

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มที่ตลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และเพื่อหาปัจจัยและสาเหตุของการเกิดแนวโน้มที่ตลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ตัวอย่างประชากร เป็นครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 2 คน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 2 ห้องเรียน จำนวน 89 คน ประจำภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2537 โรงเรียนขนาดใหญ่โรงเรียนหนึ่งในจังหวัดขอนแก่น

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. ทดสอบวัดมโนคติ โดยใช้แบบทดสอบวัดมโนคติ ทั้งก่อนและหลังเรียนกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 89 คน

2. สัมภาษณ์นักเรียนที่มีมโนคติที่ตลาดเคลื่อน โดยผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์นักเรียน ทั้งก่อนและหลังการเรียนการสอน โดยเลือกสัมภาษณ์นักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ 66.67 % ของแบบทดสอบแต่ละครั้ง โดยมีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ของแบบทดสอบก่อนเรียน จำนวน 42 คน และหลังเรียน จำนวน 30 คน ผู้วิจัยเลือกนักเรียนใน 2 กลุ่มนี้ มาสัมภาษณ์ก่อนเรียน จำนวน 25 คน และหลังเรียน จำนวน 25 คน โดยเรียงลำดับจากผู้ที่ได้คะแนนน้อยที่สุดขึ้นมา

3. สังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอน แบบไม่มีส่วนร่วม โดยเข้าสังเกตการสอนตามปกติของครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ ของชั้นเรียนนั้นทุกชั่วโมง เพื่อนำผลการสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอนมาใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดมโนคติที่ตลาดเคลื่อนของนักเรียน

จากผลการทดสอบวัดมโนคติ พบว่าในจำนวน 14 มโนคติ มีนักเรียนเข้าใจตลาดเคลื่อนทุกมโนคติทั้งก่อนและหลังการเรียนการสอนและพบว่าหลังจากจบการเรียนการสอนแล้ว นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนคติที่ตลาดเคลื่อนลดลงแต่ยังคงมีนักเรียนบางส่วนมีความเข้าใจมโนคติตลาดเคลื่อนอยู่และจากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอนครั้งนี้พบว่าครูทั้งสองคนสอนโดยใช้วิธีการสอนตามแบบคู่มือครูของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยสอนแบบอภิปรายร่วมกัน บรรยาย บรรยายประกอบแผ่นใสและทดลอง การนำเสนอผลการสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอนในแต่ละมโนคติ กระทำโดยเลือกกิจกรรมการเรียนการสอนของครูผู้ใดผู้หนึ่ง ซึ่งผู้วิจัยพิจารณาว่ามีส่วนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่ตลาดเคลื่อนในมโนคตินั้น ๆ

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในแต่ละมโนคติ แบ่งเป็น 4 ส่วน คือ

- 1) ตารางแสดงค่าร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนคติระดับต่างๆ แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง
- 2) ตัวอย่างการสัมภาษณ์นักเรียน ที่มีมโนคติคลาดเคลื่อน ทั้งก่อนและหลังการเรียนรู้การสอน
- 3) ผลการสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอน
- 4) สาเหตุที่นักเรียนมีความเข้าใจมโนคติที่คลาดเคลื่อน มีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

4.1 มโนคติที่ทำการศึกษา

มโนคติที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ ครอบคลุมมโนคติที่เกี่ยวกับเรื่อง เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน ซึ่งประกอบด้วย มโนคติใหญ่ 4 มโนคติ โดยแบ่งมโนคิต่อย่อยที่ทำการศึกษาเป็น 14 มโนคติ ดังนี้

- | | |
|-----------------------------|------------------------------------|
| 1) อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรไฟฟ้า | แยกเป็นมโนคิต่อย่อย จำนวน 5 มโนคติ |
| 2) วงจรไฟฟ้า | แยกเป็นมโนคิต่อย่อย จำนวน 3 มโนคติ |
| 3) เครื่องใช้ไฟฟ้า | แยกเป็นมโนคิต่อย่อย จำนวน 4 มโนคติ |
| 4) กำลังไฟฟ้า | แยกเป็นมโนคิต่อย่อย จำนวน 2 มโนคติ |
| | รวม 14 มโนคติ |

ดังรายละเอียดที่แสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 แสดงมโนคติที่ทำการศึกษา

มโนคติ	จำนวน	ทำการวัดข้อที่ แสดงในตารางที่	
1. อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรไฟฟ้า	5		
1.1 ความต้านทานของหลอดตัวนำ	1	1, 2, 3	2, 3, 4, 5
1.2 คุณสมบัติของสายไฟ	1	4	6
1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรไฟฟ้าในบ้าน	1	5, 6, 7	7, 8, 9, 10
		8, 9, 10	11, 12, 13
1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า	1	11	14
ความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า			

ตารางที่ 1 แสดงโมเมนต์ที่ทำการศึกษา (ต่อ)

มโนคติ	จำนวน	ทำการวัดข้อที่	แสดงในตารางที่
1.5 ความปลอดภัยในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน	1	12	15
2. วงจรไฟฟ้า	3		
2.1 วงจรไฟฟ้า	1	13, 14, 15	16, 17, 18, 19
2.2 กระแสไฟฟ้าเร็ว	1	16	20
2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและความต้านทานไฟฟ้า	1	17, 18, 19	21, 22, 23, 24
3. เครื่องใช้ไฟฟ้า	4		
3.1 เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้พลังงานแสง	1	20, 21, 22	25, 26, 27, 28
3.2 เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้พลังงานความร้อน	1	23, 24	29, 30, 31
3.3 เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้พลังงานกล	1	25	32
3.4 เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้พลังงานเสียง	1	26	33
4. กำลังไฟฟ้า	2		
4.1 มาตรฐานไฟฟ้า	1	27, 28	34, 35, 36
4.2 พลังงานไฟฟ้า	1	29, 30	37, 38, 39
รวมทั้งหมด	14		

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

มโนคติเรื่อง ความต้านทานของลวดตัวนำ

มโนคติเรื่องนี้ ทำการวัดโดยใช้แบบทดสอบจำนวน 3 ข้อ (ข้อ 1-3) ได้สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลไว้ในตารางที่ 2 ดังนี้คือ

ตารางที่ 2 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนคติเรื่อง ความต้านทานของลวดตัวนำ แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้

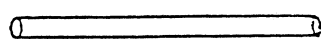
ความเข้าใจมโนคติ	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)	2.24 (n=2)	38.08 (n=34)
ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	11.20 (n=10)	35.84 (n=32)
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	64.96 (n=58)	15.68 (n=14)
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)	19.04 (n=17)	7.84 (n=7)
ความไม่เข้าใจ (NU)	2.24 (n=2)	2.24 (n=2)

จากตารางที่ 2 พบว่า เมื่อทำการทดสอบวัดมโนติก่อนเรียน (Preconception) เรื่อง ความต้านทานของลวดตัวนำ มีนักเรียนร้อยละ 2.24 มีความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และนักเรียนร้อยละ 84.00 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) หลังจากให้นักเรียนได้เรียนเรื่องนี้แล้ว ทำการวัดมโนติหลังเรียน (Postconception) พบว่า นักเรียนมีมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) สูงขึ้น คือมีจำนวนร้อยละ 38.08 และมีนักเรียนส่วนหนึ่งคิดเป็นร้อยละ 23.52 ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) อยู่

ผลการวิเคราะห์โมเดลย่อยเรื่อง ความต้านทานของลวดตัวนำ เสนอเป็นรายข้อดังนี้

ข้อที่ 1. ลวดตัวนำชนิดเดียวกัน 2 เส้น

ภาพที่ 1



เส้นที่ 1



เส้นที่ 2

จากภาพที่ 1 ลวดตัวนำเส้นที่ 1 มีความต้านทานไฟฟ้าเป็นอย่างไรเมื่อเทียบกับ
เส้นลวดเส้นที่ 2 เพราะเหตุใด ?

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้อที่ 1. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้

ความเข้าใจโมเดล	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจโมเดลที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)	16.85 (n=15)	51.69 (n=46)
- มากกว่า เพราะว่า เป็นลวดตัวนำชนิดเดียวกัน ยาวเท่ากัน แต่ลวดเส้นที่ 1 มีพื้นที่หน้าตัดน้อยกว่า เส้นลวดเส้นที่ 2 จึงทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ น้อย ดังนั้นจึงมีความต้านทานไฟฟ้ามากกว่า		
ความเข้าใจที่ถูกต้องไม่สมบูรณ์ (PU)	3.37 (n=3)	12.36 (n=11)
- มากกว่า เพราะว่า ความต้านทานไฟฟ้าจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับขนาดของลวดตัวนำ		

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้อที่ 1. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง (ต่อ)

ความเข้าใจโมเมติ	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	15.73 (n=14)	11.24 (n=10)
- น้อยกว่า เพราะว่าขนาดไม่เท่ากันความต้านทานไฟฟ้า ย่อมไม่เท่ากัน		
- น้อยกว่า เพราะว่าความต้านทานไฟฟ้าขึ้นอยู่กับพื้นที่หน้าตัด ของลวดตัวนำ		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)	61.80 (n=55)	22.47 (n=20)
- น้อยกว่า เพราะว่าลวดเส้นที่ 1 มีขนาดเล็กจะมีความ ต้านทานไฟฟ้าน้อย ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้มาก		
- น้อยกว่า เพราะว่าขนาดเล็กกว่า		
ความไม่เข้าใจ (NU)	2.25 (n=2)	2.25 (n=2)
- นักเรียนไม่ตอบคำถาม		

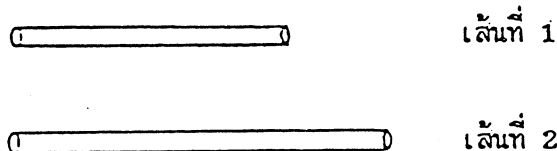
จากตารางที่ 3 พบว่า เมื่อทำการทดสอบวัดมโนคติก่อนเรียน (Preconception) นักเรียนร้อยละ 16.85 มีความเข้าใจโมเมติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และนักเรียนร้อยละ 77.53 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) และเมื่อทำการวัดมโนคติหลังเรียน (Postconception) พบว่า นักเรียนมีมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) สูงขึ้น คือมีจำนวนร้อยละ 51.69 และมีนักเรียนส่วนหนึ่ง คิดเป็นร้อยละ 33.71 ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) อยู่

ตัวอย่างมโนคติที่นักเรียนยังคงมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (AC และ PS) มีดังนี้คือ
นักเรียนมีความเข้าใจว่า

- ลวดตัวนำชนิดเดียวกันและยาวเท่ากัน ลวดตัวนำขนาดเล็กจะมีความต้านทานไฟฟ้าน้อยกว่า ลวดตัวนำขนาดใหญ่ เพราะว่าลวดขนาดใหญ่จะมีความหนาแน่นมากกว่า ย่อมมีความต้านทานมากกว่าลวดเส้นเล็ก
- ลวดตัวนำขนาดเล็กจะมีความต้านทานไฟฟ้าน้อยกว่า ลวดตัวนำขนาดใหญ่ เพราะว่ามีความหนาแน่นมากกว่า
- ลวดตัวนำขนาดเล็กจะมีความต้านทานไฟฟ้าน้อยกว่าลวดตัวนำขนาดใหญ่ เพราะว่ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้น้อย

ข้อที่ 2. ลวดตัวนำชนิดเดียวกัน 2 เส้น

ภาพที่ 2



จากภาพที่ 2 เส้นลวดเส้นที่ 1 มีความต้านทานเป็นอย่างไรเมื่อเทียบกับเส้นลวดเส้นที่ 2 เพราะเหตุใด ?

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้อที่ 2. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้

ความเข้าใจโมเมนต์	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจโมเมนต์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)	6.74 (n=6)	50.56 (n=45)
- น้อยกว่า เพราะว่า เป็นลวดตัวนำชนิดเดียวกัน ขนาดเท่ากันแต่ลวดเส้นที่ 1 มีความยาวน้อยกว่า เส้นลวดเส้นที่ 2 จึงทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ มาก และมีความต้านทานไฟฟ้าน้อยกว่า		
ความเข้าใจที่ถูกต้องไม่สมบูรณ์ (PU)	7.87 (n=7)	11.24 (n=10)
- น้อยกว่า เพราะว่า ความต้านทานไฟฟ้าขึ้นอยู่กับความยาว ของลวดตัวนำ		
- น้อยกว่า เพราะว่า เป็นเส้นลวดชนิดเดียวกันแต่มีความ ยาวต่างกัน		

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้อที่ 2. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง (ต่อ)

ความเข้าใจโมเดล	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	35.96 (n=32)	13.48 (n=12)
- น้อยกว่า เพราะว่ามีขนาดสั้นกว่าเส้นที่ 2 กระแสไฟฟ้าผ่านได้น้อย		
- น้อยกว่า เพราะว่ายาวของเส้นลวดมีความยาวมากกว่า		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)	47.19 (n=42)	22.47 (n=20)
- เท่ากับเส้นที่ 2 เพราะว่ามีพื้นที่หน้าตัดเท่ากันจึงมีความต้านทานไฟฟ้าเท่ากัน		
- มากกว่า เพราะว่ามีกระแสไฟฟ้าไหลของกระแสไฟฟ้าได้ดี		
ความไม่เข้าใจ (NU)	2.25 (n=2)	2.25 (n=2)
- นักเรียนไม่ตอบคำถาม		

จากตารางที่ 4 พบว่า เมื่อทำการทดสอบวัดมโนติก่อนเรียน (Preconception) นักเรียนร้อยละ 6.74 มีความเข้าใจโมเดลที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และนักเรียนร้อยละ 83.15 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) และเมื่อทำการวัดมโนติหลังเรียน (Postconception) พบว่า นักเรียนมีมโนติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) สูงขึ้นมาก คือมีจำนวนร้อยละ 50.56 และมีนักเรียนส่วนหนึ่งคิดเป็นร้อยละ 35.95 ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) อยู่

ตัวอย่างมโนทัศน์ที่นักเรียนยังคงมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (AC และ PS) โดยนักเรียนมีความเข้าใจดังนี้คือ

- ลวดตัวนำชนิดเดียวกันขนาดพื้นที่หน้าตัดเท่ากัน ลวดเส้นสั้นจะมีความต้านทานไฟฟ้ามากกว่าลวดยาว เพราะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ดีกว่า
- ลวดตัวนำชนิดเดียวกันไม่ว่าจะยาวหรือสั้น ถ้ามีพื้นที่หน้าตัดเท่ากัน ความต้านทานไฟฟ้าย่อมมีค่าเท่ากัน

ข้อที่ 3. ความต้านทานของตัวนำไฟฟ้าใดๆ จะมีค่ามากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับอะไรบ้าง

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้อที่ 3. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้

ความเข้าใจโมเมนต์	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจโมเมนต์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)	11.24 (n=10)	26.97 (n=24)
- ความต้านทานไฟฟ้าของตัวนำไฟฟ้าใดๆ จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังต่อไปนี้คือ ชนิดของลวดตัวนำ , ความยาวของลวดตัวนำ , พื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำและอุณหภูมิของลวดตัวนำ		
ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	28.09 (n=25)	53.93 (n=48)
- ขึ้นอยู่กับชนิด ความยาวและพื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำ		
- ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความยาวและพื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำ		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	49.44 (n=44)	14.61 (n=13)
- ขึ้นอยู่กับชนิดของโลหะ ชนิดของฉนวนหุ้ม ความยาวและพื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำ		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)	3.37 (n=3)	1.12 (n=1)
- ขึ้นอยู่กับชนิดของฉนวนที่ใช้หุ้มตัวนำ		
ความไม่เข้าใจ (NU)	7.87 (n=7)	3.37 (n=3)
- นักเรียนไม่ตอบคำถาม		

จากตารางที่ 5 พบว่า เมื่อทำการทดสอบวัดมโนคติก่อนเรียน (Precconception) นักเรียนร้อยละ 11.24 มีความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และนักเรียนร้อยละ 52.81 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) และเมื่อทำการวัดมโนคติหลังเรียน (Postconception) พบว่า นักเรียนมีมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) สูงขึ้น คือมีจำนวนร้อยละ 26.97 และมีนักเรียนส่วนหนึ่งคิดเป็นร้อยละ 15.73 ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) อยู่

ในส่วนของมโนคติที่นักเรียนยังคงเข้าใจคลาดเคลื่อน (AC และ PS)

นักเรียนเข้าใจว่า

- นอกจากชนิดของโลหะ ความยาว และพื้นที่หน้าตัดแล้วแล้วความต้านทานไฟฟ้าของลวดตัวนำยังขึ้นอยู่กับชนิดของฉนวนหุ้มตัวนำอีกด้วย

การสัมภาษณ์นักเรียนก่อนมีการเรียนการสอนกับนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนคติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องนี้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อน สาเหตุเนื่องมาจากการที่นักเรียนยังไม่ได้เรียนหัวข้อนี้มาก่อน ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์

เด็กชายกิตติศักดิ์ ทองใบ

ถาม : ความต้านทานไฟฟ้าหมายถึงอะไร ?

ตอบ : ไม่ทราบ

ถาม : ความนำไฟฟ้าหมายถึงอะไร ?

ตอบ : หมายถึงการให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

ถาม : ให้ยกตัวอย่างสิ่งที่สามารถนำไฟฟ้าได้

ตอบ : ลวดทองแดง , โลหะต่าง ๆ

ถาม : โลหะต่าง ๆ มีอะไรบ้าง

ตอบ : เหล็ก , เงิน , ทองแดง

ถาม : สิ่งที่กำลังมานั้นอะไรนำไฟฟ้าได้ดีที่สุด ?

ตอบ : ทองแดง

ถาม : เหตุใดจึงคิดว่าเป็นทองแดง ?

ตอบ : เพราะเรานำลวดทองแดงมาทำเป็นสายไฟ

ถาม : โลหะอย่างอื่นใช้ทำสายไฟได้หรือไม่ เพราะเหตุใด ?

ตอบ : ไม่ได้ เพราะนำไฟฟ้าได้ไม่ดีเท่าลวดทองแดง

ถาม : เมื่อเห็นว่าลวดทองแดงนำไฟฟ้าได้ดี แสดงว่าลวดทองแดงมีความต้านทานไฟฟ้ามากหรือน้อย ?

ตอบ : มีความต้านทานไฟฟ้ามาก (คลาดเคลื่อน)

ถาม : เพราะเหตุใด จึงคิดเช่นนั้น?

ตอบ : เพราะว่าลวดทองแดงต้องทนทานต่อกระแสไฟฟ้ามาก

ถาม : ลวดทองแดงกับโลหะชนิดอื่นๆ มีความต้านทานไฟฟ้าเท่ากันหรือไม่ เพราะเหตุใด ?

ตอบ : ไม่เท่ากัน เพราะ.....(ไม่ตอบ)

ถาม : ชนิดของลวดตัวนำมีผลต่อความต้านทานไฟฟ้าหรือไม่ อย่างไร ?

ตอบ : มีผล เพราะทำให้นำไฟฟ้าได้ต่างกัน

ถาม : ต่างกันอย่างไร ?

ตอบ : ไม่ทราบ

ถาม : นอกจากชนิดของลวดตัวนำมีผลต่อความต้านทานไฟฟ้าแล้ว นักเรียนคิดว่ามีปัจจัยอะไรอีก ที่มีผลต่อความต้านทาน ?

ตอบ : ไม่ทราบ

ถาม : ความยาว , ขนาดของลวดตัวนำมีผลต่อความต้านทานหรือไม่ อย่างไร ?

ตอบ : มีผล (อธิบายไม่ได้)

ถาม : ความต้านทานของลวดตัวนำจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอะไรบ้าง อธิบาย ?

ตอบ : ไม่ทราบ

ถาม : ทำไมจึงไม่ทราบ

ตอบ : เพราะว่ายังไม่ได้เรียน

จากตัวอย่างการสัมภาษณ์เด็กชายกิตติศักดิ์ ซึ่งให้คำตอบที่คล้ายคลึงกับนักเรียนคนอื่น ๆ พบว่า นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง ความต้านทานไฟฟ้าของลวดตัวนำ โดยนักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจว่าลวดทองแดงนำไฟฟ้าได้ดี และขณะเดียวกันก็มีความต้านทานไฟฟ้ามากด้วย ซึ่งสาเหตุของความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนนี้ เนื่องมาจาก นักเรียนยังไม่ได้เรียนเรื่องนี้มาก่อน จึงทำให้นักเรียนใช้ความรู้จากชีวิตประจำวัน หรือจากประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ มาประยุกต์ใช้ในการตอบคำถาม

การสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอนเรื่อง ความต้านทานของลวดตัวนำ สรุปได้ดังนี้
การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

เป็นการสอนแบบบรรยายประกอบแผ่นใส

การสอนเพื่อให้เกิดมโนคติ ครูให้มโนติดังนี้

มโนคติ : ความนำไฟฟ้าและความต้านทานเป็นส่วนกลับซึ่งกันและกัน วัตถุที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้มากกว่าเรียกว่า มีความนำไฟฟ้ามาก หรือมีความต้านทานไฟฟ้าน้อย ส่วนวัตถุที่มีความนำไฟฟ้าน้อย จะมีความต้านทานไฟฟ้ามาก

- ครูนำเสนอโมเดลลวงหน้า โดยครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า สายไฟฟ้ามียหลายชนิด แต่ละชนิดจะนำไฟฟ้าได้มากน้อยต่างกัน และมีการเชื่อมโยงมโนคติเดิมที่มีอยู่แล้ว กับมโนคติที่นักเรียนจะต้องรับเข้าไปใหม่ โดยครูทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับโลหะต่าง ๆ ที่นำไฟฟ้าได้ เช่น เงิน ทองแดง เหล็ก อะลูมิเนียม แล้วครูบอกนักเรียนว่า โลหะเงินนำไฟฟ้าได้ดีที่สุด แต่มีความต้านทานไฟฟ้าน้อยที่สุด ครูมีการใช้อุปกรณ์ได้อย่างเหมาะสมกับบทเรียน ทำให้เนื้อหาที่ยากกลับง่ายขึ้น ชัดเจนขึ้น นอกจากนี้ครูยังให้คำอธิบายอย่างแจ่มแจ้ง พยายามใช้คำพูดอธิบายเปรียบเทียบกับสิ่งที่นักเรียนคุ้นเคย และเข้าใจง่าย แต่ครูไม่ได้เน้นถึงความสัมพันธ์ของคำว่า "ความนำไฟฟ้า กับ ความต้านทานไฟฟ้า" ตัวอย่าง เช่น

ฯลฯ

ครูถาม : นอกจากชนิดของลวดตัวนำแล้ว สมบัติของลวดตัวนำยังขึ้นอยู่กับอะไรอีก

นักเรียน : ขนาด

- ครูชี้แผ่นใสแสดงลวดตัวนำชนิดเดียวกัน ที่มีขนาดแตกต่างกัน (โดยแผ่นใสที่ปรากฏนั้นเป็นรูปลวดตัวนำสี่เหลี่ยม 2 เส้นยาวเท่ากันแต่ขนาดต่างกัน) แล้วครูอธิบายเปรียบเทียบการไหลของกระแสไฟฟ้ากับการไหลของน้ำออกจากตุ่มน้ำ โดยผ่านท่อขนาดเล็กและขนาดใหญ่

ครูถาม : นอกจากนั้นความต้านทานของลวดตัวนำยังขึ้นอยู่กับอะไรอีก ?

นักเรียน : ไม่ตอบ

- ครูชี้แผ่นใสแสดงลวดตัวนำสี่เหลี่ยม (ชนิดเดียวกัน) ขนาดเท่ากันแต่ยาวแตกต่างกัน แล้วอธิบายการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดตัวนำทั้งสองเส้น

จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอน พบว่า ครูได้อธิบายเน้นลักษณะที่สำคัญและจำเป็นในการสร้างมโนคติ ซึ่งทำให้นักเรียนเข้าใจมโนคติได้ง่ายขึ้น และหลังจากที่นักเรียนได้เรียนเรื่องนี้จบแล้ว พบว่า จำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนคติถูกต้องสมบูรณ์ (CU) สูงขึ้น (ก่อนเรียนร้อยละ 2.24 หลังเรียนร้อยละ 38.08) ส่วนจำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนคติที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) ลดลง (ก่อนเรียนร้อยละ 84.00 หลังเรียนร้อยละ 23.52)

การรับรู้โน้ตของนักเรียน

- นักเรียนรับรู้โน้ต โดยการตอบคำถามครูเป็นรายบุคคล และเป็นกลุ่ม
- นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจว่า ความต้านทานของลวดตัวนำจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับชนิด ขนาด และความยาวของลวดตัวนำ

อย่างไรก็ตาม ยังคงมีนักเรียนบางส่วนที่หลังจากได้เรียนเรื่อง ความต้านทานของลวดตัวนำแล้ว นักเรียนยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนอยู่ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มนี้ เพื่อหาสาเหตุของการเกิดมโนคติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน ตัวอย่างการสัมภาษณ์ มีดังต่อไปนี้

เด็กหญิงรุ่งฤดี โพธิ์สีทอง

ถาม : ตัวนำไฟฟ้าหมายถึงอะไร ยกตัวอย่าง ?

ตอบ : ลวดที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้ เช่น ทองแดง เงิน ตะกั่ว สังกะสี

ถาม : สิ่งที่ยกตัวอย่างเหล่านั้นนำไฟฟ้าได้มากน้อยเท่ากันหรือไม่ ?

ตอบ : ไม่เท่ากัน

ถาม : ลวดตัวนำเช่น ทองแดง เงิน ตะกั่ว มีความต้านทานไฟฟ้าเท่ากันหรือไม่ เพราะเหตุใด?

ตอบ : ไม่เท่ากัน เพราะเป็นลวดต่างกัน

ถาม : แสดงว่าความต้านทานไฟฟ้าของลวดตัวนำจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอะไร ?

ตอบ : ขึ้นอยู่กับชนิดของลวดตัวนำ (อธิบายต่อไม่ได้)

ถาม : ให้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความนำไฟฟ้ากับความต้านทานไฟฟ้า ?

ตอบ : ไม่ได้

ถาม : นอกจากชนิดของลวดตัวนำแล้ว ความต้านทานไฟฟ้ายังขึ้นอยู่กับอะไรอีก ?

ตอบ : ไม่ทราบ

ถาม : ความยาวและขนาด (ใหญ่, เล็ก) ของลวดตัวนำมีผลต่อความต้านทานไฟฟ้าหรือไม่ ?
อย่างไร ?

ตอบ : มีผล ถ้าลวดยาวมากความต้านทานมาก และถ้าขนาดใหญ่ความต้านทานก็มากกว่าขนาดเล็ก (คลาดเคลื่อน)

ถาม : เพราะเหตุใดจึงคิดว่าลวดขนาดใหญ่มีความต้านทานไฟฟ้ามากกว่าลวดขนาดเล็ก ?

ตอบ : เพราะลวดใหญ่ทนทานกว่า ย่อมมีความต้านทานมากกว่า (คลาดเคลื่อน)

จากการสัมภาษณ์เด็กหญิงรุ่งฤดี พบว่า นักเรียนยังคงมีความเข้าใจโมเดลที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง ความต้านทานของลวดตัวนำอยู่ โดยนักเรียนเข้าใจว่า ลวดตัวนำขนาดใหญ่จะมีความต้านทานมากสาเหตุเนื่องมาจากไม่เข้าใจ ความสัมพันธ์ระหว่างความนำไฟฟ้า กับความต้านทานไฟฟ้าของลวดตัวนำ จึงทำให้นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้

จากการสัมภาษณ์นักเรียนและจากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอน ทำให้สามารถสรุปสาเหตุที่ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ได้ดังนี้

1. พฤติกรรมการเรียนการสอน นักเรียนไม่มีโมเดลพื้นฐานที่ถูกต้อง โดยนักเรียนไม่สามารถเปรียบเทียบ หรืออธิบายความหมายของคำว่า ความนำไฟฟ้า กับ ความต้านทานไฟฟ้าได้ เนื่องจากครูไม่ได้บอกความหมายของความต้านทานไฟฟ้า และไม่ได้อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างความนำไฟฟ้า กับความต้านทานไฟฟ้า นักเรียนจึงไม่สามารถโยงความสัมพันธ์ของความสามารถในการนำไฟฟ้า กับปัจจัยที่มีผลต่อความต้านทานไฟฟ้า เมื่อนักเรียนไม่เห็นความสัมพันธ์ จึงนำเอาประสบการณ์ที่มีอยู่ในชีวิตประจำวันเกี่ยวกับความทนทาน หรือแรงต้านมาอธิบายโมเดลดังกล่าว โดยแปลความหมายของโมเดลใหม่ว่า วัตถุที่มีขนาดใหญ่ จะมีความทนทานมากกว่าวัตถุที่มีขนาดเล็ก เมื่อทนทานมากก็ยอมต้านทานได้มาก ซึ่งเป็นความเข้าใจโมเดลที่คลาดเคลื่อน

2. การเชื่อมโยงประสบการณ์ในชีวิตประจำวันกับสิ่งที่เรียนรู้ใหม่ โดยนักเรียนเชื่อว่า วัตถุที่นำไฟฟ้าได้ดีนั้น จะต้องมีความต้านทานไฟฟ้าดีด้วย เพราะต้องทนทานต่อกระแสไฟฟ้ามาก ซึ่งความรู้เดิมที่นักเรียนมีอยู่นี้ เป็นความรู้ ความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องที่มีมาก่อนแล้ว ดังนั้นจึงทำให้นักเรียนเข้าใจว่า ลวดทองแดงที่นำไฟฟ้าได้ดีนั้น จะต้องมีความต้านทานไฟฟ้าดีด้วย

มโนคติเรื่อง คุณสมบัติของสายไฟ

ข้อที่ 4. สายไฟเส้นหนึ่งมีตัวอักษรกำกับไว้ดังนี้ 250 V 60 °C P.V.C.

2 x 1.0 SQ.mm มีความหมายว่าอย่างไร

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้อที่ 4. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้

ความเข้าใจมโนคติ	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)	1.12 (n=1)	1.12 (n=1)
- หมายความว่าสายไฟเส้นนี้ใช้ได้กับไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์ไม่เกิน 250 โวลต์ ทนอุณหภูมิได้ไม่เกิน 60 °C ฉนวนทำด้วยพลาสติก P.V.C. ข้างในมี 2 เส้น แต่ละเส้นมีพื้นที่หน้าตัด 1.0 ตารางมิลลิเมตร		
ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	1.12 (n=1)	41.57 (n=37)
- ใช้ความต่างศักย์ไม่เกิน 250 โวลต์ อุณหภูมิไม่เกิน 60 °C ใช้กับ P.V.C. หุ้มลวดทองแดงขนาด 2 เส้น พื้นที่หน้าตัด 1.0		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	4.49 (n=4)	33.71 (n=30)
- สายไฟเส้นนี้มีความต่างศักย์ 250 โวลต์ ทนความร้อนได้ไม่เกิน 60 °C มีพื้นที่หน้าตัด 2 x 1.0 มิลลิเมตร		
- ใช้กับขนาด 250 โวลต์ ใช้กับอุณหภูมิ 60 °C หุ้มด้วย P.V.C. มี 2 เส้น		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)	55.06 (n=50)	15.73 (n=14)
- มีการนำไฟฟ้าสูง มีความต้านทานไฟฟ้าน้อย		

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้อที่ 4. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้ (ต่อ)

ความเข้าใจโมติ	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
- กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน 250 โวลต์ 60 °C P.V.C. เป็นสายไฟฟ้ายาว 2 x 1.0		
ความไม่เข้าใจ (NU)	38.20 (n=33)	7.87 (n=7)
- นักเรียนไม่ตอบคำถาม		

จากตารางที่ 6 พบว่า เมื่อทำการทดสอบวัดมโนติก่อนเรียน (Preconception) เรื่อง คุณสมบัติของสายไฟ มีนักเรียนร้อยละ 1.12 มีความเข้าใจโมติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และนักเรียนร้อยละ 59.55 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) หลังจากให้นักเรียนได้เรียนเรื่องนี้แล้ว ทำการวัดมโนติหลังเรียน (Postconception) พบว่า จำนวนนักเรียนที่มีมโนติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) มีเท่าเดิม คือมีจำนวนร้อยละ 1.12 และมีนักเรียนจำนวนมาก คิดเป็นร้อยละ 49.44 ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) อยู่ ถึงแม้ว่า จำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจโมติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) จะมีเท่าเดิม แต่มีจำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) สูงขึ้น (ก่อนเรียนร้อยละ 1.12 หลังเรียนร้อยละ 41.57)

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ยังคงมีความเข้าใจโมติที่คลาดเคลื่อน (AC และ PS) มีดังนี้ นักเรียนเข้าใจว่า สายไฟเส้นดังกล่าวนี้ :

- ใช้กับอาคารบ้านเรือนไม่ได้ เนื่องจากมีความต่างศักย์เกิน 220 โวลต์
- มีความต้านทานไม่เกิน 250 V มีอุณหภูมิไม่เกิน 60 องศา ท่อพลาสติกที่หุ้มทำด้วย P.V.C มีขนาด 2 x 1.0 SQ.mm
- สายไฟเส้นนี้ใช้กับไฟฟ้า 250 โวลต์ ใช้อุณหภูมิไม่เกิน 60 °C ใช้ฉนวน P.V.C. หุ้มขนาด 2 x 1.0 SQ.mm
- กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ 250 V ทนอุณหภูมิได้ 60 °C ใช้ P.V.C หุ้ม มีขนาด 2 x 1.0

การสัมภาษณ์นักเรียน ก่อนมีการเรียนการสอน กับนักเรียนที่มีความเข้าใจโมเดลที่คลาดเคลื่อนในเรื่องนี้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถอธิบายความหมายของอักษรที่กำกับบนสายไฟได้อย่างถูกต้อง สาเหตุเนื่องมาจาก นักเรียนยังไม่เคยเรียนรู้ในเรื่องนี้มาก่อน ดังเช่นตัวอย่างการสัมภาษณ์เด็กชายสฤษฎ์ และเด็กชายวชิระ ดังนี้

เด็กชายสฤษฎ์ สวัสดิ์

- ถาม : สายไฟทำจากอะไร และสารนั้นมีคุณสมบัติอย่างไร ?
- ตอบ : ทำจากทองแดง และคุณสมบัติสามารถนำไฟฟ้าได้
- ถาม : สายไฟฟ้าที่อยู่นอกบ้านและสายไฟฟ้าที่ใช้ภายในบ้านมีลักษณะแตกต่างกันอย่างไร ?
- ตอบ : ต่างกันตรงที่ข้างนอกบ้านสีฟ้าและมีขนาดใหญ่ ส่วนข้างในบ้านสายสีขาวและมีขนาดเล็กกว่า
- ถาม : เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น ?
- ตอบ : เพราะนอกบ้านกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมากกว่าข้างในบ้าน
- ถาม : สายไฟแต่ละเส้นจะมีค่าของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านกำกับไว้หรือไม่ ?
- ตอบ : ใช่
- ถาม : เคยสังเกตหรือไม่ ?
- ตอบ : เคย แต่ไม่แน่ใจว่าใช่หรือไม่
- ถาม : เช่นถ้าเขียนไว้ว่า 250 V 5 A 60 °C หมายความว่าอย่างไร ?
- ตอบ : ไม่ทราบ
- ถาม : โวลต์เป็นหน่วยของอะไร ?
- ตอบ : ความต่างศักย์
- ถาม : เพราะฉะนั้น 250 โวลต์หมายถึงอะไร ?
- ตอบ : หมายถึงสายไฟเส้นนั้นมีความต่างศักย์ 250 โวลต์
- ถาม : สายไฟเส้นนั้นจะเข้ากับอาคารบ้านเรือนทั่ว ๆ ไปได้หรือไม่ เพราะเหตุใด ?
- ตอบ : ไม่ได้ เพราะไฟบ้านมีความต่างศักย์ 220 โวลต์ อาจทำให้เครื่องใช้ไฟฟ้าชำรุด
- ถาม : ถ้าอย่างนั้นควรเลือกใช้สายไฟที่เขียนกำกับไว้อย่างไรเพื่อใช้กับไฟในบ้านได้ ?
- ตอบ : กำกับไว้ว่า 220 V

เด็กชายวชิระ นิพนโกทา

- ถาม : สายไฟฟ้าที่นักเรียนเคยเห็นชนิดใดบ้าง ?
- ตอบ : ชนิดสายสีฟ้าและสายสีขาว

- ถาม : ทั้ง 2 ชนิดใช้ประโยชน์ต่างกันหรือไม่อย่างไร ?
- ตอบ : ต่างกัน คือ สายสีฟ้าใช้นอกบ้าน สายสีขาวใช้ในบ้าน
- ถาม : สายไฟนอกบ้านใช้เส้นสีขาวได้หรือไม่ เพราะเหตุใด ?
- ตอบ : ไม่ได้ เพราะไม่เป็นที่นิยม
- ถาม : เพราะเหตุใดจึงไม่เป็นที่นิยม ?
- ตอบ : ไม่ทราบ
- ถาม : สายไฟทุกเส้นต้องมีฉนวนหุ้มใช้หรือไม่ เพราะเหตุใด ?
- ตอบ : ใช้ เพราะจะช่วยป้องกันไฟฟ้าช็อต
- ถาม : เคยเห็นสายไฟที่ไม่มีฉนวนหุ้มหรือไม่ ? (ผู้สัมภาษณ์หมายถึงสายไฟฟ้าแรงสูง)
- ตอบ : ไม่เคย
- ถาม : ทราบหรือไม่ว่าฉนวนที่หุ้มสายไฟที่เห็นสีฟ้า สีขาวนั้นทำจากอะไร ?
- ตอบ : ทำจากพลาสติก
- ถาม : ที่ฉนวนหุ้มสายไฟจะมีตัวอักษรต่างๆ กำกับไว้ให้นักเรียนเข้าใจความหมายหรือไม่ ?
- ตอบ : ไม่เข้าใจ
- ถาม : ตัวอย่างเช่นเขียนกำกับไว้ว่า 10 A 250 V 60 °C 2 x 1.0 SQ.mm. สามารถบอกความหมายได้หรือไม่ ?
- ตอบ : ไม่ได้
- ถาม : แอมแปร์ , องศาเซลเซียสเป็นหน่วยของอะไร ?
- ตอบ : กระแสไฟฟ้า , อุณหภูมิ
- ถาม : เพราะฉะนั้นคำว่า 10 A , 60 °C ที่เขียนบนสายไฟ ความหมายน่าจะเกี่ยวข้องกับอะไร ?
- ตอบ : เกี่ยวกับกระแสไฟฟ้าและอุณหภูมิ
- ถาม : เกี่ยวข้องอย่างไร อธิบาย ?
- ตอบ : ไม่ทราบ
- ถาม : เพราะเหตุใดจึงอธิบายไม่ได้ ?
- ตอบ : เพราะยังไม่ได้เรียน
- ถาม : ถึงแม้ว่ายังไม่ได้เรียน แต่ในชีวิตประจำวันเคยพบเห็นหรือไม่ ?
- ตอบ : เคยเห็น
- ถาม : แล้วเข้าใจความหมายหรือไม่ ?
- ตอบ : ไม่เข้าใจ

จากการสัมภาษณ์ เด็กชายสฤทธ์ และเด็กชายวชิระ ซึ่งให้คำตอบคล้ายคลึงกับนักเรียนคนอื่น ๆ และพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนโดยเข้าใจว่า สายไฟฟ้าที่เขียนกำกับไว้ว่า 250 V นั้นใช้กับไฟฟ้าในบ้านเรือนไม่ได้ ซึ่งความจริงแล้วใช้กับไฟฟ้าในบ้านได้ เพราะว่า สายไฟเส้นนี้มีคุณสมบัติใช้กับไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์ไม่เกิน 250 โวลต์ นอกจากนี้นักเรียนยังไม่เคยเรียนเรื่องนี้มาก่อน จึงทำให้ไม่มีโมเมนต์ในเรื่องนี้ (จากตารางที่ 6 NU ก่อนเรียน = 38.20 %)

จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอน เรื่องคุณสมบัติของสายไฟ สรุปได้ดังนี้

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

เป็นการสอนแบบบรรยาย ประกอบแผ่นใส

การสอนเพื่อให้เกิดโมเมนต์ ครูให้โมเมนต์ดังนี้

โมเมนต์ : สายไฟฟ้าแต่ละเส้นจะมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ซึ่งการเลือกสายไฟให้เหมาะกับงานนั้นจะต้องสังเกตจากตัวอักษรที่กำกับไว้

- ครูขึ้นแผ่นใสแสดงรูปสายไฟฟ้าแรงสูง

ครูถาม : สายไฟที่เห็นมีความต้านทานกี่โวลต์ ?

