

ผลการวิจัย และ การอภิปรายผล

1. การวิเคราะห์แบบสอบเพื่อใช้ทดสอบก่อนและหลังการเรียนบทเรียนแบบโปรแกรม

ก. การทดลองใช้แบบสอบครั้งที่หนึ่ง นำแบบสอบที่สร้างขึ้นจำนวน 54 ข้อ ไปทดสอบนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2520 โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย จำนวน 63 คน ซึ่งได้ผ่านการศึกษาเรื่อง "ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี" มาแล้ว ผลปรากฏว่า หาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบจากสูตรของคูเคอร์ ริชาร์ดสัน ได้เป็น 0.85 และนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์แบบสอบแต่ละข้อ เพื่อหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เลือกแบบสอบเฉพาะ ข้อที่มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.20-0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไปได้จำนวน 44 ข้อ

ข. การทดลองใช้แบบสอบครั้งที่สอง นำแบบสอบที่คัดเลือกข้อสอบไว้ 44 ข้อ นั้น มาปรับปรุงแก้ไข และนำไปทดสอบนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2520 โรงเรียนเซนต์สิริอนุสสรณ์ จำนวน 41 คน ซึ่งได้ผ่านการศึกษาเรื่อง "ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี" มาแล้ว นำผลการทดสอบมาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบได้เป็น 0.86 และวิเคราะห์แบบสอบแต่ละข้อเพื่อหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เลือกแบบสอบเฉพาะข้อที่มีค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกตามเกณฑ์ที่กำหนดได้ 35 ข้อ

ค. การทดลองใช้แบบสอบครั้งที่สาม นำแบบสอบซึ่งประกอบด้วยข้อสอบ 35 ข้อ แต่ละข้อมีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.20-0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป (ดูรายละเอียดจากตารางที่ 1 ในภาคผนวก ข) ไปทดสอบนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสายน้ำผึ้งและโรงเรียนไทยประสาธน์วิทยา ปีการศึกษา 2520 จำนวน 100 คน ซึ่งได้ผ่านการศึกษาเรื่อง "ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี" มาแล้ว การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบทั้งฉบับจากการทดสอบครั้งนี้ ปรากฏว่า แบบสอบมีค่าความเชื่อมั่นเป็น 0.89 (ดูรายละเอียด จากตารางที่ 2 และรายละเอียดการคำนวณจากหน้า 280 ในภาคผนวก ข.)

2. การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัย

หาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามทั้งหมด จำนวน 35 ข้อ ที่ใช้ในการวิจัยอีกครั้งหนึ่ง โดยอาศัยข้อมูลจากการทดสอบหลังการเรียนบทเรียนแบบโปรแกรมในการทดลองภาคสนาม ปรากฏว่าแบบสอบถามมีความเชื่อมั่นเป็น 0.74

(ดูรายละเอียดจากการางที่ 3 และ รายละเอียดการคำนวณจากหน้า 283 ในภาคผนวก ข)

3. การทดลองใช้บทเรียนแบบโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง "ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี"

3.1 การทดลองขั้นหนึ่งคน

การทดลองขั้นหนึ่งคนนี้ เป็นการทดลองให้นักเรียนเรียนบทเรียนแบบโปรแกรม เพื่อหาข้อมูลในการแก้ไขปรับปรุงบทเรียน บทเรียนแบบโปรแกรมที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ประกอบด้วย 273 กรอบ 428 คำตอบ ปรากฏผลการทดลอง ดังนี้

3.1.1 การทดลองขั้นหนึ่งคนครั้งหนึ่ง

นักเรียนทำแบบสอบถามก่อนเรียนบทเรียนไครอยละ 51.43

ทำบทเรียนแบบโปรแกรมไครอยละ 94.63

ทำแบบสอบถามหลังเรียนบทเรียนไครอยละ 91.42

และใช้เวลาเรียนบทเรียนแบบโปรแกรม 7 ชั่วโมง 9 นาที

หลังจากได้ทำการทดลองขั้นหนึ่งคนครั้งหนึ่งแล้ว ผู้วิจัยได้แก้ไขปรับปรุงบทเรียน

ดังนี้

1. แก้ไขข้อความและขยายความเนื้อหาในกรอบที่นักเรียนเข้าใจผิดให้ชัดเจน
2. แก้ไขคำถามในกรอบให้เป็นแนวทางในการตอบคำถามได้ถูกต้อง

ตัวอย่างกรอบที่แก้ไข



กรอบที่ 14

กรอบเดิม

14

อิเล็กโทรไลต์ เป็นสารที่ละลายน้ำแล้วจะแตกตัวเป็นไอออนให้สารละลายที่นำไฟฟ้าได้ แต่สารละลายจะนำไฟฟ้าได้ก็เพียงใด ขึ้นอยู่กับปริมาณการแตกตัวเป็นไอออนของสารอิเล็กโทรไลต์ ถ้ามีการแตกตัวเป็นไอออนมาก สารละลายจะนำไฟฟ้าได้ดี ถ้ามีการแตกตัวเป็นไอออนน้อย สารละลายจะนำไฟฟ้าได้น้อย

