา คนสัตว์ก็จะได้รับอันตรายที่เกิดมาจากรังสีที่รั่วมานั้น
>
> (นักเรียนรหัส S9, ผู้ให้สัมภาษณ์, 17 กันยายน 2556)

และนักเรียนร้อยละ 44 มีความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน ซึ่งมาจากนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนคลาดเคลื่อน ร้อยละ 28 และไม่เข้าใจมโนมติ ร้อยละ 14และนักเรียนอีกร้อยละ 4 ไม่มีการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ โดยยังคงมีความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน ร้อยละ 4 เช่นเดิม โดยนักเรียนในกลุ่มนี้ยกตัวอย่างการนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้ประโยชน์ได้ และอธิบายข้อดี ข้อเสีย ของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ได้แต่ไม่ครบทุกประเด็นที่สำคัญ

> ...มัน (โรงไฟฟ้านิวเคลียร์) สะอาด แล้วก็ได้ปริมาณไฟฟ้าที่พอกับความต้องการ แต่มัน (โรงไฟฟ้านิวเคลียร์) เสี่ยงต่อการระเบิดถ้าควบคุมไม่ดี
>
> (นักเรียนรหัส S2, ผู้ให้สัมภาษณ์, 16 สิงหาคม 2556)

> ...มัน (โรงไฟฟ้านิวเคลียร์) ได้ผลประโยชน์ที่มากกว่า ถ้าเป็นเชื้อเพลิงพวกถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ มัน (เชื้อเพลิง) ใช้จำนวนมาก และหมดได้ไม่มีอีก...แล้วมัน (โรงไฟฟ้านิวเคลียร์) ก็สะอาดเป็นพลังงานสะอาด ไม่ปล่อยก๊าซพิษ
>
> (นักเรียนรหัส S6, ผู้ให้สัมภาษณ์, 28 สิงหาคม 2556)

จากการศึกษาความเข้าใจมโนมติของนักเรียนทั้งก่อนเรียน ระหว่างเรียน และก่อนเรียน พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้ ดังนี้

1. พลังงานนิวเคลียร์ไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้

2. เหตุผลที่หลายๆ ประเทศเลือกผลิตกระไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ เนื่องจากมีความคุ้มค่า และไฟฟ้าที่ได้มีราคาถูก

ผลการศึกษาการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง ผลกระทบของโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์

สำหรับมโนมติ เรื่อง ผลกระทบของโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ เมื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ โดยพิจารณาความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน และหลังจากจัดการเรียนรู้โดยใช้บทบาทสมมติไปแล้ว นักเรียนส่วนใหญ่มีการเปลี่ยนเป็นความเข้าใจมโนมติที่ถูกต้องบางส่วนเพิ่มขึ้น ดังภาพ 22

จากการสัมภาษณ์ความเข้ามโนมติก่อนเรียน โดยใช้เหตุการณ์ในบัตรภาพที่ 11 โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ และบัตรภาพที่ 13 อุบัติเหตุของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ ซึ่งเป็นการให้นักเรียนอธิบายผลกระทบของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 84 มีความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน โดยนักเรียนอธิบายว่าโรงไฟฟ้านิวเคลียร์จะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่โดยรอบได้ แม้จะเกิดอุบัติเหตุหรือไม่ก็ตาม โดยโรงไฟฟ้านิวเคลียร์จะปล่อยก๊ามมันตรังสีออกมาจำนวนมากปะปนในอากาศ และเป็นเหตุให้เกิดฝนกรด และทำให้ทารกที่อยู่ในครรภ์มีระบบภูมิคุ้มกันไม่ดี

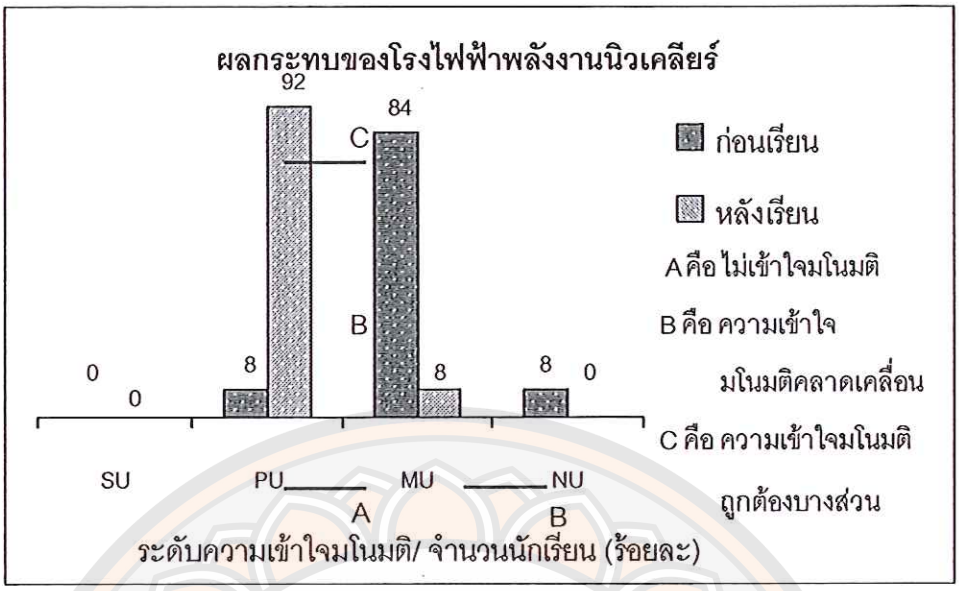
ผู้วิจัย: ถ้าเกิดอุบัติเหตุของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ส่งผลสภาพแวดล้อมบริเวณใกล้เคียงอย่างไรบ้าง

นักเรียน: ส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมใกล้เคียง... ผู้คนอาจจะได้รับสารเคมีที่อยู่โรงงานกระจายออกมา...บ้านเรือนอาจจะเสียหาย สภาวะอากาศรอบๆ แถวนั้นก็เป็นพิษค่ะ

นักวิจัย: ถ้ามีคนซื้อผักผลไม้ที่ปลูกในบริเวณโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่เกิดอุบัติเหตุมาฝาก นักเรียนจะรับประทานไหมค่ะ

นักเรียน: ถ้าหนูรู้ว่าจากบริเวณนั้น หนูจะไม่รับประทาน...เพราะมันมีสารเคมีจากโรงงานระเบิด ถ้ากินเข้าไปอาจจะมีสารเคมีตกค้างอยู่ในกระเพาะอาหาร อาจจะทำให้เกิดอะไรกับกระเพาะอาหารอาจจะต้องเข้าโรงพยาบาล

(นักเรียนรหัส S15, ผู้ให้สัมภาษณ์, 13 พฤษภาคม 2556)



ภาพ 22 ความเข้าใจมโนมติผลกระทบของโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน

และมีนักเรียนร้อยละ 8 ไม่เข้าใจมโนมติ โดยนักเรียนอธิบายในเรื่องที่ไม่เกี่ยวข้องและไม่เป็นเหตุเป็นผลกับผลกระทบของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

นักวิจัย: ถ้ามีคนซื้อผักผลไม้ที่ปลูกในบริเวณโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่เกิดอุบัติเหตุมาฝาก นักเรียนจะรับประทานไหมค่ะ

นักเรียน: ก็ไม่น่ารับประทาน แต่ถ้ามาผ่านกรรมวิธี เช่น แช่ด่างทับทิม แช่น้ำเกลือ ล้างในน้ำเปล่า ก็อาจจะรับประทานได้เหมือนผลไม้ฉายรังสี

(นักเรียนรหัส S6, ผู้ให้สัมภาษณ์, 9 พฤษภาคม 2556)

เมื่อนักเรียนได้ทำกิจกรรมบทบาทสมมติ โดยใช้บทบาทสมมติซึ่งผู้วิจัยใช้แผนการจัดการเรียนรู้เดียวกับมโนมติ เรื่อง การนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้แต่เพิ่มประเด็นที่จะศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสีและกำหนดบทบาทที่เกี่ยวข้องผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสี 3 บทบาท ได้แก่ 1. วิศวกรฝ่ายวิศวกรรมนิวเคลียร์ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยผู้ที่มีความเชี่ยวชาญด้านการก่อสร้างและมาตรฐานความปลอดภัยของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ 2. นักวิจัยด้านนิวเคลียร์จากกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผู้ที่มีความเชี่ยวชาญด้านการจัดการเชื้อเพลิงที่ใช้แล้วและกากกัมมันตรังสีจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ 3. นักอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมจากกรมส่งเสริมคุณภาพด้านสิ่งแวดล้อม ผู้ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตไฟฟ้านิวเคลียร์ และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

ในระหว่างที่ตัวแทนนักเรียนกลุ่มที่ได้รับบทบาทนี้แสดงบทบาทสมมติในการเสวนา นักเรียนคนอื่นมีการซักถามและอภิปรายในประเด็นที่สงสัย เช่น ปริมาณของสารกัมมันตรังสีที่รั่วออกมาจากอุบัติเหตุ ระยะเวลาที่ใช้ในการเข้าไปอาศัยพื้นที่นั้น และการปฏิบัติตนของผู้ที่อยู่ใกล้โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ ซึ่งผู้วิจัยพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจผิดหลากหลายจากข่าวเหตุการณ์อุบัติเหตุรังสีของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ เช่น การกระจายของรังสี เมื่อเกิดอุบัติเหตุรังสีของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ การจัดเก็บเชื้อเพลิง

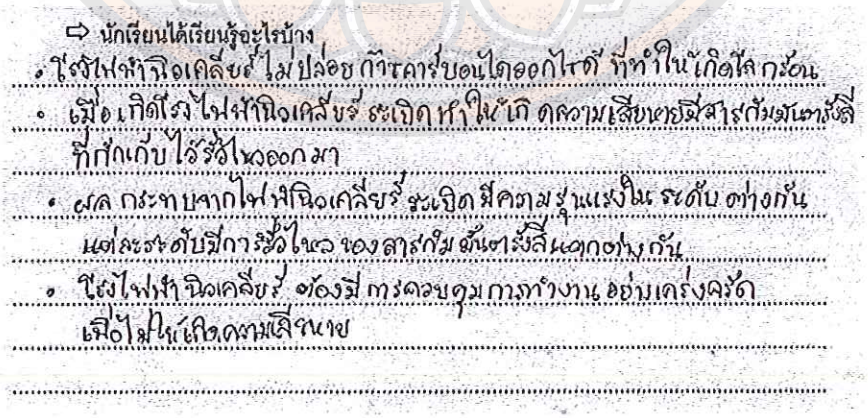
...ผมเคยเห็นฟังข่าวที่เกิดระเบิดที่ญี่ปุ่น...รังสีจะพัดมาถึงประเทศไทย

...เคยเห็นภาพโรงไฟฟ้าระเบิดที่เชอร์โนบิล...ว่ามันร้ายแรง ขนาดตอนนี้คนยังไปอาศัยอยู่ไม่ได้เลย

...ถ้าเราเอาเชื้อเพลิงที่ใช้แล้วไปทำระเบิดได้ไหม เพราะเคยได้ยินข่าว

(บันทึกวีดีโอ, แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6, 22 กรกฎาคม 2556)

เมื่อให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการใช้พลังงานไฟฟ้าและความเหมาะสมสำหรับการก่อตั้งโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในประเทศไทย พบว่านักเรียนส่วนใหญ่อธิบายผลกระทบของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขณะเดินเครื่องทำงานปกติ ว่าไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เพราะโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ปล่อยสารกัมมันตรังสีออกมาปริมาณเล็กน้อย นอกจากนี้ นักเรียนยังอธิบายเพิ่มเติมว่ามีความเข้าใจเกี่ยวกับผลกระทบของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ดีขึ้น และการเกิดอุบัติเหตุโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ นักเรียนอธิบายผลกระทบโดยพิจารณาจากระดับความรุนแรงของอุบัติเหตุโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ ดังภาพ 23



ภาพ 23 ตัวอย่างแบบทึกการเรียนรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์

หมายเหตุ: แบบบันทึกการเรียนรู้ครั้งที่ 6, นักเรียนรหัส S6, 22 กรกฎาคม 2556

จากการสัมภาษณ์ความเข้าใจมโนมติหลังเรียน พบว่านักเรียนมีการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติเป็นความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วนเพิ่มขึ้น โดยนักเรียนมีความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 92 ซึ่งมาจากนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนถูกต้องบางส่วนร้อยละ 8 ความเข้ามโนมติคลาดเคลื่อน ร้อยละ 76 และไม่เข้าใจมโนมติ ร้อยละ 8 โดยนักเรียนอธิบายถึงขณะเดินเครื่องโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ ว่าโรงไฟฟ้าจะทำงานไม่มีผลกระทบสภาพแวดล้อมบริเวณใกล้เคียง เนื่องจากไม่มีสารกัมมันตรังสีหลุดออกมาได้ จากการควบคุม การเก็บสารกัมมันตรังสี นอกจากนี้ นักเรียนยังอธิบายว่าเมื่อเกิดอุบัติเหตุรังสีของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ จะเกิดการรั่วไหลของสารกัมมันตรังสีจำนวนมาก ซึ่งจะทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมบริเวณใกล้เคียงโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ มากไปกว่านั้น นักเรียนมีการอธิบายด้วยคำพูดที่ยาวขึ้น

ผู้วิจัย: สภาพแวดล้อมบริเวณที่มีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ตั้งอยู่จะเป็นอย่างไร

นักเรียน: มัน (สภาพแวดล้อม) ก็ไม่เป็นพิษ เพราะธาตุกัมมันตรังสี มัน (รังสี) ถูกเก็บไว้อย่างดีผ่านกำแพง ซึ่งกำแพงมันหนามาก รังสีก็ทะลุออกมาไม่ได้

ผู้วิจัย: ถ้าเกิดอุบัติเหตุของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ส่งผลสภาพแวดล้อมบริเวณใกล้เคียงอย่างไรบ้าง

นักเรียน: รังสีก็จะแผ่ออกมาทั่วบริเวณ ต้องอพยพคนออกจากพื้นที่ไม่ให้คนได้รับรังสีนั้น

ผู้วิจัย: คน หรือสัตว์ที่อาศัยอยู่ใกล้ที่ตั้งของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์จะเป็นอย่างไร

นักเรียน: ได้รับกัมมันตรังสีจำนวนมาก ถ้าไม่อพยพออกไป ก็จะป่วยหรืออาจจะเสียชีวิตได้ในที่สุด

(นักเรียนรหัส S20, ผู้ให้สัมภาษณ์, 30 สิงหาคม 2556)

นักเรียนไม่กล่าวถึงการเกิดอุบัติเหตุรังสีของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์มีหลายระดับ ซึ่งแต่ระดับมีความรุนแรงต่างกัน นอกจากนี้ นักเรียนไม่อธิบายเกี่ยวกับสาเหตุที่สภาพแวดล้อมหรือสิ่งมีชีวิตที่อาศัยบริเวณใกล้เคียงโรงไฟฟ้านิวเคลียร์จะได้รับสารกัมมันตรังสีไม่แตกต่างจากบริเวณอื่น

ผู้วิจัย: สภาพแวดล้อมบริเวณที่มีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ตั้งอยู่จะเป็นอย่างไร

นักเรียน: ไม่แตกต่าง เพราะว่าได้รับไม่แตกต่างกันถ้าโรงงานไม่ระเบิด

ผู้วิจัย: ถ้าเกิดอุบัติเหตุของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์จะส่งต่อผลสภาพแวดล้อมบริเวณใกล้เคียงอย่างไรบ้าง

นักเรียน: กัมมันตรังสีที่อยู่ภายในที่ทะลุผ่านออกมาได้ ก็จะได้รับปริมาณสารที่มากเกินความจำเป็น คนก็จะได้รับอันตรายอาจไม่ถึงตาย ถ้าเป็นพืชได้รับปริมาณที่มากก็จะเหี่ยวเฉาล้มตายได้

(นักเรียนรหัส S23, ผู้ให้สัมภาษณ์, 5 กันยายน 2556)

แต่อย่างไรก็ตาม มีนักเรียนร้อยละ 8 ยังคงมีความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อนเช่นเดิม โดยนักเรียนอธิบายเกี่ยวกับผลกระทบจากการเกิดอุบัติเหตุรังสีของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ไม่ถูกต้อง เช่น ความแตกต่างของพืชผักที่ปลูกบริเวณโรงไฟฟ้านิวเคลียร์และบริเวณอื่น

ผู้วิจัย: ผลไม้ที่ปลูกบริเวณนั้น (โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ระเบิด) จะเป็นอย่างไร

นักเรียน: น่าจะสีไม่สด มีสารตกค้าง หรืออาจจะเหี่ยวตายได้

(นักเรียนรหัส S12, ผู้ให้สัมภาษณ์, 5 กันยายน 2556)

จากการศึกษาความเข้าใจมโนมติของนักเรียนทั้งก่อนเรียน ระหว่างเรียน และก่อนเรียน พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับผลกระทบของโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ ดังนี้

1. โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ปล่อยกัมมันตภาพรังสีที่เป็นอันตรายเสมอ
2. การเกิดอุบัติเหตุโรงไฟฟ้านิวเคลียร์จะทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิต คน และพืช บริเวณใกล้เคียง
3. พืชผักที่ปลูกบริเวณรอบๆ โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่เกิดอุบัติเหตุจะมีรังสีปนเปื้อนเช่นเดียวกับการฉายรังสีลงบนพืชผัก

บทที่ 5

บทสรุป

การวิจัยเรื่อง "ผลการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติที่มีต่อความเข้าใจมโนมติเรื่องกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4" เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนความเข้ามโนมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ เมื่อใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ในจังหวัดพิษณุโลกจำนวน 25 คน ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จำนวน 10 ชั่วโมง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูล ได้แก่ แบบสัมภาษณ์มโนมติ และแบบบันทึกการเรียนรู้ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ระเบียบวิจัยเชิงตีความ อ่านคำสัมภาษณ์อย่างละเอียด แล้วจัดกลุ่มความเข้าใจตามความสอดคล้องกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ความเข้าใจมโนมติถูกต้อง ความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน ความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน และไม่เข้าใจมโนมติ โดยข้อมูลจากเครื่องมือทั้งหมดร่วมกัน เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ระบุความถี่ หาค่าร้อยละของจำนวนนักเรียนตามกลุ่มความเข้าใจมโนมติ เพื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับเนื้อหาและความรู้เดิมของนักเรียนที่ประกอบด้วย 3 วิธี ได้แก่ การเปรียบเทียบ การใช้เอกสารเปลี่ยนมโนมติ และบทบาทสมมติ พบว่า การใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติสามารถส่งเสริมการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติของนักเรียนทุกมโนมติ โดยก่อนการจัดการเรียนรู้ไม่มีนักเรียนมีความเข้าใจถูกต้อง เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ เมื่อพิจารณามโนมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ที่นักเรียนไม่เข้าใจมากที่สุด คือ ผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสี และมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนมากสุด คือ ครึ่งชีวิต หลังจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ นักเรียนมีการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์เพิ่มขึ้นทุกมโนมติ โดยมโนมติที่นักเรียนเข้าใจเพิ่มขึ้นมาดที่สุด คือ ผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสี และประโยชน์ของพลังงานนิวเคลียร์ เมื่อพิจารณาแต่ละมโนมติในเรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ สรุปได้ดังนี้

1. **การแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสี**

ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ โดยใช้การเปรียบเทียบสามารถส่งเสริมการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง การแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสี โดยก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนมีการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติถูกต้องเพิ่มขึ้น เป็นผลมาจากนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนถูกต้องบางส่วน ความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน และไม่เข้าใจมโนมติ และนักเรียนส่วนใหญ่มีการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติจากความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนคลาดเคลื่อนไปสู่ความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน อย่างไรก็ตาม ยังมีนักเรียนบางส่วนไม่มีการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ โดยมีความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อนเช่นเดิม

2. **ครึ่งชีวิต**

ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ โดยใช้การเปรียบเทียบสามารถส่งเสริมการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง ครึ่งชีวิต โดยก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่ไม่เข้าใจมโนมติ หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนมีการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติถูกต้องเพิ่มขึ้น เป็นผลมาจากนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนถูกต้องบางส่วน ความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน และไม่เข้าใจมโนมติ และนักเรียนบางส่วนมีการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติจากความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนคลาดเคลื่อนไปสู่ความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน อย่างไรก็ตาม ยังมีนักเรียนบางส่วนไม่มีการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ โดยมีความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อนเช่นเดิม และนักเรียนบางส่วนเปลี่ยนจากความไม่เข้าใจมโนมติเป็นความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน

3. **รังสีในธรรมชาติและการตรวจวัด**

ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ โดยใช้เอกสารเปลี่ยนมโนมติสามารถส่งเสริมการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง รังสีในธรรมชาติและการตรวจวัด โดยก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนมีการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติถูกต้องและความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วนเพิ่มขึ้น เป็นผลมาจากนักเรียนที่มีความเข้าใจ มโนมติคลาดเคลื่อน และไม่เข้าใจมโนมติ อย่างไรก็ตาม ยังมีนักเรียนบางส่วนไม่มีการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ โดยมีความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อนเช่นเดิม

4. การนำธาตุกัมมันตรังสีไปใช้ประโยชน์

ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ โดยใช้บทบาทสมมติสามารถส่งเสริมการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง การนำธาตุกัมมันตรังสีไปใช้ประโยชน์ โดยก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนมีการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติถูกต้องเพิ่มขึ้น ซึ่งเปลี่ยนความเข้าใจมาจากนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนถูกต้องบางส่วน และความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน และนักเรียนส่วนใหญ่มีการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติเป็นความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนถูกต้องบางส่วน ซึ่งมาจากนักเรียนที่ความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน และมีนักเรียนบางส่วนที่มีความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วนเช่นเดิม

5. ผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสี

ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ โดยใช้บทบาทสมมติสามารถส่งเสริมการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง ผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสี โดยก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อนสูงสุด หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนมีการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติจากความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนคลาดเคลื่อนไปเป็นความเข้าใจมโนมติถูกต้อง และนักเรียนส่วนใหญ่มีการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนคลาดเคลื่อนไปสู่ความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน อย่างไรก็ตาม นักเรียนบางส่วนยังคงมีความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วนเช่นเดิม

6. ปฏิกิริยานิวเคลียร์

ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ โดยใช้การเปรียบเทียบสามารถส่งเสริมการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง ปฏิกิริยานิวเคลียร์ โดยก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนมีการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติถูกต้องเพิ่มขึ้น ซึ่งเปลี่ยนมาจากนักเรียนที่มี ความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อนและไม่เข้าใจมโนมติ และนักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนถูกต้องบางส่วน ซึ่งเปลี่ยนมาจากความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนคลาดเคลื่อนแลไม่เข้าใจมโนมติ อย่างไรก็ตาม นักเรียนจำนวนมากไม่มีการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ โดยมีความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อนเช่นเดิม

7. **การนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้**

ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ โดยใช้บทบาทสมมติสามารถส่งเสริมการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง การนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้ โดยก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติเป็นความเข้าใจมโนมติถูกต้องและความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วนเพิ่มขึ้น ซึ่งเปลี่ยนมาจากนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติก่อนเรียนถูกต้องบางส่วน ความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน และไม่เข้าใจมโนมติ

8. **ผลกระทบของโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์**

ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ โดยใช้บทบาทสมมติสามารถส่งเสริมการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง ผลกระทบของโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ โดยก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ไม่มีนักเรียนมีความเข้าใจถูกต้อง อย่างไรก็ตาม นักเรียนส่วนใหญ่มีการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อนไปเป็นความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วนจำนวนมาก และนักเรียนบางส่วนมีการเปลี่ยนจากไม่เข้าใจมโนมติไปเป็นความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน ในขณะที่ นักเรียนบางส่วนไม่มีการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ โดยมีความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วนและความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อนเช่นเดิม