นักเรียน : 12,000 โวลต์

ครูอธิบาย : ที่เห็นนี้เป็นสายไฟฟ้าแรงสูง ซึ่งทำจากอะลูมิเนียม

ครูอธิบาย : สายไฟแรงสูงนั้นเป็นสายเปลือยไม่มีฉนวนหุ้ม การหุ้มฉนวนจะทำให้สายไฟหักหย่อน สายเปลือยจะระบายความร้อนได้ดีกว่าสายที่หุ้มฉนวน

- ครูขึ้นแผ่นใสแสดงรูปการก่อสร้างโกลัสายไฟและมีเหล็กไปแตะสายไฟฟ้า

ครูอธิบาย : การก่อสร้างโกลัสายไฟแรงสูงถ้าเหล็กเส้นไปแตะสายไฟ กระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าร่างกายเป็นอันตรายได้

ครูถาม : ทำอย่างไรจึงจะไม่ตาย ?

นักเรียน : หาฉนวนมาหุ้มสายไฟหรือแจ้งการไฟฟ้าขอตัดไฟฟ้าชั่วคราว

จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอน พบว่า การสอนเพื่อให้เกิดโมเมนต์เรื่องคุณสมบัติของสายไฟ จะเน้นการบรรยายลักษณะของสายไฟแรงสูง และความสำคัญของฉนวนหุ้มสายไฟ แต่จะไม่เน้นถึงคุณสมบัติของสายไฟฟ้าที่ใช้ตามบ้านเรือนทั่วไป ครูเพียงแต่อธิบายให้นักเรียนฟังว่า ในการเลือกสายไฟฟ้าใช้ในบ้านเรือนควรเลือกใช้อย่างเหมาะสม แล้วครูอธิบาย

ตารางที่ 16.1 (ในหนังสือเรียนหน้า 8) ที่แสดงปริมาณกระแสไฟฟ้าสูงสุด ที่ไหลผ่านสายไฟ ขนาดต่าง ๆ นอกจากนี้นักเรียนบางคนไม่เคยเห็น หรือสัมผัสกับสายไฟที่ใช้ตามบ้านเรือน ชาติ ประสบการณ์ตรง จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้นักเรียนเกิดมโนคติที่คลาดเคลื่อนได้

การรับรู้มโนคติของนักเรียน

- นักเรียนมีพฤติกรรมตอบสนองค่อนข้างน้อย จะตอบก็ต่อเมื่อครูถาม และนักเรียนไม่มีการซักถามครู นอกจากนี้นักเรียนยังขาดประสบการณ์จริง ไม่ได้เห็นและสัมผัสกับของจริง เช่น ตัวอย่างสายไฟแบบสายเดี่ยว - สายคู่ เป็นต้น

- นักเรียนบางคนไม่ตั้งใจเรียน ไม่ฟังเวลาครูอธิบาย คู่กัน เล่นกัน ทำให้ไม่เข้าใจบทเรียนและการรับรู้มโนคติอาจคลาดเคลื่อนได้เนื่องจากฟังบ้าง ไม่ฟังบ้าง

จากการสัมภาษณ์นักเรียนหลังจากสิ้นสุดการเรียนเรื่องนี้ไปแล้ว พบว่า นักเรียนยังคงมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนอยู่เป็นบางส่วน สาเหตุเนื่องมาจาก นักเรียนไม่เคยมีประสบการณ์ ไม่เคยเห็น ทั้งจากในห้องเรียน และในชีวิตประจำวันเช่น ตัวอย่างการสัมภาษณ์

เด็กหญิงอภิษฐา ศรีรัตน์

ถาม : ในการเลือกซื้อสายไฟมาใช้งานเราควรดูคุณสมบัติอะไรบ้าง ?

ตอบ : กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน , ความต่างศักย์

ถาม : ถ้ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านมาก จะต้องเลือกสายไฟขนาดใหญ่หรือเล็ก เพราะเหตุใด ?

ตอบ : ขนาดใหญ่ เพราะจะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้มาก

ถาม : เราจะรู้ได้อย่างไรว่าสายไฟที่อยู่ภายในฉนวนหุ้มนั้นมีขนาดเท่าใด? (เส้นใหญ่หรือเล็ก)

ตอบ : ดูจากขนาดของลวดตัวนำ

ถาม : ถ้าเราต้องการสายไฟที่ภายในมีลวดตัวนำ 2 เส้นเราจะดูได้ที่บริเวณใด ?

ตอบ : ดูจากที่เขียนกำกับไว้

ถาม : เขียนกำกับไว้ว่าอย่างไร ?

ตอบ : ไม่ทราบ

ถาม : ถ้าเขียนว่า $2 \times 1.0 \text{ Sq.mm.}$ หมายความว่าอย่างไร ?

ตอบ : ไม่ทราบ

ถาม : สมมติว่าสายไฟเส้นหนึ่งมีอักษรกำกับว่า $250 \text{ V } 10 \text{ A } 60^\circ\text{C}$ หมายความว่าอย่างไร?

ตอบ : สายไฟเส้นนี้ใช้ได้กับไฟฟ้า 250 โวลต์ มีอุณหภูมิ 60°C และมีกระแสไฟฟ้าผ่าน 10 A

ถาม : สายไฟเส้นนี้ใช้กับไฟฟ้าในบ้านได้หรือไม่ เพราะเหตุใด ?

ตอบ : ไม่ได้ เพราะไฟฟ้าในบ้านมีความต่างศักย์ 220 โวลต์เท่านั้น

ถาม : เคยสังเกตเห็นตัวอักษรที่กำกับไว้ที่สายไฟจริงๆ บ้างหรือไม่ เขียนว่า 220 V ใช้หรือไม่ ?

ตอบ : ไม่เคยเห็น แต่คิดว่าน่าจะใช่เพราะไฟฟ้าในบ้านมีความต่างศักย์ 220 โวลต์

จากการสัมภาษณ์เด็กหญิงอภิญา พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า สายไฟที่เขียนกำกับไว้ว่า 250 V นั้น ใช้กับไฟฟ้าในบ้านไม่ได้ เพราะไฟฟ้าที่ใช้ตามบ้านเรือนมีความต่างศักย์ 220 โวลต์ เท่านั้น ซึ่งสาเหตุของความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนนั้น เนื่องมาจากนักเรียนไม่เคยได้สัมผัส และสังเกตเห็นของจริง นักเรียนจึงไม่มีประสบการณ์ในเรื่องนี้เลย เป็นเหตุให้เกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้

สรุปสาเหตุที่ทำให้นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อน มีดังนี้

1. การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในห้องเรียน โดยครูผู้สอนเน้นการสอนแบบบรรยาย ประกอบแผ่นใส นักเรียนไม่ได้รับประสบการณ์ตรง และไม่ได้สัมผัสกับของจริง นอกจากนี้ ไม่ได้ให้ความสำคัญกับสิ่งที่นักเรียนจะนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน โดยครูไม่ได้อธิบายเน้นถึงคุณสมบัติของสายไฟฟ้าที่ใช้ในบ้าน จึงเป็นสาเหตุทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้ การสอนเพื่อให้เกิดมโนทัศน์ ครูผู้สอนควรจัดหาประสบการณ์ที่เป็นจริง เพื่อการอธิบายให้เกิดมโนทัศน์ที่ชัดเจน โดยเฉพาะมโนติเรื่อง คุณสมบัติของสายไฟ มีลักษณะเป็นรูปธรรมอยู่แล้ว ดังนั้นการจัดหาอุปกรณ์การสอนที่ตรงกับเรื่องที่เรียนจะทำให้ให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่ถูกต้องยิ่งขึ้น

2. นักเรียนไม่ได้รับประสบการณ์ตรง และนำเอาพื้นความรู้เดิมมาสรุปเป็นมโนคติใหม่ โดยนักเรียนมีความรู้เดิมว่า อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์ 110 โวลต์ นำมาใช้กับไฟฟ้าในบ้าน ซึ่งมีความต่างศักย์ 220 โวลต์ ไม่ได้ จึงสรุปว่า สายไฟฟ้าที่เขียนกำกับไว้ว่า 250 V นั้น ต้องใช้กับไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์ 250 V เท่านั้น จะนำไปใช้กับไฟฟ้าในบ้านไม่ได้ ซึ่งที่ถูกต้องคือสายไฟเส้นนั้นใช้ได้กับไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์สูงสุด ไม่เกิน 250 โวลต์ และสามารถใช้กับไฟฟ้าตามบ้านได้ด้วย เพราะไฟฟ้าที่ใช้ในบ้านมีความต่างศักย์ไม่เกิน 250 โวลต์ (220 โวลต์)

มโนคติเรื่อง อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรไฟฟ้าในบ้าน

มโนคติเรื่องนี้ ทำการวัดโดยใช้แบบทดสอบจำนวน 6 ข้อ (ข้อ 5-10) จึงสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลไว้ในตารางที่ 7 ดังนี้คือ

ตารางที่ 7 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนคติเรื่อง อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรไฟฟ้าในบ้าน แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้

ความเข้าใจมโนคติ	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)	4.48 (n=4)	16.80 (n=15)
ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	16.80 (n=15)	49.28 (n=44)
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	69.44 (n=62)	30.24 (n=27)
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)	6.72 (n=6)	2.24 (n=2)
ความไม่เข้าใจ (NU)	2.24 (n=2)	1.12 (n=1)

จากตารางที่ 7 พบว่า เมื่อทำการทดสอบวัดมโนติก่อนเรียน (Preconception) เรื่อง อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรไฟฟ้าในบ้าน มีนักเรียนร้อยละ 4.48 มีความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และนักเรียนร้อยละ 76.16 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) หลังจาก ที่นักเรียนได้เรียนเรื่องนี้แล้ว ทำการวัดมโนติหลังเรียน (Postconception) พบว่า นักเรียน มีมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) สูงขึ้น คือมีจำนวนร้อยละ 16.80 และมีนักเรียนส่วนหนึ่งคิดเป็น ร้อยละ 32.48 ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) อยู่

ผลการวิเคราะห์มโนติย่อยเรื่อง อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรไฟฟ้าในบ้านเสนอเป็นรายข้อดังนี้

ข้อที่ 5. เครื่องมือที่ช่วยไม่ให้อุปกรณ์ไฟฟ้าเกิดความเสียหาย เมื่อเกิดไฟฟ้าลัดวงจร คืออะไร และมีหลักการทำงานอย่างไร

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้อที่ 5. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้

ความเข้าใจโมเมนต์	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจโมเมนต์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)	12.36 (n=11)	41.57 (n=37)
- นิวส์ มีหลักการทำงานคือ เมื่อเกิดไฟฟ้าลัดวงจรหรือเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลเข้าวงจรมากเกินไป นิวส์ซึ่งมีจุดหลอมเหลวต่ำจะหลอมละลาย เป็นการตัดวงจรไฟฟ้า ทำให้เกิดความปลอดภัยได้		
ความเข้าใจที่ถูกต้องไม่สมบูรณ์ (PU)	11.24 (n=10)	16.85 (n=15)
- นิวส์ เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลเข้าไปในบ้านมาก ก็จะตัดกระแสไฟฟ้าทำให้ไฟฟ้าดับ ป้องกันความเสียหายได้ - นิวส์ เมื่อเกิดไฟฟ้าลัดวงจร นิวส์จะขาด		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	16.85 (n=15)	10.11 (n=9)
- นิวส์ เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านเข้าเครื่องใช้มากเกินไป นิวส์จะหลอมละลายและขาด ทำให้ไฟฟ้าไหลเข้าเครื่องได้น้อย จึงทำให้เครื่องใช้คงอยู่ในสภาพเดิมไม่ชำรุด		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)	56.18 (n=51)	31.46 (n=28)
- สะพานไฟ เพราะว่าเป็นตัวที่ปิดเปิดไฟฟ้าทั้งบ้าน และส่งกระแสไฟฟ้าไปยังจุดต่างๆ - สวิตช์ เมื่อเกิดไฟฟ้าลัดวงจร สวิตช์จะควบคุม		

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้อที่ 5. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้ (ต่อ)

ความเข้าใจในมิติ	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความไม่เข้าใจ (NU)	2.25 (n=2)	0.00 (n=0)
- นักเรียนไม่ตอบคำถาม		

จากตารางที่ 8 พบว่า เมื่อทำการทดสอบวัดมโนคติก่อนเรียน (Preconception) นักเรียนร้อยละ 12.36 มีความเข้าใจในมิติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และนักเรียนร้อยละ 73.03 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) และเมื่อทำการวัดมโนคติหลังเรียน (Postconception) พบว่า นักเรียนมีมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) สูงขึ้น คือมีจำนวนร้อยละ 41.57 และมีนักเรียนส่วนหนึ่งคิดเป็นร้อยละ 41.57 ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) อยู่

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อน (AC และ PS) มีดังนี้คือ นักเรียนเข้าใจว่า เครื่องมือที่ช่วยไม่ให้อุปกรณ์ไฟฟ้าในบ้านเกิดความเสียหาย คือ สะพานไฟ เพราะว่า

- เมื่อไฟฟ้าในบ้านเกิดลัดวงจร ก็จะใช้สะพานไฟและจะไม่เกิดอันตราย
- เมื่อเกิดไฟฟ้าลัดวงจร ให้รีบยกสะพานไฟลงแล้วไฟจะไม่เกิดความร้อน
- ใช้ตัดกระแสไฟฟ้า ที่มีกระแสไฟฟ้าไหลเข้ามาบริเวณที่ต้องการความสะอาด

สวิตช์ เพราะว่า

- เมื่อเกิดไฟฟ้าลัดวงจร สวิตช์จะควบคุม
- สวิตช์มีจุดหลอมเหลวต่ำและจะทำให้ไม่เป็นอันตราย

ฟิวส์ เพราะว่า

- เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านเข้าเครื่องใช้มากเกินไป ฟิวส์จะหลอมละลายและขาดทำให้ไฟฟ้าไหลเข้าเครื่องได้น้อยจึงทำให้เครื่องใช้คงอยู่ในสภาพเดิม ไม่ชำรุด

ข้อที่ 6. " ถ้าฟิวส์ที่บ้านเราขาดเราสามารถใช้อวดทองแดงที่มีขนาด และความยาวเท่ากับ ฟิวส์เส้นเดิมแทนชั่วคราวก็ได้" คำกล่าวข้างต้นนักเรียนเห็นด้วยหรือไม่ เพราะเหตุใด ?

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้อที่ 6. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้

ความเข้าใจโมเมนต์	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจโมเมนต์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)	12.36 (n=11)	33.71 (n=30)
- ไม่เห็นด้วย เพราะว่าถ้าหากเกิดไฟฟ้าลัดวงจร ลวดทองแดงจะไม่หลอมละลาย อาจทำให้เกิดไฟไหม้ได้ เนื่องจากลวดทองแดงมีจุดหลอมเหลวสูงกว่าฟิวส์มาก		
ความเข้าใจที่ถูกต้องไม่สมบูรณ์ (PU)	12.36 (n=11)	20.22 (n=18)
- ไม่เห็นด้วย เพราะว่าลวดทองแดงมีจุดหลอมเหลวสูง และทำหน้าที่ไม่เหมือนฟิวส์		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	35.96 (n=32)	24.72 (n=22)
- ไม่เห็นด้วย เพราะลวดทองแดงมีความต้านทานไฟฟ้า น้อย อาจทำให้เกิดไฟฟ้าลัดวงจรได้		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)	38.20 (n=34)	20.22 (n=18)
- เห็นด้วย เพราะถ้าใช้อวดทองแดงที่มีขนาดและความยาว เท่ากับฟิวส์ ก็สามารถใช้งานแทนกันได้		
- เห็นด้วย เพราะลวดทองแดงเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี		

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้อที่ 6. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้ (ต่อ)

ความเข้าใจโมเมนต์	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความไม่เข้าใจ (NU)	1.12 (n=1)	1.12 (n=1)
- นักเรียนไม่ตอบคำถาม		

จากตารางที่ 9 พบว่า เมื่อทำการทดสอบวัดโมเมนต์ก่อนเรียน (Preconception) นักเรียนร้อยละ 12.36 มีความเข้าใจโมเมนต์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และนักเรียนร้อยละ 74.16 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) และเมื่อทำการวัดโมเมนต์หลังเรียน (Postconception) พบว่า นักเรียนมีโมเมนต์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) สูงขึ้น คือมีจำนวนร้อยละ 33.71 และมีนักเรียนส่วนหนึ่งคิดเป็นร้อยละ 44.94 ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) อยู่

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีโมเมนต์ที่คลาดเคลื่อน (AC และ PS) มีดังนี้คือ
นักเรียนมีความเข้าใจว่า

ใช้ลวดทองแดงแทนฟิวส์เส้นเดิมได้ เพราะว่า

- ถ้าใช้ทองแดงที่มีขนาดและความยาวเท่ากับฟิวส์ ก็สามารถใช้แทนกันได้
- ทองแดงมีความต้านทานดีเหมือนกับฟิวส์
- ลวดทองแดงเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี

ใช้ลวดทองแดงแทนฟิวส์เส้นเดิมไม่ได้ เพราะว่า

- ลวดทองแดงมีความต้านทานไฟฟ้าน้อย อาจทำให้เกิดไฟฟ้าลัดวงจรได้
- จะทำให้ขาดง่ายกว่าปกติ ทำให้ต้องเปลี่ยนบ่อยๆ
- ลวดทองแดงมีความต้านทานไฟฟ้ามาก มีจุดหลอมเหลวต่ำ
- การใช้กระแสไฟฟ้ามากขึ้น จะต้องใช้ลวดทองแดงขนาดใหญ่กว่าเดิม
- เพราะลวดทองแดงไม่ทนต่อความร้อน

ข้อที่ 7. จงอธิบายข้อเหมือนและข้อแตกต่างระหว่างสวิตช์และสะพานไฟ มาพอเข้าใจ

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้อที่ 7. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้

ความเข้าใจโมเดล	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจโมเดลที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)	21.35 (n=19)	1.12 (n=1)
- ข้อเหมือน ทำหน้าที่ปิด-เปิด วงจรไฟฟ้าเหมือนกัน ข้อแตกต่าง สวิตช์ควบคุมวงจรเฉพาะที่ ตัดไฟเพียง สายเดียว ส่วนสะพานไฟควบคุมวงจรทั้งบ้าน ตัดไฟ พร้อมกันทีละ 2 สาย และมีฟิวส์เป็นส่วนประกอบด้วย		
ความเข้าใจที่ถูกต้องไม่สมบูรณ์ (PU)	30.34 (n=27)	76.40 (n=69)
- ข้อเหมือน ใช้สำหรับปิด-เปิดวงจรไฟฟ้าเหมือนกัน ข้อแตกต่าง สะพานไฟควบคุมวงจรทั้งบ้านส่วนสวิตช์ ปิด-เปิดเฉพาะที่		
- ข้อเหมือน สามารถควบคุมวงจรไฟฟ้าให้ปิด-เปิดได้ ข้อแตกต่าง สวิตช์ใช้ควบคุมอย่างใดอย่างหนึ่ง แต่ สะพานไฟควบคุมไฟฟ้าทั้งหมดของบ้าน		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	15.73 (n=14)	12.36 (n=11)
- ข้อเหมือน ตัดวงจรไฟฟ้าได้เหมือนกัน ข้อแตกต่าง สะพานไฟตัดได้หลายวงจร		
- ข้อเหมือน เป็นตัวนำไฟฟ้าได้เหมือนกัน ข้อแตกต่าง สวิตช์จะใช้เปิด-ปิดไฟฟ้า สะพานไฟ จะเป็นตัวนำไฟฟ้า		

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้อที่ 7. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้ (ต่อ)

ความเข้าใจโมเมติ	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)	22.47 (n=20)	4.49 (n=3)
- ข้อเหมือน ทำหน้าที่เปิดเหมือนกัน ข้อแตกต่าง สวิตช์ถ้าเปิดวงจรปิด ถ้าปิดวงจรเปิด แต่สะพานไฟวงจรเปิดอย่างเดียว		
ความไม่เข้าใจ (NU)	10.11 (n=9)	5.62 (n=5)
- นักเรียนไม่ตอบคำถาม		

จากตารางที่ 10 พบว่า เมื่อทำการทดสอบวัดมโนติก่อนเรียน (Preconception) นักเรียนร้อยละ 21.35 มีความเข้าใจโมเมติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และนักเรียนร้อยละ 38.20 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) และเมื่อทำการวัดมโนติหลังเรียน (Postconception) พบว่า นักเรียนมีมโนติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) ลดลง คือมีจำนวนร้อยละ 1.12 และมีนักเรียนส่วนหนึ่งคิดเป็นร้อยละ 16.85 ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) อยู่ ถึงแม้ว่าจำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจโมเมติที่ถูกต้องสมบูรณ์จะมีน้อยลง แต่มีจำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) สูงขึ้นมาก (ก่อนเรียนร้อยละ 30.34 หลังเรียนร้อยละ 76.40)

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีมโนติที่คลาดเคลื่อน (AC และ PS) มีดังนี้คือ
 นักเรียนเข้าใจว่า
 สวิตช์และสะพานไฟมีข้อเหมือนกัน ดังนี้
 - ถ้าสวิตช์ปิด สะพานไฟก็จะปิดเหมือนกัน

- นำกระแสไฟฟ้าเข้ากับวงจรไฟฟ้าเหมือนกัน
- เป็นตัวนำไฟฟ้าเหมือนกัน

สวิตช์และสะพานไฟมีข้อแตกต่างกัน ดังนี้

- ถ้าสวิตช์เปิด สะพานไฟก็จะปิด
- สวิตช์ถ้าเปิดวงจรปิด ถ้าปิดวงจรเปิด แต่สะพานไฟวงจรเปิดอย่างเดียว
- สวิตช์ใช้ปิด - เปิดไฟ แต่สะพานไฟจะเป็นตัวนำไฟฟ้า

ข้อที่ 8. เมื่อมีปัญหาเกี่ยวกับหลอดไฟธรรมดาไม่ติดทั้งบ้าน นักเรียนจะต้องตรวจสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดใดเป็นครั้งแรก เพราะเหตุใด ?

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้อที่ 8. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้

ความเข้าใจโมเมนต์	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจโมเมนต์ที่ต้องสมบูรณ์ (CU)	25.84 (n=23)	74.16 (n=66)
- ฟิวส์ เพราะว่าถ้าฟิวส์ขาดจะทำให้วงจรไฟฟ้าในบ้าน เปิดไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลเข้าในวงจร เป็นเหตุให้ เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านไม่ทำงานรวมทั้งหลอดไฟก็ไม่ติด ทั้งบ้านด้วย ดังนั้นควรตรวจดูที่ฟิวส์ก่อนอื่น		
ความเข้าใจที่ถูกแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	31.46 (n=28)	8.99 (n=8)
- ฟิวส์ เพราะว่าถ้าฟิวส์ขาดไฟก็จะดับทั้งบ้าน		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	22.47 (n=20)	8.99 (n=8)
- ฟิวส์ เพราะว่าฟิวส์ทำหน้าที่เกี่ยวกับหลอดไฟ - ฟิวส์ เพราะว่าฟิวส์ต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้าในบ้านทุกชนิด		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)	16.85 (n=15)	6.74 (n=6)
- หลอดไฟ เพราะว่าไส้หลอดไฟอาจจะขาดก็ได้ - สายไฟ เพราะว่าสายไฟอาจจะขาด		
ความไม่เข้าใจ (NU)	3.37 (n=3)	1.12 (n=1)
- นักเรียนไม่ตอบคำถาม		

จากตารางที่ 11 พบว่า เมื่อทำการทดสอบวัดมโนคติก่อนเรียน (Preconception) นักเรียนร้อยละ 28.84 มีความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และนักเรียนร้อยละ 39.32 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) และเมื่อทำการวัดมโนคติหลังเรียน (Postconception) พบว่า นักเรียนมีมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) สูงขึ้น คือมีจำนวนร้อยละ 74.16 และมีนักเรียนส่วนหนึ่ง คิดเป็นร้อยละ 15.73 ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) อยู่

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ยังคงมีมโนคติที่คลาดเคลื่อน (AC และ PS) มีดังนี้คือ นักเรียนมีความเข้าใจว่า เมื่อมีปัญหาเกี่ยวกับหลอดไฟฟ้าไม่ติดทั้งบ้าน จะต้องตรวจสอบอุปกรณ์ต่อไปนี้เป็นอันดับแรก คือ

หลอดไฟ เพราะว่า

- ไล่หลอดไฟอาจจะขาดก็ได้
- อยู่ใกล้ตัวเรา

สายไฟ เพราะว่า

- สายไฟอาจจะขาด

นิวส์ เพราะว่า

- เมื่อนิวส์ขาดไฟจะดับทั้งบ้าน ต้องเปลี่ยนใหม่ถ้าไม่มี ให้ใช้หลอดทองแดงแทน

ชั่วคราว

- นิวส์ทำหน้าที่เกี่ยวกับหลอดไฟ
- นิวส์ขาดไฟฟ้าจะไหลเข้าวงจรไฟฟ้า

ข้อที่ 9. เครื่องทำน้ำอุ่นซึ่งกินกระแสไฟฟ้า 10 A เราควรใช้อุปกรณ์ใดควบคุมวงจร
เพราะเหตุใด ?

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้อที่ 9. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้

ความเข้าใจโมเมนต์	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจโมเมนต์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)	8.99 (n=8)	24.72 (n=22)
- สะพานไฟ เพราะว่าสะพานไฟสามารถทนกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านได้มากกว่าฟิวส์และสวิตช์		
ความเข้าใจที่ถูกต้องไม่สมบูรณ์ (PU)	8.99 (n=8)	4.49 (n=4)
- สะพานไฟ เพราะว่าอาจจะเกิดไฟฟ้าลัดวงจรได้		
- สะพานไฟ ควบคุมได้ดีกว่าฟิวส์และสวิตช์		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	10.11 (n=9)	8.99 (n=8)
- สะพานไฟ เพราะไฟฟ้าทั้งหมดขึ้นอยู่กับสะพานไฟ		
- สะพานไฟ เพราะควบคุมวงจรได้ดีกว่า		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)	67.42 (n=60)	56.18 (n=50)
- สวิตช์ เพราะถ้าต้องการปิดก็ปิดตรงสวิตช์		
- สวิตช์ เพราะสามารถปิด-เปิดได้ง่าย		
- ฟิวส์ เพราะถ้าเกิดอะไรขึ้นที่จะเป็นอันตรายฟิวส์ก็จะตัดไฟฟ้า		
ความไม่เข้าใจ (NU)	4.49 (n=4)	5.62 (n=5)
- นักเรียนไม่ตอบคำถาม		

จากตารางที่ 12 พบว่า เมื่อทำการทดสอบวัดมโนคติก่อนเรียน (Preconception) นักเรียนร้อยละ 8.99 มีความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และนักเรียนร้อยละ 77.53 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) และเมื่อทำการวัดมโนคติหลังเรียน (Postconception) พบว่า นักเรียนมีมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) สูงขึ้น คือมีจำนวนร้อยละ 24.72 และมีนักเรียนส่วนหนึ่ง คิดเป็นร้อยละ 65.17 ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) อยู่

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ยังคงมีมโนคติที่คลาดเคลื่อน (AC และ PS) มีดังนี้คือ นักเรียนเข้าใจว่า เครื่องทำน้ำอุ่นซึ่งกินไฟ 10 A ควรใช้อุปกรณ์ตั้งนี้ควบคุมวงจร

สวิตช์ เพราะว่า

- เวลาเราใช้แล้วจะได้ปิดสวิตช์ทันที
- ให้กำลังไฟฟ้าได้ดีกว่า
- ถ้าใช้อย่างอื่น จะทำให้สิ้นเปลือง
- เมื่อเกิดวงจรลัดหรือขัดข้อง สวิตช์จะเป็นตัวช่วยไม่ให้เกิดอันตราย
- ใช้สะดวกและมีความต้านทานสูง

ฟิวส์ เพราะว่า

- ถ้าเกิดอะไรขึ้นที่จะเป็นอันตรายฟิวส์ก็จะตัดไฟฟ้า
- เป็นตัวควบคุมไฟฟ้า
- ฟิวส์ใช้กับกระแสไฟฟ้าไม่เกิน 15 แอมแปร์
- จะทำให้กินกระแสไฟฟ้าน้อยลง

สะพานไฟ เพราะว่า

- ถ้าเรากดลง ไฟก็จะดับหมด
- สะพานไฟใช้ได้กับหน่วย แอมแปร์

ข้อที่ 10. "เต้าเสียบ 3 ขา ช่วยให้เกิดความปลอดภัยกับผู้ใช้ไฟฟ้ามากขึ้น สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้า 220 โวลต์" นักเรียนคิดว่าเป็นความจริงหรือไม่ เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น ?

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้อที่ 10. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้

ความเข้าใจโมเดล	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจโมเดลที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)	16.85 (n=15)	41.57 (n=37)
- จริง เพราะว่าเต้าเสียบ 3 ขา ช่วยให้กระแสไฟฟ้าที่รั่วจากเครื่องใช้ไฟฟ้าไหลลงสู่ดิน ทำให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้สัมผัสเครื่องใช้ไฟฟ้านั้น		
ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	1.12 (n=1)	11.24 (n=10)
- จริง เพราะขาหนึ่งจะเป็นตัวนำไฟฟ้าลงสู่ดิน		
- จริง เพราะจะทำให้เกิดความปลอดภัย เมื่อเกิดไฟฟ้ารั่วในเครื่องใช้ไฟฟ้านั้น		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	41.57 (n=37)	37.08 (n=33)
- จริง เพราะเต้าเสียบ 3 ขา มีความต่างศักย์น้อยกว่าเครื่องใช้ไฟฟ้า		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)	34.83 (n=31)	8.99 (n=8)
- ไม่จริง เพราะว่าทำให้เกิดอันตรายได้ เพราะปริมาณไฟฟ้าที่ใช้มากเกินไป		
ความไม่เข้าใจ (NU)	5.62 (n=5)	1.12 (n=1)
- นักเรียนไม่ตอบคำถาม		

จากตารางที่ 13 พบว่า เมื่อทำการทดสอบวัดมโนคติก่อนเรียน (Preconception) นักเรียนร้อยละ 16.85 มีความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และนักเรียนร้อยละ 76.40 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) และเมื่อทำการวัดมโนคติหลังเรียน (Postconception) พบว่า นักเรียนมีมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) สูงขึ้น คือมีจำนวนร้อยละ 41.57 และมีนักเรียนส่วนหนึ่ง คิดเป็นร้อยละ 46.07 ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) อยู่

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ยังคงมีมโนคติที่คลาดเคลื่อน (AC และ PS) มีดังนี้คือ
นักเรียนเข้าใจว่า

เต้าเสียบ 3 ขา ช่วยให้เกิดความปลอดภัยกับผู้ใช้ไฟฟ้า สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้า 220 โวลต์ เพราะว่า

- ถ้าเสียบหมดทั้ง 3 รู จะทำให้ฟิวส์ขาดหรือช็อตได้แต่ถ้าเราใช้เต้าเสียบ 3 ขา
- เต้าเสียบ 3 ขา มีความต่างศักย์น้อยกว่าเครื่องใช้ไฟฟ้า
- เต้าเสียบ 3 ขา มีความต้านทานสูง
- เต้าเสียบ 3 ขา ถ้าใช้ไฟรวมกันจะทำให้ไฟไม่ช็อต เพราะกระแสไฟฟ้ามีเพียง 220 โวลต์

เต้าเสียบ 3 ขา ไม่ช่วยให้เกิดความปลอดภัยกับผู้ใช้ไฟฟ้า สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้า 220 โวลต์ เพราะว่า

- อาจจะใช้ได้มากกว่า 220 โวลต์ และมีความปลอดภัย
- เครื่องใช้ไฟฟ้าจะมีค่าความต่างศักย์ที่โวลต์ก็ใช้ได้ทั้งนั้น

การสัมภาษณ์นักเรียน ก่อนมีการเรียนการสอน กับนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนคติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องนี้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อน สาเหตุเนื่องมาจากความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องของตัวนักเรียนเอง , ประสบการณ์ที่ได้พบเห็นในชีวิตประจำวัน และบางส่วนเกิดจากการที่นักเรียนยังไม่ได้เรียนหัวข้อนี้มาก่อน จึงทำให้ไม่มีมโนคติในเรื่องนี้เลยดังตัวอย่าง

เด็กหญิงรัตนภรณ์ บุตรแสง

ถาม : ฟิวส์มีประโยชน์อย่างไร ?