อิเล็กโทรไลต์ ก และ ข เมื่อละลายน้ำเป็นสารละลายที่มีความเข้มข้นเท่ากัน สารละลายอิเล็กโทรไลต์ ก และสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ข มีคุณสมบัตินำไฟฟ้าได้ _____

กรอบที่แก้ไขแล้ว

14

อิเล็กโทรไลต์ เป็น สารที่ละลายน้ำแล้วจะแตกตัวเป็นไอออนให้สารละลายที่นำไฟฟ้าได้ แต่สารละลายจะนำไฟฟ้าได้ก็เพียงใด ขึ้นอยู่กับปริมาณการแตกตัวเป็นไอออนของสารอิเล็กโทรไลต์ ถ้ามีการแตกตัวเป็นไอออนมาก สารละลายจะนำไฟฟ้าได้ดี ถ้ามีการแตกตัวเป็นไอออนน้อย สารละลายจะนำไฟฟ้าได้น้อย

อิเล็กโทรไลต์ ก และ ข เมื่อละลายน้ำ เกิดการแตกตัวเป็นไอออนได้ไม่เท่ากัน สารละลายอิเล็กโทรไลต์ ก และสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ข มีคุณสมบัตินำไฟฟ้าได้ _____

สาเหตุที่แก้ไข เพื่อให้ผู้เรียนสามารถสรุปคำตอบได้ชัดเจนขึ้น

กรอบที่ 16

กรอบเดิม

16

สารที่ละลายน้ำแล้วให้สารละลายที่นำไฟฟ้าได้ดีมาก โดยที่ สารนั้นแตก
ตัวเป็นไอออนอย่างสมบูรณ์ โคแก่ กรด - เบส ที่มีความแรงในการแตกตัวสูง เช่น
NaOH, HCl เกลือที่ละลายน้ำได้ สารเหล่านี้ เป็น อิเล็กโทรไลต์แก่

อิเล็กโทรไลต์แก่ คือ _____

กรอบที่แก้ไข

16

สารที่ละลายน้ำแล้วให้สารละลายที่นำไฟฟ้าได้ดีมาก โดยที่ สารนั้นแตก
ตัวเป็นไอออนอย่างสมบูรณ์ โคแก่ กรด - เบส ที่มีความแรงในการแตกตัวสูง เช่น
NaOH, HCl เกลือที่ละลายน้ำได้ สารเหล่านี้ เป็น อิเล็กโทรไลต์แก่

อิเล็กโทรไลต์แก่ คือ _____

_____ โดยที่สารนั้นแตกตัวเป็นไอออน

สาเหตุที่แก้ไข เพื่อให้นักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้องและตรงกัน

3.1.2 การทดลองชั้นหนึ่งคนครั้งที่สอง

นัก เรียนท่าแบบสอบก่อนเรียนบทเรียนไครอยละ 34.28

ท่าบทเรียนแบบโปรแกรมไครอยละ 90.19

ท่าแบบสอบหลังเรียนบทเรียนไครอยละ 85.71

และใช้เวลาเรียนบทเรียนแบบโปรแกรม 7 ชั่วโมง 42 นาที

หลังจากได้ทำการทดลองชั้นหนึ่งคนครั้งที่สองแล้ว ผู้วิจัยได้แก้ไขปรับปรุง บทเรียนดังนี้

1. เพิ่มกรอบใหม่ เพื่อขยายความของเนื้อหาให้ชัดเจนขึ้น
2. แก้ไขข้อความและขยายความเนื้อหาในกรอบที่นักเรียนเข้าใจผิดให้ชัดเจน
3. แก้ไขคำถามในกรอบให้เป็นแนวทางในการตอบคำถามได้ถูกต้อง
4. เปลี่ยนแปลงกรอบที่ยกย้อ และไม่เหมาะสมเสียใหม่

ตัวอย่างกรอบที่แก้ไข

กรอบที่ 4-7 จากกรอบเดิมหนึ่งกรอบแยกเป็นสามกรอบ

กรอบเดิม

4

เมื่ออะตอม หรือ กลุ่ม อะตอม เสียอิเล็กตรอนไปอย่างน้อย 1 ตัว ส่วนที่เหลือจะมีประจุไฟฟ้าบวก เรียกส่วนที่เหลือนี้ว่า ไอออนบวก

เมื่ออะตอม หรือ กลุ่มอะตอม ใ้รับอิเล็กตรอนเพิ่มเข้ามาอย่างน้อย 1 ตัว ทำให้อะตอมหรือกลุ่มอะตอมนั้น มีประจุไฟฟ้าลบ เรียกว่า ไอออนลบ