อภิปรายผล

จากผลการศึกษาความเข้าใจมโนมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ของนักเรียนก่อนเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่เข้าใจมโนมติในบางมโนมติ ได้แก่ ครึ่งชีวิต ซึ่งมีความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อนทุกมโนมติในเรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ โดยมีความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อนสูงสุดในเรื่อง ผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสี ซึ่งสาเหตุดังกล่าวอาจเกิดมาจากได้รับทั้งข่าวสารต่างๆ เกี่ยวกับผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ทัศนีวรรณ์ เลิศเจริญฤทธิ์ (2548) ที่พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจไม่ถูกต้องตามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสีมากสุด โดยนักเรียนได้นำประสบการณ์ที่พบในชีวิตประจำวันและปัญหาต่างๆ เกี่ยวกับสภาพแวดล้อมในปัจจุบัน มาอธิบายผลกระทบที่เกิดจากธาตุกัมมันตรังสีเนื่องจากเห็นว่าธาตุกัมมันตรังสีเป็นอันตรายร้ายแรงต่อทั้งสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิต

นอกจากนี้ สาเหตุหนึ่งที่นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน อาจมาจากเนื้อหาเรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ เป็นเรื่องที่ค่อนข้างยากและเป็นนามธรรม การที่จะทำความเข้าใจมโนมติเหล่านี้ นักเรียนจำเป็นต้องใช้จินตนาการเพื่อให้เข้าใจสิ่งที่เกิดขึ้น ทำให้นักเรียนส่วนหนึ่งจึงเลือกใช้การท่องจำเนื้อหามากกว่าการทำความเข้าใจ ซึ่งทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน สาเหตุดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Prather (2005, pp.345-354) และ Tekin and Nakiboglu (2006, pp.1712-1718) ที่มีความเห็นตรงกันว่าสาเหตุการเกิดความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อนจากมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ เป็นเนื้อหาที่เป็นนามธรรมยากต่อการเข้าใจ มากไปกว่านี้ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ เป็นเรื่องที่มีเนื้อหาสาระในแต่ละหัวข้อแตกต่างกัน ดังนั้น ยุทธศาสตร์การสอนที่ใช้ในแต่ละเนื้อหาสาระก็อาจจะแตกต่างกัน (ชาตรี ฝายคำตา, 2555) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงเลือกวิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนมโนมติคลาดเคลื่อนให้เป็นถูกต้องตามความเหมาะสมของเนื้อหาและความรู้เดิมของนักเรียน ซึ่งประกอบด้วย 3 วิธี ได้แก่ การจัดการเรียนรู้โดยการเปรียบเทียบ เอกสารเปลี่ยนมโนมติ และบทบาทสมมติ

เมื่อพิจารณาความเข้าใจมโนมติของนักเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ ทั้ง 3 วิธี พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติถูกต้องเกี่ยวกับ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ เพิ่มขึ้น โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบสามารถส่งเสริมการเปลี่ยนความเข้าใจให้นักเรียนมีความถูกต้องเพิ่มขึ้น ในมโนมติ เรื่อง การแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสี ครึ่งชีวิต และปฏิกิริยานิวเคลียร์ ทั้งนี้ เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบให้ความสำคัญกับการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน จัดกิจกรรมที่หลากหลายให้นักเรียนได้มีการลงมือปฏิบัติจริง เพื่อให้นักเรียนสังเกตที่เกิดขึ้นจริง นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กันและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน นักเรียนที่ได้ทำกิจกรรมที่คุ้นเคย หรือรู้จักมาแรงเชื่อมโยงไปสู่มโนมติที่เป็นนามธรรม ซึ่งช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเนื้อหาที่เป็นนามธรรมมากขึ้น ซึ่งผลการวิจัยดังกล่าวนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chiu and Lin (2005, pp.429-464) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์โดยการเปรียบเทียบ สามารถช่วยให้นักเรียนพัฒนาความเข้าใจคลาดเคลื่อนในเนื้อหาที่เป็นนามธรรม (เช่น เรื่อง ไฟฟ้า) ไปสู่มโนมติที่ถูกต้องตามแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์มากขึ้น

อย่างไรก็ตาม เมื่อจัดการเรียนรู้ด้วยยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติโดยใช้วิธีการเปรียบเทียบแล้ว ยังพบว่ามีนักเรียนบางส่วนไม่การเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ ปัญหาดังกล่าวอาจเกิดจากนักเรียนไม่เข้าใจเกี่ยวกับมโนมติใหม่อย่างชัดเจน จึงยังคงใช้มโนมติเดิมอธิบาย

สถานการณ์คุ้นเคยหรือใหม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Posner, et al. (1982) ที่พบว่า หากนักเรียนยังพอใจมโนมติเดิมที่มีอยู่ และมโนมติใหม่ไม่สามารถเข้าใจอย่างชัดเจนได้ การเปลี่ยนมโนมติจะเกิดขึ้นไม่ได้ และมีนักเรียนบางส่วนที่มีความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน เรื่อง ปฏิกิริยานิวเคลียร์ ซึ่งนักเรียนไม่สามารถแยกแยะระหว่างปฏิกิริยานิวเคลียร์และปฏิกิริยาเคมีได้ ปัญหาดังกล่าวเนื่องจากนักเรียนไม่ได้ใส่ใจและตระหนักว่า ปฏิกิริยานิวเคลียร์และปฏิกิริยาเคมีแตกต่างกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tekin and Nakiboglu (2006, pp.1712-1718) ที่พบว่า นักเรียนไม่สามารถอธิบายความแตกต่างระหว่างปฏิกิริยาเคมีและปฏิกิริยานิวเคลียร์ได้

นอกจากนี้ ยังพบว่านักเรียนบางส่วนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนใน เรื่อง การแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสี ครึ่งชีวิต และปฏิกิริยานิวเคลียร์ ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากนักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในมโนมติคุ้นเคยที่ใช้ในการเปรียบเทียบส่งผลให้นักเรียนไม่เข้าใจมโนมติเป้าหมาย นักเรียนจึงไม่สามารถเชื่อมโยงไปยังมโนมติเป้าหมาย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Orgill, M. and Bodner, G. (2004 อ้างอิงใน วิทยา ภาชื่น, 2553) ที่พบว่ามโนมติที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบจะต้องเป็นมโนมติที่นักเรียนคุ้นเคยพบเห็นในชีวิตประจำวันง่ายต่อการทำความเข้าใจ ดังนั้นก่อนที่นำสิ่งต่างๆ มาใช้ในการเปรียบเทียบกับมโนมติจึงต้องแน่ใจว่า นักเรียนเข้าใจสิ่งที่เป็นมโนมติเปรียบเทียบอย่างชัดเจน

มากไปกว่านี้ พบว่าการเชื่อมโยงมโนมติเปรียบเทียบไปสู่มโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นไปได้ยาก หากครูไม่มีการแนะนำการเปรียบเทียบความคล้ายคลึงและความแตกต่างในขณะการจัดการเรียนรู้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ วิทยา ภาชื่น (2553) ที่พบว่า เมื่อนักเรียนตีความมโนมติที่ใช้ในการเปรียบเทียบด้วยตนเอง โดยไม่มีครูแนะนำอาจทำให้นักเรียนเกิดมโนมติคลาดเคลื่อนได้ง่าย ดังนั้น ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการเปรียบเทียบครูจะต้องคอยแนะนำการใช้วิธีการเปรียบเทียบในการเรียนรู้ และความแตกต่างระหว่างมโนมติที่เป็นเป้าหมายกับมโนมติที่ใช้ในการเปรียบเทียบ

สำหรับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เอกสารเปลี่ยนมโนมติ สามารถส่งเสริมการเปลี่ยนความเข้าใจให้นักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสารเปลี่ยนมโนมติให้ความสำคัญกับการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน โดยการทำนายคำตอบในสถานการณ์มักทำให้เกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อน รับรู้มโนมติที่คลาดเคลื่อนแล้วเกิดความสงสัย ขัดแย้งในมโนมติเดิมที่มีอยู่ นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กันและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน และได้รับคำอธิบายที่ถูกต้องตาม มโนมติวิทยาศาสตร์ เพื่อแทนที่มโนมติที่คลาดเคลื่อน ซึ่งช่วยให้นักเรียนมีการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติได้ ซึ่งผลการวิจัยดังกล่าวนี้

สอดคล้องกับงานวิจัยของ วัชระ พรึกษาลา (2545) ที่พบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้เอกสารเปลี่ยนมโนมติประกอบการเรียนมีความเข้าใจมโนมติถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์

แต่อย่างไรก็ตาม นักเรียนบางส่วนไม่มีการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนไปเป็นมโนมติถูกต้อง โดยนักเรียนอธิบายเกี่ยวกับวิธีการตรวจวัดรังสีจากป้ายสัญลักษณ์ ซึ่งปัญหาดังกล่าวอาจเกิดเนื่องจากนักเรียนไม่ได้ลงมือปฏิบัติการตรวจวัดรังสีจริง เพียงแต่ได้ชมคลิปวิดิทัศน์สาธิตวัดรังสี ซึ่งผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Guzzetti (2000, pp.89-98) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้เอกสารเปลี่ยนมโนมติเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอให้นักเรียนเปลี่ยนมโนมติได้ ดังนั้น การเรียนรู้โดยใช้เอกสารเปลี่ยนมโนมติควรใช้ร่วมกับวิธีอื่นด้วย เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถเปลี่ยนแปลงมโนมติได้ง่ายขึ้น

สำหรับการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทบาทสมมติ สามารถส่งเสริมการเปลี่ยนความเข้าใจให้นักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องเพิ่มมากขึ้น ในมโนมติ เรื่อง การนำธาตุกัมมันตรังสีไปใช้ประโยชน์ ผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสี การนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้ประโยชน์ และผลกระทบของโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ ทั้งนี้เนื่องจากนักเรียนได้ถูกฝึกให้ทำกิจกรรมที่หลากหลาย ทั้งการสืบค้นข้อมูล การทำความเข้าใจเกี่ยวกับบทบาทสมมติที่กำหนด การแสดงบทบาทสมมติ การสังเกตการแสดง การปฏิสัมพันธ์และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน รวมทั้ง การสะท้อนความเข้าใจในแบบบันทึกการเรียนรู้ และแบบสังเกตการแสดง ซึ่งทำให้นักเรียนสามารถเข้าใจและปรับเปลี่ยนมโนมติให้เป็นมโนมติทางวิทยาศาสตร์ได้ ผลการวิจัยดังกล่าวนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lentela (2002, pp.211-216) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้บทบาทสมมติสามารถช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และเข้าใจเหตุการณ์ที่เป็นนามธรรมได้ง่ายขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม การจัดการเรียนรู้โดยใช้บทบาทสมมติในเรื่อง ผลกระทบของโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ จะมีระดับความรุนแรงไม่เท่ากัน นอกจากนี้ ในขณะการแสดงนักเรียนบางส่วนตอบคำถามจากเพื่อนผู้ชมไม่ครบถ้วน ซึ่งสาเหตุอาจมาจากนักเรียนสืบค้นข้อมูลที่จำเป็นเพียงพอสำหรับนำเสนอในบทบาทที่ตนได้รับ ดังนั้น การแสดงบทบาทสมมติ ครูจำเป็นต้องกำกับแลคอยแนะนำนักเรียนถึงการนำเสนอข้อมูลในบทบาทสมมติที่รับผิดชอบให้ถูกต้อง และครบถ้วน

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

จากผลการวิจัยการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติที่มีต่อความเข้าใจมโนมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้วิธี 3 วิธี ได้แก่ การเปรียบเทียบ การใช้เอกสารเปลี่ยนมโนมติ และบทบาทสมมติ ผู้วิจัยได้พบจุดเด่นและข้อจำกัดในการเรียนรู้ในกิจกรรมการเรียนรู้วิธีต่างๆ เพื่อประโยชน์ในการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ต่อไป ผู้วิจัยจึงขอเสนอแนะ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1.1 การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติจำเป็นอย่างยิ่งที่ครูจะต้องสำรวจความรู้เดิมของนักเรียนก่อน เช่น ความเข้าใจมโนมติในเรื่องที่จะสอน เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความเหมาะสมกับเนื้อหาและบริบทของนักเรียน

1.2 การจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ ครูควรจัดกิจกรรมที่หลากหลาย และส่งเสริมให้นักเรียนได้มีการลงมือปฏิบัติจริง มีการแสดงออกถึงความคิดเห็นของตนเอง การใช้ท่าทาง คำพูดหรือคำอธิบาย เป็นต้น เพื่อช่วยให้นักเรียนเห็นความสำคัญของความรู้ ความเข้าใจของตนเอง เกิดการอภิปรายแลกเปลี่ยน ความคิดเห็นกัน ทำให้เกิดการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติเพิ่มขึ้น

1.3 การจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบ ช่วยส่งเสริมการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ เรื่อง การแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสี ครึ่งชีวิต และปฏิกิริยานิวเคลียร์ ซึ่งมีลักษณะเนื้อหาเป็นนามธรรม ดังนั้น ครูผู้สอนจึงควรนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้นำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ในเนื้อหาอันที่มีลักษณะเป็นนามธรรมได้ นอกจากนี้ ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบครูต้องคำนึงถึงความคล้ายคลึงและความแตกต่างกันระหว่างมโนมติเป้าหมายกับมโนมติที่ใช้ในการเปรียบเทียบ โดยควรเลือกมโนมติที่ใช้ในการเปรียบเทียบเป็นมโนมติที่นักเรียนคุ้นเคยทำความเข้าใจได้ง่ายและคล้ายคลึงกับมโนมติเป้าหมาย

1.4 การจัดการเรียนรู้โดยใช้เอกสารเปลี่ยนมโนมติ ครูควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้อื่นที่เน้นการลงมือปฏิบัติจริงร่วมด้วย

1.5 การจัดการเรียนรู้โดยใช้บทบาทสมมติ ครูควรตรวจสอบนักเรียนที่แสดงบทบาทสมมตินั้นก่อนที่นักเรียนจะทำการแสดงจริง เพื่อลดความผิดพลาดในการแสดงบทบาทสมมติและควรมีวิธีการที่ทำให้นักเรียนสนใจกิจกรรม ติดตามเรื่องราวในการแสดง รวมถึงคอยควบคุมเวลาในการจัดกิจกรรมให้กระชับเหมาะสม

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัย

ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ ช่วยให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติ แต่ด้วยข้อจำกัดของเวลา กลุ่มที่ศึกษา และเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย จึงทำให้ผลการวิจัยนี้ไม่ใช่ตัวแทนทั้งหมดในการจัดการเรียนรู้ ดังนั้น ในการวิจัยครั้งต่อไป ผู้วิจัยจึงเสนอแนะ ดังนี้

2.1 ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติความเข้าใจมโนมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ ของนักเรียนได้ ดังนั้นควรมีการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติในเนื้อหาวิทยาศาสตร์อื่นๆ และในบริบทที่หลากหลายขึ้น

2.2 ควรทำวิจัยเพื่อศึกษาการเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติของนักเรียนโดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนในแต่ละวิธีการจัดการเรียนรู้

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กรุงเทพธุรกิจออนไลน์. (2556). **รัฐมนตรีญี่ปุ่นลงพื้นที่กัมมันตรังสีรั่ว**. สืบค้นเมื่อ 5 กันยายน 2556, จาก http://www.bangkokbiznews.com/

กฤษดา สงวนสิน. (2548). **แนวคิดเกี่ยวกับสถานะและการเปลี่ยนสถานะของสารของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาตอนปลาย**. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม., มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กาญจนา เป็งวงค์. (2546). **ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการปรับเปลี่ยนมโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง กลไกมนุษย์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2**. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม., มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

คชานน สุวรรณพันธ์. (2543). **โครงสร้างความรู้และการเปลี่ยนมโนทัศน์ เรื่อง ระบบนิเวศของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้เทคนิคแผนผังมโนทัศน์**. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม., มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จรรยา ดาสา. (2553). หลักการออกแบบข้อสอบวินิจฉัยตัวเลือก 2 ระดับเพื่อประเมินแนวคิดของผู้เรียน (two-tier diagnostic test). **วารสาร สสวท.**, 38(1), 64-65.

ขาตรี ฝายคำตา. (2555). ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนเพื่อครูวิทยาศาสตร์: ประเด็นปัจจุบันที่ครูของครูวิทยาศาสตร์ควรทราบ. **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี**, 23(2), 1-19.

เซลลี นิก. (2545). **สอนให้เด็กสรรค์สร้างความรู้**. (นักแปลเครือข่ายของกรมวิชาการ, ผู้แปล). กรุงเทพฯ: กรมวิชาการ. (ต้นฉบับภาษาอังกฤษ พิมพ์ ค.ศ. 1999)

ทัศนีวรรณ์ เลิศเจริญฤทธิ์. (2548). **แนวคิดและความรู้สึกเกี่ยวกับสารกัมมันตรังสีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย**. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม., มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์. (2537). ความคิดรวบยอดกับการเรียนการสอน. **สารพัฒนาหลักสูตร**, 119(12), 55-60.

น้ำค้าง จันเสริม. (2551). **ผลการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเรื่องงานและพลังงานชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 บนพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้วิธี** Predict-Observe-Explan (POE). วิทยานิพนธ์ ศษ.ม., มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์. (2548). **การปรับเปลี่ยนมโนมติเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ โดยใช้การจัดการเรียนรู้บนเครือข่ายที่พัฒนาตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสซึม.** วิทยานิพนธ์ ศษ.ม., มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ไพโรจน์ เติมเตชาติพงศ์. (2550). **การศึกษาการเปลี่ยนมโนมติของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง หน้าที่ยีน โดยใช้กรอบการตีความหมายมิติ.** วิทยานิพนธ์ ศษ.ด., มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2542). **แนวการสอนวิทยาศาสตร์** (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

ภัทิรา เตียตรงจิตรมั่น. (2551). **การศึกษาการยอมรับแหล่งพลังงานทางเลือกของประชาชนในจังหวัดเชียงใหม่: กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์.** วิทยานิพนธ์ ศษ.ม., มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

มณีกานต์ หินสอ. (2549). **ความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบการไหลเวียนโลหิตในร่างกายมนุษย์ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงเมื่อใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ.** วิทยานิพนธ์ ศษ.ม., มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

มติชนออนไลน์. (2556). **ญี่ปุ่นตรวจแท็งก์น้ำ หวั่นกัมมันตรังสีรั่วเพิ่ม.** สืบค้นเมื่อ 5 กันยายน 2556, จาก http://www.matichon.co.th/

เยาวดี วิบูลย์ศรี. (2551). **การวัดผลและการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์** (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รัตนา เส้งสุข. (2540). **การศึกษาแนวคิด เรื่อง พลังงาน ของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 โรงเรียนดอนฉิมพลีพิทยาคม อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา: กรณีศึกษา.** วิทยานิพนธ์ ศษ.ม., มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วรรณทิพา รอดแรงค้า. (2540). CONSTRUCTIVISM. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วัชระ พรึกษาลา. (2545). **ความเข้าใจมโนมติของนักเรียนที่ใช้หนังสืออ่านประกอบเพื่อเปลี่ยนมโนมติที่คลาดเคลื่อน เรื่อง แสง.** วิทยานิพนธ์ ศษ.ม., มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

วิทยา ภาชื่น. (2553). **การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบเพื่อส่งเสริมการเปลี่ยน แปลงมโนมติ เรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.** วิทยานิพนธ์ ศษ.ม., มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

วิลาวัลย์ ลาภบุญเรือง. (2543). **ผลการสอนเสริมเพื่อเปลี่ยนมโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม., มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2550). แผนการอบรมครู เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์. ใน **การอบรมครูวิทยาศาสตร์พื้นฐานระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย หลักสูตรที่ 1 (วิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน สาระที่ 4 และ 5)** (หน้า 53-57). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สมควร ขนชัยภูมิ. (2545). **การเปรียบเทียบความเข้าใจมโนมติวิชาฟิสิกส์ เรื่องปรากฏการณ์คลื่นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เมื่อใช้กลวิธีการสอนตามทฤษฎีการเปลี่ยนมโนมติของโพสเนอร์และคณะเทียบกับวิธีสอนปกติ**. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม., มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2551). **ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2553). แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2553 – 2573 (Power Development Plan: PDP 2010). **วารสารนโยบายพลังงาน**, 87(1), 45-48.

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2554). การปรับเลื่อนกำหนดโครงการโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในแผน PDP 2010. **วารสารนโยบายพลังงาน**, 92(2), 50-52.

สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ. (ม.ป.ป.). **จดหมายเหตุ 50 ปี กิจการพลังงานปรมาณูเพื่อสันติของประเทศไทย**. ม.ป.ท.: ม.ป.พ.

สิริอร วิชชาวุธ. (2554). **จิตวิทยาการเรียนรู้**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สุคนธ์ สินธพานนท์, ฟองจันทร์ สุขยิ่ง, จินตนา วีรเกียรติสุนทร และพิวัสสา นภารัตน์. (2545). **วิธีสอนตามแนวปฏิรูปการศึกษา: เพื่อพัฒนาคุณภาพของเยาวชน**. กรุงเทพฯ: 9119 เทคนิคพริ้นติ้ง.

สุนีย์ คล้ายนิล, ปรีชาญ เดชศรี และอัมพลิกา ประโมจนีย์. (2551). **ความรู้และสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สำหรับโลกวันพรุ่งนี้**. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

Abraham, M. R. and A. H. Haidar. (1991). A comparison of applied and theoretical knowledge of concepts based on the particulate nature of matter. **Journal of Research in Science Teaching**, 28(10), 919-938.

Alsop, S. (2001). Living with and learning about radioactivity: A comparative conceptual study. **International Journal of Science Education**, 23(3), 263-281.

Chamber, S.K. and Andre, T. (1997). Gender, Prior knowledge, Interest and experience and conceptual change text manipulations in learning about direct current. **Journal of Research in Science Teaching**, 34(2), 107-123.

Chanyah, D. (2007). Teaching and learning using conceptual change to promote grade 10 student understanding and numerical problem solving skills in stoichiometry. Doctoral dissertation, Ph.D., Kasetsart University, Bangkok.

Chi, M.T. H., Slotta, J. A. and Leeuw, N. (1994). From thing to process: A theory of conceptual change for learnng science concepts. **Learning and Instruction**, 4(1), 27-43.

Chiu, M.H. and Lin, J.W. (2005). Promoting fourth graders' conceptual change of their understanding of electric current via multiple analogies. **Journal of Research in Science Teaching**, 42(4), 429-464.

Costu, B., Ayas, A. and Niaz, M. (2012). Investigating the effectiveness of a POE-based teaching activity on students' understanding of condensation. **Instructional Science**, 40(1), 47–67.

Costu, B., Ayas, A., Niaz, M., Unal, S. and Calik, M. (2007). Facilitating conceptual change in students' understanding of boiling concept. **Journal of Science Education and Technology**, 16(6), 524–536.

Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. **Science Education**, 75(6), 649-672.

Dykstra, D. I., Boyle, F. C. and Monarch, I. A. (1992). Studying conceptual change in learning physics. **Science Education**, 76(6), 615– 652.

Glynn, S. M. and Takahashi, T. (1998). Learning from analogy-enhanced science text. **Journal of Research in Science Teaching**, 35(10), 1129–1149.

Glynn, S. M. (2007). Methods and strategies: The teaching-with-analogies model. **Science and Children**, 44(8), 52-55.

