บทที่ 5

การอภิปรายผลการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษามโนมติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดนครศรีธรรมราช

<u>วัตถุประสงค์ของการวิจัย</u>

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษามโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. เพื่อศึกษามโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จังหวัดนครศรีธรรมราช

2. เพื่อเปรียบเทียบมโนมติที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง กรด-เบส ระหว่างเพศชายกับเพศหญิง

3. เพื่อเปรียบเทียบมโนมติที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดต่างกัน ในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช

<u>สมมติฐานการวิจัย</u>

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานในการวิจัยดังนี้

1. นักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่องกรด-เบส แตกต่างกัน

2. นักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนที่มีขนาดต่างกันมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่องกรด-เบส แตกต่างกัน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2540 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ของโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวน 344 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-Stage Random Sampling)

แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ โดยใช้แบบการวิจัยชนิดแบบกลุ่มเดียวหรือรายกรณี (One Shot Case Study Design)

เครื่องมือในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือแบบทดสอบมโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่อง กรด-เบส ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบซึ่งจำนวนตัวเลือกขึ้นอยู่กับจำนวนมโนมติที่คลาดเคลื่อนที่คาดว่านักเรียนจะมีในหัวข้อนั้นๆ แบบทดสอบฉบับนี้มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .21 - .71 ค่าความยากง่ายระหว่าง .21 - .76 และมีค่าความเที่ยงเท่ากับ .79

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างด้วยตนเอง

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ศึกษามโนมติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนทั้งหมดโดยใช้ค่าร้อยละ

2. เปรียบเทียบมโนมติที่คลาดเคลื่อนระหว่างนักเรียนหญิงและนักเรียนชายโดยการทดสอบหาค่าที (t-test)

3. เปรียบเทียบมโนมติที่คลาดเคลื่อนระหว่างนักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดต่างกัน โดยการทดสอบหาค่า เอฟ (F-test) จากวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way Analysis of Variance : ANOVA) และทดสอบรายคู่โดยวิธีของเชฟเฟ่ (Scheffe)

สรุปผลการวิจัย

1. จากคำถามทั้งหมดจำนวน 35 ข้อ พบว่านักเรียนจำนวนมากกว่าร้อยละ 50 มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนในทุกข้อ ยกเว้นข้อที่ 21 ซึ่งนักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนร้อยละ 49.4 และพบว่านักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากที่สุดในข้อที่ 5 คิดเป็นร้อยละ 92.2 ของนักเรียนทั้งหมด และเมื่อพิจารณาเป็นรายมโนมติ พบว่านักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่าร้อยละ 50 ทั้ง 14 มโนมติ โดยมโนมติที่นักเรียนมีความคลาดเคลื่อนมากที่สุด 5 อันดับแรก คือ มโนมติที่ 9 คู่กรด-เบส, มโนมติที่ 13 การบอกปริมาณการแตกตัวของกรดอ่อน-เบสอ่อน, มโนมติที่ 2 H_3O^+ และ OH^- ในสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย, มโนมติที่ 14 การคำนวณและเปรียบเทียบเกี่ยวกับค่าคงที่สมดุลของกรดอ่อน เบสอ่อน, และ มโนมติที่ 6 สมดุลของน้ำ

2. โดยภาพรวม นักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่องกรด-เบส แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยนักเรียนชายมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนหญิง และเมื่อแยกตามรายมโนมติจะแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มดังนี้

2.1 นักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ใน 2 มโนมติ คือ มโนมติที่ 9 คู่กรด-เบส และมโนมติที่ 12 กรดอ่อน-เบสอ่อนโดยนักเรียนชายมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนหญิง

2.2 นักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ใน 6 มโนมติ คือ มโนมติที่ 1 ความเป็นกรด-เบสของสารละลายอิเล็กโทรไลต์, มโนมติที่ 3 สารละลายที่มีสมบัติเป็นกรด,มโนมติที่ 5 สารละลายที่มีสมบัติเป็นเบส มโนมติที่ 6 สมดุลของน้ำ, มโนมติที่ 7 ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส, และ มโนมติที่ 11 กรดแก่-เบสแก่ โดยในมโนมติเหล่านี้นักเรียนชายมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนหญิง

2.3 นักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ใน 6 มโนมติ คือ มโนมติที่ 2 H_3O^+ และ OH^- ในสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย, มโนมติที่ 4 สารละลายที่มีสมบัติเป็นกลาง , มโนมติที่ 8 ทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี, มโนมติ

ที่ 10 pH กับความเป็นกรด-เบส , มโนมติที่ 13 การบอกปริมาณการแตกตัวของกรดอ่อน เบสอ่อน และ มโนมติที่ 14 การคำนวณและเปรียบเทียบเกี่ยวกับค่าคงที่สมดุลของกรดอ่อน เบสอ่อน

3. โดยภาพรวม นักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดต่างกันมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยนักเรียนจากโรงเรียนขนาดใหญ่และขนาดกลางมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ โดยเมื่อพิจารณาในแต่ละมโนมติสามารถจำแนกได้เป็น 4 กลุ่ม คือ

3.1 นักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดใหญ่มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในมโนมติที่ 1 ความเป็นกรด-เบสของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ และมโนมติที่ 10 pH กับความเป็นกรด-เบส

3.2 นักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดกลางและขนาดใหญ่มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ จำนวน 8 มโนมติ คือ มโนมติที่ 3 สารละลายที่มีสมบัติเป็นกรด,มโนมติที่ 5 สารละลายที่มีสมบัติเป็นเบส มโนมติที่ 6 สมดุลของน้ำ, มโนมติที่ 8 ทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี, มโนมติที่ 9 คู่กรด-เบส, มโนมติที่ 11 กรดแก่เบสแก่, มโนมติที่ 12 กรดอ่อน-เบสอ่อนและมโนมติที่ 13 การบอกปริมาณการแตกตัวของกรดอ่อน เบสอ่อน

3.3 นักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดกลางมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 2 มโนมติ คือ มโนมติที่ 4 สารละลายที่มีสมบัติเป็นกลาง และมโนมติที่ 7 ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส

3.4 นักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดกลางและขนาดใหญ่มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนไม่แตกต่างกัน ยกเว้นในมโนมติที่ 11 กรดแก่ เบสแก่

4. จากการศึกษามโนมติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องกรด-เบส พบว่ามีมโนมติที่คลาดเคลื่อนในประเด็นต่างๆ พอสรุปได้ดังนี้

- สารละลายที่มีสมบัติเป็นกลางทุกชนิด ไม่สามารถนำไฟฟ้าได้ (ร้อยละ 31.1)
- สารละลายอิเล็กโทรไลต์ทุกชนิดมีสมบัติเป็นกรดหรือเป็นเบส (ร้อยละ 64.8)
- ในสารละลายกรด ไม่มี OH^- (ร้อยละ 61.0)
- ในสารละลายเบส ไม่มี H_3O^+ (ร้อยละ 57.8)
- ในสารละลาย NaCl ไม่มีทั้ง H_3O^+ และ OH^- (ร้อยละ 28.2)
- ในสารละลาย NaCl มีเฉพาะ OH^- (ร้อยละ 27.0)
- ในสารละลาย NaCl มีเฉพาะ H_3O^+ (ร้อยละ 14.2)

- ที่อุณหภูมิ 25 ^{O}C น้ำบริสุทธิ์ มี $[H_3O^+] = 1.0x10^{-14}$ mol/dm^3 และ $[OH^-] = 1.0x10^{-14}$ mol/dm^3 (ร้อยละ 25.6)

- ความเข้มข้นของ $OH^- = \frac{\text{ค่าคงที่สมดุลของน้ำ}}{\text{ความเข้มข้นของกรด}}$ (ร้อยละ 27.6)

- ความเข้มข้นของ $H_3O^+ = \frac{\text{ค่าคงที่สมดุลของน้ำ}}{\text{ความเข้มข้นของเบส}}$ (ร้อยละ 34.9)

- สารละลายที่มี H^+ เป็นองค์ประกอบ เป็นกรดตามทฤษฎีกรด-เบส อาร์เรเนียส (ร้อยละ 25.6)

- กรด คือสารที่เมื่อละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไอออนบวกตามทฤษฎีกรด-เบส อาร์เรเนียส (ร้อยละ 14.0)

- กรด คือสารที่เมื่อละลายน้ำแล้วแตกตัวให้อิเล็กตรอนตามทฤษฎีกรด-เบส อาร์เรเนียส (ร้อยละ 7.8)

- สารละลายที่มี OH^- เป็นองค์ประกอบ เป็นเบสตามทฤษฎีกรด-เบส อาร์เรเนียส (ร้อยละ 25.9)

- เบส คือสารที่เมื่อละลายน้ำแล้วแตกตัวให้อิเล็กตรอนตามทฤษฎีกรด-เบส อาร์เรเนียส (ร้อยละ 7.8)

- pH มีค่ามาก หมายถึง สารละลายมีความเป็นกรดมาก (ร้อยละ 8.4)

- เบสแก่ MOH แตกตัวให้ M^+ และ OH^- อย่างละครึ่งหนึ่ง (ร้อยละ 15.1) เป็นต้น

อภิปรายผล

1. ผลการวิเคราะห์มโนมติที่คลาดเคลื่อนจำแนกเป็นรายข้อ

ดูจากคำถามและคำตอบในภาคผนวก ง วิธีการทำโดยให้นักเรียนเลือกคำตอบในส่วนที่ 1 และเลือกเหตุผลประกอบในส่วนที่ 2

มโนมติที่ 1 ความเป็นกรด-เบส ของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งวัดในข้อ 1 และ 2

คำถามในข้อที่ 1 ถามถึงสมบัติการนำไฟฟ้าของสารละลายที่มีสมบัติเป็นกรด เบส กลาง คำตอบที่ถูกต้องคือ สารละลายที่มีสมบัติเป็นกรดและสารละลายที่มีสมบัติเป็นเบสทุกชนิดสามารถนำไฟฟ้าได้ และเหตุผลที่ถูกต้องคือ เพราะสารละลายกรดและเบสทุกชนิดสามารถแตกตัวเป็นไอออนบวกและไอออนลบในความเข้มข้นที่มากเพียงพอต่อการนำไฟฟ้า

พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องร้อยละ 52.6 ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้ที่ให้เหตุผลถูกต้องร้อยละ 45.3 และพบผู้ที่ตอบผิดในลักษณะต่างๆ ดังนี้

1.1 นักเรียนร้อยละ 12.8 ตอบว่า สารละลายที่มีสมบัติเป็นกลางทุกชนิด ไม่สามารถนำไฟฟ้าได้ เนื่องจาก สารละลายที่เป็นกลางทุกชนิด ไม่มีไอออนบวกและไอออนลบในความเข้มข้นที่มากเพียงพอต่อการนำไฟฟ้า

1.2 นักเรียนร้อยละ 12.5 ตอบว่า สารละลายที่มีสมบัติเป็นกลางทุกชนิด ไม่สามารถนำไฟฟ้าได้ เนื่องจาก สารละลายที่เป็นกลางทุกชนิด มีประจุไฟฟ้ารวมเป็นศูนย์

สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อ 1.1 และ 1.2 นี้น่าจะเกิดจากคำว่า "เป็นกลาง" นักเรียนอาจจะคิดว่าเป็นกลางทางไฟฟ้า คือไม่เป็นบวกและไม่เป็นลบ หรือเป็นศูนย์ จึงไม่สามารถนำไฟฟ้าได้ หรืออีกเหตุผลหนึ่งที่เป็นไปได้ก็คือนักเรียนอาจคิดว่าสารละลายที่เป็นกลาง คือสารละลายที่มีจำนวนไอออนบวกและไอออนลบเท่ากันจึงไม่สามารถนำไฟฟ้าได้