ไอออนบวก หมายถึง _____

ไอออนลบ หมายถึง _____

กรรมที่แก้ไขแล้ว

4

เมื่ออะตอม หรือ กลุ่มอะตอม เสียอิเล็กตรอนไปอย่างน้อย 1 ตัว ส่วนที่เหลือ
จะมีประจุไฟฟ้าบวก เรียกส่วนที่เหลือนี้ว่า อีออนบวก

อีออนบวก หมายถึง _____

ซึ่งเกิดจากการที่อะตอมหรือกลุ่มอะตอมนั้น เสียอิเล็กตรอนไปอย่างน้อย 1 ตัว

5

อีออนบวก คือ อะตอมหรือกลุ่มอะตอมที่มีประจุไฟฟ้าบวก ซึ่งเกิดจากการที่
อะตอมหรือกลุ่มอะตอมนั้น เสียอิเล็กตรอนไปอย่างน้อย 1 ตัว เช่น

ธาตุ H เสียอิเล็กตรอน 1 ตัว เกิดเป็น H^+ อีออน

ธาตุ Be เสียอิเล็กตรอน 2 ตัว เกิดเป็น Be^{2+} อีออน

ธาตุ Ca เสียอิเล็กตรอน 2 ตัว เกิดเป็น Ca^{2+} อีออน

จากตัวอย่างนี้ อีออนบวก ได้แก่ _____

6

เมื่ออะตอม หรือกลุ่มอะตอม ได้รับอิเล็กตรอน เพิ่มเข้ามาอย่างน้อย 1 ตัว ทำให้อะตอม หรือ กลุ่มอะตอม นั้น มีประจุไฟฟ้าลบ เรียกว่า อีออนลบ

อีออนลบ หมายถึง _____

ซึ่งเกิดจากการที่อะตอมหรือกลุ่มอะตอมได้รับอิเล็กตรอนเพิ่มขึ้นอย่างน้อย 1 ตัว

7

อีออนลบ เป็น อะตอม หรือ กลุ่มอะตอมที่มีประจุไฟฟ้าลบ ซึ่งเกิดจากการที่อะตอมหรือกลุ่มอะตอมได้รับอิเล็กตรอนเข้ามาอย่างน้อย 1 ตัว เช่น

ธาตุ F ได้รับอิเล็กตรอน 1 ตัว เกิดเป็น F^- อีออน

ธาตุ S ได้รับอิเล็กตรอน 2 ตัว เกิดเป็น S^{2-} อีออน

จากตัวอย่างนี้ _____

_____ เป็น อีออนลบ

สาเหตุที่แก้ไข เพื่อให้นักเรียนได้เห็นตัวอย่างของอีออนบวก และอีออนลบ และเข้าใจชัดเจน

กรอบที่ 18

กรอบเก็บ

18

มีสารอีกพวกหนึ่ง ที่ละลายน้ำ แต่ไม่เกิดไอออนขึ้นในสารละลาย สารละลาย
ของสารพวกนี้ จึงไม่นำไฟฟ้า ไคแก น้ำตาล แอลกอฮอล์ เรียกสารพวกนี้ว่า
นอนอิเล็กโทรไลต์ (Non-electrolyte)

นอนอิเล็กโทรไลต์ คือ สารที่ละลายน้ำแล้ว ให้สารละลายที่ _____

กรอบที่แก้ไขแล้ว

18

มีสารอีกพวกหนึ่ง ที่ละลายน้ำได้ แต่ไม่เกิดไอออนขึ้นในสารละลาย สาร
ละลายของสารพวกนี้ จึงไม่นำไฟฟ้า ไคแก น้ำตาล แอลกอฮอล์ เรียกสาร
พวกนี้ว่า นอนอิเล็กโทรไลต์ (Non-electrolyte)

นอนอิเล็กโทรไลต์ คือ สารที่ละลายน้ำแล้ว ให้สารละลายที่ไม่เกิดไอออน
ขึ้น จึง _____

สาเหตุที่แก้ไข เพื่อให้นักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้องและตรงกัน

กรอบที่ 46

กรอบเดิม

46

เลขออกซิเดชันของ Fe ใน $FeCl_3 = +3$

เลขออกซิเดชันของ Fe ใน $K_3Fe(CN)_6 = +3$

เลขออกซิเดชันของ Fe ใน $K_4Fe(CN)_6 = +2$

นั่นคือ เลขออกซิเดชันของธาตุเดียวกัน ในสารประกอบหรือไอออน ที่ต่าง
กันอาจมีค่า _____

กรอบที่แก้ไขแล้ว

46

เลขออกซิเดชันของ Fe ใน $FeCl_3 = +3$

เลขออกซิเดชันของ Fe ใน $K_3Fe(CN)_6 = +3$

เลขออกซิเดชันของ Fe ใน $K_4Fe(CN)_6 = +2$

นั่นคือ เลขออกซิเดชันของธาตุเดียวกันในสารประกอบหรือไอออนที่ต่างกัน
อาจมีค่า _____ หรือ _____