Guzzetti, B.J. (2000). Learning counter-intuitive science concepts: what have we learned from over a decade of research. **Reading and Writing Quarterly**, 16, 89-98.

Henriksen, E. K. (1996). Laypeople's understanding of radioactivity and radiation. **Radiat Prot Dosimetry**, 68(3-4), 191-196.

Henriksen, E.K. and Jorde, D. (2001). High school students' understanding of radiation and the environment: Can museums play a role?. **Science Education**, 85(2), 189-206.

Harrison, A.G. and Treagust, D.F. (1993). Teaching with analogies: a case study in grade 101 optics. **Journal of Research in Science Teaching**, 30(10), 1291-1307.

Johnson, A. and Hafele, A. (2010). Exploring student understanding of atoms and radiation with the atom builder simulator. **AIP Conference Proceeding**, 12(89), 177 – 180.

McCrudden, M.T. and Kendeou, P. (2012). Exploring the link between cognitive processes and learning from refutational text. **Journal of Research in Reading**. DOI: 10.111/j.1467-9817.2011.01527.x.

Millar, R., Eijkelhof, K. K. and Eijkelhof, H. (1990) Teaching about radioactivity and Ionising radiation: An alternative approach. **Physics Education**, 25(6), 338-342.

Millar, R and Gill, J. S. (1996). School students' understanding of processes involving radioactive substances and ionizing radiation. **Physics Education**, 31(1), 27-33.

Lehtela, P. L., (2002). Role-playing, Conceptual change and the learning process: A case study of 7th grade pupils. **Research in Science Education - Past, Present, and Future**, 211-216.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. and Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. **Science Education**, 66(2), 221-227.

Prather, E. (2005). Students' beliefs about the role of atoms in radioactive decay and half-Life. **Journal of Geoscience Education**, 53(4), 345 – 354.

Savander-Ranne, C. and Kolari, S. (2003). Promoting the conceptual understanding of engineering students through visualization. **Global Journal of Engineering Education**, 7(2), 189–199.

She. (2004). Fostering radical conceptual change through dual-situated learning model. **Journal of Research in Science Teaching**, 41(2), 142–164.

Venville, G. (2004). Young children learning about living thing: A case study of conceptual change from ontological and social perspectives. **Journal of Research in Science Teaching**, 41(5), 449-480.

Tėkin, B.B. and Nakiboglu, C. (2006). Identifying students' misconceptions about nuclear chemistry: A study of turkish high school students. **Journal of Chemical Education**, 83(11), 1712-1718.

Tippett, C.D. (2010). Refutation text in science education: A review of two decades of research. **Journal of Science and Mathematics Education**, 8(6), 951-970.

Treagust , D.F., Harrison, A.G. and Venville, G. (1996). Using an analogical teaching approach to engender conceptual change. **International Journal Science Education**, 18(2), 213-229.

Treagust , D.F. and Duit, R. (2008). Conceptual change: a discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education. **Cultural Studies of Science Education**, 3(2), 297–328.

Walls, L. (2012). Third grade african american students' views of the nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**, 49(1), 1-37.

White, R. and R. Gunstone. (1993). **Probing understanding**. London: The Falmer Press.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย

ชื่อ รองศาสตราจารย์จรัญ พรมสุวรรณ
ตำแหน่ง อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ชื่อ ดร.สายฝน วิบูลรังสรรค์
ตำแหน่ง อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา สาขาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ชื่อ นางณัฐภัสสร เหล่าเนตร์
ตำแหน่ง ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ ระดับเชี่ยวชาญ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนจุฬาภรณ์ราชวิทยาลัย พิษณุโลก

ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

แบบสัมภาษณ์มโนมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์

<u>คำชี้แจง</u> ผู้สัมภาษณ์เป็นผู้ถามคำถามโดยใช้ภาพประกอบเหตุการณ์โดยให้นักเรียนตอบคำถาม พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลที่นักเรียนตอบและนำคำตอบของนักเรียนมาใช้เป็นแนวทางในการถามคำถามต่อไป

สิ่งที่ผู้สัมภาษณ์ต้องปฏิบัติก่อนการถามคำถามมีดังต่อไปนี้

1. แนะนำตนเองว่าเป็นนิสิตปริญญาโท คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
2. บอกจุดประสงค์ของการสัมภาษณ์ว่า ในการวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษามโนมติเรื่อง กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์เพื่อให้ทราบว่านักเรียนมีมโนมติอย่างไร
3. ผู้สัมภาษณ์ขออนุญาตนักเรียนในการบันทึกเสียง เพื่อให้สามารถบันทึกข้อความได้อย่างครบถ้วน และแจ้งให้นักเรียนทราบว่าจะไม่เปิดเผยชื่อของนักเรียนในการนำเสนอผลงานวิจัย

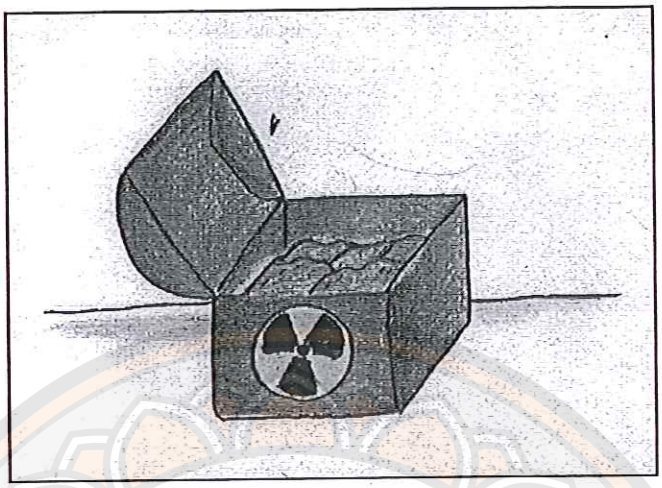
เริ่มการสัมภาษณ์ด้วยการถามคำถามนักเรียนว่า

1. ตามความเข้าใจของนักเรียน รังสีคืออะไรให้ยกตัวอย่างรังสีที่นักเรียนรู้จักว่ามีอะไรบ้าง
2. กัมมันตภาพรังสีคืออะไร และเกิดขึ้นได้อย่างไร
3. นักเรียนรู้จักหรือเคยได้ยินคำว่าธาตุกัมมันตรังสีหรือไม่เคยได้ยินหรือรู้จักจากที่ไหนอย่างไร

จากนั้นจึงเข้าสู่คำถามโดยใช้ภาพประกอบในการถามคำถาม ซึ่งในแต่ละภาพผู้สัมภาษณ์จะกล่าวกับนักเรียนว่า "นักเรียนคิดว่าภาพนี้คือภาพอะไร"ตามด้วยคำถามที่กำหนดไว้

ในกรณีที่นักเรียนได้ใช้คำศัพท์เช่นรังสีการแผ่รังสีกัมมันตภาพรังสีกากกัมมันตรังสี ในระหว่างการถามคำถามในแต่ละข้อให้ถามเพิ่มเติมจากคำถามในแต่ละข้อว่านักเรียนหมายถึงอะไร

สถานการณ์ที่ 1 กล่องบรรจุธาตุกัมมันตรังสี



คำถามและคำตอบมโนมติในสถานการณ์ที่ 1 กล่องบรรจุธาตุกัมมันตรังสี

มโนมติ การแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสี		
จุดประสงค์	คำถาม	คำตอบ
1. อธิบายชนิดและลักษณะของรังสีที่ธาตุกัมมันตรังสีปลดปล่อยออกมา	1. ถ้ากล่องเปิดอยู่จะเป็นอย่างไร	ธาตุกัมมันตรังสีจะปล่อยอนุภาคหรือรังสีออกมา
	2. ถ้าปิดกล่องแล้วรังสีจะออกมาได้หรือไม่อย่างไร	อนุภาคหรือรังสีที่ธาตุกัมมันตรังสีปล่อยออกมาบางชนิดอาจทะลุออกมาจากกล่องได้ แต่บางชนิดที่ไม่สามารถทะลุออกมาได้
2. อธิบายเกี่ยวกับอำนาจในการทะลุทะลวงของอนุภาคและรังสีที่ธาตุกัมมันตรังสีปลดปล่อยออกมา	3. รังสีออกมาจากกล่องได้อย่างไร	รังสีที่ธาตุกัมมันตรังสีปล่อยออกมาเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีอำนาจการทะลุทะลุลวงสูง รังสีจึงสามารถทะลุออกจากกล่องได้

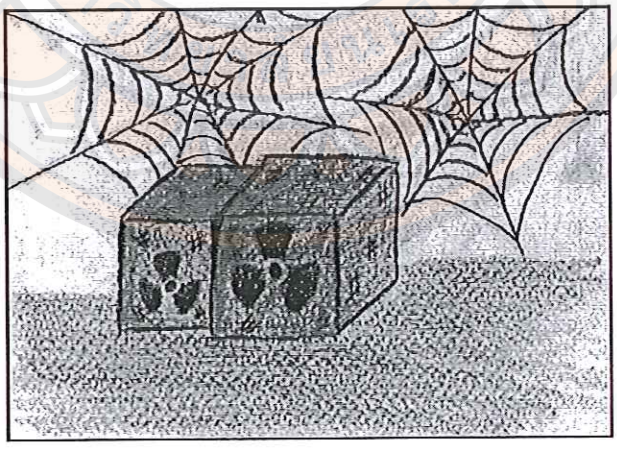
คำถามและคำตอบมโนมติในสถานการณ์ที่ 1 กล่องบรรจุธาตุกัมมันตรังสี (ต่อ)

มโนมติ การแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสี		
จุดประสงค์	**คำถาม**	**คำตอบ**
	4. อนุภาคหรือรังสีที่ออกมาจากกล่องจะไปได้ระยะทางไกลเท่าใด	อนุภาคหรือรังสีที่ปล่อยออกมาจะเคลื่อนที่เร็วและได้ระยะทางมากน้อยเท่าใด ขึ้นอยู่กับชนิดของอนุภาคหรือรังสีนั้นเช่น อนุภาคแอลฟามีอำนาจในการทะลุทะลวงต่ำ สามารถเคลื่อนที่ผ่านอากาศเพียง 3-5 เซนติเมตร อนุภาคบีตาสามารถเคลื่อนที่ผ่านอากาศเพียง 1-3เมตร และรังสีแกมมาสามารถเคลื่อนที่ผ่านอากาศได้ไกลที่สุด
	5. ถ้าปิดกล่องและกล่องทำด้วยกระดาษแล้วรังสีจะออกมาจากกล่องได้หรือไม่อย่างไร (เปลี่ยนคำถามจากกระดาษเป็นวัสดุอื่น เช่น เหล็ก ไม้ พลาสติก ตะกั่ว)	-ถ้ากล่องทำด้วยกระดาษ จะทำให้อนุภาคแอลฟาไม่สามารถออกมาได้ -ถ้ากล่องทำด้วยไม้หรือพลาสติก จะทำให้อนุภาคแอลฟาและบีตาไม่สามารถออกมาได้ -ถ้ากล่องทำด้วยแผ่นตะกั่ว จะทำให้อนุภาคและรังสีทุกชนิดไม่สามารถออกมาได้
3. บอกได้ว่าการแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสีเนื่องมาจากนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีไม่เสถียร	6. ธาตุกัมมันตรังสีปล่อยอนุภาคหรือรังสีตลอดเวลาเลยหรือไม่ เพราะเหตุใด	ธาตุกัมมันตรังสีจะปล่อยอนุภาคหรือรังสีตลอดเวลาเพราะนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีไม่เสถียร

คำถามและคำตอบมโนมติสถานการณ์ที่ 1 กล่องบรรจุธาตุกัมมันตรังสี (ต่อ)

มโนมติ ผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสี		
4. อธิบายเกี่ยวกับผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต	7. อากาศบริเวณที่มีกล่องบรรจุธาตุกัมมันตรังสีเปิดไว้จะเป็นอย่างไร	อากาศบริเวณนั้นจะเกิดการแตกตัวเป็นไอออน
	8. ถ้าเราอยู่ในห้องเดียวกับกล่องที่เปิดไว้จะเป็นอย่างไร	อาจได้รับอันตรายจากรังสี ซึ่งผลกระทบที่มีต่อร่างกายมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณและระยะเวลาที่ได้รับรังสี
	9. ถ้าเราสูดดมอากาศนั้นเข้าไปจะเป็นอย่างไร	จะไม่ได้กลิ่นแต่ธาตุกัมมันตรังสีที่หายใจเข้าไปจะไปสะสมในปอด จึงอาจก่อให้เกิดมะเร็งปอดได้

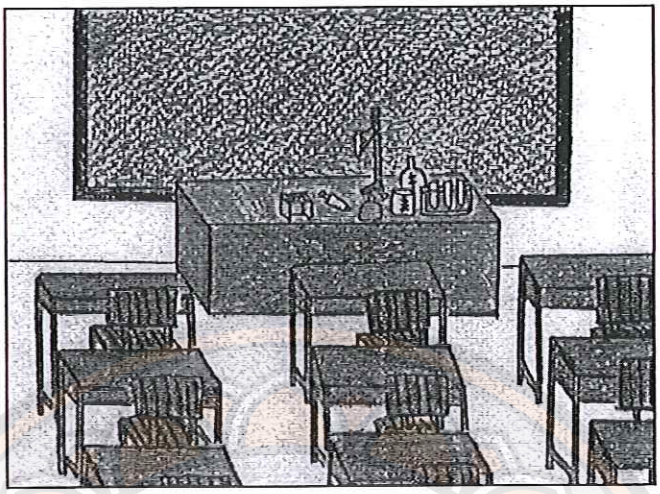
สถานการณ์ที่ 2 ธาตุกัมมันตรังสีถูกทิ้งไว้นาน



คำถามและคำตอบมโนมติในสถานการณ์ที่ 2 ธาตุกัมมันตรังสีถูกทิ้งไว้นาน

มโนมติ ครึ่งชีวิต		
จุดประสงค์	คำถาม	คำตอบ
1. อธิบายเกี่ยวกับการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสีโดยนำค่าครึ่งชีวิตมาใช้ในการอธิบาย	1. ถ้าปล่อยธาตุกัมมันตรังสีทิ้งไว้นานๆจะเป็นอย่างไร	ปริมาณธาตุกัมมันตรังสีจะค่อยๆ ลดเหลือน้อยลงจนถือว่าหมดในที่สุด ซึ่งขึ้นอยู่กับครึ่งชีวิตของธาตุแต่ละชนิด
	2. ถ้าธาตุกัมมันตรังสีแต่ละอันเป็นธาตุชนิดเดียวกัน ปริมาณเริ่มต้นเท่ากัน เมื่อปล่อยทิ้งไว้นานๆ แล้วปริมาณธาตุกัมมันตรังสีจะเหลือเท่ากันหรือไม่ เพราะเหตุใด	ธาตุกัมมันตรังสีจะเหลือปริมาณเท่ากัน เพราะการสลายกัมมันตรังสีของธาตุกัมมันตรังสีชนิดเดียวกันที่มีจำนวนนิวเคลียสหรือมวลเริ่มต้นเท่ากัน จะมีอัตราการสลายเท่ากัน หรือครึ่งชีวิตเท่ากัน
	3. ถ้าธาตุกัมมันตรังสีแต่ละอันเป็นธาตุคนละชนิดกัน ปริมาณเริ่มต้นเท่ากัน เมื่อปล่อยทิ้งไว้นานๆ แล้วปริมาณธาตุกัมมันตรังสีจะเหลือเท่ากันหรือไม่ เพราะเหตุใด	ธาตุกัมมันตรังสีจะเหลือไม่เท่ากัน เพราะธาตุกัมมันตรังสีแต่ละชนิดมีครึ่งชีวิตที่แตกต่างกัน
2. บอกได้ว่าปัจจัยอื่น เช่น ความดัน อุณหภูมิการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ไม่มีผลต่อการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี	ถ้าเราเก็บธาตุกัมมันตรังสีในห้องที่มีอุณหภูมิต่ำมากเป็นเวลานานๆ ปริมาณของธาตุกัมมันตรังสีจะเหลือแตกต่างจากการเก็บในห้องปกติหรือไม่ เพราะเหตุใด	ปริมาณของธาตุกัมมันตรังสีที่เก็บไว้ทั้งสองแห่งเหลือไม่แตกต่าง เพราะปัจจัยอื่น เช่น ความดัน อุณหภูมิ ไม่มีผลต่อการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี

สถานการณ์ที่ 3 ห้องเรียน



คำถามและคำตอบมโนมติในสถานการณ์ที่ 3 ห้องเรียน

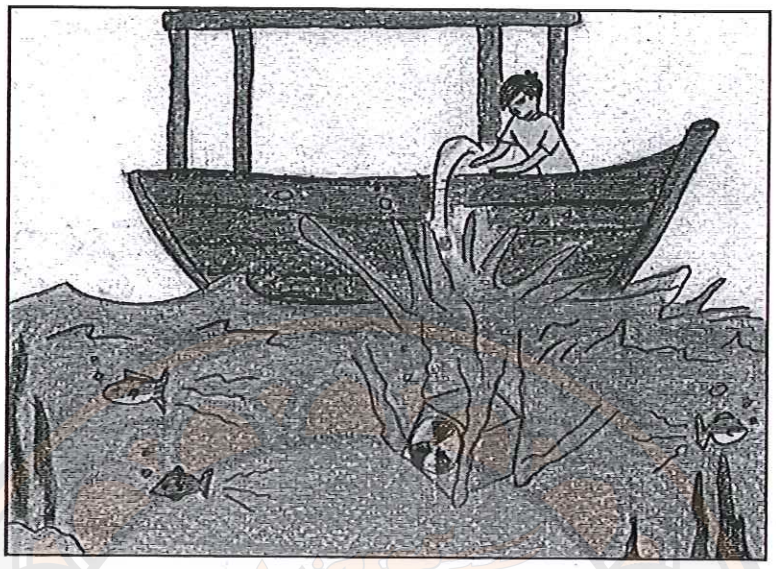
มโนมติ รังสีในธรรมชาติและการตรวจวัดรังสี		
จุดประสงค์	**คำถาม**	**คำตอบ**
1. อธิบายเกี่ยวกับรังสีในสิ่งแวดล้อม 2. อธิบายการตรวจวัดรังสี	1. ในสถานที่นี้มีรังสีอยู่หรือไม่	ในสิ่งแวดล้อมมีรังสีตามธรรมชาติแต่มีปริมาณไม่มาก
	2. นอกจากสถานที่นี้แล้วบริเวณอื่นมีรังสีอยู่หรือไม่	ในสิ่งแวดล้อมทุกๆ ที่จะมีรังสีตามธรรมชาติ แต่มีปริมาณไม่มาก
	3. นักเรียนทราบได้อย่างไรว่ามีรังสีหรือไม่มี	มนุษย์ไม่อาจมองเห็นหรือสัมผัสรังสีได้ แต่เราสามารถทราบได้ว่ามีรังสีจากการตรวจวัดรังสี โดยใช้เครื่องตรวจวัดรังสี
	4. ถ้าในธรรมชาติมีรังสี เมื่อเราได้รับรังสีนั้นจะเป็นอย่างไร	รังสีในธรรมชาติมีปริมาณไม่มาก จึงไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย
	5. เราสามารถป้องกันหรือหลีกเลี่ยงรังสีนั้นได้หรือไม่ เพราะเหตุใด	รังสีมีอยู่ในสิ่งแวดล้อม มีปริมาณไม่มากและไม่เป็นอันตราย เราจึงไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ และไม่จำเป็นต้องป้องกัน

สถานการณ์ที่ 4 คนถือธาตุกัมมันตรังสีในมือไว้

คำถามและคำตอบมโนมติในสถานการณ์ที่ 4 คนถือธาตุกัมมันตรังสีในมือไว้

มโนมติ ผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสี		
จุดประสงค์	**คำถาม**	**คำตอบ**
1. อธิบายเกี่ยวกับผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสีต่อสิ่งมีชีวิต	1. ถ้าคนถือธาตุกัมมันตรังสีไว้ในมือจะเป็นอย่างไร	รังสีที่ธาตุกัมมันตรังสีปล่อยออกมาไปทำให้เซลล์ในร่างกายทำงานผิดปกติ ซึ่งอันตรายที่เกิดขึ้นจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของรังสีที่ได้รับ
	2. ถ้าเรายืนใกล้คนที่ถือธาตุกัมมันตรังสีไว้ในมือจะเป็นอย่างไร	รังสีที่ธาตุกัมมันตรังสีปล่อยออกมาไปทำให้เซลล์ในร่างกายทำงานผิดปกติเช่นเดียวกัน ซึ่งอันตรายที่เกิดขึ้นจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของรังสีที่ได้รับ และระยะห่างจากธาตุกัมมันตรังสีด้วย

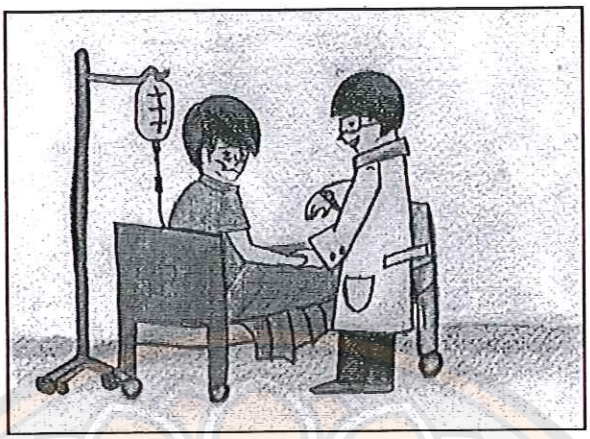
สถานการณ์ที่ 5 ธาตุกัมมันตรังสีถูกทิ้งลงสู่ทะเล



คำถามและคำตอบมโนมติในสถานการณ์ที่ 5 ธาตุกัมมันตรังสีถูกทิ้งลงสู่ทะเล

มโนมติ ผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสี		
จุดประสงค์	คำถาม	คำตอบ
1. อธิบายเกี่ยวกับผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต	1. ถ้าทิ้งธาตุกัมมันตรังสีลงสู่ทะเลจะเกิดอะไรขึ้นกับน้ำ สัตว์และพืชน้ำ	น้ำและสิ่งมีชีวิตในน้ำจะได้รับรังสี ทำให้มีการปนเปื้อนของรังสีในน้ำและสิ่งมีชีวิตบริเวณนั้น
	2. ถ้าเรานำปลาบริเวณนั้นมารับประทานจะเป็นอย่างไร	อาจจะได้รับรังสี แต่อันตรายจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณที่ได้รับ
	3. ถ้าเรานำน้ำบริเวณนั้นมาอุปโภคหรือบริโภคจะเป็นอย่างไร	อาจจะได้รับรังสี แต่อันตรายจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณที่ได้รับ

สถานการณ์ที่ 6 การแพทย์



คำถามและคำตอบมโนมติในสถานการณ์ที่ 6 การแพทย์

มโนมติ การนำกัมมันตภาพรังสีไปใช้ประโยชน์		
จุดประสงค์	**คำถาม**	**คำตอบ**
1. อธิบายและยกตัวอย่างเกี่ยวกับการนำกัมมันตภาพรังสีไปใช้ประโยชน์	กัมมันตภาพรังสีมีประโยชน์ในด้านการแพทย์ อย่างไร จงยกตัวอย่าง	กัมมันตภาพรังสีมีประโยชน์ในด้านการแพทย์ ในการตรวจวินิจฉัยหรือรักษาโรคต่างๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคคอพอก
	การฉายรังสีทางการแพทย์คืออะไร	การฉายรังสีเพื่อตรวจวินิจฉัยหรือรักษาโรค
มโนมติ ผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสี		
1. อธิบายเกี่ยวกับผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต	ถ้าเด็กชาย ก ได้รับการฉายรังสี เพื่อรักษาโรคมะเร็งที่ผิวหนัง รังสีที่ได้รับจะเป็นอันตรายต่ออวัยวะอื่นหรือไม่ อย่างไร	ไม่เป็น การฉายรังสีจะมีผลต่อผิวหนังเฉพาะที่เป็นมะเร็งเท่านั้น
	ถ้าเราอยู่ใกล้ผู้ป่วยที่ได้รับการฉายรังสี เราจะได้รับอันตรายจากรังสีนั้นหรือไม่	ไม่ได้รับ การฉายรังสีจะมีผลเฉพาะบริเวณหรืออวัยวะที่กำหนดเท่านั้นและไม่เป็นอันตรายต่อบุคคลที่อยู่ใกล้