ตอบ : ป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าช็อต

ถาม : ป้องกันได้อย่างไร ให้อธิบายหลักการทำงานของนิวส์ ?

ตอบ : โดยการที่นิวส์จะตัดวงจรไฟฟ้าเมื่อเกิดไฟฟ้าลัดวงจร

ถาม : นิวส์จะตัดวงจรได้อย่างไร ?

ตอบ : เมื่อเกิดวงจรลัดนิวส์จะขาดทันที

ถาม : นิวส์มีคุณสมบัติอย่างไร มันจึงขาดเมื่อเกิดวงจรลัด ?

ตอบ : ไม่ทราบ

ถาม : นอกจากการเกิดวงจรลัดทำให้นิวส์ขาดแล้ว มีสาเหตุใดอีกบ้างที่ทำให้นิวส์ขาด ?

ตอบ : ไม่ทราบ

ถาม : ถ้าเกิดไฟฟ้าลัดวงจรขึ้นนิวส์จะขาดทันทีเป็นการตัดกระแสไฟฟ้าไม่ให้ไหลเข้าบ้านอีก ถ้าตอนนั้นหานิวส์ยังไม่ได้ จะใช้ลวดโลหะอื่นๆ เช่น ลวดทองแดงต่อแทนนิวส์ ได้หรือไม่ เพราะเหตุใด ?

ตอบ : ได้ เพราะลวดทองแดงเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี

ถาม : โดยปกตินิวส์จะติดตั้งอยู่ที่อุปกรณ์ใด ?

ตอบ : สะพานไฟ

ถาม : สะพานไฟมีความสำคัญต่อวงจรไฟฟ้าในบ้านอย่างไร ?

ตอบ : ใช้สำหรับเชื่อมโยงไฟฟ้านอกบ้านกับภายในบ้าน

ถาม : เคยใช้สะพานไฟหรือไม่ เวลาใช้ใช้อย่างไร ?

ตอบ : เคยใช้ ใช้ยกขึ้นยกลง

ถาม : เราจะยกขึ้นยกลงเมื่อเราต้องการทำอะไรกับวงจรไฟฟ้าในบ้าน ?

ตอบ : เมื่อเราต้องการซ่อมหลอดไฟหรือติดตั้งหลอดไฟ

ถาม : สะพานไฟกับสวิตซ์ทำหน้าที่เหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร ?

ตอบ : ทำหน้าที่เหมือนกัน คือ ใช้สำหรับปิด - เปิดวงจรไฟฟ้าเหมือนกัน

ถาม : ต่างกันหรือไม่ อย่างไร ?

ตอบ : ไม่ต่างกัน

ถาม : เต้ารับ-เต้าเสียบ เรียกอีกชื่อหนึ่งว่าอย่างไร ?

ตอบ : ปลั๊กตัวเมีย-ปลั๊กตัวผู้

ถาม : รู้จักเต้าเสียบ 3 ขาหรือไม่ มีประโยชน์อย่างไร ?

ตอบ : ไม่ทราบ

ถาม : เคยเห็นหรือไม่ มีลักษณะอย่างไร ?

ตอบ : ไม่เคยเห็น

ถาม : รู้จักสายดินหรือไม่ ?

ตอบ : ไม่รู้จัก

จากการสัมภาษณ์เด็กหญิงรัตนารัตน์ก่อนที่จะมีการเรียนการสอนในเรื่องนี้พบว่า นักเรียนมีโมเมนต์ที่คลาดเคลื่อนอยู่มาก เช่น เข้าใจว่าสามารถใช้ลวดทองแดงต่อแทนฟิวส์ได้ ในกรณีฟิวส์ขาด เพราะลวดทองแดงก็นำไฟฟ้าได้เช่นเดียวกับฟิวส์ นอกจากนี้นักเรียนยังไม่สามารถอธิบายลักษณะแตกต่างระหว่างสวิตช์กับสะพานไฟได้ และนักเรียนไม่เคยเห็นอุปกรณ์ไฟฟ้าบางอย่าง เช่น ไม่เคยเห็นเต้าเสียบ 3 ขา จึงทำให้ไม่มีโมเมนต์เกี่ยวกับอุปกรณ์ชนิดนั้นๆ เลย จะเห็นได้ว่า สาเหตุที่ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนนั้น เนื่องจาก ประสบการณ์บางอย่างที่ได้พบเห็นในชีวิตประจำวัน หรือนักเรียนบางส่วนไม่เคยเห็น ไม่เคยสัมผัสกับอุปกรณ์จริง จึงทำให้ไม่มีโมเมนต์ในเรื่องนี้เลย

จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอน เรื่อง อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรไฟฟ้าในบ้านสรุปได้ดังนี้

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

เป็นการสอนแบบบรรยายและทดลอง

การสอนเพื่อให้เกิดโมเมนต์ ครูให้โมเมนต์ดังนี้

- มโนคติ : - ฟิวส์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ตัด - ต่อดวงจรไฟฟ้า เพื่อป้องกันความเสียหายของเครื่องใช้ไฟฟ้า เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านมากเกินไปฟิวส์ทำด้วยโลหะผสมที่มีจุดหลอมเหลวต่ำ เมื่อเกิดไฟฟ้าลัดวงจรหรือมีกระแสไฟฟ้าผ่านมากเกินไป ฟิวส์จะหลอมละลายและขาด
- สวิตช์ เป็นอุปกรณ์ตัดหรือต่อดวงจรไฟฟ้าในส่วนที่ต้องการ โดยต่ออนุกรมเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้าซึ่งจะตัดไฟเพียงสายเดียว
 - สะพานไฟ เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปิดปิดวงจรไฟฟ้าทั้งหมดในบ้าน โดยเชื่อมเข้ากับสายไฟที่ต่อจากมาตรไฟฟ้าผ่านฟิวส์เข้ากับวงจรไฟฟ้าในบ้าน
 - เต้ารับ - เต้าเสียบ เป็นอุปกรณ์เปิดปิดวงจรของเครื่องใช้ไฟฟ้า ที่สามารถเคลื่อนย้ายไปใช้ในบริเวณต่างๆ ของบ้านได้มีทั้งชนิด 2 ขาและชนิด 3 ขา

- ครูได้จัดหาประสบการณ์ที่เป็นจริง เพื่อให้การอธิบายมโนคติชัดเจนยิ่งขึ้น และมีความสัมพันธ์กับสิ่งที่นักเรียนเข้าใจอยู่ก่อนแล้วตัวอย่างเช่น นักเรียนได้ทดลองเกี่ยวกับฟิวส์ ซึ่งทำให้นักเรียนได้สัมผัส นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง จึงทำให้เกิดมโนคติที่ถูกต้องได้ ตัวอย่างเช่น

ฯลฯ

ครูอธิบาย : ขณะที่เกิดไฟฟ้าลัดวงจร จะมีความต้านทานต่ำ กระแสไฟฟ้าไหลเข้าบ้านมากขึ้น ผ่านสะพานไฟและฟิวส์ พลังงานไฟฟ้าจะเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน ฟิวส์จะหลอมละลาย และขาด ถ้าฟิวส์ขาดแล้วเราใช้ลวดทองแดง , ลวดเหล็กไปต่อแทนฟิวส์ได้หรือไม่ ?

นักเรียน : ได้ , ไม่ได้

ครู : ได้หรือไม่ได้เราจะดูจากผลการทดลองต่อไปนี้

- นักเรียนทำการทดลองเรื่อง สมบัติของฟิวส์ โดยเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น เมื่อลวดทองแดงและฟิวส์ได้รับความร้อนในเวลาเท่ากัน

ครูอธิบาย : จากผลการทดลอง จะเห็นว่า ฟิวส์จะหลอมละลาย และขาดเมื่อได้รับความร้อน เพราะฉะนั้น เมื่อเราต่อฟิวส์เข้าในวงจรไฟฟ้าในบ้าน ถ้าเกิดไฟฟ้าลัดวงจร พลังงานไฟฟ้าที่ไหลผ่านฟิวส์ก็จะเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน และถ่ายเทไปยังฟิวส์ ทำให้ฟิวส์ขาด เมื่อฟิวส์ขาดวงจรไฟฟ้าจะถูกตัด วงจรเปิด

ครูถาม : ถ้าเอาลวดทองแดงต่อแทนฟิวส์ เมื่อเกิดวงจรลัดจะเป็นอย่างไร ขาดหรือไม่ ?

นักเรียน : ไม่ขาด

ครู : วงจรไฟฟ้าจะถูกตัดหรือไม่ ?

นักเรียน : ไม่

ครูอธิบาย : เมื่อวงจรไฟฟ้าในบ้านไม่ถูกตัดกระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าไปเรื่อยๆ ผลที่ตามมาคือเกิดความร้อนมากขึ้นเรื่อยๆ ไฟไหม้บ้าน

ครูถาม : เพราะฉะนั้นจะใช้ทองแดงแทนฟิวส์ได้หรือไม่ ?

นักเรียน : ไม่ได้

ครู : เพราะเหตุใด ?

นักเรียน : เพราะทองแดงมีจุดหลอมเหลวสูง

ครู : ฟิวส์ทำจากอะไร ?

นักเรียน : ดีบุก ตะกั่ว บิทมัส

ครู : ซึ่งมีจุดหลอมเหลวเป็นอย่างไร ?

นักเรียน : จุดหลอมเหลวต่ำ

ฯลฯ

ครูอธิบาย : ถึงแม้ว่าจะสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ามากขึ้น แต่เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการใช้ไฟฟ้าในบ้าน เราควรใช้เต้าเสียบ 3 ขา เพราะว่าถ้าเกิดมีกระแสไฟฟ้ารั่วจากเครื่องใช้ไฟฟ้า ก็จะไหลลงตามสายดิน ทำให้เกิดความปลอดภัย

จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอน พบว่า การสอนเพื่อให้เกิดมโนคติเรื่องอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรไฟฟ้านั้น ครูและนักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ในระหว่างเรียนที่นักเรียนได้ทำการทดลองและมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่างๆ มีการส่งเสริมให้รู้จักคิดหาเหตุผล รู้จักสังเกต รู้จักจำแนกคุณสมบัติเฉพาะของสิ่งต่างๆ ออกมาได้อย่างเด่นชัด ทำให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเบื้องต้น นำไปสู่การสร้างมโนคติที่ถูกต้องได้ ซึ่งจะเห็นว่า หลังจากนักเรียนเรียนเรื่องนี้จบแล้ว พบว่า จำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) เพิ่มขึ้น โดยก่อนเรียน ร้อยละ 4.48 หลังเรียน ร้อยละ 16.80 และมีจำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนคติที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) ลดลง โดยก่อนเรียน ร้อยละ 76.16 หลังเรียน ร้อยละ 32.48

การรับรู้มโนคติของนักเรียน

- นักเรียนรับรู้มโนคติจากการได้ทำการทดลอง , การตอบคำถามของครู
- นักเรียนมีความเข้าใจว่า ไฟลัสมันจะหลอมเหลวต่ำ ส่วนทองแดงมีจุดหลอมเหลวสูง เมื่อเกิดความร้อนไฟลัสมันจะหลอมละลาย ขณะที่ทองแดงไม่หลอมละลาย ดังนั้นจึงไม่เป็นการสมควรที่จะนำลวดทองแดงมาต่อแทนไฟลัสมัน เพราะจะทำให้เกิดอันตรายได้

ผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์นักเรียนหลังจากที่ได้เรียนเรื่องนี้ไปแล้ว โดยได้สัมภาษณ์นักเรียนที่ยังคงมีมโนคติที่คลาดเคลื่อน เพื่อหาสาเหตุของการเกิดมโนคติที่คลาดเคลื่อน ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์เด็กชายวรวิทย์ และเด็กชายอภิรักษ์ ซึ่งเป็นตัวแทนของนักเรียนที่ให้คำตอบที่คล้ายคลึงกันกับนักเรียนคนอื่นๆ ดังต่อไปนี้

เด็กชายวรวิทย์ นามวิเศษ

ถาม : ไฟลัสมันมีประโยชน์อย่างไร ?

ตอบ : ให้กระแสไฟฟ้าผ่าน

ถาม : ในวงจรไฟฟ้าในบ้าน จะมีไฟลัสมันอยู่ตรงส่วนใดและไฟลัสมันมีลักษณะอย่างไร ?

ตอบ : ติดไว้ตรงสะพานไฟ มีลักษณะเป็นเส้นลวด 2 เส้น

ถาม : เส้นลวด 2 เส้นนี้มีคุณสมบัติอย่างไร ?

ตอบ : ให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้

ถาม : มีจุดหลอมเหลวสูงหรือต่ำ ?

ตอบ : มีจุดหลอมเหลวต่ำ

ถาม : ถ้าในกรณีเกิดไฟฟ้าลัดวงจรหรือถ้าใช้ไฟฟ้ามากเกินไปจะเกิดอะไรขึ้นกับฟิวส์ ?

ตอบ : ฟิวส์ขาดเกิดการตัดวงจรไฟฟ้าไม่ให้ไฟไหลเข้าบ้านอีก

ถาม : ถ้าฟิวส์ขาดแล้วจะแก้ไขอย่างไร ?

ตอบ : ต่อฟิวส์ใหม่ ก่อนอื่นต้องตรวจสอบจุดที่เกิดไฟฟ้าลัดวงจรแล้วแก้ไข แล้วจึงต่อฟิวส์ใหม่และต้องยกสะพานไฟด้วยเพื่อความปลอดภัย

ถาม : ถ้าไม่มีฟิวส์เราจะใช้ลวดทองแดงเส้นเล็กขนาดเท่ากันกับฟิวส์อันเดิมต่อแทนฟิวส์ได้หรือไม่ เพราะเหตุใด ?

ตอบ : ต่อได้ เพราะทองแดงก็เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีเหมือนกัน

ถาม : ในกรณีเช่นนี้นักเรียนเคยเห็นหรือไม่ ?

ตอบ : เคยเห็นที่บ้านเวลามีงานใช้ไฟเกินทำให้ฟิวส์ขาดต้องใช้ลวดทองแดงแทน

ถาม : คิดว่าทำเช่นนี้ปลอดภัยหรือไม่ ?

ตอบ : ไม่ทราบ

เด็กชายอภิรักษ์ ศิริรักษา

ถาม : เมื่อมีปัญหาเกี่ยวกับหลอดไฟไม่ติดทั้งบ้าน เราควรจะตรวจสอบอุปกรณ์ใดก่อน เป็นอันดับแรก ?

ตอบ : ตรวจสอบฟิวส์

ถาม : แสดงว่าฟิวส์มีความสำคัญอย่างไรในวงจรไฟฟ้าภายในบ้าน ?

ตอบ : ควบคุมวงจรไฟฟ้าภายในบ้าน

ถาม : เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น ?

ตอบ : เพราะสังเกตจากที่บ้านถ้าฟิวส์ขาดไฟก็จะดับหมดทั้งบ้าน

ถาม : สวิตช์กับสะพานไฟเหมือนกันอย่างไร ?

ตอบ : เหมือนกันคือใช้สำหรับตัดต่อวงจรไฟฟ้าเหมือนกัน

ถาม : ต่างกันอย่างไร ?

ตอบ : ต่างกันคือสวิตช์มีขนาดเล็ก สะพานไฟขนาดใหญ่

ถาม : ในด้านการไหลผ่านของกระแสไฟฟ้าต่างกันอย่างไร ? อธิบาย

ตอบ : ไม่ทราบ อธิบายไม่ได้

ถาม : เคยเห็นเต่าเลียบชนิด 3 ขาหรือไม่ มีลักษณะอย่างไร ?

ตอบ : เคยเห็นในรูปจะมีขาโลหะยื่นออกมา 3 ขา

ถาม : มีประโยชน์อย่างไร ?

ตอบ : ใช้ต่อกับสายดินป้องกันไฟฟ้าช็อต

ถาม : ป้องกันได้อย่างไร ? อธิบาย

ตอบ : ไม่ทราบ ลืม

ถาม : เคยใช้เต่าเลียบ 3 ขาหรือไม่ ?

ตอบ : ไม่เคย

ถาม : ที่บ้านมีหรือไม่ ?

ตอบ : ไม่มี

ถาม : แล้วทำไมจึงเชื่อว่าเต่าเลียบ 3 ขานี้ป้องกันไฟฟ้าช็อตได้ ?

ตอบ : เพราะทราบจากที่เรียนมา

ถาม : จากที่เรียนมานั้น อาจารย์บอกเกี่ยวกับเรื่องนี้อย่างไร ?

ตอบ : บอกว่าควรเต่าเลียบ 3 ขา เพราะจะทำให้เกิดความปลอดภัย

จากผลการสัมภาษณ์เด็กชายวรวิทย์และเด็กชายอภิรักษ์ และนักเรียนคนอื่นๆ หลังจากทีนักเรียนได้เรียนเรื่องนี้ผ่านไปแล้วยังคงพบว่า นักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในวงจรไฟฟ้าอยู่บ้าง ซึ่งความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนนั้น มีสาเหตุมาจากความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องของตัวนักเรียนเอง เช่น เข้าใจว่าเต่าเลียบ 3 ขาสามารถป้องกันไฟฟ้าลัดวงจรได้ ซึ่งความจริงแล้วเต่าเลียบ 3 ขา นั้นป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่วที่ออกมาจากเครื่องใช้ไฟฟ้า ไม่ให้ไหลเข้าสู่ตัวคนที่ไปสัมผัสส่วนของเครื่องใช้ไฟฟ้าขณะเครื่องทำงานโดยกระแสไฟฟ้าที่รั่วออกมานั้น จะไหลลงไปตามสายดิน ซึ่งต่อกับช่องที่ 3 ของเต่าเลียบ นอกจากนี้แล้วความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ยังมีสาเหตุมาจากประสบการณ์ ที่นักเรียนได้พบเห็น โดยเฉพาะประสบการณ์ที่บ้านของนักเรียน เช่น นักเรียนเคยเห็นผู้ปกครองใช้ลวดทองแดงต่อแทนฟิวส์ จึงทำให้นักเรียนเชื่อว่า ลวดทองแดงใช้แทนฟิวส์ได้อย่างปลอดภัย ทั้ง ๆ ที่ครูก็อธิบายให้ฟังในชั้นเรียนแล้วว่าใช้แทนไม่ได้ และอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน คือ นักเรียนไม่ได้สัมผัสกับอุปกรณ์จริง ไม่เคยเห็นของจริง เช่น ไม่เคยเห็นเต่าเลียบ 3 ขา ไม่เคยเห็นสายดิน จึงไม่สามารถอธิบายหลักการการทำงานได้ถูกต้อง เพียงแต่ฟังครูอธิบายว่าการใช้เต่าเลียบ 3 ขา นั้น กระแสไฟฟ้าที่รั่วออกมาจะไหลลงตามสายดิน จึงทำให้เกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้

สรุปสาเหตุที่ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในวงจรไฟฟ้า มีดังนี้

1. พฤติกรรมการเรียนการสอน ในกิจกรรมการเรียนการสอน ในบางส่วนไม่ได้จัดหาประสบการณ์ที่เป็นจริง หรือใช้แผนภาพ เพื่ออธิบายมโนคติให้ชัดเจนยิ่งขึ้น จึงทำให้นักเรียนไม่ได้สัมผัสกับอุปกรณ์จริงเช่น ไม่เคยเห็นเต้าเสียบ 3 ขา ที่บ้านก็ไม่มี ไม่เคยเห็นของจริงจึงทำให้เกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้

2. ความเชื่อและประสบการณ์เดิมของนักเรียน โดยเฉพาะประสบการณ์ที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน เช่น เห็นผู้ปกครองต่อไฟที่บ้านเป็นต้น ทำให้นักเรียนเข้าใจว่าหลอดทองแดงใช้ต่อแทนฟิวส์ได้เพราะว่ายังไม่เคยเห็นอันตรายที่เกิดขึ้นจากการกระทำเช่นนั้น

มโนคติเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า ความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า

ข้อที่ 11. เต้ารับอันหนึ่งมีตัวเลขเขียนไว้ว่า 10 A 220 V นักเรียนจะใช้เต้าเสียบเครื่องปิ้งขนมปังขนาด 800 W 220 V และหม้อหุงข้าวไฟฟ้าขนาด 600 W 200 V จากเต้ารับอันเดียวกันและใช้งานพร้อมกันได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

ตารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ข้อที่ 11. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้

ความเข้าใจมโนคติ	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)	0.00 (n=0)	8.99 (n=8)
- ได้ เพราะว่าคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านเครื่องปิ้งขนมปังได้ 3.6 A และผ่านหม้อหุงข้าวไฟฟ้าได้ 3.0 A รวมเป็น 6.6 A ซึ่งเต้ารับดังกล่าวสามารถรับกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด 10 A ดังนั้นจึงสามารถใช้เต้ารับอันเดียวกันและใช้งานพร้อมกันได้โดยไม่เป็นอันตราย		
ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	7.87 (n=7)	42.70 (n=39)
- ได้ เพราะว่าความต้านทานไม่เกินที่กำหนดให้		
- ได้ เพราะพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งสองน้อยกว่าไฟฟ้าที่ผ่านในวงจรของเต้ารับอันนี้		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	14.61 (n=12)	10.11 (n=9)
- ได้ เพราะว่ามีค่าความต้านทานไฟฟ้าไม่ถึง 220 โวลต์		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)	40.45 (n=36)	32.46 (n=28)
- ไม่ได้ เพราะว่าเครื่องใช้ไฟฟ้ามีกำลังไฟฟ้ามกกว่าเต้ารับ		
- ไม่ได้ เพราะอาจทำให้ไฟฟ้าลัดวงจรได้		

ตารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ข้อที่ 11. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้ (ต่อ)

ความเข้าใจโมติ	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความไม่เข้าใจ (NU)	39.33 (n=34)	5.62 (n=5)
- นักเรียนไม่ตอบคำถาม		

จากตารางที่ 14 พบว่า เมื่อทำการทดสอบวัดมโนคติก่อนเรียน (Preconception) เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานไฟฟ้า ความต่างศักย์ไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า ไม่มีนักเรียนที่มีความเข้าใจโมติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และนักเรียนร้อยละ 55.06 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) และเมื่อทำการวัดมโนคติหลังเรียน (Postconception) พบว่า มีนักเรียนที่มีมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) สูงขึ้นคือมีจำนวนร้อยละ 8.99 และมีนักเรียนส่วนหนึ่งคิดเป็นร้อยละ 42.57 ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) อยู่

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ยังคงมีมโนคติที่คลาดเคลื่อน (AC และ PS) มีดังนี้คือ นักเรียนเข้าใจว่า เต้ารับที่มีตัวเลขเขียนไว้ว่า 10 A 220 V จะใช้ได้ถ้าเสียบของเครื่องปิ้งขนมปังขนาด 800 W 220 V และหม้อหุงข้าวไฟฟ้าขนาด 600 W 200 V ใช้งานพร้อมกันไม่ได้ เพราะว่า

- จะทำให้พลาสติก เกิดความร้อนหลอมละลายและอาจเกิดอุบัติเหตุกับผู้ใช้ได้
- อาจใช้พลังงานมากเกินไปและมีอันตรายมาก
- เต้ารับให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้ไม่เกิน 220 V แต่เครื่องปิ้งขนมปังกับหม้อหุงข้าวไฟฟ้ารวมกันแล้วมีความต่างศักย์เกิน 220 โวลต์
- เครื่องปิ้งขนมปังและหม้อหุงข้าวไฟฟ้ามีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมากกว่าที่เขียนไว้ 10 A

การสัมภาษณ์นักเรียน ก่อนมีการเรียนการสอน กับนักเรียนที่มีความเข้าใจโมติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องนี้พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า

ความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าได้ เนื่องจากคำนวณหาค่าจากโจทย์ไม่ได้ และไม่ตระหนักถึงความจำเป็นที่จะต้องคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้า ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์ดังนี้

เด็กหญิงสมาลิน สุกาเสน

ถาม : เครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดต่างๆ จะใช้กำลังไฟฟ้าต่างกันหรือไม่ ทราบได้อย่างไร ?

ตอบ : ต่างกัน เพราะพลังงานไฟฟ้าที่เปลี่ยนรูปออกมาไม่เหมือนกัน

ถาม : เวล่านักเรียนเลือกซื้อเครื่องใช้ไฟฟ้า ถ้าต้องการทราบว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าเครื่องนั้นใช้กำลังไฟฟ้ามากน้อยเพียงใด จะสังเกตได้จากอะไร ?

ตอบ : (ไม่ตอบ)

ถาม : นักเรียนเคยสังเกตอักษรต่างๆ ที่กำกับไว้ในเครื่องใช้ไฟฟ้าหรือไม่ เขียนไว้อย่างไรบ้าง?

ตอบ : เคยเห็น เช่น เขียนว่า 60 W 220V ที่อยู่ตามฉนวนนอกของหลอดไฟ

ถาม : ตามเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ เช่น เตารีด หม้อหุงข้าว พัดลมมีหรือไม่ และความหมายของตัวเลขเหล่านั้นคืออะไร ?

ตอบ : มี เช่น 220 V หมายความว่า มีความต่างศักย์ 220 โวลต์ 5 A หมายถึง ใช้ไฟฟ้า 5 แอมแปร์

ถาม : 60 W หมายถึงอะไร ?

ตอบ : ไม่ทราบ

ถาม : วัตต์ คือหน่วยวัดอะไร ?

ตอบ : ไม่ทราบ

ถาม : โวลต์, แอมแปร์, วัตต์ เป็นหน่วยของอะไรตามลำดับ ?

ตอบ : โวลต์คือ ความต่างศักย์, แอมแปร์คือ กระแสไฟฟ้า, วัตต์คือ ... (ไม่ทราบ)

ถาม : ความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร ? (บอกสูตรคำนวณ)

ตอบ : ไม่ทราบ ยังไม่ได้เรียน

ถาม : การไปเลือกซื้อเครื่องใช้ไฟฟ้า จำเป็นต้องพิจารณาตัวกำลังไฟฟ้าหรือไม่ เพราะเหตุใด ?

ตอบ : จำเป็นต้องพิจารณา เพราะว่าสำคัญ

ถาม : สำคัญอย่างไร อธิบาย ?

ตอบ : (อธิบายไม่ได้)

จากการสัมภาษณ์ก่อนเรียนกับเด็กหญิงสมาลิน ซึ่งให้คำตอบที่คล้ายคลึงกับนักเรียนคนอื่นๆ และ พบว่า นักเรียนไม่มีมโนคติเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่าง กำลังไฟฟ้า ความต่างศักย์ และ กระแสไฟฟ้า โดยไม่สามารถบอกสูตรแสดงความสัมพันธ์ได้อย่างถูกต้อง เนื่องจากนักเรียนยัง

ไม่ได้เรียนหัวข้อนี้ จึงทำให้นักเรียนส่วนใหญ่ไม่มีมโนคติในเรื่องนี้เลย (NU = 39.33 %)

จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอนเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่าง กำลังไฟฟ้า ความต่างศักย์ และกระแสไฟฟ้า สรุปได้ดังนี้

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
เป็นการสอนแบบบรรยาย

การสอนเพื่อให้เกิดมโนคติ ครูให้มโนติดังนี้

มโนคติ : กำลังไฟฟ้ามีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้า ตามสูตร

$$P = VI$$

เมื่อ P คือกำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็น วัตต์

V คือความต่างศักย์ไฟฟ้า มีหน่วยเป็น โวลต์

I คือกระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็น แอมแปร์

- ครูอธิบายสูตรและยกตัวอย่างโจทย์การคำนวณ
- ครูกำหนดโจทย์ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแข่งกันทำ เฉลยและชมเชยกลุ่มที่ทำถูกต้อง
- ให้นักเรียนทุกคนทำแบบฝึกหัดจากใบงานที่ครูแจกให้

จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอน พบว่า ครูให้โอกาสนักเรียนลองใช้มโนคติที่เรียนมาแล้ว และเสริมกำลังใจในการที่นักเรียนได้ใช้มโนคตินั้น ๆ ทำให้จำนวนนักเรียนที่มีมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) เพิ่มขึ้นโดยก่อนเรียน = 0.00 % หลังเรียน = 8.99 % และจำนวนนักเรียน ที่มีความเข้าใจมโนคติที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) ลดลงโดยก่อนเรียน = 55.06 % หลังเรียน = 42.57 % แต่ยังถือว่านักเรียนยังคงมีความเข้าใจมโนคติที่คลาดเคลื่อนค่อนข้างสูง

การรับรู้มโนคติของนักเรียน

- นักเรียนรับรู้มโนคติโดยการฟังครูอธิบาย ทำแบบฝึกหัด
- นักเรียนส่วนใหญ่ตั้งใจเรียน

ผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์นักเรียน หลังจากที่ได้เรียนเรื่องนี้ผ่านไปแล้ว โดยทำการสัมภาษณ์นักเรียน ที่ยังคงมีมโนคติที่คลาดเคลื่อน เพื่อหาสาเหตุของการเกิดมโนคติที่คลาดเคลื่อน ดังรายละเอียดตัวอย่างการสัมภาษณ์ ดังต่อไปนี้

เด็กหญิงฐาพร ผดุงทรัพย์

ถาม : เครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดเดียวกัน เช่น พัดลมแต่ละตัวจะสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเท่ากันหรือไม่ ถ้าเราใช้ในเวลาเท่ากัน ?

ตอบ : สิ้นเปลืองพลังงานเท่ากัน

ถาม : หลอดไฟฟ้า 2 หลอด หลอดหนึ่งเขียนกำกับว่า 60 W อีกหลอดหนึ่งเขียนว่า 40 W ถ้าเปิดทิ้งไว้ในเวลาเท่ากัน จะสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเท่ากันหรือไม่ ?

ตอบ : ไม่เท่ากัน เพราะแบบ 60 วัตต์จะสว่างกว่าแบบ 40 วัตต์ทำให้กินไฟไม่เท่ากัน

ถาม : คำว่า "กินไฟ" หมายถึงอะไร ?

ตอบ : หมายถึงใช้ไฟฟ้าไม่เท่ากัน ถ้าใช้ไฟฟ้ามากแสดงว่ากินไฟมาก

ถาม : กำลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าเกี่ยวข้องกับกระแสไฟฟ้า และความต่างศักย์อย่างไร ?

ตอบ : ไม่ทราบ

ถาม : ถ้ากำลังไฟฟ้ามากขึ้น กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์จะเปลี่ยนแปลงอย่างไร ?

ตอบ : น้อยลง

ถาม : เพราะเหตุใด ?

ตอบ : (ตอบไม่ได้)

ถาม : กระแสไฟฟ้าจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความต่างศักย์อย่างไร ?

ตอบ : ถ้าความต่างศักย์มาก กระแสไฟฟ้าจะน้อย ถ้าความต่างศักย์น้อย กระแสไฟฟ้าจะมาก ตรงกันข้ามกัน

ถาม : เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น ?

ตอบ : เพราะว่ามันน่าจะตรงกันข้ามกัน

ถาม : จงบอกหน่วยของกำลังไฟฟ้า ความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า ?

ตอบ : ความต่างศักย์มีหน่วยเป็นโวลต์ กระแสไฟฟ้ามีหน่วยเป็นแอมป์ กำลังไฟฟ้าไม่ทราบจำไม่ได้

ถาม : กำลังไฟฟ้า ความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า เกี่ยวข้องสัมพันธ์กันอย่างไร ? (ให้บอกสูตร)

ตอบ : ไม่ทราบ จำไม่ได้

ถาม : เวล่านักเรียนจะซื้อหลอดไฟ จะต้องระบุอะไร ?

ตอบ : ระบุชนิดหลอดกลม หลอดยาว

ถาม : ระบุอะไรอีก เช่น ถ้าต้องการสว่างขนาดไหนจะบอกอย่างไร ?

ตอบ : ระบุจำนวนวัตต์ เช่น ขนาด 100 วัตต์ 40 วัตต์

ถาม : หลอดไฟ 100 วัตต์ กับ 40 วัตต์ต่างกันอย่างไร ?

ตอบ : 100 วัตต์สว่างมากกว่า 40 วัตต์

ถาม : เครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ เช่น พัดลม, เตารีดระบุขนาดวัตต์หรือไม่ เพราะเหตุใด ?

ตอบ : ไม่ระบุ เพราะทำให้แสงสว่างเหมือนหลอดไฟ

ถาม : วัตต์เป็นหน่วยของอะไร ?

ตอบ : เป็นหน่วยของแสงสว่าง

ถาม : หลอดไฟ 100 วัตต์ กับ 40 วัตต์ ใช้กระแสไฟฟ้าเท่ากันหรือไม่อย่างไร ?

ตอบ : ไม่เท่ากัน ขนาด 100 วัตต์ใช้กระแสไฟฟ้ามากกว่าขนาด 40 วัตต์ สิ้นเปลืองพลังงานมากกว่า

ถาม : วัตต์นั้น เป็นหน่วยของกำลังไฟฟ้า ในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านนักเรียนเคยคำนวณดูหรือไม่ว่าเครื่องใช้แต่ละอย่างขณะใช้นั้นมีกระแสไฟฟ้าผ่านเท่าไรโดยดูจากกำลังไฟฟ้า

ตอบ : ไม่เคยคำนวณ รู้แต่ถ้ากำลังไฟฟ้ามากแสดงว่าใช้กระแสไฟฟ้ามาก

จากการสัมภาษณ์นักเรียนหลังจากที่ได้เรียนเรื่องนี้ไปแล้ว พบว่า นักเรียนยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนอยู่ โดยนักเรียนเข้าใจว่าค่ากำลังไฟฟ้า (วัตต์) จะเขียนไว้เฉพาะหลอดไฟเท่านั้น ส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ ไม่ได้ระบุไว้ เพราะทำให้แสงสว่างและยังเข้าใจว่าวัตต์เป็นหน่วยของแสงสว่าง เนื่องจากในชีวิตประจำวันถ้าไปซื้อหลอดไฟฟ้าทุกครั้งจะต้องระบุจำนวนวัตต์ของหลอดไฟด้วย ส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ ไม่ได้ระบุ นอกจากนี้นักเรียนยังไม่สามารถคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่าง P, I และ V ได้ ซึ่งมีสาเหตุมาจากตัวนักเรียนเองที่จำสูตรไม่ได้ และนักเรียนไม่มีแรงจูงใจให้สัมฤทธิ์ ไม่ตระหนักถึงความสำคัญของการเลือกใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า และการคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละเครื่อง

สรุปสาเหตุสำคัญ ที่ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่าง กำลังไฟฟ้า ความต่างศักย์ และกระแสไฟฟ้า มีดังนี้คือ

1. ความรู้เดิมของนักเรียน โดยนักเรียนเข้าใจว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดเดียวกันจะสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเท่ากัน ซึ่งความจริงแล้วเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละเครื่องนั้น จะใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนดไว้ที่เครื่องใช้ นั้น ๆ เช่น เตารีดไฟฟ้าขนาด

500 วัตต์กับ 1,000 วัตต์จะใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เท่ากันและมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไม่เท่ากันด้วย

2. นักเรียนไม่มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ในกระบวนการเรียนการสอนครูจะเน้นความสำคัญเฉพาะการคำนวณจากสูตร แต่ไม่ได้เน้นการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน เนื่องจากนักเรียนไม่เคยคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ภายในบ้านโดยตรง จึงไม่ตระหนักถึงความสำคัญของการเลือกใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า มองไม่เห็นความจำเป็นที่จะต้องคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้าในขณะที่เครื่องทำงาน เพราะไม่ได้นำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

มโนคติเรื่อง ความปลอดภัยในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน

ข้อที่ 12. ถ้านักเรียนพบเหตุการณ์น้องตัวเล็กๆ เล่นสายเตารีดซึ่งเสียบปลั๊กอยู่ แล้วถูกไฟดูดนักเรียนจะปฏิบัติอย่างไร เป็นสิ่งแรก

- [] ยกสะพานไฟเพื่อปิดไฟทั้งบ้าน
- [] ดึงมือน้องออกจากที่เกิดเหตุ โดยเร็วที่สุด
- [] หาผ้าแห้งคล้องตัวน้อง แล้วดึงให้หลุดออกจากสายเตารีด

ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ข้อที่ 12. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้

ความเข้าใจมโนคติ	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)	29.21 (n=26)	52.81 (n=47)
- ยกสะพานไฟเพื่อปิดไฟทั้งบ้าน เพราะว่าการยกสะพานไฟเป็นการตัดวงจรไฟฟ้าทั้งหมดภายในบ้านทำให้ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน เพื่อให้เกิดความปลอดภัยแล้วจึงช่วยเหลือในขั้นตอนต่อไป		
ความเข้าใจที่ถูกแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	16.85 (n=15)	2.25 (n=2)
- ยกสะพานไฟเพื่อปิดไฟทั้งบ้าน เพราะว่าจะทำให้น้องหลุดออกมาอย่างปลอดภัยและไม่เป็นอันตรายด้วย		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	6.74 (n=6)	0.00 (n=0)
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)	44.94 (n=40)	42.70 (n=38)
- หาผ้าแห้งคล้องตัวน้อง แล้วดึงให้หลุดออกจากสายเตารีด เพราะว่าจะทำให้ปลอดภัยทั้งคู่		

ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ข้อที่ 12. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้ (ต่อ)

ความเข้าใจโมติ	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความไม่เข้าใจ (NU)	2.25 (n=2)	2.25 n=2)
- นักเรียนไม่ตอบคำถาม		

จากตารางที่ 15 พบว่า เมื่อทำการทดสอบวัดมโนคติก่อนเรียน (Preconception) เรื่อง ความปลอดภัยในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน มีนักเรียนร้อยละ 29.21 มีความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และนักเรียนร้อยละ 51.68 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) หลังจากทีนักเรียนได้เรียนเรื่องนี้ผ่านไปแล้ว ทำการวัดมโนคติหลังเรียน (Postconception) พบว่า มีนักเรียนที่มีมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) สูงขึ้น คือมีจำนวนร้อยละ 52.81 และมีนักเรียนส่วนหนึ่งคิดเป็นร้อยละ 42.70 ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) อยู่

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ยังคงมีมโนคติที่คลาดเคลื่อน (AC และ PS) มีดังนี้คือ นักเรียนเข้าใจว่าการหาผ้าแห้งคลึงตัวน้อง แล้วดึงให้หลุดออกจากสายเตารีด เป็นขั้นตอนแรกที่สามารถช่วยน้องให้ปลอดภัยจากกระแสไฟฟ้าดูดได้ เพราะมีเหตุผลต่าง ๆ กัน ดังนี้

- เพราะถ้าใช้มือดึง ไฟอาจดูดเราไปด้วย
- เพราะ กว่าจะไปยกสะพานไฟน้องอาจจะตายก่อน
- เพราะช่วยได้เร็วและสะดวกกว่า

การสัมภาษณ์นักเรียน ก่อนมีการเรียนการสอน กับนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนคติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องนี้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถบอกวิธีการช่วยเหลือคนที่ถูกไฟฟ้าดูดอย่างถูกต้องและปลอดภัยได้ ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์

เด็กหญิงอารียาภรณ์ ปิ่นทอง

ถาม : อันตรายที่เกิดจากการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้ามีอะไรบ้าง ยกตัวอย่าง ?

ตอบ : ไฟดูด ไฟช็อต ทำให้เกิดไฟไหม้บ้าน

ถาม : สาเหตุของอันตรายเหล่านั้นเกิดจากอะไร ?

ตอบ : เกิดจากไฟฟ้าลัดวงจร

ถาม : ไฟฟ้าลัดวงจรหมายความว่าอย่างไร ?

ตอบ : หมายความว่าเกิดไฟฟ้าช็อต เพราะใช้ไฟมากเกินไป

ถาม : การใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าให้ปลอดภัยควรปฏิบัติอย่างไร ?

ตอบ : ใช้อย่างระมัดระวัง

ถาม : เช่น ทำอย่างไรบ้าง ?

ตอบ : ตรวจสอบสายไฟว่าชำรุดหรือไม่ ถ้าชำรุดก็เปลี่ยนใหม่หรือซ่อมแซมให้ใช้ได้

ถาม : ถ้าสายไฟชำรุดแล้วไม่ซ่อมแซมจะเกิดอันตรายอย่างไร ?

ตอบ : เมื่อเราไปแตะถูกไฟก็จะดูดเราตายได้

ถาม : ถ้าเราพบร่องถูกไฟดูดเราจะทำสิ่งใดก่อนเป็นอันดับแรกเพื่อให้เกิดความปลอดภัย ?

ตอบ : ใช้ผ้าแห้งคล้องตัวน้องแล้วดึงออกอย่างรวดเร็ว

ถาม : เพราะเหตุใดจึงเลือกวิธีนี้ ?

ตอบ : เพราะว่าผ้าแห้งไม่ได้เป็นตัวนำไฟฟ้าสามารถป้องกันไม่ให้ไฟฟ้ามาถูกตัวเราได้

ถาม : ระหว่างการยกสะพานไฟ กับการใช้ผ้าแห้งคล้องตัวน้องแล้วดึง นักเรียนคิดว่ากระทำขั้นตอนใดก่อนจึงจะปลอดภัยที่สุด ?

ตอบ : การใช้ผ้าแห้งรีบดึงน้องออกน่าจะปลอดภัยที่สุด เพราะว่าการช่วยเหลือคนถูกไฟดูดจะต้องช่วยอย่างรวดเร็ว ถ้าไปยกสะพานไฟก่อนอาจจะเข้าเกินไป

จากการสัมภาษณ์ก่อนเรียนกับเด็กหญิงอารียาภรณ์ พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจมโนคติที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับความปลอดภัยในการใช้ไฟฟ้าในบ้าน โดยนักเรียนไม่ตระหนักถึงความสำคัญของการมีสะพานไฟเมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดูด ไฟฟ้าลัดวงจร นักเรียนมักจะไม่คำนึงว่าควรจะตัดไฟฟ้าออกจากวงจรทั้งหมดในบ้านเสียก่อน เพื่อให้เกิดความปลอดภัย ก่อนที่จะช่วยเหลือในขั้นตอนต่อไป

การสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอนเรื่อง ความปลอดภัยในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน สรุปได้ดังนี้

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอน

เป็นการสอนแบบบรรยายประกอบแผ่นใส

การสอนเพื่อให้เกิดมโนคติ ครูให้มโนติดังนี้

มโนคติ : สะพานไฟ เป็นอุปกรณ์เปิดเปิดวงจรไฟฟ้าในบ้าน ควบคุมวงจรไฟฟ้าทั้งหมดในบ้าน เพื่อความสะดวกและปลอดภัย ควรยกสะพานไฟเพื่อตัดวงจรไฟฟ้าในขณะที่ซ่อมแซม แก้ไขในจุดต่างๆ ของบ้าน

- ครูอธิบายโดยใช้แผ่นใสประกอบ ซึ่งเป็นภาพการใช้ เครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างถูกต้องและปลอดภัย มีการแสดงตัวอย่างมโนคติ ทั้งทางบวกและทางลบ เช่น ครูแสดงภาพการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ถูกต้องแล้ว แสดงภาพการใช้ที่ไม่ถูกต้องทันที เพื่อให้นักเรียนสรุปลักษณะที่แตกต่างของมโนติดังนั้น และบอกมโนคติที่ถูกต้องได้

- ครูใช้ภาพที่เป็นการ์ตูน สีสรรสวยงามทำให้นักเรียนเกิดความสนใจ , สนุกสนาน ไม่เบื่อหน่าย และยังใช้ภาษาที่ทำให้นักเรียนเข้าใจง่าย และเข้าใจความหมายอย่างถูกต้องอีกด้วย ตัวอย่าง เช่น

ฯลฯ

- ครูชี้แผ่นใสภาพสะพานไฟที่ใช้ไม่ถูกต้องกับภาพที่ใช้ถูกต้อง

ครูถาม : ทำไมภาพแรกจึงกาเครื่องหมายผิด (X) ?

นักเรียน : เพราะดันคันโยกไม่สนิท

ครู : เมื่อดันคันโยกไม่สนิทกระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้สะดวกหรือไม่ ?

นักเรียน : ไม่สะดวก

ครู : เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไม่สะดวกจะมีความต้านทานไฟฟ้าเป็นอย่างไร (มากหรือน้อย) ?

นักเรียน : ความต้านทานมาก

ครูอธิบาย : เมื่อความต้านทานมากตรงจุดสัมผัสจะเกิดความร้อนสูง และเกิดประกายไฟตรงจุดสัมผัส เพราะฉะนั้นที่ถูกต้องควรดันคันโยกให้สนิท

ครูย้ำ : ดันคันโยกให้สนิทชีวิตปลอดภัย

- ครูให้นักเรียนยกตัวอย่างคำขวัญเกี่ยวกับการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างถูกต้องและปลอดภัย

ฯลฯ

จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอน พบว่า นักเรียนมีความตั้งใจเรียน และกระตือรือร้นในการตอบคำถามของครูเป็นอย่างดี และหลังจากเรียนเรื่องนี้แล้ว พบว่า นักเรียนมีมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์จำนวนมากขึ้น และนักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนจำนวนน้อยลง แต่มีนักเรียนบางส่วนที่ยังคงมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนอยู่

การรับรู้มโนคติของนักเรียน

- นักเรียนรับรู้มโนคติโดยการตอบคำถามครูและดูภาพแผ่นใสที่ครูแสดง
- นักเรียนส่วนใหญ่ตั้งใจเรียนและตอบคำถามของครูเป็นรายบุคคลและเป็นกลุ่ม

ผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์นักเรียน หลังจากจบสิ้นการเรียนการสอนในเรื่องนี้แล้ว พบว่าสาเหตุของความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนนั้น ขึ้นอยู่กับความเชื่อ และความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ของนักเรียน ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์ต่อไปนี้

เด็กหญิงจิตรลดา ชาวฤทธิ์

ถาม : อุปกรณ์ที่ควบคุมวงจรไฟฟ้าทั้งหมดในบ้านคืออะไร ?

ตอบ : สะพานไฟ

ถาม : สะพานไฟเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยให้เกิดความปลอดภัยใช้หรือไม่ ?

ตอบ : ไม่ใช่

ถาม : ถ้าไม่ใช่สะพานไฟแล้วอะไรช่วยให้เกิดความปลอดภัยในบ้าน ?

ตอบ : ฟิวส์

ถาม : ฟิวส์ช่วยอย่างไร ?

ตอบ : ช่วยไม่ให้เกิดไฟฟ้าลัดวงจร และไม่ให้ไฟไหม้บ้านได้ โดยถ้าเกิดไฟฟ้าลัดวงจรฟิวส์จะขาดเป็นการตัดไฟ

ถาม : การยกสะพานไฟเป็นการตัดไฟหรือไม่ ?

ตอบ : ตัดไฟ

ถาม : ถ้าพวกเราจะซ่อมแซมหรือแก้ไขไฟฟ้าบางจุดภายในบ้านเพื่อความปลอดภัยเราจะต้องทำอย่างไรก่อนอื่น ?

ตอบ : ยกสะพานไฟเพื่อตัดไฟฟ้าไม่ให้เข้าบ้าน

ถาม : สมมติว่านักเรียนเห็นน้องเล่นสายเตารีดไฟฟ้าแล้วถูกไฟดูด นักเรียนจะช่วยน้องอย่างไรเพื่อให้เกิดความปลอดภัยที่สุด ?

ตอบ : หาผ้าแห้งมาคล้องตัวน้องดึงออก แล้วค่อยวิ่งมายกสะพานไฟ

ถาม : เพราะเหตุใดจึงคิดว่าวิธีนี้ปลอดภัยที่สุด ?

ตอบ : เพราะว่าผ้าแห้งไม่เป็นตัวนำไฟฟ้าและสามารถช่วยได้ทันเวลา

จากการสัมภาษณ์เด็กหญิงจิตรลดาและนักเรียนคนอื่น ๆ หลังจากที่ได้เรียนเรื่องนี้ไปแล้ว ซึ่งให้คำตอบที่คล้ายคลึงกัน โดยพบว่า นักเรียนยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนอยู่ ซึ่งนักเรียนเข้าใจว่า การช่วยเหลือคนถูกไฟดูดนั้น สิ่งแรกจะต้องทำคือพาทางดึงคนออกจากสายไฟโดยเร็ว แล้วจึงไปยกสะพานไฟ เพื่อตัดกระแสไฟฟ้าทั้งบ้าน เพื่อให้เกิดความปลอดภัย ทั้งผู้ที่ถูกไฟดูด และผู้ให้การช่วยเหลือ ซึ่งสาเหตุของการเกิดมโนคติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องนี้พบว่า มาจากความเชื่อที่ฝังอยู่ในตัวนักเรียน นอกจากนี้ นักเรียนไม่ตระหนักถึงความปลอดภัยในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน จึงเป็นสาเหตุให้เกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้

สรุปสาเหตุสำคัญ ที่ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง ความปลอดภัยในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน มีดังนี้คือ

1. พฤติกรรมการเรียน นักเรียนบางส่วนไม่ตั้งใจเรียน โดยขณะที่มีกิจกรรมการเรียนการสอนนั้น ครูผู้สอนได้ฉายแผ่นใสให้ดู ซึ่งเป็นภาพการตุนสวกสวาน นักเรียนก็ดูไป สวกสวานไป นักเรียนบางคนไม่คิดจริงจังกับภาพที่เห็น จึงไม่เห็นความสำคัญเท่าที่ควร

2. ความเชื่อที่ไม่ถูกต้องของตัวนักเรียนเอง ความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ และนักเรียนไม่ตระหนักถึงความปลอดภัยในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า

มโนคติเรื่อง วงจรไฟฟ้า

มโนคติเรื่องนี้ ทำการวัดโดยใช้แบบทดสอบจำนวน 3 ข้อ (ข้อ 13-15) จึงสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลไว้ในตารางที่ 16 ดังนี้คือ

ตารางที่ 16 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนคติ เรื่อง วงจรไฟฟ้า แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้

ความเข้าใจมโนคติ	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)	11.20 (n=10)	29.12 (n=26)
ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	10.08 (n=9)	40.32 (n=36)
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	25.76 (n=23)	24.64 (n=22)
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)	49.28 (n=44)	5.60 (n=5)
ความไม่เข้าใจ (NU)	3.36 (n=3)	0.00 (n=0)

จากตารางที่ 16 พบว่า เมื่อทำการทดสอบวัดมโนติก่อนเรียน (Preconception) เรื่อง วงจรไฟฟ้า มีนักเรียนร้อยละ 11.20 มีความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และนักเรียนร้อยละ 75.04 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) หลังจากให้นักเรียนได้เรียนเรื่องนี้ผ่านไปแล้ว ทำการวัดมโนติหลังเรียน (Postconception) พบว่านักเรียนมีมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) สูงขึ้น คือมีจำนวนร้อยละ 29.12 และมีนักเรียนส่วนหนึ่งคิดเป็น ร้อยละ 30.24 ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) อยู่

ผลการวิเคราะห์โมเดลย่อยเรื่อง วงจรไฟฟ้า เสนอเป็นรายข้อดังนี้

ข้อที่ 13. วงจรเปิดและวงจรปิด แตกต่างกันอย่างใด อธิบาย

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ข้อที่ 13. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้

ความเข้าใจโมเดล	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจโมเดลที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)	10.11 (n=9)	23.78 (n=21)
- วงจรเปิด หมายถึงวงจรไฟฟ้าที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ส่วนวงจรปิดหมายถึงวงจรไฟฟ้าที่มีกระแสไฟฟ้าไหลครบวงจร เช่น ขณะที่เปิดไฟหลอดสว่างเป็นวงจรปิด แต่ถ้าปิดไฟจะเป็นวงจรเปิด		
ความเข้าใจที่ถูกต้องไม่สมบูรณ์ (PU)	4.49 (n=4)	22.47 (n=20)
- วงจรเปิด คือ กระแสไฟฟ้าไม่ไหลผ่าน ส่วนวงจรปิด คือ กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	14.61 (n=12)	21.35 (n=20)
- วงจรเปิด ไฟฟ้าจะไม่มี วงจรปิด ไฟฟ้าจะไหลไปตามสายทุกสาย		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)	52.81 (n=48)	26.97 (n=24)
- วงจรเปิด คือ การที่กระแสไฟฟ้ากำลังไหลหรือกำลังทำงาน ส่วนวงจรปิด คือการที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหล		

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ข้อที่ 13. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้ (ต่อ)

ความเข้าใจโมติ	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความไม่เข้าใจ (NU)	17.98 (n=16)	4.49 (n=4)
- นักเรียนไม่ตอบคำถาม		

จากตารางที่ 17 พบว่า เมื่อทำการทดสอบวัดมโนคติก่อนเรียน (Preconception) นักเรียนร้อยละ 10.11 มีความเข้าใจโมติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และนักเรียนร้อยละ 67.42 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) และเมื่อทำการวัดมโนคติหลังเรียน (Postconception) พบว่านักเรียนมีมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) สูงขึ้น คือมีจำนวนร้อยละ 23.78 และมีนักเรียนส่วนหนึ่ง คิดเป็นร้อยละ 48.32 ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) อยู่

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อน (AC และ PS) มีดังนี้คือ
นักเรียนเข้าใจว่า

วงจรเปิด คือ

- การที่เครื่องใช้ไฟฟ้าทำงาน
- การที่กระแสไฟฟ้ากำลังไหลหรือกำลังทำงานอยู่

วงจรปิด คือ

- ส่วนวงจรปิด คือ การที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหล
- การที่เครื่องใช้ไฟฟ้าหยุดทำงานชั่วขณะหนึ่ง

ข้อที่ 14. เมื่อกดสวิตช์เพื่อปิดไฟ วงจรไฟฟ้าจะเป็นอย่างไร เพราะเหตุใด

ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ข้อที่ 14. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้

ความเข้าใจโมเมนต์	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจโมเมนต์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)	13.48 (n=12)	35.96 (n=32)
- วงจรเปิด เพราะว่าขณะปิดไฟ วงจรไฟฟ้าจะเปิด ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน จึงทำให้หลอดไฟไม่สว่าง		
ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	7.87 (n=7)	8.99 (n=8)
- วงจรเปิด เพราะว่าเมื่อกดสวิตช์เพื่อปิดไฟแล้ววงจรไฟฟ้า จะทำหน้าที่เป็นวงจรเปิดทันที		
- วงจรเปิด เพราะว่าวงจรเปิดทำให้กระแสไฟฟ้าถูกตัดไป		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	19.10 (n=17)	25.84 (n=23)
- วงจรเปิด เพราะว่าวงจรเปิดสวิตช์จะต้องปิด เพื่อให้ กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)	56.18 (n=50)	29.21 (n=26)
- วงจรปิด เพราะว่าปิดไฟแล้ววงจรไฟฟ้าไม่ทำงาน		
- วงจรปิด เพราะว่าวงจรไฟฟ้าจะดับ		
ความไม่เข้าใจ (NU)	3.37 (n=3)	0.00 (n=0)
- นักเรียนไม่ตอบคำถาม		

จากตารางที่ 18 พบว่า เมื่อทำการทดสอบวัดมโนคติก่อนเรียน (Preconception) นักเรียนร้อยละ 13.48 มีความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และนักเรียนร้อยละ 75.28 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) และเมื่อทำการวัดมโนคติหลังเรียน (Postconception) พบว่านักเรียนมีมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) สูงขึ้น คือมีจำนวนร้อยละ 35.96 และมีนักเรียนส่วนหนึ่ง คิดเป็นร้อยละ 55.05 ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) อยู่

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อน (AC และ PS) มีดังนี้คือ

นักเรียนเข้าใจว่า เมื่อกดสวิตช์เพื่อปิดไฟ วงจรไฟฟ้าจะเป็น

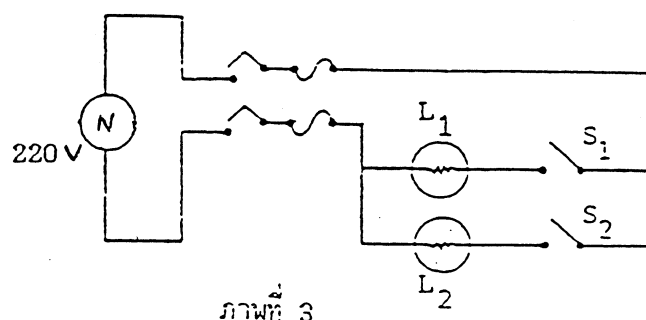
วงจรปิด เพราะว่า

- ทำให้ไฟฟ้าเข้าไป ทำให้หลอดไฟสว่าง
- ถ้าวงจรปิด จะทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลอยู่
- สวิตช์ไฟฟ้าแตะกับวงจรไฟฟ้า ทำให้วงจรไฟฟ้าว่าง
- เมื่อปิดแล้วไฟก็จะดับ

วงจรเปิด เพราะว่า

- ไฟจะวิ่งเข้าหากัน ทำให้เกิดแสงสว่าง
- ไฟฟ้าที่เราใช้เมื่อปิดไฟฟ้าจะไหลไปยังที่เดิม
- ทำให้ไฟฟ้าไหลผ่านได้
- การที่วงจรเปิด ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปตลอด

ข้อที่ 15.



จากภาพที่ 3 เมื่อกดสะพานไฟลงและกดสวิตช์ S_1 จะมีผลอย่างไร เพราะเหตุใด

ตารางที่ 19 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ข้อที่ 15. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้

ความเข้าใจโมเมนต์	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจโมเมนต์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)	23.60 (n=21)	30.34 (n=27)
- สว่างเฉพาะหลอดที่ 1 เพราะว่าวงจรไฟฟ้าของหลอดที่ 1 เป็นวงจรปิดมีกระแสไฟฟ้าไหลครบวงจร แต่วงจรของหลอดที่ 2 เป็นวงจรเปิดไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ดังนั้นหลอดไฟจึงสว่างเฉพาะหลอดที่ 1 เท่านั้น		
ความเข้าใจที่ถูกแต่ไม่สมบูรณ์ (CU)	7.87 (n=7)	19.10 (n=17)
- สว่างเฉพาะหลอดที่ 1 เพราะว่าสวิตช์ S_1 ทำงานเป็นตัวควบคุมหลอดไฟหลอดที่ 1 เท่านั้น - สว่างเฉพาะหลอดที่ 1 เพราะว่าหลอดที่ 2 ยังเป็นวงจรเปิดอยู่ คือยังไม่เปิดสวิตช์		

ตารางที่ 19 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ข้อที่ 15. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้ (ต่อ)

ความเข้าใจโมเมนต์	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	19.10 (n=17)	15.73 (n=14)
- สว่างเฉพาะหลอดที่ 1 เพราะว่ายู่ใกล้สวิตช์		
- สว่างเฉพาะหลอดที่ 1 เพราะว่าเป็นวงจรเพียงหลอดเดียว		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)	44.94 (n=40)	33.71 (n=30)
- สว่างทั้ง 2 หลอด เพราะว่าเป็นการต่อสายไฟแบบขนาน		
- สว่างทั้ง 2 หลอด เพราะว่าเป็นวงจรไฟฟ้าปิดทั้ง 2 หลอด		
ความไม่เข้าใจ (NU)	4.49 (n=4)	1.12 (n=1)
- นักเรียนไม่ตอบคำถาม		

จากตารางที่ 19 พบว่า เมื่อทำการทดสอบวัดมโนมติก่อนเรียน (Preconception) นักเรียนร้อยละ 23.60 มีความเข้าใจโมเมนต์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และนักเรียนร้อยละ 64.04 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) และเมื่อทำการวัดมโนมติก่อนเรียน (Postconception) พบว่านักเรียนมีมโนมติกที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) สูงขึ้น คือมีจำนวนร้อยละ 30.34 และมีนักเรียนส่วนหนึ่ง คิดเป็นร้อยละ 49.44 ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) อยู่

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีมโนมติกที่คลาดเคลื่อน (AC และ PS) มีดังนี้คือ นักเรียนเข้าใจว่า จากภาพ เมื่อกดสะพานไฟ และกดสวิตช์ S_1 จะมีผลต่อหลอดไฟดวงนี้ สว่างทั้ง 2 หลอด เพราะว่า

- เป็นการต่อสายไฟแบบขนาน
- วงจรไฟฟ้าปิดทั้ง 2 หลอด
- เมื่อกดสะพานไฟลง และกดสวิตช์ กระแสไฟฟ้าก็จะไหลผ่านไปทั้งหมด หลอดไฟก็จะสว่างทุกดวง

ไม่สว่างทั้ง 2 หลอด เพราะว่า

- จะไม่มีกระแสไฟฟ้าผ่านหลอดทั้ง 2
- ต่อกันไว้แบบอนุกรม และกระแสไฟฟ้าไหลได้ไม่ครบวงจร
- กระแสไฟฟ้าไม่ไหลผ่านสะพานไฟ ถึงจะกดสวิตช์ ก็จะไม่ให้หลอดไฟสว่าง
- เมื่อยังไม่ต่อฟิวส์ กระแสไฟฟ้าจะไม่ไหล

สว่างเฉพาะหลอดที่ 2 เพราะว่า

- เรากดสวิตช์ S_1 จะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลลงมา ก็จะทำให้สว่างเฉพาะหลอดที่ 2

สว่างเฉพาะหลอดที่ 1 เพราะว่า

- อยู่ใกล้สวิตช์
- หลอดไฟเป็นวงจรเปิด จึงทำให้หลอดไฟสว่าง
- ไฟฟ้าไหลเข้าหลอดไฟที่ 1 แล้วไหลออก และจะไปหยุดอยู่ปลายสวิตช์ที่ 2

การสัมภาษณ์นักเรียน ก่อนมีการเรียนการสอน กับนักเรียนที่มีความเข้าใจแนวคิดที่คลาดเคลื่อน ในเรื่องนี้ พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง วงจรไฟฟ้าค่อนข้างมาก สาเหตุที่ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเนื่องมาจากประสบการณ์ และความเชื่อของตัวนักเรียนเอง เช่น ตัวอย่างการสัมภาษณ์

เด็กหญิงวิภา ทองมี

ถาม : ขณะที่หลอดไฟสว่างหรือขณะที่เครื่องใช้ไฟฟ้าทำงานมีกระแสไฟฟ้าในวงจรหรือไม่?

ตอบ : มี

ถาม : เราเรียกวงจรไฟฟ้าขณะนั้นว่าวงจรเปิดหรือวงจรปิด ?

ตอบ : วงจรเปิด

ถาม : เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น ?

ตอบ : เพราะว่าขณะที่เราเปิดไฟทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ทำให้หลอดไฟสว่าง

ถาม : เมื่อเรากดสวิตช์เพื่อปิดไฟวงจรไฟฟ้าจะเป็นอย่างไร เพราะเหตุใด ?

ตอบ : วงจรปิด เพราะว่าปิดไฟแล้ววงจรไฟฟ้าก็จะปิดด้วย ทำให้เครื่องใช้ไฟฟ้าหยุดทำงานด้วย

- ถาม : เพราะเหตุใดเครื่องใช้ไฟฟ้าจึงหยุดทำงาน ?
 ตอบ : เพราะ ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน
 ถาม : วงจรเปิดกับวงจรปิดต่างกันอย่างไร ?
 ตอบ : วงจรเปิดคือเมื่อเราเปิดไฟ ส่วนวงจรปิดหมายถึงขณะที่เราปิดไฟ

จากการสัมภาษณ์เด็กหญิงวิภา พบว่า นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องวงจรไฟฟ้า ซึ่งมีสาเหตุเนื่องมาจาก ภาษาที่ใช้ในชีวิตประจำวัน โดยนักเรียนเข้าใจว่า ขณะที่เปิดไฟ (หลอดไฟสว่าง) นั้นเป็นวงจรเปิด มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ทำให้หลอดไฟสว่างได้ แต่ถ้าปิดไฟ ก็จะเป็นวงจรปิดและไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

การสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอน เรื่อง วงจรไฟฟ้า สรุปได้ดังนี้

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

เป็นการสอนแบบบรรยายและถาม - ตอบ

การสอนเพื่อให้เกิดมโนคติ ครูให้มโนติดังนี้

- มโนคติ : -วงจรปิด หมายถึง วงจรไฟฟ้าที่มีกระแสไหลครบวงจร ส่วนวงจรเปิด หมายถึง วงจรที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน
 -การกดสวิตช์เพื่อเปิดไฟ เป็นการทำให้วงจรปิด ส่วนการกดสวิตช์เพื่อปิดไฟเป็นการทำให้วงจรเปิด
 -ครูอธิบายวงจรไฟฟ้าจากกิจกรรม 16.4 เรื่องการต่อวงจรไฟฟ้า โดยอธิบายตามรูปภาพของวงจรไฟฟ้าในแบบเรียนแล้วถาม - ตอบ ตัวอย่างเช่น

- ครู : จากรูปถ้าต่อถ่านไฟฉาย 4 ก้อนเข้ากับวงจร ฟิวส์ สะพานไฟ หลอดไฟ เป็นวงจร สะพานไฟยังค้างอยู่ ถ้าลักษณะที่สะพานไฟยังค้างอยู่ดังในภาพ เราเรียกว่าวงจรเปิด หรือวงจรปิด ? มานิตย์
 มานิตย์ : วงจรปิด * (คลาดเคลื่อน)
 ครู : คำว่าวงจรปิดหมายถึงกระแสไฟฟ้าไหลได้ครบวงจร แต่ถ้าวงจรเปิดคืออะไร ? สมทรง
 สมทรง : ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหล

- ครู : ถูกต้อง วงจรถูกตัด
- ครู : สวิตช์ค้างอยู่ในภาพถือว่าเป็นวงจรปิดหรือวงจรเปิด ? สมพร
- สมพร : วงจรเปิด
- ครูอธิบาย : วงจรเปิดหรือมันขาดนั่นเอง ไทล่ไม่ครบวงจร
- ครู : ถ้าดันคันโยกของสะพานไฟลงแต่ยังไม่เปิดสวิตช์ ถามว่าหลอดไฟสว่างหรือไม่ ?
- นักเรียน : ไม่สว่าง
- ครู : เพราะเหตุใด ?
- นวรัตน์ : เพราะยังไม่ได้เปิดสวิตช์
- ครูอธิบาย : ยังไม่ได้เปิดสวิตช์กระแสไหลไม่ครบวงจร
- ครูสรุปมโนคติเรื่องวงจรไฟฟ้าโดยให้นักเรียนจดบันทึกตาม

จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอน พบว่า การสอนเพื่อให้เกิดมโนคตินั้น ครูผู้สอนจะเน้นเฉพาะมโนคติที่ใช้เท่านั้น ส่วนมโนคติที่ไม่ใช้ครูจะผ่านไปเลย บางคำถามนักเรียนตอบไม่ถูก ครูก็ไม่ได้บอกว่าไม่ถูก แต่ครูจะถามคำถามใหม่กับคนอื่นต่อๆ ไป เป็นสาเหตุทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้ นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนมีพฤติกรรมตอบสนองค่อนข้างน้อย เนื่องจากชั่วโมงนี้ไม่ได้มีการทดลองจริง จึงทำให้นักเรียนไม่มีโอกาสแสดงพฤติกรรมและไม่ได้ลงมือกระทำด้วยตนเอง จึงขาดประสบการณ์จริงที่จะทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย

การรับรู้มโนคติของนักเรียน

- นักเรียนบางคนเข้าใจว่าการต่อวงจรไฟฟ้า ขณะที่สะพานไฟยังยกค้างอยู่เป็นวงจรปิด
- นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนโดยการตอบคำถามของครูและฟังจากครูอธิบาย สรุป มีนักเรียนบางส่วน คอยกัน เล่นกัน ไม่ตั้งใจเรียน

จากการสัมภาษณ์นักเรียนหลังจากที่ได้เรียนเรื่องวงจรไฟฟ้าแล้ว พบว่า นักเรียนยังคงมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องนี้อยู่มาก สาเหตุเนื่องมาจากภาษาที่ใช้ในเชิงวิชาการกับภาษาที่ใช้ในชีวิตประจำวันไม่สอดคล้องสัมพันธ์กัน ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์ เด็กชายก่อเกียรติ นนทลือชา ที่ใช้คำตอบที่คล้ายคลึงกันกับคนอื่น ๆ ดังต่อไปนี้

เด็กชายก่อเกียรติ นนทลือชา

ถาม : ขณะที่หลอดไฟสว่าง หรือขณะที่เครื่องใช้ไฟฟ้าทำงานนั้น มีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรหรือไม่ ?

ตอบ : มี

ถาม : ขณะนั้นเป็นวงจรเปิดหรือวงจรปิด ?

ตอบ : (ไม่ตอบ)

ถาม : เมื่อเรากดสวิตช์เพื่อปิดไฟจะทำให้หลอดไฟไม่สว่าง (ไฟดับ) ทราบหรือไม่ว่าขณะนั้นวงจรไฟฟ้าเปิดหรือปิด ?

ตอบ : วงจรปิด

ถาม : เพราะเหตุใดจึงคิดว่าเป็นวงจรปิด ?

ตอบ : เพราะว่าเราปิดไฟ

ถาม : วงจรปิดมีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรหรือไม่ ?

ตอบ : ไม่มี

ถาม : คำว่า "วงจรปิด" กับ "ปิดไฟ" ความหมายเดียวกันหรือไม่ หมายถึงอะไร ?

ตอบ : ความหมายเดียวกัน หมายถึงทำให้ไฟดับหรือหลอดไม่สว่าง

ถาม : เพราะเหตุใดวงจรปิดไฟจึงดับ ?

ตอบ : เพราะคำว่า ปิด ก็คือไม่มีกระแสไฟฟ้าไหล

ถาม : วงจรเปิดกับวงจรปิดต่างกันอย่างไร ?

ตอบ : วงจรเปิดคือขณะที่เราเปิดไฟมีกระแสไฟฟ้าผ่าน ส่วนวงจรปิดคือ ขณะที่เราปิดไฟและไม่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน

จากการสัมภาษณ์เด็กชายก่อเกียรติ พบว่า นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อน ในเรื่องวงจรไฟฟ้า สาเหตุเนื่องมาจากภาษาที่ใช้ในทางวิชาการ และภาษาที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ไม่สอดคล้องกัน โดยนักเรียนเข้าใจว่า วงจรปิด คือ ปิดไฟ เพราะใช้คำว่าปิดเหมือนกัน ย่อมมีความหมายเดียวกัน ความจริงแล้วคำว่า วงจรปิด มีความหมายเดียวกันกับคำว่า เปิดไฟ เพราะวงจรปิดเป็นวงจรไฟฟ้าที่มีกระแสไฟฟ้าไหลครบวงจร ทำให้หลอดไฟสว่าง

สรุปสาเหตุที่ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเรื่องวงจรไฟฟ้า มีดังนี้คือ

1. จากพฤติกรรมการเรียนการสอน ครูผู้สอนเน้นเฉพาะมโนคติที่ถูก ที่ใช้ โดยไม่เน้นมโนคติที่ ไม่ใช่ จึงทำให้นักเรียนเกิดความไม่แน่ใจในคำตอบที่ตนเองตอบ เช่น บางคำถาม

นักเรียนตอบไม่ถูก ครูไม่ได้บอกนักเรียนว่า ไม่ถูก แต่ครูจะถามคำถามใหม่กับนักเรียนคนอื่น ๆ ต่อไป ดังนั้น มโนคติที่นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนอยู่ในขณะนั้น จึงไม่ได้รับการแก้ไขให้ถูกต้อง ในทันที นอกจากนั้นนักเรียนไม่ได้ทำการทดลอง จึงขาดประสบการณ์ตรง ไม่ได้สัมผัสของจริง ครูบอกแต่เพียงผลของการทดลองเท่านั้น ทำให้นักเรียนได้รับรู้มโนคติแบบท่องจำ จึงไม่เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายได้

2. ภาษาที่ใช้ในทางวิชาการ และภาษาที่นักเรียนคุ้นเคยในชีวิตประจำวันไม่สอดคล้องสัมพันธ์กัน ทำให้เกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้ โดย นักเรียนเข้าใจว่า คำว่า วงจรปิด ความหมายเดียวกันกับคำว่าปิดไฟ คือ ไม่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน เป็นต้น

มโนคติเรื่อง กระแสไฟฟ้ารั่ว

ข้อที่ 16. นักเรียนจะมีวิธีตรวจสอบกระแสไฟฟ้ารั่ว จากเครื่องใช้ไฟฟ้าได้อย่างไร

ตารางที่ 20 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ข้อที่ 16. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้

ความเข้าใจมโนคติ	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)	3.37 (n=3)	17.98 (n=16)
- ตรวจสอบโดยใช้ไขควงตรวจไฟและที่เครื่องใช้ไฟฟ้า ในขณะที่เครื่องทำงานแล้วสังเกตหลอดไฟที่ตามไขควง ถ้าหลอดไฟสว่างแสดงว่า มีกระแสไฟฟ้ารั่วออกจาก เครื่องใช้ไฟฟ้านั้น		
ความเข้าใจที่ถูกต้องไม่สมบูรณ์ (PU)	2.25 (n=2)	21.35 (n=19)
- ใช้ไขควงตรวจสอบไฟฟ้า ถ้ามีไฟฟ้ารั่วไขควงจะมีแสง ถ้าไม่รั่วจะไม่มีแสง		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	6.74 (n=6)	7.87 (n=7)
- ใช้ไขควงวัดไฟสอดเข้าไปในเต้ารับ จะรู้ว่ามิไฟอยู่ - ใช้ไขควงวัดไฟและที่เต้ารับ		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)	59.55 (n=53)	49.44 (n=44)
- ดูจากสายไฟที่ขาดและเก่า เวลาเราไปจับดูทำให้ไฟดูด - ดูตัวเลขในมิเตอร์		
ความไม่เข้าใจ (NU)	28.09 (n=25)	3.37 (n=3)
- นักเรียนไม่ตอบคำถาม		

จากตารางที่ 20 พบว่า เมื่อทำการทดสอบวัดมโนคติก่อนเรียน (Preconception) เรื่อง กระแสไฟฟ้ารั่ว มีนักเรียนร้อยละ 3.37 มีความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และนักเรียนร้อยละ 66.29 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) หลังจากที่นักเรียนได้เรียนเรื่องนี้ผ่านไปแล้ว ทำการวัดมโนคติหลังเรียน (Postconception) พบว่านักเรียนมีมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) สูงขึ้น คือมีจำนวนร้อยละ 17.98 และมีนักเรียนส่วนหนึ่งคิดเป็น ร้อยละ 57.31 ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) อยู่

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อน (AC และ PS) มีดังนี้คือ
นักเรียนเข้าใจว่า สามารถตรวจสอบกระแสไฟฟ้ารั่วจากเครื่องใช้ไฟฟ้าได้โดยวิธีต่าง ๆ ดังนี้

- ไปยืนข้าง ๆ สายไฟ แล้วจะรู้สึกร้อนหรือไม่ก็เหม็น
- ใช้เครื่องตรวจสอบไฟฟ้ารั่ว ได้จากการนำเอาโลหะมาวางใกล้ ๆ สายไฟที่มีการผิวดังเกิด
- ปิดอุปกรณ์ทุกอย่าง แล้วไปดูที่มาตรวัดไฟฟ้า ถ้าทำงานอยู่แสดงว่ามีไฟรั่ว
- ถ้าไฟฟ้ารั่ว จะเกิดประกายไฟขึ้นที่สะพานไฟ
- ถ้ามีไฟฟ้ารั่วจากเครื่องใช้ไฟฟ้าแล้ว เครื่องใช้ไฟฟ้านั้นจะไม่ทำงาน หรือเกิดไฟฟ้าลัดวงจร
- เมื่อเราสัมผัส หรือแตะตู้เย็นแล้วมีอาการคัน ๆ เจ็บ ๆ เหมือนเมดกัด แสดงว่ามีกระแสไฟฟ้ารั่ว

จากการสัมภาษณ์นักเรียน ก่อนมีการเรียนการสอน กับนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนคติที่คลาดเคลื่อน พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่องกระแสไฟฟ้ารั่วสูงมาก สาเหตุที่ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน เนื่องมาจากประสบการณ์เดิม ความเชื่อของตัวนักเรียนเองและส่วนหนึ่งเนื่องมาจากนักเรียนยังไม่เคยเรียนเรื่องนี้มาก่อน จึงทำให้ไม่มีมโนคติเรื่องนี้เลย (NU=28.09 %) ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์ก่อนเรียน ดังนี้

เด็กชายยุทธพล จินตมัย

ถาม : เรามีวิธีตรวจสอบกระแสไฟฟ้ารั่วจากเครื่องใช้ไฟฟ้าได้อย่างไร ?

ตอบ : ดูจากสายไฟที่ชำรุดจะมีกระแสไฟฟ้ารั่วออกมา

- ถาม : เราจะใช้เครื่องมืออื่นๆ ตรวจสอบได้หรือไม่ ?
- ตอบ : ไม่ทราบ
- ถาม : นักเรียนเคยเห็นเครื่องใช้ไฟฟ้าอะไรบ้างที่มีกระแสไฟฟ้ารั่วออกมา ?
- ตอบ : เคยเห็นตู้เย็น
- ถาม : นักเรียนทราบได้อย่างไรว่ามีกระแสไฟฟ้ารั่วออกจากตู้เย็น ?
- ตอบ : ทราบจากเวลาที่เราล้มผัสจะรู้สึกว่าถูกไฟดูด
- ถาม : ความรู้สึกที่ถูกไฟดูดนั้นเป็นอย่างไร ?
- ตอบ : เป็นลั่นๆ ที่ผิวหนัง
- ถาม : ถ้าเราต้องการตรวจสอบว่า ตู้เย็นที่บ้านเรามีกระแสไฟฟ้ารั่วออกมาหรือไม่ เราจะทดสอบอย่างไร ?
- ตอบ : ตรวจสอบโดยการสัมผัสดูก็ได้
- ถาม : ไม่กลัวอันตรายจากไฟฟ้าดูดหรือ ?
- ตอบ : ไม่กลัวเพราะว่ากระแสไฟฟ้าที่รั่วออกมานั้นไม่มากพอที่จะเป็นอันตรายได้
- ถาม : เพราะเหตุใดจึงเชื่ออย่างนั้น ?
- ตอบ : เพราะว่าเคยถูกไฟดูดบ่อยๆ ก็ไม่เป็นอะไร

จากการสัมภาษณ์เด็กชายยุทธพล ซึ่งให้คำตอบคล้ายคลึงกันกับนักเรียนคนอื่น ๆ พบว่านักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่า สามารถสัมผัสเครื่องใช้ไฟฟ้าโดยตรง เพื่อตรวจสอบกระแสไฟฟ้ารั่วได้ เพราะมีความเชื่อว่ากระแสไฟฟ้าที่รั่วออกมานั้นไม่เป็นอันตราย ซึ่งความจริงแล้วเป็นการกระทำที่ไม่ถูกต้อง เพราะว่ากระแสไฟฟ้าที่รั่วออกมาจากเครื่องใช้ไฟฟ้าอาจมากพอที่จะเกิดอันตรายได้ ดังนั้น ควรใช้เครื่องมือตรวจสอบ เช่น ไขควงไฟฟ้า ซึ่งความคลาดเคลื่อนดังกล่าวนี้เกิดจากประสบการณ์ของตัวนักเรียนเองและความเชื่อที่มีอยู่เดิม

จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอน เรื่องกระแสไฟฟ้ารั่ว สรุปได้ดังนี้

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

เป็นการสอนแบบบรรยายประกอบแผ่นใส

การสอนเพื่อให้เกิดมโนคติ ครูให้มโนคติ ดังนี้

มโนคติ : การตรวจสอบไฟฟ้ารั่วจากเครื่องใช้ไฟฟ้าทำได้โดยใช้ไขควงตรวจไฟแต่ละที่เครื่องใช้ไฟฟ้าขณะที่เครื่องทำงาน ถ้าหลอดไฟที่ตามไขควงสว่างแสดงว่าเครื่องใช้ไฟฟ้า

นั้นมีไฟฟ้าร่ว

- ครูอธิบายการตรวจสอบกระแสไฟฟ้าร่วจากมาตรไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าร่วจากเครื่องใช้ไฟฟ้า ประกอบกับการถาม - ตอบ

จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอน พบว่า การสอนเพื่อให้เกิดมโนคติ เรื่อง กระแสไฟฟ้าร่ว ครูเน้นการบรรยาย โดยเฉพาะการสังเกตที่มาตรไฟฟ้า เพื่อตรวจสอบ กระแสไฟฟ้าร่ว แต่ครูไม่ได้เน้นถึงอันตรายของกระแสไฟฟ้าที่ร่วไหลออกมา ซึ่งทำให้นักเรียน มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้

การรับรู้มโนคติของนักเรียน

- นักเรียนเข้าใจว่า การตรวจสอบกระแสไฟฟ้าร่วทำได้หลายวิธีเช่น การใช้ไขควงวัดไฟ ใช้ แอมมิเตอร์ บางส่วนเข้าใจว่า สามารถตรวจสอบโดยใช้การสัมผัสกับเครื่องใช้ไฟฟ้าโดยตรง
- นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมโดยการตอบคำถาม และนักเรียนบางส่วนไม่ตั้งใจเรียน เล่นกัน คอยกันในระหว่างเรียน

จากการสัมภาษณ์นักเรียน หลังจากการเรียนรู้เรื่องนี้ไปแล้ว พบว่า นักเรียนยังคงมีมโนคติที่ คลาดเคลื่อนในเรื่องนี้อยู่มาก สาเหตุเนื่องมาจากความเชื่อและประสบการณ์เดิมของนักเรียน ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์

เด็กชายเอกภพ พายุวิสูตร

- ถาม : เราจะตรวจสอบกระแสไฟฟ้าที่ร่วจากเครื่องใช้ไฟฟ้าได้อย่างไร ?
- ตอบ : ใช้ไขควงวัดไฟ
- ถาม : วัดอย่างไร ? (อธิบาย)
- ตอบ : ใช้แตะดูแล้วสังเกตแสงไฟที่ปลายไขควง
- ถาม : ถ้าไม่มีไขควงวัดไฟเราจะใช้มือแตะดูได้หรือไม่ เพราะเหตุใด ?
- ตอบ : ได้ เพราะว่ามือเราเป็นประสาทสัมผัสรับความรู้สึกได้
- ถาม : ถ้าเราใช้มือแตะดูเราจะรู้ได้อย่างไรว่ามีกระแสไฟฟ้าร่ว ?
- ตอบ : รู้สึกคันๆ คล้ายมดกัด
- ถาม : กรณีที่เราใช้มือแตะเพื่อตรวจสอบกระแสไฟฟ้าร่วนี้ไฟฟ้าจะดูดหรือไม่ เพราะเหตุใด ?
- ตอบ : ไม่ดูด เพราะมีกระแสไฟฟ้าไม่มากจึงไม่เป็นอันตราย

ถาม : เพราะเหตุใดจึงเชื่อว่าไม่เป็นอันตราย ?

ตอบ : เพราะว่าเคยถูกไฟดูด

ถาม : ไฟจากอะไร ?

ตอบ : จากตู้เย็น

จากการสัมภาษณ์หลังเรียน พบว่า นักเรียนยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนอยู่เช่นเดิม ซึ่งสาเหตุมาจากประสบการณ์ที่ได้สัมผัสด้วยตนเอง จึงเกิดความเชื่ออย่างฝังใจว่ากระแสไฟฟ้าที่รั่วจากเครื่องใช้ไฟฟ้ามีเพียงเล็กน้อย ไม่เป็นอันตรายต่อตัวเรา ทั้งๆ ที่นักเรียนได้รับการสอน มโนคติที่ถูกต้องในเรื่องนี้แล้ว

สรุปสาเหตุที่ทำให้นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อน ในเรื่อง กระแสไฟฟ้ารั่ว มีดังนี้ คือ

1. กิจกรรมการเรียนการสอน โดยครูไม่ได้เน้นถึงอันตรายของกระแสไฟฟ้า ที่รั่วจากเครื่องใช้ไฟฟ้า และไม่ได้สนใจประสบการณ์ที่นักเรียนมีมาก่อน จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้

2. ประสบการณ์ที่ได้สัมผัสด้วยตนเอง ในชีวิตประจำวัน ทำให้เกิดความเชื่ออย่างฝังใจว่า กระแสไฟฟ้าที่รั่วออกมาจากเครื่องใช้ไฟฟ้าไม่เป็นอันตราย เพราะว่ามีปริมาณเพียงเล็กน้อย และเชื่อว่า สามารถใช้มือสัมผัสกับเครื่องใช้ไฟฟ้า เพื่อตรวจสอบกระแสไฟฟ้ารั่วได้

3. ความไม่ตั้งใจเรียนของนักเรียน นักเรียนและตัวครูไม่มีปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ในขณะที่มีการเรียนการสอนเท่าที่ควร นักเรียนไม่ซักถามครูเกี่ยวกับประสบการณ์ที่พบเห็น หรือที่ได้สัมผัสมาด้วยตนเอง จึงทำให้ความเชื่อที่มีอยู่เดิมนั้นไม่ได้รับการแก้ไขให้ถูกต้อง

มโนคติเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและความต้านทานไฟฟ้า

มโนคติเรื่องนี้ ทำการวัดโดยใช้แบบทดสอบจำนวน 3 ข้อ (ข้อ 17-19) จึงสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลไว้ในตารางที่ 21 ดังนี้คือ

ตารางที่ 21 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนคติ เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และความต้านทานไฟฟ้า แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้

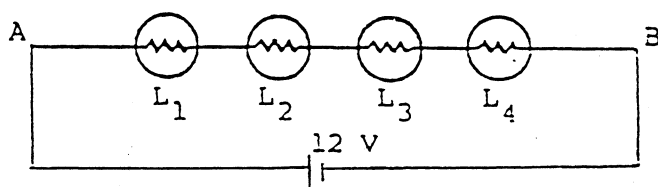
ความเข้าใจมโนคติ	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)	0.00 (n=0)	1.12 (n=1)
ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	6.72 (n=6)	19.04 (n=17)
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	19.04 (n=17)	23.52 (n=21)
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)	4.48 (n=4)	39.20 (n=35)
ความไม่เข้าใจ (NU)	69.44 (n=62)	16.80 (n=15)

จากตารางที่ 21 พบว่า เมื่อทำการทดสอบวัดมโนติก่อนเรียน (Preconception) เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และความต้านทานไฟฟ้า ไม่มีนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และนักเรียนร้อยละ 23.52 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) หลังจากให้นักเรียนได้เรียนเรื่องนี้ผ่านไปแล้ว ทำการวัดมโนติหลังเรียน (Postconception) พบว่านักเรียนมีมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) คือมีจำนวนร้อยละ 1.12 และมีนักเรียนส่วนหนึ่งคิดเป็น ร้อยละ 62.72 ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน

(PS + AC) อยู่ และจะเห็นได้ว่า ก่อนเรียนมีจำนวนนักเรียนที่ไม่มีโมเมนต์ในเรื่องนี้สูงมาก คิดเป็นร้อยละ 69.44 และลดลงหลังจากเรียนแล้ว คือมีจำนวนร้อยละ 16.80

ผลการวิเคราะห์โมเมนต์ย่อยเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และความต้านทานไฟฟ้า เสนอเป็นรายชื่อ ดังนี้

พิจารณาภาพที่ 4 แล้วใช้เป็นข้อมูลตอบคำถามข้อ 17 - 19



ภาพที่ 4

หลอดไฟฟ้า L_1 , L_2 , L_3 , L_4 ในภาพมีความต้านทาน 4 , 5 , 7 และ 8 โอห์มตามลำดับ

ข้อที่ 17. จากภาพที่ 4 ความต้านทานรวม จาก A ถึง B มีค่าเท่าไร
(ให้บอกสูตรและแสดงวิธีคำนวณด้วย)

ตารางที่ 22 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ข้อที่ 17. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้

ความเข้าใจโมเมนต์	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจโมเมนต์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)	5.62 (n=5)	17.98 (n=16)

- $R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$ เพราะว่าเป็นการต่อแบบ

อนุกรม

$$R = 4 + 5 + 7 + 8$$

$$R = 24 \text{ โอห์ม}$$

ตารางที่ 22 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ข้อที่ 17. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้ (ต่อ)

ความเข้าใจโมติ	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจที่ถูกแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	5.62 (n=5)	33.71 (n=29)
$- L_1 + L_2 + L_3 + L_4 = 4 + 5 + 7 + 8 = 24$ $- 4 + 5 + 7 + 8 = 24$ โอห์ม		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	5.62 (n=5)	2.25 (n=2)
$- 24$ โวลต์ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)		
	11.24 (n=10)	38.20 (n=33)
$-$ สูตร $P = VI$ $- 35$ โอห์ม		
ความไม่เข้าใจ (NU)	71.91 (n=64)	10.11 (n=9)
$-$ นักเรียนไม่ตอบคำถาม		

จากตารางที่ 22 พบว่า เมื่อทำการทดสอบวัดมโนติก่อนเรียน (Preconception) นักเรียนร้อยละ 5.62 มีความเข้าใจโมติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และนักเรียนร้อยละ 16.86 มีความเข้าใจโมติที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) และเมื่อทำการวัดมโนติหลังเรียน (Postconception) พบว่านักเรียนมีมโนติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) สูงขึ้น คือมีจำนวนร้อยละ 17.98 และมีนักเรียนส่วนหนึ่งคิดเป็นร้อยละ 40.45 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) จะเห็นได้ว่า เมื่อนักเรียนได้เรียนเรื่องนี้ผ่านไปแล้ว นักเรียนมีมโนติที่คลาดเคลื่อนสูงขึ้น และพบว่า ในการทดสอบวัดมโนติก่อนเรียน มีนักเรียนเป็นจำนวนมากที่ไม่มีมโนติในเรื่องนี้ (NU ร้อยละ 71.91)

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีโมเมนต์ที่คลาดเคลื่อน (AC และ PS) มีดังนี้

$$- R + R_1 + R_2 + R_3$$

$$- 280 \text{ โห์ม}$$

ข้อที่ 18. ต่อเนื่องจากข้อที่ 17. มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านในวงจรเท่าใด
(ให้บอกสูตรและแสดงวิธีคำนวณด้วย)

ตารางที่ 23 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ข้อที่ 18. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้

ความเข้าใจโมเมนต์	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจโมเมนต์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)	4.49 (n=4)	11.24 (n=10)
ความเข้าใจโมเมนต์ที่ไม่สมบูรณ์ (PU)	7.87 (n=7)	21.35 (n=19)

$$- \text{สูตร } I = \frac{V}{R}$$

$$\text{แทนค่า, } I = \frac{12}{24} = 0.5 \text{ แอมแปร์}$$

$$- I = \frac{12}{24} = 0.5 \text{ แอมแปร์}$$

ตารางที่ 23 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ข้อที่ 18. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้ (ต่อ)

ความเข้าใจโมเมนต์	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	15.73 (n=14)	14.61 (n=12)
$I = \frac{220}{24} = 9.16$		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)	61.80 (n=55)	44.94 (n=40)
- R = 220 V		
- 24		
ความไม่เข้าใจ (NU)	10.11 (n=9)	8.99 (n=8)
- นักเรียนไม่ตอบคำถาม		

จากตารางที่ 23 พบว่า เมื่อทำการทดสอบวัดมโนติก่อนเรียน (Preconception) นักเรียนร้อยละ 4.49 มีความเข้าใจโมเมนต์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และนักเรียนร้อยละ 77.53 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) และเมื่อทำการวัดมโนติหลังเรียน (Postconception) พบว่านักเรียนมีมโนติกที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) สูงขึ้น คือมีจำนวนร้อยละ 11.24 และมีนักเรียนส่วนหนึ่งคิดเป็น ร้อยละ 59.55 ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) อยู่

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีมโนติกที่คลาดเคลื่อน (AC และ PS) มีดังนี้คือ

- I = VIR

- 12 V

ข้อที่ 19. จากภาพที่ 4 ถ้าหลอด L_2 ขำรุติใช้การไม่ได้ จะเกิดผลอย่างไร เพราะเหตุใด

ตารางที่ 24 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ข้อที่ 19. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้

ความเข้าใจโมเมนต์	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจโมเมนต์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)	16.85 (n=15)	31.46 (n=28)
- หลอดอื่นๆ ไม่สว่าง เพราะว่าในภาพเป็นการต่อหลอดแบบอนุกรม เมื่อหลอดใดหลอดหนึ่งขาดหรือชำรุด จะทำให้วงจรเปิดกระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลผ่านได้		
ความเข้าใจที่ถูกแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	34.83 (n=31)	44.94 (n=40)
- หลอดอื่น ๆ ไม่สว่าง เพราะว่าเป็นการต่อแบบอนุกรม		
- หลอดอื่น ๆ ไม่สว่าง เพราะ กระแสไฟฟ้าไม่ครบวงจร		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	19.10 (n=17)	11.24 (n=10)
- หลอดอื่น ๆ ไม่สว่าง เพราะว่าเป็นการต่อแบบขนาน		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)	22.47 (n=20)	11.24 (n=10)
- หลอดอื่น ๆ ยังคงสว่าง เพราะว่า เป็นเพียงหลอดเดียว		
- หลอดอื่น ๆ ยังคงสว่าง เพราะว่า เป็นการต่อแบบอนุกรม		
ความไม่เข้าใจ (NU)	6.74 (n=6)	1.12 (n=1)
- นักเรียนไม่ตอบคำถาม		

จากตารางที่ 24 พบว่า เมื่อทำการทดสอบวัดมโนคติก่อนเรียน (Preconception) นักเรียนร้อยละ 16.85 มีความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และนักเรียนร้อยละ 41.57 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) และเมื่อทำการวัดมโนคติหลังเรียน (Postconception) พบว่านักเรียนมีมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) สูงขึ้น คือมีจำนวนร้อยละ 31.46 และมีนักเรียนส่วนหนึ่งคิดเป็น ร้อยละ 22.48 ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) อยู่

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อน (AC และ PS) มีดังนี้คือ
นักเรียนเข้าใจว่า จากภาพที่ 4 ถ้าหลอด L_2 ชำรุด จะเกิดผลดังนี้

หลอดอื่นๆ ยังคงสว่าง เพราะว่า

- ไม่ได้เชื่อมโยงกับหลอดอื่นๆ
- มีการต่อแบบขนานจึงสว่างได้
- ไฟฟ้าไหลผ่านไปตามสายไฟได้
- หลอด L_2 ชำรุดใช้การไม่ได้ แต่หลอดอื่นๆยังใช้ได้อยู่
- เพราะว่ากระแสไฟฟ้ายังครบวงจร

หลอดอื่นๆ ไม่สว่าง เพราะว่า

- กระแสไฟฟ้าไหลครบวงจร

การสัมภาษณ์นักเรียน ก่อนมีการเรียนการสอน กับนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนคติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องนี้ พบว่า นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อน โดยนักเรียนไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้าและความต้านทานไฟฟ้าได้ถูกต้อง ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์

เด็กหญิงสุพริา นิธิโยธิน

ถาม : ความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้าและความต้านทานมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร ?

ตอบ : ไม่ทราบ

ถาม : ความต่างศักย์หมายความว่าอย่างไร มีหน่วยเป็นอะไร ?

ตอบ : หมายถึงความแตกต่างระหว่างกระแสไฟฟ้าในสายไฟ 2 เส้นมีหน่วยเป็นโวลต์

ถาม : กระแสไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับความต่างศักย์อย่างไร อธิบาย ?

ตอบ : (อธิบายไม่ได้)

ถาม : ถ้าความต่างศักย์เพิ่มขึ้นกระแสไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง ?

ตอบ : ลดลง

ถาม : เหตุใดจึงคิดเช่นนั้น ?

ตอบ : เพราะกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์จะตรงกันข้ามกัน

จากการสัมภาษณ์ก่อนเรียน กับเด็กหญิงสุวิรา และนักเรียนคนอื่น ๆ ซึ่งให้คำตอบที่คล้ายคลึงกัน และพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจโมเดลที่คลาดเคลื่อน เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า และความต้านทาน โดยนักเรียนเข้าใจว่า เมื่อความต่างศักย์เพิ่มขึ้นกระแสไฟฟ้าจะลดลง คือกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์แปรผกผันกัน นอกจากนี้ นักเรียนยังไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า และความต้านทานได้ ทั้งนี้สาเหตุเนื่องมาจาก นักเรียนยังไม่ได้เรียนเรื่องนี้มาก่อน จึงทำให้มีนักเรียนบางส่วนไม่มีโมเดลในเรื่องนี้เลย (NU=29.58%)

การสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอนเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและความต้านทานไฟฟ้า สรุปได้ดังนี้

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
เป็นการสอนแบบบรรยาย

การสอนเพื่อให้เกิดมโนคติ ครูให้มโนติดังนี้

มโนคติ : การหาความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานไฟฟ้า ความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้า มีสูตรดังนี้

$$V = IR$$

เมื่อ V คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้า มีหน่วยเป็นโวลต์

I คือ กระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็นแอมแปร์

R คือ ความต้านทานไฟฟ้า มีหน่วยเป็นโอห์ม

- ครูอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง ความต้านทานไฟฟ้า ความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้า โดยใช้สัญลักษณ์ที่ใช้แทนและบอกสูตร $V = IR$
- ครูอธิบายโจทย์ตัวอย่างบนกระดาน
- ครูกำหนดโจทย์แล้วให้นักเรียนออกมาทำบนกระดาน
- ครูให้นักเรียนทุกคนทำแบบฝึกหัด

จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอนพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดในเรื่องนี้พอสมควร ซึ่งจะเห็นได้จากตารางที่ 21 นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) มากขึ้น โดยก่อนเรียน = 8.98 % หลังเรียน = 20.22 %

การรับรู้แนวคิดของนักเรียน

- นักเรียนรับรู้แนวคิด โดยการฟังครูอธิบาย และฝึกทำแบบฝึกหัด บางคนทำเอง แต่ส่วนใหญ่ลอกเพื่อน

อย่างไรก็ตามมีนักเรียนบางส่วนที่ยังคงมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนหลังจากเสร็จสิ้นการเรียนแล้ว ผู้วิจัยจึงได้ทำการสัมภาษณ์นักเรียนส่วนนี้ เพื่อหาสาเหตุของความเข้าใจแนวคิดที่คลาดเคลื่อน ตัวอย่างการสัมภาษณ์ มีดังนี้

เด็กชายสิโรฒ พงษ์วัฒน์

ถาม : ความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้าและความต้านทานมีความสัมพันธ์กันอย่างไร ? อธิบาย

ตอบ : อธิบายไม่ได้

ถาม : บอกเป็นสูตรได้ไหม ?

ตอบ : $V = \frac{I}{R}$

ถาม : V , I , R หมายถึงอะไรบ้าง ?

ตอบ : ความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้าและความต้านทาน

ถาม : 3 อย่างนี้มีความสัมพันธ์กันอย่างไร ?

ตอบ : (ไม่ตอบ)

ถาม : ความต่างศักย์กับกระแสไฟฟ้าสัมพันธ์กันอย่างไร ถ้าความต่างศักย์เพิ่ม กระแสไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร ?

ตอบ : ลดลง

ถาม : เพราะเหตุใด ?

ตอบ : เพราะมีค่าตรงกันข้ามกัน

ถาม : ความต่างศักย์ไฟฟ้า หมายความว่าอย่างไร ?

ตอบ : (ไม่ตอบ)

ถาม : จงบอกสูตรในการคำนวณเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้าและความต้านทาน (อีกครั้ง)

ตอบ : จำไม่ได้แล้ว

ถาม : ทำไมจึงจำไม่ได้ ?

ตอบ : ลืม

ถาม : หลังจากเรียนจบไปแล้วกลับไปท่องสูตรหรือไม่ ?

ตอบ : ไม่ได้ท่อง

ถาม : ช่วงที่เรียนอยู่ในห้องท่องได้ไหม ?

ตอบ : ท่องได้แต่เรียนจบแล้วลืม จำไม่ได้

ถาม : ชอบการคำนวณเรื่องนี้ไหม ?

ตอบ : ไม่ค่อยชอบเท่าไร

ถาม : เพราะเหตุใด ?

ตอบ : เพราะเนื้อหายาก , ซับซ้อน

จากการสัมภาษณ์ เด็กชายสิโรฒ ซึ่งให้คำตอบคล้ายคลึงกับนักเรียนคนอื่น ๆ พบว่า หลังจากที่ได้เรียนเรื่องนี้แล้ว นักเรียนมีความเข้าใจโมเดลที่คลาดเคลื่อนโดยเข้าใจว่ากระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์จะแปรผกผันกัน และนอกจากนี้ นักเรียนยังไม่สามารถบอกสูตรในการคำนวณและแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V, I, R ได้อย่างถูกต้อง ทั้งนี้สาเหตุเนื่องมาจากตัวนักเรียนไม่ได้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง ความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า และความต้านทาน ด้วยตัวเอง ในช่วงที่รับรู้โมเดลนั้น นักเรียนมีการรับรู้แบบให้จำสูตรและคำนวณตามสูตรที่ครูให้ ทำให้ไม่เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย (Meaningful Learning) ไม่เกิดความคงทนในการจำ

สรุปสาเหตุที่ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน มีดังนี้

1. พฤติกรรมการเรียนการสอน ครูผู้สอนไม่ได้อธิบายเน้นถึงความสัมพันธ์อย่างชัดเจนระหว่างความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้าและความต้านทานเพียงแต่ให้สูตร บอกสัญลักษณ์สูตร และยกตัวอย่างการคำนวณ จึงทำให้นักเรียนไม่เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย เป็นแต่เพียง การเรียนรู้แบบท่องจำ เท่านั้น เนื่องจากการให้ความรู้โดยสัญลักษณ์ นักเรียนไม่สามารถนำความรู้จากสัญลักษณ์มาอธิบายความหมายที่เป็นจริง จึงทำให้เกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้
2. ตัวนักเรียนเองไม่มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ไม่ชอบวิชาที่เป็นคำนวณ ไม่ตั้งใจเรียนและไม่ทำโจทย์แบบฝึกหัดที่ครูกำหนดให้ จึงทำให้ไม่เกิดทักษะในการคำนวณ เนื่องจากไม่ได้ฝึกทำบ่อย ๆ

มโนคติเรื่อง เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้พลังงานแสง

มโนคติเรื่องนี้ทำการวัดโดยใช้แบบทดสอบจำนวน 3 ข้อ (ข้อ 20-22) จึงสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลไว้ในตารางที่ 25 ดังนี้คือ

ตารางที่ 25 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนคติ เรื่อง เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้พลังงานแสง แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้

ความเข้าใจมโนคติ	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)	4.48 (n=4)	6.72 (n=6)
ความเข้าใจที่ถูกแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	3.36 (n=3)	31.36 (n=28)
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	32.48 (n=29)	42.56 (n=37)
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)	49.28 (n=44)	17.92 (n=16)
ความไม่เข้าใจ (NU)	10.08 (n=9)	2.24 (n=2)

จากตารางที่ 25 พบว่า เมื่อทำการทดสอบวัดมโนติก่อนเรียน (Preconception) เรื่อง เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้พลังงานแสง มีนักเรียนร้อยละ 4.48 มีความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และนักเรียนร้อยละ 81.76 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) หลังจาก ที่นักเรียนได้เรียนเรื่องนี้ผ่านไปแล้ว ทำการวัดมโนติหลังเรียน (Postconception) พบว่า นักเรียนมีมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) สูงขึ้น คือมีจำนวนร้อยละ 6.72 และมีนักเรียนส่วนหนึ่ง คิดเป็น ร้อยละ 60.48 ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) อยู่ และจากตาราง พบว่ามีจำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจถูกแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) สูงขึ้นมาก คือก่อนเรียนมีจำนวน

ร้อยละ 3.36 หลังเรียนมีจำนวนร้อยละ 31.36

ผลการวิเคราะห์หัตถ์โนมิตีย่อยเรื่องเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้พลังงานแสง เสนอเป็นรายชื่อดังนี้

ข้อที่ 20. ลวดทั้งสแตนที่ใช้ทำไส้หลอดไฟชนิดธรรมดา ควรมีลักษณะอย่างไร เพราะเหตุใด

ตารางที่ 26 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ข้อที่ 20. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้

ความเข้าใจโนมิตี	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจโนมิตีที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)	3.37 (n=3)	21.35 (n=20)
- ขนาดเล็กและขดเป็นเหมือนลวดสปริง เพราะจะทำให้มีความต้านทานไฟฟ้าสูง เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านเข้าไปจะทำให้เกิดความร้อนสูง และเปลืองแสงสว่างออกมาได้		
ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	11.24 (n=10)	23.60 (n=21)
- ขนาดเล็กและขดเป็นเหมือนลวดสปริง เพราะว่าจะมีความต้านทานกระแสไฟฟ้ามาก		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	59.55 (n=53)	47.19 (n=41)
- ขนาดเล็กและขดเป็นเหมือนลวดสปริง เพราะว่ายืดมากเท่าใด ความสว่างยิ่งมากและมีความต้านทานน้อย		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)	16.85 (n=15)	4.49 (n=4)
- ขนาดใหญ่และยืดเป็นเส้นตรง เพราะว่าเป็นโลหะที่หาง่าย ราคาไม่แพง มีจุดหลอมเหลวสูงเมื่อได้รับความร้อนแล้วไม่ขาดง่าย		

ตารางที่ 26 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ข้อที่ 20. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้ (ต่อ)

ความเข้าใจโมเมนต์	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความไม่เข้าใจ (NU)	8.99 (n=8)	3.37 (n=3)
- นักเรียนไม่ตอบคำถาม		

จากตารางที่ 26 พบว่า เมื่อทำการทดสอบวัดโมเมนต์ก่อนเรียน (Preconception) นักเรียนร้อยละ 3.37 มีความเข้าใจโมเมนต์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และนักเรียนร้อยละ 76.30 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) และเมื่อทำการวัดโมเมนต์หลังเรียน (Postconception) พบว่า นักเรียนมีโมเมนต์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) สูงขึ้น คือมีจำนวนร้อยละ 21.35 และมีนักเรียนส่วนหนึ่ง คิดเป็นร้อยละ 51.68 ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) อยู่

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีโมเมนต์ที่คลาดเคลื่อน (AC และ PS) มีดังนี้คือ
นักเรียนเข้าใจว่า ลวดทั้งสะเตน ที่ใช้ทำไส้หลอดไฟฟ้า ควรมีลักษณะดังนี้

ขนาดใหญ่และยึดเป็นเส้นตรง เพราะว่า

- จะทำให้ไฟฟ้าที่ไหลเข้ามา สว่างมากขึ้น
- จะทำให้มีกระแสไฟฟ้ามาก

ขนาดเล็กและขดเป็นเหมือนลวดสปริง เพราะว่า

- จะทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้ามาก และมีกำลังไฟฟ้ามาก
- ทั้งสแตมีสปริงใช้ในการสปริงตัวของตัวนำไฟฟ้า
- ลวดขนาดเล็กและขดจะให้แสงสว่างมากกว่า และสิ้นเปลืองไฟฟ้าน้อยกว่าขนาดใหญ่ และยึดเป็นเส้นตรง

ข้อที่ 21. จงอธิบายหลักการแปลงแสงสว่างของไส้หลอดไฟชนิดธรรมดา (ให้บอกขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงพลังงานด้วย)

ตารางที่ 27 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้อที่ 21. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้

ความเข้าใจโมโนติ	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจโมโนติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)	4.49 (n=4)	10.11 (n=9)
- เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านเข้าไปในไส้หลอดซึ่งมีความต้านทานไฟฟ้าสูง ไส้หลอดจะร้อนแล้วจะเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานแสงสว่างซึ่งมีขั้นตอนการเปลี่ยนพลังงาน ดังนี้ พลังงานไฟฟ้า → พลังงานความร้อน → พลังงานแสง		
ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	3.37 (n=3)	22.47 (n=20)
- เมื่อกระแสไฟฟ้าเข้าสู่หลอดไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้าก็จะเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนและแสง พลังงานไฟฟ้า → พลังงานความร้อน → พลังงานแสงสว่าง		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	4.49 (n=4)	21.35 (n=19)
- เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านหลอดไฟ ซึ่งทำให้หลอดไฟสว่างเปลี่ยนจากพลังงานไฟฟ้า → พลังงานแสง		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)	32.58 (n=28)	23.60 (n=21)
- กระแสไฟฟ้าเข้าไปในไส้หลอด ไส้หลอดก็จะมีความต้านทานทำให้เปล่งแสงสว่างขึ้น		

ตารางที่ 27 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้อที่ 21. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้ (ต่อ)

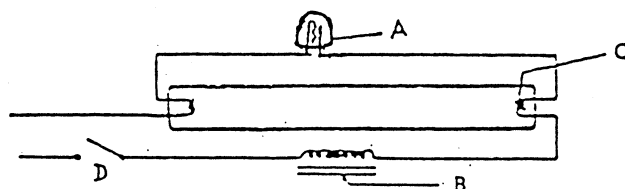
ความเข้าใจโนมตี	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความไม่เข้าใจ (NU)	55.06 (n=50)	22.47 (n=20)
- นักเรียนไม่ตอบคำถาม		

จากตารางที่ 27 พบว่า เมื่อทำการทดสอบวัดมโนมติก่อนเรียน (Preconception) นักเรียนร้อยละ 4.49 มีความเข้าใจมโนมตีที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และนักเรียนร้อยละ 37.07 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) และเมื่อทำการวัดมโนมตีหลังเรียน (Postconception) พบว่า นักเรียนมีมโนมตีที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) สูงขึ้น คือมีจำนวนร้อยละ 10.11 และมีนักเรียนส่วนหนึ่ง คิดเป็นร้อยละ 44.59 ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) อยู่ นอกจากนี้ยังพบว่า มีนักเรียนจำนวนมากที่ไม่มีมโนมตี โดยนักเรียนไม่ตอบคำถาม ก่อนเรียนมีจำนวนร้อยละ 55.06 และหลังเรียนมีจำนวนร้อยละ 22.47

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีมโนมตีที่คลาดเคลื่อน (AC และ PS) มีดังนี้คือ นักเรียนเข้าใจว่า หลักการเปล่งแสงสว่างของไส้หลอดไฟชนิดธรรมดา เป็นดังนี้

- เมื่อมีกระแสไฟฟ้ากระทบกับก๊าซที่บรรจุในไส้หลอดไฟ จึงทำให้เกิดแสงสว่าง
- เมื่อกดสวิตช์แล้ว ไฟฟ้าจะไหลไปยังสตาร์ทเตอร์ ก็จะทำหน้าที่เปลี่ยนความต่างศักย์ และเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลเข้าไปในหลอดก็จะกระทบกับก๊าซที่บรรจุอยู่ในหลอด จะเกิดแสงสว่างขึ้นมา
- เมื่อเกิดรังสีอัลตราไวโอเลต แล้วมากระทบกับสารที่ฉาบในหลอด จึงทำให้เกิดแสงสว่าง
- พลังงานไฟฟ้า ———> พลังงานแสงสว่าง ———> พลังงานความร้อน

พิจารณาภาพที่ 5 แล้วใช้เป็นข้อมูลตอบคำถามข้อ 22



ภาพที่ 5 วงจรไฟฟ้าของหลอดเรืองแสง

ข้อที่ 22. จากภาพที่ 5 เมื่อทำให้เกิดวงจรปิดและหลอดไฟสว่างได้ครู่หนึ่ง แล้วเอาอุปกรณ์ A ออกจากวงจรจะมีผลต่อหลอดไฟอย่างไร เพราะเหตุใด ?

ตารางที่ 28 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้อที่ 22. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้

ความเข้าใจโมติ	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจโมติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)	12.36 (n=11)	26.97 (n=24)
- หลอดไฟยังคงสว่างเหมือนเดิม เพราะอุปกรณ์ A คือ สตาร์ทเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นสวิตช์อัตโนมัติในขณะที่หลอดไฟยังไม่สว่างและจะหยุดทำงานเมื่อหลอดสว่างแล้ว		
ความเข้าใจที่ถูกแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	5.62 (n=5)	14.61 (n=12)
- หลอดไฟยังคงสว่างเหมือนเดิม เพราะว่า A เป็นอุปกรณ์ช่วยในการทำให้หลอดสว่างเมื่อเอาออกยังคงสว่างเหมือนเดิม		

ตารางที่ 28 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้อที่ 22. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้ (ต่อ)

ความเข้าใจโมเมติ	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	15.73 (n=13)	19.10 (n=17)
- หลอดไฟยังคงสว่างเหมือนเดิม เพราะว่าอุปกรณ์ A ไม่เกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า และวงจรไฟฟ้ายังครบวงจรอยู่		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)	57.30 (n=52)	37.08 (n=34)
- หลอดไฟดับ เพราะว่าอุปกรณ์ A มีหน้าที่ควบคุมไฟฟ้า		
- หลอดไฟจะกระพริบ เพราะว่าไม่ครบวงจร		
ความไม่เข้าใจ (NU)	8.99 (n=8)	2.25 (n=2)
- นักเรียนไม่ตอบคำถาม		

จากตารางที่ 28 พบว่า เมื่อทำการทดสอบวัดมโนติก่อนเรียน (Preconception) นักเรียนร้อยละ 12.36 มีความเข้าใจโมเมติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และนักเรียนร้อยละ 73.03 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) และเมื่อทำการวัดมโนติหลังเรียน (Postconception) พบว่านักเรียนมีมโนติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) สูงขึ้น คือมีจำนวนร้อยละ 26.97 และมีนักเรียนส่วนหนึ่ง คิดเป็นร้อยละ 56.18 ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) อยู่

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีมโนติที่คลาดเคลื่อน (AC และ PS) มีดังนี้คือ

จากภาพที่ 5 นักเรียนเข้าใจว่า ขณะที่หลอดไฟสว่าง ถ้าเอาอุปกรณ์ A ออกจากวงจร จะมีผลดังนี้คือ

หลอดไฟจะกระพริบ เพราะว่า เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการทำให้หลอดไฟกระพริบ

หลอดไฟดับ เพราะว่า

- อุปกรณ์ไม่ครบ เครื่องใช้ไฟฟ้าจึงไม่ทำงาน
- วงจรไฟฟ้าปิด หลอดไฟจึงดับ
- สตาร์ทเตอร์เป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยให้ไฟสว่าง

การสัมภาษณ์นักเรียน ก่อนมีการเรียนการสอน กับนักเรียนที่มีความเข้าใจแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในเรื่องนี้ พบว่า นักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์ต่อไปนี้

เด็กหญิงพัชรินทร์ วงศ์มิม

- ถาม : หลอดไฟฟ้านิตธรรมดาแบบมีไส้เปล่งแสงสว่างได้อย่างไร อธิบาย ?
- ตอบ : เปล่งแสงสว่างได้โดยเมื่อกระแสไฟฟ้าเข้าไปในไส้หลอดจะทำให้เกิดแสงสว่าง
- ถาม : มีขั้นตอนการเปลี่ยนพลังงานอย่างไร ?
- ตอบ : จากพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานแสงสว่าง
- ถาม : เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น ?
- ตอบ : เพราะหลอดไฟเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้แสงสว่าง
- ถาม : เกี่ยวกับหลอดเรืองแสง สตาร์ทเตอร์และบัลลัสต์ทำหน้าที่อะไร ?
- ตอบ : ทำให้หลอดสว่าง
- ถาม : ทำให้หลอดสว่างได้อย่างไร จงบอกหน้าที่เฉพาะของแต่ละอย่าง ?
- ตอบ : ไม่ทราบ
- ถาม : ขณะที่หลอดเรืองแสงให้แสงสว่างอยู่นั้น ถ้าเราถอดสตาร์ทเตอร์ออกจากวงจรจะเกิดผลอย่างไร เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น ?
- ตอบ : หลอดจะดับ เพราะไม่มีสตาร์ทเตอร์
- ถาม : สตาร์ทเตอร์มีความสำคัญกับวงจรของหลอดเรืองแสงอย่างไร อธิบาย ?
- ตอบ : อธิบายไม่ได้

จากการสัมภาษณ์เด็กหญิงพัชรินทร์ ซึ่งให้คำตอบที่คล้ายคลึงกับนักเรียนคนอื่น ๆ และพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน โดยเข้าใจว่า ไส้หลอดเมื่อได้รับกระแสไฟฟ้าก็จะเปล่งแสงสว่างได้ทันที ซึ่งความจริงแล้ว มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานเป็นขั้นตอนคือพลังงานไฟฟ้า → พลังงานความร้อน → พลังงานแสง นอกจากนี้ นักเรียนยังเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่า สตาร์ทเตอร์จะทำงานอยู่ตลอดเวลา โดยเมื่อหลอดเรืองแสงติดแล้ว ถ้าเอาสตาร์ทเตอร์ออก หลอดไฟจะดับทันที ซึ่งความจริงหลอดไฟจะยังคงสว่างเหมือนเดิม เพราะสตาร์ทเตอร์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์อัตโนมัติทำงานเฉพาะช่วงแรกที่หลอดไฟยังไม่สว่าง แต่เมื่อหลอดไฟสว่างแล้วจะหยุดทำงาน ถึงแม้ถอดออกก็จะมีผลต่อหลอดไฟแต่อย่างใด ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเหล่านี้ มีสาเหตุเนื่องมาจากนักเรียนยังไม่ได้เรียนเรื่องนี้มาก่อน

การสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอน เรื่อง เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้พลังงานแสง สรุปได้ดังนี้

การจัดการเรียนการสอน

เป็นการสอนแบบบรรยายประกอบแผ่นใส

การสอนเพื่อให้เกิดมโนคติ ครูให้มโนคติ ดังนี้

- มโนคติ :
1. หลอดไฟฟ้า เป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อน ที่ไส้หลอด แล้วไส้หลอดจะเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานแสงสว่าง โดยมีขั้นตอนดังนี้พลังงานไฟฟ้า $\longrightarrow$ พลังงานความร้อน $\longrightarrow$ พลังงานแสง
 2. หลอดเรืองแสง เป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นแสงสว่าง โดยอาศัยการเรืองแสงของสารเรืองแสงที่ฉาบไว้ภายในหลอด และใช้อุปกรณ์อื่นๆ ช่วยได้แก่ สตาร์ทเตอร์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์อัตโนมัติ และจะหยุดทำงานเมื่อหลอดสว่างแล้ว ส่วนบัลลัสต์ทำหน้าที่เพิ่มความต่างศักย์ให้หลอดเรืองแสงติด และควบคุมให้กระแสไฟฟ้าลดลงเมื่อหลอดติดแล้ว
- ครูอธิบายการเปลี่ยนรูปพลังงานจากพลังงานไฟฟ้า $\longrightarrow$ พลังงานความร้อน $\longrightarrow$ พลังงานแสงสว่าง ในหลอดไฟแบบมีไส้
 - ครูอธิบายหลักการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์หรือหลอดเรืองแสง โดยใช้แผ่นใสประกอบการอธิบาย

จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอน พบว่า ขณะที่ครูให้มโนคติบางครั้งไม่ได้เชื่อมโยงมโนคติเก่ากับมโนคติใหม่เข้าด้วยกัน ดังอย่างเช่น ขณะที่ครูอธิบายหลักการทำงานของสตาร์ทเตอร์ ครูบอกนักเรียนว่ากระแสไฟฟ้าวิ่งเข้าไปในสตาร์ทเตอร์ซึ่งมีก๊าซที่ติดไฟพอไฟติดก็จะเกิดความร้อน เมื่อเกิดความร้อนโลหะ 2 อันก็จะโค้งมาแตะกันและความต้านทานก็จะลดลง ซึ่งครูไม่ได้ทบทวนมโนคติเดิม ที่นักเรียนมีมาก่อนว่า โลหะเมื่อได้รับความร้อนแล้วจะขยายตัวและสาเหตุที่ความต้านทานลดลง เพราะว่า ความยาวของลวดตัวนำเพิ่มมากขึ้น นักเรียนไม่สามารถมองเห็นความสัมพันธ์ ของมโนติดังกล่าว กับมโนคติที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของสตาร์ทเตอร์ ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้

การรับรู้มโนคติของนักเรียน

- นักเรียนมีการรับรู้มโนคติ โดยการฟังครูอธิบายและตอบคำถาม

จากการสัมภาษณ์นักเรียนภายหลังจากเรียนเรื่องนี้แล้ว พบว่า นักเรียนบางส่วนยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนอยู่มาก ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์

เด็กหญิงพัชรินทร์ วงศ์ฉิม (สัมภาษณ์ครั้งที่ 2)

- ถาม : จงอธิบายขั้นตอนการเปล่งแสงสว่างของหลอดไฟชนิดธรรมดา ?
- ตอบ : เมื่อกดสวิตช์กระแสไฟฟ้าไหลเข้าไปในไส้หลอดหลอดจะสว่างขึ้น
- ถาม : มีขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงพลังงานอย่างไร ?
- ตอบ : เปลี่ยนจากพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานแสงสว่าง
- ถาม : หลอดไฟชนิดธรรมดา นอกจากจะให้แสงสว่างแล้ว สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อีกหรือไม่ อย่างไร ?
- ตอบ : นำไฟฟักไข่ ให้ความอบอุ่นแก่ลูกไก่
- ถาม : แสดงว่าหลอดไฟนั้นให้พลังงานอะไรด้วย ?
- ตอบ : พลังงานความร้อน
- ถาม : ระหว่างพลังงานแสงกับพลังงานความร้อนอะไรเกิดขึ้นก่อนกัน ?
- ตอบ : พลังงานแสง
- ถาม : เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น ?
- ตอบ : เพราะว่าถ้าหลอดไฟเปล่งแสงสว่างนานๆ แล้วจับตัวหลอดจะรู้สึกร้อน
- ถาม : ให้เรียงลำดับขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงพลังงานในหลอดไฟเริ่มจากพลังงานไฟฟ้า ?
- ตอบ : พลังงานไฟฟ้า ———> พลังงานแสงสว่าง ———> พลังงานความร้อน

จากการสัมภาษณ์เด็กหญิงพัชรินทร์ พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน สาเหตุเนื่องมาจากประสบการณ์ที่นักเรียนพบเห็นในชีวิตประจำวัน เช่น เคยพบเห็นว่า หลอดไฟถ้าเปิดไว้นานๆ แล้วจับตัวที่ผิวด้านนอกจะรู้สึกร้อน จึงทำให้เข้าใจคลาดเคลื่อนว่ามีการเปลี่ยนแปลงพลังงานจาก พลังงานแสง ———> พลังงานความร้อน ซึ่งความจริงแล้วกระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านไส้หลอด ซึ่งมีความต้านทานสูง ทำให้ไส้หลอดร้อนแล้วเปล่งแสงสว่างออกมา นอกจากนั้นแล้วสาเหตุของความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกิดจากความสับสน และความไม่เข้าใจในเนื้อหาของตัวนักเรียนเอง เช่น ตัวอย่างการสัมภาษณ์เด็กชายกำพล รุ่งรัมย์ ดังนี้

เด็กชายกำพล รุ่งรัมย์

- ถาม : ขณะที่หลอดเรืองแสงเปล่งแสงสว่างอยู่ ถ้าเอาสแตร์เตอร์ออกจะเกิดผลอย่างไร ?
- ตอบ : ไฟดับ

- ถาม : เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น ?
 ตอบ : เพราะว่ากระแสไฟฟ้ายังไหลไม่ครบวงจร
 ถาม : สตาร์ทเตอร์ทำหน้าที่อะไรในวงจร ?
 ตอบ : เป็นสวิตช์อัตโนมัติ
 ถาม : มีผลต่อการเปล่งแสงสว่างของหลอดเรื่องแสงอย่างไร ?
 ตอบ : ตัด - ต่อวงจรไฟฟ้า
 ถาม : ถ้าไม่มีสตาร์ทเตอร์จะเป็นอย่างไร ?
 ตอบ : หลอดไฟก็จะไม่ติด
 ถาม : ถ้าหลอดติดแล้วเอาสตาร์ทเตอร์ออกหลอดจะเป็นอย่างไร ?
 ตอบ : หลอดไฟจะดับ

จากตัวอย่างการสัมภาษณ์เด็กชายกำพล พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนสาเหตุเนื่องมาจากความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องของตัวนักเรียนเอง

สรุปสาเหตุที่ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน มีดังนี้

1. การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ครูไม่ได้จัดประสบการณ์ตรงให้แก่ นักเรียน ในเรื่องอุปกรณ์ที่ช่วยในการทำงานของหลอดเรื่องแสง ตัวนักเรียนเองไม่มีโอกาสได้สัมผัสของจริง การไม่ได้เชื่อมโยงมโนคติที่มีอยู่เดิมกับมโนคติที่จะรับเข้าใหม่ และการใช้คำถามของครู เช่น ครูถามว่า นอกจากให้พลังงานแสงสว่างแล้ว หลอดไฟยังให้ประโยชน์อะไรอีก ? (นักเรียนตอบว่า ใช้ฝึกใช้ กกลูกไก่) จึงทำให้นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า มีการเปลี่ยนแปลงจากพลังงานแสงเป็นพลังงานความร้อน ซึ่งความจริงแล้วพลังงานความร้อนเกิดขึ้นก่อนพลังงานแสงสว่าง

2. ประสบการณ์เดิมของนักเรียนที่เคยพบเห็น และที่เคยได้สัมผัสด้วยตนเอง เช่น หลอดไฟถ้าเปล่งแสงสว่างนานๆจะร้อน จึงทำให้มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า การเปลี่ยนแปลงพลังงานเป็นดังนี้

พลังงานไฟฟ้า ———> พลังงานแสง ———> พลังงานความร้อน

มโนคติเรื่อง เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใหพลังงานความร้อน

มโนคติเรื่องนี้ทำการวัดโดย ใช้แบบทดสอบจำนวน 2 ข้อ (ข้อ 23-24) จึงสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลไว้ในตารางที่ 29 ดังนี้ คือ

ตารางที่ 29 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนคติ เรื่อง เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใหพลังงานความร้อน แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้

ความเข้าใจมโนคติ	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)	6.72 (n=6)	26.88 (n=24)
ความเข้าใจที่ถูกแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	15.68 (n=14)	31.36 (n=28)
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	61.60 (n=55)	33.60 (n=30)
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)	11.20 (n=10)	6.72 (n=6)
ความไม่เข้าใจ (NU)	4.48 (n=4)	1.12 (n=1)

จากตารางที่ 29 พบว่า เมื่อทำการทดสอบวัดมโนติก่อนเรียน (Preconception) เรื่อง เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใหพลังงานความร้อน มีนักเรียนร้อยละ 6.72 มีความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และนักเรียนร้อยละ 72.80 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) หลังจากทีนักเรียนได้เรียนเรื่องนี้ผ่านไปแล้ว ทำการวัดมโนติหลังเรียน (Postconception) พบว่า นักเรียนมีมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) สูงขึ้น คือมีจำนวนร้อยละ 26.88 และมีนักเรียนส่วนหนึ่งคิดเป็น ร้อยละ 48.32 ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) อยู่

ผลการวิเคราะห์มโนติย่อย เรื่อง เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใหพลังงานความร้อน เสนอเป็น

รายชื่อดังนี้

ข้อที่ 23. ขดลวดที่ให้พลังงานความร้อนในเตาไฟฟ้า , เตารีดไฟฟ้า ส่วนใหญ่นิยมใช้ลวดชนิดใด เพราะเหตุใด ?

ตารางที่ 30 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้อที่ 23. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้

ความเข้าใจโมเมนต์	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจโมเมนต์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)	1.12 (n=1)	17.98 (n=16)
- ลวดนิโครม เพราะว่าลวดนิโครมเป็นโลหะผสมที่มีความต้านทานไฟฟ้าสูง และจุดหลอมเหลวสูงจึงทำให้เกิดความร้อนสูงและไม่ขาดง่าย		
ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	17.98 (n=16)	42.70 (n=40)
- ลวดนิโครม เพราะมีความต้านทานไฟฟ้าสูง		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	12.36 (n=12)	20.22 (n=18)
- ลวดนิโครม เพราะว่าราคาถูก หาง่าย		
- ลวดนิโครม เพราะว่ามีความร้อนในเตาไฟฟ้ามากจึงนิยมใช้		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)	62.92 (n=55)	17.98 (n=14)
- ลวดเงิน เพราะให้ความร้อนมาก ทนต่อความร้อน		
- ลวดทองแดง เพราะว่ามีไฟฟ้าได้ดี ราคาถูก หาง่าย และสะดวกสบาย		
ความไม่เข้าใจ (NU)	5.62 (n=5)	1.12 (n=1)
- นักเรียนไม่ตอบคำถาม		

จากตารางที่ 30 พบว่า เมื่อทำการทดสอบวัดมโนคติก่อนเรียน (Preconception) นักเรียนร้อยละ 1.12 มีความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และนักเรียนร้อยละ 75.28 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) และเมื่อทำการวัดมโนคติหลังเรียน (Postconception) พบว่านักเรียนมีมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) สูงขึ้น คือมีจำนวนร้อยละ 17.98 และมีนักเรียนส่วนหนึ่ง คิดเป็นร้อยละ 38.20 ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) อยู่

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อน (AC และ PS) มีดังนี้คือ
นักเรียนเข้าใจว่า ชดลวดที่ให้พลังงานความร้อนในเตาไฟฟ้า เตารีดไฟฟ้า ส่วนใหญ่นิยมใช้

ลวดเงิน เพราะมีความต้านทานไฟฟ้าสูง แล้วเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีอีกด้วย

ลวดทองแดง เพราะว่า

- กันความร้อนได้มาก ทนความร้อน
- มีกระแสไฟฟ้ามากกว่าลวดชนิดอื่น และมีความต้านทานไฟฟ้ามากกว่า
- ให้ความร้อนสูง และมีจุดหลอมเหลวสูง

ลวดนิโครม เพราะว่า

- ราคาถูก หาง่าย เบา
- มีความต้านทานน้อย ให้พลังงานความร้อนมาก
- เป็นตัวนำกระแสไฟฟ้าได้ดี และมีความต้านทานกระแสไฟฟ้าน้อย
- มีความต้านทานสูงมีจุดหลอมเหลวต่ำ

ข้อที่ 24. เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าจำนวนเท่ากัน ไปในลวดที่มีความต้านทานแตกต่างกัน ในระยะเวลาเท่ากัน ความร้อนที่เกิดขึ้นในลวดทั้งสองนี้ จะเท่ากันหรือไม่อย่างไร ?

ตารางที่ 31 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้อที่ 24. แยกตามการทดสอบ ๕ ครั้ง เป็นดังนี้

ความเข้าใจโมเมนต์	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจโมเมนต์ที่ต้องสมบูรณ์ (CU)	10.11 (n=9)	20.22 (n=18)
- ไม่เท่ากัน โดยลวดที่มีความต้านทานไฟฟ้าสูง จะให้ความร้อนมากกว่าลวดที่มีความต้านทานต่ำ		
ความเข้าใจที่ถูกต้องไม่สมบูรณ์ (PU)	3.37 (n=3)	14.61 (n=12)
- ไม่เท่ากัน เพราะความต้านทานต่างกัน ทำให้เกิดความร้อนไม่เท่ากัน		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	66.29 (n=59)	42.70 (n=39)
- ไม่เท่ากัน เพราะความต้านทานต่างกัน กระแสไฟฟ้าต่างกัน		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)	11.24 (n=10)	16.85 (n=15)
- เท่ากัน เพราะว่ามีกระแสไฟฟ้าเท่ากัน		
ความไม่เข้าใจ (NU)	8.99 (n=8)	5.62 (n=5)
- นักเรียนไม่ตอบคำถาม		

จากตารางที่ 31 พบว่า เมื่อทำการทดสอบวัดมโนคติก่อนเรียน (Preconception) นักเรียนร้อยละ 10.11 มีความเข้าใจโมเมนต์ที่ต้องสมบูรณ์ (CU) และนักเรียนร้อยละ

77.53 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) และเมื่อทำการวัดมโนคติหลังเรียน (Postconception) พบว่านักเรียนมีมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) สูงขึ้น คือมีจำนวนร้อยละ 20.22 และมีนักเรียนส่วนหนึ่ง คิดเป็นร้อยละ 59.55 ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) อยู่

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อน (AC และ PS) มีดังนี้คือ
นักเรียนเข้าใจว่า เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าจำนวนเท่ากัน เข้าไปในลวดที่มีความต้านทานแตกต่างกัน ในระยะเวลาเท่ากัน ความร้อนที่เกิดขึ้นในลวดทั้งสองนี้ จะ

เท่ากัน เพราะว่า

- มีความต้านทานเท่ากัน
- ส่งกระแสไฟฟ้าจำนวนเท่ากัน ไปในลวดที่มีความต้านทานแตกต่างกัน ในระยะเวลาเท่ากัน จะทำให้เกิดความร้อนเท่ากัน

ไม่เท่ากัน เพราะว่า

- ลวดมีความต่างศักย์ไม่เท่ากัน
- ลวดที่มีความต้านทานมากจะให้ความร้อนน้อยกว่า ลวดที่มีความต้านทานน้อย
- ลวดที่มีความต้านทานน้อย จะมีจุดหลอมเหลวต่ำ ทำให้เกิดความร้อนเร็วกว่าลวดที่มีความต้านทานสูงและมีจุดหลอมเหลวสูง

จากการสัมภาษณ์นักเรียน ก่อนเรียน พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ในเรื่อง เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้พลังงานความร้อน สาเหตุเนื่องมาจากยังไม่มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องนี้อย่างชัดเจน ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์

เด็กชายชจรยุทธ บุญสัตว์

ถาม : เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้พลังงานความร้อนมีอะไรบ้าง ยกตัวอย่าง ?

ตอบ : เตารีดไฟฟ้า หม้อหุงข้าวไฟฟ้า

ถาม : เครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านั้นให้พลังงานความร้อนได้อย่างไร ?

ตอบ : เพราะว่ามีลวดนิโครมอยู่ข้างใน

ถาม : ทำไมจึงต้องเป็นลวดนิโครม ลวดชนิดอื่นได้ไหม เช่น ทองแดง ?

ตอบ : ไม่ได้

ถาม : เพราะเหตุใด ?

ตอบ : เพราะคุณสมบัติต่างกัน

ถาม : คุณสมบัติต่างกันอย่างไร และมีผลต่อการให้ความร้อนอย่างไร ?

ตอบ : ไม่ทราบ

ถาม : เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าจำนวนเท่ากันไปในลวดที่มีความต้านทานต่างกัน ในระยะเวลาเท่ากัน ความร้อนที่เกิดขึ้นในลวดทั้งสองจะเท่ากันหรือไม่ ?

ตอบ : ไม่เท่ากัน

ถาม : เพราะเหตุใด ความร้อนที่เกิดขึ้นจึงไม่เท่ากัน ?

ตอบ : เพราะลวดมีความต้านทานไม่เท่ากัน

ถาม : ระหว่างลวดที่มีความต้านทานสูงกับลวดที่มีความต้านทานต่ำ ลวดใดจะให้ความร้อนมากกว่ากัน ?

ตอบ : ลวดที่มีความต้านทานต่ำ

ถาม : เพราะเหตุใด ?

ตอบ : เพราะว่า ลวดที่มีความต้านทานต่ำกระแสจะผ่านเข้าไปได้มากจึงทำให้เกิดความร้อนมาก

จากการสัมภาษณ์ เด็กชายชวกรยุทธ พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน สาเหตุเนื่องมาจากไม่มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องนี้อย่างชัดเจน โดยเข้าใจว่า เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในลวดที่มีความต้านทานแตกต่างกันในระยะเวลาเท่ากัน ลวดที่มีความต้านทานต่ำจะเกิดความร้อนมากกว่าลวดที่มีความต้านทานสูง เพราะกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมากกว่า

การสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้การสอน เรื่อง เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใหพลังงานความร้อน
สรุปได้ดังนี้

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอน

เป็นการสอนแบบบรรยายประกอบแผ่นใส

การสอนเพื่อให้เกิดมโนคติ ครูให้มโนคติ ดังนี้

มโนคติ : 1. เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใหพลังงานความร้อนมีขดลวดความร้อนหรือขดลวดนิโครม ซึ่ง
เป็นโลหะผสมระหว่างนิกเกิลกับโครเมียมเป็นส่วนประกอบสำคัญ

2. ขดลวดนิโครมมีความต้านทานไฟฟ้าสูงและมีจุดหลอมเหลวสูง เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านเข้าไปจะร้อนและไม่ขาดง่าย

- ครูอธิบายและซักถามนักเรียน โดยอธิบายว่าลวดนิโครมมีคุณสมบัติคือความต้านทานสูง และมีจุดหลอมเหลวสูงจึงนำมาทำเป็นลวดตัวนำในเตารีดไฟฟ้า เตapotไฟฟ้า ฯลฯ
- ครูให้มโนทัศน์โดยเน้นเฉพาะมโนคติทางบวกและไม่ได้ให้มโนคติทางลบแก่นักเรียน เห็นได้จากการซักถามให้นักเรียนตอบ เมื่อนักเรียนตอบผิดครูจะไม่อธิบายต่อ และไม่บอกนักเรียนว่าคำตอบนั้นไม่ถูก โดยครูจะเน้นอธิบายเฉพาะมโนคติที่ถูกต้องเท่านั้น ตัวอย่างเช่น

ฯลฯ

- ครู : อุปกรณ์สำคัญของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้พลังงานความร้อนคืออะไร ?
- นักเรียน : ขดลวดนิโครม
- ครู : ทำไมจึงต้องใช้ขดลวดนิโครม ?
- นักเรียน : เพราะมีความต้านทานสูง
- ครู : แล้วมันได้อย่างไร ความต้านทานสูง ?
- นักเรียน : ให้มันร้อนขึ้น
- ครู : ถูก ลวดนิโครมเป็นลวดตัวนำที่มีความต้านทานสูง จุดหลอมเหลวสูง นอกจากนั้นแล้ว สิ่งกีดขวางขนาดของลวดที่นำมาทำจะเป็นอย่างไร ?
- นักเรียน : (ไม่ตอบ)
- ครู : เป็นขดและเส้นเล็กเพื่ออะไร ?
- นักเรียน : (ไม่ตอบ)
- ครู : เพื่อให้มันยาว ลวดตัวนำที่มีความต้านทานสูงจะต้องเป็นอย่างไร ?
- นักเรียน : ยาว
- ครู : แล้วอะไรอีก ขนาดเป็นอย่างไร ?
- นักเรียน : ขนาดใหญ่ (คลาดเคลื่อน)
- ครู : เล็ก , ยาว เส้นเล็กจะมีความต้านทานสูง เส้นยาวก็จะมีค่าความต้านทานสูง และทำให้เป็นขดๆ เพื่อเพิ่มความยาว

ฯลฯ

- ครูไม่ได้เปรียบเทียบลวดชนิดต่าง ๆ ที่มีความต้านทานต่างกัน เช่น ทองแดง , นิโครม ว่าอย่างใดเหมาะที่จะนำมาใช้ในเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้พลังงานความร้อน และเพราะเหตุใด

จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอน พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน เนื่องมาจากการที่นักเรียนไม่ได้พบเห็นและไม่ได้สัมผัสอุปกรณ์จริง นอกจากนี้การที่ครูเน้นเฉพาะมโนคติที่ถูกต้องโดยไม่ได้อธิบายมโนคติที่คลาดเคลื่อนให้นักเรียนรับรู้ ทำให้นักเรียนไม่สามารถแยกลักษณะที่แตกต่างกัน จึงเป็นเหตุให้การรับรู้มโนคตินั้นคลาดเคลื่อนได้

การรับรู้มโนคติของนักเรียน

- นักเรียนรับรู้มโนคติโดยการฟังครูอธิบายและตอบคำถามของครู
- นักเรียนส่วนใหญ่รับรู้เฉพาะมโนคติทางบวก ส่วนมโนคติทางลบหรือมโนคติตรงกันข้ามนั้น ครูไม่ได้ยกตัวอย่าง
- นักเรียนบางส่วนพูดคุยกัน เล่นกันในระหว่างเรียน ไม่ตั้งใจเรียน

จากการสัมภาษณ์นักเรียนภายหลังจากที่ได้เรียนเรื่องนี้แล้ว พบว่า นักเรียนยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน สาเหตุเนื่องมาจากความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องของตัวนักเรียนเอง ดังเช่นตัวอย่างการสัมภาษณ์

เด็กชายัญชา ตราสาร

- ถาม : อุปกรณ์ที่ทำให้ความร้อนในเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้พลังงานความร้อนคืออะไร ?
- ตอบ : ลวดนิโครม
- ถาม : เพราะลวดนิโครมมีคุณสมบัติใด ?
- ตอบ : เพราะเป็นตัวนำไฟฟ้า มีจุดหลอมเหลวสูง
- ถาม : เพราะเหตุใดลวดนิโครมจึงมีจุดหลอมเหลวสูง ?
- ตอบ : ไม่ทราบ
- ถาม : เกี่ยวกับความต้านทานไฟฟ้า ลวดนิโครมมีความต้านทานไฟฟ้าเป็นอย่างไร สูงหรือต่ำ?
- ตอบ : สูง
- ถาม : ระหว่างลวดทองแดงกับลวดนิโครม ชนิดใดมีความต้านทานไฟฟ้าสูงกว่ากัน ถ้าขนาดและความยาวเท่ากัน ?
- ตอบ : ลวดนิโครม
- ถาม : เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปเท่ากัน ในระยะเวลาเท่ากันลวดชนิดใดจะร้อนมากกว่ากัน ?
- ตอบ : ลวดทองแดง

ถาม : เพราะเหตุใด ?

ตอบ : เพราะลวดทองแดงมีความต้านทานไฟฟ้าน้อยกว่าจึงร้อนกว่า

ถาม : แล้วเหตุใดเราจึงนิยมใช้ลวดนิโครมให้ความร้อนในเครื่องใช้ไฟฟ้า ทำไมเราจึงไม่ใช้ลวดทองแดงแทน ?

ตอบ : เพราะว่าลวดทองแดงขาดง่ายเมื่อร้อน แต่ลวดนิโครมไม่ขาดง่าย

จากการสัมภาษณ์ เด็กชายบัญชา และนักเรียนคนอื่น ๆ พบว่า นักเรียนให้คำตอบที่คล้ายคลึงกัน โดยนักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจว่า ระหว่างลวดทองแดงกับลวดนิโครม เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปปริมาณเท่ากัน ในระยะเวลาเท่ากัน ลวดทองแดงจะให้ความร้อนมากกว่า เพราะว่าลวดทองแดงมีความต้านทานไฟฟ้าน้อยกว่าจึงให้ความร้อนมากกว่า ซึ่งความจริง ลวดนิโครมจะให้ความร้อนมากกว่า

สรุปสาเหตุที่ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ได้แก่

1. กิจกรรมการเรียนรู้การสอน การให้มโนคติของครู โดยครูจะเน้นเฉพาะมโนคติที่ใช้ส่วนมโนคติที่ไม่ใช้นั้นจะถูกมองข้ามไป และไม่ได้รับการอธิบายแก้ไขให้เข้าใจใหม่ จึงทำให้ไม่สามารถลงข้อสรุปที่ตรงกันข้ามกับความคิดของตนเองได้
2. นักเรียนไม่ตั้งใจเรียน เล่นกันในระหว่างเรียน

มโนคติเรื่อง เครื่องใช้ไฟฟ้าที่โศกพลังงานกล

ข้อที่ 25. การเปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล เป็นหลักการทำงานของอะไร และมีหลักการทำงานอย่างไร

ตารางที่ 32 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้อที่ 25. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้

ความเข้าใจมโนคติ	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)	2.25 (n=2)	10.11 (n=9)
- มอเตอร์ มีหลักการทำงาน คือ เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวดที่อยู่ในสนามแม่เหล็กแล้วขดลวดจะเกิดการหมุน		
ความเข้าใจที่ถูกต้องไม่สมบูรณ์ (PU)	14.61 (n=13)	31.46 (n=28)
- มอเตอร์ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน จะทำให้มอเตอร์หมุนแล้วจะทำให้เกิดพลังงานกล		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	35.96 (n=32)	40.45 (n=36)
- มอเตอร์ เมื่อมอเตอร์ทำงานก็จะมีกระแสไฟฟ้าไหลเข้าไปในอุปกรณ์ไฟฟ้า		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)	41.57 (n=37)	16.85 (n=15)
- ไดนาโม เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล		
ความไม่เข้าใจ (NU)	5.62 (n=5)	1.12 (n=1)
- นักเรียนไม่ตอบคำถาม		

จากตารางที่ 32 พบว่า เมื่อทำการทดสอบวัดมโนคติก่อนเรียน (Preconception) เรื่อง เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้พลังงานกล มีนักเรียนร้อยละ 2.25 มีความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และนักเรียนร้อยละ 77.53 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) หลังจากทีนักเรียนได้เรียนเรื่องนี้ผ่านไปแล้ว ทำการวัดมโนคติหลังเรียน (Postconception) พบว่า นักเรียนมีมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) สูงขึ้น คือมีจำนวนร้อยละ 10.11 และมีนักเรียนส่วนหนึ่งคิดเป็น ร้อยละ 57.30 ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) อยู่

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อน (AC และ PS) มีดังนี้
นักเรียนเข้าใจว่า เครื่องใช้ไฟฟ้าที่สามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล คือ

ไดนาโม เพราะว่า

- เป็นพลังงานกล
- จะมีการทำพลังงานกลได้ดีกว่าอื่น ๆ ทั้งหมด
- ไดนาโมเป็นตัวนำไฟฟ้าได้ดี
- เปลี่ยนจาก พลังงานไฟฟ้า → พลังงานความร้อน → พลังงานกล
- เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า ให้เป็นพลังงานรูปอื่น

มอเตอร์ เพราะว่า

- มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน
 - เมื่อมอเตอร์ทำงานก็จะมีกระแสไฟฟ้า ไหลเข้าอุปกรณ์ไฟฟ้า
- มาตรไฟฟ้า เพราะว่า จะให้การส่งกระแสไฟฟ้าเป็นไปด้วยดี

จากการสัมภาษณ์นักเรียนก่อนเรียน พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้พลังงานกล สาเหตุเกิดจากประสบการณ์ที่เคยได้รับรู้ และเห็นมาอย่างไม่ถูกต้อง ดังตัวอย่าง การสัมภาษณ์

เด็กหญิงเบญจมาศ ศิริพรรณ

ถาม : การเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล เป็นการทำงานของอะไร ?