สาเหตุที่แก้ไข เพื่อให้นักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้องและตรงกัน

กรอบที่ 96

กรอบเดิม

96

ปฏิกิริยาครีงเซลล์ในบีกเกอร์ที่มีโลหะ Zn กับสารละลาย Zn^{2+} เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน มีโลหะสังกะสี เป็นขั้วไฟฟ้าขั้วหนึ่งของเซลล์ไฟฟ้าเคมี เรียกขั้วไฟฟ้า หรือครึ่งเซลล์ที่มีปฏิกิริยาออกซิเดชัน เกิดขึ้นว่า เป็น อานอด

ในเซลล์ไฟฟ้าเคมีดังกล่าว อานอด คือ _____ หรือ _____ ที่ประกอบด้วยโลหะ Zn กับสารละลาย Zn^{2+} เพราะว่า เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

กรอบที่แก้ไขแล้ว

96

ปฏิกิริยาครีงเซลล์ในบีกเกอร์ที่มีโลหะ Zn กับสารละลาย Zn^{2+} เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน มีโลหะ Zn เป็นขั้วไฟฟ้า

อานอด คือ ขั้วไฟฟ้าหรือ ครึ่งเซลล์ที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ดังนั้น โลหะ Zn หรือครึ่งเซลล์ที่ประกอบด้วย Zn กับสารละลาย

Zn^{2+} เป็น _____ เพราะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

สาเหตุที่แก้ไข เพื่อให้ให้นักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้อง และเพื่อรักษาที่สื่อความหมายไว้ดีกว่า

กรอบที่ 179

กรอบเดิม

179

ตั้งใจกล่าวนมาแล้วว่า การบูรณของเหล็กนั้น เหล็กจะเสียอิเล็กตรอน กลายเป็น Fe^{2+} อีออน และน้ำกับออกซิเจนจะมารับอิเล็กตรอนไปเกิดเป็น OH^{-} อีออน

สารในสารละลายอื่น ที่แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า เหล็กเกิดการบูรณ คือ _____ โดยจะเปลี่ยนสีเป็น _____

กรอบที่แก้ไขแล้ว

179

ตั้งใจกล่าวนมาแล้วว่า การบูรณของเหล็กนั้น เหล็กจะเสียอิเล็กตรอน กลายเป็น Fe^{2+} อีออน และน้ำกับออกซิเจนจะมารับอิเล็กตรอนไปเกิดเป็น OH^{-} อีออน

สารในสารละลายอื่น ที่แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า เหล็กเกิดการบูรณ คือ _____ โดยสารละลายจะเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำเงิน

สาเหตุที่แก้ไข เพื่อให้นักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้องและตรงกัน

กรอบที่ 194

กรอบเดิม

194

การชุบเหล็กด้วยโลหะที่ออกไขของ โลหะนั้นละลายตัวได้ยาก เช่น โลหะ-โครเมียม อลูมิเนียม เพราะการบุกรุกของ โลหะประเภทนี้ในบรรยากาศ จะเกิดออกไซด์เป็นชั้นบางๆ ควบคุมไว้ ป้องกันการสัมผัสกับน้ำและออกซิเจนในอากาศ

การชุบเหล็กด้วย _____

จัดเป็นการป้องกันการ เกิดสนิมเหล็กได้อีกวิธีหนึ่ง

กรอบที่แก้ไข

194

การชุบเหล็กด้วยโลหะที่ออกไขของ โลหะนั้นละลายตัวได้ยาก เช่น โลหะ-โครเมียม อลูมิเนียม ก็ป้องกันการ เกิดสนิมเหล็กได้ เพราะการบุกรุกของ โลหะประเภทนี้ในบรรยากาศ จะเกิดออกไซด์ที่ละลายตัวได้ยากปกคลุมไว้ ป้องกัน โลหะนั้นและเหล็กไม่ให้สัมผัสกับน้ำและออกซิเจนในอากาศ

การชุบเหล็กด้วย _____

เช่น _____ จัดเป็นการป้องกันการ เกิดสนิมเหล็กได้อีกวิธีหนึ่ง

สาเหตุที่แก้ไข เพื่ออธิบายเนื้อหาให้ชัดเจน และให้แนวทางในการตอบคำถามให้โดยตรงกัน

หลังจากได้แก้ไขปรับปรุงบทเรียนเรียบร้อยแล้ว ปรากฏว่า บทเรียนแบบโปรแกรม ประกอบด้วย 276 กรอบ 429 คำตอบ

3.2 การทดลองขั้นกลุ่มเล็ก

หลังจากปรับปรุงแก้ไขบทเรียนที่ได้ทำการทดลองขั้นหนึ่งคนแล้ว จึงนำบทเรียนมาทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง 10 คน ปรากฏผลดังนี้

นัก เรียนทำแบบสอบ ก่อนเรียนบทเรียนได้เฉลี่ยร้อยละ 34.85

ทำบทเรียนแบบโปรแกรมได้เฉลี่ยร้อยละ 93.26

ทำแบบสอบหลังเรียนบทเรียนได้เฉลี่ยร้อยละ 79.99

และใช้เวลาเรียนบทเรียนแบบโปรแกรมเฉลี่ย 7 ชั่วโมง 18 นาที

(ดูรายละเอียดการวิเคราะห์ผลการทดลองบทเรียนขั้นกลุ่มเล็กได้จาก ตารางที่ 4 ในภาคผนวก ข.)