สถานการณ์ที่ 7 ผลไม้ฉายรังสี

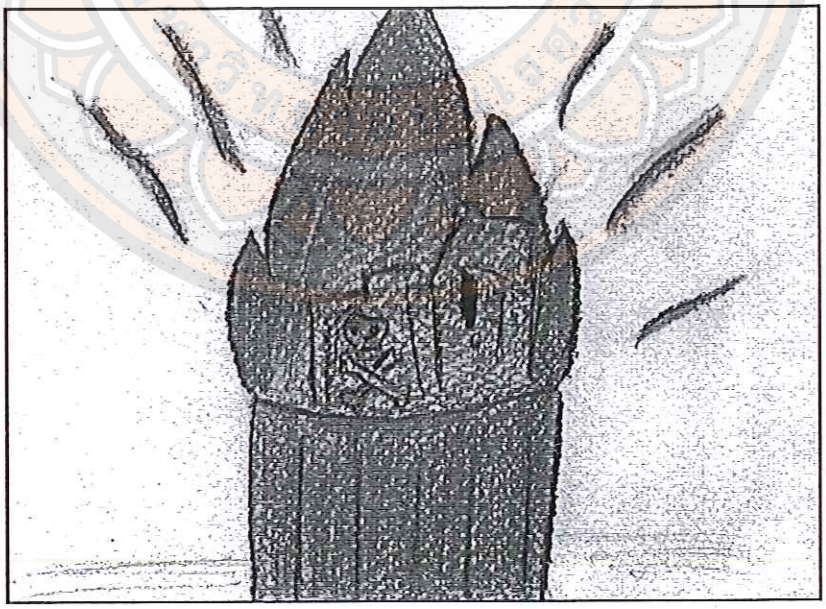
คำถามและคำตอบมโนมติในสถานการณ์ที่ 7 ผลไม้ฉายรังสี

มโนมติ การนำกัมมันตภาพรังสีไปใช้ประโยชน์		
จุดประสงค์	**คำถาม**	**คำตอบ**
1. อธิบายและยกตัวอย่างเกี่ยวกับการนำกัมมันตภาพรังสีไปใช้ประโยชน์	1. กัมมันตภาพรังสีมีประโยชน์ในด้านเกษตรอย่างไร จงยกตัวอย่าง	กัมมันตภาพรังสีมีประโยชน์ทางด้านเกษตร เช่น การฉายรังสีอาหารและผลไม้ ปรับปรุงพันธุ์พืช การทำหมันศัตรูพืช เป็นต้น
	2. เพราะเหตุใดจึงต้องนำอาหารไปฉายรังสี	เพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีย์ เชื้อรา หรือแมลง ซึ่งทำให้อาหารเกิดโรค หรือเน่าเสีย การฉายรังสีจึงช่วยให้สามารถเก็บรักษาอาหารนั้นไว้ได้นาน

คำถามและคำตอบมโนมติในสถานการณ์ที่ 7 ผลไม้ฉายรังสี (ต่อ)

มโนมติ ผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสี		
จุดประสงค์	**คำถาม**	**คำตอบ**
1. อธิบายเกี่ยวกับผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต	1. การฉายรังสีลงบนอาหารจะทำให้อาหารนั้นเป็นธาตุกัมมันตรังสีหรือไม่ เพราะเหตุใด	การฉายรังสีลงบนอาหาร ไม่ทำให้อาหารนั้นเป็นธาตุกัมมันตรังสี เพราะกระบวนการฉายรังสีไม่สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาที่นิวเคลียสในอะตอมของอาหาร
	2. ถ้ามีผลไม้ที่ได้รับการฉายรังสีนักเรียนจะรับประทานหรือไม่ อย่างไร	อาหารหรือผลไม้ที่ได้รับการฉายรังสีจะต้องทิ้งไว้ให้รังสีที่ตกค้างหมดไปและก็สามารถกินได้โดยไม่มีอันตราย

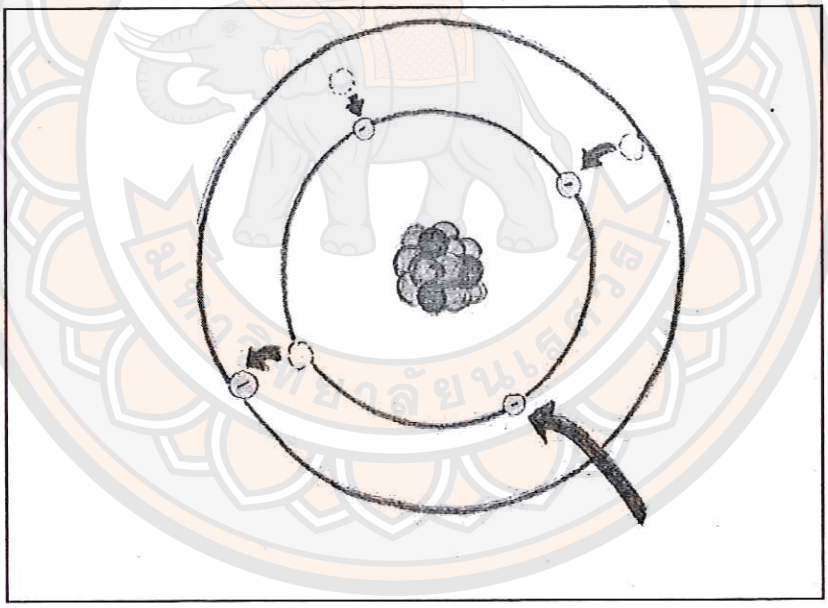
สถานการณ์ที่ 8 การเผาขยะที่ปนเปื้อนสารเคมี



คำถามและคำตอบมโนมติในสถานการณ์ที่ 8 การเผาขยะที่ปนเปื้อนสารเคมี

มโนมติ ปฏิกิริยานิวเคลียร์		
จุดประสงค์	**คำถาม**	**คำตอบ**
1. อธิบายความหมายของปฏิกิริยานิวเคลียร์	1. เหตุการณ์นี้เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์หรือไม่	ไม่เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์
	2. ทำไมนักเรียนจึงคิดว่าเหตุการณ์นี้ เป็น/ไม่เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์	เหตุการณ์ไม่มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียส

สถานการณ์ที่ 9 การเปลี่ยนระดับชั้นพลังงานของอิเล็กตรอน



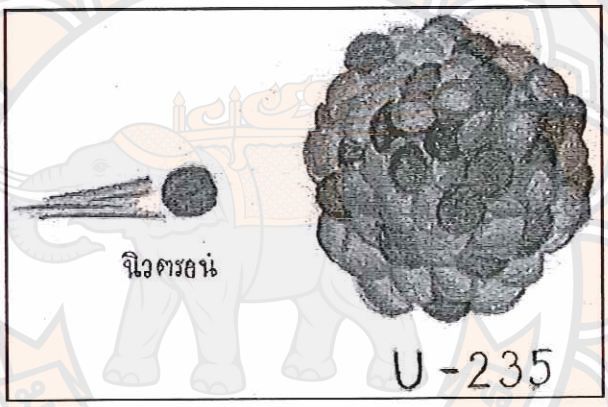
คำถามและคำตอบมโนมติในสถานการณ์ที่ 9 การเปลี่ยนระดับชั้นพลังงานของอิเล็กตรอน

มโนมติ ปฏิกิริยานิวเคลียร์		
จุดประสงค์	**คำถาม**	**คำตอบ**
1. อธิบายความหมายของปฏิกิริยานิวเคลียร์	1. เหตุการณ์นี้เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์หรือไม่	ไม่เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์

คำถามและคำตอบมโนมติในสถานการณ์ที่ 9 การเปลี่ยนระดับชั้นพลังงานของอิเล็กตรอน (ต่อ)

มโนมติ ปฏิกิริยานิวเคลียร์		
จุดประสงค์	คำถาม	คำตอบ
	2. ทำไมนักเรียนจึงคิดว่าเหตุการณ์นี้ เป็น/ไม่เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์	เหตุการณ์ไม่มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียส

สถานการณ์ที่ 10 การยิงอนุภาคมวลเบาเข้าไปในนิวเคลียสมวลหนัก



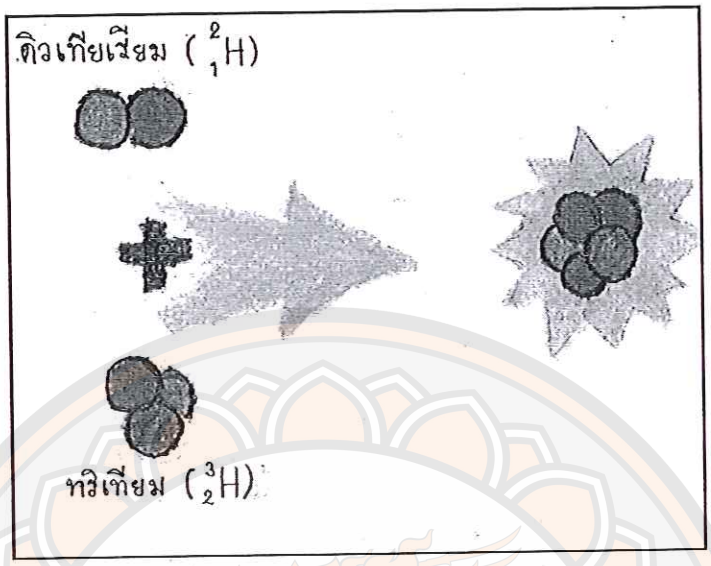
คำถามและคำตอบมโนมติในสถานการณ์ที่ 10 การยิงอนุภาคมวลเบาเข้าไปในนิวเคลียสมวลหนัก

มโนมติ ปฏิกิริยานิวเคลียร์		
จุดประสงค์	คำถาม	คำตอบ
1. อธิบายความหมายและลักษณะปฏิกิริยานิวเคลียร์	1. ถ้ายิงอนุภาคที่มีมวลน้อยๆ เช่น นิวตรอน เข้าไปชนกับนิวเคลียสของธาตุที่มีมวลมาก เช่น ยูเรเนียม-235 จะเกิดอะไรขึ้น	นิวเคลียสของธาตุหนักจะแยกเป็นนิวเคลียสใหม่ที่มีเลขมวลลดลงและมีพลังงานถูกปลดปล่อยออกมา
	2. นิวเคลียสที่เกิดขึ้นจากแตกตัวของธาตุที่มีมวลมาก	นิวเคลียสที่เกิดขึ้นจากแตกตัว จะมีเลขมวลน้อยกว่าเดิม

คำถามและคำตอบมโนมติในสถานการณ์ที่ 10 การยิงอนุภาคมวลเบาเข้าไปในนิวเคลียสมวลหนัก (ต่อ)

มโนมติ ปฏิกิริยานิวเคลียร์		
จุดประสงค์	**คำถาม**	**คำตอบ**
	เช่น ยูเรเนียม-235 เมื่อถูกชนด้วยอนุภาคที่มีมวลน้อยๆ เช่น นิวตรอน จะมีลักษณะอย่างไร	
	1. เหตุการณ์นี้เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์หรือไม่	เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์
	2. ทำไมนักเรียนจึงคิดว่าเหตุการณ์นี้ เป็น/ไม่เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์	เหตุการณ์มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโดยตรงต่อนิวเคลียส
	3. มีพลังงานที่เกิดขึ้นจากเหตุการณ์นี้หรือไม่ ถ้ามีคือพลังงานอะไร	มีพลังงานเกิดขึ้นจากการแตกตัวของธาตุที่มีมวลมากเช่น ยูเรเนียม-235 เมื่อถูกชนด้วยอนุภาคที่มีมวลน้อยๆ คือ พลังงานนิวเคลียร์
	4. ถ้ามีพลังงานที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยานี้จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอะไร	พลังงานเกิดขึ้น จะมีค่ามากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับมวลที่เปลี่ยนไปของนิวเคลียสตามความสัมพันธ์ระหว่างมวลและพลังงานของไอน์สไตน์ $E=mc^2$
มโนมติ การนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้ประโยชน์		
1. ยกตัวอย่างการนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้ประโยชน์	5. พลังงานที่เกิดขึ้นจากเหตุการณ์นี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้บ้าง	การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานนิวเคลียร์ การขับเคลื่อนเรือเดินสมุทรเพื่อขนส่งสินค้าระหว่างทวีป

สถานการณ์ที่ 11 การรวมกันของนิวเคลียสมวลเบา



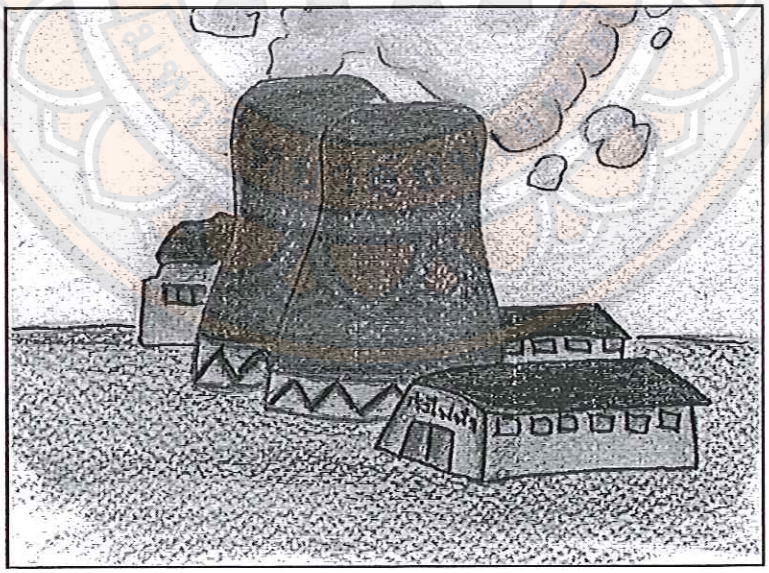
คำถามและคำตอบมโนมติในสถานการณ์ที่ 11 การรวมกันของนิวเคลียสมวลเบา

มโนมติ ปฏิกิริยานิวเคลียร์		
จุดประสงค์	คำถาม	คำตอบ
1. อธิบายความหมายและลักษณะปฏิกิริยานิวเคลียร์	1. ถ้านิวเคลียสของธาตุมวลเบารวมกันจะเกิดอะไรขึ้น	นิวเคลียสมวลเบารวมกันจะเกิดนิวเคลียสใหม่ที่เลขมวลมากขึ้นและมีพลังงานถูกปลดปล่อยออกมา
	2. นิวเคลียสที่เกิดขึ้นจากการรวมกันของนิวเคลียสมวลเบาจะมีลักษณะอย่างไร	มีเลขมวลมากขึ้น
	3. เหตุการณ์นี้เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์หรือไม่	เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์
	4. ทำไมนักเรียนจึงคิดว่าเหตุการณ์นี้ เป็น/ไม่เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์	เหตุการณ์มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโดยตรงต่อนิวเคลียส

คำถามและคำตอบมโนมติในสถานการณ์ที่ 11 การรวมกันของนิวเคลียสมวลเบา (ต่อ)

มโนมติ ปฏิกิริยานิวเคลียร์		
จุดประสงค์	คำถาม	คำตอบ
	5. มีพลังงานที่เกิดขึ้นจากเหตุการณ์นี้หรือไม่ ถ้ามีคือพลังงานอะไร	มีพลังงานเกิดขึ้น คือ พลังงานนิวเคลียร์
	6. พลังงานที่เกิดขึ้นจากการรวมกันของนิวเคลียสของธาตุมวลน้อยมีค่าแตกต่างจากการแตกตัวของนิวเคลียสมวลหนักหรือไม่อย่างไร	แตกต่างกัน โดยพลังงานที่ได้จากรวมกันของนิวเคลียสของธาตุมวลน้อย เมื่อคิดต่อมวลที่ได้ มีค่ามากกว่าการแตกตัวของนิวเคลียสของธาตุมวลหนัก

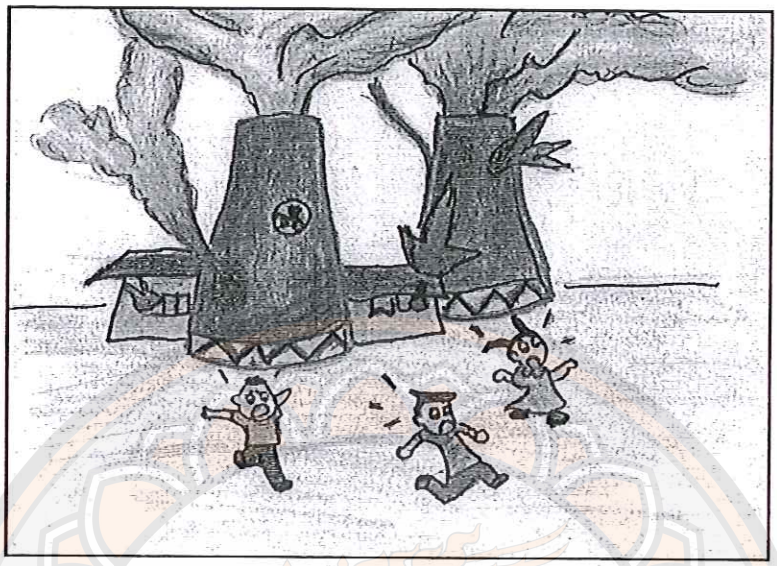
สถานการณ์ที่ 12 โรงไฟฟ้านิวเคลียร์



คำถามและคำตอบมโนมติในสถานการณ์ที่ 12 โรงไฟฟ้านิวเคลียร์

มโนมติ การนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้ประโยชน์		
จุดประสงค์	**คำถาม**	**คำตอบ**
1. อธิบายเกี่ยวกับการนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้ประโยชน์ด้านโรงไฟฟ้านิวเคลียร์	1. นักเรียนคิดว่า เหตุผลสำคัญที่ทำให้หลายประเทศเลือกผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานนิวเคลียร์คืออะไร	ปัญหาน้ำมันที่กำลังจะหมดไปและมีราคาสูงขึ้น แต่ต้นทุนการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานนิวเคลียร์ลดต่ำลง
มโนมติ ผลกระทบของพลังงานนิวเคลียร์		
2. อธิบายเกี่ยวกับผลกระทบของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม	2. สภาพแวดล้อมบริเวณที่มีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์จะแตกต่างจากบริเวณที่ไม่มีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์หรือไม่	สภาพแวดล้อมบริเวณที่มีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์จะไม่แตกต่างจากบริเวณที่ไม่มีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์
	3. คน หรือสัตว์ที่อาศัยอยู่ใกล้ที่ตั้งของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์จะได้รับธาตุกัมมันตรังสีแตกต่างจากบริเวณอื่นหรือไม่ อย่างไร	คน หรือสัตว์ที่อาศัยอยู่ใกล้ที่ตั้งของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์อาจได้รับธาตุกัมมันตรังสี แต่ในปริมาณที่น้อยเพราะการปล่อยธาตุกัมมันตรังสีจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์มีปริมาณน้อยมาก
	4. โรงไฟฟ้านิวเคลียร์มีผลกระทบต่อปรากฏการณ์เรือนกระจกหรือฝนกรดหรือไม่อย่างไร	โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ไม่ส่งผลกระทบต่อปรากฏการณ์เรือนกระจกหรือฝนกรด เพราะโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ ไม่ก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซที่ก่อให้เกิดมลภาวะต่างๆ ที่เป็นสาเหตุของปรากฏการณ์เรือนกระจกและฝนกรด

สถานการณ์ที่ 13 อุบัติเหตุของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์



คำถามและคำตอบมโนมติในสถานการณ์ที่ 13 อุบัติเหตุของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

มโนมติ ผลกระทบของพลังงานนิวเคลียร์		
จุดประสงค์	**คำถาม**	**คำตอบ**
1. อธิบายเกี่ยวกับผลกระทบอันเนื่องมาจากอุบัติเหตุรังสีของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม	1. การเกิดอุบัติเหตุของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ส่งผลสภาพแวดล้อมบริเวณใกล้เคียงอย่างไร	การเกิดอุบัติเหตุของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์จะมีระดับความรุนแรงต่างกัน ซึ่งแต่ละระดับจะมีการแพร่กระจายของธาตุกัมมันตรังสีออกสู่สภาพแวดล้อมภายนอก ในปริมาณที่แตกต่างกัน
	2. คน หรือสัตว์ที่อาศัยอยู่ใกล้ที่ตั้งโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่เกิดอุบัติเหตุ จะเป็นอย่างไร	อาจได้รับธาตุกัมมันตรังสีในปริมาณที่สูงเกินปกติ

คำถามและคำตอบมโนมติในสถานการณ์ที่ 13 อุบัติเหตุของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ (ต่อ)

มโนมติ ผลกระทบของพลังงานนิวเคลียร์		
จุดประสงค์	**คำถาม**	**คำตอบ**
	3. ถ้ามีคนรู้จักชวนนักเรียนไปเที่ยวญี่ปุ่น ในบริเวณที่ตั้งของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ฟุกุชิมะ ไดอิชิ ในขณะที่เกิดอุบัติเหตุนักเรียนจะไปด้วยหรือไม่ เพราะเหตุใด	ไม่ไป เพราะอุบัติเหตุของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ฟุกุชิมะ ไดอิชิ อาจมีการแพร่กระจายของธาตุกัมมันตรังสี ซึ่งเราอาจได้รับธาตุกัมมันตรังสีนั้นได้
	4. ถ้ามีคนซื้อผักผลไม้หรือพืชผลทางการเกษตรที่ปลูกในบริเวณโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่เกิดอุบัติเหตุนั้นมาฝาก นักเรียนจะรับประทานหรือไม่ อย่างไร	การเลือกรับประทานผักและผลไม้นั้นต้องพิจารณาจากการอนุญาตตามกฎหมาย เพราะธาตุกัมมันตรังสีอาจจะปนเปื้อนในผักผลไม้ ซึ่งบางชนิดมีความเข้มข้นสูงกว่าระดับที่ได้อนุญาตตามกฎหมาย

ภาคผนวก ค ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ **ชั้นมัธยมศึกษาที่ 4 ภาคเรียนที่ 1**
รายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน **หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์**
เรื่อง การค้นพบกัมมันตภาพรังสี **เวลา 2 ชั่วโมง**

---

1. **มาตรฐานการเรียนรู้**

มาตรฐาน ว. 5.1:

เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิตการเปลี่ยนรูปพลังงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงานผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อมมีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 8.1:

ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

2. **ตัวชี้วัด**

2.1 อธิบายการเกิดกัมมันตภาพรังสีและบอกวิธีการตรวจสอบรังสีในสิ่งแวดล้อม การใช้ประโยชน์ ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

3. **มโนมติ**

ธาตุกัมมันตรังสี เป็นธาตุที่มีนิวเคลียสไม่เสถียรจึงแผ่รังสีออกมาได้เอง เรียกปรากฏการณ์ที่ธาตุสามารถแผ่รังสีได้เองว่า กัมมันตภาพรังสี อนุภาคและรังสีที่ได้จากการเกิดกัมมันตภาพรังสีมี 3 ชนิด คือ อนุภาคแอลฟา อนุภาคบีตา และรังสีแกมมา ซึ่งมีสมบัติและอำนาจทะลุทะลวงแตกต่างกัน และเมื่อนิวเคลียสของธาตุจะแผ่รังสีออกมา นิวเคลียสใหม่ที่เกิดขึ้นจะเสถียรกว่า และอาจจะมีเลขอะตอม เลขมวลแตกต่างไปจากเดิมขึ้นอยู่กับชนิดของอนุภาคหรือรังสีที่แผ่ออกมา