คำถามข้อที่ 2 ถามถึงสมบัติความเป็นกรด-เบส ของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ โดยคำตอบที่ถูกต้องคือสารละลายอิเล็กโทรไลต์บางชนิดมีสมบัติเป็นกลาง เหตุผลเพราะสารละลายอิเล็กโทรไลต์อาจมีสมบัติเป็นกรด เบส หรือเป็นกลาง

พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องร้อยละ 35.2 ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้เลือกส่วนของเหตุผลถูกต้องด้วยร้อยละ 24.7 และพบว่ามีผู้ที่ตอบผิดในลักษณะต่างๆดังนี้

2.1 นักเรียนร้อยละ 49.1 ตอบว่า สารละลายอิเล็กโทรไลต์ทุกชนิดมีสมบัติเป็นกรดหรือเป็นเบส เนื่องจาก สารละลายอิเล็กโทรไลต์ทุกชนิดประกอบด้วยไอออนบวกหรือไอออนลบที่มาจากการแตกตัวของกรดหรือเบสเท่านั้น ความคลาดเคลื่อนแบบนี้อาจเกิดได้ง่ายจากกระบวนการคิด โดยนักเรียนอาจจะทราบว่าสารละลายที่มีสมบัติเป็นกรดและสารละลายที่มีสมบัติเป็นเบสทุกชนิด สามารถนำไฟฟ้าได้ จึงใช้กระบวนการคิดในทางกลับกันว่า สารละลายที่สามารถนำไฟฟ้าได้ (สารละลายอิเล็กโทรไลต์) ทุกชนิด มีสมบัติเป็นกรดหรือเป็นเบส

2.2 นักเรียนร้อยละ 12.8 ตอบว่า สารละลายอิเล็กโทรไลต์ทุกชนิดมีสมบัติเป็นกรดหรือเป็นเบส เหตุผลเพราะสารละลายอิเล็กโทรไลต์อาจมีสมบัติเป็นกรด เบส หรือเป็นกลาง ซึ่งเป็นคำตอบที่ผิดเช่นเดียวกับในข้อ 2.1 ความคลาดเคลื่อนแบบนี้อาจเกิดจากนักเรียนคิดว่าสารละลายกรดและสารละลายเบสสามารถแตกตัวเป็นไอออนบวกและไอออนลบจึงจัดเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์

มโนมติที่ 2 H_3O^+ และ OH^- ในสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย ซึ่งวัดในข้อ 3,4,5 และ 12

คำถามในข้อที่ 3, 4, และ 5 เป็นการวัดมโนมติเกี่ยวกับสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย ทั้งในสารละลายที่มีสมบัติเป็นกรด เบส กลาง โดยคำถามในข้อที่ 3 ถามว่าในสารละลาย

กรดไฮโดรคลอริก (HCl) มี OH^- หรือไม่คำตอบที่ถูกต้องคือ มี เนื่องจากสารละลายกรดไฮโดรคลอริกมีน้ำเป็นองค์ประกอบ พบว่ามีนักเรียนเลือกคำตอบถูกต้องร้อยละ 39.0 โดยในจำนวนนี้เป็นผู้ที่มีมโนมติถูกต้องเพียงร้อยละ 16.0 และพบว่ามีผู้ที่ตอบผิดในลักษณะต่างๆดังนี้

3.1 นักเรียนร้อยละ 29.1 ตอบว่า ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ไม่มี OH^- เนื่องจาก สารละลายกรดไฮโดรคลอริกประกอบด้วย H^+ และ Cl^- สาเหตุของความคลาดเคลื่อนน่าจะมาจากการที่นักเรียนมีพื้นฐานในเรื่องสารละลายไม่ดีพอ จึงทำให้ไม่เข้าใจว่าสารละลายกรดไฮโดรคลอริกนั้นมีน้ำเป็นตัวทำละลาย และมี HCl เป็นตัวถูกละลาย เมื่อกล่าวถึงสารละลายกรดไฮโดรคลอริก นักเรียนจึงคิดถึงเพียง HCl เท่านั้น โดยไม่ได้คิดว่ามีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย

3.2 นักเรียนร้อยละ 27.6 ตอบว่า ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ไม่มี OH^- เนื่องจาก สารละลายกรดไฮโดรคลอริกมีสมบัติเป็นกรด จึงไม่มี OH^- ความคลาดเคลื่อนในลักษณะนี้อาจมีสาเหตุมาจากความไม่รัดกุมของเนื้อหาในหนังสือแบบเรียน ซึ่งพยายามแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างสารละลายกรดและสารละลายเบส โดยใช้การมีอยู่ของไอออนในสารละลายเป็นเกณฑ์ โดยการบอกให้นักเรียนทราบว่าสารละลายที่มีสมบัติเป็นกรดมี H_3O^+ ส่วนสารละลายที่มีสมบัติเป็นเบส มี OH^- อยู่ ดังนั้นจึงเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนคิดต่อเอาเองว่าสารละลายที่มีสมบัติเป็นกรดไม่มี OH^- ส่วนสารละลายที่มีสมบัติเป็นเบสไม่มี H_3O^+ ในความเป็นจริงแล้ว สมบัติความเป็นกรด เบส นั้น ใช้ความแตกต่างในความเข้มข้นของ H_3O^+ และ OH^- เป็นเกณฑ์ในการตัดสิน ซึ่งไม่ว่าจะเป็นสารละลายกรด หรือสารละลายเบส (ที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย) ต่างก็มี H_3O^+ และ OH^- ด้วยกันทั้งสิ้น เพียงแต่มีอยู่มากน้อยแตกต่างกัน

คำถามในข้อที่ 4 ถามว่าในสารละลาย NaOH มี H_3O^+ อยู่หรือไม่ คำตอบที่ถูกต้องคือ มี ด้วยเหตุผลคือสารละลายมีน้ำเป็นองค์ประกอบ เช่นเดียวกับในข้อ 3 เพียงแต่เปลี่ยนจากสารละลายกรดเป็นสารละลายเบสและไอออนที่ถามคือ H_3O^+

พบว่ามีนักเรียนเลือกคำตอบถูกต้องร้อยละ 42.2 ซึ่งในจำนวนนี้เป็นผู้ที่มีมโนมติถูกต้องเพียงร้อยละ 11.0 เท่านั้น และพบว่ามีผู้ที่ตอบผิดในลักษณะต่างๆดังนี้

4.1 นักเรียนร้อยละ 27.0 ตอบว่า ในสารละลาย NaOH ไม่มี H_3O^+ เนื่องจากสารละลาย NaOH มีสมบัติเป็นเบส จึงไม่มี H_3O^+ ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมีสาเหตุในลักษณะเดียวกับข้อ 3.2 กล่าวคือเริ่มต้นจากความไม่รัดกุมของหนังสือแบบเรียนที่เปิดช่องว่างให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการคิดที่ไม่ถูกต้อง จึงส่งผลให้นักเรียนเกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อน ดังนั้นจึงเป็นหน้าที่ของครูผู้สอนว่าเวลาสอนจะต้องอธิบายเพิ่มเติมจากสิ่งที่เขียนไว้ในหนังสือให้ชัดเจนขึ้น

4.2 นักเรียนร้อยละ 24.1 ตอบว่า ในสารละลาย NaOH ไม่มี H_3O^+ เนื่องจากสารละลาย NaOH ประกอบด้วย Na^+ และ OH^- ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้เกิดจากการไม่เข้าใจในเรื่องสารละลายดีพอ ในทำนองเดียวกับที่ได้อภิปรายไว้ในข้อ 3.1

4.3 นักเรียนร้อยละ 10.8 ตอบว่า ในสารละลาย NaOH ไม่มี H_3O^+ เนื่องจากสารละลาย NaOH มีสมบัติเป็นกรด ซึ่งเป็นกลุ่มนักเรียนที่ไม่ทราบว่าสารละลาย NaOH มีสมบัติเป็นเบส

4.4 นักเรียนร้อยละ 9.6 ตอบว่า ในสารละลาย NaOH ไม่มี H_3O^+ เนื่องจากสารละลาย NaOH ให้ H^+ แก่ H_2O และ H_3O^+ มีสมบัติเป็นกรด เป็นกลุ่มนักเรียนที่ไม่ทราบว่าสารละลาย NaOH มีสมบัติเป็นกรดหรือเบส แต่พยายามใช้ทฤษฎีการนิยามกรด-เบสเท่าที่รู้มาใช้เป็นเหตุผล

คำถามในข้อที่ 5 ถามว่าในสารละลาย NaCl มี H_3O^+ และ OH^- อยู่หรือไม่ คำตอบที่ถูกต้องคือมีทั้งสองชนิด ด้วยเหตุผลว่าสารละลาย NaCl มีน้ำเป็นองค์ประกอบ พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องร้อยละ 30.5 ซึ่งในจำนวนนี้เป็นผู้ที่มีมโนมติที่ถูกต้องเพียงร้อยละ 7.8 เท่านั้น และพบว่ามีผู้ที่ตอบผิดในลักษณะต่างๆดังนี้

5.1 นักเรียนร้อยละ 23.0 ตอบว่า ในสารละลาย NaCl ไม่มีทั้ง H_3O^+ และ OH^- เนื่องจาก สารละลาย NaCl มีสมบัติเป็นกลาง จึงไม่มีทั้ง H_3O^+ และ OH^- ความคลาดเคลื่อนแบบนี้อาจจะมีจุดเริ่มต้นมาจากหนังสือแบบเรียนที่บอกว่า สารละลายที่มีสมบัติเป็นกรดมี H_3O^+ ส่วนสารละลายที่มีสมบัติเป็นเบสมี OH^- จึงเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนคิดต่อเองว่าสารละลายที่มีสมบัติเป็นกลางจะเป็นอย่างไร ซึ่งคำตอบหนึ่งที่เป็นไปได้คือ สารละลายที่มีสมบัติเป็นกลาง ไม่มีทั้ง H_3O^+ และ OH^-

5.2 นักเรียนร้อยละ 20.9 ตอบว่า ในสารละลาย NaCl มีเฉพาะ OH^- เนื่องจาก สารละลายโซเดียมคลอไรด์มีสมบัติเป็นเบส จึงมีเฉพาะ OH^- นักเรียนในกลุ่มนี้ไม่ทราบว่าสารละลาย NaCl มีสมบัติเป็นกรด กลาง หรือเบส จึงตัดสินโดยใช้สิ่งที่ตนเองคุ้นเคยอยู่แล้ว โดยอาจจะนึกถึงสารละลาย NaOH ซึ่งมักจะได้รับการยกให้เป็นตัวอย่างหนึ่งเสมอเมื่อมีการกล่าวถึงสารละลายที่มีสมบัติเป็นเบส นักเรียนอาจจะเห็นว่าทั้ง NaOH และ NaCl ต่างก็มี Na เช่นกัน จึงอาจจะเกิดการสรุปลักษณะเฉพาะที่ไม่ถูกต้อง ทำให้คิดว่าสารละลาย NaCl มีสมบัติเป็นเบสเช่นกัน นอกจากนั้นนักเรียนกลุ่มนี้ยังใช้มโนมติที่คลาดเคลื่อนดังในข้อ 4.1 มาใช้ประกอบเป็นเหตุผลด้วย

5.3 นักเรียนร้อยละ 17.7 ตอบว่า ในสารละลาย NaCl มีทั้ง H_3O^+ และ OH^- เนื่องจาก สารละลายโซเดียมคลอไรด์มีสมบัติเป็นกลาง จึงมีทั้ง H_3O^+ และ OH^- โดยเหตุผลที่นักเรียน