หลังจากการทดลองขั้นกลุ่มเล็กแล้ว ผู้วิจัยได้พิจารณาแก้ไขปรับปรุงบทเรียนอีกครั้งหนึ่ง โดยแก้ไขและเพิ่มเติมข้อความในกรอบบางกรอบ เมื่อแก้ไขบทเรียนเรียบร้อยแล้ว ปรากฏว่า บทเรียนแบบโปรแกรมประกอบด้วย 276 กรอบ 428 คำตอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างกรอบที่แก้ไข

กรอบที่ 22

กรอบเดิม

22

ธาตุอิสระทุกชนิด ไม่ว่าจะธาตุหนึ่ง หรือ โมเลกุลจะประกอบด้วยอะตอมก็ตาม หรือ โมเลกุลที่ประกอบด้วยธาตุที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีเท่ากัน เช่น Na , S_8 , O_2 ถูกกำหนดค่าเลขออกซิเดชัน เป็น ศูนย์

ดังนั้น P_4 มีค่าเลขออกซิเดชัน เป็น _____

กรอบที่แก้ไข

22

ธาตุอิสระทุกชนิด ไม่ว่าจะธาตุหนึ่ง หรือ โมเลกุลจะประกอบด้วยอะตอมก็ตาม เช่น Na , S_8 , O_2 ถูกกำหนดค่าเลขออกซิเดชันเป็น ศูนย์

ดังนั้น P_4 มีค่าเลขออกซิเดชัน เป็น _____

สาเหตุที่แก้ไข คือข้อความ "โมเลกุลที่ประกอบด้วยธาตุที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีเท่ากัน" ออก เนื่องจากข้อความนี้ ทำให้นักเรียนเข้าใจสับสน

กรอบที่ 36

กรอบเดิม

36

ถ้าเลขออกซิเดชัน ของ K ในสารประกอบ KI เป็น +1 เลขออกซิเดชันของ I ในสารประกอบ KI เป็นเท่าใด

1. _____
2. เลขออกซิเดชันของ K = +1
3. ในสารประกอบใดๆ ผลบวกของเลขออกซิเดชันของอะตอมทั้งหมด = 0
4. _____

x = _____

เลขออกซิเดชันของ I ในสารประกอบ KI เป็น _____

กรอบที่แก้ไขแล้ว

36

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถ้าเลขออกซิเดชัน ของ K ในสารประกอบ KI เป็น +1 เลขออกซิเดชันของ I ในสารประกอบ KI เป็น _____

สาเหตุที่แก้ไข เพื่อรวบรัดให้กรอบสั้นลง และสร้างความน่าสนใจให้แก่นักเรียน

กรอบที่ 80

กรอบเดิม

80

ปฏิกิริยาระหว่างโลหะ Cu กับสารละลาย AgNO_3 เขียนเป็นสมการ
แสดงปฏิกิริยาย่อยและปฏิกิริยารวมได้ ดังนี้



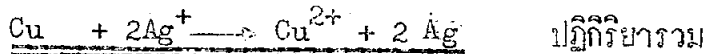
สมการแสดงปฏิกิริยาระหว่างโลหะ Cu กับสารละลาย AgNO_3

คือ _____

กรอบที่แก้ไขแล้ว

80

ปฏิกิริยาระหว่างโลหะ Cu กับ Ag^+ อุดมในสารละลาย AgNO_3
เขียนเป็นสมการแสดงปฏิกิริยาย่อยและปฏิกิริยารวมได้ ดังนี้

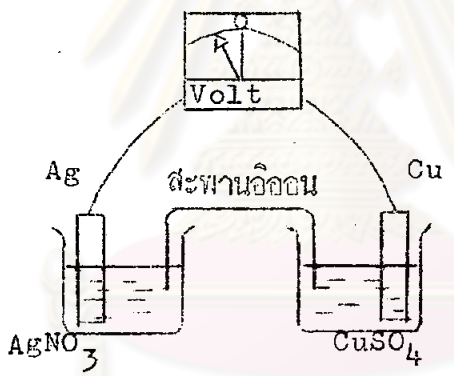


สมการแสดงปฏิกิริยาระหว่างโลหะ Cu กับสารละลาย AgNO_3 ซึ่งมี Ag^+
อุดมอยู่คือ _____