4. **ความรู้พื้นฐาน**

ธาตุแต่ละชนิดประกอบด้วยอะตอม มีนิวเคลียสอยู่เป็นแกนกลาง และมีอิเล็กตรอนโคจรรอบๆ นิวเคลียส โดยในนิวเคลียสจะมีโปรตอนและนิวตรอนอยู่ภายใน

4.1 รังสี คือ พลังงานในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น รังสีแกมมา แต่ในทางนิวเคลียร์ฟิสิกส์อาจจะเรียกอนุภาคเป็นรังสีได้เช่นกัน เช่น รังสีแอลฟา รังสีบีตา ซึ่งรังสีไม่สามารถสัมผัสได้ด้วยประสาทสัมผัสใดๆ แต่มนุษย์สามารถรับรู้หรือตอบสนองต่อรังสีได้จากผลที่เกิดขึ้นเนื่องจากรังสี

5. มโนมติที่คลาดเคลื่อน

5.1 กัมมันตภาพรังสีและธาตุกัมมันตรังสีมีความหมายเดียวกัน

(ธาตุกัมมันตรังสีหรือธาตุกัมมันตรังสี คือ ธาตุที่สามารถแผ่รังสีออกมาได้เอง ส่วนกัมมันตภาพรังสีเป็นปรากฏการณ์ที่ธาตุกัมมันตรังสีหรือธาตุกัมมันตรังสีแผ่รังสีออกมา)

5.2 ธาตุกัมมันตรังสีจะแผ่รังสีเป็นแก๊สหรือฝุ่นผง ซึ่งถ้าธาตุกัมมันตรังสีอยู่ในสถานะของแข็งหรือของเหลวจะมีการเปลี่ยนแปลงสถานะเป็นแก๊สแล้วแพร่กระจายออกมาในรูปของไอระเหยหรือฝุ่นควัน โดยธาตุกัมมันตรังสีจะแผ่รังสีเหมือนการเคลื่อนที่ของแก๊สคือแพร่กระจายออกไปได้เองและอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ไป เช่น ลมหรือน้ำ

(ธาตุกัมมันตรังสีจะแผ่รังสีหรือปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปแบบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งไม่ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่)

5.3 สารกัมมันตรังสีจะแผ่รังสีไปได้ไกลหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของสารกัมมันตรังสี ระยะห่างจากสาร และทิศทางลม

(สารกัมมันตรังสีจะแผ่รังสีไปได้ไกลหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับชนิดของอนุภาคหรือรังสีที่ปลดปล่อยออกมา)

5.4 ถ้าสารกัมมันตรังสีอยู่ในภาชนะที่ปิดสนิทจะไม่สามารถแผ่รังสีออกมาได้

(สารกัมมันตรังสีจะปล่อยอนุภาคหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาในทุกทิศทาง ไม่ว่ากล่องจะปิดหรือไม่ก็ตาม)

6. จุดประสงค์การเรียนรู้

6.1 อธิบายสมบัติสำคัญของธาตุกัมมันตรังสี

6.2 บอกได้ว่าธาตุกัมมันตรังสีจะแผ่รังสีเมื่อนิวเคลียสไม่เสถียร

6.3 อธิบายความหมายของกัมมันตภาพรังสี และธาตุกัมมันตรังสี

6.4 บอกได้ว่าชนิดของอนุภาคและรังสีที่ธาตุกัมมันตรังสีปล่อยออกมามี 3 ชนิด ด้วยกัน คือ อนุภาคแอลฟา อนุภาคบีตา และรังสีแกมมา

6.5 อธิบายเกี่ยวกับสมบัติที่สำคัญอนุภาคและรังสีที่ธาตุกัมมันตรังสีปล่อยออกมา

6.6 ทำกิจกรรมเปรียบเทียบเพื่อศึกษาการแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสี

7. สาระการเรียนรู้

กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity) เป็นปรากฏการณ์ที่ธาตุสามารถแผ่รังสีได้เอง เรียกธาตุนั้นว่า ธาตุกัมมันตรังสี (Radioactive element) หรือ ธาตุกัมมันตรังสี (Radioactive substance)

นิวเคลียสของธาตุแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ นิวเคลียสเสถียร (stable nucleus) และนิวเคลียสไม่เสถียร (unstable nucleus) โดยนิวเคลียสเสถียรเป็นนิวเคลียสที่ไม่สลายตัว สามารถคงสภาพเดิมเป็นนิวเคลียสไว้ได้ตลอด และสามารถพบได้ตามธรรมชาติ ส่วนนิวเคลียสไม่เสถียรจะมีการสลายแผ่รังสีออกมา

อนุภาคและรังสีที่ได้จากการเกิดกัมมันตภาพรังสีมี 3 ชนิด ได้แก่

7.1 รังสีแอลฟา ใช้สัญลักษณ์ α เป็นนิวเคลียสของธาตุฮีเลียม) ${}^{4}_{2}He$ มีมวล (4u และมีประจุ +2e เนื่องจากรังสีแอลฟาสามารถทำให้สารที่ผ่านเกิดการแตกตัวเป็นไอออนได้ดี จึงเสียพลังงานอย่างรวดเร็ว ดังนั้นรังสีแอลฟาจึงมีอำนาจทะลุผ่านน้อยมาก ซึ่งพบว่าสามารถเดินทางผ่านอากาศได้ระยะทางเพียง เซนติเมตร 5-3หรือเพียงใช้แผ่นกระดาษบางๆ กั้น รังสีแอลฟาก็ไม่อาจทะลุผ่านได้ และเมื่อรังสีแอลฟาผ่านในสนามแม่เหล็กพบว่าแนวการเคลื่อนที่ของรังสีแอลฟาจะเป็นทางโค้งน้อย (รัศมีมาก)

7.2 รังสีบีตา ใช้สัญลักษณ์ β เป็นอนุภาคที่ประจุไฟฟ้า -1e มีมวลเท่ากับมวลอิเล็กตรอน นั่นคือ รังสีบีตาเป็นอิเล็กตรอน รังสีบีตาสามารถวิ่งผ่านอากาศได้ประมาณ 1-3 เมตร มีอำนาจทะลุผ่านมากกว่ารังสีแอลฟาโดยสามารถเคลื่อนที่ผ่านกระดาษได้แต่ไม่สามารถผ่านแผ่นอะลูมิเนียมได้ เมื่อรังสีบีตาผ่านในสนามแม่เหล็กพบว่าแนวการเคลื่อนที่ของรังสีบีตาจะเป็นทางโค้งน้อย (รัศมีมาก)

7.3 รังสีแกมมา ใช้สัญลักษณ์ γ เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นสั้นมาก แสดงว่าเป็นรังสีที่ไม่มีประจุไฟฟ้า และมีอำนาจทะลุสามารถทะลุผ่านผ่านสูงสุด โดยสามารถเคลื่อนที่ผ่านกระดาษและแผ่นอะลูมิเนียมที่หนาหลายเซนติเมตรได้แต่ถูกกั้นด้วยแผ่นตะกั่ว และรังสีแกมมาจะไม่เบี่ยงเบนในสนามแม่เหล็ก

การสลายกัมมันตรังสี (radioactive decay) เป็นกระบวนการที่นิวเคลียสไม่เสถียร (unstable nucleus) มีการสลายปล่อยอนุภาคหรือรังสีออกมา ทำให้โครงสร้างเปลี่ยนไป เกิดเป็นนิวเคลียสของธาตุใหม่ โดยนิวเคลียสของธาตุที่เกิดการสลาย เรียกนิวเคลียสตั้งต้น (parent nucleus) นิวเคลียสใหม่ที่เกิดจากการสลายตัว เรียกว่า นิวเคลียสลูก (daughter nucleus) นิวเคลียสลูกและรังสีที่ถูกปล่อยออกมา เรียกว่า ผลผลิตการสลาย (decay products)

8. **ยุทธศาสตร์การสอน** (กระบวนจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบ)

ขั้นนำเสนอมโนมติ

1. ครูและนักเรียนทบทวนความรู้เดิมที่มีมาก่อนของนักเรียน โดยครูใช้คำถามต่อไปนี้
   - ธาตุกัมมันตรังสีคืออะไร
   - ธาตุกัมมันตรังสีแตกต่างจากธาตุที่ไม่ใช่กัมมันตรังสีอย่างไร

2. ครูให้ความรู้เกี่ยวกับความหมายของกัมมันตภาพรังสีและธาตุกัมมันตรังสี และสมบัติของธาตุกัมมันตรังสี

ขั้นทบทวนความรู้เกี่ยวกับมโนมติเปรียบเทียบ

3. ครูสาธิตการเปล่งแสงของลูกบอลเรืองแสง หน้าชั้นเรียน โดยเปิดสวิตช์ของลูกบอลให้ทำงานแล้ววางลูกบอลบนโต๊ะ ซึ่งลูกบอลจะสั่นสะเทือนพร้อมเปล่งแสงสีต่างๆ ออกมา

ขั้นกำหนดประเด็นที่สำคัญของมโนมติเป้าหมาย

4. ครูให้นักเรียนสังเกตการเปล่งแสงของลูกบอลเรืองแสง และทำกิจกรรมการเปรียบเทียบตามใบกิจกรรมการเปรียบเทียบ เรื่อง ธาตุกัมมันตรังสี โดยตอบคำถามในประเด็นต่อไปนี้
   - เกิดอะไรขึ้นกับลูกบอล
     (ลูกบอลจะสั่นสะเทือนพร้อมเปล่งแสงสีต่างๆ ออกมาตลอดเวลา)

ขั้นเชื่อมโยงความเหมือนกัน

5. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อหาความคล้ายคลึงระหว่างลูกบอลเปล่งแสงกับธาตุกัมมันตรังสี เพื่อตอบคำถามในใบกิจกรรมการเปรียบเทียบ เรื่อง ธาตุกัมมันตรังสี

รายการ	การเปล่งแสงของลูกบอล	การเปรียบเทียบ	การแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสี
แหล่งกำเนิด	ลูกบอลเปล่งแสง	ความคล้ายคลึง	ธาตุกัมมันตรังสี
	หลอดไฟในลูกบอล	ความคล้ายคลึง	นิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสี
ความสามารถ	ลูกบอลสั่นสะเทือน	ความคล้ายคลึง	นิวเคลียสไม่เสถียร
	ลูกบอลเปล่งแสง	ความคล้ายคลึง	เกิดกัมมันตภาพรังสี
ผลิตผล	แสง	ความคล้ายคลึง	อนุภาคและรังสี
	ลูกบอลเปล่งแสงหลายสี	ความคล้ายคลึง	ธาตุกัมมันตรังสีปล่อยอนุภาคและรังสีหลายชนิด
	แสงที่เปล่งออกมาไม่อาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่	ความคล้ายคลึง	อนุภาคและรังสีที่ปล่อยออกมาไม่อาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่

ขั้นวิเคราะห์ความแตกต่าง

6. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อหาความแตกต่างระหว่างลูกบอลเปล่งแสงกับธาตุกัมมันตรังสี โดยครูใช้คำถามนำการอภิปราย ดังนี้

- ลูกบอลจะเปล่งแสงสีออกมาลักษณะเดิมทุกครั้งหรือไม่ อย่างไร

(ลูกบอลจะเปล่งแสงสีเดิมออกมาตลอดเวลา)

- ธาตุกัมมันตรังสีปล่อยอนุภาคหรือรังสีชนิดเดิมทุกครั้งที่เกิดกัมมันตภาพรังสีหรือไม่ อย่างไร

(ในแต่ละครั้งที่เกิดกัมมันตภาพรังสี ธาตุกัมมันตรังสีอาจแผ่รังสีหรือปลดปล่อยอนุภาคไม่เหมือนกัน)

- แสงที่เปล่งออกมามีสมบัติต่างกันหรือไม่ อย่างไร

(แสงที่ลูกบอลจะเปล่งออกมามีสมบัติไม่ต่างกัน)

- อนุภาคหรือรังสีที่ธาตุกัมมันตรังสีปลดปล่อยออกมามีสมบัติต่างกันหรือไม่ อย่างไร

(อนุภาคหรือรังสีที่ปล่อยออกมามีสมบัติแตกต่างกัน)

ขั้นสรุป

7. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้ โดยควรสรุปได้ว่า กัมมันตภาพรังสี เป็นปรากฏการณ์ที่ธาตุสามารถแผ่รังสีได้เอง เรียกธาตุนั้นว่า ธาตุกัมมันตรังสี หรือธาตุกัมมันตรังสี ซึ่งธาตุกัมมันตรังสีจะแผ่รังสีก็ต่อเมื่อนิวเคลียสของธาตุไม่เสถียร และอนุภาคหรือรังสีที่ธาตุกัมมันตรังสีแผ่ออกมามีหลายชนิด

8. ครูตั้งคำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน ดังนี้

- ถ้าเด็กชายแดงกล่าวว่า "ธาตุกัมมันตภาพรังสีเป็นธาตุที่แผ่รังสีได้เอง" คำพูดของนายแดงถูกต้องหรือไม่

(ไม่ถูกต้อง คำกล่าวที่ถูกต้อง คือ ธาตุกัมมันตรังสีเป็นธาตุที่แผ่รังสีได้เอง)

- เมื่อวางแหล่งกำเนิดที่ให้อนุภาคแอลฟา อนุภาคบีตา และรังสีแกมมาหน้าวัตถุชนิดหนึ่ง เมื่อเปิดแหล่งกำเนิดพร้อมกัน อนุภาคหรือรังสีใดจะเคลื่อนที่ไปได้ใกล้ไกลกว่ากัน

(รังสีที่ไปได้ไกลที่สุด คือ รังสีแกมมา ส่วนรังสีที่ไปได้ใกล้ที่สุด คือ รังสีแอลฟา)

9. นักเรียนเขียนแบบบันทึกการเรียนรู้เกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ในหัวข้อต่อไปนี้

- นักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้าง
- นักเรียนมีอะไรที่เป็นปัญหา/ยังไม่เข้าใจอะไรบ้าง
- ความรู้ที่นักเรียนได้รับแตกต่างจากความคิดเดิมหรือไม่ อย่างไร

9. **วัสดุอุปกรณ์และสื่อการเรียนรู้**

9.1 ลูกบอลเรืองแสง

9.2 ใบกิจกรรมการเปรียบเทียบ เรื่อง ธาตุกัมมันตรังสี

9.3 หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน วิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงาน

10. **การวัดประเมินผล**

10.1 อธิบายสมบัติสำคัญของธาตุกัมมันตรังสี

10.2 บอกได้ว่าธาตุกัมมันตรังสีจะแผ่รังสีเมื่อนิวเคลียสไม่เสถียร

10.3 อธิบายความหมายของกัมมันตภาพรังสี และธาตุกัมมันตรังสี

10.4 ทำกิจกรรมเปรียบเทียบเพื่อศึกษาการแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสี

10.5 บอกได้ว่าชนิดของอนุภาคและรังสีที่ธาตุกัมมันตรังสีปล่อยออกมามี 3 ชนิด ด้วยกัน คือ อนุภาคแอลฟา อนุภาคบีตา และรังสีแกมมา

10.6 อธิบายเกี่ยวกับสมบัติที่สำคัญอนุภาคและรังสีที่ธาตุกัมมันตรังสีปล่อยออกมา

วิธีการวัด

10.7 การสังเกตการตอบคำถามในห้องเรียน

10.8 การสังเกตการอภิปรายสรุป

10.9 การสังเกตพฤติกรรมในการทำกิจกรรม

10.10 การตรวจแบบฝึกหัด

10.11 การตรวจใบกิจกรรมเปรียบเทียบ

10.12 การอ่านแบบบันทึกการเรียนรู้

เครื่องมือวัด

10.13 คำถาม

10.14 แบบฝึกหัด

10.15 ใบกิจกรรมเปรียบเทียบ

10.16 แบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน

10.17 แบบบันทึกการเรียนรู้

11. บันทึกหลังสอน

11.1 ผลที่เกิดขึ้น

.....

.....

.....

.....

11.2 ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

.....

.....

11.3 ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ .....ผู้สอน

(นางสาวสายชล สุขโข)

...../...../.....

ใบกิจกรรมการเปรียบเทียบ เรื่อง ธาตุกัมมันตรังสี

ชื่อ – สกุล ..... เลขที่ .....กลุ่มที่.....

.....

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. เพื่อศึกษาการแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสีโดยใช้กิจกรรมเปรียบเทียบ

คำชี้แจง

ให้นักเรียนสังเกตการณ์สาธิตการทดลองของครูหน้าชั้นเรียน และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และตอบคำถามต่อไปนี้

1. เกิดอะไรขึ้นกับลูกบอล

.....(ลูกบอลจะสั่นสะเทือนพร้อมเปล่งแสงสีต่างๆ ออกมาตลอดเวลา).....

.....

แหล่งกำเนิด	ลูกบอลเรืองแสง	เปรียบเหมือนกับ	.....
	หลอดไฟในลูกบอล	เปรียบเหมือนกับ	(นิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสี)
ความสามารถ	ลูกบอลสั่นสะเทือน	เปรียบเหมือนกับ	(นิวเคลียสไม่เสถียร)
	ลูกบอลเปล่งแสง	เปรียบเหมือนกับ	(เกิดกัมมันตภาพรังสี)
ผลิตผล	แสง	เปรียบเหมือนกับ	(อนุภาคและรังสี)
	ลูกบอลเปล่งแสงหลายสี	เปรียบเหมือนกับ	(ธาตุกัมมันตรังสีปล่อยอนุภาคและรังสีหลายชนิด)
	แสงที่เปล่งออกมาไม่อาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่	เปรียบเหมือนกับ	(ธาตุกัมมันตรังสีแต่ละธาตุอาจปล่อยอนุภาคและรังสีแตกต่างกัน)

2. ลูกบอลจะเปล่งแสงสีออกมาลักษณะเดิมทุกครั้งหรือไม่ อย่างไร

.....(ลูกบอลจะเปล่งแสงสีเดิมออกมาตลอดเวลา).....

.....

3. ธาตุกัมมันตรังสีปล่อยอนุภาคหรือรังสีชนิดเดิมทุกครั้งที่เกิดกัมมันตภาพรังสีหรือไม่อย่างไร

(ในแต่ละครั้งที่เกิดกัมมันตภาพรังสี ธาตุกัมมันตรังสีอาจแผ่รังสีหรือปลดปล่อยอนุภาคไม่เหมือนกัน)

แสงที่เปล่งออกมามีสมบัติต่างกันหรือไม่ อย่างไร

(แสงที่ลูกบอลจะเปล่งออกมามีสมบัติไม่ต่างกัน)

4. อนุภาคหรือรังสีที่ธาตุกัมมันตรังสีปลดปล่อยออกมามีสมบัติต่างกันหรือไม่ อย่างไร

(อนุภาคหรือรังสีที่ปล่อยออกมามีสมบัติแตกต่างกัน)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาที่ 4 ภาคเรียนที่ 1
รายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์
เรื่อง การวัดปริมาณรังสี เวลา 1 ชั่วโมง

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว. 5.1:

เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิตการเปลี่ยนรูปพลังงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงานผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อมมีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 8.1:

ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

2. ตัวชี้วัด

2.1 อธิบายการเกิดกัมมันตภาพรังสีและบอกวิธีการตรวจสอบรังสีในสิ่งแวดล้อม การใช้ประโยชน์ ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

3. มโนมติ

3.1 กัมมันตภาพรังสี สามารถตรวจจับได้โดยเครื่องตรวจวัดรังสี ในธรรมชาติมีรังสีแต่ส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำมาก

4. ความรู้พื้นฐาน

4.1 นิวเคลียสของธาตุจะแผ่รังสีก็ต่อเมื่อเป็นนิวเคลียสไม่เสถียร

4.2 กัมมันตภาพรังสี เป็นปรากฏการณ์ที่ธาตุสามารถแผ่รังสีได้เอง

5. มโนมติที่คลาดเคลื่อน

5.1 กัมมันตภาพรังสีเป็นอันตรายเสมอ

(กัมมันตรังสีในระดับต่ำ เช่นรังสีระดับพื้นในสิ่งแวดล้อมทั่วไปจะไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต)

5.2 ในสิ่งแวดล้อมปกติ (เช่น ในห้องเรียน) ไม่มีกัมมันตภาพรังสี

(ในห้องเรียนและในร่างกายของเราก็มีกัมมันตภาพรังสี แต่มีในระดับต่ำมากจนไม่เป็นอันตราย ทุกวันเรารับรังสีคอสมิกในระดับต่ำมากอยู่เสมอ)

6. **จุดประสงค์การเรียนรู้**

6.1 อธิบายถึงวิธีการตรวจสอบรังสี

6.2 อธิบายเกี่ยวกับรังสีในสิ่งแวดล้อม

6.3 อธิบายปริมาณรังสีที่ส่งผลกระทบต่อร่างกาย

6.4 นำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

7. **สาระการเรียนรู้**

หน่วยวัดรังสี

การวัดปริมาณรังสีสามารถวัดได้โดยพิจารณาการเกิดกัมมันตภาพรังสีโดยตรง หรือพิจารณาจากผลของกัมมันตภาพรังสี ดังตาราง

ปริมาณและหน่วยทางรังสี

ปริมาณ	หน่วยเดิม	หน่วย SI	ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยเดิมและหน่วย SI
กัมมันตภาพ (activity) คือ การสลายของสารกัมมันตรังสีต่อหน่วยเวลา	คูรี (Ci)	เบคเคอเรล (Bq)	$1\ Ci = 3.7 \times 10^{10}\ Bq$
รังสีที่ทำให้อากาศแตกตัว (exposure) คือ ปริมาณไอออนที่เกิดจากการแตกตัวของอากาศ เมื่อได้รับรังสี	เรินเกนท์ (R)	คูลอมบ์ต่อกิโลกรัม (C/kg)	$1\ R = 2.58 \times 10^{4}\ C/kg$
รังสีที่ถูกดูดกลืน (radiation absorbed) คือ ปริมาณพลังงานที่วัตถุดูดกลืนไว้เมื่อได้รับรังสี	แรด (rad)	เกรย์ (Gy)	1 Gy = 100 rad
รังสีสมมูล (dose equivalent) คือ ผลรวมของปริมาณรังสีดูดกลืนในเนื้อเยื่อหรืออวัยวะของมนุษย์	เรม (rem)	ซีเวิร์ต (Sv)	1 Sv = 100 rem

ในสิ่งแวดล้อมมีรังสีตามธรรมชาติ รังสีเหล่านี้ได้แก่ รังสีคอสมิกจากอวกาศ และรังสีจากเรดอนซึ่งเป็นธาตุกัมมันตรังสีที่มีอยู่ในอากาศ หิน ดิน และต้นไม้ นอกจากนี้ ยังมีรังสีจากสิ่งประดิษฐ์และกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การทดลองทางนิวเคลียร์ อุตสาหกรรมนิวเคลียร์ การตรวจและรักษาโรคด้วยรังสี รวมทั้งอาหารและเครื่องดื่ม รังสีจึงเป็นส่วนหนึ่งของสิ่งแวดล้อมที่ทุกคนได้รับตลอดเวลา และหลีกเลี่ยงไม่ได้ รังสีเหล่านี้เรียกว่า รังสีพื้นฐาน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วมีปริมาณไม่มากและไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย

ปริมาณรังสีที่แต่ละบุคคลอาจจะได้รับในหนึ่งปีขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างดังตาราง ปริมาณรังสีที่แต่ละบุคคลอาจจะได้รับในหนึ่งปี (โดยประมาณ) ซึ่งจากตารางจะเห็นว่าปริมาณรังสีที่มนุษย์ได้รับจากสิ่งแวดล้อมมีปริมาณน้อยมาก ซึ่งตามข้อกำหนดของคณะกรรมาธิการว่าด้วยการป้องกันรังสีระหว่างประเทศ (ICRP: International Commission on Radiological Protection) ได้กำหนดขีดจำกัดปริมาณรังสี (dose limit) หรือค่ากำหนดสูงสุดของปริมาณรังสียังผลที่บุคคลอาจได้รับจากการดำเนินกิจรรมทางรังสี โดยปริมาณรังสีที่ประชาชนทั่วไปได้รับจากแหล่งกำเนิดรังสีทุกแหล่งรวมกันต้องไม่เกิน 5 มิลลิซีเวิร์ตต่อปีและสำหรับผู้ทำงานเกี่ยวกับรังสี ต้องไม่เกิน 20 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี

ปริมาณรังสีที่แต่ละบุคคลอาจจะได้รับในหนึ่งปี (โดยประมาณ)		
องค์ประกอบ	**แหล่งกำเนิดรังสี**	**ปริมาณรังสีที่ได้รับ (มิลลิซีเวิร์ต)**
1. แหล่งที่อยู่อาศัย	1.รังสีคอสมิกจากอวกาศที่ระดับน้ำทะเล (ทุกความสูง 300เมตร จะได้รับรังสีเพิ่มขึ้น 0.03มิลลิซีเวิร์ต)	0.26
	2. หินและดิน	0.30
	3. บ้านที่สร้างด้วยซีเมนต์หรืออิฐ	0.07
2.สิ่งที่เข้าสู่ร่างกาย	1. อาหารและน้ำดื่ม	0.03
	2. อากาศที่หายใจ	2.0
3. การดำเนินชีวิตประจำวัน	1. โทรทัศน์	0.01
	2. จอคอมพิวเตอร์	0.01
	3. ฝุ่นกัมมันตรังสีในอากาศ	0.01
	4. การเดินทางโดยเครื่องบิน	0.005

ปริมาณรังสีที่แต่ละบุคคลอาจจะได้รับในหนึ่งปี (โดยประมาณ)		
องค์ประกอบ	แหล่งกำเนิดรังสี	ปริมาณรังสีที่ได้รับ (มิลลิซีเวิร์ต)
4. การตรวจรักษาทางการแพทย์	เอกซ์เรย์ต่อครั้งเช่น	
	1. ทรวงอก	0.06
	2. มือ แขน ขา ฟัน	0.01
	3. กะโหลกศีรษะ / คอ	0.20
	4. กระดูกเชิงกราน / ตะโพก	0.65
	เอกซ์เรย์คอมพิวเตอร์ต่อครั้ง เช่น	
	1. ศีรษะหรือร่างกาย	1.1
	2. เภสัชกรรมรังสีหรือไทรอยด์	0.14

ที่มา: หนังสือเรียน รายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ปริมาณรังสีที่ส่งผลกระทบต่อร่างกาย	
ปริมาณรังสี (มิลลิซีเวิร์ต)	อาการ
2.2	เป็นระดับรังสีปกติในธรรมชาติที่มนุษย์แต่ละคนได้รับ 1 ปี
5	เกณฑ์สูงสุดที่อนุญาตให้สาธารณชนได้รับใน 1 ปี
50	เกณฑ์สูงสุดที่อนุญาตให้ผู้ปฏิบัติงานทางรังสีได้รับใน 1 ปี
250	ไม่ปรากฏอาการผิดปกติใดๆ ทั้งระยะสั้นและระยะยาว
500	เม็ดเลือดขาวลดลงเล็กน้อย
1,000	มีอาการคลื่นเหียน และอ่อนเพลีย เม็ดเลือดขาวลดลง
3,000	อ่อนเพลีย อาเจียน ท้องเสีย เม็ดเลือดขาวลดลง ผมร่วง เบื่ออาหาร ตัวซีด คอแห้ง มีไข้ อาจเสียชีวิตภายใน 3-6 สัปดาห์
6,000	อ่อนเพลีย อาเจียน ท้องร่วงภายใน 1-2 ชั่วโมงเสีย เม็ดเลือดขาวลดลงอย่างรวดเร็ว ผมร่วง มีไข้ อักเสบบริเวณปากและลำคออย่างรุนแรง
10,000	มีเลือดออก มีโอกาสเสียชีวิตถึงร้อยละ 50ภายใน 2-3 สัปดาห์ มีอาการเหมือนข้างต้น ผิวหนังพองบวม ผมร่วง เสียชีวิตภายใน 2-3 สัปดาห์

ที่มา: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

การวัดกัมมันตภาพรังสี

เราไม่สามารถสัมผัสหรือมองเห็นกัมมันตภาพรังสีได้ แต่สามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือสำรวจและตรวจวัดรังสีที่ภายในบรรจุตัวกลาง ซึ่งสามารถแตกตัวเป็นไอออนได้ เมื่ออนุภาคและรังสีจากการเกิดกัมมันตภาพรังสีตกกระทบ แล้วเครื่องจะแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าทำให้สามารถวัดกัมมันตภาพรังสีได้ เช่น เครื่องวัดรังสีแบบไกเกอร์-มูลเลอร์ (Geiger-Muller counter) เครื่องวัดกัมมันตภาพรังสีจากการเกิดประกาย (Scintillation counter) นอกจากนี้ผู้ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับรังสีเป็นประจำ ยังมีอุปกรณ์วัดปริมาณรังสีที่สามารถพกพาได้ เช่น ฟิล์มวัดรังสี ซึ่งบรรจุฟิล์มที่ไวต่อรังสี เครื่องวัดชนิดนี้เหมาะสำหรับใช้วัดรังสีเป็นระยะเวลานาน วิธีอ่านผลต้องนำฟิล์มไปล้าง แล้วดูความดำ-ขาวของฟิล์ม ซึ่งจะบอกปริมาณรังสีที่ผ่านมาที่ได้รับ และเครื่องวัดปริมารังสีชนิดอ่านได้ทันที ซึ่งสามารถอ่านค่าความแรงรังสีที่ได้รับเป็นตัวเลขทันที พร้อมกัลป์ส่งสัญญาณเตือนด้วย

ทั้งนี้ บริเวณที่มีกัมมันตภาพรังสี หรือภาชนะที่มีสารกัมมันตรังสีบรรจุอยู่ จะมีเครื่องหมายติดไว้ ซึ่งเป็นรูปใบพัดสีม่วงแดงหรือสีดำบนพื้นสีเหลือง ดังภาพ 24

ภาพ 24 สัญลักษณ์สากลที่แสดงว่าบริเวณนั้นมีรังสี

ที่มา: http://www.nst.or.th/article/article491/article4905.html

8. **ยุทธศาสตร์การสอน** (กระบวนการเรียนรู้โดยใช้เอกสารเปลี่ยนมโนมติ)

ขั้นนำเสนอสถานการณ์

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยครูตั้งประเด็นคำถามต่อไปนี้
   - เราสามารถรู้ได้อย่างไรว่าบริเวณใดมีรังสีหรือไม่

   (การเราสามารถรู้ได้ว่าบริเวณนั้นมีรังสีหรือไม่ด้วยการตรวจวัดกัมมันตภาพรังสีด้วยเครื่องสำรวจรังสี หรือด้วยฟิล์มถ่ายภาพ)
2. ครูแจ้งกับนักเรียนเกี่ยวกับเนื้อหาที่จะได้เรียนรู้ เรื่อง การวัดปริมาณรังสี

ขั้นทำนายคำตอบ

3. นักเรียนศึกษาเอกสารเปลี่ยนมโนมติ เรื่อง การวัดปริมาณรังสี โดยศึกษาสถานการณ์ที่กำหนดให้ แล้วทำนายคำตอบของสถานการณ์นั้น

ขั้นนำเสนอมโนมติที่คลาดเคลื่อน

4. นักเรียนศึกษาความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับรังสีพื้นฐานจากเอกสารเปลี่ยนมโนมติ เรื่อง การวัดปริมาณรังสี

ขั้นนำเสนอมโนมติที่ถูกต้อง

5. นักเรียนศึกษาความเข้าใจที่ถูกต้องตามหลักการทางเกี่ยวกับรังสีพื้นฐานจากเอกสารเปลี่ยนมโนมติ เรื่อง การวัดปริมาณรังสี

6. ครูสาธิตกิจกรรมการตรวจรังสีในสิ่งแวดล้อมใบกิจกรรมสาธิต เรื่อง การตรวจรังสีในสิ่งแวดล้อม จากวิดิทัศน์ เรื่อง การตรวจรังสีในสิ่งแวดล้อม

7. ครูอธิบายขยายความรู้เรื่องการวัดกัมมันตภาพรังสี โดยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการถามคำถามในประเด็นที่สงสัยด้วย

8. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้

9. ครูทดสอบความเข้าใจของนักเรียนใช้คำถามต่อไปนี้

- ในสิ่งแวดล้อมมีรังสีหรือไม่ และรังสีเหล่านี้เป็นอันตรายกับเราหรือไม่

(ในสิ่งแวดล้อมมีรังสีตามธรรมชาติ ซึ่งปริมาณรังสีเหล่านี้น้อยมาก จึงไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายมนุษย์)

- เราสามารถรู้ได้อย่างไรว่ามีรังสีหรือไม่

(เรารู้ได้ว่ามีรังสีหรือไม่ด้วยการตรวจสอบจากเครื่องวัดกัมมันตภาพรังสี หรือสังเกตจากเครื่องหมายรูปใบพัดสีม่วงแดงหรือสีดำบนพื้นสีเหลืองที่ติดบริเวณนั้น ซึ่งหมายถึงบริเวณที่มีกัมมันตภาพรังสี หรือภาชนะที่มีสารกัมมันตรังสีบรรจุอยู่)

10. นักเรียนเขียนแบบบันทึกการเรียนรู้ (Journals) เกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ในหัวข้อต่อไปนี้

- นักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้าง
- นักเรียนมีอะไรที่เป็นปัญหา/ยังไม่เข้าใจอะไรบ้าง
- ความรู้ที่นักเรียนได้รับแตกต่างจากความคิดเดิมหรือไม่ อย่างไร

9. สื่อการเรียนรู้

9.1 เอกสารเปลี่ยนมโนมติ เรื่อง การวัดปริมาณรังสี

9.2 วิดิทัศน์ เรื่อง การตรวจรังสีในสิ่งแวดล้อม

9.3 หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน วิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงาน

10. **การวัดประเมินผล**

อธิบายถึงวิธีการตรวจสอบรังสี

10.1 อธิบายเกี่ยวกับรังสีในสิ่งแวดล้อม

10.2 อธิบายปริมาณรังสีที่ส่งผลกระทบต่อร่างกาย

10.3 นำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

วิธีการวัด

10.4 การสังเกตการตอบคำถามในห้องเรียน

10.5 การสังเกตการอภิปรายสรุป

10.6 การตรวจแบบฝึกหัด

10.7 การตรวจเอกสารเปลี่ยนมโนมติ

10.8 การอ่านแบบบันทึกการเรียนรู้

เครื่องมือวัด

10.9 คำถาม

10.10 แบบฝึกหัด

10.11 เอกสารเปลี่ยนมโนมติ

10.12 แบบบันทึกการเรียนรู้

11. **บันทึกหลังสอน**

11.1 ผลที่เกิดขึ้น

.....

.....

11.2 ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

11.3 ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ .....ผู้สอน

(นางสาวสายชล สุขโข)

...../...../.....

เอกสารเปลี่ยนมโนมติ เรื่อง รังสีในสิ่งแวดล้อม

ชื่อ – สกุล ..... เลขที่ .....กลุ่มที่.....

จุดประสงค์

1. อธิบายเกี่ยวกับรังสีในสิ่งแวดล้อม

สถานการณ์ที่ 1 ที่ประตูหน้าห้องเอกซเรย์ในโรงพยาบาลจะมีป้ายที่มีสัญลักษณ์ ดังรูป ติดไว้

ซึ่งแสดงว่า บริเวณดังกล่าวมีรังสี นักเรียนคิดว่าบริเวณอื่นที่มีไม่มีสัญลักษณ์ ดังรูป จะมีรังสีหรือไม่ เพราะเหตุใด

☐ มี เพราะ.....

.....

☐ ไม่มี เพราะ.....

.....

สำหรับสถานการณ์ข้างต้น นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่องดังกล่าวว่า ในสิ่งแวดล้อมรอบตัวเราจะไม่มีรังสี แต่ถ้าเป็นบริเวณโรงพยาบาล หรือโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ตั้งอยู่อาจมีรังสีในปริมาณสูง

ซึ่งในความจริงแล้ว ทุกบริเวณรอบตัวเราจะมีรังสีอยู่

โดยสามารถอธิบายตามหลักการที่ถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

ในสิ่งแวดล้อมมีรังสีตามธรรมชาติ รังสีเหล่านี้ได้แก่ รังสีคอสมิกจากอวกาศ และรังสีจากเรดอนซึ่งเป็นธาตุกัมมันตรังสีที่มีอยู่ในอากาศ หิน ดิน และต้นไม้ นอกจากนี้ ยังมีรังสีจากสิ่งประดิษฐ์และกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การทดลองทางนิวเคลียร์ อุตสาหกรรมนิวเคลียร์ การตรวจ

และรักษาโรคด้วยรังสีรวมทั้งอาหารและเครื่องดื่ม รังสีจึงเป็นส่วนหนึ่งของสิ่งแวดล้อม ที่ทุกคนได้รับตลอดเวลาและหลีกเลี่ยงไม่ได้รังสีเหล่านี้เรียกว่า **รังสีพื้นฐาน**

สถานการณ์ที่ 2 ถ้าเด็กชาย ก อาศัยอยู่ในบริเวณที่มีรังสีพื้นฐาน นักเรียนคิดว่าเด็กชาย ก จะได้รับผลกระทบจากรังสีนั้นหรือไม่ เพราะเหตุใด

☐ ได้รับผลกระทบจากรังสี เพราะ.....

.....

.....

.....

☐ ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีเพราะ.....

.....

.....

.....

สำหรับสถานการณ์ข้างต้น นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่องดังกล่าวว่า ถ้าสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ในบริเวณที่มีรังสีพื้นฐานอยู่ จะได้รับอันตรายจากรังสีนั้นเสมอ

ซึ่งในความจริงแล้ว สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในบริเวณที่มีรังสีพื้นฐานอยู่ จะไม่ได้รับอันตรายจากรังสีนั้น

โดยสามารถอธิบายตามหลักการที่ถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

ในสิ่งแวดล้อมมีรังสีตามธรรมชาติ ที่เรียกว่า รังสีพื้นฐานซึ่งโดยทั่วไปแล้วมีปริมาณไม่มากและไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย ปริมาณรังสีที่แต่ละบุคคลอาจจะได้รับในหนึ่งปีขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ดังตารางปริมาณรังสีที่แต่ละบุคคลอาจจะได้รับในหนึ่งปี (โดยประมาณ) ซึ่งจากตารางจะเห็นว่าปริมาณรังสีที่มนุษย์ได้รับจากสิ่งแวดล้อมมีปริมาณน้อยมาก ซึ่งตามข้อกำหนดของคณะกรรมาธิการว่าด้วยการป้องกันรังสีระหว่างประเทศ (ICRP: International Commission on Radiological Protection) ได้กำหนดขีดจำกัดปริมาณรังสี (dose limit) หรือค่ากำหนดสูงสุดของปริมาณรังสียังผลที่บุคคลอาจได้รับจากการดำเนินกิจรรมทางรังสี โดยปริมาณรังสีที่ประชาชนทั่วไปได้รับจากแหล่งกำเนิดรังสีทุกแหล่งรวมกันต้องไม่เกิน 5 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี และสำหรับผู้ทำงานเกี่ยวกับรังสี ต้องไม่เกิน 20 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี

ปริมาณรังสีที่แต่ละบุคคลอาจจะได้รับในหนึ่งปี (โดยประมาณ)		
องค์ประกอบ	แหล่งกำเนิดรังสี	ปริมาณรังสีที่ได้รับ (มิลลิซีเวิร์ต)
1. แหล่งที่อยู่อาศัย	1.รังสีคอสมิกจากอวกาศที่ระดับน้ำทะเล (ทุกความสูง 300เมตร จะได้รับรังสีเพิ่มขึ้น 0.03มิลลิซีเวิร์ต)	0.26
	2. หินและดิน	0.30
	3. บ้านที่สร้างด้วยซีเมนต์หรืออิฐ	0.07
2.สิ่งที่เข้าสู่ร่างกาย	1. อาหารและน้ำดื่ม	0.03
	2. อากาศที่หายใจ	2.0
3. การดำเนินชีวิตประจำวัน	1. โทรทัศน์	0.01
	2. จอคอมพิวเตอร์	0.01
	3. ฝุ่นกัมมันตรังสีในอากาศ	0.01
	4. การเดินทางโดยเครื่องบิน	0.005
4. การตรวจรักษาทางการแพทย์	เอกซ์เรย์ต่อครั้งเช่น	
	1.ทรวงอก	0.06
	2.มือ แขน ขา ฟัน	0.01
	3. กะโหลกศีรษะ / คอ	0.20
	4. กระดูกเชิงกราน / ตะโพก	0.65
	เอกซ์เรย์คอมพิวเตอร์ต่อครั้ง เช่น	
	1. ศีรษะหรือร่างกาย	1.1
	2. เภสัชกรรมรังสีหรือไทรอยด์	0.14

ที่มา: หนังสือเรียน รายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ปริมาณรังสีที่ส่งผลกระทบต่อร่างกาย	
ปริมาณรังสี (มิลลิซีเวิร์ต)	**อาการ**
2.2	เป็นระดับรังสีปกติในธรรมชาติที่มนุษย์แต่ละคนได้รับ 1 ปี
5	เกณฑ์สูงสุดที่อนุญาตให้สาธารณชนได้รับใน 1 ปี
50	เกณฑ์สูงสุดที่อนุญาตให้ผู้ปฏิบัติงานทางรังสีได้รับใน 1 ปี
250	ไม่ปรากฏอาการผิดปกติใดๆ ทั้งระยะสั้นและระยะยาว
500	เม็ดเลือดขาวลดลงเล็กน้อย
1,000	มีอาการคลื่นเหียน และอ่อนเพลีย เม็ดเลือดขาวลดลง
3,000	อ่อนเพลีย อาเจียน ท้องเสีย เม็ดเลือดขาวลดลง ผมร่วง เบื่ออาหาร ตัวซีด คอแห้ง มีไข้ อาจเสียชีวิตภายใน 3-6 สัปดาห์
6,000	อ่อนเพลีย อาเจียน ท้องร่วงภายใน 1-2 ชั่วโมงเสีย เม็ดเลือดขาวลดลงอย่างรวดเร็ว ผมร่วง มีไข้ อักเสบบริเวณปากและลำคออย่างรุนแรง
10,000	มีเลือดออก มีโอกาสเสียชีวิตถึงร้อยละ 50ภายใน 2-3 สัปดาห์ มีอาการเหมือนข้างต้น ผิวหนังพองบวม ผมร่วง เสียชีวิตภายใน 2-3 สัปดาห์

ที่มา: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

ทั้งนี้ บริเวณที่มีกัมมันตภาพรังสี หรือภาชนะที่มีสารกัมมันตรังสีบรรจุอยู่ จะมีเครื่องหมายติดไว้ ซึ่งเป็นรูปใบพัดสีม่วงแดงหรือสีดำบนพื้นสีเหลือง ดังภาพ 25

ภาพ 25 สัญลักษณ์สากลที่แสดงว่าบริเวณนั้นมีรังสี

ที่มา: http://www.nst.or.th/article/article491/article4905.html

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ **ชั้นมัธยมศึกษาที่ 4 ภาคเรียนที่ 1**
รายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน **หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์**
เรื่อง ประโยชน์และโทษของรังสี **เวลา 2 ชั่วโมง**

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว. 5.1:

เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิตการเปลี่ยนรูปพลังงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงานผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อมมีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐานว 8.1:

ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

2. ตัวชี้วัด

2.1 อธิบายการเกิดกัมมันตภาพรังสีและบอกวิธีการตรวจสอบรังสีในสิ่งแวดล้อม การใช้ประโยชน์ ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

3. มโนมติ

3.1 รังสีมีประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรม การเกษตร การแพทย์ โบราณคดี

3.2 รังสีในระดับสูงมีอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต

4. ความรู้พื้นฐาน

4.1 วิธีการตรวจสอบรังสี

4.2 ปริมาณรังสีที่ส่งผลกระทบต่อร่างกาย

5. มโนมติที่คลาดเคลื่อน

5.1 สารกัมมันตรังสีจะถ่ายทอดรังสีจากสิ่งมีชีวิตหนึ่งไปยังสิ่งมีชีวิตอีกอย่างหนึ่งได้โดยการกินต่อกันเป็นทอดๆ และจะส่งผลร้ายแรงหรือไม่ขึ้นกับปริมาณของสารกัมมันตรังสีที่ได้รับ

(ถ้าร่างกายได้รับรังสีระดับสูงมากอาการผิดปกติก็อาจเกิดทางร่างกายจนเป็นอันตรายต่อชีวิต อันตรายนี้เป็นผลสืบเนื่องมาจากสมบัติของรังสีที่ทำให้สารที่รังสีผ่านแตกตัวเป็นไอออน

กล่าวคือเมื่อร่างกายได้รับรังสีเนื้อเยื่อร่างกายจะดูดกลืนพลังงานของรังสีทำให้เซลล์ต่างๆ ถูกทำลาย และรังสียังอาจทำให้เกิดโรคเช่นมะเร็ง เป็นต้น และอาจมีผลทางพันธุกรรมซึ่งจะถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกหลาน)

5.2 การฉายรังสีเป็นการดูดกลืนรังสีและจะทำให้วัตถุนั้นกลายเป็นสารกัมมันตรังสี

(การตกค้างของรังสีในการฉายรังสี ถ้ารังสีที่ใช้เป็นรังสีแกมมาก็จะไม่มีรังสีตกค้าง แต่ถ้าเป็นนิวตรอนจะมีไอโซโทปกัมมันตรังสีเกิดขึ้นจึงต้องปล่อยให้ไอโซโทปกัมมันตรังสีสลายตัวจนมีระดับรังสีที่ปลอดภัยจึงนำมาใช้ประโยชน์ได้ และในการถนอมอาหารจะใช้รังสีแกมมาจึงไม่มีผลตกค้างใดๆ สารกัมมันตรังสีจะตกค้างในวัตถุมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุ)

6. จุดประสงค์การเรียนรู้

6.1 ยกตัวอย่างและอธิบายการนำกัมมันตภาพรังสีไปใช้ประโยชน์ในด้านการแพทย์ โบราณคดี เกษตรกรรม และอุตสาหกรรม

6.2 อธิบายเกี่ยวกับถึงผลกระทบของสารกัมมันตรังสีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมได้

6.3 นำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

7. สาระการเรียนรู้:

นักวิทยาศาสตร์สามารถประดิษฐ์สารกัมมันตรังสีได้จึงมีการนำสารกัมมันตรังสีไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ด้านการแพทย์ ในการแพทย์มีการใช้ไอโซโทปกัมมันตรังสีเพื่อการตรวจวินิจฉัยและการบำบัดรักษาโรค เช่น โรคมะเร็ง

การบำบัดรักษาโรค เช่น การใช้รังสีแกมมาจากโคบอลต์-60 ไปทำลายเซลล์มะเร็งและการใช้ไอโอดีน -131 ตรวจสอบความผิดปกติของต่อมไทรอยด์ เป็นต้น