เลือกในข้อนี้ ก็เป็นคำตอบที่เป็นไปได้ทางหนึ่งที่อาจเกิดได้จากการคิดเองของนักเรียน ในลักษณะเดียวกับที่ได้อภิปรายไว้ในข้อ 5.1 จากการที่นักเรียนทราบว่าสารละลายโซเดียมคลอไรด์มีสมบัติเป็นกลาง แม้ว่านักเรียนกลุ่มนี้จะเลือกคำตอบถูกต้อง แต่ไม่ใช่เป็นเหตุผลที่แท้จริงของคำตอบ เนื่องจากสามารถแย้งได้ด้วยข้อเท็จจริงที่ว่า สารละลายกรดหรือสารละลายเบส (ที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย) ก็มีทั้ง H_3O^+ และ OH^- เช่นกัน แต่สารละลายที่มีสมบัติเป็นกลางจะต้องมีความเข้มข้นของ H_3O^+ และ OH^- เท่ากัน

5.4 นักเรียนร้อยละ 9.9 ตอบว่า ในสารละลาย NaCl มีเฉพาะ H_3O^+ เนื่องจาก สารละลายโซเดียมคลอไรด์มีสมบัติเป็นกรด จึงมีเฉพาะ H_3O^+ นักเรียนกลุ่มนี้คิดว่าสารละลาย HCl มีสมบัติเป็นกรด สาเหตุอาจจะเป็นเพราะทราบมาว่าสารละลาย HCl มีสมบัติเป็นกรด และเห็นว่า HCl และ NaCl มีสิ่งที่เหมือนกันอยู่คือ Cl จึงอาจจะคิดว่าสารละลาย NaCl น่าจะมีสมบัติเป็นกรดเช่นกัน นอกจากนั้นนักเรียนกลุ่มนี้ยังใช้มโนมติที่คลาดเคลื่อนดังในข้อ 3.2 มาใช้ประกอบเป็นเหตุผลด้วย

คำถามในข้อ 12 ถามความเข้มข้นของ H_3O^+ และ OH^- ของน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 25 ^oC คำตอบที่ถูกต้องคือ $[H_3O^+] = 1.0 \times 10^{-7}$ mol/dm^3 , $[OH^-] = 1.0 \times 10^{-7}$ mol/dm^3 เหตุผลที่ถูกคืออุณหภูมิ 25 ^oC น้ำบริสุทธิ์จะมีความเข้มข้นของ H_3O^+ เท่ากับความเข้มข้นของ OH^- และมีค่าคงที่สมดุลเท่ากับ 1.0×10^{-14} พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกร้อยละ 58.1 และในกลุ่มนี้พบว่านักเรียนที่เลือกเหตุผลประกอบได้ถูกต้องมีร้อยละ 31.7 และพบว่ามีผู้ตอบผิดในลักษณะต่างๆดังนี้

12.1 นักเรียนร้อยละ 15.7 เลือกคำตอบถูกต้อง แต่เลือกเหตุผลว่า ผลคูณของ $[H_3O^+]$ และ $[OH^-]$ มีค่าเท่ากับ 1.0×10^{-14} ที่อุณหภูมิ 25 ^oC ซึ่งถูกต้องเพียงส่วนหนึ่งแต่ยังไม่ครบถ้วน เนื่องจากถ้าใช้เหตุผลเพียงเท่านี้ ก็ยังมีตัวเลือกคำตอบในข้ออื่นที่มีโอกาสเป็นคำตอบที่ถูกต้องได้เช่นกัน

12.2 นักเรียนร้อยละ 11.3 ตอบว่า $[H_3O^+] = 1.0 \times 10^{-14}$ mol/dm^3 $[OH^-] = 1.0 \times 10^{-14}$ mol/dm^3 ซึ่งเป็นคำตอบที่ไม่ถูกต้อง ด้วยเหตุผลที่ถูกต้องว่า ที่อุณหภูมิ 25 ^oC น้ำบริสุทธิ์จะมีความเข้มข้นของ H_3O^+ เท่ากับความเข้มข้นของ OH^- และมีค่าคงที่สมดุลเท่ากับ 1.0×10^{-14}

12.3 นักเรียนร้อยละ 9.3 เลือกคำตอบได้ถูกต้องว่า $[H_3O^+] = 1.0 \times 10^{-7}$ mol/dm^3 $[OH^-] = 1.0 \times 10^{-7}$ mol/dm^3 แต่เลือกเหตุผลผิดว่า น้ำมีสมบัติเป็นได้ทั้งกรดและเบส คาดว่าที่นักเรียนเลือกเหตุผลเช่นนี้โดยพิจารณาจากการมีอยู่ของ $[H_3O^+]$ และ $[OH^-]$ ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจากมโนมติที่คลาดเคลื่อนดังที่อภิปรายไว้ในข้อ 3.2 และ 5.3

มโนมติที่ 3 สารละลายที่มีสมบัติเป็นกรด ซึ่งวัดในข้อ 6, 7

คำถามข้อที่ 6 และ 7 ต้องการวัดมโนมติเกี่ยวกับหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาว่าสารละลายใดมีสมบัติเป็นกรด โดยสารละลายที่มีสมบัติเป็นกรดจะมีความเข้มข้นของ H_3O^+ มากกว่า OH^- ในสารละลายเดียวกัน โดยคำถามข้อที่ 6 กำหนดว่า ถ้าในสารละลาย A มีความเข้มข้นของ H_3O^+ เท่ากับ $1.0x10^{-6}$ mol/dm^3 และมีความเข้มข้นของ OH^- เท่ากับ $1.0x10^{-8}$ mol/dm^3 และถามว่าสารละลาย A มีสมบัติเป็นกรด กลาง หรือเป็นเบส

คำตอบที่ถูกต้องคือ สารละลายนี้มีสมบัติเป็นกรด เนื่องจากมีความเข้มข้นของ H_3O^+ สูงกว่าความเข้มข้นของ OH^- ในสารละลายเดียวกัน พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องร้อยละ 56.4 ซึ่งในจำนวนนี้ มีผู้ที่ให้เหตุผลถูกต้องร้อยละ 33.7 และพบว่ามีการตอบผิดในลักษณะต่างๆ ดังนี้

6.1 นักเรียนร้อยละ 8.7 ตอบว่า สารละลาย A มีสมบัติเป็นเบส เนื่องจาก มีค่าความเข้มข้นของ OH^- สูงกว่าความเข้มข้นของ H_3O^+ การตอบผิดในลักษณะนี้น่าจะเป็นความผิดพลาดในการเปรียบเทียบค่าของเลขยกกำลัง เนื่องจากไม่ใช่ตัวเลขที่นักเรียนคุ้นเคยในชีวิตประจำวัน นักเรียนกลุ่มนี้อาจจะเน้นพิจารณาเฉพาะเลขชี้กำลัง โดยละเลยเครื่องหมายลบ กล่าวคือ สำหรับค่า $1.0x10^{-6}$ ก็อาจจะสนใจเฉพาะเลข 6 ส่วนค่า $1.0x10^{-8}$ ก็สนใจเฉพาะเลข 8 และด้วยความคุ้นเคยว่า 8 มีค่ามากกว่า 6 จึงคิดว่า $1.0x10^{-8}$ มีค่ามากกว่า $1.0x10^{-6}$ ดังนั้นครูผู้สอนเคมีควรทำการสอนสรุปเกี่ยวกับเลขยกกำลัง และค่า log ก่อนการสอนเรื่องกรด-เบสด้วย

6.2 นักเรียนร้อยละ 8.4 ตอบว่า สารละลาย A มีสมบัติเป็นกรด เนื่องจาก เมื่อ H_3O^+ และ OH^- ทำปฏิกิริยาหักล้างกันแล้ว OH^- จะหมดไป เหลือแต่ H_3O^+ ความคิดนี้จัดว่าเป็นมโนมติที่คลาดเคลื่อน นักเรียนกลุ่มนี้อาจจะรู้ว่า H_3O^+ สามารถทำปฏิกิริยากับ OH^- ได้ จึงเกิดความสับสน ทั้งที่จริงสารละลายในข้อนี้อยู่ในสภาวะสมดุลแล้ว ปฏิกิริยาไปข้างหน้ามีความสมดุลกับปฏิกิริยาย้อนกลับ ไม่ใช่การทำปฏิกิริยาหักล้างจน OH^- หมดไป

คำถามในข้อที่ 7 นั้นคล้ายกับข้อที่ 6 ต่างกันเพียงเล็กน้อย โดยเปลี่ยนตัวเลขความเข้มข้นของ H_3O^+ เป็น $1x10^{-5}$ mol/dm^3 และ ความเข้มข้นของ OH^- เป็น $1x10^{-9}$ mol/dm^3 พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องร้อยละ 54.4 ซึ่งในจำนวนนี้ให้เหตุผลถูกต้องด้วยร้อยละ 35.8 ซึ่งใกล้เคียงกับในข้อที่ 6 และพบว่ามีการตอบผิดในลักษณะต่างๆ ดังนี้

7.1 นักเรียนร้อยละ 15.7 ตอบว่า สารละลาย B มีสมบัติเป็นเบส เนื่องจาก มีค่าความเข้มข้นของ OH^- สูงกว่าความเข้มข้นของ H_3O^+ ในสารละลายเดียวกัน ซึ่งเป็นคำตอบที่ถูกแต่เหตุผลผิด โดยเป็นความผิดพลาดในการเปรียบเทียบค่าของเลขยกกำลังเช่นเดียวกับข้อ 6.1

7.2 นักเรียนร้อยละ 10.5 ตอบว่า สารละลาย B มีสมบัติเป็นกรด เนื่องจาก เมื่อ H_3O^+ และ OH^- ทำปฏิกิริยาหักล้างกันแล้ว OH^- จะหมดไป เหลือแต่ H_3O^+ ซึ่งเป็นความผิดพลาดในลักษณะเดียวกับข้อ 6.2

มโนมติที่ 4 สารละลายที่มีสมบัติเป็นกลาง ซึ่งวัดในข้อ 8, 9

คำถามในข้อที่ 8 และ 9 ต้องการวัดมโนมติเกี่ยวกับหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาว่าสารละลายใดมีสมบัติเป็นกลาง โดยสารละลายที่มีสมบัติเป็นกลางจะมีความเข้มข้นของ H_3O^+ เท่ากับ OH^- ในสารละลายเดียวกัน โดยคำถามข้อที่ 8 กำหนดว่า ถ้าในสารละลาย C มีความเข้มข้นของ H_3O^+ เท่ากับ $1.0x10^{-7}$ mol/dm^3 และมีความเข้มข้นของ OH^- เท่ากับ $1.0x10^{-7}$ mol/dm^3 โดยถามว่า สารละลาย C มีสมบัติเป็นกรด กลาง หรือเป็นเบส

คำตอบที่ถูกต้องคือ สารละลายนี้มีสมบัติเป็นกลาง เนื่องจากมีความเข้มข้นของ H_3O^+ เท่ากับความเข้มข้นของ OH^- ในสารละลายเดียวกัน พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องร้อยละ 73.5 แต่มีผู้ที่ให้เหตุผลถูกต้องเพียงร้อยละ 38.7 และพบว่ามีการตอบผิดดังนี้

8.1 นักเรียนร้อยละ 27.0 ตอบว่า สารละลาย C มีสมบัติเป็นกลาง เนื่องจาก H_3O^+ และ OH^- มีความเข้มข้นเท่ากัน จึงทำปฏิกิริยาหักล้างกันหมดพอดี ซึ่งเป็นความผิดพลาดในลักษณะเดียวกับข้อ 6.2

8.2 นักเรียนร้อยละ 7.0 ตอบว่า สารละลาย C มีสมบัติเป็นเบส เนื่องจากมีค่าความเข้มข้นของ H_3O^+ และ OH^- น้อย ไม่สามารถนำไฟฟ้าได้