สาเหตุที่แก้ไข เพื่อเน้นให้นักเรียนเข้าใจว่า สารที่ทำปฏิกิริยา เป็น Ag^+ อุดม
และให้นักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้องและตรงกัน

91

ปฏิกิริยาระหว่าง โลหะกับสารละลายที่มีไอออนของโลหะ เช่น Cu กับสารละลาย $AgNO_3$ เป็นปฏิกิริยาที่มีการถ่ายเทอิเล็กตรอน เราอาจแสดงให้เห็นว่ามีการถ่ายเทอิเล็กตรอนได้ โดยจัดให้ทองแดงกับ Ag^+ ไอออนไม่สัมผัสกันโดยตรง แล้วนำโวลต์มิเตอร์ที่เชื่อมเบนตามทิศทางการไหลของอิเล็กตรอน มาเชื่อมกับโลหะทั้งสอง มีสะพานไอออนให้ครบวงจรดังรูป



เข็มของโวลต์มิเตอร์เบนจากขั้วโลหะทองแดงไปยังโลหะเงิน และเมื่อทิ้งไว้สักครู่ พบว่า ในมีกเกอร์ที่มีสารละลาย $CuSO_4$ และแผ่นทองแดงจุ่มอยู่ในสีน้ำเงินเกิดขึ้นรอบๆ แผ่นทองแดงส่วนที่จุ่มอยู่ในสารละลาย

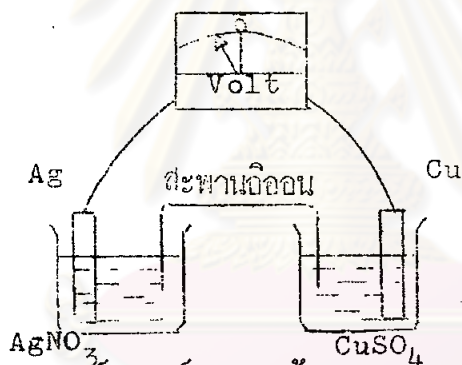
คาดคะเนได้ว่า อิเล็กตรอนที่เกิดจาก Cu กลายเป็น Cu^{2+} จะผ่านไปตามลวดตัวนำไปยังโลหะเงิน ซึ่งเป็นทิศทางเดียวกันกับการเบนของเข็มโวลต์มิเตอร์

สิ่งที่แสดงถึง การถ่ายเทอิเล็กตรอน ในปฏิกิริยาระหว่าง โลหะกับสารละลายที่มีไอออนของโลหะ โลหะใดแก่ _____ ที่นำมาต่อกับวงจร

กรอบที่แก้ไขแล้ว

91

ปฏิกิริยาระหว่าง โลหะกับสารละลายที่มีไอออนของ โลหะ เช่น Cu กับ สารละลาย $AgNO_3$ เป็นปฏิกิริยาที่มีการถ่ายเทอิเล็กตรอน เราอาจแสดงให้เห็น ว่า มีการถ่ายเทอิเล็กตรอนได้โดย จัดให้ทองแดงกับ Ag^+ ไอออนไม่สัมผัสกันโดยตรง แล้วนำ โวลต์มิเตอร์ที่เชื่อมเบนตามทิศทางการไหลของอิเล็กตรอนมาเชื่อมกับ โลหะทั้งสอง มีสะพานไอออนให้ครบวงจร ดังรูป



เข็มของ โวลต์มิเตอร์เบนจากขั้วโลหะทองแดงไปยังขั้วโลหะเงิน และเมื่อทิ้งไว้สักครู่ พบว่า ในมีกเกอร์ที่มีสารละลาย $CuSO_4$ และแผนทองแดงจุ่มอยู่มีสีน้ำเงิน เกิดขึ้นรอบๆ แผนทองแดงส่วนที่จุ่มอยู่ในสารละลาย

โวลต์มิเตอร์ที่ใช่ เป็นชนิดที่เชื่อมเบนตามทิศทางการไหลของอิเล็กตรอน ดังนั้น เมื่อเข็มของ โวลต์มิเตอร์เบนจากขั้วโลหะทองแดงไปยังขั้วโลหะเงิน แสดงว่า อิเล็กตรอนไหลจากขั้วโลหะทองแดงไปยังขั้วโลหะเงิน โดยที่อิเล็กตรอนเกิดจากการที่ Cu กลายเป็น Cu^{2+} ไอออนผ่านไปตามลวดตัวนำไปยัง โลหะเงิน

สิ่งที่แสดงถึง การถ่ายเทอิเล็กตรอนในปฏิกิริยาระหว่าง โลหะกับสารละลายที่มีไอออนของ โลหะ ในการทดลองนี้ คือ _____

สาเหตุที่แก้ไข เพื่อขยายความให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาชัดเจน

252

เปรียบเทียบเซลล์เลกโทรไลต์กับเซลล์ไฟฟ้าเคมี พบข้อแตกต่างกันใน
ด้านการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในเซลล์ ดังนี้