ด้านอุตสาหกรรม ไอโซโทปกัมมันตรังสีนำมาใช้ในอุตสาหกรรม เช่นการควบคุมกระบวนการผลิตกระจก กระดาษ แผ่นเหล็ก พลาสติกให้มีความหนาสม่ำเสมอ และการหารอยรั่วของท่อส่งน้ำมันและแก๊สธรรมชาติ โดยใส่ตัวทำรอย (tracer) ในการส่งท่อ เป็นต้น

ด้านการเกษตร การใช้สารกัมมันตรังสีในการเกษตร เช่นการทำหมันแมลงโดยการฉายรังสีแกมมาที่ดักแด้ของแมลงที่เพราะเลี้ยงไว้ แล้วปล่อยคืนสู่ธรรมชาติ ทำให้แมลงไม่สามารถขยายพันธุ์ได้ การฉายรังสีอาหารเพื่อให้คงความสดเป็นเวลานาน และการฉายรังสีไปยังดอกไม้บางชนิดทำให้เกิดการกลายพันธุ์ เป็นต้น

การศึกษาอัตราการดูดซึมปุ๋ยของต้นไม้ โดยใส่ปุ๋ยที่มีตัวทำรอย เช่น ฟอสฟอรัส-32 รากจะดูดสารกัมมันตรังสีแล้วส่งต่อไปยังใบ เมื่อวัดปริมาณรังสีที่ใบ จะหาอัตราการดูดซึมปุ๋ยของต้นไม้ได้

ด้านโบราณคดีและธรณีวิทยา นักโบราณคดีสามารถหาอายุของวัตถุโบราณและซากสิ่งมีชีวิตโดยอาศัยหลักการที่ว่า สิ่งมีชีวิตทุกชนิดมีคาร์บอน-14 และคาร์บอน-12 ในสิ่งมีชีวิตขณะยังไม่ตายมีค่าคงตัว เมื่อสิ่งมีชีวิตนั้นตาย จะไม่สามารถรับคาร์บอนเพิ่มได้ ขณะเดียวกับคาร์บอน -14 ซึ่งเป็นไอโซโทปกัมมันตรังสีก็มีการสลายด้วยครึ่งชีวิต 5,730 ปี ทำให้อัตราส่วนระหว่างคาร์บอน -14 และคาร์บอน -12 ลดลงเรื่อยๆ ข้อมูลนี้ใช้คำนวณหาอายุของซากสิ่งมีชีวิตได้ เช่น การหาอายุของซากเรือไม้ พบว่าอัตราส่วนระหว่างคาร์บอน-14 และคาร์บอน-12 ของซากเรือมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนทั้งสองของไม้นั้นที่ยังไม่ตายแสดงว่าซากเรือลำนั้นมีอายุประมาณ 5,730 ปี

ส่วนนักธรณีวิทยาก็สามารถใช้ความรู้เกี่ยวกับการสลายกัมมันตรังสี เพื่อหาอายุของหินและอายุของโลกได้

รังสีที่มนุษย์ได้รับจากสิ่งแวดล้อมมีปริมาณน้อยมากจึงไม่มีผลใดๆ ต่อร่างกาย แต่ถ้าร่างกายได้รับปริมาณรังสีระดับสูงมากอาการผิดปกติก็อาจเกิดทางร่างกายจนเป็นอันตรายต่อชีวิต อันตรายนี้เป็นผลสืบเนื่องมาจากสมบัติของรังสีที่ทำให้สารที่รังสีผ่านแตกตัวเป็นไอออน กล่าวคือเมื่อร่างกายได้รับรังสี เนื้อเยื่อร่างกายจะดูดกลืนพลังงานของรังสีทำให้เซลล์ต่างๆ ถูกทำลาย นอกจากนี้รังสียังอาจทำให้เกิดโรคเช่น มะเร็ง และมีผลทางพันธุกรรมซึ่งจะถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกหลาน อย่างไรก็ตาม รังสีจะไม่ตกค้างอยู่ในร่างกายหรืออาหารที่อาบรังสี

ถ้าสารกัมมันตรังสีเข้าสู่ร่างกาย อันตรายจากรังสีจะเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะสารกัมมันตรังสีที่อยู่ในสภาพแก๊สหรือผง ซึ่งจะเข้าสู่ร่างกายง่าย โดยการหายใจหรือรับประทาน เมื่อสารกัมมันตรังสีเข้าไปแล้ว จะอยู่ในร่างกายเป็นเวลานานเนื้อเยื่อในร่างกายจะดูดกลืนพลังงานจากรังสีตลอดเวลา ทำให้ร่างกายเป็นอันตรายได้มากกว่าการได้รับรังสีจากภายนอกร่างกาย

8. ยุทธศาสตร์การสอน (กระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทบาทสมมติ)

8.1 ขั้นเตรียมการ

1. ครูกำหนดประเด็นที่จะศึกษาเกี่ยวกับประโยชน์และผลกระทบของกัมมันตภาพรังสี เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและชุมชน และกำหนดสถานการณ์เป็นการเสวนาการเลือกกัมมันตภาพรังสีมาใช้ในชุมชน

2. ครูกำหนดบทบาทที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ ได้แก่

- ผู้เชี่ยวชาญด้านกัมมันตภาพรังสี จากสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ ที่มีความเชี่ยวชาญด้านการประยุกต์ใช้กัมมันตภาพรังสีด้านเกษตรกรรม

- ผู้เชี่ยวชาญด้านกัมมันตภาพรังสีจากสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ ที่มีความเชี่ยวชาญด้านการประยุกต์ใช้กัมมันตภาพรังสีด้านอุตสาหกรรม

- นักโบราณคดี ที่มีความเชี่ยวชาญด้านการประยุกต์ใช้กัมมันตภาพรังสีด้านโบราณคดี

- แพทย์ประจำโรงพยาบาลรัฐบาลแห่งหนึ่ง ที่มีความเชี่ยวชาญด้านการประยุกต์ใช้กัมมันตภาพรังสีด้านการแพทย์

- นักอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม จากกรมส่งเสริมคุณภาพด้านสิ่งแวดล้อม ผู้ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสี และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

3. ซึ่งข้อมูลในบัตรประกอบด้วย ครูจัดทำบัตรบทบาทของผู้ที่เกี่ยวข้อง

- ความเชี่ยวชาญของบุคคลนั้น

- ประเด็นที่จะใช้เพื่อเสวนา

4. ครูเตรียมเวทีเพื่อใช้ในการเสวนา

8.2 **ขั้นแสดง**

5. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยนำนักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับข่าวสถานการณ์เกี่ยวกับกัมมันตรังสี ดังนี้

- นักเรียนเคยได้ยินข่าวการเก็บสารกัมมันตรังสีในเมืองสงขลาหรือไม่ อย่างไร

- นักเรียนเคยได้ยินข่าวอุบัติเหตุรังสีที่จังหวัดสมุทรปราการเมื่อช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2543

6. ครูชี้แจงเพิ่มเติมกับนักเรียนว่าจะได้เรียนรู้เรื่อง ประโยชน์และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ของกัมมันตภาพรังสี โดยการสวมบทบาทสมมติ และแจ้งจุดประสงค์การทำกิจกรรมดังนี้

- ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้กัมมันตภาพรังสีในด้านต่างๆ ได้แก่ ด้านการแพทย์ ด้านโบราณคดี ด้านเกษตรกรรมและด้านอุตสาหกรรม และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

- อภิปรายสรุปร่วมกันว่า ควรเลือกกัมมันตภาพรังสีนำมาใช้ในชุมชนหรือไม่

7. ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็น และมอบหมายให้นักเรียนแต่ กลุ่มๆ ละเท่ากัน 5 กลุ่ม รับผิดชอบ โดยใช้วิธีจับสลากเลือกบทบาท บทบาท 1

8. นักเรียนแต่ละกลุ่มรับใบกิจกรรมและบัตรบทบาทสมมติ และศึกษาบทบาทที่ได้รับ

9. และนำข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับประเด็นที่ใช้ในการเสวนา นักเรียนแต่ละกลุ่มข้อมูลที่ได้มาอภิปรายและสรุปร่วมกัน

10. นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกผู้แทนกลุ่มเพื่อแสดงบทบาทสมมติที่ได้รับมอบหมายและช่วยกันเตรียมการอภิปรายของผู้แทนกลุ่ม

11. ครูจัดเสวนาในหัวข้อ ควรเลือกกัมมันตภาพรังสีนำมาใช้ในชุมชนหรือไม่ และให้ตัวแทนนักเรียนของกลุ่มออกมานำเสนอบทบาทสมมติ และร่วมอภิปรายในการเสวนาในประเด็นที่ศึกษา โดยครูเป็นผู้ดำเนินการเสวนาและให้นักเรียนที่เหลือเป็นผู้ฟังการอภิปรายและสังเกตการนำเสนอบทบาทสมมติลงในแบบสังเกตการแสดง เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและชุมชน

8.3 ขั้นวิเคราะห์และอภิปรายผล

12. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนผู้แสดงบทบาทสมมติเปิดเผยความรู้สึกต่อบทบาทที่ตนได้รับ

8.4 ขั้นแสดงเพิ่มเติม

13. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนที่เป็นผู้สังเกตตั้งคำถามในประเด็นที่สงสัยและให้นักเรียนผู้แสดงนั้นบทบาทสมมติได้แสดงเพิ่มเติม

8.3 ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์และสรุป

14. นักเรียนกลับเข้ากลุ่ม และนำข้อมูลที่ได้จากการแสดง และการสังเกตการแสดง มาอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันและสรุปว่า ควรเลือกกัมมันตภาพรังสีมาใช้ในชุมชนหรือไม่ เพราะเหตุใด และนำเสนอในรูปแบบต่างๆ

15. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้กัมมันตภาพรังสี และผลกระทบของกัมมันตภาพรังสีต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม

16. นักเรียนเขียนแบบบันทึกการเรียนรู้ (Journals) เกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ในหัวข้อต่อไปนี้

- นักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้าง
- นักเรียนมีอะไรที่เป็นปัญหา/ยังไม่เข้าใจอะไรบ้าง
- ความรู้ที่นักเรียนได้รับแตกต่างจากความคิดเดิมหรือไม่ อย่างไร

9. สื่อการเรียนรู้

9.1 บัตรบทบาทสมมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและชุมชน

9.2 หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน วิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงาน

9.3 แบบสังเกตการแสดง เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและชุมชน

10. แหล่งการเรียนรู้

10.1 วารสาร นิวเคลียร์ปริทัศน์

10.2 วารสาร TINT MAGAZINE

10.3 หนังสือ เรื่อง คุณหมอนักอะตอม, อะตอมนักธุรกิจ, อะตอมนักสำรวจ, อะตอมเพื่อเกษตร และอยู่ปลอดภัยกับอะตอม

10.4 เว็บไซต์: สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ (http://www.oaep.go.th)

10.5 เว็บไซต์: สมาคมนิวเคลียร์แห่งประเทศไทย (http://www.nst.or.th)
(http://www2.egat.co.th/ned)

10.6 เว็บไซต์: International Atomic Energy Agency (http://www.iaea.org)

11. การวัดประเมินผล

11.1 ยกตัวอย่างและอธิบายการนำกัมมันตภาพรังสีไปใช้ประโยชน์ในด้านการแพทย์ โบราณคดี เกษตรกรรม และอุตสาหกรรม

11.2 อธิบายเกี่ยวกับถึงผลกระทบของสารกัมมันตรังสีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมได้

11.3 นำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

วิธีการวัด

11.4 การสังเกตการตอบคำถามในห้องเรียน

11.5 การนำเสนอการสืบค้นข้อมูล

11.6 การสังเกตการอภิปรายสรุป

11.7 การแสดงบทบาทสมมติ

11.8 การตรวจรายงานการทำกิจกรรมการแสดงบทบาทสมมติ

11.9 การอ่านแบบบันทึกการเรียนรู้

เครื่องมือวัด

11.10 คำถาม

11.11 แบบสังเกตการแสดง

11.12 ข้อมูลและเอกสารประกอบการแสดงบทบาทสมมติ

11.13 รายงานการทำกิจกรรมการแสดงบทบาทสมมติ

11.14 แบบบันทึกการเรียนรู้

12. **บันทึกหลังสอน**

12.1 ผลที่เกิดขึ้น

.....

.....

12.2 ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

12.3 ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ .....ผู้สอน

(นางสาวสายชล สุขโข)

...../...../.....

บัตรบทบาทสมมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและชุมชน

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. เพื่ออธิบายและยกตัวอย่างการนำกัมมันตภาพรังสีไปใช้ประโยชน์ในด้านการแพทย์ โบราณคดี เกษตรกรรม และอุตสาหกรรม

2. เพื่ออธิบายเกี่ยวกับถึงผลกระทบของสารกัมมันตรังสีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมได้

คำชี้แจง

ให้นักเรียนอ่านข้อมูลเกี่ยวกับบทบาทสมมติที่ได้รับ และร่วมกันค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับประเด็นที่ใช้ในการเสวนา และนำข้อมูลที่ได้มาอภิปรายและสรุปร่วมกัน จากนั้นเลือกผู้แทนกลุ่มเพื่อแสดงบทบาทสมมติที่ได้รับมอบหมายและร่วมอภิปรายหน้าชั้นเรียน เรื่อง ควรเลือกกัมมันตภาพรังสีนำมาใช้ในชุมชนหรือไม่

บทบาทผู้เชี่ยวชาญด้านกัมมันตภาพรังสี

ผู้สวมบทบาทเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านกัมมันตภาพรังสี จากสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ แสดงให้เห็นว่า ท่านมีความเชี่ยวชาญด้านการประยุกต์กัมมันตภาพรังสีในด้านการเกษตร ในการปรับปรุงพันธุ์พืชและความรู้เกี่ยวกับอาหารของรังสี

ข้อมูลประกอบ

(เพื่อใช้ประกอบการเสวนาให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น นักเรียนอาจค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ)

การประยุกต์ใช้กัมมันตภาพรังสีด้านการเกษตร เช่น การพัฒนาสายพันธุ์ให้ได้พืชพันธุ์ดี มีผลผลิตสูง การกำจัดแมลงศัตรูพืชโดยไม่มีสารพิษตกค้าง การยืดอายุผลผลิตที่เก็บเกี่ยวแล้วให้เก็บได้นานและขนส่งได้ในระยะไกล รวมทั้งการฆ่าเชื้อโรคเพื่อถนอมอาหารให้มีคุณภาพดี บริโภคได้อย่างปลอดภัยในระยะเวลาที่ยาวนานขึ้นด้วย

บัตรบทบาทสมมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและชุมชน

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. เพื่ออธิบายและยกตัวอย่างการนำกัมมันตภาพรังสีไปใช้ประโยชน์ในด้านการแพทย์ โบราณคดี เกษตรกรรม และอุตสาหกรรม

2. เพื่ออธิบายเกี่ยวกับถึงผลกระทบของสารกัมมันตรังสีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมได้

คำชี้แจง

ให้นักเรียนอ่านข้อมูลเกี่ยวกับบทบาทสมมติที่ได้รับ และร่วมกันค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับประเด็นที่ใช้ในการเสวนา และนำข้อมูลที่ได้มาอภิปรายและสรุปร่วมกัน จากนั้นเลือกผู้แทนกลุ่มเพื่อแสดงบทบาทสมมติที่ได้รับมอบหมายและร่วมอภิปรายหน้าชั้นเรียน เรื่อง ควรเลือกกัมมันตภาพรังสีนำมาใช้ในชุมชนหรือไม่

บทบาทผู้เชี่ยวชาญด้านกัมมันตภาพรังสี

ผู้สวมบทบาทเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านกัมมันตภาพรังสี จากสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ แสดงให้เห็นว่า ท่านมีความเชี่ยวชาญด้านการประยุกต์กัมมันตภาพรังสีในด้านอุตสาหกรรม ทั้งทางด้านการพัฒนาปรับปรุงการผลิตและการควบคุมการผลิต

ข้อมูลประกอบ

(เพื่อใช้ประกอบการเสวนาให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น นักเรียนอาจค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ)

การประยุกต์ใช้กัมมันตภาพรังสีด้านอุตสาหกรรมต่างๆ อย่างกว้างขวาง ทั้งในกระบวนการผลิตโดยตรงและเพื่อสนับสนุนการผลิต เช่น การวัดและควบคุมในกระบวนการผลิต การตรวจหาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต และศึกษาประสิทธิภาพของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิต

บัตรบทบาทสมมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและชุมชน

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. เพื่ออธิบายและยกตัวอย่างการนำกัมมันตภาพรังสีไปใช้ประโยชน์ในด้านการแพทย์ โบราณคดี เกษตรกรรม และอุตสาหกรรม

2. เพื่ออธิบายเกี่ยวกับถึงผลกระทบของสารกัมมันตรังสีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมได้

คำชี้แจง

ให้นักเรียนอ่านข้อมูลเกี่ยวกับบทบาทสมมติที่ได้รับ และร่วมกันค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับประเด็นที่ใช้ในการเสวนา และนำข้อมูลที่ได้มาอภิปรายและสรุปร่วมกัน จากนั้นเลือกผู้แทนกลุ่มเพื่อแสดงบทบาทสมมติที่ได้รับมอบหมายและร่วมอภิปรายหน้าชั้นเรียน เรื่อง ควรเลือกกัมมันตภาพรังสีนำมาใช้ในชุมชนหรือไม่

บทบาทนักโบราณคดี

ผู้สวมบทบาทเป็นนักโบราณคดี แสดงให้เห็นถึงความรู้ความเชี่ยวชาญในด้านวัตถุโบราณ และซากดึกดำบรรพ์ ซึ่งในครั้งนี้ท่านถูกเชิญมาให้ความรู้เกี่ยวกับการประยุกต์กัมมันตภาพรังสีในด้านโบราณคดี

ข้อมูลประกอบ

(เพื่อใช้ประกอบการเสวนาให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น นักเรียนอาจค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ)

เมื่อนักโบราณคดีขุดค้นพบซากดึกดำบรรพ์ หรือวัตถุโบราณ จะสามารถตรวจสอบอายุของซากสิ่งนั้นได้ โดยการหาอายุจากการสลายกัมมันตรังสี (Radioactive dating) จากการสลายของไอโซโทปกัมมันตรังสีที่อยู่ในวัตถุโบราณหรือซากสิ่งมีชีวิต โดยวัดปริมาณของคาร์บอน-14 ที่เหลืออยู่ในซากสิ่งมีชีวิต

สำหรับวัตถุโบราณที่ไม่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ เราสามารถหาอายุได้จากการสลายของยูเรเนียม-238 กลายเป็นตะกั่ว-206 ซึ่งยูเรเนียมจะมีอยู่ในหินตั้งแต่หินเริ่มก่อตัว อายุของหินสามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนของตะกั่ว-206 กับ ยูเรเนียม-238 นอกจากนี้ เราสามารถหาอายุของหินที่เก่าแก่มากๆ ได้จากการสลายของรูบิเดียม-87 กลายเป็น สตรอนเตียม-87 ซึ่งเคยถูกใช้หาอายุของตัวอย่างหินที่เก็บจากดวงจันทร์

บัตรบทบาทสมมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและชุมชน

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. เพื่ออธิบายและยกตัวอย่างการนำกัมมันตภาพรังสีไปใช้ประโยชน์ในด้านการแพทย์ โบราณคดี เกษตรกรรม และอุตสาหกรรม

2. เพื่ออธิบายเกี่ยวกับถึงผลกระทบของสารกัมมันตรังสีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมได้

คำชี้แจง

ให้นักเรียนอ่านข้อมูลเกี่ยวกับบทบาทสมมติที่ได้รับ และร่วมกันค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับประเด็นที่ใช้ในการเสวนา และนำข้อมูลที่ได้มาอภิปรายและสรุปร่วมกัน จากนั้นเลือกผู้แทนกลุ่มเพื่อแสดงบทบาทสมมติที่ได้รับมอบหมายและร่วมอภิปรายหน้าชั้นเรียน เรื่อง ควรเลือกกัมมันตภาพรังสีนำมาใช้ในชุมชนหรือไม่

บทบาทแพทย์ประจำโรงพยาบาลรัฐบาลแห่งหนึ่ง

ผู้สวมบทบาทเป็นแพทย์ประจำโรงพยาบาลรัฐบาลแห่งหนึ่ง แสดงให้เห็นถึงความรู้ความเชี่ยวชาญในด้านการแพทย์ ซึ่งในครั้งนี้ท่านถูกเชิญมาให้ความรู้เกี่ยวกับการประยุกต์กัมมันตภาพรังสีในด้านการแพทย์

ข้อมูลประกอบ

(เพื่อใช้ประกอบการเสวนาให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น นักเรียนอาจค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ)

ประโยชน์ของรังสีที่นำมาใช้ประโยชน์ทางการแพทย์เพื่อให้รู้อาการป่วยของผู้ป่วยที่มารับประกอบด้วยรังสีวินิจฉัยและ หรือรักษาการเจ็บป่วย การตรวจร่างกายรังสีรักษา

บัตรบทบาทสมมติ เรื่อง กัมมันตภาพรังสีและชุมชน

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. เพื่ออธิบายและยกตัวอย่างการนำกัมมันตภาพรังสีไปใช้ประโยชน์ในด้านการแพทย์ โบราณคดี เกษตรกรรม และอุตสาหกรรม

2. เพื่ออธิบายเกี่ยวกับถึงผลกระทบของสารกัมมันตรังสีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมได้

คำชี้แจง

ให้นักเรียนอ่านข้อมูลเกี่ยวกับบทบาทสมมติที่ได้รับ และร่วมกันค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับประเด็นที่ใช้ในการเสวนา และนำข้อมูลที่ได้มาอภิปรายและสรุปร่วมกัน จากนั้นเลือกผู้แทนกลุ่มเพื่อแสดงบทบาทสมมติที่ได้รับมอบหมายและร่วมอภิปรายหน้าชั้นเรียน เรื่อง ควรเลือกกัมมันตภาพรังสีนำมาใช้ในชุมชนหรือไม่

บทบาทนักอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

ผู้สวมบทบาทเป็นนักอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม จากกรมส่งเสริมคุณภาพด้านสิ่งแวดล้อม แสดงให้เห็นว่าท่านเห็นด้วยว่าประเทศไทยกำลังประสบปัญหากับภาวะวิกฤตด้านพลังงาน และควรหาพลังงานทดแทนอย่างเร่งด่วน ซึ่งพลังงานนิวเคลียร์เป็นพลังงานทางเลือกหนึ่ง ซึ่งในเสวนาครั้งนี้ท่านจะให้ข้อมูลเกี่ยวกับผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

ข้อมูลประกอบ

(เพื่อใช้ประกอบการเสวนาให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น นักเรียนอาจค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ)

แบบสังเกตการแสดง

เรื่อง.....

ผู้สังเกตการแสดง.....ชั้น..... เลขที่.....

1. ให้นักเรียนสรุปเหตุการณ์สำคัญที่อยู่ในการแสดงบทบาทสมมติ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ให้นักเรียนวิเคราะห์บทบาทของผู้แสดงในหัวข้อที่กำหนดให้

ลำดับ	ชื่อตัวละคร	ความคิดเห็นของตัวละคร	ความคิดเห็นของนักเรียนต่อตัวละคร

แบบบันทึกการเรียนรู้

เรื่อง.....

ชื่อ – สกุล ..... เลขที่ .....กลุ่มที่.....

.....