ตอบ : ไดนาโม

ถาม : ไดนาโมมีหลักการทำงานอย่างไร ?

ตอบ : แปลงพลังงานไฟฟ้า

- ถาม : แปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นอะไร ?
 ตอบ : เป็นพลังงานกล
 ถาม : แปลงได้อย่างไร ? อธิบาย
 ตอบ : อธิบายไม่ได้
 ถาม : เพราะเหตุใดจึงคิดว่าไดนาโมแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลได้ ?
 ตอบ : เพราะไดนาโมทำให้เกิดการหมุน
 ถาม : หมุนได้อย่างไร ? อธิบาย
 ตอบ : ไม่ทราบ
 ถาม : เคยเห็นหรือไม่ ?
 ตอบ : เคยเห็น
 ถาม : มีส่วนประกอบที่สำคัญอะไรบ้าง และมีหลักการทำงานอย่างไรอธิบาย ?
 ตอบ : อธิบายไม่ได้

จากการสัมภาษณ์เด็กหญิงเบญจมาศ พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน สาเหตุมาจาก ประสบการณ์ และความรู้เดิมของนักเรียน โดยเข้าใจว่า ไดนาโมสามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลได้

การสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอน สรุปได้ดังนี้

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

เป็นสอนแบบบรรยายประกอบแผ่นใส

การให้มโนคติของครู ครูให้มโนคติดังนี้

มโนคติ : มอเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล โดยให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดที่อยู่ในสนามแม่เหล็ก จะทำให้ขดลวดหมุนได้

ส่วนมโนคติเรื่อง ไดนาโม ครูไม่ได้กล่าวถึง เนื่องจากนักเรียนได้เรียนผ่านมาแล้วจากวิชา ว 305 และเรื่อง มาตรฐานไฟฟ้า ครูก็ไม่ได้กล่าวถึงเช่นกัน เพราะเห็นว่า เนื้อหาอยู่ในเรื่องสุดท้ายของบทนี้

- ครูใช้คำถามเกี่ยวกับการทำงานของมอเตอร์เพื่อนำไปสู่การอธิบาย ตัวอย่าง

- ครู : ถ้านำขดลวดทองแดงมาวางระหว่างแท่งแม่เหล็ก แล้วต่อปลายขดลวดเข้ากับแบตเตอรี่ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวด จะเป็นอย่างไร
- นักเรียน : (ไม่ตอบ)
- ครู : จะเกิดอะไรขึ้น
- นักเรียน : (ไม่ตอบ)
- ครูอธิบาย : ขดลวดจะเกิดอำนาจแม่เหล็ก เมื่อขดลวดเกิดอำนาจแม่เหล็กก็จะดูดและผลักกับแท่งเหล็ก 2 แท่ง จะทำให้เกิดการหมุน ถ้าต่อแกนขดลวดมาต่อกับใบพัดเราจะได้อะไร
- นักเรียน : พัดลม
- ครูอธิบาย : เปลี่ยนจากใบพัดมาเป็นใบมีดก็จะได้เครื่องบิน

จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอน พบว่า ครูอธิบายเน้นเฉพาะโมเดลใหม่โดยไม่ได้ทบทวนโมเดลเดิมที่นักเรียนเคยอยู่ ตัวอย่างเช่น ก่อนที่จะอธิบายการเกิดอำนาจแม่เหล็กดูดและผลักกับแท่งเหล็ก ครูไม่ได้ทบทวนโมเดลเดิมเกี่ยวกับแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อให้เกิดการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ที่จะรับเข้าไป จึงเป็นสาเหตุให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้ นอกจากนี้กิจกรรมการสอนเป็นการสอนแบบบรรยาย ทำให้นักเรียนไม่ได้รับประสบการณ์ตรง ไม่ได้สัมผัสกับของจริง จึงไม่เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ซึ่งเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้

การรับรู้โมเดลของนักเรียน

นักเรียนรับรู้โมเดลโดย การฟังครูอธิบาย และ ตอบคำถาม

จากการสัมภาษณ์นักเรียนหลังจากเรียนเรื่องนี้ผ่านไปแล้ว พบว่า นักเรียนยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน สาเหตุเนื่องมาจากประสบการณ์ และความเชื่อที่ไม่ถูกต้อง ดังเช่นตัวอย่างการสัมภาษณ์

เด็กหญิงเบญจมาศ ศิริพรรณ (สัมภาษณ์ครั้งที่ 2)

- ถาม : อุปกรณ์ใดที่สามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลได้ ?
- ตอบ : ไดนาโม
- ถาม : เพราะเหตุใดจึงคิดว่าเป็นไดนาโม ?
- ตอบ : เพราะว่าไดนาโมหมุนได้

- ถาม : ไตนาโมหมุนได้อย่างไร ให้อธิบายหลักการทำงาน ?
- ตอบ : เพราะมีกระแสไฟฟ้าผ่านเข้าไป
- ถาม : เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านเข้าไปแล้วจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร อธิบาย ?
- ตอบ : กระแสไฟฟ้าจะทำให้มอเตอร์หมุน
- ถาม : ให้อธิบายหลักการทำงานของมอเตอร์ ?
- ตอบ : คล้ายกับไตนาโม
- ถาม : คล้ายกันอย่างไร ?
- ตอบ : ไตนาโมจะเป็นส่วนประกอบอยู่ในมอเตอร์
- ถาม : ระหว่างไตนาโมกับมอเตอร์ อะไรทำให้เกิดพลังงานกล ?
- ตอบ : ไตนาโมหมุนก่อนแล้วทำให้มอเตอร์หมุนตาม
- ถาม : เคยเห็นของจริงหรือไม่ ไตนาโมและมอเตอร์มีอะไรเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ ?
- ตอบ : เคยเห็น ไตนาโมเป็นขดลวดทองแดง ส่วนมอเตอร์เป็นแม่เหล็ก
- ถาม : ที่ว่าเคยเห็นนั้น เคยเห็นที่ไหน ?
- ตอบ : ร้านซ่อมไตนาโม
- ถาม : ให้อธิบายหลักการทำงานของมอเตอร์ ?
- ตอบ : เมื่อขดลวดหมุนมอเตอร์ก็จะหมุนตาม
- ถาม : เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น ?
- ตอบ : เพราะว่าขดลวดเป็นไตนาโมที่อยู่ในมอเตอร์

จากการสัมภาษณ์เด็กหญิงเบญจมาศ และนักเรียนคนอื่น ๆ ซึ่งให้คำตอบที่คล้ายคลึงกัน พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ซึ่งสาเหตุมาจาก ความเชื่อ และประสบการณ์ที่ไม่ถูกต้อง โดยเชื่อว่าไตนาโมหมุนได้ และเป็นส่วนประกอบที่อยู่ในมอเตอร์ และเป็นต้นเหตุทำให้มอเตอร์หมุนตาม

สรุปสาเหตุที่ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ดังนี้

1. จากกิจกรรมการเรียนรู้การสอน นักเรียนไม่ได้สัมผัสอุปกรณ์จริง ทำให้ไม่รู้แน่ชัดว่าไตนาโม และมอเตอร์จริง ๆ แล้ว มีลักษณะอย่างไรและครูไม่ได้เชื่อมโยงความรู้เดิมกับมโนคติที่จะรับเข้าใหม่ จึงทำให้โครงสร้างทางสติปัญญาไม่แข็งแกร่งพอที่อธิบายหลักการ อย่างถูกต้องสมบูรณ์ได้
2. ประสบการณ์ที่ได้พบเห็นมาอย่างไม่ถูกต้องของนักเรียน โดยตัวนักเรียนพยายามลงข้อสรุปจากประสบการณ์ที่มีอยู่ภายในขอบเขตของตนเอง

มโนคติเรื่อง เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใหพลังงานเสียง

ข้อที่ 26. ไมโครโฟนและลำโพงเสียง ในเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใหพลังงานเสียง ทำหน้าที่แตกต่างกันอย่างไร อธิบาย

ตารางที่ 33 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้อที่ 26. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้

ความเข้าใจมโนคติ	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)	1.12 (n=1)	48.31 (n=43)
- ไมโครโฟน ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานเสียงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ส่วนลำโพงเสียง ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานเสียง		
ความเข้าใจที่ถูกต้องไม่สมบูรณ์ (PU)	0.00 (n=0)	5.62 (n=5)
- ไมโครโฟน จะเปลี่ยนพลังงานเสียงให้เป็นพลังงานกล ส่วนลำโพงเสียงเปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานเสียง		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	2.25 (n=2)	10.11 (n=9)
- ไมโครโฟน ทำหน้าที่เปลี่ยนเสียงให้เป็นไฟฟ้า แล้วส่งไปยังลำโพงเสียง ซึ่งทำหน้าที่ขยายเสียง		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)	62.92 (n=55)	28.09 (n=25)
- ไมโครโฟน ทำให้เสียงแคบๆได้ ลำโพงเสียงให้เสียงกระจายไปยังที่ไกลๆได้		
ความไม่เข้าใจ (NU)	33.71 (n=31)	7.87 (n=7)
- นักเรียนไม่ตอบคำถาม		

จากตารางที่ 33 พบว่า เมื่อทำการทดสอบวัดมโนคติก่อนเรียน (Preconception) เรื่อง เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใหพลังงานเสียง มีนักเรียนร้อยละ 1.12 มีความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และนักเรียนร้อยละ 65.17 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) หลังจากทีนักเรียนได้เรียนเรื่องนี้ผ่านไป แล้ว ทำการวัดมโนคติหลังเรียน (Postconception) พบว่า นักเรียนมีมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) สูงขึ้น คือมีจำนวนร้อยละ 48.31 และมีนักเรียนส่วนหนึ่งคิดเป็น ร้อยละ 38.20 ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) อยู่

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อน (AC และ PS) มีดังนี้
นักเรียนเข้าใจว่า ไมโครโฟนและลำโพงเสียง ทำหน้าที่แตกต่างกันคือ

- ไมโครโฟน มีหน้าที่ให้เสียงดังน้อย ลำโพงมีหน้าที่ให้เสียงดังมาก สามารถฟังหลายๆ คนได้
- ไมโครโฟน รับ-ส่งผ่านเสียงออกมา ส่วนลำโพงเสียงมีหน้าที่ขยายเสียง
- ไมโครโฟน ทำหน้าที่ขยายสัญญาณ ลำโพงเสียงขยายเสียง
- ไมโครโฟนบันทึกเสียง แต่ลำโพงเสียงจะขยายเสียง
- ไมโครโฟนเป็นอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดเสียง ลำโพงเสียงเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยกระจายเสียง

การสัมภาษณ์นักเรียน ก่อนมีการเรียนการสอน กับนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนคติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องนี้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่บอกหน้าที่ของลำโพงเสียงไม่ถูกต้อง โดยเข้าใจว่าลำโพงเสียงทำหน้าที่ขยายเสียงให้ดังขึ้น ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์

เด็กหญิงรุ่ง มโนพิเชษฐ์

ถาม : ไมโครโฟนและลำโพงเสียงทำหน้าที่แตกต่างกันอย่างไร ?

ตอบ : ไมโครโฟนใช้พูดให้คนหมู่มากได้ยิน ส่วนลำโพงเสียงใช้ในการฟังเสียง

ถาม : มีหลักการทำงานต่างกันอย่างไร ?

ตอบ : ไมโครโฟนเป็นสิ่งที่ใช้กับเสียงแล้วขยายเสียงออกทางลำโพง

ถาม : เหตุใดจึงคิดว่าไมโครโฟนใช้รับเสียงได้ ?

ตอบ : เพราะถ้าต้องการพูดหรือร้องเพลงเราจะต้องพูดใส่ไมโครโฟน

ถาม : เมื่อเราพูดใส่ไมโครโฟนแล้วจะมีการเปลี่ยนรูปพลังงานอย่างไร ?

ตอบ : เปลี่ยนเป็นพลังงานเสียง

ถาม : แล้วเปลี่ยนแปลงอย่างไรอีก ?

ตอบ : แล้วพลังงานเสียงที่พูดก็จะถูกขยายให้ดังขึ้น

ถาม : ขยายให้ดังขึ้นโดยอุปกรณ์ใด ?

ตอบ : ลำโพงเสียง

จากการสัมภาษณ์เด็กหญิงรุ่ง และนักเรียนคนอื่น ๆ พบว่า ให้คำตอบที่คล้ายคลึงกัน โดยนักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า ไมโครโฟนทำหน้าที่รับเสียง แล้วลำโพงเสียงจะขยายเสียงให้ดังขึ้นอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งสาเหตุเกิดจากนักเรียนยังไม่เคยเรียนเรื่องนี้มาก่อน จึงทำให้ไม่มีโมเดลในเรื่องนี้เลย จะเห็นได้จากตารางที่ 33 นักเรียนไม่ตอบคำถาม (NU) ก่อนเรียนร้อยละ 33.71 และหลังเรียนมีจำนวนลดลงเป็นร้อยละ 7.87

การสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอน เรื่อง เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้พลังงานเสียง
สรุปได้ดังนี้

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

เป็นการสอนแบบบรรยายและใช้แผนภูมิโมเดล (Concept mapping) ประกอบ

การสอนเพื่อให้เกิดโมเดล ครูให้โมเดลดังนี้

มโนคติ : ในเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้พลังงานเสียง มีไมโครโฟนทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานเสียงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า และลำโพงเสียงทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานเสียง
- ครูอธิบายหลักการของเครื่องรับวิทยุ เครื่องบันทึกเสียงตลอดจนอธิบายหลักการทำงาน และการเปลี่ยนพลังงานของไมโครโฟนและลำโพงเสียง โดยสรุปเป็นแผนภูมิโมเดล

จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอน พบว่า การสอนโดยใช้แผนภูมิโมเดล (Concept mapping) ช่วยให้แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างมโนคติหลัก มโนคิรองและมโนคิย่อยๆ ให้เป็นภาพรวมได้อย่างชัดเจน ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น จะเห็นได้จากตารางที่ 33 พบว่านักเรียนมีความเข้าใจโมเดลที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) เพิ่มขึ้น โดยก่อนเรียนร้อยละ 1.12 หลังเรียนร้อยละ 48.31 และหลังจากเรียนเรื่องนี้แล้วพบว่านักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนลดลง

การรับรู้โน้ตของนักเรียน

- นักเรียนรับรู้โน้ตได้จากการฟังครูอธิบาย และตอบคำถามรวมทั้งแสดงความคิดในการเขียนข้อความลงในแผนภูมิโน้ต
- นักเรียนมีความเข้าใจว่า ไมโครโฟนทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานเสียงเป็นพลังงานไฟฟ้า ส่วนลำโพงเสียงทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานเสียง โดยผ่านขั้นตอนดังนี้
 - ไมโครโฟน : พลังงานเสียง $\longrightarrow$ พลังงานกล $\longrightarrow$ พลังงานไฟฟ้า
 - ลำโพงเสียง : พลังงานไฟฟ้า $\longrightarrow$ พลังงานกล $\longrightarrow$ พลังงานเสียง

อย่างไรก็ตาม มีนักเรียนบางส่วนที่ยังคงมีโน้ตที่คลาดเคลื่อน หลังจากเสร็จสิ้นการเรียนการสอนแล้ว ผู้วิจัยจึงได้ทำการสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มนี้ เพื่อหาสาเหตุของความเข้าใจผิดในโน้ตที่คลาดเคลื่อน ตัวอย่างการสัมภาษณ์ มีดังนี้

เด็กหญิงสุกานดา วิชัย

- ถาม : ไมโครโฟนและลำโพงเสียงทำหน้าที่ต่างกันอย่างไร ?
- ตอบ : ไมโครโฟนทำหน้าที่รับเสียง ลำโพงทำหน้าที่ขยายเสียง
- ถาม : มีหลักการทำงานต่างกันอย่างไร ?
- ตอบ : ไมโครโฟนขยายสัญญาณ ส่วนลำโพงเสียงขยายเสียง
- ถาม : ขั้นตอนขยายสัญญาณของไมโครโฟนเป็นอย่างไร ?
- ตอบ : จากสัญญาณเสียงธรรมชาติให้ดังขึ้นได้
- ถาม : ลำโพงเสียงขยายเสียงอย่างไร ? (ให้อธิบายขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงพลังงาน)
- ตอบ : (อธิบายไม่ได้)
- ถาม : ไมโครโฟนมีขั้นตอนขยายสัญญาณอย่างไร ?
- ตอบ : (ไม่ตอบ)
- ถาม : ไมโครโฟนเปลี่ยนรูปพลังงานจากพลังงานอะไรเป็นพลังงานอะไร ?
- ตอบ : เปลี่ยนจากพลังงานเสียงธรรมชาติให้เป็นเสียงดังขึ้น
- ถาม : ไมโครโฟนเปลี่ยนเสียงให้ดังขึ้นได้อย่างไร ?
- ตอบ : ไม่ทราบ ทราบแต่ว่าเมื่อพูดใส่ไมโครโฟนเสียงจะดังขึ้น
- ถาม : แสดงว่าไมโครโฟนทำให้เสียงดังขึ้น ใช่หรือไม่ ?
- ตอบ : ใช่
- ถาม : เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น ?
- ตอบ : เพราะว่าเคยเห็นคนทั่วไปพูด

ถาม : เคยพูดใส่ไมโครโฟนบ้างหรือไม่ ?

ตอบ : ไม่เคย

จากการสัมภาษณ์เด็กหญิงสุกานดา พบว่า นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนโดยเข้าใจว่า ไมโครโฟน ทำหน้าที่ขยายสัญญาณ ส่วนลำโพงเสียงทำหน้าที่ขยายเสียง ซึ่งความจริงแล้ว ไมโครโฟนและลำโพงเสียงทำหน้าที่ต่างกันคือ ไมโครโฟนทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานเสียงให้เป็น พลังงานไฟฟ้า ส่วนลำโพงเสียงทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานเสียง ซึ่งสาเหตุ ของความเข้าใจมโนคติที่คลาดเคลื่อนนี้ มาจากประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน โดยนักเรียนสรุป เองว่า ไมโครโฟนจะทำให้เกิดเสียงดัง และนอกจากนี้ก็มีนักเรียนบางส่วนไม่ตั้งใจเรียนในขณะที่ มีกิจกรรมการเรียนการสอน จึงทำให้มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนได้ และไม่สามารถอธิบายขั้นตอน การเปลี่ยนพลังงานได้

สรุปสาเหตุที่ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน คือเกิดจากประสบการณ์ที่พบเห็น มาด้วยตนเอง และเกิดจากนักเรียนไม่ตั้งใจเรียน ไม่มีการรับรู้มโนคติ ทำให้ไม่สามารถลงข้อ สรุปเกี่ยวกับมโนคติที่ครูให้ในขณะนั้นอย่างถูกต้องได้

มโนคติเรื่อง มาตรฐานไฟฟ้า

มโนคติเรื่องนี้ทำการวัดโดยใช้แบบทดสอบ จำนวน 2 ข้อ (ข้อ 27-28) จึงสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลไว้ในตารางที่ 34 ดังนี้คือ

ตารางที่ 34 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนคติ เรื่อง มาตรฐานไฟฟ้า แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้

ความเข้าใจมโนคติ	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)	6.72 (n=6)	29.12 (n=26)
ความเข้าใจที่ถูกแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	32.48 (n=29)	39.20 (n=35)
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	40.32 (n=36)	24.64 (n=22)
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)	17.92 (n=16)	5.60 (n=5)
ความไม่เข้าใจ (NU)	2.24 (n=2)	1.12 (n=1)

จากตารางที่ 34 พบว่า เมื่อทำการทดสอบวัดมโนติก่อนเรียน (Preconception) เรื่อง มาตรฐานไฟฟ้า มีนักเรียนร้อยละ 6.72 มีความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และนักเรียนร้อยละ 58.24 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) หลังจากทีนักเรียนได้เรียนเรื่องนี้ผ่านไป แล้ว ทำการวัดมโนติหลังเรียน (Postconception) พบว่า นักเรียนมีมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) สูงขึ้น คือมีจำนวนร้อยละ 29.12 และมีนักเรียนส่วนหนึ่ง คิดเป็นร้อยละ 30.24 ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) อยู่

ผลการวิเคราะห์มโนติย่อยเรื่อง มาตรฐานไฟฟ้า เสนอเป็นรายข้อดังนี้

ข้อที่ 27. ถ้าในบ้านเราใช้ไฟฟ้า ที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านสูงสุดประมาณ 7 แอมแปร์ เราควรเลือกใช้ มาตรฐานไฟฟ้าขนาดใด เพราะเหตุใด?

ตารางที่ 35 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ข้อที่ 27. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้

ความเข้าใจโมติ	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจโมติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)	22.47 (n=19)	48.31 (n=44)
- 10 แอมแปร์ เพราะว่าควรเลือกมาตรฐานไฟฟ้าที่มีขนาดเกินปริมาณกระแสไฟฟ้าผ่านสูงสุดเพียงเล็กน้อย		
ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	12.36 (n=12)	20.22 (n=18)
- 10 แอมแปร์ เพื่อป้องกันกระแสไฟฟ้าที่ลัดวงจร		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	29.21 (n=26)	22.47 (n=19)
- 10 แอมแปร์ เพราะว่าจะทนความร้อนได้		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)	32.58 (n=29)	6.74 (n=6)
- 15 แอมแปร์ เพราะจะได้พลังงานไฟฟ้ามาก		
ความไม่เข้าใจ (NU)	3.17 (n=3)	2.25 (n=2)
- นักเรียนไม่ตอบคำถาม		

จากตารางที่ 35 พบว่า เมื่อทำการทดสอบวัดมโนติก่อนเรียน (Preconception) นักเรียนร้อยละ 22.47 มีความเข้าใจโมติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และนักเรียนร้อยละ 61.79 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) และเมื่อทำการวัดมโนติหลังเรียน

(Postconception) พบว่านักเรียนที่มีโมเมนต์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) สูงขึ้น คือมีจำนวนร้อยละ 48.31 และมีนักเรียนส่วนหนึ่ง คิดเป็นร้อยละ 46.06 ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) อยู่

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีโมเมนต์ที่คลาดเคลื่อน (AC และ PS) มีดังนี้

นักเรียนเข้าใจว่า ถ้าในบ้านที่ใช้ไฟฟ้าที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านสูงสุดประมาณ 7 แอมแปร์ ควรเลือกใช้มาตรไฟฟ้าขนาด

15 แอมแปร์ เพราะว่า ไฟฟ้าจะผ่านได้พอดีกับที่ใช้ และไม่มากหรือน้อยจนเกินไป

5 แอมแปร์ เพราะว่า

- ไม่ควรใช้กระแสไฟฟ้ามากเกินไปกว่ากำหนดได้ เพราะจะทำให้เกิดอันตรายได้
- ถ้าเราใช้มาตรไฟฟ้าขนาดนี้ จะทำให้เรารู้สึกว่ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านในบ้านเราใช้พลังงานไปเท่าใด

10 แอมแปร์ เพราะว่า

- กระแสไฟฟ้าสูงสุด 10 แอมแปร์
- จะทำให้ไฟฟ้ามีความต้านทานมากกว่า

ข้อที่ 28. กระแสไฟฟ้าก่อนที่จะเข้าบ้าน ต้องผ่านมิเตอร์ก่อนซึ่งเป็นการวัดปริมาณอะไร และทำให้เกิดประโยชน์อย่างไร อธิบาย ?

ตารางที่ 36 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ข้อที่ 28. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้

ความเข้าใจโมเมนต์	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจโมเมนต์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)	12.36 (n=12)	33.71 (n=29)
- พลังงานไฟฟ้า เพื่อให้ทราบว่าบ้านนั้นใช้พลังงานไฟฟ้าไปเท่าใดและนำไปคำนวณหาค่าไฟฟ้าที่จะต้องชำระในแต่ละเดือน		
ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	7.87 (n=7)	1.12 (n=1)
- พลังงานไฟฟ้า ทำให้วัดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ไหลเข้ามาในบ้านนั้นได้ และไม่มากหรือน้อยจนเกินไป		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	23.60 (n=21)	16.85 (n=15)
- พลังงานไฟฟ้า เพื่อการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)	50.56 (n=44)	46.07 (n=42)
- กำลังไฟฟ้า เพื่อจะได้รู้ว่ากำลังไฟฟ้ามีค่าเท่าใดจะได้ไม่ใช้เกิน		
- แรงเคลื่อนไฟฟ้า เพราะแรงเคลื่อนไฟฟ้าจะเข้ามาในบ้าน		
ความไม่เข้าใจ (NU)	5.62 (n=5)	2.25 (n=2)
- นักเรียนไม่ตอบคำถาม		

จากตารางที่ 36 พบว่า เมื่อทำการทดสอบวัดมโนติก่อนเรียน (Preconception) นักเรียนร้อยละ 12.36 มีความเข้าใจมโนติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และนักเรียนร้อยละ 74.16 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) และเมื่อทำการวัดมโนติหลังเรียน (Postconception) พบว่านักเรียนมีมโนติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) สูงขึ้น คือมีจำนวนร้อยละ 33.71 และมีนักเรียนส่วนหนึ่ง คิดเป็นร้อยละ 62.92 ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) อยู่

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีมโนติที่คลาดเคลื่อน (AC และ PS) มีดังนี้
 นักเรียนเข้าใจว่า กระแสไฟฟ้าก่อนที่จะไหลเข้าบ้าน จะต้องผ่านมิเตอร์ก่อน ซึ่งเป็นการวัดปริมาณของ

ความต้านทานไฟฟ้า เพราะจะทำให้รู้ว่ามี ความต้านทานเท่าใด และมีความต่างศักย์เท่าใด

แรงเคลื่อนไฟฟ้า เพราะว่า

- จะรู้ว่ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านเข้าบ้านมากหรือน้อย
- จะวัดเอาความแรงของไฟฟ้าที่จะเข้าบ้านว่าสมควรมากหรือน้อย
- จะทำให้กระแสไฟฟ้าผ่านเข้าไปในบ้าน ได้นพอดีกับขนาดของฟิวส์ที่มีอยู่ในบ้าน
- ช่วยแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้ต่ำลงหรือสูงขึ้น
- ให้เลือกใช้ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ให้ถูกต้องตามแรงเคลื่อนไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้า เพราะว่า

- จะช่วยให้ไฟฟ้าที่ใช้ไม่เกินกำหนดจะไม่ทำให้ไฟฟ้าลัดวงจร
- จะได้รู้ว่าใช้ไฟฟ้าไปที่แอมแปร์

พลังงานไฟฟ้า เพราะว่า

- จะทำให้ฟิวส์ไม่ขาดเร็วและหลอดไฟยังใช้ได้นาน
- มิเตอร์จะลดพลังงานไฟฟ้าให้พอดี
- กระแสไฟฟ้าจะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเข้าบ้านให้เหลือเพียง 220 โวลต์

การสัมภาษณ์นักเรียนก่อนมีการเรียนการสอน กับนักเรียน ที่มีความเข้าใจมโนติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องนี้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจว่ามาตรไฟฟ้า ใช้วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้า ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์

เด็กชายนพดล สุขพร้อม

ถาม : กระแสไฟฟ้าก่อนจะเข้าบ้านเราจะต้องผ่านอะไรก่อน ?

ตอบ : ผ่านสะพานไฟ

ถาม : ก่อนเข้ามาที่สะพานไฟจะเป็นส่วนที่ติดกับเสาไฟฟ้าหน้าบ้าน คืออะไร ?

ตอบ : มิเตอร์

ถาม : มิเตอร์ใช้วัดปริมาณของอะไร ?

ตอบ : วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้า

ถาม : เหตุใดจึงต้องวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้า ?

ตอบ : เพื่อจะได้รู้ว่าใช้ไฟฟ้าไปเท่าใดจะได้เสียค่าไฟฟ้าถูก

ถาม : แสดงว่าการที่เราใช้ไฟฟ้าไปมากหรือน้อย ในแต่ละเดือนต้องดูที่ปริมาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าใช้หรือไม่ ?

ตอบ : ใช่

ถาม : เหตุใดจึงคิดเช่นนั้น ?

ตอบ : เพราะว่าถ้าใช้ไฟฟ้าแสดงว่าแรงดันไฟฟ้าในบ้านเราเพิ่มขึ้นมากจากมิเตอร์หมุนเร็ว

ถาม : เคยสังเกตที่มิเตอร์หรือไม่ อย่างไร ?

ตอบ : เคย ถ้าใช้ไฟมากมิเตอร์จะหมุนเร็ว แต่ถ้าใช้ไฟน้อยมิเตอร์จะหมุนช้า

จากการสัมภาษณ์เด็กชายนพดล พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดที่คลาดเคลื่อน ซึ่งมีสาเหตุมาจากการแปลความหมายประสบการณ์ที่พบเห็นในชีวิตประจำวันไม่ถูกต้องของตัวนักเรียนเอง เช่นนักเรียนเข้าใจว่า มาตรการไฟฟ้า หรือมิเตอร์ ใช้วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้า เนื่องจากถ้าใช้ไฟฟ้ามาก มิเตอร์จะหมุนเร็ว ซึ่งความจริงแล้วมาตรการไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดพลังงานไฟฟ้า

การสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอน เรื่อง มาตรการไฟฟ้า สรุปได้ดังนี้

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

เป็นการสอนแบบบรรยาย

การสอนเพื่อให้เกิดมโนคติ ครูให้มโนติดังนี้

มโนคติ : - มาตรการไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดพลังงานไฟฟ้า ซึ่งวัดพลังงานไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์-ชั่วโมง หรือหน่วย มาตรการไฟฟ้ามียหลายขนาด กำหนดตามปริมาณกระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ผ่าน เช่น ขนาด 5 แอมแปร์ 10 แอมแปร์ เป็นต้น

- ควรเลือกใช้มาตรไฟฟ้าที่มีขนาดเกินปริมาณกระแสไฟฟ้าผ่านสูงสุดเพียงเล็กน้อย
- ครูอธิบายความหมาย และลักษณะ หน้าทีของมาตรไฟฟ้าให้นักเรียนฟัง พร้อมทั้งพานักเรียนไปสังเกตมาตรไฟฟ้าจริงที่บริเวณหน้าอาคารเรียน เพื่อเป็นประสบการณ์ตรงแก่นักเรียน

จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอนพบว่า นักเรียนมีโมเมนต์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) เพิ่มขึ้นโดยก่อนเรียนร้อยละ 17.41 หลังเรียนร้อยละ 41.01 และนักเรียนมีความเข้าใจโมเมนต์คลาดเคลื่อน (AC) ลดลงโดยก่อนเรียนร้อยละ 41.57 หลังเรียนร้อยละ 26.40

การรับรู้โมเมนต์ของนักเรียน

- นักเรียนรับรู้โมเมนต์ได้จากการฟังครูอธิบายและการได้พบเห็น ได้สัมผัสกับของจริง ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย นักเรียนส่วนใหญ่มีความกระตือรือร้นและตั้งใจเรียน

จากการวัดโมเมนต์หลังเรียน พบว่า มีนักเรียนบางส่วนยังคงมีโมเมนต์ที่คลาดเคลื่อนอยู่ ผู้วิจัยจึงได้ทำการสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มนี้ เพื่อหาสาเหตุของความเข้าใจโมเมนต์ที่คลาดเคลื่อน ตัวอย่างการสัมภาษณ์ มีดังนี้

เด็กหญิงนวธิดา รัชชาติ

ถาม : กระแสไฟฟ้าง่อนจะเข้าบ้านแต่ละหลังจะต้องผ่านอุปกรณ์ใดก่อน ?

ตอบ : มาตรไฟฟ้า

ถาม : ปกติมาตรไฟฟ้าจะติดตั้งไว้บริเวณใด ?

ตอบ : เส้าไฟฟ้าหน้าบ้าน

ถาม : มาตรไฟฟ้ามีประโยชน์อย่างไร ? (ใช้วัดปริมาณอะไร)

ตอบ : ใช้สำหรับวัดกำลังไฟฟ้าก่อนที่ไฟฟ้าจะเข้าบ้านเพื่อจะได้รู้ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละเดือน

ถาม : กำลังไฟฟ้ามียหน่วยเป็นอะไร ?

ตอบ : เป็นยูนิิต

ถาม : ถ้าบ้านเราต้องการทราบว่าเดือนนี้ใช้ไฟฟ้าไปกี่ยูนิิต เราจะดูได้จากอะไร ?

ตอบ : ดูได้จากมาตรไฟฟ้า

ถาม : ถ้าตัวเลขมากแสดงว่าอย่างไร ?

ตอบ : แสดงว่ากำลังไฟฟ้ามาก ใช้ไฟฟ้ามากและจะต้องเสียเงินค่าไฟฟ้ามากด้วย

ถาม : การเลือกขนาดของมาตรไฟฟ้า ควรใช้อะไรเป็นเกณฑ์ ?

ตอบ : ใช้กระแสไฟฟ้าเป็นเกณฑ์

ถาม : ถ้าบ้านเราใช้กระแสไฟฟ้าสูงสุด 7 แอมแปร์ เราควรเลือกใช้มาตรไฟฟ้าขนาดใด ?
(5, 10, 15 แอมแปร์)

ตอบ : ขนาด 15 แอมแปร์

ถาม : เพราะเหตุใดจึงเลือกขนาด 15 แอมแปร์ ?

ตอบ : เพราะทนทาน และให้พลังงานไฟฟ้ามากกว่า

ถาม : เหตุใดจึงคิดว่าทนทานและให้พลังงานมาก ?

ตอบ : เพราะเป็นขนาดใหญ่ที่สุดและรับกระแสได้มากที่สุด ปลอดภัย

จากการสัมภาษณ์เด็กหญิงนวธิดา และนักเรียนคนอื่น ๆ หลังจากที่ได้เรียนเนื้อหาเรื่องมาตรไฟฟ้าแล้ว พบว่า ให้คำตอบที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งนักเรียนยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนอยู่ โดยเข้าใจว่า มาตรไฟฟ้า เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดกำลังไฟฟ้า และยังเข้าใจว่าการเลือกใช้มาตรไฟฟ้าควรเลือกขนาดใหญ่ที่สุด เพื่อให้ทนทานและรับกระแสไฟฟ้าได้มาก ๆ ทั้งนี้มีสาเหตุเนื่องมาจากความเชื่อของนักเรียน ซึ่งเชื่อว่าการใช้มาตรไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่ ทำให้เกิดความปลอดภัย เนื่องจากรับกระแสไฟฟ้าได้มาก และทนทาน ซึ่งเป็นเหตุผลที่ไม่ถูกต้อง เนื่องจาก ถ้ามาตรไฟฟ้ารับกระแสไฟฟ้าเข้ามาเกินไป จะทำให้สิ้นเปลืองพลังงานโดยไม่จำเป็น

สรุปสาเหตุที่ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน เรื่องมาตรไฟฟ้า มีดังนี้

1. ความเชื่อที่ไม่ถูกต้องของตัวนักเรียนเอง
2. ประสบการณ์ที่ได้พบเห็นมาอย่างไม่ถูกต้อง ไม่ชัดเจน ทำให้นักเรียนลงข้อสรุปภายในขอบเขตของตนเอง ซึ่งจะเห็นได้จากคำตอบในการสัมภาษณ์ว่า ถ้าใช้มาตรไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่สุดจะรับกระแสไฟฟ้าได้มากที่สุด และทำให้เกิดความปลอดภัย

มโนคติเรื่อง พลังงานไฟฟ้า

มโนคติเรื่องนี้ทำการวัดโดยใช้แบบทดสอบจำนวน 2 ข้อ (ข้อ 29-30) จึงสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลไว้ในตารางที่ 37 ดังนี้คือ

ตารางที่ 37 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนคติ เรื่อง พลังงานไฟฟ้า แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้

ความเข้าใจมโนคติ	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)	1.12 (n=1)	5.60 (n=5)
ความเข้าใจที่ถูกแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	1.12 (n=1)	22.40 (n=20)
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	35.84 (n=32)	41.44 (n=37)
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)	34.72 (n=31)	22.40 (n=20)
ความไม่เข้าใจ (NU)	26.88 (n=24)	7.84 (n=7)

จากตารางที่ 37 พบว่า เมื่อทำการทดสอบวัดมโนติก่อนเรียน (Preconception) เรื่อง พลังงานไฟฟ้า มีนักเรียนร้อยละ 1.12 มีความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และนักเรียนร้อยละ 70.56 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) หลังจากให้นักเรียนได้เรียนเรื่องนี้ผ่านไปแล้ว ทำการวัดมโนติหลังเรียน (Postconception) พบว่า นักเรียนมีมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) สูงขึ้น คือมีจำนวนร้อยละ 5.60 และมีนักเรียนส่วนหนึ่ง คิดเป็นร้อยละ 63.84 ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) อยู่

ผลการวิเคราะห์มโนติย่อย เรื่อง พลังงานไฟฟ้า เสนอเป็นรายข้อดังนี้

ข้อที่ 29. บ้านหลังหนึ่งใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าดังนี้

1. เตารีดไฟฟ้า 220 โวลต์ 750 วัตต์
2. เต้าไฟฟ้า 220 โวลต์ 500 วัตต์
3. วิทยุ 220 โวลต์ 20 วัตต์
4. หลอดไฟธรรมดา 220 โวลต์ 40 วัตต์ 2 หลอด

ถ้าใช้เครื่องใช้ไฟฟ้างกล่าวพร้อมกัน จงคำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ผ่านฟิวส์และบ้านหลังนี้ ควรใช้ฟิวส์ขนาดใด เพราะเหตุใด

ตารางที่ 38 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้อที่ 29. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้

ความเข้าใจโมเมติ	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจโมเมติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)	0.00 (n=0)	11.24 (n=10)
- กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านฟิวส์เท่ากับ 6.12 แอมแปร์และบ้านหลังนี้ควรใช้ฟิวส์ขนาด 10 แอมแปร์ เพราะควรเลือกใช้ฟิวส์ที่รับกระแสไฟฟ้าได้เกินปริมาณกระแสไฟฟ้าสูงสุดเพียงเล็กน้อย		
ความเข้าใจที่ถูกแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)	2.25 (n=2)	16.85 (n=15)
- 6.01 โวลต์ ควรใช้ฟิวส์ขนาด 10 A เพราะว่ากระแสไฟฟ้าใช้ไม่เกิน 10 A		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	25.84 (n=24)	24.72 (n=22)
- บ้านหลังนี้ควรใช้ฟิวส์ขนาด 10 แอมแปร์ เพราะจะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลเข้าบ้านได้พอดี		

ตารางที่ 38 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้อที่ 29. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้ (ต่อ)

ความเข้าใจโมเมนต์	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)	39.33 (n=35)	38.20 (n=34)
- บ้านหลังนี้ควรใช้ฟิวส์ขนาด 15 แอมแปร์		
ความไม่เข้าใจ (NU)	32.58 (n=28)	8.99 (n=8)
- นักเรียนไม่ตอบคำถาม		

จากตารางที่ 38 พบว่า เมื่อทำการทดสอบวัดมโนคติก่อนเรียน (Preconception) ไม่มีนักเรียนที่มีความเข้าใจโมเมนต์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และนักเรียนร้อยละ 65.17 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) และเมื่อทำการวัดมโนคติหลังเรียน (Postconception) พบว่ามีนักเรียนที่มีมโนคติที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) คือมีจำนวนร้อยละ 11.24 และมีนักเรียนส่วนหนึ่ง คิดเป็นร้อยละ 62.92 ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) อยู่

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อน (AC และ PS) มีดังนี้

นักเรียนเข้าใจว่า ถ้าใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าดังกล่าวพร้อมกัน จะมีผลดังนี้คือ

- เมื่อใช้ ไฟพร้อมกันทำให้ฟิวส์ขาด
- กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน 1,310 วัตต์ และบ้านหลังนี้ควรใช้ฟิวส์ขนาด 15 แอมแปร์ เพราะมีความต้านทานมาก
- บ้านหลังนี้ควรใช้ฟิวส์ขนาด 15 A เพราะกระแสไฟฟ้ามากกว่า 220 โวลต์
- กระแสไฟฟ้าผ่านฟิวส์ 1.35 โวลต์ และบ้านหลังนี้ควรใช้ฟิวส์ 5 แอมแปร์เพราะถ้าใช้ฟิวส์ขนาดใหญ่เกินไปจะทำให้ฟิวส์ขาด
- กระแสไฟฟ้าผ่าน 12.5 A และบ้านหลังนี้ควรใช้ฟิวส์ 15 แอมแปร์ เพราะว่าใช้ไฟฟ้ามาก

ข้อที่ 30. บ้านหลังหนึ่งใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าดังนี้

1. หม้อหุงข้าวขนาด 1,000 วัตต์ วันละ 1 ชั่วโมง
2. เตารีดไฟฟ้าขนาด 700 วัตต์ วันละ 2 ชั่วโมง
3. โทรทัศน์ขนาด 140 วัตต์ วันละ 4 ชั่วโมง
4. หลอดไฟธรรมดา 40 วัตต์ จำนวน 6 หลอด วันละ 6 ชั่วโมง

จงหาว่าใน 1 เดือน (30 วัน) บ้านหลังนี้จะเสียค่าไฟฟ้าเท่าไร ถ้าค่าไฟฟ้าหน่วยละ 2 บาท (แสดงวิธีทำ)

ตารางที่ 39 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้อที่ 30. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้

ความเข้าใจโมเมนต์	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
ความเข้าใจโมเมนต์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU)	1.12 (n=1)	16.85 (n=15)

- 264 บาท

วิธีทำ หาค่าพลังงานไฟฟ้าแต่ละชนิดดังนี้

$$\text{หม้อหุงข้าว} = \frac{1,000 \times 1}{1,000} = 1 \text{ หน่วย}$$

$$\text{เตารีดไฟฟ้า} = \frac{700 \times 2}{1,000} = 1.4 \text{ หน่วย}$$

$$\text{โทรทัศน์} = \frac{140 \times 4}{1,000} = 0.56 \text{ หน่วย}$$

$$\text{หลอดไฟธรรมดา} = \frac{40 \times 6 \times 6}{1,000} = 1.44 \text{ หน่วย}$$

ตารางที่ 39 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้อที่ 30. แยกตามการทดสอบ 2 ครั้ง เป็นดังนี้ (ต่อ)

ความเข้าใจโนมตี	จำนวนนักเรียนร้อยละ	
	ก่อนเรียน (n=89)	หลังเรียน (n=89)
รวมใช้พลังงานไฟฟ้าวันละ $1 + 1.4 + 0.56 + 1.44$ = 4.4 หน่วย		
1 เดือนใช้ = $4.4 \times 30 = 132$ หน่วย		
ความเข้าใจที่ถูกต้องไม่สมบูรณ์ (PU)	1.12 (n=1)	2.25 (n=2)
- 264 บาท		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)	20.22 (n=18)	14.61 (n=14)
- สูตร $P = W \times t$ = $60 + 84 + 33.6 + 76.8 = 264$		
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)	25.84 (n=24)	32.46 (n=28)
- 136.50 บาท		
- 270 บาท		
- 132 บาท		
ความไม่เข้าใจ (NU)	51.69 (n=45)	33.71 (n=30)
- นักเรียนไม่ตอบคำถาม		

จากตารางที่ 39 พบว่า เมื่อทำการทดสอบวัดมโนติก่อนเรียน (Preconception) นักเรียนร้อยละ 1.12 มีความเข้าใจโนมตีที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และนักเรียนร้อยละ 46.06 มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) และเมื่อทำการวัดมโนติหลังเรียน (Postconception) พบว่านักเรียนมีมโนมตีที่ถูกต้องสมบูรณ์ (CU) สูงขึ้น คือมีจำนวนร้อยละ

16.85 และมีนักเรียนส่วนหนึ่งคิดเป็น ร้อยละ 47.07 ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (PS + AC) อยู่

จากการสัมภาษณ์เด็กหญิงทิพย์สุตา และนักเรียนคนอื่น ๆ ก่อนเรียนเรื่อง พลังงานไฟฟ้า พบว่าให้คำตอบที่คล้ายคลึงกัน โดยนักเรียนจำนวนมากไม่มีโมเมนต์ ซึ่งมีสาเหตุมาจากนักเรียนยังไม่เคยเรียนเรื่องนี้มาก่อน ดังจะเห็นได้จาก ตารางที่ 37 NU ก่อนเรียน ร้อยละ 24.88 ตัวอย่างการสัมภาษณ์ เป็นดังนี้

เด็กหญิงทิพย์สุตา สุวรรณ

ถาม : เราใช้เครื่องมือชนิดใดวัดค่าพลังงานไฟฟ้าที่บ้านเราใช้ในแต่ละเดือน ?

ตอบ : มาตรไฟฟ้า

ถาม : พลังงานไฟฟ้ามีหน่วยเป็นอะไร ?

ตอบ : วัตต์

ถาม : พลังงานไฟฟ้าหาได้อย่างไร บอกสูตรในการคำนวณ ?

ตอบ : ไม่ทราบ

ถาม : สมมติว่าเราใช้เตารีดไฟฟ้าขนาด 700 วัตต์ นาน 1 ชั่วโมง จะสูญเสียพลังงานไฟฟ้าไปเท่าไร ?

ตอบ : ไม่ทราบ คำนวณไม่ได้ เพราะว่ายังไม่ได้เรียน

การสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอน สรุปได้ดังนี้

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

ใช้วิธีสอนแบบบรรยาย

การให้โมเมนต์ของครู ครูให้โมเมนต์ ดังนี้

โมเมนต์ : 1. พลังงานไฟฟ้า(หน่วย) = กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์) X เวลา (ชั่วโมง)

2. การไฟฟ้าจะคิดเงินค่าพลังงานไฟฟ้า โดยใช้มาตรไฟฟ้าวัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไป เป็นกิโลวัตต์-ชั่วโมง หรือหน่วย

- ครูบอกสูตรการคำนวณหาค่าพลังงานไฟฟ้า พร้อมทั้งยกตัวอย่างการคำนวณและแสดงวิธีทำให้นักเรียนทำตาม

จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนการสอน พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจโมเดลที่คลาดเคลื่อนสาเหตุเนื่องจากเนื้อหาเป็นนามธรรม จำสูตรไม่ได้ คำนวณไม่ได้นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่ตั้งใจเรียนและบางส่วนไม่ทำแบบฝึกหัดที่ครูให้ จึงไม่เกิดทักษะในการคำนวณ

การรับรู้โมเดลของนักเรียน

- นักเรียนรับรู้โมเดลโดยการฟังครูอธิบาย
- นักเรียนฝึกทำโจทย์การคำนวณและทำแบบฝึกหัดที่ครูกำหนดให้

จากการสัมภาษณ์นักเรียนหลังจากที่เรียนเรื่องนี้ผ่านไปแล้ว พบว่า นักเรียนยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ดังนี้

เด็กชายรัฐพล โนนทะวงษ์

- ถาม : มาตรฐานไฟฟ้ามีประโยชน์อย่างไร ?
- ตอบ : บอกค่าไฟฟ้าที่เราใช้ไปในแต่ละเดือน
- ถาม : บอกมาเป็นจำนวนเงินที่เราต้องจ่ายหรือไม่ ?
- ตอบ : ไม่ แต่บอกเป็นตัวเลขจำนวนยูนิตที่ใช้
- ถาม : วิธีการคิดค่าพลังงานไฟฟ้าคิดอย่างไร ?
- ตอบ : (ไม่ตอบ)
- ถาม : ต้องคิดอะไรก่อน ?
- ตอบ : คิดหน่วยไฟฟ้าก่อน
- ถาม : คิดอย่างไร บอกวิธีการ (สูตร) ?
- ตอบ : ไม่ทราบ จำไม่ได้
- ถาม : เพราะเหตุใดจึงคำนวณไม่ได้ ?
- ตอบ : เพราะไม่ค่อยทบทวนวิชาที่เป็นคำนวณ
- ถาม : เพราะเหตุใดจึงไม่ชอบ ?
- ตอบ : เพราะมีสูตรมาก จำไม่ค่อยได้ ยาก
- ถาม : นักเรียนคิดว่ามีความจำเป็นหรือไม่ ที่เราจะต้องคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้า ที่เราใช้ในบ้านได้ ?
- ตอบ : ไม่จำเป็น
- ถาม : เหตุใดจึงคิดว่าไม่จำเป็น ?
- ตอบ : อ่านจากมาตรฐานไฟฟ้า ก็ได้มาตรฐานกว่า

ถาม : ตามปกติเคยคิดค่าพลังงานไฟฟ้าเองหรือไม่ ?

ตอบ : ไม่เคย

จากการสัมภาษณ์เด็กชายรัฐพล และนักเรียนคนอื่น ๆ พบว่า ให้คำตอบที่คล้ายคลึงกัน โดยนักเรียนมีความเข้าใจโมเมนต์ที่คลาดเคลื่อน ซึ่งมีสาเหตุมาจากนักเรียนไม่มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ มีความเชื่ออยู่ตลอดว่า การคำนวณเป็นเรื่องยาก และไม่มี ความจำเป็นที่จะต้องคำนวณ เพราะในชีวิตประจำวันก็ไม่ได้ทำอยู่แล้ว นักเรียนไม่มีการฝึกฝนอย่างสม่ำเสมอ

สรุปสาเหตุที่ทำให้นักเรียนมีโมเมนต์ที่คลาดเคลื่อน ดังนี้

1. เนื้อหาเป็นนามธรรม เกี่ยวข้องกับการคำนวณ เข้าใจยาก
 2. นักเรียนไม่ตั้งใจเรียน ไม่ฝึกทำแบบฝึกหัดที่ครูให้
 3. นักเรียนไม่มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ขาดแรงกระตุ้นที่จะช่วยส่งเสริมให้เกิดมโนคติ
- นักเรียนมีเจตคติที่ไม่ดีต่อวิชาที่เป็นคำนวณ และไม่พยายามฝึกฝนตนเอง

ตารางที่ 40 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปร้อยละของจำนวนนักเรียน 89 คน จากมโนคติ
จำนวน 14 มโนคติ เป็นดังนี้

มโนคติที่ศึกษา		จำนวนนักเรียนร้อยละ				
		CU	PU	PS	AC	NU
1. ความต้านทานของหลอดตัวนำ	Pre	2.24	11.20	64.96	19.04	2.24
		(n=2)	(n=10)	(n=58)	(n=17)	(n=2)
	Post	38.08	35.84	15.68	7.84	2.24
		(n=34)	(n=32)	(n=14)	(n=7)	(n=2)
2. คุณสมบัติของสายไฟ	Pre	1.12	1.12	4.49	55.06	38.20
		(n=1)	(n=1)	(n=4)	(n=50)	(n=33)
	Post	1.12	41.57	33.71	15.73	7.87
		(n=1)	(n=37)	(n=30)	(n=14)	(n=7)
3. อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรไฟฟ้าในบ้าน	Pre	4.48	16.80	69.44	6.72	2.24
		(n=4)	(n=15)	(n=62)	(n=6)	(n=2)
	Post	16.80	49.28	30.24	2.24	1.12
		(n=15)	(n=44)	(n=27)	(n=2)	(n=1)
4. ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า ความต่างศักย์ไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า	Pre	0.00	7.87	14.60	40.45	39.33
		(n=0)	(n=7)	(n=12)	(n=36)	(n=34)
	Post	8.99	42.70	10.11	32.46	5.62
		(n=8)	(n=39)	(n=9)	(n=28)	(n=5)
5. ความปลอดภัยในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน	Pre	29.21	16.85	6.74	44.94	2.25
		(n=26)	(n=15)	(n=6)	(n=40)	(n=2)
	Post	52.81	2.25	0.00	42.70	2.25
		(n=47)	(n=2)	(n=0)	(n=38)	(n=2)

ตารางที่ 40 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปร้อยละของจำนวนนักเรียน 89 คน จากมโนคติ
จำนวน 14 มโนคติ เป็นดังนี้ (ต่อ)

มโนคติที่ศึกษา		จำนวนนักเรียนร้อยละ				
		CU	PU	PS	AC	NU
6. วงจรไฟฟ้า	Pre	11.20	10.08	25.76	49.28	3.36
		(n=10)	(n=9)	(n=23)	(n=44)	(n=3)
	Post	29.12	40.32	24.64	5.60	0.00
		(n=26)	(n=36)	(n=22)	(n=5)	(n=0)
7. กระแสไฟฟ้าเร็ว	Pre	3.37	2.25	6.74	59.55	28.09
		(n=3)	(n=2)	(n=6)	(n=53)	(n=25)
	Post	17.98	21.35	7.87	49.44	3.37
		(n=16)	(n=19)	(n=7)	(n=44)	(n=3)
8. ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และความต้านทานไฟฟ้า	Pre	0.00	6.72	19.04	4.48	69.44
		(n=0)	(n=6)	(n=17)	(n=4)	(n=62)
	Post	1.12	19.40	23.52	39.20	16.80
		(n=1)	(n=17)	(n=21)	(n=35)	(n=15)
9. เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้พลังงานแสง	Pre	4.48	3.36	32.48	49.28	10.08
		(n=4)	(n=3)	(n=29)	(n=44)	(n=9)
	Post	6.72	31.36	42.56	17.92	2.24
		(n=6)	(n=28)	(n=37)	(n=16)	(n=2)
10. เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้พลังงานความร้อน	Pre	6.72	15.68	61.60	11.20	4.48
		(n=6)	(n=14)	(n=55)	(n=10)	(n=4)
	Post	26.88	31.36	33.60	6.72	1.12
		(n=24)	(n=28)	(n=30)	(n=6)	(n=1)

ตารางที่ 40 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปร้อยละของจำนวนนักเรียน 89 คน จากมโนคติ
จำนวน 14 มโนคติ เป็นดังนี้ (ต่อ)

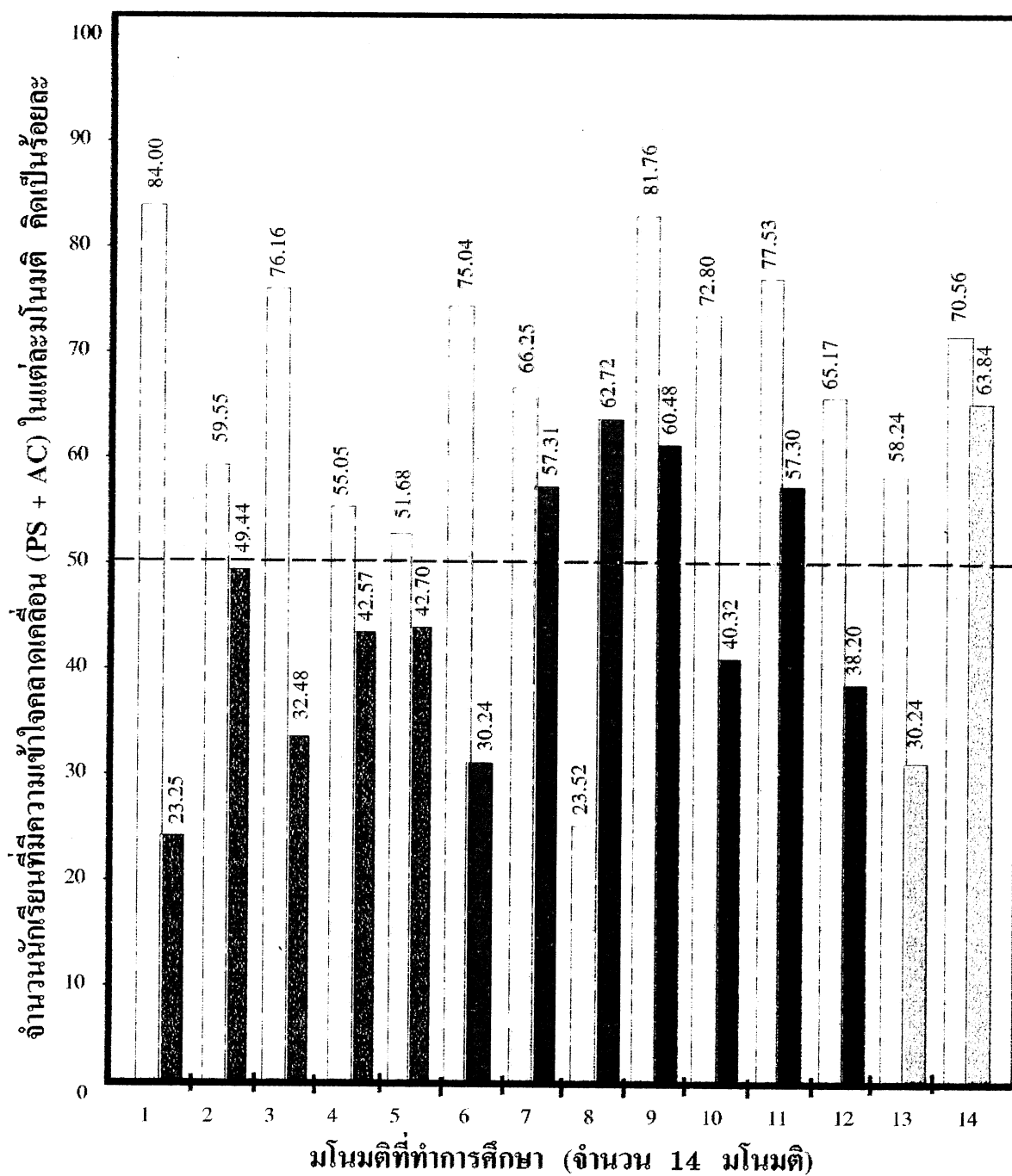
มโนคติที่ศึกษา		จำนวนนักเรียนร้อยละ				
		CU	PU	PS	AC	NU
11. เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ทำให้ พลังงานกล	Pre	2.25	14.61	35.96	41.57	5.62
		(n=2)	(n=13)	(n=32)	(n=37)	(n=5)
	Post	10.11	31.46	40.45	16.85	1.12
		(n=9)	(n=28)	(n=36)	(n=15)	(n=1)
12. เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ทำให้ พลังงานเสียง	Pre	1.12	0.00	2.25	62.92	33.71
		(n=1)	(n=0)	(n=2)	(n=55)	(n=31)
	Post	48.31	5.62	10.11	28.09	7.87
		(n=43)	(n=5)	(n=9)	(n=25)	(n=7)
13. มาตรฐานไฟฟ้า	Pre	6.72	32.48	40.32	17.92	2.24
		(n=6)	(n=29)	(n=36)	(n=16)	(n=2)
	Post	29.12	39.20	24.64	5.60	1.12
		(n=26)	(n=35)	(n=22)	(n=5)	(n=1)
14. พลังงานไฟฟ้า	Pre	1.12	1.12	35.84	34.72	26.88
		(n=1)	(n=1)	(n=32)	(n=31)	(n=24)
	Post	5.60	22.40	41.44	22.40	7.84
		(n=5)	(n=20)	(n=37)	(n=20)	(n=7)

หมายเหตุ : Pre หมายถึง การทดสอบวัดมโนติก่อนเรียน (Preconception)

: Post หมายถึง การทดสอบวัดมโนติหลังเรียน (Postconception)

จากตารางที่ 40 พบว่า เมื่อดูการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้าใจของนักเรียนจากการทดสอบทั้งก่อนและหลังเรียน จะเห็นได้ว่า หลังจากที่ได้เรียนเรื่อง เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านไป แล้ว กิจกรรมการเรียนการสอนในครั้งนี้ ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนคติที่ถูกต้อง (CU) และมีมโนคติที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) มากยิ่งขึ้น และทำให้นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อน (AC) และไม่เข้าใจมโนคติ (NU) ลดลงในทุกมโนคติ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ภาพรวมของกิจกรรมการเรียนการสอนในครั้งนี้ ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนคติที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น และมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนลดลง ดังปรากฏในภาพที่ 1 แต่ยังมีบางมโนคติที่นักเรียนส่วนใหญ่ยังคงเข้าใจคลาดเคลื่อนอยู่

จากตารางที่ 40 นำมาสรุปการเปลี่ยนแปลงของมโนคติที่คลาดเคลื่อนระหว่างก่อนและหลังเรียน ของนักเรียนในรูปแบบของกราฟ (ภาพที่ 1) โดยมโนคติใดที่มีจำนวนนักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนตั้งแต่ ร้อยละ 50 ขึ้นไป ถือว่ามโนคตินั้น นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนสูง ซึ่งแสดงในกราฟ ดังนี้



กราฟส่วนที่มีสีเทาคือ Preconception กราฟส่วนที่ระบายสีอื่นคือ Postconception

คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรไฟฟ้า

คือ เครื่องใช้ไฟฟ้า

คือ วงจรไฟฟ้า

คือ กำลังไฟฟ้า

ภาพที่ 1 ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนเปรียบเทียบระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

จากภาพที่ 1 จากการทดสอบก่อนเรียน (Preconception) พบว่า นักเรียนมีโมเมนต์ที่คลาดเคลื่อนสูงในทุกมโนคติ จากจำนวนมโนคติทั้งหมด 14 มโนคติ ส่วนการทดสอบหลังจากเรียนเรื่องนี้ไปแล้ว (Postconception) พบว่า ในแต่ละมโนคติ มีจำนวนนักเรียนที่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนลดลง ยกเว้นมโนคติที่ 8 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและความต้านทาน เนื่องจาก ก่อนเรียนมีนักเรียนจำนวนมากที่ไม่ตอบแบบทดสอบ จะเห็นได้จาก ตารางที่ 21 NU ร้อยละ 69.44 และหลังจากเรียนแล้ว มีค่าลดลงเป็นร้อยละ 16.80 และในจำนวนนักเรียนที่ตอบคำถามหลังเรียนนั้น มีจำนวนนักเรียนที่มีมโนคติคลาดเคลื่อนสูงถึงร้อยละ 62.72 เปรียบเทียบแสดงให้เห็น ดังภาพที่ 2

จากผลการทดสอบหลังเรียน พบว่า นักเรียนยังคงมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนสูง จำนวน 5 มโนคติ จาก 14 มโนคติ เรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ได้ดังนี้

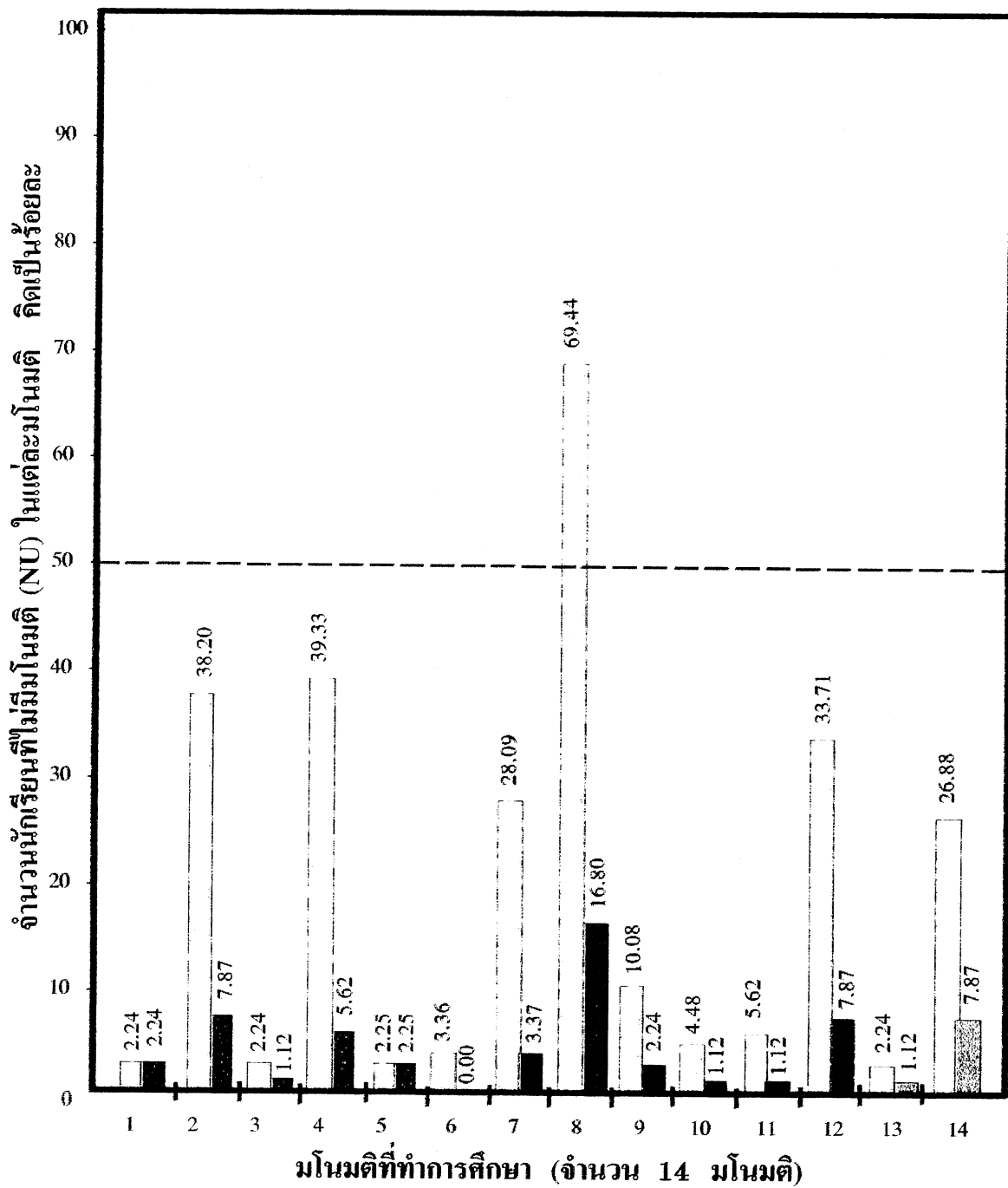
1) มโนคติเรื่อง พลังงานไฟฟ้า มีจำนวนนักเรียนที่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อน (PS+AC) คิดเป็นร้อยละ 63.84

2) มโนคติเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และความต้านทานไฟฟ้า มีจำนวนนักเรียนที่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อน (PS+AC) คิดเป็นร้อยละ 62.72

3) มโนคติเรื่อง เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานแสง มีจำนวนนักเรียนที่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อน (PS+AC) คิดเป็นร้อยละ 60.48

4) มโนคติเรื่อง กระแสไฟฟ้ารั่ว มีจำนวนนักเรียนที่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อน (PS+AC) คิดเป็นร้อยละ 57.31

5) มโนคติเรื่อง เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้พลังงานกล มีจำนวนนักเรียนที่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อน (PS+AC) คิดเป็นร้อยละ 57.30



กราฟส่วนที่มีสีเทาคือ Preconception กราฟส่วนที่ระบายสีอื่นคือ Postconception

■ คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรไฟฟ้า

■ คือ เครื่องใช้ไฟฟ้า

■ คือ วงจรไฟฟ้า

■ คือ กำลังไฟฟ้า

ภาพที่ 2 ร้อยละของนักเรียนที่ไม่มีมโนคติ(NU)เปรียบเทียบระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

ตารางที่ 41 สรุปสาเหตุของการเกิดมโนคติที่คลาดเคลื่อน

มโนคติ	สาเหตุ
1. ความต้านทานของหลอดตัวนำ	- กิจกรรมการเรียนรู้การสอนไม่มีการเชื่อมโยงมโนคติพื้นฐานกับมโนคติใหม่ - ประสบการณ์และความรู้เดิมที่มีมาก่อน
2. คุณสมบัติของสายไฟ	- การจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอน โดยครูเน้นการสอนแบบบรรยาย - นักเรียนไม่ได้รับประสบการณ์ตรง , ไม่ได้สัมผัสกับอุปกรณ์จริง
3. อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรไฟฟ้าในบ้าน	- กิจกรรมการเรียนรู้การสอน นักเรียนไม่ได้สัมผัสอุปกรณ์จริง - ความเชื่อ และประสบการณ์ที่ได้พบเห็นในชีวิตประจำวันที่ไม่ถูกต้องทำให้นักเรียนลงข้อสรุป โดยใช้ความคิดเห็นที่มีอยู่ในขอบเขตประสบการณ์ของตนเอง
4. ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า ความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้า	- ความรู้เดิมของนักเรียน - นักเรียนไม่มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ - เนื้อหาเป็นนามธรรม , ค่อนข้างยาก
5. ความปลอดภัยในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน	- พฤติกรรมการเรียนของนักเรียน นักเรียนไม่ตั้งใจเรียน - ความเชื่อที่ไม่ถูกต้อง และนักเรียนไม่ตระหนักถึงความปลอดภัยในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า

ตารางที่ 41 สรุปสาเหตุของการเกิดมโนคติที่คลาดเคลื่อน (ต่อ)

มโนคติ	สาเหตุ
6. วงจรไฟฟ้า	- กระบวนการเรียนการสอนเน้นการให้มโนคติทางบวกอย่างเดียว - ประสบการณ์และความเชื่อเดิมของนักเรียน - ภาษาที่ใช้ในทางวิชาการกับภาษาที่นักเรียนคุ้นเคยในชีวิตประจำวันไม่สอดคล้องสัมพันธ์กัน
7. กระแสไฟฟ้ารั่ว	- พฤติกรรมการสอน โดยครูผู้สอนไม่ได้เน้นถึงอันตรายของกระแสไฟฟ้ารั่ว - ประสบการณ์ที่นักเรียนได้รับ ทำให้เกิดความเชื่ออย่างฝังใจ - พฤติกรรมการเรียนของนักเรียน นักเรียนไม่ซักถามครูเกี่ยวกับประสบการณ์ที่ได้รับ ทำให้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิมไม่ได้รับการแก้ไข
8. ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้าและความต้านทาน	- พฤติกรรมการเรียนการสอน นักเรียนไม่เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย - เนื้อหาเกี่ยวข้องกับการคำนวณ ค่อนข้างยาก นักเรียนไม่มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์
9. เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้พลังงานแสง	- กิจกรรมการเรียนการสอนไม่ได้เชื่อมโยงมโนคติที่มีอยู่เดิมกับมโนคติที่จะรับเข้าใหม่ - ประสบการณ์เดิมของนักเรียน

ตารางที่ 41 สรุปสาเหตุของการเกิดมโนคติที่คลาดเคลื่อน (ต่อ)

มโนคติ	สาเหตุ
10. เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้พลังงานความร้อน	- พฤติกรรมการสอน ครูผู้สอนไม่ได้ให้มโนคติทางบวกและทางลบไปพร้อม ๆ กันทำให้นักเรียนไม่สามารถลงข้อสรุปที่ตรงกันข้ามกับความคิดของตนเองได้ - นักเรียนไม่ตั้งใจเรียน
11. เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้พลังงานกล	- กระบวนการเรียนการสอนไม่มีการเชื่อมโยงมโนคติเดิมกับมโนคติใหม่ และนักเรียนไม่ได้สัมผัสอุปกรณ์จริง - ประสบการณ์ที่ได้พบเห็นอย่างไม่ถูกต้องของนักเรียน
12. เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้พลังงานเสียง	- พฤติกรรมการเรียน นักเรียนไม่ตั้งใจเรียน
13. มาตรฐานไฟฟ้า	- ความเชื่อและประสบการณ์ที่พบเห็นอย่างไม่ถูกต้อง , ไม่ชัดเจน
14. พลังงานไฟฟ้า	- เนื้อหาเป็นนามธรรม เข้าใจยาก - นักเรียนไม่ตั้งใจเรียน ไม่ฝึกทำแบบฝึกหัด - ขาดแรงกระตุ้นที่จะช่วยส่งเสริมให้เกิดมโนคติ ไม่มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์