เซลล์ไฟฟ้าเคมี พลังงานจากปฏิกิริยาเคมีเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า ส่วน
เซลล์เลกโทรไลต์นั้น พลังงานไฟฟ้าทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี

นอกจากนี้ ยังพบความแตกต่างในด้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและ
รีดักชัน ที่ขั้วไฟฟ้า ดังนี้

เซลล์ไฟฟ้าเคมี ปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดที่ขั้วลบ ปฏิกิริยารีดักชันเกิดที่ขั้ว
บวก ส่วนเซลล์เลกโทรไลต์นั้น ปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดที่ขั้วบวก ปฏิกิริยารีดักชัน
เกิดที่ขั้วลบ

เขียนตารางเปรียบเทียบ

	การเปลี่ยนแปลงพลังงาน	ชนิดของปฏิกิริยาที่ขั้วไฟฟ้า
เซลล์ไฟฟ้าเคมี	1. _____ _____	2. _____ _____
เซลล์เลกโทรไลต์	3. _____ _____	4. _____ _____

252

เปรียบเทียบ เซลล์อิเล็กโทรไลต์กับ เซลล์ไฟฟ้าเคมี พบข้อแตกต่างกันในกาน การเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในเซลล์ ดังนี้

เซลล์ไฟฟ้าเคมี พลังงานจากปฏิกิริยาเคมีเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า ส่วน เซลล์อิเล็กโทรไลต์นั้น พลังงานไฟฟ้าทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี

นอกจากนี้ ยังพบความแตกต่างในกานการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และรีดักชันที่ขั้วไฟฟ้า ดังนี้

เซลล์ไฟฟ้าเคมี ปฏิกิริยาออกซิเดชัน เกิดที่ขั้วลบ ปฏิกิริยารีดักชันเกิดที่ขั้วบวก เพราะว่าขั้วลบ เป็นขั้วที่อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ออก ขั้วบวกเป็นขั้วที่อิเล็กตรอนเคลื่อนเข้าหา ส่วนเซลล์อิเล็กโทรไลต์นั้น ปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดที่ขั้วบวก ปฏิกิริยารีดักชันเกิดที่ขั้วลบ ทั้งนี้ เพราะอิออนลบในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ จะให้อิเล็กตรอนแก่ขั้วบวก อิออนบวกในสารละลายอิเล็กโทรไลต์จะรับอิเล็กตรอนจากขั้วลบ

เขียนตารางเปรียบเทียบ ได้ดังนี้

	การเปลี่ยนแปลงพลังงาน	ชนิดของปฏิกิริยาที่ขั้วไฟฟ้า
เซลล์ไฟฟ้าเคมี	1. _____ _____	2. _____ _____
เซลล์อิเล็กโทรไลต์	3. _____ _____	4. _____ _____

3.3 การทดลองภาคสนาม

หลังจากแก้ไขปรับปรุงบทเรียนแบบโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว ให้นำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง 100 คน ปรากฏผลการทดลอง ดังนี้

นักเรียนทำแบบสอบก่อนเรียนบทเรียนโคเอดีรอลละ 47.06

ทำบทเรียนแบบโปรแกรมโคเอดีรอลละ 92.88

ทำแบบสอบหลังเรียนบทเรียนโคเอดีรอลละ 81.77

(ดูรายละเอียดจากตารางที่ 5 และรายละเอียดการวิเคราะห์จากหน้า 294 ในภาคผนวก ข.)

จากผลการทดลองภาคสนาม แสดงว่า บทเรียนแบบโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง "ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี" ที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพเป็น 92.88/81.77 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน 90/90 ที่ตั้งไว้ จะเห็นว่า บทเรียนแบบโปรแกรมที่สร้างขึ้นนี้ มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 90 ตัวแรก แต่ยังไม่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 90 ตัวหลัง โดยที่นักเรียนทำบทเรียนแบบโปรแกรมโคเอดีรอลสูงกว่ามาตรฐานที่ตั้งไว้ คือ ร้อยละ 90 ตัวแรก แต่ทำแบบสอบโคเอดีรอลต่ำกว่ามาตรฐานที่ตั้งไว้ คือ ร้อยละ 90 ตัวหลัง

4. การหาความก้าวหน้าในการเรียนหลังการเรียนบทเรียน

จากผลการทดสอบก่อนและหลังเรียนบทเรียนแบบโปรแกรม โคเอดีรอลเป็นตารางเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนในการทำแบบสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก ตารางที่ 5 ผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์หาความก้าวหน้าในการเรียนหลังการเรียนบทเรียน โดยการทดสอบความแตกต่างระหว่างคะแนนการสอบก่อนการเรียนและหลังการเรียนบทเรียนแบบโปรแกรมโดยใช้ t-test ที่ระดับความมีนัยสำคัญ 0.01 ปรากฏว่า t ที่ได้จากการคำนวณ เท่ากับ 33.75384

(ดูรายละเอียดการคำนวณหา t จากหน้า 293 ในภาคผนวก ข.)