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนตอบคำถามในประเด็นต่อไปนี้

1. นักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. นักเรียนมีอะไรที่เป็นปัญหา/ยังไม่เข้าใจอะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ความรู้ที่นักเรียนได้รับแตกต่างจากความคิดเดิมหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ง เกณฑ์การวิเคราะห์มโนมติเกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์

เกณฑ์การวิเคราะห์มโนมติเกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์

1. มโนมติเกี่ยวกับการแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสี

มโนมติเกี่ยวกับการแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสีที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับ คือ ธาตุกัมมันตรังสีเป็นสารที่สามารถแผ่รังสีได้ เนื่องจากนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีเป็นนิวเคลียสไม่เสถียร (นิวเคลียสที่มีจำนวนนิวตรอนแตกต่างจากจำนวนโปรตอนมากเกินไป) จึงแผ่รังสีออกมาได้ตลอดเวลา โดยอนุภาคและรังสีที่ธาตุกัมมันตรังสีปลดปล่อยออกมามี 3 ชนิดด้วยกัน คือ อนุภาคแอลฟา อนุภาคบีตาและรังสีแกมมา ซึ่งอนุภาคแอลฟา (α) เป็นนิวเคลียสของธาตุฮีเลียม ทำให้สารที่ผ่านเกิดการแตกตัวเป็นไอออนได้ดีจึงเสียพลังงานอย่างรวดเร็ว อนุภาคแอลฟามีอำนาจทะลุผ่านน้อยมาก สามารถเดินทางผ่านอากาศได้ระยะทางเพียง 3-5 เซนติเมตร เพียงใช้กระดาษบางๆ กั้น อนุภาคแอลฟาก็ไม่อาจทะลุผ่านได้ ส่วนอนุภาคบีตา (β) เป็นอิเล็กตรอนสามารถผ่านอากาศได้ประมาณ 1-3 เมตร อนุภาคบีตาจึงมีอำนาจทะลุผ่านมากกว่าอนุภาคแอลฟา สามารถเคลื่อนที่ทะลุผ่านกระดาษได้ แต่ไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านแผ่นอะลูมิเนียมได้ และรังสีแกมมา (γ) เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นสั้นมาก สามารถทะลุผ่านแผ่นอะลูมิเนียมที่หนาหลายเซนติเมตรได้แต่ถูกกั้นด้วยตะกั่ว จึงมีอำนาจทะลุผ่านมากที่สุดในบรรดารังสีทั้งสามชนิด

เกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ความเข้าใจมโนมติเกี่ยวกับการแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสี

ประเภทความเข้าใจ	เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาจัดประเภทความเข้าใจ
ความเข้าใจมโนมติถูกต้อง	- บอกได้ว่าการแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสีเนื่องมาจากนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีไม่เสถียร - อธิบายชนิด ลักษณะ และอำนาจในการทะลุทะลวงของอนุภาคของรังสีที่ธาตุกัมมันตรังสีปลดปล่อยออกมาได้ถูกต้อง
ความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน	- บอกได้ว่าการแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสีเนื่องมาจากนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีไม่เสถียร และอธิบายชนิด ลักษณะและอำนาจในการทะลุทะลวงของอนุภาคและรังสีที่ธาตุกัมมันตรังสีปลดปล่อยออกมาได้ถูกต้องเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือ

เกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ความเข้าใจมโนมติเกี่ยวกับการแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสี (ต่อ)

ประเภทความเข้าใจ	เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาจัดประเภทความเข้าใจ
	- บอกไม่ได้ว่าการแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสีเนื่องมาจากนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีไม่เสถียร แต่อธิบายทั้งชนิด ลักษณะและอำนาจในการทะลุทะลวงของอนุภาคและรังสีที่ธาตุกัมมันตรังสีปลดปล่อยออกมาได้ถูกต้อง
ความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน	- บอกได้ว่าการแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสีเนื่องมาจากนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีไม่เสถียร และอธิบายชนิด ลักษณะและอำนาจในการทะลุทะลวงของอนุภาคและรังสีที่ธาตุกัมมันตรังสีปลดปล่อยออกมาไม่ถูกต้อง หรือ - บอกไม่ได้ว่าการแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสีเนื่องมาจากนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีไม่เสถียร และอธิบายชนิด ลักษณะและอำนาจในการทะลุทะลวงของอนุภาคและรังสีที่ธาตุกัมมันตรังสีปลดปล่อยออกมาไม่ถูกต้อง
ความไม่เข้าใจมโนมติ	- บอกไม่ได้ว่าการแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสีเนื่องมาจากนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีไม่เสถียร และไม่สามารถอธิบายถึงอนุภาคและรังสีที่ธาตุกัมมันตรังสีปลดปล่อยออกมาทั้งเรื่องชนิด ลักษณะและอำนาจในการทะลุทะลวง หรือพูดทวนคำถามนั้นๆ หรือตอบว่าไม่รู้ หรือไม่เข้าใจ หรืออธิบายในเรื่องที่ไม่เกี่ยวข้องและไม่เป็นเหตุเป็นผลกับเรื่องที่ผู้วิจัยถาม

2. มโนมติเกี่ยวกับครึ่งชีวิต

มโนมติเกี่ยวกับครึ่งชีวิตที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับ คือ การสลายกัมมันตรังสีของธาตุชนิดเดียวกันที่มีจำนวนนิวเคลียส (หรือมวล) เริ่มต้นเท่ากันจะมีอัตราการสลายตัวเท่ากัน เรียกเวลาที่นิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีลดลงเหลือครึ่งหนึ่งของจำนวนนิวเคลียสเริ่มต้นว่า ครึ่งชีวิต (half-life) ธาตุกัมมันตรังสีแต่ละชนิดมีครึ่งชีวิตที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ปัจจัยอื่น เช่น ความดัน อุณหภูมิ การเปลี่ยนแปลงทางเคมี ไม่มีผลต่อการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี

เกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ความเข้าใจมโนมติเกี่ยวกับครึ่งชีวิต

ประเภทความเข้าใจ	เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาจัดประเภทความเข้าใจ
ความเข้าใจมโนมติถูกต้อง	- อธิบายเกี่ยวกับการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสีโดยนำค่าครึ่งชีวิตมาใช้ในการอธิบายได้ถูกต้อง - บอกได้ว่าปัจจัยอื่น เช่น ความดัน อุณหภูมิ การเปลี่ยนแปลงทางเคมี ไม่มีผลต่อการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี
ความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน	- อธิบายเกี่ยวกับการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสีโดยนำค่าครึ่งชีวิตมาใช้ในการอธิบายได้ถูกต้อง และบอกได้ว่าปัจจัยอื่น เช่น ความดัน อุณหภูมิ การเปลี่ยนแปลงทางเคมี ไม่มีผลต่อการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี แต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน
ความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน	- อธิบายเกี่ยวกับการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสีโดยนำค่าครึ่งชีวิตมาใช้ในการอธิบายได้ถูกต้องเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง แต่บอกว่าปัจจัยอื่น เช่น ความดัน อุณหภูมิ การเปลี่ยนแปลงทางเคมี มีผลต่อการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี หรือ - อธิบายเกี่ยวกับการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี โดยนำค่าครึ่งชีวิตมาใช้อธิบายไม่ถูกต้อง แต่บอกว่าและบอกว่าปัจจัยอื่น เช่น ความดัน อุณหภูมิ การเปลี่ยนแปลงทางเคมี ไม่มีผลต่อการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี
ความไม่เข้าใจมโนมติ	- อธิบายเกี่ยวกับการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสีโดยไม่นำค่าครึ่งชีวิตมาใช้ในการอธิบาย และบอกว่าปัจจัยอื่น เช่น ความดัน อุณหภูมิ การเปลี่ยนแปลงทางเคมี มีผลต่อการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี หรือพูดทวนคำถามนั้นๆ หรือตอบว่าไม่รู้ หรือไม่เข้าใจ หรืออธิบายในเรื่องที่ไม่เกี่ยวข้องและไม่เป็นเหตุเป็นผลกับเรื่องที่ผู้วิจัยถาม

3. มโนมติเกี่ยวกับการตรวจวัดรังสี

มโนมติเกี่ยวกับการตรวจวัดรังสีที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับ คือ ในสิ่งแวดล้อมมีรังสีตามธรรมชาติ รังสีเป็นส่วนหนึ่งของสิ่งแวดล้อม ที่ทุกคนได้รับตลอดเวลา และหลีกเลี่ยงไม่ได้ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วมีปริมาณไม่มากและไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย และเราไม่สามารถสัมผัสหรือมองเห็นกัมมันตภาพรังสีได้ แต่สามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือสำรวจและตรวจวัดรังสี

เกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ความเข้าใจมโนมติเกี่ยวกับการตรวจวัดรังสี

ประเภทความเข้าใจ	เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาจัดประเภทความเข้าใจ
ความเข้าใจมโนมติถูกต้อง	- อธิบายเกี่ยวกับรังสีในสิ่งแวดล้อมได้ในเรื่องแหล่งที่พบ ปริมาณ และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต - อธิบายการตรวจวัดรังสีได้ถูกต้อง
ความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน	- อธิบายเกี่ยวกับรังสีในสิ่งแวดล้อมได้ในเรื่องแหล่งที่พบ หรือปริมาณ หรือผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต เพียงอย่างใดอย่างหนึ่งแต่อธิบายการตรวจวัดรังสีได้ถูกต้อง หรือ - อธิบายเกี่ยวกับรังสีในสิ่งแวดล้อมได้ในเรื่องแหล่งที่พบ ปริมาณ และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต แต่อธิบายการตรวจวัดรังสีไม่ถูกต้อง
ความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน	- อธิบายเกี่ยวกับรังสีในสิ่งแวดล้อมไม่ได้ในเรื่องแหล่งที่พบ ปริมาณ และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต แต่อธิบายการตรวจวัดรังสีได้ถูกต้อง หรือ - อธิบายเกี่ยวกับรังสีในสิ่งแวดล้อมได้ในเรื่องแหล่งที่พบ ปริมาณ และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต เพียงอย่างใดอย่างหนึ่งและอธิบายการตรวจวัดรังสีไม่ถูกต้อง
ความไม่เข้าใจมโนมติ	- อธิบายเกี่ยวกับรังสีในสิ่งแวดล้อมไม่ได้ในเรื่องแหล่งที่พบ ปริมาณ และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต และอธิบายการตรวจวัดรังสีไม่ได้ หรือพูดทวนคำถามนั้นๆ หรือตอบว่าไม่รู้ หรือไม่เข้าใจ หรืออธิบายในเรื่องที่ไม่เกี่ยวข้องและไม่เป็นเหตุเป็นผลกับเรื่องที่ผู้วิจัยถาม

4. มโนมติเกี่ยวกับผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสี

มโนมติเกี่ยวกับผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสีที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับ คือ ถ้าร่างกายได้รับรังสีระดับสูงมากอาการผิดปกติก็อาจเกิดทางร่างกายจนเป็นอันตรายต่อชีวิตอันตรายนี้เป็นผลสืบเนื่องมาจากสมบัติของรังสีที่ทำให้สารที่รังสีผ่านแตกตัวเป็นไอออน กล่าวคือเมื่อร่างกายได้รับรังสี นอกจากนี้รังสียังอาจทำให้เกิดโรค เช่น มะเร็ง เป็นต้น และอาจมีผลทางพันธุกรรมซึ่งจะถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกหลาน ซึ่งอันตรายที่เกิดขึ้นจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ ชนิดและปริมาณของรังสีที่ได้รับ และระยะห่างจากธาตุกัมมันตรังสีด้วย

ในการฉายรังสีเพื่อถนอมอาหาร รังสีจะไม่ตกค้างอยู่ในอาหารที่อาบรังสีหรือตกค้างในร่างกายเมื่อกินเข้าไป

เกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ความเข้าใจมโนมติเกี่ยวกับผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสี

ประเภทความเข้าใจ	เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาจัดประเภทความเข้าใจ
ความเข้าใจมโนมติถูกต้อง	อธิบายเกี่ยวกับผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิตได้ถูกต้อง
ความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน	อธิบายเกี่ยวกับผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสีต่อสิ่งมีชีวิตหรือสิ่งไม่มีชีวิต ได้ถูกต้องเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง
ความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน	อธิบายเกี่ยวกับผลกระทบของธาตุกัมมันตรังสีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต ไม่ถูกต้อง
ความไม่เข้าใจมโนมติ	พูดทวนคำถามนั้นๆ หรือตอบว่าไม่รู้ หรือไม่เข้าใจ หรืออธิบายในเรื่องที่ไม่เกี่ยวข้องและไม่เป็นเหตุเป็นผลกับเรื่องที่ผู้วิจัยถาม

5. มโนมติเกี่ยวกับการนำกัมมันตภาพรังสีไปใช้ประโยชน์

มโนมติเกี่ยวกับการนำกัมมันตภาพรังสีไปใช้ประโยชน์ที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับ คือ การนำธาตุกัมมันตรังสีไปใช้ในด้านต่างๆ ได้ เช่น ทางด้านการแพทย์ เพื่อตรวจวินิจฉัยการบำบัดโรค เช่น โรคมะเร็ง ทางการเกษตร ใช้ในการทำลายศัตรูพืช ฉายรังสีอาหาร การศึกษาอัตราการดูดซึมปุ๋ยของต้นไม้

เกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ความเข้าใจมโนมติเกี่ยวกับการนำกัมมันตภาพรังสีไปใช้ประโยชน์

ประเภทความเข้าใจ	เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาจัดประเภทความเข้าใจ
ความเข้าใจมโนมติถูกต้อง	- อธิบายและยกตัวอย่างเกี่ยวกับการนำกัมมันตภาพรังสีไปใช้ประโยชน์ได้ถูกต้อง
ความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน	- อธิบายเกี่ยวกับการนำกัมมันตภาพรังสีไปใช้ประโยชน์ได้ถูกต้องเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง และยกตัวอย่างการนำกัมมันตภาพรังสีไปใช้ประโยชน์
ความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน	- อธิบายเกี่ยวกับการนำกัมมันตภาพรังสีไปใช้ประโยชน์ได้ถูกต้องแต่ไม่สามารถยกตัวอย่างการนำกัมมันตภาพรังสีไปใช้ประโยชน์ หรือ - อธิบายเกี่ยวกับการนำกัมมันตภาพรังสีไปใช้ประโยชน์ไม่ได้แต่สามารถยกตัวอย่างการนำกัมมันตภาพรังสีไปใช้ประโยชน์
ความไม่เข้าใจมโนมติ	- อธิบายและยกตัวอย่างเกี่ยวกับการนำกัมมันตภาพรังสีไปใช้ประโยชน์ไม่ได้ หรือพูดทวนคำถามนั้นๆ หรือตอบว่าไม่รู้ หรือไม่เข้าใจ หรืออธิบายในเรื่องที่ไม่เกี่ยวข้องและไม่เป็นเหตุเป็นผลกับเรื่องที่ผู้วิจัยถาม

6. มโนมติเกี่ยวกับปฏิกิริยานิวเคลียร์

มโนมติเกี่ยวกับปฏิกิริยานิวเคลียร์ที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับ คือ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ คือ ปฏิกิริยาที่เกิดความเปลี่ยนแปลงกับนิวเคลียสของอะตอม โดยอาจเกิดนิวเคลียสของธาตุใหม่ หรือนิวเคลียสที่ถูกชนเปลี่ยนไปอยู่ในสถานะถูกกระตุ้นแล้วปลดปล่อยรังสีแกมมาออกมา ปฏิกิริยานิวเคลียร์มีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโดยตรงต่อนิวเคลียส ซึ่งแตกต่างจากปฏิกิริยาทางเคมีที่อะตอมของธาตุยังคงเดิมแต่กลายเป็นสารประกอบใหม่ จึงไม่มีการเปลี่ยนแปลงธาตุแต่อย่างใด

ปฏิกิริยาฟิชชัน เป็นปฏิกิริยาที่เกิดจากการทำให้นิวเคลียสของธาตุที่มีเลขมวลมากๆ เช่น ยูเรเนียม แยกเป็นนิวเคลียสใหม่สองนิวเคลียสที่มีเลขมวลลดลง โดยการยิงอนุภาคที่มีมวลน้อยๆ เช่น นิวตรอน ไปยังนิวเคลียส ซึ่งการแตกตัวของนิวเคลียสในแต่ละครั้งจะมีพลังงานที่ถูกปล่อยออกมาเรียกว่า พลังงานนิวเคลียร์

ปฏิกิริยาฟิวชัน เป็นปฏิกิริยาที่เกิดจากการทำให้นิวเคลียสของธาตุที่มีเลขมวลน้อยสองนิวเคลียสหลอมรวมกัน เกิดนิวเคลียสใหม่ที่เลขมวลมากขึ้นและมีพลังงานนิวเคลียร์ออกมาเช่นกัน

ในการเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์แต่ละครั้งจะมีพลังงานนิวเคลียร์ถูกปลดปล่อยออกมาด้วย ตามความสัมพันธ์ระหว่างมวลและพลังงาน $E=mc^2$

เกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ความเข้าใจมโนมติเกี่ยวกับปฏิกิริยานิวเคลียร์

ประเภทความเข้าใจ	เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาจัดประเภทความเข้าใจ
ความเข้าใจมโนมติถูกต้อง	- คำตอบของนักเรียนเกี่ยวกับปฏิกิริยานิวเคลียร์ถูกต้อง และมีการให้เหตุผลถูกต้อง - อธิบายความหมายและลักษณะปฏิกิริยานิวเคลียร์ได้ถูกต้อง
ความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน	- คำตอบของนักเรียนเกี่ยวกับปฏิกิริยานิวเคลียร์ถูกต้อง และอธิบายความหมายหรือลักษณะปฏิกิริยานิวเคลียร์ได้ถูกต้องเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือ - คำตอบของนักเรียนเกี่ยวกับปฏิกิริยานิวเคลียร์ไม่ถูกต้อง แต่อธิบายความหมายและลักษณะปฏิกิริยานิวเคลียร์ได้
ความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน	- คำตอบของนักเรียนเกี่ยวกับปฏิกิริยานิวเคลียร์ถูกต้อง แต่อธิบายความหมายและลักษณะปฏิกิริยานิวเคลียร์ไม่ได้ หรือ - คำตอบของนักเรียนเกี่ยวกับปฏิกิริยานิวเคลียร์ไม่ถูกต้อง แต่อธิบายความหมายหรือลักษณะปฏิกิริยานิวเคลียร์ได้เพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง
ความไม่เข้าใจมโนมติ	- คำตอบของนักเรียนเกี่ยวกับปฏิกิริยานิวเคลียร์ไม่ถูกต้อง และอธิบายความหมายและลักษณะปฏิกิริยานิวเคลียร์ไม่ได้ หรือพูดทวนคำถามนั้นๆ หรือตอบว่าไม่รู้ หรือไม่เข้าใจ หรืออธิบายในเรื่องที่ไม่เกี่ยวข้องและไม่เป็นเหตุเป็นผลกับเรื่องที่ผู้วิจัยถาม

7. มโนมติเกี่ยวกับการนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้ประโยชน์

มโนมติเกี่ยวกับการนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้ประโยชน์ที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับ คือ การนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้คือการนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้ในด้านต่างๆ ตัวอย่างเช่น การผลิตพลังงานไฟฟ้า การขับเคลื่อนเรือเดินสมุทรเพื่อขนส่งสินค้าระหว่างทวีป และใช้กลั่นน้ำทะเลเพื่อให้ได้น้ำจืดโดยการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยพลังงานนิวเคลียร์มีแพร่หลายในหลายประเทศ เพราะต้นทุนการผลิตต่ำเมื่อคิดในระยะยาวและถือว่าเป็นเชื้อเพลิงสะอาด ประกอบกับเชื้อเพลิงหลัก คือ น้ำมัน ถ่านหิน และแก๊สธรรมชาติมีปริมาณลดลง และจะหมดไปในอนาคต

เกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ความเข้าใจมโนมติเกี่ยวกับการนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้ประโยชน์

ประเภทความเข้าใจ	เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาจัดประเภทความเข้าใจ
ความเข้าใจมโนมติถูกต้อง	- ยกตัวอย่างการนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้ประโยชน์ได้ - อธิบายเกี่ยวกับการนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้ประโยชน์ด้านโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ได้ถูกต้อง
ความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน	- ยกตัวอย่างการนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้ประโยชน์ได้ และอธิบายเกี่ยวกับการนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้ประโยชน์ด้านโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ได้ถูกต้อง แต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน
ความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน	- ยกตัวอย่างการนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้ประโยชน์ได้ แต่อธิบายเกี่ยวกับการนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้ประโยชน์ด้านโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ไม่ได้ - ยกตัวอย่างการนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้ประโยชน์ไม่ได้ แต่อธิบายเกี่ยวกับการนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้ประโยชน์ด้านโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ได้ถูกต้อง
ความไม่เข้าใจมโนมติ	- ยกตัวอย่างการนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้ประโยชน์ไม่ได้ และอธิบายเกี่ยวกับการนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้ประโยชน์ด้านโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ไม่ได้ หรือพูดทวนคำถามนั้นๆ หรือตอบว่าไม่รู้ หรือไม่เข้าใจ หรืออธิบายในเรื่องที่ไม่เกี่ยวข้องและไม่เป็นเหตุเป็นผลกับเรื่องที่ผู้วิจัยถาม

8. มโนมติเกี่ยวกับผลกระทบของพลังงานนิวเคลียร์

มโนมติเกี่ยวกับผลกระทบของพลังงานนิวเคลียร์ที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับ คือ ผลกระทบของโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์คือในการเดินเครื่องโรงไฟฟ้านิวเคลียร์มีธาตุกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้น ซึ่งส่วนใหญ่จะถูกกักเก็บไว้ภายในแท่งเชื้อเพลิง จะมีเศษธาตุกัมมันตรังสีเล็กน้อยที่ไม่อันตรายถูกปลดปล่อยปะปนกับอากาศออกมาสู่สิ่งแวดล้อมซึ่งโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ เป็นโรงไฟฟ้าที่นำความร้อนจากปฏิกิริยานิวเคลียร์มาใช้ผลิตไฟฟ้า ซึ่งไม่ก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซที่ก่อให้เกิดมลภาวะต่างๆ ที่เป็นสาเหตุของปรากฏการณ์เรือนกระจกและฝนกรด ในขณะที่โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงถ่านหินจะปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และออกไซด์ของไนโตรเจน ที่สามารถรวมตัวกับละอองไอน้ำในบรรยากาศทำให้เกิดฝนกรดหรือหมอกกรด ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทำลายป่าไม้ แม่น้ำ และเป็นอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์ แต่อย่างไรก็ตาม การเกิดอุบัติเหตุของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์จะมีระดับความรุนแรงต่างกัน ซึ่งแต่ละระดับจะมีการแพร่กระจายของธาตุกัมมันตรังสีออกสู่สภาพแวดล้อมภายนอก ในปริมาณที่แตกต่างกัน

เกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ความเข้าใจมโนมติเกี่ยวกับผลกระทบของพลังงานนิวเคลียร์

ประเภทความเข้าใจ	เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาจัดประเภทความเข้าใจ
ความเข้าใจมโนมติถูกต้อง	- อธิบายเกี่ยวกับผลกระทบของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมได้ถูกต้อง - อธิบายเกี่ยวกับผลกระทบอันเนื่องมากจากอุบัติเหตุรังสีของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมได้ถูกต้อง
ความเข้าใจมโนมติถูกต้องบางส่วน	- อธิบายเกี่ยวกับผลกระทบของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ หรือผลกระทบอันเนื่องมาจากอุบัติเหตุรังสีของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ ต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ได้ถูกต้องเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง
ความเข้าใจมโนมติคลาดเคลื่อน	- อธิบายเกี่ยวกับผลกระทบของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ และผลกระทบอันเนื่องมาจากอุบัติเหตุรังสีของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ ต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ไม่ถูกต้อง
ความไม่เข้าใจมโนมติ	- พูดทวนคำถามนั้นๆ หรือตอบว่าไม่รู้ หรือไม่เข้าใจ หรืออธิบายในเรื่องที่ไม่เกี่ยวข้องและไม่เป็นเหตุเป็นผลกับเรื่องที่ผู้วิจัยถาม