คำถามข้อที่ 9 คล้ายกับข้อที่ 8 แต่เป็นสถานการณ์ที่อุณหภูมิ 40 ^oC โดยทั้ง H_3O^+ และ OH^- มีความเข้มข้นมากกว่าที่อุณหภูมิ 25 ^oC คำตอบที่ถูกต้องคือ สารละลายนี้มีสมบัติเป็นกลางด้วยเหตุผลเดียวกับในข้อ 8 คือ มีค่าความเข้มข้นของ H_3O^+ เท่ากับความเข้มข้นของ OH^- ในสารละลายเดียวกัน พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องร้อยละ 76.7 แต่มีผู้ให้เหตุผลถูกต้องเพียงร้อยละ 33.7 และพบว่ามีผู้ที่ตอบผิดในลักษณะดังนี้

9.1 นักเรียนร้อยละ 27.0 ตอบว่า สารละลายมีสมบัติเป็นกลาง เนื่องจาก H_3O^+ และ OH^- มีความเข้มข้นเท่ากัน จึงทำปฏิกิริยาหักล้างกันหมดพอดี ซึ่งเป็นความผิดพลาดในลักษณะเดียวกับข้อ 6.2

9.2 นักเรียนร้อยละ 6.1 ตอบว่า สารละลายมีสมบัติเป็นกลาง เนื่องจากมีค่าความเข้มข้นของ H_3O^+ มากกว่า $1x10^{-7}$ mol/dm^3 ซึ่งเป็นเหตุผลที่ใช้ไม่ได้ ณ อุณหภูมิ 40 ^oC

มโนมติที่ 5 สารละลายที่มีสมบัติเป็นเบส ซึ่งวัดในข้อ 10, 11

คำถามข้อที่ 10 และ 11 ต้องการวัดมโนมติเกี่ยวกับหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาว่าสารละลายใดมีสมบัติเป็นเบส โดยสารละลายที่มีสมบัติเป็นเบสจะมีความเข้มข้นของ OH^- มากกว่า H_3O^+ ในสารละลายเดียวกัน โดยคำถามข้อที่ 10 กำหนดว่า ถ้าในสารละลาย E มีความเข้มข้นของ H_3O^+ เท่ากับ $1.0x10^{-8}$ mol/dm^3 และมีความเข้มข้นของ OH^- เท่ากับ $1.0x10^{-6}$ mol/dm^3 และถามว่า สารละลาย E มีสมบัติเป็นกรด กลาง หรือเป็นเบส

คำตอบที่ถูกต้องคือ สารละลายนี้มีสมบัติเป็นเบส เนื่องจากมีความเข้มข้นของ OH^- สูงกว่าความเข้มข้นของ H_3O^+ ในสารละลายเดียวกัน พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องร้อยละ 51.7 โดยในจำนวนนี้มีผู้ที่ให้เหตุผลถูกต้องด้วยร้อยละ 30.8 และพบว่ามีการตอบผิดในลักษณะต่างๆ ดังนี้

10.1 นักเรียนร้อยละ 17.7 ตอบว่า สารละลาย E มีสมบัติเป็นกรด เนื่องจาก มีค่าความเข้มข้นของ H_3O^+ สูงกว่าความเข้มข้นของ OH^- ในสารละลายเดียวกัน ซึ่งเป็นคำตอบที่ถูกแต่เหตุผลผิด โดยเป็นความผิดพลาดในการเปรียบเทียบค่าของเลขยกกำลังเช่นเดียวกับข้อ 6.1

10.2 นักเรียนร้อยละ 8.1 ตอบว่า สารละลาย E มีสมบัติเป็นเบส เนื่องจาก เมื่อ H_3O^+ และ OH^- ทำปฏิกิริยาหักล้างกันแล้ว H_3O^+ จะหมดไป เหลือแต่ OH^- ซึ่งเป็นความผิดพลาดในลักษณะเดียวกับข้อ 6.2

คำถามในข้อที่ 11 นั้นคล้ายกับข้อที่ 10 ต่างกันเพียงเล็กน้อย โดยเปลี่ยนตัวเลขความเข้มข้นของ H_3O^+ เป็น $1x10^{-9}$ mol/dm^3 และ ความเข้มข้นของ OH^- เป็น $1x10^{-5}$ mol/dm^3 พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องร้อยละ 52.6 ซึ่งในจำนวนนี้ให้เหตุผลถูกต้องด้วยร้อยละ 28.2 ซึ่งใกล้เคียงกับในข้อที่ 10 และพบว่ามีการตอบผิดในลักษณะต่างๆดังนี้

11.1 นักเรียนร้อยละ 11.0 ตอบว่า สารละลาย F มีสมบัติเป็นกรด เนื่องจาก มีค่าความเข้มข้นของ H_3O^+ สูงกว่าความเข้มข้นของ OH^- ในสารละลายเดียวกัน ซึ่งเป็นคำตอบที่ถูกแต่เหตุผลผิด โดยเป็นความผิดพลาดในการเปรียบเทียบค่าของเลขยกกำลังเช่นเดียวกับข้อ 6.1

11.2 นักเรียนร้อยละ 11.3 ตอบว่า สารละลาย F มีสมบัติเป็นกรด เนื่องจาก เมื่อ H_3O^+ และ OH^- ทำปฏิกิริยาหักล้างกันแล้ว OH^- จะหมดไป เหลือแต่ H_3O^+ ซึ่งเป็นความผิดพลาดในลักษณะเดียวกับข้อ 6.2

11.3 นักเรียนร้อยละ 11.3 ตอบว่า สารละลาย F มีสมบัติเป็นเบส เนื่องจาก เมื่อ H_3O^+ และ OH^- ทำปฏิกิริยาหักล้างกันแล้ว H_3O^+ จะหมดไป เหลือแต่ OH^- ซึ่งเป็นความผิดพลาดในลักษณะเดียวกับข้อ 6.2

มโนมติที่ 6 สมดุลของน้ำ ซึ่งวัดในข้อ 33, 35

คำถามข้อ 33 ใช้โจทย์เดียวกับข้อ 31 โดยให้นักเรียนหาความเข้มข้นของ OH^- จากการทราบความเข้มข้นของ H_3O^+ คำตอบที่ถูกต้องคือ $1.0x10^{-3}$ โดยสูตรที่ใช้ในการคำนวณคือ

$$[OH^-] = \frac{\text{ค่าคงที่สมดุลของน้ำ}}{\text{ความเข้มข้นของ } H_3O^+}$$

พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกร้อยละ 51.2 ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้ที่ใช้วิธีคำนวณถูกต้องด้วยเพียงร้อยละ 23.0 และพบผู้ที่ตอบผิดในลักษณะต่างๆดังนี้

33.1 นักเรียนร้อยละ 14.8 เลือกคำตอบถูกต้องคือ $1.0x10^{-3}$ แต่ใช้วิธีคำนวณที่ผิดคือ

$$[OH^-] = \frac{\text{ค่าคงที่สมดุลของน้ำ}}{\text{ความเข้มข้นของกรด}}$$

นักเรียนกลุ่มนี้มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนโดยคิดว่า H_3O^+ เป็นกรด จากความคิดที่ว่ากรดเมื่อละลายน้ำให้ H_3O^+ ดังนั้น "ความเข้มข้นของ H_3O^+" จึงน่าจะเป็นสิ่งเดียวกับ "ความเข้มข้นของกรด" (หมายเหตุ ความเข้มข้นต่างๆในคำถามข้อนี้เป็นความเข้มข้นที่สภาวะสมดุล ดังที่กำหนดไว้แล้วในคำถาม จึงละคำว่า "ที่สภาวะสมดุล" ไว้ในฐานที่เข้าใจ) ซึ่งเป็นความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน เนื่องจากความเข้มข้นของกรดหมายถึงความเข้มข้นของกรดที่ยังไม่แตกตัว (HA) ซึ่งถ้าแตกตัวแล้วเป็น A^- ก็จะไม่เรียกว่ากรด แต่เป็นคู่เบส ส่วน $[H_3O^+]$ หมายถึง ความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออน ดังนั้นความเข้มข้นของ H_3O^+ จึงไม่ใช่สิ่งเดียวกับ "ความเข้มข้นของกรด"

33.2 นักเรียนร้อยละ 10.8 เลือกคำตอบ $1.0x10^{-13}$ ซึ่งเป็นคำตอบที่ถูกต้อง แต่เลือกวิธีการคำนวณที่ผิด โดยนักเรียนใช้ค่าความเข้มข้นของ HA จากโจทย์มาทำการคำนวณโดยใช้วิธีคำนวณเช่นเดียวกับในข้อ 33.1 จึงได้คำตอบที่ผิด

33.3 นักเรียนร้อยละ 10.5 ใช้วิธีคำนวณว่า $[OH^-]$ = ความเข้มข้นของ H_3O^+ แต่เลือกคำตอบว่า $[OH^-]$ มีค่าเท่ากับ 1.0×10^{-11} M ซึ่งเป็นคำตอบที่แม้จะถูกต้อง แต่ไม่ตรงกับวิธีคิด ซึ่งถ้าใช้วิธีคิดข้างต้น จะต้องได้คำตอบ $[OH^-] = 1.0x10^{-3}$ M กรณีเช่นนี้จึงน่าจะเกิดจากการที่นักเรียนไม่ได้ใช้เหตุผลในการพิจารณาคำตอบอย่างแท้จริง

33.4 นักเรียนร้อยละ 9.6 ใช้วิธีคำนวณเช่นเดียวกับกลุ่ม 33.3 แต่เลือกคำตอบ $[OH^-]$ มีค่าเท่ากับ 1.0×10^{-13} M ซึ่งเป็นคำตอบที่ไม่ตรงกับวิธีคิด ซึ่งถ้าใช้วิธีคิดข้างต้น จะต้องได้คำตอบ $[OH^-] = 1.0 \times 10^{-3}$ M

เป็นที่น่าสังเกตว่านักเรียนกลุ่ม 33.3 และ 33.4 นี้มีจำนวนรวมกันถึงร้อยละ 20.1 จึงไม่น่าจะเป็นการเลือกโดยไม่มีเหตุผล โดยนักเรียน 2 กลุ่มนี้อาจจะรู้จัก $[H_3O^+]$ และ $[OH^-]$ แต่อาจจะไม่เข้าใจถึงความสัมพันธ์ของ $[H_3O^+]$ และ $[OH^-]$ ในสมดุลของน้ำ

นักเรียนที่มีมโนมติที่ถูกต้องในข้อ 33 นี้ จะต้องสามารถสรุปลักษณะเฉพาะของความสัมพันธ์ระหว่าง $[H_3O^+]$ และ $[OH^-]$ ในสมดุลของน้ำได้ โดยเมื่อพิจารณาโจทย์ข้อ 33 จะต้องทราบว่าลักษณะเฉพาะที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ข้อนี้คือ ความเข้มข้นของ H_3O^+ , ความเข้มข้นของ OH^- และค่าคงที่สมดุลของน้ำ ส่วนค่าอื่นๆ เช่น [HA] และ $[A^-]$ ไม่ใช่ลักษณะเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับสมดุลของน้ำ

คำถามข้อ 35 ใช้โจทย์เดียวกับข้อ 34 โดยมีลักษณะโจทย์ทำนองเดียวกับข้อ 33 ต่างกันแต่เพียงในข้อ 33 โจทย์บอกค่าความเข้มข้นของ H_3O^+ ส่วนข้อ 35 โจทย์บอกความเข้มข้นของ $[OH^-]$ แต่ทั้งสองข้อนี้ใช้วิธีการคำนวณในทำนองเดียวกัน โดยในข้อ 35 นี้คำตอบที่ถูกต้องคือ 1.0×10^{-13} วิธีการคำนวณที่ถูกต้องโดยใช้สูตรคือ

$$[H_3O^+] = \frac{\text{ค่าคงที่สมดุลของน้ำ}}{\text{ความเข้มข้นของ } OH^-}$$

พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกร้อยละ 46.5 โดยในจำนวนนี้ใช้วิธีการคำนวณถูกต้องร้อยละ 21.5 ซึ่งเป็นตัวเลขที่ใกล้เคียงกับในข้อ 33 และพบผู้ที่ตอบผิดในลักษณะต่างๆดังนี้

35.1 นักเรียนร้อยละ 16.9 เลือกคำตอบ 1.0×10^{-3} โดยใช้วิธีคำนวณไม่ถูกต้อง

$$[H_3O^+] = \frac{\text{ค่าคงที่สมดุลของน้ำ}}{\text{ความเข้มข้นของเบส}}$$

ซึ่งไม่ใช่วิธีคิดที่ถูกต้อง นักเรียนกลุ่มนี้คงจะมีความคิดในทำนองเดียวกับกลุ่ม 33.1 และ 33.2 โดยคิดว่า OH^- เป็นเบส ดังนั้นความเข้มข้นของ OH^- และความเข้มข้นของเบส จึงน่าจะเป็นสิ่งเดียวกัน กรณีเช่นนี้สามารถอภิปรายได้ในทำนองเดียวกับข้อ 33.1 และ 33.2 กล่าวคือ เบสนั้นมีมากมายหลายชนิด แต่ในการคำนวณเกี่ยวกับสมดุลของน้ำนั้น ใช้ความเข้มข้นของ OH^- เป็นพารามิเตอร์ในการคำนวณ ไม่ใช่ความเข้มข้นของเบสชนิดใดก็ได้

35.2 นักเรียนร้อยละ 11.6 เลือกคำตอบถูกต้อง แต่ใช้วิธีการเช่นเดียวกับข้อ 35.1 ซึ่งไม่ถูกต้อง จัดได้ว่ามีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่านักเรียนกลุ่ม 35.1

มโนมติที่ 7 ทฤษฎีกรด-เบส อาร์เรเนียส ซึ่งวัดในข้อ 13,14

คำถามข้อ 13 ถามว่า สาร A เมื่อละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ H^+ สารนี้เป็นกรดหรือเป็นเบส

คำตอบที่ถูกต้องคือ เป็นกรด ตามทฤษฎีกรด-เบส อาร์เรเนียส พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกมากถึงร้อยละ 79.9 แต่ในจำนวนนี้มีจำนวนเพียงร้อยละ 32.3 ที่เลือกเหตุผลถูกต้อง และพบการตอบผิดในลักษณะต่างๆดังนี้

13.1 นักเรียนจำนวนร้อยละ 25.6 เลือกคำตอบถูก แต่เลือกเหตุผลไม่ถูกต้อง โดยตอบว่า สาร A เป็นกรด ด้วยเหตุผลว่า "สารละลายกรดมี H^+ เป็นองค์ประกอบ" นักเรียนกลุ่มนี้อาจจะคิดว่าสารละลายที่มี H^+ เป็นองค์ประกอบ จะต้องเป็นสารละลายกรด เนื่องจากสารละลายกรด เกิดจากการนำกรดไปละลายในตัวทำละลาย ดังนั้น H^+ ที่มีอยู่ในสารละลายกรดจึงน่าจะมาจากการแตกตัวของกรด จึงโยงเหตุผลได้ว่า สาร A เป็นกรด เมื่อละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ H^+ จึงมี H^+ อยู่ในสารละลายกรด ซึ่งดูเผินๆน่าจะถูก แต่มีข้อแย้งได้ เช่น สารละลายเบสก็มี H^+ เป็นองค์ประกอบ จึงใช้เหตุผลดังกล่าวไม่ได้ ซึ่งความคลาดเคลื่อนในลักษณะนี้อาจเกิดจากนักเรียนมีความรู้เพียงบางส่วนหรือจำสาระสำคัญได้ไม่ครบถ้วน และความคลาดเคลื่อนในลักษณะเช่นนี้มีความเกี่ยวข้องและสืบเนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนในมโนมติที่ 2

นอกจากนั้น การตอบผิดในลักษณะเช่นนี้อาจจะเกิดจากความสับสนระหว่างมโนมติ "กรด" กับ "สารละลายกรด" ซึ่งสองมโนมตินี้มีความแตกต่างกันคือ มโนมติ "สารละลายกรด" นั้นมีพื้นฐานมาจากมโนมติ "สารละลาย" และ มโนมติ "กรด" กล่าวคือ สารละลายกรดนั้นประกอบด้วยตัวทำละลายชนิดหนึ่งๆ โดยมีกรดเป็นตัวถูกละลาย ความไม่ชัดเจนในลักษณะนี้น่าจะเข้าข่ายจัดเป็นมโนมติที่คลาดเคลื่อนด้วย ซึ่งมีโอกาสเกิดขึ้นได้ง่ายกับนักเรียนที่มีพื้นฐานในเรื่องสารละลายที่ไม่ดีพอมาก่อนด้วย ครูผู้สอนควรจะมีการเน้นย้ำในจุดนี้ว่า "กรด" กับ "สารละลายกรด" นั้นมีความแตกต่างกันอย่างไร นักเรียนกลุ่มนี้อาจจะไม่ได้พิจารณาคำถามและคำตอบอย่างละเอียดถี่ถ้วน โดยอาจจะจับเฉพาะจุดสำคัญ คือ H^+ ซึ่งคงจะมีนักเรียนจำนวนไม่น้อยที่เมื่อเห็น H^+ ก็นึกถึงคำว่า "กรด" โดยอัตโนมัติ

13.2 นักเรียนร้อยละ 14.0 เลือกคำตอบถูกว่า สาร A เป็นกรด แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้องว่า "กรดคือสารที่เมื่อละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ไอออนบวกตามทฤษฎีกรด-เบส อาร์เรเนียส" นักเรียนกลุ่มนี้สับสนระหว่างมโนมติ "โปรตอน (H^+)" กับ มโนมติ "ไอออนบวก" ซึ่งเข้าข่ายเป็นมโนมติที่คลาดเคลื่อน โดยสาเหตุน่าจะเกิดจากการคิดเองของนักเรียน จากการที่ทราบว่า

โปรตอน ซึ่งเขียนแทนได้ด้วยสัญลักษณ์ H^+ นั้นมีประจุเป็นบวก จึงคิดว่า "ไอออนบวก" กับ "โปรตอน" เป็นสิ่งเดียวกัน ซึ่งอันที่จริง ไอออนบวกนั้นมีมากมายหลายชนิด ซึ่งอาจจะมีขนาดประจุแตกต่างกันไป ส่วนโปรตอนนั้นเป็นเพียงอนุภาคชนิดหนึ่งที่มีประจุเป็นบวกค่าหนึ่งเท่านั้น ความคลาดเคลื่อนในลักษณะนี้เป็นผลสืบเนื่องมาจากการมีพื้นฐานที่ไม่ดีพอในเรื่องอะตอมและโครงสร้างอะตอม

13.3 ยังมีนักเรียนอีกส่วนหนึ่ง ซึ่งแม้ว่าไม่มากนัก แต่ก็เป็นจำนวนที่น่าสนใจ คือ ร้อยละ 7.8 เลือกคำตอบถูก แต่ให้เหตุผลผิดว่า "กรดคือสารที่เมื่อละลายน้ำแล้วแตกตัวให้อิเล็กตรอนตามทฤษฎีกรด-เบส อาร์เรเนียส" นักเรียนกลุ่มนี้จัดได้ว่ามีความคลาดเคลื่อนมากกว่ากลุ่ม 13.2 เสียอีก เนื่องจากยังไม่ทราบด้วยซ้ำว่าอิเล็กตรอนมีประจุเป็นลบ ซึ่งตรงกันข้ามกับ H^+ ที่มีประจุเป็นบวก คาดว่านักเรียนที่เลือกตอบเหตุผลข้อนี้ ไม่ทราบว่า H^+ นั้นเป็นสัญลักษณ์ของโปรตอน โดยอาจจะมีความรู้สึกว่าเคยได้ยินคำว่า "อิเล็กตรอน" มามาก มีความคุ้นเคยกับคำนี้ จึงเลือกข้อที่มีคำที่ตนเองคุ้นเคยมากที่สุด

คำถามข้อ 14 ถามว่า สาร B เมื่อละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ OH^- สารนี้เป็นกรดหรือเป็นเบส คำตอบที่ถูกต้องคือ เป็นเบส ตามทฤษฎีกรด-เบส อาร์เรเนียส พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกมากถึงร้อยละ 82.3 แต่ในจำนวนนี้มีจำนวนเพียงร้อยละ 41.0 ที่เลือกเหตุผลถูกต้อง และพบการตอบผิดในลักษณะต่างๆดังนี้

14.1 นักเรียนร้อยละ 25.9 เลือกคำตอบถูก แต่เลือกเหตุผลไม่ถูกต้อง โดยตอบว่า สาร B เป็นกรด ด้วยเหตุผลว่า "สารละลายเบสมี OH^- เป็นองค์ประกอบ" นักเรียนกลุ่มนี้อาจจะคิดว่าสารละลายที่มี OH^- เป็นองค์ประกอบ จะต้องเป็นสารละลายเบส เนื่องจากสารละลายเบส เกิดจากการนำกรดไปละลายในตัวทำละลาย ดังนั้น OH^- ที่มีอยู่ในสารละลายเบสจึงน่าจะมาจากการแตกตัวของเบส จึงโยงเหตุผลได้ว่า สาร B เป็นเบส เมื่อละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ OH^- จึงมี OH^- อยู่ในสารละลายเบส ซึ่งดูเผินๆน่าจะถูก แต่มีข้อแย้งได้ เช่น สารละลายกรดก็มี OH^- เป็นองค์ประกอบ จึงใช้เหตุผลดังกล่าวไม่ได้ ความคลาดเคลื่อนในลักษณะเช่นนี้มีความเกี่ยวข้องและสืบเนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนในมโนมติที่ 2

14.2 นักเรียนร้อยละ 7.8 เลือกคำตอบถูก แต่ให้เหตุผลผิดว่า "เบสคือสารที่เมื่อละลายน้ำแล้วแตกตัวให้อิเล็กตรอนตามทฤษฎีกรด-เบส อาร์เรเนียส" นักเรียนกลุ่มนี้อาจจะมีความรู้สึกว่าเคยได้ยินคำว่า "อิเล็กตรอน" มามาก มีความคุ้นเคยกับคำนี้ จึงเลือกข้อที่มีคำที่ตนเองคุ้นเคย

มโนมติที่ 8 ทฤษฎีกรด-เบส เบรินสเตด-ลาวรี 15, 16, 17

คำถามข้อที่ 15 กำหนดปฏิกิริยา

$$CH_3COOH\ (aq) + HClO_4\ (aq) \rightleftharpoons CH_3COOH_2^+\ (aq) + ClO_4^-\ (aq)$$

ถามว่าสารใดเป็นกรดตามทฤษฎีของเบรินสเตด-ลาวรี คำตอบที่ถูกต้องคือ $HClO_4$ เนื่องจาก $HClO_4$ ให้ H^+ แก่ CH_3COOH

พบว่ามีนักเรียนร้อยละ 63.4 เลือกคำตอบถูก ซึ่งในจำนวนนี้มีร้อยละ 43.9 เลือกเหตุผลถูกต้องด้วย แต่ยังมีผู้ตอบผิดในลักษณะต่างๆดังนี้

15.1 นักเรียนร้อยละ 18.6 ตอบว่า CH_3COOH เป็นกรด เนื่องจาก CH_3COOH แตกตัวให้ไอออนบวก นักเรียนกลุ่มนี้อาจจะมีประสบการณ์คุ้นเคยมาว่า CH_3COOH เป็นกรด เนื่องจากในหนังสือเรียนหรือในการเรียนการสอนในชั้นเรียน มักจะกล่าวถึง CH_3COOH ว่าเป็นกรด หรือคือกรดน้ำส้ม นักเรียนจึงเกิดการฝังใจว่า CH_3COOH คงจะเป็นกรดในทุกๆกรณี ซึ่งอันที่จริงการจะกล่าวว่าสารใดเป็นกรดนั้นจะต้องพิจารณาจากการให้โปรตอนแก่สารอื่น ในกรณีนี้ CH_3COOH เป็นผู้รับ H^+ จึงไม่ใช่กรด ดังนั้นเมื่อกล่าวถึงสารหนึ่งสารใดว่าเป็นกรดหรือเบส ครูผู้สอนควรจะกล่าวเพิ่มเติมเสมอด้วยว่า เป็นกรดตามทฤษฎีใด หรือเมื่อมีการกล่าวว่า CH_3COOH เป็นกรด ก็ควรจะกล่าวเพิ่มเติมด้วยว่า CH_3COOH ไม่ใช่เป็นกรดในทุกกรณี แต่มีบางกรณีที่ CH_3COOH เป็นเบสเมื่อเทียบกับกรดที่แก่กว่า

15.2 นักเรียนร้อยละ 9.9 ตอบถูกว่า ในกรณีนี้ $HClO_4$ เป็นกรด แต่เลือกเหตุผลผิดว่าเมื่อเกิดปฏิกิริยาแล้วมี H เพิ่มขึ้น ซึ่งไม่ถูกเพราะในปฏิกิริยา H ลดลง นักเรียนกลุ่มนี้อาจจะเลือกคำตอบว่า $HClO_4$ เป็นกรด โดยเห็นว่ามีสูตรโครงสร้างคล้ายกับ HCl หรืออาจจะเคยรับรู้มาว่า $HClO_4$ เป็นกรด ถ้าเป็นเช่นนี้ การตอบถูกของนักเรียนกลุ่มนี้ ไม่ได้เกิดจากการมีมโนมติที่ถูกต้อง ดังนั้นเหตุผลที่เลือกจึงไม่สอดคล้องกับคำตอบ แต่อาจจะเกิดจากการเลือกข้อความที่นักเรียนอ่านพบก่อนหรือรู้สึกว่าอ่านแล้วเข้าใจง่ายที่สุด โดยไม่ได้โยงความเป็นเหตุผลกับคำตอบอย่างแท้จริง ซึ่งเหตุผลลักษณะนี้เกิดขึ้นจากการคิดของนักเรียนเอง โดยนักเรียนอาจจะรับรู้มาว่า ตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี กรดเป็นสารที่ให้โปรตอนแก่เบส โดยนักเรียนกลุ่มนี้ไม่มีความรู้เรื่อง H ในสูตรทางเคมี ซึ่งการคิดต่อที่ถูกต้องชัดเจนจะต้องเป็นดังนี้คือ เบสได้รับโปรตอนมากลายเป็นอีกสารหนึ่งที่มีจำนวนโปรตอนมากกว่าเบสตั้งต้นอยู่ 1 โปรตอน ซึ่งในมโนมติต่อไปในเรื่องคู่กรด-เบส เรียกสารนี้ว่า "คู่กรด" ส่วนกรดให้โปรตอนไป ก็จะกลายเป็นอีกสารหนึ่งที่มีโปรตอนน้อยกว่ากรดตั้งต้นอยู่ 1 โปรตอน (เรียกสารนี้ว่า "คู่เบส") ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นอีกประการหนึ่งคือ นักเรียนไม่ได้พิจารณาโดยละเอียดว่า โปรตอน (H^+) นั้นไม่ใช่สิ่งเดียวกับอะตอมของไฮโดรเจน (H) แต่นักเรียนพิจารณาเพียงผิวเผินว่ามีการให้โปรตอน ทำให้ H เพิ่มขึ้น

15.3 นักเรียนร้อยละ 8.1 ตอบว่า CH_3COOH เป็นกรด เนื่องจาก เมื่อเกิดปฏิกิริยาแล้วมี H เพิ่มขึ้น การตอบว่า CH_3COOH เป็นกรดนั้นน่าจะอภิปรายได้ในทำนองเดียวกับกลุ่ม 15.1 ส่วนที่เลือกเหตุผลว่า เมื่อเกิดปฏิกิริยาแล้วมี H เพิ่มขึ้นนั้น อภิปรายได้ในทำนองเดียวกับกลุ่ม 15.2 นอกจากนั้นอาจจะเป็นไปได้ที่นักเรียนเห็นว่ามีเครื่องหมายบวกอยู่ที่ $CH_3COOH_2^+$ เห็นว่าคล้ายๆ กับ H^+ ทำให้คิดว่าสารนี้เป็นกรด จึงเลือก CH_3COOH ว่าเป็นกรด เนื่องจากเห็นว่ามีสูตรโครงสร้างคล้ายกับ $CH_3COOH_2^+$ และเมื่อพิจารณาเลือกเหตุผล ก็อาจจะพิจารณาว่า $CH_3COOH_2^+$ มี H^+ เพิ่มขึ้นมา จึงเลือกเหตุผลว่า "เมื่อเกิดปฏิกิริยาแล้วมี H เพิ่มขึ้น"

คำถามข้อที่ 16 คล้ายกับข้อ 15 แต่ใช้ปฏิกิริยาที่ต่างไป และถามว่าสารใดเป็นกรด

$$HCO_3^-(aq) + OH^-(aq) \rightleftharpoons CO_3^{2-}(aq) + H_2O(l)$$

คำตอบที่ถูกต้องคือ HCO_3^- และ H_2O ด้วยเหตุผลว่า HCO_3^- ให้ H^+ แก่ OH^- ส่วน H_2O ให้ H^+ แก่ CO_3^{2-} พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกร้อยละ 48.8 โดยในจำนวนนี้มีผู้เลือกเหตุผลถูกต้องร้อยละ 26.5 และพบว่ามีการตอบผิดในลักษณะดังนี้

16.1 นักเรียนร้อยละ 12.8 ตอบว่า HCO_3^- และ CO_3^{2-} เป็นคู่กรด-เบสกัน นักเรียนกลุ่มนี้อาจจะไม่ได้อ่านคำถามอย่างถี่ถ้วน จึงเข้าใจผิดว่าเป็นการถามคู่กรด-เบส

คำถามข้อที่ 17 กำหนดปฏิกิริยา $CN^-(aq) + H_2O(aq) \rightleftharpoons HCN(aq) + OH^-(aq)$ และถามว่าสารใดเป็นเบสตามทฤษฎีกรด-เบส เบรินสเตด-ลาวรี คำตอบที่ถูกต้องคือ CN^- เนื่องจาก CN^- รับ H^+ จาก H_2O พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องร้อยละ 59.3 โดยในจำนวนนี้มีผู้ให้เหตุผลถูกต้องร้อยละ 36.6 และพบว่ามีการตอบผิดในลักษณะต่างๆดังนี้

17.1 นักเรียนร้อยละ 13.7 ตอบว่า H_2O เป็นเบส เนื่องจาก H_2O แตกตัวให้ OH^- นักเรียนกลุ่มนี้ไม่ได้ใช้ทฤษฎีกรด-เบส เบรินสเตดลาวรี เป็นหลักในการพิจารณา โดยเกิดความสับสนกับทฤษฎีกรด-เบส อาร์เรเนียส อีกทั้งยังเป็นการใช้ทฤษฎีกรด-เบส อาร์เรเนียส ที่คลาดเคลื่อน

17.2 นักเรียนร้อยละ 11.6 ตอบว่า H_2O เป็นเบส เนื่องจาก H_2O เป็นสารที่รับ H^+ นักเรียนกลุ่มนี้ทราบทฤษฎี แต่ไม่ใช้ทฤษฎีเป็นเหตุผลของคำตอบที่เลือก

17.3 นักเรียนร้อยละ 11.6 ตอบว่า CN^- เป็นเบส เนื่องจาก CN^- รับ H^+ จาก HCN นักเรียนกลุ่มนี้ไม่ได้ยึดถือทิศทางของปฏิกิริยาที่โจทย์กำหนดให้ใช้เป็นหลักในการพิจารณา โดยพิจารณาเพียงแต่ว่า CN^- เปลี่ยนไปเป็น HCN แต่ไม่ได้พิจารณาให้ถี่ถ้วนว่ารับ H^+ มาจากสารใด ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนเพียงแต่จำมาไม่สามารถประยุกต์กับสถานการณ์ใหม่ได้

มโนมติที่ 9 คู่กรด-เบส ซึ่งวัดในข้อ 18, 19, 20

คำถามข้อที่ 18 กำหนดปฏิกิริยา $HF\ (aq) + NH_3\ (aq) \rightleftharpoons NH_4^+\ (aq) + F^-\ (aq)$

คู่กรด-เบสในปฏิกิริยาคือ HF กับ F^- และ NH_3 กับ NH_4^+ เหตุผลเพราะ คู่กรด-เบส มีโปรตอน (H^+) ต่างกัน 1 โปรตอน โดยกรดมีโปรตอนมากกว่าคู่เบสอยู่ 1 โปรตอน และคู่กรดมีโปรตอนมากกว่าคู่เบสอยู่ 1 โปรตอน

พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องร้อยละ 47.4 ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้เลือกเหตุผลถูกต้อง 14.5 เป็นข้อน่าสังเกตว่านักเรียนเลือกเหตุผลที่ถูกต้องน้อยมาก และพบผู้ที่ตอบผิดในลักษณะต่างๆ ดังนี้

18.1 นักเรียนร้อยละ 15.1 เลือกคำตอบถูกต้อง แต่เลือกเหตุผลผิดว่า HF สามารถให้ H^+ กับ F^- และ NH_4^+ สามารถให้ H^+ กับ NH_3 โดยนักเรียนกลุ่มนี้อาจจะเห็นว่า HF มี H^+ มากกว่า F^- จึงคิดว่า HF สามารถให้ H^+ แก่ F^- ได้ ซึ่งแม้ดูเหมือนว่ามีโอกาสเกิดขึ้นได้ แต่โจทย์ก็ได้กำหนดทิศทางของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจริงไว้ให้แล้ว นักเรียนจึงควรจะยึดถือปฏิกิริยาที่กำหนดให้จากโจทย์เป็นหลักในการพิจารณา ซึ่งจะทำให้ทราบว่า HF และ F^- ไม่ใช่คู่ปฏิริยาซึ่งกันและกัน เช่นเดียวกับ NH_3 ที่ไม่ใช่คู่ปฏิกิริยากับ NH_4^+ ความผิดพลาดในลักษณะนี้ เกิดขึ้นได้จากการคิดของนักเรียนเอง ซึ่งถ้าไม่มีการกำหนดทิศทางของปฏิกิริยาไว้ให้ ก็มีโอกาสที่จะเกิดความคิดเช่นนี้ขึ้นได้ จึงเป็นหน้าที่ของครูผู้สอนที่ควรจะมีการบอกกล่าวให้นักเรียนทราบว่าหลักในการพิจารณาทิศทางของปฏิกิริยานั้น สำหรับนักเรียนในชั้นนี้ให้ยึดถือจากปฏิกิริยาที่โจทย์กำหนด

18.2 นักเรียนร้อยละ 14.0 เลือกคำตอบถูกต้อง แต่เลือกเหตุผลผิดว่า สารที่ให้อิเล็กตรอน เป็นกรด ส่วนสารที่รับอิเล็กตรอน เป็นเบส อาจจะเป็นไปได้ว่า นักเรียนกลุ่มนี้เคยมีประสบการณ์หรือจำได้ว่าลักษณะของคู่กรด-เบสคือการมีโปรตอนต่างกันอยู่ 1 โปรตอน จึงสามารถเลือกคำตอบได้ถูกต้อง ประสบการณ์ที่ว่านี้อาจจะโดยการเคยทำแบบทดสอบในลักษณะนี้และได้รับทราบเฉลยคำตอบ จึงเกิดมโนมติอยู่ในใจโดยไม่รู้ตัวว่าถ้าพบโจทย์ในลักษณะแบบนี้ จะต้องใช้ลักษณะการต่างกันอยู่ 1 โปรตอนเป็นหลักในการพิจารณา แต่ไม่สามารถบอกกล่าวมโนมติที่ว่านี้ออกมาเป็นข้อความที่ชัดเจนได้ด้วยตนเอง ซึ่งผู้วิจัยคิดว่ามีอยู่ทั่วไปในผู้ที่ไม่สามารถกลั่นกรองความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่ในตนเองออกมาเป็นภาษาที่ใช้สื่อสารกันได้ การเลือกเหตุผลของนักเรียนในข้อนี้อาจจะไม่ใช่การเลือกเหตุผลที่นักเรียนใช้ในการคิดจริงๆ แต่อาจจะเป็นการเลือกในสิ่งที่นักเรียนมีความคุ้นเคยมากกว่า กล่าวคือ นักเรียนมีความคุ้นเคยกับการพิจารณากรด-เบส โดยการให้/รับ อนุภาคชนิดใดชนิดหนึ่งหรืออีกเหตุหนึ่งที่เป็นไปได้คือนักเรียนอาจจะจำสับสนระหว่างทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียสและทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิสที่กล่าวว่ากรดคือสารที่ให้คู่

อิเล็กตรอนนักเรียนจึงคิดว่าเมื่อกรดละลายน้ำแล้วแตกตัวให้คู่อิเล็กตรอน และเนื่องจากในหนังสือแบบเรียนไม่ได้กล่าวถึงทฤษฎีกรด-เบสของลิวอิสแต่นักเรียนอาจจะอ่านพบในคู่มือต่างๆ เมื่ออ่านแล้วไม่ได้มีความเข้าใจอย่างแท้จริง จึงทำให้เกิดความสับสน

คำถามข้อที่ 19 มีข้อความ 3 ตัวเลือก ให้นักเรียนเลือกว่า ข้อใดคือคู่กรด-เบสที่ถูกต้อง คำตอบที่ถูกต้องคือ S^{2-} เป็นคู่เบสของ HS^- ด้วยเหตุผลว่า กรดมี H^+ มากกว่าคู่เบสอยู่ 1 โปรตอน พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องร้อยละ 39.0 โดยในจำนวนนี้มีผู้ให้เหตุผลถูกต้องเพียงร้อยละ 16.3 และพบว่ามีการตอบผิดในลักษณะต่างๆดังนี้

19.1 นักเรียนจำนวนร้อยละ 12.2 ตอบว่า CH_3COO^- เป็นคู่กรดของ CH_3COOH ด้วยเหตุผลว่า กรดมี H^+ มากกว่าคู่เบสอยู่ 1 โปรตอน ซึ่งเป็นเหตุผลที่ถูกต้อง แต่ไม่สอดคล้องกับคำตอบ จึงเป็นคำตอบที่ผิด

19.2 นักเรียนร้อยละ 11.3 ตอบว่า CH_3COO^- เป็นคู่กรดของ CH_3COOH ด้วยเหตุผลว่า เบสมี H^+ มากกว่าคู่กรดอยู่ 1 โปรตอน ซึ่งเป็นคำตอบและเหตุผลที่ผิด

19.3 นักเรียนร้อยละ 9.9 ตอบว่า CH_3COO^- เป็นคู่กรดของ CH_3COOH ด้วยเหตุผลว่า กรดมี H^+ มากกว่าคู่เบสอยู่ 1 โปรตอน ซึ่งเป็นคำตอบที่ผิด เหตุผลถูกต้อง แต่เป็นเหตุผลที่ไม่สอดคล้องกับคำตอบ

คำถามข้อที่ 20 กำหนดปฏิกิริยาดังนี้

$$NH_4^+(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_3(aq) + H_3O^+(aq)$$

และให้นักเรียนระบุสารที่เป็นคู่กรด-เบสกัน โดยคำตอบที่ถูกต้องคือ H_2O และ H_3O^+ เป็นคู่กรด-เบสกัน ด้วยเหตุผลว่า คู่กรด-เบส มี H^+ ต่างกัน 1 ตัว พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องร้อยละ 50.3 แต่มีผู้ที่ให้เหตุผลถูกต้องด้วยน้อยมากเพียงร้อยละ 11.0 เท่านั้น โดยพบว่ามีการตอบผิดในลักษณะต่างๆดังนี้

20.1 นักเรียนร้อยละ 17.4 ตอบว่า H_2O และ H_3O^+ เป็นคู่กรด-เบสกัน ด้วยเหตุผลว่า H_3O^+ สามารถให้ H^+ กับ H_2O ซึ่งแม้คำตอบจะถูกต้อง แต่นักเรียนเลือกเหตุผลนี้ โดยพิจารณาว่า H_3O^+ เป็นกรดตามทฤษฎีกรด-เบส เบรินสเตด-ลาวรี โดยไม่ได้ใช้มโนมติเรื่องคู่กรด-เบส

20.2 นักเรียนร้อยละ 11.0 ตอบว่า H_2O และ H_3O^+ เป็นคู่กรด-เบสกัน ด้วยเหตุผลว่า สารที่ให้อิเล็กตรอน เป็นกรด ส่วนสารที่รับอิเล็กตรอน เป็นเบส ซึ่งแม้คำตอบจะถูกต้อง แต่เป็นเหตุผลที่ผิดในลักษณะเดียวกับกรณี 18.2 และไม่เป็นการใช้เหตุผลในมโนมติเรื่องคู่กรด-เบส

20.3 นักเรียนร้อยละ 10.8 ตอบว่า H_2O และ H_3O^+ เป็นคู่กรด-เบสกัน ด้วยเหตุผลว่า คู่กรด-เบส มีอะตอมไฮโดรเจนต่างกัน 1 ตัว ซึ่งจัดว่าเป็นมโนมติที่คลาดเคลื่อนเพียงเล็กน้อย ใน

ประเด็นของ อะตอมไฮโดรเจน (H) และโปรตอน (H^+) ซึ่งอนุภาคทั้งสองนี้ต่างกันเพียง 1 อิเล็กตรอน

มโนมติที่ 10 pH กับ ความเป็นกรด-เบส ซึ่งวัดในข้อ 21, 22

คำถามข้อที่ 21 กำหนดสารละลาย 3 ชนิด ให้นักเรียนระบุว่าสารละลายชนิดใดมีความเป็นกรดมากที่สุด ในที่นี้คำตอบที่ถูกคือ สารละลายที่มี pH = 3 เหตุผลที่ใช้ในการพิจารณาคือ สารละลายที่ ความเข้มข้นของ H_3O^+ มีค่ามาก หรือ pH มีค่าน้อย หมายถึงมีความเป็นกรดมาก

พบว่ามีนักเรียนที่ตอบถูกถึงร้อยละ 66.9 ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้ที่เลือกเหตุผลถูกต้องด้วยค่อนข้างมาก คือร้อยละ 50.6 และพบผู้ที่ตอบผิดในลักษณะต่างๆดังนี้

21.1 นักเรียนร้อยละ 8.4 ตอบว่าสารละลายที่มี pH = 6 มีความเป็นกรดมากที่สุด ด้วยเหตุผลว่า สารละลายที่มีค่า pH มาก หมายถึงสารละลายมีความเป็นกรดมาก ซึ่งความผิดพลาดลักษณะนี้อาจเกิดขึ้นได้ง่าย เนื่องจากโดยทั่วไปการมีปัจจัยอย่างใดอย่างหนึ่งมาก ย่อมหมายถึงการมีระดับหรือสถานะที่สูงด้วย เช่น การมีความร้อนมากมักจะหมายถึงมีอุณหภูมิที่สูงด้วย หรือ การมีจำนวนอนุภาคในสารละลายมาก หมายถึง มีความเข้มข้นมาก เป็นต้น นักเรียนในกลุ่มนี้จึงคิดว่า pH มีค่ามากนั้นหมายถึงมี H_3O^+ อยู่มาก สาเหตุของความผิดพลาดนี้เกิดจากนักเรียนยังไม่คุ้นเคยกับค่า pH ดีพอ ประกอบกับยังไม่มีมโนมติว่า pH มีค่ามากหมายถึงมีความเข้มข้นของ H_3O^+ น้อย และอีกสาเหตุหนึ่งคือนักเรียนไม่สามารถเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่าง pH กับ $[H_3O^+]$ ซึ่งมีสมการดังนี้ $pH = -\log [H_3O^+]$ โดยนักเรียนอาจจะไม่คุ้นกับฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์

21.2 นักเรียนร้อยละ 8.4 ตอบว่า สารละลาย HCl เข้มข้น 10^{-5} mol/dm^3 มีความเป็นกรดมากที่สุด เนื่องจากสารละลาย HCl เป็นกรดแก่ นักเรียนกลุ่มนี้ทราบว่า HCl เป็นกรดแก่ แต่นำมโนมติเรื่องกรดแก่มาสับสนกับการพิจารณาความเป็นกรดของสารละลาย ซึ่งสองประเด็นนี้ดูเหมือนว่าเป็นเรื่องคล้ายกัน แต่ต่างกันคือเรื่องกรดแก่นั้นเกี่ยวกับความสามารถในการแตกตัวของกรด แต่ความเป็นกรดของสารละลายนั้นเป็นเรื่องของความเข้มข้นของอนุภาค H_3O^+ ที่มีอยู่ในสารละลาย สาเหตุของการคลาดเคลื่อนนั้น เป็นไปได้ว่า ในทางภาษานั้น คำว่า "แก่" มีความหมายในทำนองว่า แรง , มาก , เข้ม , หรือ ข้น เป็นต้น นักเรียนจึงคิดเองว่า กรดแก่นั้นน่าจะมีความเข้มข้นมากด้วย เมื่อพิจารณาจากตัวเลือกในข้อ ก เห็นว่ามีการกล่าวถึง HCl ซึ่งนักเรียนทราบว่าเป็นกรดแก่ จึงเลือกคำตอบในข้อนี้ด้วยเหตุผลเช่นนี้

คำถามข้อที่ 22 คล้ายกับข้อ 21 แต่ถามว่าสารละลายใดมีความเป็นเบสมากที่สุดโดยคำตอบที่ถูกต้องในที่นี้คือ สารละลายที่มี $[OH^-] = 0.5$ mol/dm^3 ด้วยเหตุผลว่า $[OH^-]$ มีค่ามาก

หมายถึง สารละลายมีความเป็นเบสมาก พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องร้อยละ 49.7 ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้ให้เหตุผลถูกต้องร้อยละ 34.0 และพบว่ามีการตอบผิดในลักษณะต่างๆดังนี้

22.1 นักเรียนร้อยละ 10.2 ตอบว่า สารละลายที่มี $[OH^-] = 0.1\ mol/dm^3$ มีความเป็นเบสมากที่สุด ด้วยเหตุผลว่า $[OH^-]$ มีค่ามาก หมายถึง สารละลายมีความเป็นเบสมาก ซึ่งเป็นเหตุผลที่ถูกต้อง แต่ไม่สอดคล้องกับคำตอบ

22.2 นักเรียนร้อยละ 8.1 ตอบว่า สารละลายที่มี $[OH^-] = 0.1\ mol/dm^3$ มีความเป็นเบสมากที่สุด ด้วยเหตุผลว่า $[OH^-]$ มีค่าน้อย หมายถึง สารละลายมีความเป็นเบสมาก ซึ่งเป็นคำตอบและเหตุผลที่ผิด

มโนมติที่ 11 กรดแก่ เบสแก่ ซึ่งวัดในข้อ 23, 24

คำถามข้อ 23 กำหนดความเข้มข้นและปริมาตรของสารละลาย HCl ให้นักเรียนคำนวณหาจำนวนโมลของ H_3O^+ พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องร้อยละ 42.7 แต่ในจำนวนนี้มีผู้ใช้วิธีการคำนวณที่ถูกต้องเพียงร้อยละ 18.9 โดยพบว่ามีการตอบผิดในลักษณะต่างๆดังนี้

23.1 นักเรียนร้อยละ 11.6 เลือกคำตอบถูกต้อง แต่ใช้วิธีการเทียบบัญญัติไตรยางค์ไม่ถูกต้อง ซึ่งให้ผลไม่ตรงกับคำตอบ

23.2 นักเรียนร้อยละ 9.9 เลือกคำตอบผิด โดยใช้วิธีการเทียบบัญญัติไตรยางค์ไม่ถูกต้อง แต่ให้ผลตรงกับคำตอบ

พบว่ามีนักเรียนจำนวนมากที่ไม่สามารถแปลความหมายของความเข้มข้นในรูป mol/dm^3 ออกมาในรูปของภาษาเพื่อนำมาเข้ากระบวนการทางคณิตศาสตร์ อันที่จริงการหาจำนวนโมลของ H_3O^+ ในข้อนี้ ไม่ได้ใช้ความรู้เฉพาะเพียงแค่การเทียบบัญญัติไตรยางค์เท่านั้น หากแต่นักเรียนจำเป็นต้องรู้ด้วยว่า HCl เป็นกรดแก่ สามารถแตกตัวได้หมด

คำถามข้อที่ 24 ต้องการวัดมโนมติเกี่ยวกับการแตกตัวของเบสแก่ โดยถามว่าเบสแก่ MOH จำนวน 0.1 โมล เมื่อแตกตัวในน้ำ จะให้ OH^- กี่โมล คำตอบที่ถูกต้องคือ 0.10 โมล เนื่องจาก MOH เป็นเบสแก่จึงแตกตัวได้หมด

พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องร้อยละ 53.5 ซึ่งในจำนวนนี้เป็นผู้ที่เลือกเหตุผลถูกต้องร้อยละ 34.3 และพบผู้ที่ตอบผิดในลักษณะต่างๆดังนี้

24.1 นักเรียนร้อยละ 15.1 ตอบว่า แตกตัวให้ OH^- 0.05 โมล เนื่องจาก เบสแก่แตกตัวให้ M^+ และ OH^- อย่างละครึ่งหนึ่ง ความคลาดเคลื่อนลักษณะนี้เกิดจากนักเรียนไม่ได้พิจารณาให้ถ่องแท้ แต่ใช้วิธีพิจารณาแบบผิวเผินโดยคิดว่า MOH แตกตัวออกเป็นสองส่วน จึงให้ M^+ และ

OH^- อย่างละครึ่งหนึ่ง ประกอบกับการมีความรู้พื้นฐานที่ไม่ดีพอในเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ในแง่ของการคำนวณหาจำนวนโมลของสารจากสมการเคมี โดยอาจจะเกิดการสับสนกับปริมาณสารสัมพันธ์ในแง่ของน้ำหนัก ซึ่งถ้าพิจารณาในแง่น้ำหนัก สารหนึ่งส่วนเมื่อแตกตัวออกเป็นส่วนย่อยน้ำหนักของแต่ละส่วนย่อยย่อมน้อยกว่าน้ำหนักรวม แต่ผลบวกของน้ำหนักของทุกๆส่วนจะต้องเท่ากับน้ำหนักรวมเริ่มต้นตามกฎทรงมวล แต่ในแง่ของจำนวนโมล เนื่องจากมีทั้งโมลโมเลกุล โมลอะตอม หรือโมลไอออน จึงอาจทำให้นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนได้ง่าย กล่าวคือ สาร A หนึ่งโมลโมเลกุล อาจจะแตกตัวให้สาร B , C , D หรือสารอื่นๆ ในลักษณะของโมลอะตอมหรือโมลไอออนได้ในจำนวนที่มากกว่าหนึ่งโมลอะตอมหรือหนึ่งโมลไอออนก็ได้ สาเหตุของการเกิดความคลาดเคลื่อนเช่นนี้เป็นเพราะในชีวิตประจำวัน นักเรียนจะคุ้นเคยกับปริมาณสารในแง่ของน้ำหนักมากกว่า ดังนั้นในการเรียนการสอน เพื่อให้เกิดความเข้าใจได้ง่าย ครูผู้สอนอาจจะสร้างเป็นแผนภาพจำลองให้เห็นเป็นรูปธรรม เพื่อช่วยในการทำความเข้าใจ

24.2 นักเรียนร้อยละ 11.6 ตอบว่า เบสแก่ MOH แตกตัวให้ OH^- 0.05 โมล ด้วยเหตุผลว่า เบสแก่แตกตัวไปในน้ำ ทำให้จำนวนโมลของเบสแก่เหลือน้อยลงกว่าเดิม จริงอยู่ว่าหลังการแตกตัว จำนวนโมลของเบสแก่มีน้อยลง แต่สิ่งที่โจทย์ถามนั้นคือแตกตัวให้ OH^- กี่โมล นักเรียนกลุ่มนี้อาจจะคิดว่า OH^- เป็นสิ่งเดียวกับเบสแก่ในโจทย์ ซึ่งการคิดเช่นนี้อาจจะมีความเกี่ยวข้องและสืบเนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนในมโนมติที่ 2 ด้วย โดยเมื่อเห็น OH^- ก็นึกถึงเบสโดยอัตโนมัติ

มโนมติที่ 12 กรดอ่อน เบสอ่อน ซึ่งวัดในข้อ 25, 26, 27, 29

คำถามข้อที่ 25 ถามว่ากรดอ่อน HA จำนวน 0.5 โมล เมื่อแตกตัวในน้ำแล้วจะให้ H_3O^+ กี่โมล คำตอบที่ถูกต้องคือ น้อยกว่า 0.5 โมล เนื่องจากกรดอ่อนแตกตัวได้บางส่วน พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องร้อยละ 61.1 ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้เลือกเหตุผลถูกต้องด้วยร้อยละ 32.0 และพบผู้ที่ตอบผิดในลักษณะต่างๆดังนี้

25.1 นักเรียนร้อยละ 18.9 เลือกคำตอบถูกต้อง แต่ให้เหตุผลผิดว่า กรดอ่อนแตกตัวไปในน้ำทำให้จำนวนโมลของกรดอ่อนเหลือน้อยลงกว่าเดิม การตอบผิดเช่นนี้อาจจะเกิดจากนักเรียนไม่ได้พิจารณาคำถามอย่างถี่ถ้วนว่าโจทย์ถามว่า แตกตัวให้ H_3O^+ กี่โมล ไม่ได้ถามว่าเหลือกรดอ่อนอยู่กี่โมล ในทำนองเดียวกับกรณี 24.2

25.2 นักเรียนร้อยละ 8.4 ตอบว่า แตกตัวให้ H_3O^+ เท่ากับ 0.5 โมล เนื่องจาก กรดอ่อนไม่แตกตัว จึงมีจำนวนโมลเหลือเท่าเดิม นักเรียนกลุ่มนี้อาจจะเคยรับรู้มาว่ากรดแก่แตกตัวได้

หมด จึงอาจจะเกิดความคิดขึ้นเองว่า กรดแก่แตกตัวได้หมด ดังนั้นกรดอ่อนคงจะไม่แตกตัว โดยนักเรียนกลุ่มนี้เปิดทางเลือกสำหรับการแตกตัวของกรด-เบส คือ แตกตัว และ ไม่แตกตัว เพียงสองทางเท่านั้น โดยไม่ทราบว่ายังมีอีกทางเลือกหนึ่งที่อาจเป็นไปได้คือ การแตกตัวบางส่วน นอกจากนั้นยังอาจเป็นไปได้ว่านักเรียนกลุ่มนี้มีพื้นฐานในเรื่องสมดุลเคมีที่ไม่ดีพอ โดยนักเรียนกลุ่มนี้อาจจะมองปฏิกิริยาเคมีในทิศทางเดียวคือเฉพาะปฏิกิริยาไปข้างหน้า โดยคิดว่าการเกิดปฏิกิริยาเป็นการเปลี่ยนจากสารตั้งต้นไปเป็นผลิตภัณฑ์โดยสิ้นเชิง

25.3 นักเรียนร้อยละ 8.1 ตอบถูกว่า แตกตัวให้ H_3O^+ น้อยกว่า 0.5 โมล แต่เลือกเหตุผลผิดว่ากรดอ่อนแตกตัวให้ H_3O^+ และ A^- อย่างละครึ่งหนึ่ง ซึ่งเป็นความคลาดเคลื่อนที่มีสาเหตุมาจากการมีความรู้พื้นฐานที่ไม่ดีพอในเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ โดยนักเรียนมองว่ากรดอ่อนนี้แตกตัวออกเป็นสองส่วน จึงอาจจะคิดว่าสองส่วนนี้น่าจะเป็น H_3O^+ และ A^- อย่างละครึ่งหนึ่ง

คำถามข้อ 26 คล้ายกับข้อ 25 แต่เปลี่ยนเป็นสถานการณ์ของเบสอ่อน โดยถามว่า เบสอ่อน NH_3 0.1 โมล เมื่อแตกตัวในน้ำ จะให้ NH_4^+ กี่โมล คำตอบที่ถูกต้องคือ แตกตัวให้ NH_4^+ น้อยกว่า 0.1 โมล เนื่องจาก เบสอ่อนแตกตัวได้บางส่วน พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องร้อยละ 57.6 ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้ให้เหตุผลถูกต้องร้อยละ 32.3 ซึ่งเป็นตัวเลขที่ใกล้เคียงกับในข้อ 25 โดยพบว่ามีการตอบผิดในลักษณะต่างๆดังนี้

26.1 นักเรียนร้อยละ 16.6 เลือกคำตอบถูกต้อง แต่ให้เหตุผลผิดว่า เบสอ่อนแตกตัวไปในน้ำ ทำให้จำนวนโมลของเบสอ่อนเหลือน้อยลงกว่าเดิม การตอบผิดในลักษณะนี้สามารถอภิปรายได้ในลักษณะเดียวกับกรณี 25.1

26.2 นักเรียนร้อยละ 7.0 ตอบว่า NH_3 แตกตัวให้ NH_4^+ มากกว่า 0.1 โมล ด้วยเหตุผลว่า เบสอ่อนแตกตัวได้หมด โดยนักเรียนอาจจำผิดหรือจำสลับกับเบสแก่ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความรู้พื้นฐานน้อยมาก

คำถามข้อที่ 27 ให้นักเรียนเปรียบเทียบความสามารถในการแตกตัวของกรดสองชนิด โดยกำหนดให้สารละลายกรดทั้งสองมีความเข้มข้นเท่ากัน แต่ความเข้มข้นของ H_3O^+ ในสารละลาย A มากกว่าในสารละลาย B โดยคำตอบและเหตุผลที่ถูกต้องคือ A มีความสามารถในการแตกตัวมากกว่า B เนื่องจากที่ความเข้มข้นเท่ากัน กรดที่แตกตัวให้ H_3O^+ มากกว่า แสดงว่ามีความสามารถในการแตกตัวได้มากกว่า พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องร้อยละ 58.7 ในจำนวนนี้มีผู้ให้เหตุผลถูกต้องร้อยละ 37.5 และพบว่ามีการตอบผิดในลักษณะต่างๆดังนี้

27.1 นักเรียนร้อยละ 16.3 ตอบผิดว่า B มีความสามารถในการแตกตัวมากกว่า A ด้วยเหตุผลว่า ที่ความเข้มข้นเท่ากัน สารละลายที่มี H_3O^+ น้อยกว่า แสดงว่าตัวถูกละลายมีความสามารถในการแตกตัวได้มากกว่า