ที่ระดับความมีนัยสำคัญ 0.01 t เท่ากับ 2.58 (ที่ $df = 99$)

แต่ t ที่ได้จากผลการคำนวณ เท่ากับ 33.75384 ซึ่งมากกว่า 2.58

ดังนั้น คณะกรรมการทดสอบก่อนและหลังการเรียนแบบโปรแกรมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

จึงสรุปได้ว่า การเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง "ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี" โดยใช้บทเรียนแบบโปรแกรม ทำให้นักเรียนมีความรู้เพิ่มขึ้น

การอภิปรายผลการศึกษาวิจัย

จากผลการวิจัย ปรากฏว่า บทเรียนแบบโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง "ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี" ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเป็น 92.88/81.77 แสดงว่า บทเรียนแบบโปรแกรมนี้มีประสิทธิภาพไม่ถึงเกณฑ์มาตรฐาน 90/90 ที่กำหนดไว้ ทั้งนี้ อาจมีสาเหตุดังนี้

1. นักเรียนที่ไร้อุปกรณ์ทดลอง เป็นนักเรียนที่โตมาจากการดู ซึ่งนักเรียนบางส่วนไม่สนใจที่จะทดลองเรียนบทเรียนแบบโปรแกรมนี้ จึงไม่ตั้งใจเรียนบทเรียนอย่างเต็มที่ ทำให้นักเรียนทำแบบสอบหลังการเรียนบทเรียนแบบโปรแกรมไม่ได้อะแนนเฉลี่ยถึงร้อยละ 90 จากแบบสอบที่บอกความยากและอำนาจจำแนกพอเหมาะ

2. นักเรียนไม่เคยเรียนรู้โดยใช้บทเรียนแบบโปรแกรมมาก่อน

3. บทเรียนแบบโปรแกรมที่สร้างขึ้นประกอบด้วยจำนวนกรอบ 276 กรอบ ซึ่งต้องใช้เวลาในการเรียนประมาณ 8 ชั่วโมง และเนื้อหาของบทเรียนมีลักษณะที่นักเรียนจะก่อทำความเข้าใจเป็นขั้น ๆ จึงค่อนข้างซับซ้อนมาก แต่ในการทดลองภาคสนามนั้น นักเรียนทำบทเรียนแบบโปรแกรมต่อเนื่องกันไปทุกวัน วันละ 2 ชั่วโมง เป็นเวลา 4 วัน ทั้งนี้ไม่รวมเวลาทำแบบสอบทั้งสองครั้ง การทดลองบทเรียนค่อนข้างจะเร่งรัด ทำให้นักเรียนรู้สึกเครียดและเกิดความเบื่อหน่ายในการเรียนบทเรียน อีกทั้งไม่มีเวลาได้ทบทวนเนื้อหาให้แม่นยำก่อนทำการทดสอบหลังเรียนบทเรียน

4. ผู้วิจัยได้ให้สัมภาษณ์กับนักเรียนว่า หลังจากเก็บข้อมูลจากบทเรียนแบบโปรแกรมที่นักเรียนทดลองเรียนเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจะมอบบทเรียนให้เป็นที่สนิมคิของนักเรียน ซึ่งทำให้นักเรียนไม่ตั้งใจค้นหาความรู้จากบทเรียนอย่างเต็มที่ โดยคิดว่าจะกลับไปศึกษาใหม่อีกเมื่อโอกาสได้

5. แม้ว่าเนื้อหาในบทเรียนแบบโปรแกรมจะอยู่ในหลักสูตรที่นักเรียนจะต้องเรียน แต่การทดลองนี้ ไม่ที่ผลทดสอบคะแนนสอบของนักเรียน ทำให้นักเรียนไม่มีความตั้งใจในการทำแบบสอบเท่าที่ควร

ผลการทดลองใควา คะแนนสอบหลังเรียนบทเรียนแบบโปรแกรมของนักเรียนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานไม่มากนัก ถ้านำบทเรียนนี้ไปแก้ไขปรับปรุงอีกเล็กน้อย และนำไปทดลองกับนักเรียนที่มีความสนใจและกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้ ในช่วงเวลาที่นักเรียนพร้อมอย่างเต็มที่ ตลอดจนให้ระยะเวลาในการเรียนบทเรียนให้เพียงพอที่นักเรียนจะสามารถเลือกเวลาเรียนที่เหมาะสม สามารถจัดลำดับ และทบทวนเนื้อหาที่ได้เรียนรู้จากบทเรียนได้แม่นยำแล้ว คาดว่า บทเรียนคงจะมีประสิทธิภาพตาม เกณฑ์มาตรฐาน 90/90 อย่างแน่นอน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย