

การสร้างแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี เรื่องสมบัติของก๊าซ  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

สารนิพนธ์  
ของ  
สุลีพร แจ่มถนอม

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกการวัดผลการศึกษา

เมษายน 2542

11005 1

๗ ๖๖ ๖  
๗๘ ๘๑  
๙๒ ๙๕

๐๒๓ -

อาจารย์ที่ปรึกษาและคณะกรรมการการสอบได้พิจารณาสารนิพนธ์ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควร  
รับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกการวัดผล  
การศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

(รองศาสตราจารย์ วัณญา วิศาลาภรณ์)

คณะกรรมการสอบ

..... ประธาน

(รองศาสตราจารย์ วัณญา วิศาลาภรณ์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เขาวนา ขวลิตรำรง)

..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(อาจารย์ชวลิต รวยอาจิ้น)

อนุมัติให้รับสารนิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา  
การศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกการวัดผลการศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... ประธานกรรมการบริหารหลักสูตร

(รองศาสตราจารย์ อังคณา สายยศ)

วันที่ 7 เดือน เมษายน พ.ศ.2542

## ประกาศคุณูปการ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ ด้วยความเมตตากรุณา ให้ความอนุเคราะห์ ให้ข้อคิดเห็น แก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ เป็นอย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ วัณญา วิศาลาภรณ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ส.วาสนา ประवालพุกษ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์เชาวนา ชวลิตธำรง และอาจารย์ชวลิต รวยอาจิณ ที่ได้ให้คำแนะนำและดูแลอย่างใกล้ชิดทุกขั้นตอน จนสารนิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณไว้เป็นอย่างสูง ณ.โอกาสนี้

กราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ วัณญา วิศาลาภรณ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์กมล กลับเป็นสุข อาจารย์ชวลิต รวยอาจิณ อาจารย์รัตน สัมขมงคล และอาจารย์ชนะ พันธุ์กระตึก ที่สละเวลาอันมีค่า เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแก้ไขและให้คำแนะนำในการสร้างเครื่องมือเป็นอย่างดี

ขอบพระคุณผู้บริหาร-อาจารย์ โรงเรียน ภ.ป.ร.ราชวิทยาลัย ในพระบรมราชูปถัมภ์ โรงเรียนมัธยมวัดหนองแขม โรงเรียนมัธยมวัดไร่ขิง และขอบคุณนักเรียนทุกคนที่ให้ความร่วมมือมีส่วนช่วยในการดำเนินการเก็บข้อมูลสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณอาจารย์ภัทรา ภัทรภิรมย์ พี่ๆ และเพื่อนๆ โรงเรียน ภ.ป.ร.ราชวิทยาลัยฯ ทุกท่าน ที่ให้การสนับสนุนการศึกษา ช่วยเหลือในด้านเอกสารการพิมพ์ ให้กำลังใจและกำลังทรัพย์ในการวิจัยครั้งนี้ รวมทั้งผู้มีพระคุณที่ได้กล่าวนาม แต่มีส่วนช่วยให้การวิจัยครั้งนี้ประสบความสำเร็จ

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอโน้มรำลึกถึงพระคุณบิดา มารดา พระคุณของคณาจารย์ทุกท่าน แห่งมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พระคุณของครู-อาจารย์ ที่ให้การอบรมสั่งสอนและสนับสนุนการศึกษาของผู้วิจัยตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน อันพระคุณนี้หาที่เปรียบมิได้

ชุลีพร แจ่มถนอม

## สารบัญ

| บทที่ |                                                               | หน้า |
|-------|---------------------------------------------------------------|------|
| 1     | บทนำ.....                                                     | 1    |
|       | ภูมิหลัง.....                                                 | 1    |
|       | ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า.....                           | 3    |
|       | ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า.....                              | 3    |
|       | ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า.....                                 | 3    |
|       | นิยามศัพท์เฉพาะ.....                                          | 4    |
| 2     | เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....                           | 6    |
|       | เอกสารเกี่ยวกับวิชาเคมีระดับมัธยมศึกษา.....                   | 6    |
|       | การสอนเคมีในระดับมัธยมศึกษา.....                              | 6    |
|       | เนื้อหาวิชาเคมีและจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่องสมบัติก๊าซ..... | 9    |
|       | การวัดและประเมินผลการสอนวิชาเคมี.....                         | 18   |
|       | พฤติกรรมของนักเรียนที่ครูต้องการในการสอนวิชาเคมี.....         | 19   |
|       | เอกสารเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการคำนวณ.....  | 22   |
|       | ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการคำนวณ.....      | 22   |
|       | ทักษะการคำนวณที่จำเป็น.....                                   | 23   |
|       | เอกสารเกี่ยวกับแบบทดสอบอัตนัย.....                            | 24   |
|       | ความหมายและลักษณะของแบบทดสอบอัตนัย.....                       | 25   |
|       | ข้อดีและข้อเสียของแบบทดสอบอัตนัย.....                         | 26   |
|       | หลักการสร้างแบบทดสอบอัตนัย.....                               | 28   |
|       | เอกสารเกี่ยวกับแบบฝึก.....                                    | 29   |
|       | ความหมายของแบบฝึก.....                                        | 29   |
|       | ความสำคัญของแบบฝึก.....                                       | 29   |
|       | ประโยชน์ของแบบฝึก.....                                        | 30   |
|       | ลักษณะของแบบฝึก.....                                          | 31   |
|       | หลักในการสร้างแบบฝึก.....                                     | 31   |
|       | หลักจิตวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบฝึก.....               | 32   |

## สารบัญ(ต่อ)

| บทที่                                          | หน้า |
|------------------------------------------------|------|
| 2 (ต่อ)                                        |      |
| ประสิทธิภาพของแบบฝึก.....                      | 33   |
| งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....                     | 36   |
| 3     วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า.....           | 38   |
| กลุ่มตัวอย่าง.....                             | 38   |
| เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า.....         | 38   |
| การสร้างเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้า.....       | 46   |
| การเก็บรวบรวมข้อมูล.....                       | 49   |
| สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....           | 51   |
| 4     ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....                | 55   |
| สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....       | 55   |
| ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....                      | 55   |
| 5     สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....      | 73   |
| ความมุ่งหมาย และวิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า..... | 73   |
| สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....                  | 74   |
| อภิปรายผล.....                                 | 75   |
| ข้อเสนอแนะ.....                                | 77   |
| บรรณานุกรม.....                                | 78   |
| ภาคผนวก.....                                   | 82   |
| ประวัติย่อผู้วิจัย.....                        | 164  |
| บทคัดย่อ.....                                  | 165  |

## บัญชีตาราง

| ตาราง | หน้า                                                                                                              |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | ค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี..... 56                                              |
| 2     | ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์<br>คำนวณเคมี..... 57                               |
| 3     | ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี..... 57                                             |
| 4     | คะแนนแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี..... 58                                                           |
| 5     | คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังฝึก..... 58                                                              |
| 6     | ประสิทธิภาพของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี<br>เรื่อง สมบัติของก๊าซ..... 59                          |
| 7     | คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีก่อนการทำแบบฝึกและ<br>หลังการทำแบบฝึก ฉบับที่ 1 กฎของบอยล์..... 60       |
| 8     | คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีก่อนการทำแบบฝึกและ<br>หลังการทำแบบฝึก ฉบับที่ 2 กฎของชาร์ล ..... 62      |
| 9     | คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีก่อนการทำแบบฝึกและ<br>หลังการทำแบบฝึก ฉบับที่ 3 กฎรวมก๊าซ ..... 64       |
| 10    | คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีก่อนการทำแบบฝึกและ<br>หลังการทำแบบฝึก ฉบับที่ 4 กฎก๊าซสมบูรณ์แบบ..... 66 |
| 11    | คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีก่อนการทำแบบฝึกและ<br>หลังการทำแบบฝึก ฉบับที่ 5 กฎการแพร่..... 68        |
| 12    | การทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังฝึกด้วยแบบทดสอบ<br>ฉบับที่ 1 กฎของบอยล์..... 70                       |
| 13    | การทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังฝึกด้วยแบบทดสอบ<br>ฉบับที่ 2 กฎของชาร์ล ..... 71                      |
| 14    | การทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังฝึกด้วยแบบทดสอบ<br>ฉบับที่ 3 กฎรวมก๊าซ ..... 71                       |
| 15    | การทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังฝึกด้วยแบบทดสอบ<br>ฉบับที่ 4 กฎก๊าซสมบูรณ์แบบ..... 72                 |

## บัญชีตาราง(ต่อ)

| ตาราง                                                                                                     | หน้า |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 16 การทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังฝึกด้วยแบบทดสอบ<br>ฉบับที่ 5 กฎการแพร่.....                | 72   |
| 17 ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกคิดโจทย์คำนวณ<br>เคมี ฉบับที่ 1 กฎของบอยล์.....       | 83   |
| 18 ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกคิดโจทย์คำนวณ<br>เคมี ฉบับที่ 2 กฎของชาร์ล.....       | 84   |
| 19 ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกคิดโจทย์คำนวณ<br>เคมี ฉบับที่ 3 กฎรวมก๊าซ.....        | 85   |
| 20 ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกคิดโจทย์คำนวณ<br>เคมี ฉบับที่ 4 กฎก๊าซสมบูรณ์แบบ..... | 86   |
| 21 ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกคิดโจทย์คำนวณ<br>เคมี ฉบับที่ 5 กฎการแพร่.....        | 87   |
| 22 ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน<br>เคมี ฉบับที่ 1 กฎของบอยล์.....          | 88   |
| 23 ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน<br>เคมี ฉบับที่ 2 กฎของชาร์ล.....          | 89   |
| 24 ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน<br>เคมี ฉบับที่ 3 กฎรวมก๊าซ.....           | 90   |
| 25 ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน<br>เคมี ฉบับที่ 4 กฎก๊าซสมบูรณ์แบบ.....    | 91   |
| 26 ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน<br>เคมี ฉบับที่ 5 กฎการแพร่.....           | 92   |
| 27 คะแนนแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึก ภาคสนาม ฉบับที่ 1 กฎของบอยล์.....                                          | 93   |
| 28 คะแนนแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึก ภาคสนาม ฉบับที่ 2 กฎของชาร์ล.....                                          | 94   |
| 29 คะแนนแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึก ภาคสนาม ฉบับที่ 3 กฎรวมก๊าซ.....                                           | 95   |
| 30 คะแนนแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึก ภาคสนาม ฉบับที่ 4 กฎก๊าซสมบูรณ์แบบ..                                       | 96   |
| 31 คะแนนแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึก ภาคสนาม ฉบับที่ 5 กฎการแพร่.....                                           | 97   |

# บทที่ 1

## บทนำ

### ภูมิหลัง

การดำรงชีวิตของมนุษย์นั้น มักจะต้องเผชิญกับปัญหา ซึ่งมีความยุ่งยากซับซ้อนต่างๆ กัน การดำเนินการแก้ปัญหาเป็นสิ่งสำคัญมาก และเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับมนุษย์ การเรียนการสอนที่จะทำให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จในชีวิตจะต้องเป็นการศึกษาที่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหา ในชีวิตประจำวันได้ และก่อให้เกิดความสุขต่อผู้เรียน (วิมล สำราญวานิช, 2537 : 27) การจัดกิจกรรมจะต้องควบคู่ระหว่างทฤษฎีและปฏิบัติ เพราะแน่ใจว่า จะพัฒนาผู้เรียนได้ทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนพัฒนาได้ทั้งร่างกายและจิตใจ อันจะทำให้เกิดความคิดเป็นและแก้ปัญหาได้

การแก้ปัญหาเป็นกระบวนการทางสมองที่ซับซ้อน ต้องอาศัยความรู้พื้นฐาน ความคิดรวบยอดและทักษะที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้นๆ (หล้า ภวภูตานนท์, 2538 : 8) ต้องอาศัยทักษะในการอ่าน ความกระตือรือร้น ความอยากรู้อยากเห็น และวิธีคิดที่มีโครงสร้างชัดเจน เป็นวิธีที่จะต้องใช้เวลามาก เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ และทักษะการคิดเป็น ครูจะต้องเตรียมการสอน และยังต้องมีความตั้งใจสูง สร้างบรรยากาศในห้องเรียน เน้นการเสริมแรงประกอบการสอน เพื่อจะฝึกฝนให้กำลังใจแก่นักเรียนในการแก้ปัญหาโดยใช้สติปัญญา มากกว่าการทำโดยไม่ใช้ความคิดพิจารณา

แม้ว่าหลักสูตรมัธยมศึกษา จะเน้นให้ผู้เรียนได้มีโอกาสฝึกฝน แก้ปัญหาอยู่เสมอ อย่างไรก็ตามในการจัดการเรียนการสอน อาจจะได้ไม่ได้เน้นให้นักเรียนใช้กระบวนการคิด เพื่อแก้ปัญหามากนัก มีวิธีการอย่างหนึ่งที่กระตุ้นให้นักเรียนได้ตื่นตัว คือการใช้แบบทดสอบไปกระตุ้น (ส.วาสนา ประवालพฤษ์, 2537 : 7) แบบทดสอบจะประกอบด้วยข้อคำถาม ที่ให้นักเรียนพิจารณาคำตอบเอง โดยจะต้องประยุกต์ความรู้จากแหล่งต่างๆ มาวางแผนเพื่อแก้ปัญหา ลักษณะของปัญหาจะเป็นปัญหาที่เลียนแบบปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน กล่าวคือจะต้องมีความสมจริงและเป็นไปได้ ถ้าเป็นการคิดคำนวณ ก็ให้มีความเป็นจริงตามสภาพปัจจุบัน เพื่อให้การฝึกฝนนั้นมีสภาพคล้ายชีวิตจริง อันเป็นแนวทางการวัดที่เรียกว่า การวัดจากสภาพจริง (Authentic Performance Measurement) และรูปแบบหนึ่งของการสอบ คือ การวัดความสามารถในการคิด การวัดประเภทนี้มีได้มุงแต่คำตอบถูกเพียงอย่างเดียว แต่ต้องการเน้นวิธีการแก้ปัญหา วิธีการพิสูจน์ มากกว่าคำตอบถูกอย่างเดียว อย่างไรก็ตามในเชิงปฏิบัติ ถ้ามีความจำเป็นต้องให้

นักเรียนเขียนตอบ ข้อสอบนั้นควรเป็นข้อสอบแบบอัตนัย เพื่อให้นักเรียนมีอิสระในการตอบอย่างเต็มที่ ให้โอกาสนักเรียนที่จะแสดงว่าเขารู้อะไร ในการตรวจให้คะแนนก็ควรจะให้คะแนนที่กระบวนการด้วย แม้คำตอบจะผิด นักเรียนควรได้คะแนนส่วนหนึ่ง เมื่อวิธีการของเขาถูกต้องตามขั้นตอนของกระบวนการ แต่ถ้าวิธีทำผิดหรือปฏิบัติไม่ถูกต้องตามขั้นตอนของกระบวนการ แม้ว่าคำตอบจะถูก ก็ควรได้คะแนนน้อยกว่ากรณีแรก (ศึกษานิเทศก์. 2534)

ในสาขาวิชาต่างๆ ของวิทยาศาสตร์นั้น วิชาเคมีนับเป็นสาขาหนึ่งที่มีความสำคัญ และเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน จุดประสงค์ของหลักสูตรวิชาเคมี นอกจากต้องการให้นักเรียนมีความรู้ในเนื้อหาวิชาเคมีแล้ว ยังต้องการให้นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ปฏิบัติตามขั้นตอนที่เหมาะสม และเจตคติทางวิทยาศาสตร์อีกด้วย เช่นต้องการให้นักเรียนเป็นผู้มีเหตุผล ยอมรับฟังความคิดเห็นของคนอื่น ให้ความร่วมมือและยอมรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นตามยุคตามสมัย ให้นักเรียนได้เข้าใจปัญหา และอิทธิพลของวิทยาศาสตร์ ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ที่มีต่อสังคมที่กำลังพัฒนา ตลอดจนสามารถแก้ปัญหาต่างๆ ในชีวิตประจำวันได้ (กระทรวงศึกษาธิการ. 2538 : 1) นั่นคือเพื่อให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหา ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ การจัดกิจกรรมในห้องเรียน จะเน้นให้นักเรียนเกิดปัญหา เพื่อมุ่งจะฝึกให้คิดและแก้ปัญหาต่อไป หนังสือเรียนเคมี และคู่มือครูตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง 2533) ของกระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งจัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จะพยายามจัดลำดับการเรียนรู้ เพื่อนำเสนอปัญหา ฝึกให้นักเรียนระบุปัญหา ตั้งสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง และสรุปผลการทดลอง อันเป็นวิธีสอนแบบแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ การแก้ปัญหาเป็นหัวใจสำคัญของการเรียนวิชาเคมี บาบารา (Barbara A. Sawrey. 1990 : 253) กล่าวว่าในการเรียนการสอนวิชาเคมีการสอนให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหา มีความสำคัญเทียบเท่ากับการสอนเนื้อหาความคิดรวบยอด การแก้ปัญหาเป็นการคิดอย่างหนึ่งที่มีระบบ ครูผู้สอนควรฝึกหรือปลูกฝังให้เกิดขึ้นในตัวนักเรียน เพราะเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดแก้ปัญหาอย่างมีขั้นตอน จะทำให้นักเรียนกล้าแสดงออก อีกทั้งสมองของนักเรียนกำลังอยู่ในระหว่างเตรียมพร้อมที่จะฝึกหัดใช้ความคิด การได้มีโอกาสฝึกคิดหาเหตุผลบ่อยๆ จะทำให้นักเรียนมีความสามารถในการตัดสินใจในการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในเนื้อหาวิชาเคมีที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณ แบบทดสอบที่ใช้ในการวัดผลสัมฤทธิ์จะเป็นการให้นักเรียนหาคำตอบโดยการคำนวณ โดยนักเรียนจะต้องใช้ทักษะการคิดแก้ปัญหาเช่นเดียวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ คือนักเรียนจะต้องทำความเข้าใจ โดยพิจารณาแยกแยะระหว่างสิ่งที่กำหนดให้ และสิ่งที่โจทย์ต้องการให้มา อาศัยนิยาม กฎ ทฤษฎีต่างๆ ที่เรียนมาว่า ในบรรดาสิ่งที่กำหนดให้กับเงื่อนไขที่ได้เพิ่มเติม มีความเกี่ยวข้องกันอย่างไร มีเงื่อนไขอะไรเพิ่มเติมอีกหรือไม่ คิดหาวิธีการแก้ปัญหา ดำเนินการคำนวณจนกระทั่งได้ผลลัพธ์ซึ่งเป็นคำตอบที่ถูกต้อง ดังนั้นการ

ใช้การตอบถูกผิด หรือใช้แบบทดสอบเลือกตอบมาฝึกหัดหรือประเมินผลในการแก้ปัญหา จะทำให้ผลการวัดผิดพลาดได้ เพราะการที่นักเรียนไม่ได้คะแนนจากการทำแบบทดสอบ ไม่ได้หมายความว่า นักเรียนไม่มีความรู้ในเรื่องนั้น แต่การที่นักเรียนทำแบบทดสอบโดยแสดงวิธีการและขั้นตอนการคิดแก้ปัญหา จะเป็นการฝึกให้นักเรียนเรียนรู้วิธีการแก้ปัญหามีระบบ นอกจากนั้นถ้าครูผู้สอนได้พิจารณาผลการทำของนักเรียนอาจจะทำให้ทราบว่านักเรียนมีความบกพร่อง ผิดพลาด หรือยังไม่รู้ในขั้นตอนใด

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะสร้างแบบฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี ที่มีลักษณะเป็นแบบทดสอบให้นักเรียนแสดงขั้นตอนกระบวนการคิดแก้ปัญหา และศึกษาว่าผลการฝึกการคิด โจทย์คำนวณเคมีด้วยแบบฝึก จะส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหรือไม่

### ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

เพื่อสร้างแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี เรื่องสมบัติของก๊าซ ที่มีลักษณะเป็นแบบทดสอบให้นักเรียนแสดงขั้นตอนกระบวนการคิดแก้ปัญหา ที่มีคุณภาพ

### ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

จากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ทำให้ได้แบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี ที่มีลักษณะเป็นแบบทดสอบให้นักเรียนแสดงขั้นตอนกระบวนการคิดแก้ปัญหา ที่มีคุณภาพ และทำให้ทราบว่า ผลการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมีด้วยแบบฝึก จะมีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี หรือไม่ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบฝึก ซึ่งเป็นนวัตกรรมประกอบการเรียน เพื่อขยายผล การใช้ให้กว้างขวางต่อไป

### ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียน ภ.ป.ร.ราชวิทยาลัย ในพระบรมราชูปถัมภ์ อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม ที่เรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ และสอบไม่ผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาเคมี เรื่องสมบัติของก๊าซ

เนื้อหา ที่ใช้ในการสร้างแบบฝึก คือ วิชาเคมี (ว 031) เรื่อง สมบัติของก๊าซ

ระยะเวลา ที่ใช้ในการสร้างแบบฝึก ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2541

## นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การฝึก หมายถึง กิจกรรมที่นักเรียนปฏิบัติแบบฝึกหลังจากเรียนเรื่อง สมบัติของก๊าซ ในการวิจัยนี้ โดยใช้แบบฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมีด้วยแบบทดสอบ ให้นักเรียนแสดงขั้นตอนกระบวนการคิดแก้ปัญหา

2. โจทย์คำนวณ หมายถึง การถามที่มีโจทย์หรือเงื่อนไขที่เป็นภาษาให้นักเรียนหาคำตอบจากเงื่อนไขที่กำหนดให้ โดยอาศัย นิยาม กฎ ทฤษฎี ความรู้ที่เรียนมา คำนวณจนได้ผลลัพธ์ตามเงื่อนไขที่ต้องการ

3. การฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี หมายถึง การฝึกทำโจทย์คำนวณเคมีที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยนักเรียนจะต้องฝึกทำโดยแสดงขั้นตอนกระบวนการคิดแก้ปัญหา

4. คุณภาพของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี หมายถึง คุณลักษณะของแบบทดสอบวัดกระบวนการคิดแก้ปัญหาโจทย์คำนวณเคมีด้านต่างๆ ดังนี้

4.1. ความเที่ยงตรง (Validity) ของแบบทดสอบ หมายถึง คุณสมบัติของแบบทดสอบที่สามารถวัดสิ่งที่ต้องการวัดได้ตรงตามจุดมุ่งหมาย สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้จะทำการตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity) โดยผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ตรวจสอบ

4.2. ความยาก (Difficulty) ของข้อสอบ หมายถึง สัดส่วนของผู้ที่ทำข้อสอบข้อนั้นได้ถูก

4.3. ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ของข้อสอบ หมายถึง คุณสมบัติของข้อสอบที่สามารถแบ่งผู้สอบที่มีความสามารถระดับสูงและระดับต่ำออกจากกันได้

4.4. ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบ หมายถึง คุณสมบัติของแบบทดสอบที่มีความคงที่ในการสอบ คำนวณจากค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา ( $\alpha$  - Coefficient) ของ Cronbach

5. คุณภาพของแบบฝึกพิจารณาจาก

5.1 ประสิทธิภาพของแบบฝึกตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

80 ตัวแรก หมายถึง คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ ของการทำแบบฝึก

80 ตัวหลัง หมายถึง คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังฝึก

5.2 คะแนนของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี ก่อนและหลังการทำแบบฝึกแตกต่างกัน

6. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลรวมของคะแนนที่ได้จากการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนหลังจากการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้สร้างขึ้น

7. ผู้เชี่ยวชาญ ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดผู้เชี่ยวชาญไว้ 2 กลุ่ม คือ

7.1 ผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างแบบทดสอบ หมายถึง ผู้ที่มีคุณวุฒิปริญญาโททางการวัดผลการศึกษา จำนวน 2 ท่าน เพื่อตรวจสอบรูปแบบและภาษาของแบบทดสอบ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

7.2 ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา หมายถึง ผู้ที่มีความรู้ความสามารถและประสบการณ์ ในการสอนวิชาเคมี อย่างน้อย 5 ปี จำนวน 3 ท่าน เป็นผู้ตรวจสอบเนื้อหาวิชา

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผลการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี ผู้วิจัยเสนอตามลำดับดังนี้

1. เอกสารเกี่ยวกับวิชาเคมีในระดับมัธยมศึกษา
  - 1.1 การสอนวิชาเคมีในระดับมัธยมศึกษา
  - 1.2 เนื้อหาวิชาเคมีและจุดประสงค์การเรียนรู้เรื่องสมบัติของก๊าซ
  - 1.3 การวัดและประเมินผลการสอนวิชาเคมี
  - 1.4 พฤติกรรมของนักเรียนที่ครูต้องการในการสอนวิชาเคมี
2. เอกสารเกี่ยวกับทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ด้านการคำนวณ
  - 2.1 ความหมายของทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ด้านการคำนวณ
  - 2.2 ทักษะการคำนวณที่จำเป็น
3. เอกสารเกี่ยวกับแบบทดสอบอัตนัย
  - 3.1 ความหมายและลักษณะของแบบทดสอบอัตนัย
  - 3.2 ข้อดีและข้อเสียของแบบทดสอบอัตนัย
  - 3.3 หลักการสร้างแบบทดสอบอัตนัย
4. เอกสารเกี่ยวกับแบบฝึก
  - 4.1 ความหมายของแบบฝึก
  - 4.2 ความสำคัญของแบบฝึก
  - 4.3 ลักษณะของแบบฝึก
  - 4.4 หลักในการสร้างแบบฝึก
  - 4.5 หลักจิตวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบฝึก
  - 4.6 ประสิทธิภาพของแบบฝึก
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### เอกสารเกี่ยวกับวิชาเคมีในระดับมัธยมศึกษา

#### การสอนวิชาเคมีในระดับมัธยมศึกษา

วิชาเคมีถือว่าเป็นวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์สาขาหนึ่ง เป็นแขนงวิชาหนึ่งของวิทยาศาสตร์ กายภาพ ศึกษาเรื่องต่างๆ ของสาร (Substance) ได้แก่ ธรรมชาติ องค์ประกอบ สมบัติ ความ

สัมพันธ์ระหว่างสมบัติกับองค์ประกอบของสารนั้น การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการรวมตัวและการสลายตัวของสารทำให้เกิดสารใหม่ขึ้น ตลอดจนพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงนั้น นอกจากนี้เคมียังเป็นวิทยาศาสตร์ทางปฏิบัติการ (Experimental Science) คือความรู้เกี่ยวกับสารและการเปลี่ยนแปลงของสาร ตลอดจนกฎ และทฤษฎีต่างๆ ต้องมีพื้นฐานมาจากการทดลอง แต่การสอนเคมีในระดับมัธยมศึกษาสมัยก่อนหรือแม้กระทั่งในปัจจุบันบางโรงเรียนก็ยังปฏิบัติกันอยู่เป็นการสอนแบบบรรยาย โดยมีครูเป็นศูนย์กลางของการสอน นักเรียนต้องนั่งฟังบรรยาย แล้วจดจำความรู้ และทำความเข้าใจในเนื้อหาที่ครูบรรยาย หรือถึงแม้จะมีการให้นักเรียนทำการทดลองก็จะเป็นการทำการทดลองเพื่อพิสูจน์ความจริง เพื่อให้สอดคล้องกับทฤษฎีต่างๆ ที่เรียนมาเท่านั้น ทำให้นักเรียนขาดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขาดทักษะในขั้นตอนการทดลอง การใช้เครื่องมือ การบันทึกข้อมูล การแปลความหมายข้อมูล ทักษะที่ได้ฝึกอยู่อย่างสม่ำเสมอ คือ ทักษะในการจำ ทักษะในการคิดคำนวณ (ระจิต ตริพุทธรัตน์, 2534 : บทนำ) เพราะเนื้อหาวิชาเคมีเน้นหนักไปทางด้านคำนวณ และความจำ เช่น การเขียนปฏิกิริยาเคมี สมการเคมี สูตรเคมี การคำนวณเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ กฎต่างๆ ของก๊าซ เป็นต้น นักเรียนส่วนใหญ่จึงเรียนเคมีด้วยความไม่เข้าใจ เห็นเป็นเรื่องยากและไม่สนุก ดังนั้นผู้ที่สอนวิชาเคมีในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จึงควรที่จะต้องทำความเข้าใจความรู้พื้นฐาน และหลักในการสอนเคมีให้เกิดความเข้าใจอย่างถ่องแท้ เพื่อจะได้นำไปปรับปรุงการเรียนการสอนวิชาเคมี ให้นักเรียนเกิดพัฒนาการทางด้านความรู้ และกระบวนการมีพัฒนาการทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มากขึ้นอย่างแท้จริง เพื่อให้เกิดมโนทัศน์ (Concept) และหลักการที่สำคัญ ๆ เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาต่างๆ ซึ่งอาจจะเป็นปัญหาในชีวิตประจำวันได้

วาริรัตน์ แก้วอุไร (2538 : 2) กล่าวว่า สาเหตุที่ครูเคมีจะต้องมีความรู้ และเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เพราะว่าวิชาเคมีถือเป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่ง ความรู้ของวิทยาศาสตร์ "Science" หมายถึงความรู้ที่แสดงหรือพิสูจน์ได้ว่าถูกต้องเป็นความจริง มักได้โดยเริ่มต้นจากการสังเกต และการทดลองที่เป็นระเบียบ มีขั้นตอนและปราศจากอคติ แล้วจึงเปรียบเทียบจัดหมวดหมู่ สรุปเป็นทฤษฎีหรือกฎขึ้นแล้วจึงทฤษฎีหรือกฎที่ได้ เป็นหลักการในการศึกษาและค้นคว้าต่อไป วิธีดังกล่าวเรียกว่ากระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งไม่จำเป็นจะต้องเริ่มต้นด้วยการสังเกตหรือการวัดเสมอไป อาจเริ่มจากจินตนาการ การหยั่งรู้ แล้วทดลองดูว่าเป็นไปตามที่คิดไว้หรือไม่ หรืออาจเริ่มต้นด้วยการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นจะสามารถสรุปได้ว่าวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ค้นหาความจริงเกี่ยวกับธรรมชาติ โดยใช้กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นั่นคือ วิทยาศาสตร์ประกอบด้วยตัวความรู้วิทยาศาสตร์ และกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งทำให้ได้รู้นั้นๆ อีกด้วย

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้มาจากการใช้กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ค้นคว้า จำแนกได้ 6 ประเภท คือ

1. ข้อเท็จจริง เป็นสิ่งที่สังเกตได้โดยตรง และจะต้องคงความเป็นจริง โดยสามารถทดสอบได้ผลเหมือนเดิมทุกครั้ง แม้ว่าการสังเกตในบางครั้งอาจใช้อุปกรณ์เพื่อช่วย ในการสังเกต ผลการทดสอบก็จะต้องเหมือนเดิมทุกครั้ง ในการเสนอข้อเท็จจริง ควรบอกวิธีที่ใช้ในการสังเกตหรือ ทดลองด้วย เพื่อให้ผู้สนใจสามารถตัดสินใจได้ว่าควรเชื่อถือข้อเท็จจริงนั้นหรือไม่ และผู้สนใจสามารถ จะตรวจสอบความถูกต้องของข้อเท็จจริงได้ เช่น มวลของกำมะถันที่ทำปฏิกิริยาพอดี มวลของทอง แดงมีค่าคงที่เสมอ

2. มโนทัศน์ หรือมโนคติ หรือความคิดรวบยอด หมายถึง ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ วัตถุหรือปรากฏการณ์ต่างๆ โดยนำเอาการรับรู้ (Perception) มาสัมพันธ์กับประสบการณ์ที่มีอยู่ ของแต่ละบุคคล การที่บุคคลจะเกิดมโนทัศน์ ในสิ่งใด บุคคลนั้นจะต้องเข้าใจความหมายของสิ่ง นั้นอย่างแท้จริง และฝังแน่นในใจ ไม่ใช่เพียงแค่ท่องจำได้ ดังนั้นการเรียนการสอนมโนทัศน์ใดๆ ทั้ง ที่เป็นนามธรรม (Abstract) หรือรูปธรรม (Concrete) จะต้องพยายามจัดการเรียนการสอนให้ ชัดเจนอยู่ในลักษณะของรูปธรรมมากที่สุด เพื่อให้นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ชัดเจนและถูกต้อง ตัวอย่าง ของมโนทัศน์ จะตอบประกอบด้วยนิเวศและอิเล็กทรอนิกส์

3. หลักการ เป็นความจริงที่สามารถใช้เป็นหลักในการอ้างอิงได้ หลักการจะต้องเป็น ความจริงที่สามารถทดสอบได้ และได้ผลเหมือนเดิม ความเป็นปรนัยในตัวเอง คือทุกคนเข้าใจได้ ตรงกัน หลักการจึงเป็นมโนทัศน์ แต่มโนทัศน์ไม่จำเป็นต้องเป็นหลักการเสมอไป มโนทัศน์เกิดจาก การนำข้อเท็จจริงที่สัมพันธ์กันมาผสมผสานกัน ส่วนการนำมโนทัศน์ที่สัมพันธ์กันมาผสมผสานกัน และสามารถนำไปใช้อ้างอิงได้จะเป็นหลักการ เช่น เมื่อระบบอยู่ในสภาวะสมดุลถูกรบกวน จะทำ ให้สมดุลของระบบเสียไป ระบบจะปรับตัวไปในทิศทางที่จะทำให้ปัจจัยที่รบกวนนั้นลดลงเหลือ น้อยที่สุดแล้วระบบจะเข้าสู่สภาวะสมดุลอีกครั้งหนึ่ง

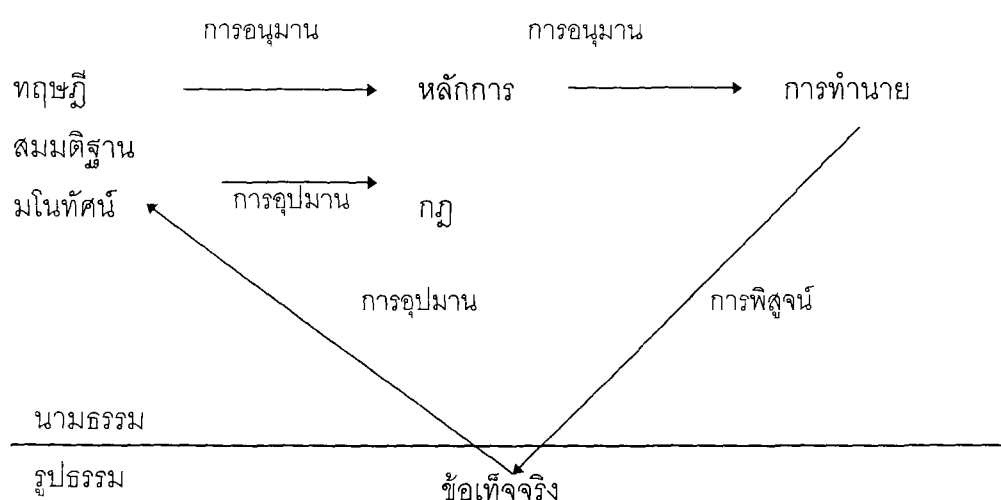
4. สมมติฐาน เป็นข้อความซึ่งเป็นคำตอบที่อาจจะเป็นไปได้ของปัญหา มักได้จากการ คาดคะเน อาจเกิดจากความเชื่อหรือความบังคลาใจ สมมติฐานใดจะเป็นที่ยอมรับหรือไม่ ขึ้นอยู่ กับหลักฐานหรือเหตุผลที่จะมาสนับสนุนหรือคัดค้าน สมมติฐานที่พิสูจน์ได้ว่าถูกต้องเป็นที่ยอมรับ ในสมัยหนึ่ง อาจเปลี่ยนหรือยกเลิกได้ เมื่อมีผู้ค้นพบความจริง หรือหลักฐานที่คัดค้าน บาง สมมติฐานที่ตั้งขึ้นไว้เป็นเวลานาน จนเป็นที่เชื่อถือได้ โดยไม่มีผลจากการสังเกต หรือการทดลอง มาหักล้างได้ สมมติฐานนั้นก็จะกลายเป็นกฎ เช่น สมมติฐานของอวกาโดร ที่กล่าวว่า “ก๊าซทุก ชนิดเมื่อมีปริมาตรเท่ากัน ภายใต้อุณหภูมิและความดันเดียวกัน จะมีโมเลกุลของก๊าซเท่ากัน” สมมติฐานนี้ปัจจุบันยอมรับว่าเป็นกฎของอวกาโดร เพราะเป็นข้อความที่แสดงความสัมพันธ์ ระหว่างปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ และจำนวนโมเลกุลของก๊าซได้อย่างถูกต้อง สำหรับการ

เรียนการสอนนั้น สมมติฐานจะต้องเป็นสิ่งที่ยังไม่เคยรู้ หรือเรียนรู้มาก่อน เพราะหากได้เคยเรียนรู้มาก่อน จะจัดเป็นเพียงข้อเท็จจริง หรือหลักการเท่านั้น ตัวอย่างเช่น เมื่อปริมาณของตัวถูกละลายเพิ่มขึ้น จุดเดือดของสารละลายจะเพิ่มขึ้นด้วย

5. ทฤษฎี เป็นข้อความซึ่งเป็นที่ยอมรับกันทั่วไป ใช้อธิบายกฎหรือหลักการ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ ในการสร้างทฤษฎี บางครั้งนักวิทยาศาสตร์อาศัยข้อมูลที่ได้จากการสังเกต หรือการทดลองแล้ว จึงใช้วิธีการอุปมาน รวมกับการสร้างจินตนาการเพื่อสร้างข้อความที่อธิบายผลการสังเกตนั้นให้ได้ บางครั้งอาจไม่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตหรือการทดลองก็ได้ แต่อาศัยความคิดสร้างสรรค์ สร้างทฤษฎีขึ้นมาและต่อมามีภายหลัง เมื่อมีปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีนั้นเกิดขึ้น ก็อาศัยทฤษฎีนั้นอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ได้ เช่น ทฤษฎีกรด - เบส ของ บรอนสเตด - เลารี ที่กล่าวว่า กรดคือสารที่ให้โปรตอน และเบสคือสารที่ได้รับโปรตอน

6. กฎ กฎกับหลักการอาจใช้แทนกันได้ กฎคือหลักการอย่างหนึ่งเป็นหลักการที่มีความสัมพันธ์ระหว่างเหตุกับผล มีความจริงในตัวของมันเอง และสามารถทดสอบได้ หากมีการทดลองใดขัดแย้งกฎนั้นก็ล้มเลิกไปได้ บางครั้งกฎสามารถเขียนสมการ แสดงความสัมพันธ์ได้ แต่กฎเองก็ไม่สามารถอธิบายให้เข้าใจได้ว่า ทำไมจึงมีความสัมพันธ์เช่นนั้น ต้องตั้งทฤษฎีขึ้นมาอธิบายความสัมพันธ์ในกฎ ดังนั้นกฎ 1 กฎ อาจสร้างทฤษฎีได้หลายทฤษฎี เพื่อที่จะนำไปใช้อธิบายกฎอื่นๆ ตัวอย่างของกฎ เช่น กฎของบอยล์ ซึ่งกล่าวว่า “ถ้าอุณหภูมิคงที่ ปริมาตรของก๊าซ จะแปรผกผันกับความดัน” ซึ่งสามารถเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้  $V = \frac{1}{P}$  ถ้า T คงที่

สรุปความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริง มโนทัศน์ หลักการ สมมติฐาน ทฤษฎี และกฎ ได้ด้วยแผนภูมิต่อไปนี้ (วาริรัตน์ แก้วอุไร 2538 : 6)



## เนื้อหาวิชาเคมีและจุดประสงค์การเรียนรู้เรื่องสมบัติของก๊าซ

ขอบเขตเนื้อหาวิชาเคมีเรื่องสมบัติของก๊าซในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายประกอบด้วย เนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการนำกฎและสูตรต่างๆไปใช้ในการคำนวณดังนี้

### กฎของบอยล์ (Boyles' Law)

ในปี ค.ศ.1662 รอเบิร์ต บอยล์ (Roert Boyle ,อ้างอิงจาก กระทรวงศึกษาธิการ.2539 : 4) นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ได้ศึกษาเกี่ยวกับสมบัติของก๊าซ ความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับ ปริมาตรของก๊าซ ที่มีจำนวนโมลคงที่และอุณหภูมิคงที่ ได้สรุปเป็นกฎ เรียกว่า “กฎของบอยล์” ดังนี้  
 “เมื่ออุณหภูมิและมวลของก๊าซคงที่ ปริมาตรของก๊าซจะแปรผกผันกับความดัน” หรือ อาจกล่าวได้ว่า ผลคูณระหว่างความดันและปริมาตรที่อุณหภูมิหนึ่งๆ จะมีค่าคงที่

ถ้ากำหนดให้ V แทนปริมาตรของก๊าซ และ P แทนความดันของก๊าซ จะแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$V \propto \frac{1}{P} \quad \text{เมื่ออุณหภูมิและมวลของก๊าซคงที่}$$

$$V = k \cdot \frac{1}{P} \quad \text{เมื่อ k เป็นค่าคงที่}$$

$$PV = k$$

ค่าคงที่ k ในสมการนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ปริมาตร มวลของก๊าซและลักษณะเฉพาะของ ก๊าซแต่ละชนิด เมื่อผลคูณระหว่างความดันกับปริมาตรของก๊าซในที่อุณหภูมิหนึ่งๆมีค่าคงที่ ดัง นั้น ถ้าให้อุณหภูมิคงที่และกำหนดให้  $P_1$  และ  $V_1$  เป็นความดันและปริมาตรที่สภาวะหนึ่ง และ  $P_2$  กับ  $V_2$  เป็นความดันและปริมาตรที่สภาวะที่สอง เขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 = k$$

ซึ่งเขียนเป็นสมการดังนี้  $P_1 V_1 = P_2 V_2$

ตัวอย่างการนำกฎของบอยล์ไปใช้ในการคำนวณ(กระทรวงศึกษาธิการ.2539 : 5)

**ตัวอย่างที่ 1** ที่อุณหภูมิ  $30^\circ\text{C}$  ก๊าซจำนวนหนึ่งมีปริมาตร  $150\text{ cm}^3$  และความดัน  $1\text{ atm}$

ถ้าก๊าซนี้เปลี่ยนปริมาตรเป็น  $225\text{ cm}^3$  จะมีความดันเป็นเท่าใด

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้  $P_1 = 1\text{ atm}$   $V_1 = 150\text{ cm}^3$   $V_2 = 225\text{ cm}^3$

สิ่งที่โจทย์ต้องการ  $P_2 = ?\text{ atm}$

จากกฎของบอยล์  $P_1 V_1 = P_2 V_2$

แทนค่าในสูตร  $1\text{ atm} \times 150\text{ cm}^3 = P_2 \times 225\text{ cm}^3$

$$P_2 = \frac{1\text{ atm} \times 150\text{ cm}^3}{225\text{ cm}^3} = \frac{2}{3}\text{ atm}$$

ก๊าซจำนวนนี้มีความดัน =  $\frac{2}{3}\text{ atm}$

ตัวอย่างที่ 2 ก๊าซไฮโดรเจนมีความดันเริ่มต้นเท่ากับ 200 มิลลิเมตรของปรอท ก๊าซชนิดนี้จะมี ความดันสุดท้ายเป็นเท่าไร ถ้าทำให้ก๊าซนี้มีปริมาตรลดลงเป็นครึ่งหนึ่งของ ปริมาตรเดิม เมื่ออุณหภูมิคงที่

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้  $P_1 = 200$  มิลลิเมตรของปรอท

$$V_1 = x \text{ ลิตร}$$

$$V_2 = \frac{x}{2}$$

สิ่งที่โจทย์ต้องการ คำนวณหา  $P_2$

จากกฎของบอยล์  $P_1 V_1 = P_2 V_2$

แทนค่า 
$$P_2 = \frac{P_1 V_1}{V_2} = \frac{200 \times x}{x / 2}$$

$$= 200 \times 2$$

$$= 400$$

ถ้าทำให้ก๊าซมีปริมาตรลดลงครึ่งหนึ่งของปริมาตรเดิม ความดันใหม่จะเท่ากับ 400 มิลลิเมตรของปรอท ณ อุณหภูมิคงที่

### กฎของชาร์ล (Charles's Law)

ปี ค.ศ. 1787 ชาร์ล (Jacques A.C Charle, อ้างอิงจาก กระทรวงศึกษาธิการ. 2539 : 5) นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสได้ศึกษาสมบัติของก๊าซ เกี่ยวกับผลของอุณหภูมิต่อปริมาตรของก๊าซ เมื่อความดันและมวลของก๊าซคงที่ จากผลการทดลองสรุปเป็นความสัมพันธ์ได้ว่า “เมื่อมวลและความดันของก๊าซคงที่ ปริมาตรของก๊าซใดๆ จำนวนหนึ่งจะแปรผันโดยตรงกับอุณหภูมิในหน่วยเคลวิน” ซึ่งต่อมาความสัมพันธ์นี้เรียกว่า กฎของชาร์ล

จากกฎดังกล่าว ถ้ากำหนดให้  $V$  แทนปริมาตรของก๊าซ และ  $T$  แทนอุณหภูมิเคลวิน จะแสดงความสัมพันธ์ดังนี้

$$V \propto T \quad \text{เมื่อความดันและมวลของก๊าซคงที่}$$

$$V = kT \quad \text{เมื่อ } k \text{ เป็นค่าคงที่}$$

หรือ 
$$\frac{V}{T} = k$$

ถ้าศึกษาการเปลี่ยนปริมาตรของก๊าซจำนวนหนึ่งที่อุณหภูมิต่างๆ เมื่อให้ความดันของก๊าซคงที่ จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและอุณหภูมิเคลวินได้ดังนี้

จะได้ความสัมพันธ์ดังนี้ 
$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = k$$

ตัวอย่างการคำนวณ กฎของชาร์ล

ตัวอย่าง ก๊าซ  $N_2$  มีปริมาตร 80 ลิตรที่อุณหภูมิ  $45^\circ C$  ก๊าซนี้จะมีปริมาตรเท่าใดที่  $0^\circ C$  ถ้าความดันของก๊าซคงที่

$$\text{สิ่งที่โจทย์กำหนดให้} \quad T_1 = 45^\circ C = 273 + 45 = 318 \text{ เคลวิน}$$

$$T_2 = 0^\circ C = 273 + 0 = 273 \text{ เคลวิน}$$

$$V_1 = 80 \text{ ลิตร}$$

สิ่งที่โจทย์ต้องการคือ คำนวณหา  $V_2$  มีค่าเท่าใด

จากกฎของชาร์ล

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$\frac{80}{318} = \frac{V_2}{273}$$

$$V_2 = \frac{80 \times 273}{318}$$

$$= 68.68 \text{ ลิตร}$$

สรุป ถ้าเปลี่ยนอุณหภูมิเป็น  $0^\circ C$  ก๊าซ  $N_2$  จะมีปริมาตร 68.68 ลิตร เมื่อความดันคงที่

กฎของเกย์ลูสแซก (Gay-Lussac's Law)

ปี ค.ศ. 1802 เกย์ลูสแซก (อ้างอิงจาก ระจิต ตริพุทธรรัตน์.2534 :10 ) นักเคมีและฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศสได้ทำการทดลองเพิ่มเติมต่อจากชาร์ล โดยให้ปริมาตรของก๊าซคงที่เพื่อที่จะให้ความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับอุณหภูมิของก๊าซ ผลที่ได้คือความดันของก๊าซใดๆ จะแปรผันโดยตรงกับอุณหภูมิ เมื่อปริมาตรคงที่ เขียนอยู่ในรูปสมการคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$P \propto T \quad \text{เมื่อ } V \text{ คงที่}$$

$$P = kT \quad \text{เมื่อ } k \text{ คือค่าคงที่}$$

$$\frac{P}{T} = k$$

เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความดันโดยปริมาตรของก๊าซยังคงเดิม จะหาอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปโดยหาจากสูตร เขียนเป็นสมการคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = k$$

ตัวอย่างการคำนวณกฎของเกย์ลุสแซก (ระจิต ตรีพุทธรัตน์.2534 :10)

ตัวอย่าง ก๊าซ  $O_2$  มีความดัน 2 atm ที่  $25^\circ C$  ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น  $100^\circ C$  ก๊าซนี้จะมีความดันเท่าใดในภาชนะที่บรรจุเดิม

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้  $T_1 = 25^\circ C = 273+25 = 298$  เคลวิน

$T_2 = 100^\circ C = 273+100 = 373$  เคลวิน

$P_1 = 2$  atm

สิ่งที่โจทย์ต้องการคือ คำนวณหา  $P_2$  มีค่าเท่าใด

จากกฎของเกย์ลุสแซก

$$\begin{aligned}\frac{P_1}{T_1} &= \frac{P_2}{T_2} \\ \frac{2}{298} &= \frac{P_2}{373} \\ P_2 &= \frac{2 \times 373}{298} \\ &= 2.50 \text{ atm}\end{aligned}$$

สรุป ถ้าอุณหภูมิเพิ่มเป็น  $100^\circ C$  ก๊าซ  $O_2$  จะมีความดันเป็น 2.50 atm ในภาชนะที่บรรจุเดิม

### กฎรวมก๊าซ

เนื่องจากปริมาตรของก๊าซขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความดัน ในการศึกษาสมบัติของก๊าซจึงนิยมศึกษาการเปลี่ยนแปลงทั้งอุณหภูมิ ความดันและปริมาตรไปพร้อมกัน และรวมกฎของบอยล์กับกฎชาร์ล เข้าด้วยกันเรียกว่า กฎรวมก๊าซ (Equation of state) เป็นสูตรที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของก๊าซ เมื่ออุณหภูมิ ความดัน และปริมาตรก๊าซเปลี่ยนไป แสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

จากกฎของบอยล์  $V \propto \frac{1}{P}$  เมื่อ T คงที่

จากกฎของชาร์ล  $V \propto T$  เมื่อ P คงที่

ดังนั้น  $V \propto \frac{T}{P}$   
 $V = \frac{k \cdot T}{P}$  เมื่อ k คือค่าคงที่

$$\frac{PV}{T} = k$$

หรือ  $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = k$

ความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้ นำไปใช้ในการคำนวณหาค่าต่างๆ ของก๊าซได้ดังตัวอย่าง

ตัวอย่างการคำนวณกฎรวมก๊าซ (กระทรวงศึกษาธิการ.2539 : 7)

ตัวอย่าง ก๊าซชนิดหนึ่งมีปริมาตร  $2.75 \text{ cm}^3$  ที่  $87^\circ\text{C}$  และความดัน  $1.5 \text{ atm}$

ก) ปริมาตรจะเป็นเท่าใดที่อุณหภูมิ  $25^\circ\text{C}$  ความดัน  $2 \text{ atm}$

ข) ความดันจะเป็นเท่าใดที่อุณหภูมิ  $50^\circ\text{C}$  และก๊าซมีปริมาตร  $3 \text{ cm}^3$

ค) อุณหภูมิจะเป็นเท่าใดที่ความดัน  $1 \text{ atm}$  และก๊าซมีปริมาตร  $2 \text{ cm}^3$

การคำนวณหาค่าต่างๆ ทำได้ดังนี้

$$\text{ก) } P_1 = 1.5 \text{ atm} \quad V_1 = 2.75 \text{ cm}^3 \quad T_1 = 273+87 = 360 \text{ K}$$

$$P_2 = 2 \text{ atm} \quad V_2 = ? \text{ cm}^3 \quad T_2 = 273+25 = 298 \text{ K}$$

จากสูตร 
$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

แทนค่าในสูตร 
$$\frac{1.5 \text{ atm} \times 2.75 \text{ cm}^3}{360 \text{ K}} = \frac{2 \text{ atm} \times V_2}{298 \text{ K}}$$

$$V_2 = 1.70 \text{ cm}^3$$

$$\text{ข) } P_1 = 1.5 \text{ atm} \quad V_1 = 2.75 \text{ cm}^3 \quad T_1 = 273+87 = 360 \text{ K}$$

$$P_2 = ? \text{ atm} \quad V_2 = 3 \text{ cm}^3 \quad T_2 = 273+50 = 323 \text{ K}$$

จากสูตร 
$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

แทนค่าในสูตร 
$$\frac{1.5 \text{ atm} \times 2.75 \text{ cm}^3}{360 \text{ K}} = \frac{P_2 \times 3 \text{ cm}^3}{323 \text{ K}}$$

$$P_2 = 1.23 \text{ atm}$$

$$\text{ค) } P_1 = 1.5 \text{ atm} \quad V_1 = 2.75 \text{ cm}^3 \quad T_1 = 273+87 = 360 \text{ K}$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} \quad V_2 = 2 \text{ cm}^3 \quad T_2 = t + 273$$

จากสูตร 
$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

แทนค่าในสูตร 
$$\frac{1.5 \text{ atm} \times 2.75 \text{ cm}^3}{360 \text{ K}} = \frac{1 \text{ atm} \times 2 \text{ cm}^3}{T_2}$$

$$T_2 = 174.5 \text{ K}$$

$$t = (174.5 - 273) \quad ^\circ\text{C}$$

$$= -98.5 \quad ^\circ\text{C}$$

### กฎของก๊าซสมบูรณ์แบบ (Ideal Gas Law)

กฎก๊าซสมบูรณ์แบบหรือสมการของก๊าซในอุดมคติ เป็นการรวมกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล และกฎของอาโวกาโดร (ระจิด ตริพุทธรัตน์. 2534 : 17) ใช้คำนวณเมื่อโจทย์กำหนดให้หาความสัมพันธ์ระหว่างความดัน ปริมาตร อุณหภูมิ และจำนวนโมลของก๊าซโดยไม่มีค่าใดคงที่

จากกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล จะได้ว่า

$$V \propto \frac{1}{P}T \quad \text{เมื่อ } n \text{ คงที่}$$

และจากกฎของอาโวกาโดร

$$V \propto n \quad \text{เมื่อ } T \text{ และ } P \text{ คงที่}$$

$$V \propto \frac{1}{P}Tn$$

$$V = R \frac{1}{P}Tn \quad \text{เมื่อ } R \text{ ค่าคงที่ของก๊าซ}$$

$$PV = nRT$$

กฎนี้มีจำนวนโมลของก๊าซเกี่ยวข้องด้วย โดยมีค่าคงที่  $R$  (gas constant) เป็นตัวกำหนดหน่วยของตัวแปรทั้งสาม คือ ความดัน ปริมาตร และอุณหภูมิ

$$\text{ถ้า } n = 1 \text{ โมล}$$

$$P = 1 \text{ atm}$$

$$V = 22.4 \text{ ลิตร (ก๊าซทุกชนิด 1 โมลจะมีปริมาตร 22.4 ลิตรที่ STP)}$$

$$T = 273 \text{ เคลวิน}$$

จากกฎของก๊าซสมมติ  $PV = nRT$

$$R = \frac{PV}{nT}$$

$$R = \frac{1 \times 22.4}{1 \times 273}$$

$$= 0.08205 \text{ l.atm.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$$

เมื่อใช้สูตรนี้จะต้องคำนึงถึงหน่วยตัวแปรต่างๆ เพราะค่า  $R$  เป็นตัวกำหนดว่า  $V$  ต้องมีหน่วยเป็นลิตร  $P$  มีหน่วยเป็น atm  $n$  มีหน่วยเป็นโมล และ  $T$  มีหน่วยเป็นเคลวิน

กฎก๊าซสมมติ  $PV = nRT$

เมื่อ  $P =$  ความดันมีหน่วยเป็น บรรยากาศ หรือ (atm)

$V =$  ปริมาตรของก๊าซมีหน่วยเป็นลิตร หรือ ( $\text{dm}^3$ )

$T =$  อุณหภูมิของก๊าซมีหน่วยเป็นเคลวิน

$n =$  จำนวนโมลของก๊าซ

$R =$  ค่าคงที่ของก๊าซมีค่าเท่ากับ  $0.08205 \text{ l.atm.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$

ตัวอย่างการคำนวณกฎก๊าซสมบูรณ์แบบ(ระจิต ตริพุทธรัตน์. 2534 : 17)

ตัวอย่าง ก๊าซ A มีปริมาตร  $800 \text{ cm}^3$  ที่อุณหภูมิ  $27^\circ\text{C}$  และมีความดัน 800 มิลลิเมตรของปรอท

ก๊าซนี้จะมีกี่โมล กำหนด  $R = 0.082 \text{ l.atm.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$

$$\text{สิ่งที่โจทย์กำหนดให้} \quad P = \frac{800}{760} \text{ atm}$$

$$V = \frac{800}{1000} \text{ ลิตร}$$

$$T = 273 + 27 = 300 \text{ เคลวิน}$$

$$R = 0.082 \text{ l.atm.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$$

สิ่งที่โจทย์ต้องการคือ คำนวณหาจำนวนโมลของก๊าซ  $n = ?$  โมล

$$\text{จากกฎก๊าซสมมติ} \quad PV = nRT$$

$$\text{แทนค่า} \quad \frac{800}{760} \times \frac{800}{1000} = n \times 0.082 \times 300$$

$$n = \frac{80}{76} \times \frac{8}{10} \times \frac{1}{0.082 \times 300} \text{ โมล}$$

$$= 0.034 \text{ โมล}$$

สรุป ก๊าซนี้มีจำนวน 0.034 โมล

### กฎการแพร่

ในปีค.ศ.1833 โทมัส เกรแฮม(Thomus Graham อ้างอิงจากกลุ่มโรงเรียนกรมสามัญศึกษาสวนกลาง กลุ่มที่ 9. 2536 : 21) พบว่าอัตราการแพร่ของก๊าซและอัตราการแพร่ผ่านของก๊าซจะแปรผกผันกับรากที่สองของความหนาแน่นของก๊าซ ภายใต้อุณหภูมิเดียวกันเรียกว่า กฎการแพร่ของเกรแฮม

ถ้า  $R$  เป็นอัตราการแพร่ของก๊าซ

$d$  เป็นความหนาแน่นของก๊าซ

$$R \propto \frac{1}{\sqrt{d}}$$

$$\text{หรือ} \quad R = \frac{k}{\sqrt{d}}$$

ถ้าเปรียบอัตราการแพร่ของก๊าซชนิดที่ 1 และชนิดที่ 2 ภายใต้สภาวะเดียวกันจะได้ดังนี้

$$R_1 = \frac{k}{\sqrt{d_1}}$$

$$R_2 = \frac{k}{\sqrt{d_2}}$$

เมื่อนำเอาสมการทั้งสองหารกันจะได้

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{\sqrt{d_2}}{\sqrt{d_1}}$$

และความหนาแน่นของก๊าซเป็นปฏิภาคโดยตรงกับมวลโมเลกุล นั่นคือ

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{\sqrt{M_2}}{\sqrt{M_1}}$$

ตัวอย่างการคำนวณกฎการแพร่ของแกรแฮม (กลุ่มโรงเรียนกรมสามัญศึกษาส่วนกลาง กลุ่มที่ 9. 2536 : 22)

ตัวอย่าง ให้เปรียบเทียบอัตราการแพร่ผ่านของก๊าซ  $\text{NH}_3$  และ  $\text{CO}_2$

$$\text{สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ } M_{\text{NH}_3} = 17$$

$$M_{\text{CO}_2} = 44$$

$$\text{สิ่งที่โจทย์ต้องการคือ อัตราส่วน } R_{\text{NH}_3} : R_{\text{CO}_2}$$

จากกฎการแพร่ของก๊าซ

$$\begin{aligned} \frac{R_1}{R_2} &= \frac{\sqrt{M_2}}{\sqrt{M_1}} \\ \frac{R_{\text{NH}_3}}{R_{\text{CO}_2}} &= \frac{\sqrt{M_{\text{CO}_2}}}{\sqrt{M_{\text{NH}_3}}} \\ &= \frac{\sqrt{44}}{\sqrt{17}} = 1.6 \end{aligned}$$

สรุป ก๊าซ  $\text{NH}_3$  จะแพร่ผ่านได้เร็วกว่าก๊าซ  $\text{CO}_2$  1.6 เท่า

สำหรับจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่องสมบัติของก๊าซ จากคู่มือครูวิชาเคมี เล่ม 2 ว 031 ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533 (กระทรวงศึกษาธิการ. 2536 : 9)มีดังนี้

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกสมบัติของก๊าซได้
2. ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิหรือความดันที่มีต่อปริมาตรของก๊าซและอัตราการแพร่ของก๊าซได้
3. บอกความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและความดันของก๊าซเมื่อมวลและอุณหภูมิคงที่ได้
4. บอกความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและอุณหภูมิของก๊าซเมื่อมวลและความดันคงที่ได้

5. บอกความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร อุณหภูมิและความดันของก๊าซเมื่อมวลคงที่ได้
6. คำนวณหาปริมาตร ความดันและอุณหภูมิเมื่อทราบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเหล่านั้นได้
7. บอกความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการแพร่ของก๊าซกับมวลโมเลกุลได้
8. เปรียบเทียบอัตราการแพร่ของก๊าซได้

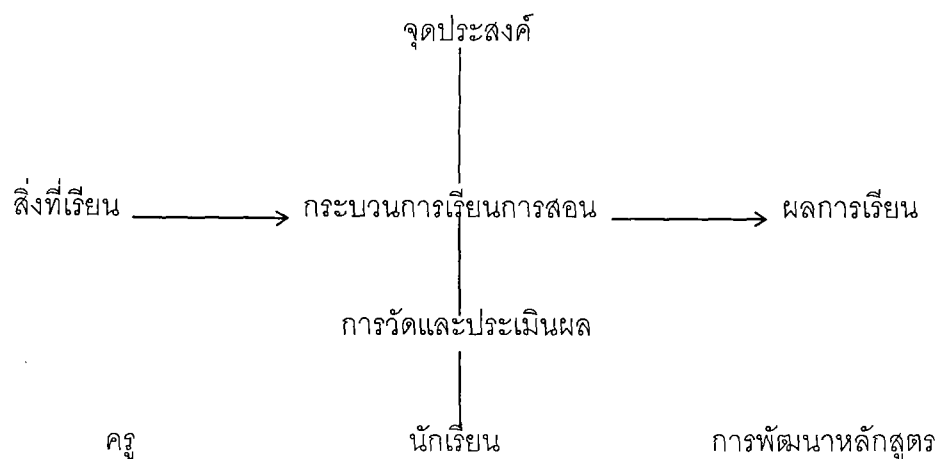
เพื่อให้สอดคล้องกับหนังสือเรียนวิชาเคมี เล่ม 2 ว 031 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) ของกระทรวงศึกษาธิการ และจุดประสงค์การเรียนรู้เรื่องสมบัติของก๊าซ ที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณ ผู้วิจัยจึงได้สร้างแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี เรื่องสมบัติของก๊าซ จำนวน 5 ฉบับ ตามกฎต่างๆ ของก๊าซดังต่อไปนี้

1. กฎของบอยล์
2. กฎของชาร์ล
3. กฎรวมก๊าซ
4. กฎก๊าซสมบูรณ์แบบ
5. กฎการแพร่ของเกรแฮม

#### การวัดและประเมินผลการสอนวิชาเคมี

การเรียนการสอนวิชาต่างๆ นั้น จะต้องมีการวัดและประเมินผลอยู่เสมอๆ เพราะจะช่วยให้ครูได้ทราบว่าการสอนของครูนั้นได้ผลดีขนาดใด นักเรียนได้เรียนรู้ตามที่ครูได้ตั้งวัตถุประสงค์การสอนในแต่ละครั้งหรือไม่ นักเรียนเกิดเจตคติที่ดีต่อวิชาเคมี เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ ตลอดจนได้ทราบว่าวิธีการสอนของครูดีหรือไม่ดีเพื่อครูจะสามารถปรับปรุงวิธีการสอนให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นๆ เนื้อหาที่สอนให้นักเรียนมีส่วนใดบ้างที่จะต้องเพิ่มเติมให้นักเรียนหรือมีส่วนใดบ้างที่ครูสอนมากกว่าความจำเป็นเมื่อได้ทำการวัดและประเมินผลแล้ว จึงมาวิเคราะห์เพื่อการปรับปรุงหลักสูตร แบบเรียน อุปกรณ์การสอน คู่มือครู ฯลฯ ทั้งนี้จะทำให้กระบวนการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพดีขึ้นตามลำดับ

ระจิต ตรีพุทธรัตน์ (2534 : 49) ได้เสนอแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของวิธีการต่างๆ และสิ่งต่างๆ ในระบบการสอนดังนี้



แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของวิธีการต่างๆ และสิ่งต่างๆ ในระบบการสอน

จะเห็นได้ว่าการวัดและประเมินผลจะมีความสำคัญและเกิดประโยชน์ต่อการเรียนการสอนเป็นอย่างมาก ครูที่มีความเอาใจใส่ต่อการเรียนการสอนจะอาศัยการวัดและประเมินผลเพื่อการปรับปรุงวิธีสอน อุปกรณ์การสอน ฯลฯ เพื่อให้เกิดผลประโยชน์ต่อนักเรียนมากที่สุดซึ่งเป็นจุดประสงค์ของการสอนของครู

### พฤติกรรมของนักเรียนที่ครูต้องการในการสอนวิชาเคมี

พฤติกรรมของนักเรียนที่เป็นสิ่งที่ครูต้องการมี 5 อย่าง(ระจิต ตรีพุทธรัตน์ 2534 : 49-54)

คือ

1. ความรู้ความเข้าใจ
2. การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
3. การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้
4. เจตคติและความสนใจ
5. ทักษะปฏิบัติการ

พฤติกรรมทั้ง 5 อย่างนี้ จำแนกเป็นรายละเอียดได้ดังนี้

1. พฤติกรรมด้านความรู้ความเข้าใจ

เป็นพฤติกรรมที่ครูได้ตั้งความหวังไว้หลังจากที่ได้สอนบทเรียนหนึ่งๆ จบไปแล้ว สิ่งต่างๆ ที่ครูตั้งความหวังไว้คือ

- 1.1. ความรู้เกี่ยวกับคำศัพท์ในวิชาเคมี
- 1.2. ความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริงที่ใช้ในวิชาเคมี
- 1.3. ความรู้เกี่ยวกับข้อตกลงที่ใช้ในวิชาเคมี
- 1.4. ความรู้เกี่ยวกับลำดับขั้นและแนวโน้ม

- 1.5. ความรู้เกี่ยวกับการจัดจำนวน ปริมาณและเกณฑ์ต่างๆ
  - 1.6. ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคและวิธีทดลองวิทยาศาสตร์
  - 1.7. ความรู้เกี่ยวกับหลักการและกฎทางวิทยาศาสตร์
  - 1.8. ความรู้เกี่ยวกับมโนคติทางวิทยาศาสตร์
  - 1.9. ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีและแนวความคิดที่สำคัญ
  - 1.10. ความสามารถในการระบุหรือบ่งชี้ความรู้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่ (นำความรู้ไปประยุกต์ใช้กับเนื้อหาใหม่ที่มีความสัมพันธ์กัน)
2. พฤติกรรมด้านการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
- เป็นพฤติกรรมที่ครูคาดหวังว่านักเรียนจะมีความสามารถด้านต่างๆ ดังนี้
- 2.1. การสังเกตและการวัด ครอบคลุมถึงความสามารถในด้านต่อไปนี้
    - 2.1.1. การสังเกตวัตถุปรากฏการณ์ต่างๆ ในช่วงขณะดำเนินการทดลอง
    - 2.1.2. การบรรยายสิ่งที่สังเกตพบโดยใช้ภาษาอย่างถูกต้อง
    - 2.1.3. การเลือกเครื่องมือที่จะดำเนินการทดลอง เพื่อการวัดได้อย่างถูกต้อง
    - 2.1.4. การเลือก และวัดขนาดของวัตถุ
    - 2.1.5. การประมาณค่าของการวัดตลอดจนรู้ข้อจำกัดของการใช้เครื่องมือ
  - 2.2. การมองเห็นปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา ประกอบด้วยขั้นตอนย่อยๆ ดังนี้
    - 2.2.1. การมองเห็นปัญหา
    - 2.2.2. การตั้งสมมติฐาน
    - 2.2.3. การเลือกวิธีการทดสอบสมมติฐาน
    - 2.2.4. การออกแบบการทดลอง เพื่อทดสอบสมมติฐาน
  - 2.3. การแปลความหมายของข้อมูลและการสรุป ประกอบด้วยขั้นตอนย่อยๆ ดังนี้
    - 2.3.1. การจัดกระทำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง
    - 2.3.2. การนำเสนอข้อมูลที่ได้
    - 2.3.3. การแปลความหมายข้อมูล
    - 2.3.4. การเพิ่มเติมความและขยายความ
    - 2.3.5. การตรวจสอบสมมติฐาน
    - 2.3.6. การสรุปผลการทดลอง
  - 2.4. การสร้างการทดลองและปรับปรุงแบบจำลอง เมื่อมีพื้นฐานความรู้เพียงพอ อาศัยประสบการณ์การออกแบบการทดลอง แบบจำลองต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับความรู้เหล่านี้ได้
  - 2.5. การใช้เครื่องมือดำเนินการทดลอง หมายถึง การเลือกใช้เครื่องมือได้อย่างถูกต้องในการทดลองหนึ่งๆ นั่นคือจะต้องมีทักษะในการใช้เครื่องมือ

### 3. พฤติกรรมด้านการนำความรู้และวิธีวิทยาศาสตร์ไปใช้

หมายความว่า การนำความรู้เดิม ประสบการณ์เดิมไปใช้ได้อย่างถูกต้องในสถานการณ์ใหม่ ซึ่งแบ่งเป็นชั้นย่อยๆ ดังนี้

- 3.1. การนำความรู้ทางเคมีที่มีอยู่เดิมไปใช้ในความรู้นใหม่ที่มีส่วนสัมพันธ์กัน
- 3.2. การนำความรู้ทางเคมีไปใช้ในวิชาวิทยาศาสตร์แขนงอื่นๆ เช่น ชีววิทยา ฟิสิกส์
- 3.3. การนำความรู้ทางเคมีไปใช้ในวิชาที่ไม่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

### 4. พฤติกรรมด้านเจตคติและความสนใจ

หมายถึง พฤติกรรมที่ดีต่อวิชาเคมีที่นักเรียนกำลังเรียนและกำลังจะเรียนต่อไป ทั้งนี้เนื่องจากเรียนวิชาเคมีโดยวิธีการสืบเสาะความรู้ เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และอื่นๆ จึงทำให้เกิดเจตคติที่ดีและสนใจในวิชาเคมีรายละเอียดด้านพฤติกรรมมีดังนี้

- 4.1. การมีเจตคติที่ดีต่อวิชาเคมีและนักเคมี
- 4.2. การยอมรับการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นแนวทางของการคิด
- 4.3. เกิดเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์
- 4.4. เกิดความสนุกสนานและเข้าใจในการเรียนวิชาเคมี
- 4.5. เกิดการพัฒนาทั้งด้านความคิด ความสนใจและกิจกรรมในวิชาเคมี
- 4.6. เกิดการพัฒนาและสนใจในการประกอบอาชีพในวิชาเคมี

### 5. พฤติกรรมด้านทักษะปฏิบัติ

หมายถึง การเกิดความชำนาญและเข้าใจในการปฏิบัติการในห้องปฏิบัติการเคมี มีความสามารถเลือกใช้เครื่องมือและเกิดความปลอดภัยขณะทำการปฏิบัติการ แบ่งเป็นชั้นย่อยๆ ดังนี้

- 5.1. มีทักษะในการปฏิบัติการและใช้เครื่องมือทั่วไป
- 5.2. มีทักษะในการปฏิบัติการโดยปราศจากอันตรายต่างๆ ในขณะที่ทำการทดลอง
- 5.3. มีความระมัดระวังและตื่นตัวเสมอในขณะที่ดำเนินการทดลอง

พฤติกรรมที่พึงประสงค์ต่างๆ เหล่านี้เป็นสิ่งที่ครูคาดหวังว่านักเรียนจะต้องบรรลุพฤติกรรมเหล่านี้ได้หมด ดังนั้น ก่อนการทำการสอนครูจึงต้องเขียนแผนการสอนเพื่อให้ครอบคลุมพฤติกรรมของนักเรียนที่ครูต้องการได้หมด

## เอกสารเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการคำนวณ

### ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการคำนวณ

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง ได้มีผู้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการคำนวณ ไว้หลายแนวความคิดด้วยกัน ดังนี้

ประณิต วิบูลย์ประพันธ์ (2521 : 51) ได้กล่าวถึง ทักษะการคำนวณว่าเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งที่จะช่วยในการเรียนวิทยาศาสตร์ นักเรียนต้องเข้าใจและมีทักษะในการบวก ลบ คูณ หาร หาค่าเฉลี่ย หาเปอร์เซ็นต์ บางครั้งอาจใช้วิชาพีชคณิต ตรรกะและสถิติเข้าร่วมด้วย เพราะส่วนหนึ่งของคณิตศาสตร์ซึ่งจะใช้มากในการคิดคำนวณค่า ซึ่งเป็นประโยชน์มากในการทดลอง

กิ่งฟ้า สีนรุณษ์ (2525 : 14) อธิบายว่า ทักษะการคำนวณ หมายถึง การวัดหรือการทดลองมาจัดกระทำให้เกิดเป็นค่าใหม่ เช่น การบวก ลบ คูณ หาร การหาค่าเฉลี่ย การหาปริมาตรของวัตถุรูปต่างๆ เป็นต้น

ผดุงยศ ดวงมาลา (2531 : 35) ได้อธิบายว่า ทักษะการคำนวณ หมายถึง การนับจำนวนของวัตถุและการนำเสนอจำนวนที่นับได้มาจัดกระทำใหม่ โดยการบวก ลบ คูณ หาร หาค่าเฉลี่ย ยกกำลังสอง การถอดกรณฑ์ และอื่นๆ

เขาวลิต ชำนาญ (2531 : 32) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการคำนวณ หมายถึง การนำค่าที่ได้จากการสังเกตเชิงปริมาณ การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่นๆ มาจัดกระทำให้เกิดค่าใหม่โดยการนับ การบวก การลบ คูณ หาร และหาค่าเฉลี่ยยกกำลังสอง เป็นต้น และใช้ในการสื่อความหมายให้ชัดเจนหรือได้ข้อมูลที่มีความหมายในเชิงสถิติเพื่อประโยชน์ในการแปลความหมายข้อมูลและสรุปผลต่อไป

สุวัฒน์ นิยมคำ (2531 : 261) ได้กล่าวว่า ทักษะการคำนวณ หมายถึง การนำตัวเลขที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง หรือจากแหล่งอื่นๆ มาจัดกระทำเพื่อให้ได้ค่าใหม่ซึ่งจะมีความหมายต่อการนำไปใช้ การจัดกระทำระหว่างตัวเลขอาจเป็นการบวก ลบ คูณ หาร การหาค่าเฉลี่ย การยกกำลังสอง การถอดกรณฑ์ เป็นต้น

ภพ เลหาไพบูลย์ (2537: 16) กล่าวว่า ทักษะการคำนวณหมายถึงความสามารถในการบวก ลบ คูณ หาร หรือจัดกระทำกับตัวเลขที่แสดงค่าปริมาณของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งได้จากการสังเกต การวัด การทดลองโดยตรงหรือจากแหล่งอื่น ตัวเลขที่นำมาคำนวณนั้นต้องแสดงค่าปริมาณในหน่วยเดียวกัน ตัวเลขใหม่ที่ได้จากการคำนวณ จะช่วยให้สื่อความหมายได้ตรงตามที่ต้องการและชัดเจนยิ่งขึ้น ตัวเลขที่นำมาคำนวณโดยทั่วไปเป็นตัวเลขที่ได้จากการใช้เครื่องมือต่างๆ วัดปริมาณของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งสิ่งที่ทำการวัดนั้นอาจเป็นความยาว น้ำหนัก ปริมาตรหรืออุณหภูมิ

จากความหมายทักษะด้านการคำนวณที่นักการศึกษาหลายๆ ท่านให้ไว้ พอจะสรุปได้ว่า ทักษะการคำนวณนั้น หมายถึง ความสามารถในการเรียนวิทยาศาสตร์โดยการนำตัวเลขซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง หรือจากแหล่งอื่นๆ มาจัดกระทำให้ได้ค่าใหม่ ด้วยวิธีการนับ การบวก การลบ การคูณ การหาร การหาค่าเฉลี่ย ยกกำลังสอง เป็นต้น เพื่อให้ค่าใหม่ที่ได้ นั้นมีความหมายชัดเจน และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการแปลความหมายและสรุปผลต่อไป

### ทักษะการคำนวณที่จำเป็น

ทักษะการคำนวณเป็นทักษะที่จำเป็นทักษะหนึ่งในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะต้องฝึกฝนให้นักเรียน ซึ่ง มังกร ทองสุขดี (2523 : 11 - 13) ได้กล่าวไว้ดังนี้ คือ

1. ฝึกให้รู้จักการหาค่าโดยประมาณ (Approximation) การรู้จักประมาณในทางการคำนวณจะช่วยตั้งสมมติฐานได้มาก
2. ฝึกให้รู้จักการหาค่าเฉลี่ย (Average) เช่น การหาค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ จะเป็นประโยชน์ต่อการหาค่าที่ถูกต้องได้
3. ฝึกให้รู้จักลำดับความสำคัญ (Ranking) ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการสำรวจ ต่อการแสดงผลงานการค้นคว้า
4. ฝึกให้รู้จักประโยชน์จากพีชคณิต (Algebra) ให้เป็นประโยชน์ต่อการแก้ปัญหา การตั้งเกณฑ์ เช่น ทฤษฎีของโอห์ม ต้องใช้กฎเกณฑ์ของพีชคณิต
5. ฝึกให้รู้จักประโยชน์ของวิชาเรขาคณิต (Geometry) เป็นวิชาที่ช่วยหาเหตุผล หาค่าความยาว ช่วยอธิบายรูปร่างลักษณะของวัตถุต่างๆ
6. ฝึกให้รู้จักประโยชน์ของการสร้างกราฟ (Graphing) เป็นประโยชน์ต่อการอธิบายผลการทดลอง จะช่วยให้นักเรียนมีผลการเรียนดีขึ้น
7. ฝึกให้รู้จักการจัดกลุ่ม (Grouping) การรู้จักจัดกลุ่มของจำนวนต่างๆ เด็กนักเรียนจะต้องคำนึงถึงหน่วยของจำนวนเหล่านั้นด้วย
8. ฝึกให้เด็กรู้จักการวัด (Measurement) การวัดเป็นสิ่งจำเป็นต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ที่เราต้องวัดปริมาณต่างๆ คือ วัดระยะทางหรือที่ว่าง (Space) วัดมวล (Mass) วัดเวลา (Time) การวัดปริมาณเหล่านี้จะต้องมีทักษะการวัดว่าจะต้องวัดอย่างไรจะเลือกใช้อุปกรณ์ชนิดใดและมีวิธีการใช้เครื่องมือเหล่านี้ได้อย่างไร
9. ฝึกให้มีทักษะในการหาร้อยละ (Percentage) ในการหาร้อยละหรือเปอร์เซ็นต์เป็นสิ่งจำเป็นในการเรียนวิทยาศาสตร์ เพราะจะแสดงให้เห็นคุณค่าว่าปริมาณนั้นมีค่ามากน้อยเท่าใดในจำนวนทั้งหมด 100 ส่วน เช่น การหาค่าความร้อนหรือการหาค่าของการได้เปรียบเชิงกล

10. ฝึกให้รู้จักตำแหน่งและค่าจำนวนต่างๆ ในการคำนวณนักเรียนจะต้องทราบและเข้าใจจำนวนต่างๆ นั้นมีค่าและหน้าที่อย่างไร เช่น ในกรณีที่มีการคำนวณเกี่ยวกับเครื่องหมาย  $+$ ,  $-$ ,  $\times$ ,  $\div$  เด็กจะต้องทราบผลของการคูณและหารก่อนทำการบวกและลบ

11. ฝึกให้รู้จักการแก้ปัญหา (Problem Solving) ในกรณีนี้ หมายถึง การรู้จักแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เช่น การแก้สมการแบบต่างๆ การหาค่ากรณ์ เป็นต้น

12. ฝึกให้รู้จักการพิสูจน์ (Prove) เราอาจจะใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ เช่น การแก้สมการพีชคณิต และเรขาคณิตเพื่อแสดงการพิสูจน์ได้

13. ฝึกให้รู้จักหาอัตราส่วน (Ratio) การเรียนวิทยาศาสตร์ เช่น การเปลี่ยนแปลงทางเคมี การถ่ายทอดพันธุกรรมทางชีววิทยา และเปลี่ยนรูปพลังงานต่างๆ ในวิชาฟิสิกส์ จะต้องการแก้ปัญหาโดยใช้อัตราส่วนอยู่เสมอ ฉะนั้นการรู้จักและเข้าใจเรื่องอัตราส่วนจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น

14. ต้องฝึกให้เข้าใจกับค่าของจำนวนเลข ค่าของจำนวนเลขย่อมมีทั้งค่ามากและค่าน้อย เช่น 1,000,000 กับ 1 ใน 1,000,000 ย่อมจะทำให้เด็กไขว้เขวหรือสับสนได้ ฉะนั้นจึงควรให้เด็กมีโอกาสเข้าใจค่าต่างๆ ว่าแตกต่างกันอย่างไร เพื่อสะดวกต่อการศึกษาในเรื่องระยะทาง ระหว่างการวิเคราะห์ การคำนวณอายุของหินชนิดต่างๆ เป็นต้น

15. ฝึกให้รู้จักศัพท์ของจำนวนเลขต่างๆ (Number Vocabulary) เช่น ให้รู้จักความหมายของเส้นรอบรูปต่างๆ ความหมายของมุม ทรงกลม ปริมาณเวกเตอร์

16. ฝึกให้รู้จักความหมายของศูนย์ (Zero Representation) ค่าของศูนย์เป็นความหมายด้านนามธรรมที่มักจะทำให้เกิดการเข้าใจผิดอยู่เสมอ เพราะคำว่าศูนย์ไม่ได้มีความหมายว่าไม่มีค่าเสมอไป โดยเฉพาะเมื่อนักเรียนใช้ไม้เมตร ไม้บรรทัด การวัด การอ่าน กราฟ อ่านอุณหภูมิ และพิจารณาค่าบวก ลบ ของเลขจำนวนใดๆ

### เอกสารเกี่ยวกับแบบทดสอบอัตนัย

ในการสอบวัดการเรียนรู้หรือความสามารถทางสมองนั้น เมื่อพิจารณาในลักษณะของการวิจัย หรือการวัดและประเมินผลแล้ว ส่วนใหญ่จะใช้แบบทดสอบ (Test) เป็นเครื่องมือในการทำให้ผู้สอบแสดงพฤติกรรม หรือลักษณะที่ต้องการวัดนั้นออกมา (วิรัช วรณรัตน์. 2539 :18) แบบทดสอบที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน มีมากมายหลายชนิด แต่ละชนิดมีจุดมุ่งหมายและข้อจำกัดในการวัดแตกต่างกัน ดังนั้นการนำแบบทดสอบไปใช้จึงต้องระมัดระวังว่า ได้เลือกใช้แบบทดสอบถูกต้องหรือเหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัดหรือไม่ อีเบล (Ebel 1965 : 58, อ้างอิงจากนพดล ฤทธิโสม. 2537: 7) ได้กล่าวถึงวิธีการที่จะสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า ขั้นแรกครูจะต้องรู้ว่า จะสอบอะไร วิชาอะไร เนื้อหาอย่างไร ต่อจากนั้นจะต้องตัดสินใจว่า จะทดสอบได้อย่างไร คือจะใช้คำถามแบบใดในการทดสอบ ซึ่งถ้าเป็นวิชาวิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์ ก็อาจจะต้องใช้

แบบอัตนัย หรือแบบใจหายปัญหา ถ้าเป็นวิชาอื่นก็อาจเป็นแบบอัตนัยหรือแบบปรนัย ตามแต่จะเหมาะสมกับวิชานั้นๆ ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะแบบทดสอบที่ใช้ในการวิจัย คือแบบทดสอบอัตนัย

### ความหมายและลักษณะของแบบทดสอบอัตนัย

ทักแมน (Tuckman, 1975 อ้างอิงจาก มัณฑนี อินทนา, 2533 :149-150) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบความเรียงหรือแบบทดสอบอัตนัยว่า เป็นแบบทดสอบที่ให้ผู้สอบได้แสดงความสามารถ ในการประยุกต์ความรู้ วิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินผลความรู้ที่เรียนมา ดังนั้นคำถามของแบบทดสอบ จะต้องเป็นข้อความที่ให้โอกาสผู้สอบได้สร้างและเรียบเรียงคำตอบ ในรูปเชิงสัมพันธ์ตามขอบข่ายความรู้ที่กว้าง ทั้งนี้ก็เพื่อให้แบบทดสอบอัตนัยวัดกระบวนการคิด (Thinking Process) ในระดับที่สูงตามแนวคิดของบลูม (Bloom) คือระดับการเรียนรู้ขั้นวิเคราะห์ สังเคราะห์ และการประเมินผลเป็นส่วนใหญ่ หรือวัดในระดับการนำไปใช้แก้ปัญหาสถานการณ์ต่างๆบ้าง

วิญญา วิศาลาภรณ์ (2530:74) กล่าวว่า ข้อสอบแบบความเรียง หรือข้อสอบแบบอัตนัย (Essay test หรือ Subjective test) เป็นข้อสอบที่ให้เสรีภาพเป็นอย่างมากแก่นักเรียนในการตอบ นักเรียนมีอิสระในการที่จะเสนอความคิด ตอบด้วยภาษาของตนเอง นักเรียนต้องใช้ความสามารถอธิบายปัญหาต่างๆได้ ดังนั้นข้อสอบแบบอัตนัย จึงสามารถใช้วัดความรู้ ความคิดขั้นสูงที่ซับซ้อนได้ ใช้วัดทัศนคติได้ ในการตอบข้อสอบแบบอัตนัยนั้น นักเรียนจะต้องมีความสามารถในการจัดระเบียบความรู้ ความคิด แสดงความคิดริเริ่ม และรู้จักสังเคราะห์

ภัทรา นิคมานนท์ (2532:83) ข้อสอบอัตนัยเป็นข้อสอบที่เปิดโอกาสให้ผู้ตอบได้สามารถแสดงออกโดยใช้ภาษาของตนเอง ในการทำแบบทดสอบประเภทนี้ ผู้สอบต้องมีความสามารถในการจัดระเบียบความรู้ แสดงความคิดริเริ่ม และรู้จักการสังเคราะห์ข้อความได้อย่างเหมาะสม

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2536:32) กล่าวว่าข้อสอบอัตนัยเป็นข้อสอบที่ประกอบด้วยคำถามที่มีจำนวนไม่มากข้อนัก ไม่มีคำตอบให้เลือกตอบ ผู้ตอบจะต้องคิดหาคำตอบเอง โดยบูรณาการความรู้ความคิด แล้วแสดงออกเป็นภาษาเขียนอย่างถูกต้องและสมเหตุสมผลตามหลักวิชาของศาสตร์นั้นๆ ดังนั้นข้อสอบอัตนัยจึงเป็นเครื่องมือที่วัดสมรรถภาพทางสมองในระดับสูง ทักษะ ตลอดจนทัศนคติได้อย่างแท้จริง

จากความหมายและลักษณะของแบบทดสอบอัตนัยดังกล่าว สรุปได้ว่า แบบทดสอบอัตนัยเป็นแบบทดสอบที่ให้นักเรียนได้มีโอกาสตอบอิสระอย่างเต็มที่ ที่จะแสดงว่าเขาจะรู้อะไร โดยนักเรียนจะต้องจัดระเบียบความรู้ความคิดที่เรียนมา รู้จักวิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินผล นำไปใช้แก้ปัญหาสถานการณ์ต่างๆ แล้วแสดงออกเป็นภาษาเขียนอย่างถูกต้องสมเหตุสมผลตามหลักของวิชานั้นๆ ส่วนคำถามหรือใจหาย จะกำหนดปัญหาเป็นเรื่องราวหรือสถานการณ์ให้ในรูปใดรูปหนึ่งอย่างกว้างๆ หรือเฉพาะเจาะจงในเนื้อหา

### ข้อดีและข้อเสียของแบบทดสอบอัตนัย

เสริมศักดิ์ วิชาลาภรณ์ และเอนกกุล กริแสง (2522:71) ได้กล่าวถึงข้อดีและข้อเสียของแบบทดสอบอัตนัยโดยเปรียบเทียบกับแบบทดสอบเลือกตอบไว้ดังนี้

ข้อดีของแบบทดสอบอัตนัย

1. วัดกระบวนการทางความคิดได้ดีกว่าข้อสอบปรนัย
2. วัดผลของการสอนในระดับสูง เช่น การเลือกความคิดความรู้ การจัดระบบความรู้ได้ดี
3. วัดทัศนคติได้
4. ส่งเสริมความคิดริเริ่มและความคิดสร้างสรรค์
5. ส่งเสริมนิสัยการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ เพราะในการตอบข้อสอบ ต้องเอาความรู้ไป

อ้างอิง แล้วมองเห็นความสัมพันธ์ของเหตุผล

6. ให้นักเรียนแสดงออกโดยการเขียน และส่งเสริมการใช้ภาษาได้อย่างถูกต้อง
7. สะดวกและง่ายในการออกข้อสอบ
8. ให้เสรีภาพแก่ผู้สอบในการตอบคำถาม

ข้อเสียของแบบทดสอบอัตนัย

1. มีความเชื่อมั่นต่ำ เพราะเป็นข้อสอบที่มีจำนวนน้อยข้อ
2. มีความเที่ยงตรงต่ำ เพราะเป็นข้อสอบที่มีจำนวนข้อน้อย
3. มีประโยชน์ใช้สอยต่ำ เพราะตรวจข้อสอบลำบาก

วิญญา วิชาลาภรณ์ (2530:80) ได้กล่าวถึงข้อดีและข้อเสียของแบบทดสอบอัตนัย ดังนี้

ข้อดี

1. ให้เสรีภาพแก่นักเรียนในการตอบ
2. สามารถใช้วัดสมรรถภาพทางสมองขั้นสูง ที่ใช้ข้อสอบชนิดอื่นวัดได้โดยยาก เช่น การวัด

วิเคราะห์ สังเคราะห์ และการประเมินค่า เป็นต้น

3. สามารถวัดการผสมผสานความคิด วัดกระบวนการความคิด ทักษะในการแก้ปัญหา การ

อธิบายจุดยืนของตนเอง

4. เสียเวลาในการสร้างน้อยกว่าข้อสอบชนิดอื่น

ข้อเสีย

1. ขาดความเที่ยงตรงด้านเนื้อหา ข้อสอบอาจไม่ได้เป็นตัวแทนที่ดีของเนื้อหาทั้งหมด
2. เสียเวลาในการตรวจให้คะแนน
3. ยากในการที่จะตรวจให้คะแนนให้มีความเชื่อมั่นสูง
4. ถ้านักเรียนมีปัญหาในการแสดงความคิดโดยการเขียน คะแนนที่ได้อาจไม่สามารถ

บอกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่แท้จริงได้

สุนีย์ เหมาะประสิทธิ์ (2536:33-34) ได้กล่าวถึงข้อดีและข้อเสียของแบบทดสอบอัตนัยในลักษณะของประโยชน์และข้อจำกัด ดังนี้

#### ข้อดี

1. สามารถวัดผลการเรียนรู้ในระดับสูงและระดับที่มีลักษณะซับซ้อน ซึ่งไม่สามารถใช้ข้อสอบปรนัยวัดได้ หรือกระทำได้อย่างลำบาก โดยเฉพาะข้อสอบอัตนัยแบบไม่จำกัดคำตอบ มุ่งเน้นวัดความสามารถในการบูรณาการและประยุกต์ความคิดและทักษะในการแก้ปัญหา
2. เป็นเครื่องมือพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างดียิ่ง อาทิเช่น การพัฒนาทักษะในการคิด ทักษะในการสื่อสารที่เป็นภาษาเขียน เป็นต้น
3. สร้างง่าย ไม่ยุ่งยาก และจัดเตรียมข้อสอบง่ายกว่าข้อสอบปรนัย
4. ขจัดปัญหาเรื่องการเดาคำตอบ เนื่องจากไม่มีคำตอบให้เลือก

#### ข้อเสีย

1. ข้อสอบไม่เป็นตัวแทนของเนื้อหาวิชาทั้งหมด (poor limited content sampling) โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อสอบแบบไม่จำกัดคำตอบ เนื่องจากมีจำนวนข้อน้อย วิธีแก้ปัญหาดังกล่าวสามารถกระทำได้ด้วย

1.1 ใช้ข้อสอบที่มีลักษณะให้ตอบสั้นๆ เพื่อเพิ่มจำนวนข้อ

1.2 ใช้ข้อสอบปรนัยวัดเนื้อหาวิชาด้านความรู้และความเข้าใจ ส่วนข้อสอบอัตนัยใช้วัดความสามารถทางสมองในระดับสูง หรือวัดผลสัมฤทธิ์ที่สลับซับซ้อน

2. ปัญหาด้านความเที่ยงตรงของการให้คะแนนมีแนวโน้มต่ำ ไม่ว่าจะให้ผู้ตรวจข้อสอบหลายคน หรือคนเดียวตรวจหลายครั้งก็ตาม วิธีแก้ปัญหาดังกล่าวก็คือ

2.1 ตั้งวัตถุประสงค์ของการออกข้อสอบว่ามุ่งวัดพฤติกรรมด้านใด

2.2 จัดสร้างระบบ/กฎเกณฑ์การให้คะแนนที่แน่นอน

2.3 ผู้ตรวจควรผ่านการฝึกทักษะในการให้คะแนน

2.4 ผู้ตรวจไม่ควรดูชื่อผู้ตอบ

2.5 ผู้ตรวจควรหยุดพักเป็นระยะๆ เพื่อป้องกันความเหนื่อยล้า

วิรัช วรรณรัตน์ (2539:19) กล่าวว่าแบบทดสอบในแต่ละรูปแบบมีจุดเด่นจุดบกพร่องที่ควรระมัดระวังในการใช้ และได้เสนอข้อดีและข้อเสียของแบบทดสอบอัตนัย ดังนี้

ข้อดี เป็นข้อสอบที่วัดพฤติกรรมด้านการเขียนได้ดี เหมาะสมสำหรับวัดความสามารถในการสังเคราะห์เรื่องราวหรือความคิดริเริ่ม ตลอดจนการแสดงความคิดเห็นและการอภิปรายในเชิงเปรียบเทียบ

ข้อเสีย ออกได้น้อยข้อ ทำให้ไม่ครอบคลุมเนื้อหา ขาดความเป็นปรนัยในการตรวจให้คะแนน

จากการศึกษาข้อดีและข้อเสียของแบบทดสอบอัตนัย สรุปได้ว่าแบบทดสอบอัตนัยเป็นแบบทดสอบที่ดีสำหรับการวัดความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ และดีที่สุดในการวัดการสังเคราะห์และการประเมินค่า สามารถวัดกระบวนการคิด ทักษะการแก้ปัญหา การเรียนรู้ในระดับสูงและที่มีลักษณะซับซ้อน ส่วนข้อเสียเนื่องมาจากข้อสอบมีจำนวนน้อยข้อ ทำให้ไม่ครอบคลุมเนื้อหา และคุณภาพด้านความเชื่อมั่น ความเที่ยงตรงของแบบทดสอบ ความเที่ยงตรงของการให้คะแนนมีแนวโน้มต่ำ นอกจากนี้แบบทดสอบอัตนัยค่อนข้างง่ายในการออกข้อสอบ แต่ค่อนข้างยากและเสียเวลาในการตรวจคำตอบให้ถูกต้อง

### หลักการสร้างแบบทดสอบอัตนัย

วิญญาณ วิศาลาภรณ์ (2530:91) กล่าวถึงข้อควรพิจารณาในการวางแผนการออกข้อสอบแบบความเรียงหรือแบบอัตนัย ดังนี้

1. ข้อสอบควรจะวัดสมรรถภาพสมองชั้นสูง ที่ข้อสอบประเภทอื่นไม่เหมาะที่จะใช้สอบวัด
2. ข้อสอบควรมีมากข้อพอที่จะเป็นตัวแทนของเนื้อหาวิชา แต่ก็ไม่ควรจะมีจำนวนมากข้อเกินกว่าที่นักเรียนจะมีเวลาวางแผนการตอบ เขียนตอบ และตรวจสอบความถูกต้องและสมบูรณ์ของคำตอบ
3. คำสั่งจะต้องชัดเจน นักเรียนทุกคนจะต้องเข้าใจตรงกันว่าข้อสอบต้องการให้นักเรียนตอบสนองอย่างไร นักเรียนควรจะทราบน้ำหนักคะแนนของแต่ละข้อ และเวลาที่ใช้ทดสอบแต่ละข้อควรจะเป็นเท่าไร
4. ไม่ควรมีข้อเลือกตอบ เพราะจะทำให้เอาคะแนนของนักเรียนแต่ละคนมาเปรียบเทียบกันได้ยาก

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2536:35) กล่าวถึงหลักการสร้างข้อสอบอัตนัย โดยมีการวางแผนเป็นลำดับขั้น ดังนี้

1. ขั้นเตรียมหรือขั้นวางแผนการสร้างข้อสอบ ต้องกระทำสิ่งต่อไปนี้
  - 1.1 ตั้งวัตถุประสงค์ของการสร้างข้อสอบอัตนัยว่ามุ่งวัดพฤติกรรมด้านใด
  - 1.2 จัดทำตารางวิเคราะห์หลักสูตรหรือตารางวิเคราะห์เนื้อหาวิชา เพื่อกำหนดว่าข้อสอบต้องวัดเนื้อหาและพฤติกรรมด้านใด
2. ขั้นสร้าง เป็นขั้นของการสร้างตามตารางวิเคราะห์เนื้อหาวิชา โดยอาจมีจำนวนข้อสอบมากกว่าที่กำหนด ซึ่งจะดำเนินการคัดทิ้งภายหลัง สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการสร้าง
  - 2.1 ควรเป็นข้อสอบที่สามารถวัดพฤติกรรมระดับสูง
  - 2.2 ควรมีกรอบโครงสร้างของข้อคำถาม เพื่อให้ผู้ตอบทราบแนวทางว่าควรจะตอบในแง่มุมใด
  - 2.3 ไม่ควรสร้างแบบทดสอบอัตนัยแบบให้เลือกทำ เช่น ให้เลือกทำ 4 ข้อจาก 6 ข้อ

2.4 ควรสร้างให้เหมาะสมกับความสามารถและวุฒิภาวะของผู้ตอบ

2.5 ควรสร้างข้อสอบให้มีรูปแบบใหม่ สถานการณ์ใหม่ ซึ่งมีลักษณะท้าทาย กระตุ้นพัฒนาการของผู้ตอบ ในด้านความสามารถทางสมองระดับสูง

3. ขึ้นสร้างคู่มือเฉลยคำตอบและการให้คะแนน

4. ขึ้นทบทวนและคัดเลือกข้อสอบ ในด้านต่างๆ เช่นวัดตรงตามจุดประสงค์ คัดคะแนน ความยากง่าย ความเหมาะสมกับระยะเวลาในการสอบ

จะเห็นได้ว่าในการสร้างแบบทดสอบอัตโนมัติเพื่อวัดความสามารถทางสมองระดับสูง ให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น ควรมีหลักเกณฑ์และการวางแผนในการสร้าง รวมทั้งการเฉลยคำตอบและเกณฑ์การตรวจให้คะแนน

## เอกสารเกี่ยวกับแบบฝึก

### ความหมายของแบบฝึก

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน 2525 (2526 : 483) ได้ให้ความหมายของแบบฝึกไว้ว่า หมายถึง แบบตัวอย่าง ปัญหา หรือ คำสั่งที่ตั้งขึ้นเพื่อให้นักเรียนฝึกตอบ เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับที่เว็บสเตอร์ (Webster. 1979 : 640) ได้กล่าวความหมายของแบบฝึกว่าแบบฝึกหมายถึงโจทย์ปัญหา หรือตัวอย่างที่ยกมาจากหนังสือ เพื่อนำมาใช้สอน หรือให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะต่างๆ ให้ดีขึ้น หลังจากที่ยกมาทบทวน เช่น การฝึกทักษะการคำนวณ การทบทวนไวยากรณ์ เป็นต้น ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2528 : 123) ได้กล่าวถึงความหมายของแบบฝึกไว้สรุปได้ว่า หมายถึง สิ่งที่นักเรียนต้องใช้ควบคู่กับการเรียน มีลักษณะเป็นแบบฝึกหัด ที่ครอบคลุมกิจกรรมที่นักเรียนพึงกระทำ อาจกำหนดแยกเป็นแต่ละหน่วย หรืออาจรวมเล่มก็ได้

ชาญชัย ถิตรงศ์มา และเชิดวิทย์ ฤทธิ์ประศาสน์ (2523 : 114) ได้กล่าวว่าการฝึกหมายถึง การจัดสภาพการณ์หรือให้ผู้ฝึก เปลี่ยนพฤติกรรมจนสามารถปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรุปได้ว่า แบบฝึกเป็นสื่อประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากการปฏิบัติด้วยตนเอง ได้ฝึกทักษะเพิ่มเติมจากเนื้อหา โดยมีครูเป็นผู้แนะนำ

### ความสำคัญของแบบฝึก

แบบฝึกเป็นอุปกรณ์การเรียนการสอนอย่างหนึ่งที่สร้างขึ้นเพื่อฝึกทักษะหลังจากเรียนเนื้อหาไปแล้ว แบบฝึกเป็นสิ่งที่ช่วยการสอนของครูให้ประสบความสำเร็จ เพราะการใช้แบบฝึกที่ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมด จะช่วยทุ่นเวลาในการสอนกฎเกณฑ์ การยกตัวอย่างทั้งยังเป็นการวัดผลการเรียนการสอนในแต่ละเรื่องด้วย (ศศิธร สุทธิแพทย์. 2518 : 63) ในการฝึกทักษะจำเป็นต้อง

อาศัยแบบฝึกหัด เพื่อทบทวนความเข้าใจ และในเรื่องที่ได้เรียนไปแล้ว ครูส่วนมากจะใช้แบบฝึกหัดที่มีอยู่ในหนังสือแบบเรียน ให้นักเรียนฝึกหัดหลังจากเรียนเสร็จแล้ว แต่หนังสือแบบฝึกหัดบางเล่มมีแบบฝึกหัดเพียงเล็กน้อย หรือไม่มีเลย จึงเป็นหน้าที่ของครูโดยตรงที่จะต้องสร้างแบบฝึกให้เหมาะสมกับเรื่องที่สอน เพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะเข้าใจมากขึ้น และมีความชำนาญ แม่นยำ ในบทเรียนนั้นๆ จะก่อให้เกิดการเรียนรู้ที่ดี (ประยงค์ งามจิตร. 2533 : 41)

สรุปได้ว่า แบบฝึกมีความสำคัญช่วยให้นักเรียนมีพัฒนาการที่ดี มีความชำนาญและเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### ประโยชน์ของแบบฝึก

แพตตี (Patty. 1963 : 469 - 472) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของแบบฝึกต่อการเรียนรู้ไว้ 10 ประการคือ

1. เป็นส่วนเพิ่มเติมหรือเสริมสร้างในการเรียนทักษะ เป็นอุปกรณ์การสอนที่ช่วยลดภาระของครู เพราะแบบฝึกหัดเป็นสิ่งที่จัดทำขึ้นอย่างเป็นระบบหรือมีระเบียบ
2. ช่วยเสริมทักษะการใช้ภาษา เป็นเครื่องมือที่ช่วยเด็กในการฝึกทักษะทางการใช้ภาษาให้ดีขึ้น แต่ทั้งนี้จะต้องอาศัยการส่งเสริมและเอาใจใส่จากครูผู้สอนด้วย
3. ช่วยในเรื่องความแตกต่างระหว่างบุคคล เนื่องจากเด็กมีความสามารถทางภาษาแตกต่างกัน การให้เด็กทำแบบฝึกหัดที่เหมาะสมกับความสามารถของเขาจะช่วยให้เด็กประสบความสำเร็จในด้านจิตใจมากขึ้น
4. แบบฝึกช่วยเสริมให้ทักษะทางภาษาคงทน ลักษณะการฝึกเพื่อช่วยให้เกิดผลดังกล่าวขึ้นได้แก่
  - 4.1. ฝึกทันทีหลังจากที่เด็กได้เรียนรู้เรื่องนั้นๆ
  - 4.2. ฝึกซ้ำหลายๆ ครั้ง
  - 4.3. เน้นเฉพาะเรื่องที่ต้องการฝึก
5. แบบฝึกที่ใช้จะเป็นเครื่องวัดผลการเรียนหลังจากจบบทเรียนในแต่ละครั้ง
6. แบบฝึกที่จัดทำขึ้นเป็นรูปเล่ม เด็กสามารถเก็บรักษาไว้ใช้เป็นแนวทางเพื่อทบทวนด้วยตนเองได้ต่อไป
7. การให้เด็กทำแบบฝึกหัดช่วยให้ครูมองจุดเด่นหรือปัญหาต่างๆ ของเด็กได้ชัดเจน ซึ่งจะช่วยให้ครูดำเนินการปรับปรุงแก้ไขปัญหานั้นๆ ได้ทันที่
8. แบบฝึกที่จัดขึ้นนอกเหนือจากที่มีอยู่ในหนังสือเรียนจะช่วยให้เด็กฝึกฝนอย่างเต็มที่
9. แบบฝึกที่จัดพิมพ์ไว้เรียบร้อยแล้วจะช่วยทำให้ครูประหยัดทั้งแรงงานและเวลาในการที่จะต้องเตรียมสร้างแบบฝึกอยู่เสมอ ในด้านผู้เรียนก็ไม่ต้องเสียเวลาในการลอกแบบฝึกหัดจากตำราเรียนหรือกระดานดำ ทำให้มีเวลาและโอกาสได้ฝึกทักษะต่างๆ มากขึ้น

10. แบบฝึกช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายและยังมีประโยชน์ในการที่ผู้เรียนสามารถบันทึกและมองเห็นความก้าวหน้าของตนเองได้อย่างมีระบบและเป็นระเบียบ

### ลักษณะของแบบฝึก

บิลโลว์ (Billow. 1962 : 87) กล่าวถึงลักษณะของแบบฝึกไว้ว่า แบบฝึกที่ดีนั้นจะต้องดึงดูดความสนใจและสมาธิของเด็ก เรียงลำดับจากง่ายไปยาก เปิดโอกาสให้เด็กฝึกเฉพาะอย่าง ใช้ภาษาเหมาะสมกับวัย วัฒนธรรมประเพณี ภูมิหลังทางภาษาของเด็ก แบบฝึกที่ดีควรจะเป็นแบบฝึกสำหรับเด็กเก่ง และซ่อมเสริมสำหรับเด็กอ่อนในขณะเดียวกัน นอกจากนี้แล้วควรให้หลายลักษณะและมีความหมายต่อผู้ฝึกอีกด้วย

รีเวอร์ (Rivers. 1968 : 97 - 105) กล่าวถึงลักษณะของแบบฝึกไว้ดังนี้คือ

1. บทเรียนทุกเรื่องควรให้นักเรียนได้มีโอกาสฝึกมากพอ ก่อนที่จะเรียนเรื่องต่อไป
2. แต่ละบทควรฝึกโดยใช้เพียงแบบฝึกเดียว
3. ฝึกโครงสร้างใหม่กับสิ่งที่เรียนรู้แล้ว
4. สิ่งที่ฝึกแต่ละครั้งควรเป็นบทฝึกสั้นๆ
5. ประโยคและคำศัพท์ควรเป็นแบบที่ใช้พูดกันในชีวิตประจำวัน
6. แบบฝึกควรให้นักเรียนได้ใช้ความคิดไปด้วย
7. แบบฝึกควรมีหลายๆ แบบเพื่อไม่ให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่าย
8. การฝึกควรฝึกให้นักเรียนนำสิ่งที่เรียนแล้วสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

จากที่กล่าวมาข้างต้น ลักษณะที่ดีของแบบฝึกพอสรุปได้ว่า แบบฝึกจะต้องเรียงลำดับจากง่ายไปหายาก มีคำสั่งและคำอธิบายที่ชัดเจน มีเนื้อหา รูปแบบน่าสนใจซึ่งจะต้องอาศัยหลักจิตวิทยา เพื่อไม่ให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่ายในการเรียน และนักเรียนสามารถนำสิ่งที่เรียนไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้

### หลักในการสร้างแบบฝึก

รัชนี ศรีไพรวรรณ (2517 : 412 - 413) กล่าวถึงหลักในการสร้างแบบฝึกมีหลายประการ ดังนี้

1. ให้สอดคล้องกับจิตวิทยา พัฒนาการของเด็ก และลำดับขั้นของการเรียน
2. ให้ตั้งจุดมุ่งหมายว่า จะฝึกในด้านใด แล้วจัดเนื้อหาให้ตรงกับ ความมุ่งหมายที่วางไว้
3. ต้องคำนึงถึงความแตกต่างของเด็ก
4. ในแบบฝึกมีคำชี้แจงง่ายๆ สั้นๆ เพื่อให้เด็กเข้าใจ ถ้าเด็กยังไม่อ่านไม่ได้ ครูต้องชี้แจงด้วยคำพูดที่ใช้ภาษาง่ายๆ ให้เด็กสามารถทำตามคำสั่งได้
5. แบบฝึกต้องมีความถูกต้อง ครูต้องตรวจพิจารณาดูให้ถี่ถ้วน อย่าให้มีข้อผิดพลาดได้

6. การให้เด็กทำแบบฝึกหัด แต่ละครั้งต้องให้เหมาะสมกับเวลาและความสนใจของเด็ก
7. ควรทำแบบฝึกหลายๆ แบบ เพื่อให้เด็กกว้างขวาง และส่งเสริมให้เกิดความคิด
8. กระดาษที่让孩子ทำแบบฝึกหัดต้องเหนียวและทนทานพอสมควร

โรจนา แสงรุ่งรวี (2531 : 20) กล่าวถึงการสร้างแบบฝึกให้เด็กมีประสิทธิภาพว่า ครูต้องคำนึงถึงตัวนักเรียนเป็นสำคัญ โดยดูความพร้อม ระดับสติปัญญา ความสามารถ ความเหมาะสมในการใช้สำนวนภาษา ตลอดจนเนื้อหาและระยะเวลาในการทำแบบฝึก ซึ่งจะทำให้นักเรียนสนใจที่จะนำเอาแบบฝึกที่ครูสร้างขึ้นมากำหนดข้อบกพร่อง หรือส่งเสริมทักษะทางภาษาให้ดียิ่งขึ้น

พญู ทั้งแดง (2534 : 17) กล่าวถึงในการสร้างแบบฝึกจะต้องใช้ภาษาที่เหมาะสมกับนักเรียน วัยและความสามารถ คำนึงถึงหลักจิตวิทยาที่เกี่ยวข้องในการสร้างแบบฝึก เกี่ยวข้องกับบทเรียนที่เรียนมาแล้ว และส่งเสริมความคิด สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

จะเห็นได้ว่า การสร้างแบบฝึกควรคำนึงถึงตัวนักเรียนเป็นหลัก โดยมีจุดมุ่งหมายที่แน่นอนว่าจะฝึกเรื่องอะไร ด้านใด จัดเนื้อหาให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ เนื้อหาไม่ยากเกินไป และมีรูปแบบหลายแบบที่น่าสนใจ

### หลักจิตวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบฝึก

การสร้างแบบฝึกนั้นจะต้องอาศัยหลักจิตวิทยา เพราะจะเป็นแนวทางในการสร้างแบบฝึกให้สมบูรณ์ ให้เหมาะสมกับวัย และระดับความสามารถของนักเรียน สุจริต เพียรชอบ และสายใจ อินทร์พรวรย์ (2523 : 52 - 62) กล่าวถึงหลักจิตวิทยาที่ใช้ในการสร้างแบบฝึกมีดังนี้

1. กฎการเรียนรู้ของธอร์นไดค์ (Thorndike) เกี่ยวกับกฎการฝึกหัดซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ วอตสัน (Watson) นั่นคือ สิ่งใดก็ตามที่มีการฝึกหัดหรือกระทำบ่อยๆ ย่อมทำให้ผู้ฝึกคล่องแคล่วสามารถทำได้ดี ในทางตรงกันข้าม สิ่งใดก็ตามที่ไม่ได้รับการฝึกหัด ทอดทิ้งไปนานแล้ว ย่อมทำได้ไม่ดีเหมือนเดิม ต่อเมื่อมีการฝึกฝนหรือกระทำซ้ำๆ ก็จะช่วยให้เกิดทักษะเพิ่มขึ้น

2. ความแตกต่างระหว่างบุคคล เป็นสิ่งที่ครูควรคำนึงด้วยว่านักเรียนแต่ละคนมีความรู้ ความถนัด ความสามารถ และความสนใจที่ต่างกัน ฉะนั้นในการสร้างแบบฝึกจึงควรพิจารณาถึงความเหมาะสม ไม่ยากหรือง่ายจนเกินไป และควรมีหลายแบบ

3. การจูงใจให้ผู้เรียนนั้นครูสามารถทำได้โดยการจัดแบบฝึกจากง่ายไปหายาก เพื่อดึงดูดความสนใจของผู้เรียน เป็นการกระตุ้นให้ติดตามต่อไป และทำให้นักเรียนประสบผลสำเร็จในการทำแบบฝึก นอกจากนั้นการใช้แบบฝึกสั้นๆ จะช่วยไม่ให้ผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่าย

4. การนำสิ่งที่มีความหมายต่อชีวิต และการเรียนรู้มาให้นักเรียนได้ทดลองทำ ภาษาที่ใช้พูดเขียนในชีวิตประจำวันจะทำให้ผู้เรียนได้เรียนและทำแบบฝึกในสิ่งที่ใกล้ตัว นอกจากจะจำได้แม่นยำแล้ว นักเรียนยังสามารถนำหลักและความรู้ที่ได้รับไปใช้ประโยชน์อีกด้วย

พรรณี ชูทัย (2522 : 192 - 195) ได้สรุปแนวความคิดของนักจิตวิทยาที่เกี่ยวข้องกับแบบฝึกหัดว่าควรประกอบด้วย

1. กฎแห่งผลของธอร์นไดค์ (Thorndike) แบบฝึกที่สร้างขึ้นตามหลักจิตวิทยาข้อนี้ จึงต้องให้นักเรียนสามารถทำแบบฝึกหัดนั้นได้พอสมควรและควรมีคำเฉลยให้นักเรียนสามารถตรวจคำตอบได้หลังจากทำแบบฝึกเสร็จแล้ว

2. การฝึกหัดของวัตสัน (Watson) การสร้างแบบฝึกตามหลักจิตวิทยานี้จึงควรเน้นให้มีการกระทำซ้ำๆ เพื่อให้จำได้นาน และสามารถเขียนได้ถูกต้อง เพราะการเขียนเป็นทักษะที่ต้องฝึกหัดอยู่เสมอ

3. การเสริมแรงของธอร์นไดค์ (Thorndike) ในการสอนฝึกทักษะ ครูจึงควรให้การเสริมแรงโดยการให้กำลังใจอย่างดีแก่นักเรียน เพื่อให้นักเรียนเกิดความภาคภูมิใจในตนเอง และรู้สึกประสบความสำเร็จในงานที่ทำ

4. แรงจูงใจ เป็นสิ่งสำคัญในการเรียน ครูต้องกระตุ้นให้นักเรียนตื่นตัวอยากรู้ อยากเห็น แบบฝึกที่น่าสนใจจะเป็นแรงจูงใจอย่างหนึ่งที่ทำให้นักเรียนอยากทำ อยากฝึก และเกิดการเรียนรู้

จากแนวคิดเกี่ยวกับการจัดทำแบบฝึกดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ผู้วิจัยจึงนำแนวคิดต่างๆ มาสรุปในการสร้างแบบฝึกของผู้วิจัยดังนี้

1. แบบฝึกสร้างขึ้นจากการวิเคราะห์ปัญหา และมีจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เพื่อแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. แบบฝึกสร้างขึ้นโดยคำนึงถึงความสามารถ และความแตกต่างระหว่างบุคคลของนักเรียน

3. แบบฝึกสอดคล้องกับเนื้อหาวิชา และแบบฝึกหนึ่งๆ แก้ไขปัญหาเฉพาะเรื่อง เวลาในการฝึกควรคำนึงถึงความเหมาะสมของวัยและพัฒนาการของเด็ก

4. แบบฝึกมีลักษณะที่กระตุ้นความสนใจ สร้างบรรยากาศให้สนุกสนาน ไม่น่าเบื่อหน่าย มีกิจกรรมหลายชนิด เพื่อส่งเสริมทักษะและการเรียนรู้ให้คงทน

### ประสิทธิภาพของแบบฝึก

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.2532 :494) ได้กล่าวถึง ความจำเป็นที่จะต้องทดสอบประสิทธิภาพของชุดการสอนหรือแบบฝึก มีความจำเป็นหลายประการคือ

1. สำหรับหน่วยงานผลิตแบบฝึก เป็นการประกันคุณภาพของแบบฝึกว่าอยู่ในขั้นสูงเหมาะสมที่จะผลิตออกมาจำนวนมาก หากไม่มีการทดสอบประสิทธิภาพเสียก่อนแล้ว ผลิตออกมาใช้ประโยชน์ไม่ได้ดีก็ต้องทำใหม่ เป็นการสิ้นเปลืองเวลาและเงินทอง

2. สำหรับผู้ใช้แบบฝึก แบบฝึกจะทำหน้าที่สอน โดยที่ช่วยสร้างสภาพการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามที่มุ่งหวัง บางครั้งต้องช่วยครูสอน บางครั้งต้องสอนแทนครู ดังนั้นก่อนนำ

แบบฝึกไปใช้ ครูจึงควรมั่นใจว่าชุดการสอนนั้นมีประสิทธิภาพในการช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จริง การทดสอบประสิทธิภาพตามลำดับขั้นจะช่วยให้เรามีแบบฝึกที่มีคุณค่าทางการสอนจริงตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

3. สำหรับผู้ผลิตแบบฝึก การทดสอบประสิทธิภาพจะทำให้ผู้ผลิตมั่นใจได้ว่าเนื้อหาสาระที่บรรจุลงในชุดแบบฝึกง่ายต่อการเข้าใจ อันจะช่วยให้ผู้ผลิตมีความชำนาญสูงขึ้น

การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพทำได้โดยการประเมินผลพฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) และพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (ผลลัพธ์) โดยกำหนดค่าประสิทธิภาพ  $E_1$  เป็นประสิทธิภาพของกระบวนการและ  $E_2$  เป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์ กำหนดเป็นเกณฑ์ที่ผู้สอนคาดหวังว่า ผู้เรียนจะเปลี่ยนพฤติกรรมเป็นที่พึงพอใจ โดยกำหนดให้เป็นเปอร์เซ็นต์ของผลเฉลี่ยของคะแนนทำงานและการประกอบกิจกรรมของผู้เรียนทั้งหมด ต่อเปอร์เซ็นต์ของผลการทดสอบหลังเรียนของผู้เรียนทั้งหมด นั่นคือ  $E_1/E_2$  ให้เกณฑ์ในเนื้อหาเป็นทักษะไว้ 80/80

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.2532 : 495) เสนอวิธีคำนวณหาประสิทธิภาพ โดยใช้วิธีการคำนวณดังนี้

- $E_1$  ได้จากการเอาคะแนนงานทุกชิ้นของนักเรียนแต่ละคนรวมกันแล้วหาค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) เทียบส่วนเป็นร้อยละ
- $E_2$  ได้จากการเอาคะแนนผลการสอบหลังการทดลองของผู้เรียนทั้งหมดรวมกัน แล้วหาค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) เทียบส่วนเป็นร้อยละ

การคำนวณประสิทธิภาพของแบบฝึก

กระทำโดยใช้สูตรต่อไปนี้

สูตรที่ 1

$$E_1 = \frac{\sum X}{N} \times 100$$

เมื่อ  $E_1$  คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการที่จัดไว้ในแบบฝึกคิดเป็นร้อยละจากการทำแบบฝึก

$\sum X$  คือ คะแนนรวมจากการทำแบบฝึก

$A$  คือ คะแนนเต็มของแบบฝึก

$N$  คือ จำนวนผู้เรียน

## สูตรที่ 2

$$E_2 = \frac{\frac{\sum F}{N} \times 100}{B}$$

|       |          |     |                                                                  |
|-------|----------|-----|------------------------------------------------------------------|
| เมื่อ | $E_2$    | คือ | ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ คิดเป็นร้อยละหลังจากการทำแบบทดสอบหลังเรียน |
|       | $\sum F$ | คือ | คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบหลังเรียน                     |
|       | B        | คือ | คะแนนเต็มของการทำแบบทดสอบหลังเรียน                               |
|       | N        | คือ | จำนวนผู้เรียน                                                    |

การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของแบบฝึก และการยอมรับประสิทธิภาพของแบบฝึก มีผู้ให้เกณฑ์ดังนี้

เสาวณีย์ สิกขาบัณฑิต (2528 : 295) กล่าวถึงการกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของชุดแบบฝึกนิยามตั้งไว้ 90/90 สำหรับเนื้อหาที่เป็นความรู้ความจำ และเนื้อหาวิชาที่เป็นทักษะหรือเจตคติไม่ต่ำกว่า 80/80

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.2532 : 495) กล่าวว่า การกำหนดเกณฑ์  $E_1/E_2$  ให้มีค่าเท่าใดนั้น ควรพิจารณาตามความเหมาะสม โดยปกติเนื้อหาที่เป็นความรู้ความจำ มักจะตั้งไว้ 80/80 , 85/85 หรือ 90/90 ส่วนเนื้อหาที่เป็นทักษะอาจตั้งไว้ต่ำกว่านี้ เช่น 75/75 เป็นต้น เมื่อกำหนดเกณฑ์แล้วนำไปทดลองจริง อาจได้ผลไม่ตรงตามเกณฑ์ แต่ไม่ควรต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เกินร้อยละ 5 เช่น ถ้ากำหนดไว้ 90/90 ก็ควรได้ไม่ต่ำกว่า 85.5/85.5

สุกิจ ศรีพรหม (2541:71) กล่าวถึงการยอมรับประสิทธิภาพของชุดการสอน มี 3 ระดับ คือ

1. สูงกว่าเกณฑ์ เมื่อประสิทธิภาพของชุดการสอนสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้เกิน 2.5 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป
2. เท่ากับเกณฑ์ เมื่อประสิทธิภาพของชุดการสอนเท่ากับเกณฑ์ หรือสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ แต่ไม่เกิน 2.5 เปอร์เซ็นต์
3. ต่ำกว่าเกณฑ์ เมื่อประสิทธิภาพของชุดการสอนต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ แต่ไม่ต่ำกว่า 2.5 เปอร์เซ็นต์ ถือว่ายังมีประสิทธิภาพที่ยอมรับได้

ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพ เมื่อผลิตชุดการสอนเพื่อเป็นต้นแบบแล้ว ต้องนำชุดการสอนไปทดสอบประสิทธิภาพตามขั้นตอนต่อไปนี้ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์.2532 :496-497)

### 1) ขั้นหาประสิทธิภาพ 1 : 1 แบบเดี่ยว

เป็นการทดลองกับผู้เรียน 1 คน โดยใช้เด็กอ่อน ปานกลาง และเด็กเก่ง คำนวณหาประสิทธิภาพเสร็จแล้วปรับปรุงให้ดีขึ้น โดยปกติคะแนนที่ได้จากการทดลองแบบเดี่ยวนี้นี้จะได้คะแนนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานมาก

### 2) ขั้นหาประสิทธิภาพ 1 : 10 (แบบกลุ่ม)

เป็นการทดลองกับผู้เรียน 6 - 10 คน (ละผู้เรียนที่เก่งกับอ่อน) คำนวณหาประสิทธิภาพแล้วปรับปรุง ในคราวนี้คะแนนของผู้เรียนจะเพิ่มขึ้น

### 3) ขั้นหาประสิทธิภาพ 1 : 100 (ภาคสนาม)

เป็นการทดลองกับผู้เรียนทั้งชั้น 40 - 100 คน คำนวณหาประสิทธิภาพแล้วทำการปรับปรุง ผลลัพธ์ที่ได้ควรใกล้เคียงกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้

จากเกณฑ์การพิจารณาประสิทธิภาพของแบบฝึก สำหรับการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี เรื่องสมบัติของก๊าซ ที่มีลักษณะเป็นแบบทดสอบให้นักเรียนแสดงขั้นตอนกระบวนการคิดแก้ปัญหาที่มีคุณภาพ เนื้อหาวิชาเป็นทักษะ ดังนั้นการกำหนดประสิทธิภาพของแบบฝึกผู้วิจัยจึงกำหนดเกณฑ์ไว้ 80/80 และการยอมรับประสิทธิภาพของแบบฝึก ให้มีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินร้อยละ 5 นั่นคือเมื่อกำหนดไว้ 80/80 ไม่ควรต่ำกว่า 76/76

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบฝึก มีผู้สนใจสร้างแบบฝึกเป็นจำนวนมาก ส่วนใหญ่จะเป็นแบบฝึกทางด้านคณิตศาสตร์ และภาษาไทย ส่วนทางด้านวิทยาศาสตร์ จะเน้นไปทางการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างงานวิจัย

ธนอมศรี ดุลยดิตรรม (2532) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นผสม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบุญเหลือวิทยานุสรณ์ นครราชสิมา จำนวน 84 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 42 คน เรียนโดยได้รับการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นผสมเพิ่มเติม ส่วนกลุ่มควบคุม 42 คน ได้รับการสอนแบบปกติ ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นผสมของนักเรียน ที่ได้รับการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นผสมเพิ่มเติม กับนักเรียนที่ได้รับการสอนปกติ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 โดยมีแนวโน้มว่า นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการฝึกทักษะเพิ่มเติม มีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นผสมสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการสอนแบบปกติ ส่วนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของทั้งสองกลุ่ม ไม่แตกต่างกัน

รุ่งชีวา สุขดี (2531) ได้ศึกษาผลการฝึกออกแบบการทดลองในการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยให้กลุ่มทดลองเรียนโดยมีการฝึกออกแบบการทดลอง ส่วนกลุ่มควบคุมเรียนโดยไม่มีการฝึกออกแบบการทดลอง ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอน โดยมีการฝึกออกแบบการทดลองกับนักเรียนที่ได้รับการสอน โดยไม่มีการฝึกออกแบบการทดลองมีความสามารถในการแก้ปัญหา แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังการสอนสูงกว่าก่อนการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิรดี สุวีรานนท์ (2532) ได้ศึกษาผลการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนด้วยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ กับการสอนตามคู่มือครู พบว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครู แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

นอกจากนั้น ยังมีผู้สนใจสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย เช่น เชียดฟ้า แซ่ฉิน (2537: 138-154) ได้สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยจุดบกพร่องทางการเรียนเคมี เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ 1 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 7 ฉบับ คือ ระบบเปิดระบบปิด อัตราส่วนโดยมวลของธาตุที่รวมตัวเป็นสารประกอบ มวลอะตอม ขนาดโมเลกุล มวลโมเลกุล สูตรเคมีและสมการเคมี ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่า แบบทดสอบวินิจฉัยทั้ง 7 ฉบับ มีค่าความยากของข้อสอบตั้งแต่ 0.5000 - 0.9304 ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบตั้งแต่ 0.686 - 0.8172 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้ง 7 ฉบับ มีค่า เรียงลำดับดังนี้ 0.8242, 0.7642, 0.8283, 0.7196, 0.8747, 0.8925 และ 0.6884

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จะเห็นได้ว่าการฝึกให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหามีประโยชน์อย่างมากในกระบวนการเรียนการสอน แต่มีผู้สนใจสร้างแบบฝึกการแก้ปัญหาคำนวณในวิชาทางวิทยาศาสตร์ยังมีน้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านวิชาเคมี ผู้วิจัยจึงสร้างแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี เรื่องสมบัติของก๊าซ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ในบทเรียน โดยแบ่งเป็นแบบทดสอบย่อย 5 ฉบับ ดังนี้

ฉบับที่ 1 กฎของบอยล์

ฉบับที่ 2 กฎของชาร์ล

ฉบับที่ 3 กฎรวมก๊าซ

ฉบับที่ 4 กฎก๊าซสมบูรณ์แบบ

ฉบับที่ 5 กฎการแพร่

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

ในการศึกษาเรื่องการสร้างแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี เรื่องสมบัติของก๊าซ ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

#### กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียน ภ.ป.ร. ราชวิทยาลัย ในพระบรมราชูปถัมภ์ อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม ที่สอบไม่ผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้ของวิชาเคมี (ว 031) เรื่องสมบัติของก๊าซ จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น กลุ่มตัวอย่างมี 5 กลุ่ม ดังนี้

|                        |                            |
|------------------------|----------------------------|
| กลุ่มที่ 1 จำนวน 20 คน | ทำแบบทดสอบกฎของบอยล์       |
| กลุ่มที่ 2 จำนวน 30 คน | ทำแบบทดสอบกฎของชาร์ล       |
| กลุ่มที่ 3 จำนวน 25 คน | ทำแบบทดสอบกฎรวมก๊าซ        |
| กลุ่มที่ 4 จำนวน 26 คน | ทำแบบทดสอบกฎก๊าซสมบูรณ์แบบ |
| กลุ่มที่ 5 จำนวน 48 คน | ทำแบบทดสอบกฎการแพร่        |

#### เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

1. แบบทดสอบเพื่อใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

#### แบบทดสอบเพื่อใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ใช้แบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยมีลักษณะเป็นโจทย์คำนวณหรือเงื่อนไขที่ให้นักเรียนหาคำตอบ โดยนักเรียนจะต้องฝึกทำและแสดงขั้นตอนกระบวนการคิดแก้ปัญหาตามลำดับขั้นดังนี้

- ความเข้าใจในปัญหา (Recognition of the Problem)
- วิธีการแก้ปัญหา (Process)
- คำตอบ (Product)

เนื้อหาของแบบฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี เรื่องสมบัติของก๊าซ ประกอบด้วยการคำนวณกฎต่างๆ ของก๊าซดังนี้

1. กฎของบอยล์
2. กฎของชาร์ล
3. กฎรวมก๊าซ
4. กฎก๊าซสมบูรณ์แบบ
5. กฎการแพร่

ตัวอย่างแบบทดสอบเพื่อฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี

#### กฎของบอยล์

โจทย์(0) ก๊าซออกซิเจนบรรจุอยู่ในถังขนาด 3 ลิตร วัดความดันได้ 0.60 บรรยากาศ ถ้าถ่ายก๊าซออกซิเจนไปสู่ถังใบใหม่ที่มีปริมาตรมากกว่าเดิม 3 เท่า ความดันของก๊าซในถังใบใหม่จะมีค่าเป็นเท่าไร เมื่ออุณหภูมิคงที่

#### ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา

- 1.1. สิ่งที่โจทย์กำหนด  $V_1 = 3$  ลิตร  
 $V_2 = 9$  ลิตร  
 $P_1 = 0.60$  บรรยากาศ

- 1.2. สิ่งที่โจทย์ต้องการ คำนวณหาค่าของ  $P_2$

#### ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา

- 2.1 วิธีทำ จากกฎของบอยล์  $P_1 V_1 = P_2 V_2$
- 2.2 การคำนวณ 
$$P_2 = \frac{P_1 V_1}{V_2}$$

$$= \frac{0.60 \times 3}{9}$$

$$= 0.20 \text{ บรรยากาศ}$$

#### ขั้นที่ 3 คำตอบ

คำตอบ ความดันในถังใบใหม่มีค่าเท่ากับ 0.20 บรรยากาศเมื่ออุณหภูมิคงที่

## กฎของชาร์ล

โจทย์ (00) ก๊าซมีปริมาตร 80 ลิตรที่อุณหภูมิ 45 °c ก๊าซนี้จะมีปริมาตรเท่าใดที่ 0 °c  
ถ้าความดันของก๊าซคงที่

### ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา

$$\begin{aligned} 1.1 \text{ สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ } T_1 &= 45 \text{ }^{\circ}\text{C} = 273 + 45 = 318 \text{ เคลวิน} \\ T_2 &= 0 \text{ }^{\circ}\text{C} = 273 + 0 = 273 \text{ เคลวิน} \\ V_1 &= 80 \text{ ลิตร} \end{aligned}$$

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการคือ คำนวณหา  $V_2$  มีค่าเท่าใด

### ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา

$$2.1 \text{ วิธีทำ จากกฎของชาร์ล } \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$\begin{aligned} 2.2 \text{ การคำนวณ } \frac{80}{318} &= \frac{V_2}{273} \\ V_2 &= \frac{80 \times 273}{318} \\ &= 68.68 \text{ ลิตร} \end{aligned}$$

### ขั้นที่ 3 คำตอบ

ถ้าเปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 0 °c ก๊าซนี้จะมีปริมาตร 68.68 ลิตร เมื่อความดันคงที่

## กฎรวมก๊าซ

โจทย์ (000) ก๊าซชนิดหนึ่งมีปริมาตร  $300 \text{ cm}^3$  ที่อุณหภูมิ  $200^\circ\text{C}$  ความดัน 1.5 บรรยากาศ  
 ก๊าซนี้จะมีความดันเท่าใดถ้าถ่ายก๊าซนี้ลงในถังใหม่ที่มีปริมาตร  $1000 \text{ cm}^3$  และ  
 อุณหภูมิ  $300^\circ\text{C}$

### ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา

$$\begin{aligned} 1.1 \text{ สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ } V_1 &= 300 \text{ cm}^3 &&= 0.3 \text{ ลิตร} \\ V_2 &= 1000 \text{ cm}^3 &&= 1.0 \text{ ลิตร} \\ T_1 &= 200^\circ\text{C} &&= 273+200 = 473 \text{ เคลวิน} \\ T_2 &= 300^\circ\text{C} &&= 273+300 = 573 \text{ เคลวิน} \\ P_1 &= 1.5 \text{ บรรยากาศ} \end{aligned}$$

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการคือ คำนวณหา  $P_2$  มีค่าเท่าใด

### ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา

2.1 วิธีทำ จากกฎรวมก๊าซ

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

2.2 การคำนวณ แทนค่า

$$\begin{aligned} \frac{1.5 \times 0.3}{473} &= \frac{P_2 \times 1}{573} \\ P_2 &= \frac{1.5 \times 0.3 \times 573}{473} \\ &= 0.545 \text{ บรรยากาศ} \end{aligned}$$

ขั้นที่ 3 คำตอบ ถ้าเปลี่ยนปริมาตรของถังเป็น  $1000 \text{ cm}^3$  และอุณหภูมิ  $300^\circ\text{C}$   
 ความดันในถังใหม่นี้จะมีค่าเป็น 0.545 บรรยากาศ

## กฎก๊าซสมบูรณ์แบบ

โจทย์(0000) ก๊าซสมมติชนิดหนึ่งหนัก 0.5 กรัม มีปริมาตร 0.25 ลิตร ที่ความดัน 0.9 บรรยากาศ และอุณหภูมิ 24 °C จงหามวลโมเลกุลของก๊าซนี้

### ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา

$$\begin{aligned}
 1.1 \text{ สิ่งที่โจทย์กำหนดให้} \quad V &= 0.25 \text{ ลิตร} \\
 T &= 24 \text{ }^{\circ}\text{C} = 273+24 = 297 \text{ เคลวิน} \\
 P &= 0.9 \text{ บรรยากาศ} \\
 g &= 0.5 \text{ กรัม} \\
 R &= 0.08205 \text{ l.atm.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}
 \end{aligned}$$

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการคือ คำนวณหา  $M$  (มวลโมเลกุลของก๊าซ) มีค่าเท่าใด

### ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา

2.1 วิธีทำ จากกฎก๊าซสมบูรณ์แบบ

$$PV = nRT$$

$$PV = \frac{g}{M} RT$$

$$M = \frac{g RT}{PV}$$

$$2.2 \text{ การคำนวณ } M = \frac{0.5 \times 0.082 \times 297}{0.9 \times 0.25} = 54.12$$

### ขั้นที่ 3 คำตอบ

สรุป มวลโมเลกุลของก๊าซมีค่าเท่ากับ 54.12

## กฎการแพร่

โจทย์ (0000) ให้เปรียบเทียบอัตราการแพร่ผ่านของก๊าซ  $\text{NH}_3$  และ  $\text{CO}_2$

### ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้  $M_{\text{NH}_3} = 17$

$$M_{\text{CO}_2} = 44$$

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการคือ อัตราส่วน  $R_{\text{NH}_3} : R_{\text{CO}_2}$

### ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา

2.1 วิธีทำจากกฎการแพร่ของก๊าซ

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{\sqrt{M_2}}{\sqrt{M_1}}$$

2.2 การคำนวณ

$$\begin{aligned} \frac{R_{\text{NH}_3}}{R_{\text{CO}_2}} &= \frac{\sqrt{M_{\text{CO}_2}}}{\sqrt{M_{\text{NH}_3}}} \\ &= \frac{\sqrt{44}}{\sqrt{17}} = 1.6 \end{aligned}$$

### ขั้นที่ 3 คำตอบ

สรุป ก๊าซ  $\text{NH}_3$  จะแพร่ผ่านได้เร็วกว่าก๊าซ  $\text{CO}_2$  1.6 เท่า

### แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

เป็นแบบทดสอบปรนัยให้เลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 50 ข้อ แบบทดสอบนี้วัดเนื้อหาเดียวกันกับแบบฝึก แบบทดสอบนี้สร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นแบบทดสอบก่อนการฝึกและหลังการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี เพื่อใช้ประกอบในการหาคุณภาพของแบบฝึก ซึ่งมีจำนวนข้อดังนี้

- |                                             |              |
|---------------------------------------------|--------------|
| 1) แบบทดสอบการคำนวณเรื่องกฎของบอยล์         | จำนวน 10 ข้อ |
| 2) แบบทดสอบการคำนวณเรื่องกฎของชาร์ล         | จำนวน 10 ข้อ |
| 3) แบบทดสอบการคำนวณเรื่องกฎรวมก๊าซ          | จำนวน 10 ข้อ |
| 4) แบบทดสอบการคำนวณเรื่องกฎของก๊าซสมมติ     | จำนวน 10 ข้อ |
| 5) แบบทดสอบการคำนวณเรื่องกฎการแพร่ของเกรแฮม | จำนวน 10 ข้อ |

### ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

#### กฎของบอยล์

ข้อ (๐) ก๊าซไนโตรเจน มีปริมาตร  $400 \text{ cm}^3$  ที่อุณหภูมิห้อง ความดัน 700 มิลลิเมตรของปรอท ถ้าเพิ่มความดันเป็น 1120 มิลลิเมตรของปรอท ก๊าซไนโตรเจนจะมีปริมาตรเท่าใดเมื่ออุณหภูมิคงที่

- ก.  $50 \text{ cm}^3$
- ข.  $100 \text{ cm}^3$
- \* ค.  $250 \text{ cm}^3$
- ง.  $640 \text{ cm}^3$

#### กฎของชาร์ล

ข้อ (๐๐) ที่อุณหภูมิ  $-13^{\circ}\text{C}$  ก๊าซออกซิเจนจำนวนหนึ่ง มีปริมาตร  $520 \text{ cm}^3$  ถ้าเพิ่มอุณหภูมิขึ้นเป็น  $27^{\circ}\text{C}$  โดยควบคุมความดันให้คงที่ ปริมาตรของก๊าซจะเท่ากับกี่ลูกบาศก์เซนติเมตร

- ก.  $500 \text{ cm}^3$
- \* ข.  $600 \text{ cm}^3$
- ค.  $700 \text{ cm}^3$
- ง.  $800 \text{ cm}^3$

### กฎรวมก๊าซ

ข้อ(๐๐๐) บอลลูนตรวจอากาศลูกหนึ่งมีก๊าซฮีเลียมบรรจุอยู่ วัดปริมาตรได้ 2000 ลิตร ที่ระดับน้ำทะเล 1 atm  $30^{\circ}\text{C}$  เมื่อบอลลูนลอยขึ้นไปสูง 2500 ฟุต ปรากฏว่า อุณหภูมิลดลงเหลือ  $7^{\circ}\text{C}$  ความดัน 0.8 atm ปริมาตรของบอลลูนขณะนั้น จะเป็นกี่ลิตร

- ก. 1575 ลิตร
- \* ข. 2310 ลิตร
- ค. 3720 ลิตร
- ง. 4280 ลิตร

### กฎก๊าซสมบูรณ์แบบ

ข้อ (๐๐๐๐) ก๊าซไนโตรเจน ( $\text{N}_2$ ) 2 โมล ที่อุณหภูมิ  $27^{\circ}\text{C}$  บรรจุอยู่ในถังขนาด 10 ลิตร ความดันภายในถังจะมีค่ากี่บรรยากาศ

- ก. 0.81 บรรยากาศ
- ข. 1.23 บรรยากาศ
- ค. 2.94 บรรยากาศ
- \* ง. 4.92 บรรยากาศ

### กฎการแพร่

ข้อ(๐๐๐๐๐) ก๊าซฮีเลียม (He) มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 4 เคลื่อนที่ได้ระยะทาง 20 cm ในเวลา 1 วินาที ก๊าซมีเทน ( $\text{CH}_4$ ) มวลโมเลกุลเท่ากับ 16 ในเวลา 1 วินาที จะเคลื่อนที่ได้ระยะทางเท่าใด

- ก. 2 cm
- ข. 5 cm
- \* ค. 10 cm
- ง. 20 cm

## การสร้างเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้า

ผู้วิจัย ได้ดำเนินการสร้างเครื่องมือดังต่อไปนี้

### 1. แบบทดสอบเพื่อฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี

- 1.1. ศึกษาหลักสูตร แบบเรียน และคู่มือครูวิชาเคมีชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
- 1.2. กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง สมบัติของก๊าซ ตามคู่มือครูของสสวท. และเอกสารประกอบการสอนเคมี ว 031 ของกลุ่มโรงเรียนกรมสามัญศึกษาส่วนกลาง กลุ่มที่ 9
- 1.3. กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบฝึก และศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบฝึก
- 1.4. สร้างแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี เรื่องสมบัติของก๊าซ เพื่อให้ นักเรียนฝึกทำโดยแสดงขั้นตอนกระบวนการคิดแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงความสามารถของนักเรียน และเนื้อหาตามหลักสูตร แบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี เรื่องสมบัติของก๊าซ ประกอบด้วย

|                                                  |              |
|--------------------------------------------------|--------------|
| แบบฝึกฉบับที่ 1 การคิดโจทย์คำนวณกฎของบอยล์       | จำนวน 10 ข้อ |
| แบบฝึกฉบับที่ 2 การคิดโจทย์คำนวณกฎของชาร์ล       | จำนวน 10 ข้อ |
| แบบฝึกฉบับที่ 3 การคิดโจทย์คำนวณกฎรวมก๊าซ        | จำนวน 10 ข้อ |
| แบบฝึกฉบับที่ 4 การคิดโจทย์คำนวณกฎก๊าซสมบูรณ์แบบ | จำนวน 10 ข้อ |
| แบบฝึกฉบับที่ 5 การคิดโจทย์คำนวณกฎการแพร่        | จำนวน 10 ข้อ |

### 1.5 หาคุณภาพของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี ในด้านต่างๆ ดังนี้

1.5.1 ความเที่ยงตรง นำแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึก ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหา โดยใช้ความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม คัดเลือกข้อสอบที่มีค่า IOC 0.6 ขึ้นไป

1.5.2 นำแบบทดสอบที่ผ่านการคัดเลือก ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียน ภ.ป.ร. ราชวิทยาลัย ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในการฝึก 1 ห้องเรียนจำนวน 40 คน เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบด้านค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกและค่าความเชื่อมั่น ดังนี้

ค่าความยาก พิจารณาจากสัดส่วนของผู้ที่ทำแบบทดสอบข้อนั้นถูก จากสูตรของ วิทเนย์ โดยคัดเลือกข้อที่มีค่าความยาก ตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไป ดังนี้

|                                  |                            |
|----------------------------------|----------------------------|
| แบบฝึกฉบับที่ 1 กฎของบอยล์       | ค่าความยากง่าย 0.60 - 0.92 |
| แบบฝึกฉบับที่ 2 กฎของชาร์ล       | ค่าความยากง่าย 0.67 - 0.86 |
| แบบฝึกฉบับที่ 3 กฎรวมก๊าซ        | ค่าความยากง่าย 0.66 - 0.91 |
| แบบฝึกฉบับที่ 4 กฎก๊าซสมบูรณ์แบบ | ค่าความยากง่าย 0.66 - 0.88 |
| แบบฝึกฉบับที่ 5 กฎการแพร่        | ค่าความยากง่าย 0.60 - 0.83 |

ค่าอำนาจจำแนก คุณสมบัติของข้อสอบที่สามารถแบ่งผู้สอบที่มีความสามารถ โดยให้สูตรของวิทเนย์ คัดเลือกข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0 ขึ้นไป ดังนี้

แบบฝึกฉบับที่ 1 กฎของบอยล์ ค่าอำนาจจำแนก 0.14 - 0.69

แบบฝึกฉบับที่ 2 กฎของชาร์ล ค่าอำนาจจำแนก 0.27 - 0.66

แบบฝึกฉบับที่ 3 กฎรวมก๊าซ ค่าอำนาจจำแนก 0.18 - 0.67

แบบฝึกฉบับที่ 4 กฎก๊าซสมบูรณ์แบบ ค่าอำนาจจำแนก 0.25 - 0.60

แบบฝึกฉบับที่ 5 กฎการแพร่ ค่าอำนาจจำแนก 0.35 - 0.80

ค่าความเชื่อมั่น คำนวณจากค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา ( $\alpha$  - coefficient) ดังนี้

แบบฝึกฉบับที่ 1 กฎของบอยล์ ค่าความเชื่อมั่น 0.74

แบบฝึกฉบับที่ 2 กฎของชาร์ล ค่าความเชื่อมั่น 0.87

แบบฝึกฉบับที่ 3 กฎรวมก๊าซ ค่าความเชื่อมั่น 0.82

แบบฝึกฉบับที่ 4 กฎก๊าซสมบูรณ์แบบ ค่าความเชื่อมั่น 0.87

แบบฝึกฉบับที่ 5 กฎการแพร่ ค่าความเชื่อมั่น 0.92

1.6 คัดเลือกแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี ที่ผ่านการหาคุณภาพแล้ว จัดพิมพ์เป็นรูปเล่ม

## 2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

2.1 ศึกษาหลักสูตร แบบเรียน และคู่มือครูวิชาเคมีชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

2.2 กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง สมบัติของก๊าซ ตามคู่มือครูของสสวท. และ เอกสารประกอบการสอนเคมี ว 031 ของกลุ่มโรงเรียนกรมสามัญศึกษาส่วนกลาง กลุ่มที่ 9

2.3 สร้างแบบทดสอบปรนัยให้เลือกตอบ 4 ตัวเลือก แบบทดสอบฉบับละ 20 ข้อ รวม 100 ข้อ แบบทดสอบนี้วัดเนื้อหาเดียวกันกับแบบฝึก

- |                                     |              |
|-------------------------------------|--------------|
| 1) แบบทดสอบการคำนวณกฎของบอยล์       | จำนวน 20 ข้อ |
| 2) แบบทดสอบการคำนวณกฎของชาร์ล       | จำนวน 20 ข้อ |
| 3) แบบทดสอบการคำนวณกฎรวมก๊าซ        | จำนวน 20 ข้อ |
| 4) แบบทดสอบการคำนวณกฎก๊าซสมบูรณ์แบบ | จำนวน 20 ข้อ |
| 5) แบบทดสอบการคำนวณกฎการแพร่        | จำนวน 20 ข้อ |

2.4 หาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีในด้านต่างๆดังนี้

2.4.1 ความเที่ยงตรง นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีให้ผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหา ผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วยผู้ที่มีคุณวุฒิทางการวัดผลการศึกษา และอาจารย์ผู้มีประสบการณ์สอนวิชาเคมี จำนวน 5 ท่าน คัดเลือกข้อที่มีค่า IOC เกิน 0.6 ขึ้นไป

2.4.2 นำแบบทดสอบที่ได้รับการคัดเลือกแล้วไปทดลองใช้ครั้งที่ 1 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมวัดไร่ขิง อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม จำนวน 40 คน ได้แก่แบบทดสอบฉบับที่ 2 กฎของชาร์ล ฉบับที่ 4 กฎก๊าซสมบูรณ์แบบ ฉบับที่ 5 กฎการแพร่ และโรงเรียนมัธยมวัดหนองแขม เขตหนองแขม กรุงเทพมหานคร จำนวน 40 คน ได้แก่แบบทดสอบฉบับที่ 1 กฎของบอยล์ และ ฉบับที่ 3 กฎรวมก๊าซ เพื่อหาคุณภาพรายข้อของแบบทดสอบ โดยคัดเลือกข้อที่มีค่าความยากระหว่าง 0.2 -0.8 และค่าอำนาจจำแนก 0.2 ขึ้นไป ฉบับละ 10 ข้อ รวม 50 ข้อ ดังนี้

|                          |                |             |
|--------------------------|----------------|-------------|
| แบบทดสอบกฎของบอยล์       | ค่าความยากง่าย | 0.55 - 0.79 |
|                          | ค่าอำนาจจำแนก  | 0.41 - 0.91 |
| แบบทดสอบกฎของชาร์ล       | ค่าความยากง่าย | 0.63 - 0.80 |
|                          | ค่าอำนาจจำแนก  | 0.34 - 0.89 |
| แบบทดสอบกฎรวมก๊าซ        | ค่าความยากง่าย | 0.63 - 0.79 |
|                          | ค่าอำนาจจำแนก  | 0.39 - 0.76 |
| แบบทดสอบกฎก๊าซสมบูรณ์แบบ | ค่าความยากง่าย | 0.43 - 0.80 |
|                          | ค่าอำนาจจำแนก  | 0.40 - 0.68 |
| แบบทดสอบกฎการแพร่        | ค่าความยากง่าย | 0.40 - 0.74 |
|                          | ค่าอำนาจจำแนก  | 0.36 - 0.71 |

2.4.3 นำแบบทดสอบที่ได้รับการคัดเลือกแล้วจากข้อ 2.4.2 มาทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียน ภ.ป.ร.ราชวิทยาลัย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่เรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ 2 ห้องเรียน จำนวน 86 คน เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบด้านความเชื่อมั่นคำนวณจากสูตร KR.20 ดังนี้

|                          |                  |      |
|--------------------------|------------------|------|
| แบบทดสอบกฎของบอยล์       | ค่าความเชื่อมั่น | 0.65 |
| แบบทดสอบกฎของชาร์ล       | ค่าความเชื่อมั่น | 0.68 |
| แบบทดสอบกฎรวมก๊าซ        | ค่าความเชื่อมั่น | 0.72 |
| แบบทดสอบกฎก๊าซสมบูรณ์แบบ | ค่าความเชื่อมั่น | 0.84 |
| แบบทดสอบกฎการแพร่        | ค่าความเชื่อมั่น | 0.75 |

## 2.5 จัดพิมพ์เป็นรูปเล่ม

## การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนต่อไปนี้

### 1. การหาคุณภาพเครื่องมือและกลุ่มตัวอย่าง

#### 1.1 ดำเนินการสร้างเครื่องมือตามขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ

1.2 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีที่ได้ผ่านการหาคุณภาพและคัดเลือกแล้ว 5 ฉบับ ฉบับละ 10 ข้อ รวม 50 ข้อ มาทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียน ภ.ป.ร.ราชวิทยาลัย ในพระบรมราชูปถัมภ์ที่เรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ 2 ห้องเรียน จำนวน 86 คน คะแนนจากแบบทดสอบในครั้งนี้ จะทำให้ทราบจำนวนนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ ในแต่ละชุดแบบทดสอบ 5 ฉบับ เพื่อเป็นกลุ่มตัวอย่างที่จะใช้ในการฝึกครั้งนี้ กลุ่มตัวอย่างจะมีจำนวน 5 กลุ่ม จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มจะไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับผลการทดสอบแต่ละครั้ง และคะแนนที่ได้จากการสอบในครั้งนี้ของกลุ่มตัวอย่าง จะเป็นคะแนนก่อนทำการฝึก (Pretest) ด้วยจำนวนนักเรียนแต่ละกลุ่มมีดังนี้

|                        |                            |
|------------------------|----------------------------|
| กลุ่มที่ 1 จำนวน 20 คน | ทำแบบทดสอบกฎของบอยล์       |
| กลุ่มที่ 2 จำนวน 30 คน | ทำแบบทดสอบกฎของชาร์ล       |
| กลุ่มที่ 3 จำนวน 25 คน | ทำแบบทดสอบกฎรวมก๊าซ        |
| กลุ่มที่ 4 จำนวน 26 คน | ทำแบบทดสอบกฎก๊าซสมบูรณ์แบบ |
| กลุ่มที่ 5 จำนวน 48 คน | ทำแบบทดสอบกฎการแพร่        |

### 2. การดำเนินการฝึก

2.1 กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียน ภ.ป.ร. ราชวิทยาลัย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่สอบไม่ผ่านคะแนนรายจุดประสงค์ระหว่างภาคเรียน เรื่องสมบัติของก๊าซ ในแต่ละแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

2.2 นำแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี ที่ได้คุณภาพแล้ว ทดลองใช้กับกลุ่มเล็ก เพื่อหาประสิทธิภาพของแบบฝึก โดยมีขั้นตอนดังนี้

ครั้งที่ 1 ทดสอบแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (One to One Testing) นำแบบฝึกไปทดลองกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง 1 คน ขณะทดลองผู้วิจัยบันทึกปัญหาการใช้แบบฝึกและข้อบกพร่องเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข เช่น ความไม่สมบูรณ์ของโจทย์บางข้อ การกำหนดมวลอะตอม สัญลักษณ์ของธาตุ สูตรโมเลกุลของก๊าซเพิ่มเติม

ครั้งที่ 2 ทดสอบแบบกลุ่มเล็ก (Small Group Testing) นำแบบฝึกที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองกับนักเรียนกลุ่มเล็ก 5 คน บันทึกเวลาที่ใช้โดยเฉลี่ยข้อละ 5 นาที ปัญหาที่พบมากของนักเรียนขณะทำแบบฝึก คือข้อบกพร่องเรื่องหน่วยของก๊าซ ความดัน อุณหภูมิ ปริมาตร ความสัมพันธ์ระหว่างโมลกับมวลสาร ซึ่งจะต้องทำความเข้าใจโจทย์ก่อนว่าสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ นั้น จะ

ต้องมีการเปลี่ยนหน่วยก่อนแทนค่าลงในสูตร นอกจากนั้นปัญหาที่พบรองลงมาคือพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ การแทนค่าตัวเลข การคำนวณและการแก้สมการ ซึ่งผู้วิจัยได้บันทึกไว้เพื่อเน้นให้นักเรียนในการทดสอบภาคสนามขั้นต่อไป

ครั้งที่ 3 ทดสอบภาคสนาม (Field Testing) นำแบบฝึกที่ผ่านการทดลองครั้งที่ 2 และปรับปรุงแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยแจ้งจุดประสงค์ของการฝึก ภายหลังการฝึกจะให้นักเรียนอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิด เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกัน โดยผู้วิจัยเป็นผู้แนะนำและเมื่อนักเรียนฝึกจบแล้ว จะได้รับการทดสอบหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น แล้วนำผลการทดสอบมาพิจารณาหาประสิทธิภาพของแบบฝึก โดยใช้เกณฑ์มาตรฐาน 80/80 คือ

80 ตัวแรก หมายถึง คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ ของการทำแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึก

80 ตัวหลัง หมายถึง คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังการฝึก

2.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการฝึกระหว่างเวลา 19.00 - 20.00 น. ซึ่งเป็นคาบเรียนเวลากลางคืน (study) ของทุกวัน ตั้งแต่วันจันทร์ถึงพฤหัสบดี วันละ 1 คาบเรียน โดยใช้เวลาในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี แบบฝึกละ 4 คาบ จำนวน 5 แบบฝึก รวมทั้งสิ้น 20 คาบ เริ่มตั้งแต่ วันที่ 1 กุมภาพันธ์ จนถึงวันที่ 4 มีนาคม 2542

2.4 หลังจากทำการฝึก 1 ฉบับ ในวันศุกร์ของแต่ละสัปดาห์ ก็จะมีการทดสอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ชุดเดิมเป็นคะแนนทดสอบหลังฝึก (Posttest) ดำเนินตามขั้นตอนนี้จนกระทั่งครบ 5 ฉบับ

2.5 นำคะแนนที่วัดได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ มาเปรียบเทียบภายในกลุ่มตัวอย่าง ด้วยวิธีการทางสถิติเพื่อทดสอบคะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังทำการฝึก

2.6 คุณภาพของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึก จะพิจารณาจากประสิทธิภาพของแบบฝึก ตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 และผลของการทดลองฝึก คะแนนก่อนและหลังการฝึกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

## สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐาน คือ ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) ร้อยละ (%) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S)
2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือ

### 2.1 คุณภาพของแบบทดสอบประกอบแบบฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี

2.1.1 หาค่าความเที่ยงตรงตามเนื้อหา โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง ระหว่างข้อสอบ กับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ. 2539 : 249)

$$IOC = \frac{R}{N}$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้อง

R แทน ผลรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทางเนื้อหาวิชา

2.1.2 หาค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึก โดยใช้สูตรของวิทเนย์ (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ. 2539 : 199 - 201)

$$P = \frac{S_U + S_L - (2N \cdot X_{\min})}{2N(X_{\max} - X_{\min})}$$

$$B = \frac{S_U - S_L}{N(X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ P แทน ดัชนีค่าความยาก

B แทน ดัชนีค่าอำนาจจำแนก

$S_U$  แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง

$S_L$  แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน

N แทน จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

$X_{\max}$  แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด

$X_{\min}$  แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

### 2.1.3 ค่าความเชื่อมั่น คำนวณจากค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา ( $\alpha$ - coefficient)

(ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ. 2539 : 218) จากสูตร

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right]$$

|                |                                 |
|----------------|---------------------------------|
| เมื่อ $\alpha$ | แทน สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น   |
| $k$            | แทน จำนวนข้อสอบ                 |
| $S_i^2$        | แทน คะแนนความแปรปรวนเป็นรายข้อ  |
| $S_t^2$        | แทน คะแนนความแปรปรวนของทั้งฉบับ |

## 2.2 หาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.2.1 หาค่าความยากของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ. 2539 : 196)

$$P = \frac{R}{N}$$

|           |     |                                 |
|-----------|-----|---------------------------------|
| เมื่อ $P$ | แทน | ดัชนีค่าความยาก                 |
| $R$       | แทน | จำนวนนักเรียนที่ทำข้อสอบถูก     |
| $N$       | แทน | จำนวนนักเรียนที่ทำข้อสอบทั้งหมด |

2.2.2 หาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร Brennan (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ. 2539 : 186)

$$B = \frac{U}{n_U} - \frac{L}{n_L}$$

|           |     |                                              |
|-----------|-----|----------------------------------------------|
| เมื่อ $B$ | แทน | ดัชนีค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ                  |
| $U$       | แทน | จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มคะแนนสูง        |
| $L$       | แทน | จำนวนที่ตอบถูกในกลุ่มคะแนนต่ำ                |
| $n_U$     | แทน | จำนวนนักเรียนทั้งหมดที่ตอบถูกในกลุ่มคะแนนสูง |
| $n_L$     | แทน | จำนวนนักเรียนทั้งหมดที่ตอบถูกในกลุ่มคะแนนต่ำ |

2.2.3 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สูตรคูเดอร์ ริชาร์ดสัน  
KR-20 (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ. 2539 : 215)

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1} \left[ 1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right]$$

|         |     |                                                                         |
|---------|-----|-------------------------------------------------------------------------|
| เมื่อ k | แทน | จำนวนข้อของเครื่องมือวัด                                                |
| p       | แทน | สัดส่วนของผู้ทำได้ในข้อหนึ่งๆ<br>เท่ากับ จำนวนคนที่ทำถูก/จำนวนคนทั้งหมด |
| q       | แทน | สัดส่วนของผู้ทำผิดในข้อหนึ่งๆ หรือ 1 - p                                |
| $S_t^2$ | แทน | ค่าความแปรปรวนของเครื่องมือฉบับนั้น                                     |

### 3. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของแบบฝึก

3.1 หาประสิทธิภาพของแบบฝึกตามเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 80/80 (ชัยยงค์ พรหมวงศ์.2532 : 495)

$$E_1 = \frac{\frac{\sum X}{N} \times 100}{A}$$

$$E_2 = \frac{\frac{\sum F}{N} \times 100}{B}$$

|             |     |                                                                               |
|-------------|-----|-------------------------------------------------------------------------------|
| เมื่อ $E_1$ | คือ | ประสิทธิภาพของกระบวนการที่จัดไว้ในแบบฝึก คิดเป็นร้อยละจากการทำแบบฝึก          |
| $E_2$       | คือ | ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ คิดเป็นร้อยละหลังจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน |
| $\sum X$    | คือ | คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบฝึก                                             |
| $\sum F$    | คือ | คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน                     |
| A           | คือ | คะแนนเต็มของแบบฝึก                                                            |
| B           | คือ | คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน                                    |
| N           | คือ | จำนวนผู้เรียน                                                                 |

3.2 ทดสอบความแตกต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบก่อนทำแบบฝึก และหลังทำแบบฝึก โดยการทดสอบค่าที่ t-test for Dependent Sample (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. 2538 : 104)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N \sum D^2 - (\sum D)^2}{N-1}}}$$

$$df = N-1$$

เมื่อ  $\sum D$  แทนผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนการทดสอบหลังใช้  
แบบฝึกกับก่อนใช้แบบฝึก

N แทนจำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

## บทที่ 4

### การวิเคราะห์ข้อมูล

#### สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลอง และแปลความหมายของผลการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกัน ผู้วิจัยใช้สัญลักษณ์ดังนี้

|           |     |                                                                                                                         |
|-----------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| N         | แทน | จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง                                                                                            |
| $\bar{X}$ | แทน | ค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี                                                                      |
| S         | แทน | ค่าเฉลี่ยเบี่ยงเบนมาตรฐาน                                                                                               |
| D         | แทน | ค่าคะแนนความแตกต่างระหว่างคะแนนทดสอบก่อนและหลังฝึกด้วย<br>แบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี                    |
| P         | แทน | ค่าความยากง่าย                                                                                                          |
| B         | แทน | ค่าอำนาจจำแนก                                                                                                           |
| $r_{tt}$  | แทน | ค่าความเชื่อมั่น                                                                                                        |
| $E_1$     | แทน | ประสิทธิภาพของกระบวนการที่จัดไว้ในแบบฝึกคิดเป็นร้อยละ<br>จากการทำแบบฝึก                                                 |
| $E_2$     | แทน | ประสิทธิภาพของผลลัพธ์คิดเป็นร้อยละจากการทำแบบทดสอบวัดผล<br>สัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังทำการฝึก                          |
| t         | แทน | ค่าในการตรวจสอบความแตกต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบ<br>ก่อนและหลังฝึกด้วยแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี |
| df        | แทน | ระดับความเป็นอิสระ                                                                                                      |

#### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การหาคุณภาพของเครื่องมือและการทดลองภาคสนามกับกลุ่มตัวอย่าง นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ตามขั้นตอนเรียงลำดับต่อไปนี้

1. คุณภาพของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี
2. ประสิทธิภาพของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี
  - 2.1 คะแนนแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี
  - 2.2 คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังฝึก

3. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนฝึกและหลังฝึก
4. วิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยก่อนฝึกและหลังฝึก

### คุณภาพของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี

1. ค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี ทั้ง 5 ฉบับ จากการทดสอบเพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี ทั้ง 5 ฉบับ ของกลุ่มตัวอย่าง 40 คน มาวิเคราะห์หาค่าคะแนนเฉลี่ย ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน ปรากฏผลดังตาราง 1

ตาราง 1 ค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี

| ฉบับที่ | จำนวนข้อ | คะแนนเต็ม | $\bar{X}$ | S    |
|---------|----------|-----------|-----------|------|
| 1       | 10       | 36        | 29.38     | 5.95 |
| 2       | 10       | 35        | 29.61     | 6.52 |
| 3       | 10       | 35        | 30.28     | 6.09 |
| 4       | 10       | 36        | 29.05     | 6.37 |
| 5       | 10       | 36        | 27.95     | 9.49 |

จากตารางผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี ทั้ง 5 ฉบับ ปรากฏว่าคะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบทั้ง 5 ฉบับ มีค่าตั้งแต่ 27.95 ถึง 30.28 และแบบทดสอบทุกฉบับมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็ม แสดงว่า แบบทดสอบทั้ง 5 ฉบับ เป็นแบบทดสอบที่ค่อนข้างง่าย สำหรับค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบทดสอบทั้ง 5 ฉบับ มีค่าตั้งแต่ 5.95 ถึง 9.49

2. คุณภาพของข้อสอบเป็นรายข้อของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี จากการทดสอบเพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี ทั้ง 5 ฉบับ ของกลุ่มตัวอย่าง 40 คน มาวิเคราะห์หาค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบซึ่งคำนวณโดยใช้สูตรของวิทเนย์ ได้ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี ดังตาราง 2

ตาราง 2 ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์  
คำนวณเคมี

| แบบทดสอบฉบับที่ | P           | B           |
|-----------------|-------------|-------------|
| 1               | 0.60 - 0.92 | 0.14 - 0.69 |
| 2               | 0.67 - 0.86 | 0.27 - 0.66 |
| 3               | 0.66 - 0.91 | 0.18 - 0.67 |
| 4               | 0.66 - 0.88 | 0.25 - 0.60 |
| 5               | 0.60 - 0.83 | 0.35 - 0.80 |

จากตาราง 2 ผลการวิเคราะห์ได้ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกโจทย์คำนวณเคมี เรื่อง สมบัติของก๊าซทั้ง 5 ฉบับ ปรากฏว่ามีค่าความยากตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป ทุกข้อ แสดงว่าเป็นแบบทดสอบที่ค่อนข้างง่าย ดังนั้นแบบทดสอบทั้ง 5 ฉบับ ทุกข้อ มีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

### 3. คุณภาพของแบบทดสอบทั้งฉบับ

จากการทดสอบเพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี ทั้ง 5 ฉบับ ผู้วิจัยได้นำคะแนนจากการทดสอบมาคำนวณหา ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยคำนวณจากค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา ( $\alpha$  -Coefficient) ปรากฏผลดังตาราง 3

ตาราง 3 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี

| แบบทดสอบฉบับที่ | $r_{tt}$ |
|-----------------|----------|
| 1               | 0.74     |
| 2               | 0.87     |
| 3               | 0.83     |
| 4               | 0.87     |
| 5               | 0.92     |

จากตาราง 3 ปรากฏว่าค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมีทั้ง 5 ฉบับ มีค่าตั้งแต่ 0.74 - 0.92 แสดงว่าแบบทดสอบทั้ง 5 ฉบับ มีความเชื่อมั่นอยู่ในระดับสูง โดยแบบทดสอบที่มีค่าความเชื่อมั่นสูงที่สุดคือแบบทดสอบฉบับที่ 5 กฎการแพร่ และแบบทดสอบที่มีค่าความเชื่อมั่นต่ำสุดคือแบบทดสอบฉบับที่ 1 กฎของบอยล์

## ประสิทธิภาพของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี

### 1. คะแนนแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี

จากการทดลองภาคสนาม โดยใช้แบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี ทดลองฝึกกับกลุ่มตัวอย่าง นำคะแนนจากการทำแบบทดสอบ ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 5 กลุ่ม มาหาคะแนนเฉลี่ย และคะแนนคิดเป็นร้อยละ ดังนี้

ตาราง 4 คะแนนแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี

| แบบฝึกฉบับที่ | จำนวนข้อ | $\bar{X}$ | S    | $E_1$ |
|---------------|----------|-----------|------|-------|
| 1             | 10       | 30.05     | 4.74 | 83.47 |
| 2             | 10       | 29.63     | 5.02 | 84.67 |
| 3             | 10       | 30.96     | 4.82 | 88.64 |
| 4             | 10       | 29.04     | 5.11 | 80.66 |
| 5             | 10       | 30.95     | 6.84 | 85.99 |

จากตาราง 4 คะแนนรวมของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมีเรื่องสมบัติของก๊าซ ทั้ง 5 ฉบับ เมื่อคิดเป็นร้อยละ เท่ากับ 83.47 , 84.67 , 88.64 , 80.66 และ 85.99 ตามลำดับ แสดงว่าประสิทธิภาพของกระบวนการที่จัดไว้ในแบบฝึก ซึ่งเป็นตัวแรกของประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกฉบับ

### 2. คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังฝึก

เมื่อทำการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีโดยใช้แบบทดสอบชุดเดิม หลังทดลองภาคสนามเพื่อคำนวณประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ดังแสดงในตาราง 5

ตาราง 5 คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังฝึก

| แบบทดสอบ         | จำนวนข้อ | $\bar{X}$ | S    | $E_2$ |
|------------------|----------|-----------|------|-------|
| กฎของบอยล์       | 10       | 8.25      | 1.16 | 82.50 |
| กฎของชาร์ล       | 10       | 8.60      | 1.40 | 86.00 |
| กฎรวมก๊าซ        | 10       | 8.88      | 1.05 | 88.80 |
| กฎก๊าซสมบูรณ์แบบ | 10       | 9.23      | 1.14 | 92.31 |
| กฎการแพร่        | 10       | 7.90      | 1.13 | 78.96 |

จากตาราง 5 คะแนนการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังการฝึกด้วยแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมีทั้ง 5 ฉบับ เมื่อคิดเป็นร้อยละมีค่าเท่ากับ 82.50 , 86.00 , 88.80 , 92.31 และ 78.96 ตามลำดับ แสดงว่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์คิดเป็นร้อยละจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังฝึก มีค่า 82.50 , 86.00 , 88.80 , 92.31 และ 78.96

จากตาราง 4 และตาราง 5 ประสิทธิภาพของแบบฝึก  $E_1/E_2$  ที่คำนวณได้มีค่า มีค่าดังนี้

ตาราง 6 แสดงประสิทธิภาพของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี  
เรื่องสมบัติของก๊าซ

| แบบฝึกฉบับที่ | เรื่อง           | ประสิทธิภาพของแบบฝึก |
|---------------|------------------|----------------------|
| 1             | กฎของบอยล์       | 83.47/82.50          |
| 2             | กฎของชาร์ล       | 84.67/86.00          |
| 3             | กฎรวมก๊าซ        | 88.46/88.80          |
| 4             | กฎก๊าซสมบูรณ์แบบ | 80.66/92.31          |
| 5             | กฎการแพร่        | 85.99/78.96          |

จากตาราง 6 ประสิทธิภาพของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี ฉบับที่ 1 , 2 , 3 และ 4 มีประสิทธิภาพ 83.47/82.50 , 84.67/86.00 , 88.46/88.80 และ 80.66/92.31 ตามลำดับ สูงกว่าประสิทธิภาพของแบบฝึกตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ที่กำหนดไว้ ส่วนประสิทธิภาพของแบบทดสอบฉบับที่ 5 มีค่าเท่ากับ 85.99/78.96 ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

**เปรียบเทียบคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนฝึกและหลังฝึก**

หลังจากผู้วิจัยได้ดำเนินการฝึกเสร็จสิ้นในแต่ละฉบับ ได้ทำการทดสอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี ฉบับเดียวกับที่ใช้ทดสอบก่อนการฝึก และนำคะแนนที่วัดได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ของแต่ละฉบับ มาเปรียบเทียบภายในกลุ่มตัวอย่าง เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนี้

ตาราง 7 คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีก่อนการทำแบบฝึกและหลัง  
การทำแบบฝึก ฉบับที่ 1 ภาของบอยล์

| ผู้เรียน | คะแนนก่อนฝึก<br>(เต็ม 10 คะแนน ) | คะแนนหลังฝึก<br>(เต็ม 10 คะแนน) | คะแนนเพิ่มขึ้น<br>D |
|----------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------|
| 1        | 4                                | 6                               | 2                   |
| 2        | 3                                | 10                              | 7                   |
| 3        | 4                                | 9                               | 5                   |
| 4        | 1                                | 8                               | 7                   |
| 5        | 2                                | 8                               | 6                   |
| 6        | 2                                | 10                              | 8                   |
| 7        | 2                                | 6                               | 4                   |
| 8        | 3                                | 9                               | 6                   |
| 9        | 1                                | 7                               | 6                   |
| 10       | 4                                | 7                               | 3                   |
| 11       | 4                                | 9                               | 5                   |
| 12       | 4                                | 8                               | 4                   |
| 13       | 3                                | 9                               | 6                   |
| 14       | 4                                | 9                               | 5                   |
| 15       | 4                                | 7                               | 3                   |
| 16       | 3                                | 8                               | 5                   |
| 17       | 3                                | 8                               | 5                   |
| 18       | 3                                | 9                               | 6                   |
| 19       | 4                                | 9                               | 5                   |
| 20       | 2                                | 9                               | 7                   |
| รวม      | 60                               | 165                             | 105                 |
| ร้อยละ   | 30.00                            | 82.50                           | -                   |
| N = 20   | $\bar{X} = 3.00$<br>S = 1.03     | $\bar{X} = 8.25$<br>S = 1.16    | $\bar{D} = 5.25$    |

จากตาราง 7 คะแนนจากการสอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี ฉบับที่ 1 ภาวของบอยล์ กลุ่มตัวอย่าง 20 คน โดยคัดเลือกจากนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ นักเรียนที่ได้คะแนนสูงสุดเท่ากับ 4 คะแนน ต่ำสุดเท่ากับ 1 คะแนน เมื่อฝึกด้วยแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมีแล้ว นักเรียนมีคะแนนเพิ่มกว่าเดิม มีคะแนนสูงสุดเท่ากับ 10 คะแนน ต่ำสุดเท่ากับ 6 คะแนน คะแนนเพิ่มมากที่สุด 8 คะแนน และเพิ่มน้อยที่สุด 2 คะแนน

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของคะแนนพบว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนฝึกเท่ากับ 3.00 และค่าเฉลี่ยของการทดสอบหลังฝึกเท่ากับ 8.25 ซึ่งเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 5.25

ตาราง 8 คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีก่อนการทำแบบฝึกและหลัง  
การทำแบบฝึก ฉบับที่ 2 ภาฏของชาร์ล

| ผู้เรียน | คะแนนก่อนฝึก<br>(เต็ม 10 คะแนน) | คะแนนหลังฝึก<br>(เต็ม 10 คะแนน) | คะแนนเพิ่มขึ้น<br>D |
|----------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------|
| 1        | 4                               | 10                              | 6                   |
| 2        | 2                               | 10                              | 8                   |
| 3        | 2                               | 6                               | 4                   |
| 4        | 3                               | 9                               | 6                   |
| 5        | 3                               | 7                               | 4                   |
| 6        | 3                               | 7                               | 4                   |
| 7        | 3                               | 7                               | 4                   |
| 8        | 4                               | 7                               | 3                   |
| 9        | 3                               | 10                              | 7                   |
| 10       | 3                               | 10                              | 7                   |
| 11       | 2                               | 10                              | 8                   |
| 12       | 3                               | 8                               | 5                   |
| 13       | 3                               | 6                               | 3                   |
| 14       | 4                               | 10                              | 6                   |
| 15       | 3                               | 7                               | 4                   |
| 16       | 3                               | 10                              | 7                   |
| 17       | 2                               | 10                              | 8                   |
| 18       | 3                               | 9                               | 6                   |
| 19       | 3                               | 8                               | 5                   |
| 20       | 4                               | 10                              | 6                   |
| 21       | 3                               | 6                               | 3                   |
| 22       | 4                               | 8                               | 4                   |
| 23       | 4                               | 10                              | 6                   |
| 24       | 1                               | 9                               | 8                   |
| 25       | 4                               | 9                               | 5                   |
| 26       | 1                               | 10                              | 9                   |

ตาราง 8 (ต่อ)

| ผู้เรียน | คะแนนก่อนฝึก<br>(เต็ม 10 คะแนน) | คะแนนหลังฝึก<br>(เต็ม 10 คะแนน) | คะแนนเพิ่มขึ้น<br>D |
|----------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------|
| 27       | 3                               | 9                               | 6                   |
| 28       | 2                               | 8                               | 6                   |
| 29       | 4                               | 9                               | 5                   |
| 30       | 3                               | 9                               | 6                   |
| รวม      | 89                              | 258                             | 169                 |
| ร้อยละ   | 29.67                           | 86.00                           | -                   |
| N = 30   | $\bar{X} = 2.97$<br>S = 0.85    | $\bar{X} = 8.60$<br>S = 1.40    | $\bar{D} = 5.63$    |

จากตาราง 8 คะแนนจากการสอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี ฉบับที่ 2 ของชาร์ล กลุ่มตัวอย่าง 30 คน โดยคัดเลือกจากนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ นักเรียนที่ได้คะแนนสูงสุดเท่ากับ 4 คะแนน ต่ำสุดเท่ากับ 1 คะแนน เมื่อฝึกด้วยแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมีแล้ว นักเรียนมีคะแนนเพิ่มกว่าเดิม มีคะแนนสูงสุดเท่ากับ 10 คะแนน ต่ำสุดเท่ากับ 6 คะแนน คะแนนเพิ่มมากที่สุด 8 คะแนน และเพิ่มน้อยที่สุด 3 คะแนน

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของคะแนนพบว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนฝึกเท่ากับ 2.97 และค่าเฉลี่ยของการทดสอบหลังฝึกเท่ากับ 8.60 ซึ่งเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 5.63

ตาราง 9 คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีก่อนการทำแบบฝึกและหลัง  
การทำแบบฝึก ฉบับที่ 3 กรุงเทพมหานคร

| ผู้เรียน | คะแนนก่อนฝึก<br>(เต็ม 10 คะแนน ) | คะแนนหลังฝึก<br>(เต็ม 10 คะแนน) | คะแนนเพิ่มขึ้น<br>D |
|----------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------|
| 1        | 4                                | 8                               | 4                   |
| 2        | 3                                | 7                               | 4                   |
| 3        | 3                                | 8                               | 5                   |
| 4        | 3                                | 9                               | 6                   |
| 5        | 4                                | 7                               | 3                   |
| 6        | 4                                | 9                               | 5                   |
| 7        | 4                                | 9                               | 5                   |
| 8        | 3                                | 9                               | 6                   |
| 9        | 3                                | 10                              | 7                   |
| 10       | 4                                | 7                               | 3                   |
| 11       | 1                                | 9                               | 8                   |
| 12       | 3                                | 10                              | 7                   |
| 13       | 2                                | 8                               | 6                   |
| 14       | 3                                | 10                              | 7                   |
| 15       | 0                                | 9                               | 9                   |
| 16       | 3                                | 10                              | 7                   |
| 17       | 3                                | 10                              | 7                   |
| 18       | 2                                | 9                               | 7                   |
| 19       | 3                                | 7                               | 4                   |
| 20       | 4                                | 10                              | 6                   |
| 21       | 1                                | 9                               | 8                   |
| 22       | 3                                | 10                              | 7                   |
| 23       | 1                                | 9                               | 8                   |
| 24       | 1                                | 9                               | 8                   |

ตาราง 9 (ต่อ)

| ผู้เรียน | คะแนนก่อนฝึก<br>(เต็ม 10 คะแนน) | คะแนนหลังฝึก<br>(เต็ม 10 คะแนน) | คะแนนเพิ่มขึ้น<br>D |
|----------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------|
| 25       | 3                               | 10                              | 7                   |
| รวม      | 68                              | 222                             | 154                 |
| ร้อยละ   | 27.20                           | 88.80                           | -                   |
| N = 25   | $\bar{X} = 2.72$<br>S = 1.14    | $\bar{X} = 8.88$<br>S = 1.05    | $\bar{D} = 6.16$    |

จากตาราง 9 คะแนนจากการสอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี ฉบับที่ 3 ภาควรรวมก๊ำช กลุ่มตัวอย่าง 25 คน โดยคัดเลือกจากนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ นักเรียนที่ได้คะแนนสูงสุดเท่ากับ 4 คะแนน ต่ำสุดเท่ากับ 0 คะแนน เมื่อฝึกด้วยแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมีแล้ว นักเรียนมีคะแนนเพิ่มกว่าเดิม มีคะแนนสูงสุดเท่ากับ 10 คะแนน ต่ำสุดเท่ากับ 7 คะแนน คะแนนเพิ่มมากที่สุด 9 คะแนน และเพิ่มน้อยที่สุด 3 คะแนน

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของคะแนนพบว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนฝึกเท่ากับ 2.72 และค่าเฉลี่ยของการทดสอบหลังฝึกเท่ากับ 8.88 ซึ่งเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 6.16

ตาราง 10 คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีก่อนการทำแบบฝึกและหลัง  
การทำแบบฝึก ฉบับที่ 4 กฎก๊าซสมบูรณ์แบบ

| ผู้เรียน | คะแนนก่อนฝึก<br>(เต็ม 10 คะแนน ) | คะแนนหลังฝึก<br>(เต็ม 10 คะแนน) | คะแนนเพิ่มขึ้น<br>D |
|----------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------|
| 1        | 2                                | 7                               | 5                   |
| 2        | 0                                | 8                               | 8                   |
| 3        | 1                                | 10                              | 9                   |
| 4        | 2                                | 10                              | 8                   |
| 5        | 3                                | 10                              | 7                   |
| 6        | 3                                | 10                              | 7                   |
| 7        | 0                                | 8                               | 8                   |
| 8        | 2                                | 9                               | 7                   |
| 9        | 2                                | 9                               | 7                   |
| 10       | 4                                | 10                              | 6                   |
| 11       | 1                                | 10                              | 9                   |
| 12       | 4                                | 8                               | 4                   |
| 13       | 3                                | 10                              | 7                   |
| 14       | 2                                | 8                               | 6                   |
| 15       | 2                                | 8                               | 6                   |
| 16       | 3                                | 10                              | 7                   |
| 17       | 2                                | 6                               | 4                   |
| 18       | 3                                | 10                              | 7                   |
| 19       | 1                                | 9                               | 8                   |
| 20       | 4                                | 10                              | 6                   |
| 21       | 3                                | 10                              | 7                   |
| 22       | 3                                | 10                              | 7                   |
| 23       | 2                                | 10                              | 8                   |
| 24       | 4                                | 10                              | 6                   |

ตาราง 10 (ต่อ)

| ผู้เรียน | คะแนนก่อนฝึก<br>(เต็ม 10 คะแนน) | คะแนนหลังฝึก<br>(เต็ม 10 คะแนน) | คะแนนเพิ่มขึ้น<br>D |
|----------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------|
| 25       | 3                               | 10                              | 7                   |
| 26       | 4                               | 10                              | 6                   |
| รวม      | 63                              | 240                             | 177                 |
| ร้อยละ   | 24.23                           | 92.31                           | -                   |
| N = 26   | $\bar{X} = 2.42$<br>S = 1.17    | $\bar{X} = 9.23$<br>S = 1.14    | $\bar{D} = 6.81$    |

จากตาราง 10 คะแนนจากการสอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี ฉบับที่ 4 กฎีฯ สมบูรณ์แบบ กลุ่มตัวอย่าง 26 คน โดยคัดเลือกจากนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ นักเรียนที่ได้คะแนนสูงสุดเท่ากับ 4 คะแนน ต่ำสุดเท่ากับ 0 คะแนน เมื่อฝึกด้วยแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึก การคิดโจทย์คำนวณเคมีแล้ว นักเรียนมีคะแนนเพิ่มกว่าเดิม มีคะแนนสูงสุดเท่ากับ 10 คะแนน ต่ำสุดเท่ากับ 6 คะแนน คะแนนเพิ่มมากที่สุด 9 คะแนน และเพิ่มน้อยที่สุด 4 คะแนน

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของคะแนนพบว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนฝึกเท่ากับ 2.42 และค่าเฉลี่ยของการทดสอบหลังฝึกเท่ากับ 9.23 ซึ่งเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 6.81

ตาราง 11 คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีก่อนการทำแบบฝึกและหลัง  
การทำแบบฝึก ฉบับที่ 5 กฎการแพร่

| ผู้เรียน | คะแนนก่อนฝึก<br>(เต็ม 10 คะแนน ) | คะแนนหลังฝึก<br>(เต็ม 10 คะแนน) | คะแนนเพิ่มขึ้น<br>D |
|----------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------|
| 1        | 0                                | 9                               | 9                   |
| 2        | 0                                | 9                               | 9                   |
| 3        | 0                                | 8                               | 8                   |
| 4        | 2                                | 9                               | 7                   |
| 5        | 1                                | 8                               | 7                   |
| 6        | 3                                | 9                               | 6                   |
| 7        | 4                                | 8                               | 4                   |
| 8        | 4                                | 8                               | 4                   |
| 9        | 4                                | 8                               | 4                   |
| 10       | 3                                | 8                               | 5                   |
| 11       | 3                                | 7                               | 4                   |
| 12       | 4                                | 9                               | 5                   |
| 13       | 0                                | 9                               | 9                   |
| 14       | 3                                | 8                               | 5                   |
| 15       | 2                                | 9                               | 7                   |
| 16       | 4                                | 9                               | 5                   |
| 17       | 1                                | 5                               | 4                   |
| 18       | 2                                | 9                               | 7                   |
| 19       | 4                                | 7                               | 3                   |
| 20       | 1                                | 7                               | 6                   |
| 21       | 3                                | 8                               | 5                   |
| 22       | 1                                | 8                               | 7                   |
| 23       | 0                                | 8                               | 8                   |
| 24       | 4                                | 9                               | 5                   |
| 25       | 2                                | 9                               | 7                   |
| 26       | 4                                | 9                               | 5                   |

ตาราง 11 (ต่อ)

| ผู้เรียน | คะแนนก่อนฝึก<br>(เต็ม 10 คะแนน) | คะแนนหลังฝึก<br>(เต็ม 10 คะแนน) | คะแนนเพิ่มขึ้น<br>D |
|----------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------|
| 27       | 1                               | 9                               | 8                   |
| 28       | 2                               | 7                               | 5                   |
| 29       | 0                               | 6                               | 6                   |
| 30       | 1                               | 7                               | 6                   |
| 31       | 4                               | 8                               | 4                   |
| 32       | 4                               | 8                               | 4                   |
| 33       | 3                               | 8                               | 5                   |
| 34       | 1                               | 7                               | 6                   |
| 35       | 4                               | 6                               | 2                   |
| 36       | 4                               | 8                               | 4                   |
| 37       | 1                               | 8                               | 7                   |
| 38       | 3                               | 7                               | 4                   |
| 39       | 1                               | 9                               | 8                   |
| 40       | 0                               | 5                               | 5                   |
| 41       | 2                               | 9                               | 7                   |
| 42       | 1                               | 9                               | 8                   |
| 43       | 1                               | 7                               | 6                   |
| 44       | 4                               | 7                               | 3                   |
| 45       | 0                               | 10                              | 10                  |
| 46       | 4                               | 7                               | 3                   |
| 47       | 1                               | 7                               | 6                   |
| 48       | 0                               | 6                               | 6                   |
| รวม      | 101                             | 379                             | 278                 |
| ร้อยละ   | 21.04                           | 78.96                           | -                   |
| N = 48   | $\bar{X} = 2.10$<br>S = 1.53    | $\bar{X} = 7.90$<br>S = 1.13    | $\bar{D} = 5.79$    |

จากตาราง 11 คะแนนจากการสอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี ฉบับที่ 5 ฏฏการแพร่ กลุ่มตัวอย่าง 48 คน โดยคัดเลือกจากนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ นักเรียนที่ได้คะแนนสูงสุดเท่ากับ 4 คะแนน ต่ำสุดเท่ากับ 0 คะแนน เมื่อฝึกด้วยแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมีแล้ว นักเรียนมีคะแนนเพิ่มกว่าเดิม มีคะแนนสูงสุดเท่ากับ 10 คะแนน ต่ำสุดเท่ากับ 5 คะแนน คะแนนเพิ่มมากที่สุด 10 คะแนน และเพิ่มน้อยที่สุด 2 คะแนน

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของคะแนนพบว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนฝึกเท่ากับ 2.10 และค่าเฉลี่ยของการทดสอบหลังฝึกเท่ากับ 7.90 ซึ่งเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 5.79

### วิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยก่อนฝึกและหลังฝึก

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของคะแนนพบว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนฝึกและหลังฝึกด้วยแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี แตกต่างกัน โดยค่าเฉลี่ยหลังฝึกสูงขึ้นทั้ง 5 ฉบับ เพื่อยืนยันจึงนำมาทดสอบด้วย t-test ที่ระดับนัยสำคัญดังตาราง

ตารางที่ 12 การทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังฝึกด้วยแบบทดสอบฉบับที่ 1 ฏฏของบอยล์

| กลุ่ม   | N  | $\bar{X}$ | S    | t      |
|---------|----|-----------|------|--------|
| ก่อนฝึก | 20 | 3.00      | 1.03 | 15.47* |
| หลังฝึก | 20 | 8.25      | 1.16 |        |

$$t (df = 19, \alpha = .05) = 1.729$$

จากตารางที่ 12 แสดงว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ระหว่างการทดสอบก่อนและหลังการทำแบบฝึกด้วยแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมีฉบับที่ 1 ฏฏของบอยล์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพบว่าคะแนนของการทดสอบหลังการทำแบบฝึกสูงกว่าคะแนนก่อนการทำแบบฝึก แสดงว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 13 การทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังฝึกด้วยแบบทดสอบ  
ฉบับที่ 2 กฎของชาร์ล

| กลุ่ม   | N  | $\bar{X}$ | S    | t      |
|---------|----|-----------|------|--------|
| ก่อนฝึก | 30 | 2.97      | 0.85 | 18.69* |
| หลังฝึก | 30 | 8.60      | 1.40 |        |

$$t (df = 29, \alpha = .05) = 1.699$$

จากตารางที่ 13 แสดงว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ระหว่างการทดสอบก่อนและหลังการทำแบบฝึกด้วยแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี ฉบับที่ 2 กฎของชาร์ล แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพบว่าคะแนนของการทดสอบหลังการทำแบบฝึกสูงกว่าคะแนนก่อนการทำแบบฝึก แสดงว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 14 การทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังฝึกด้วยแบบทดสอบ  
ฉบับที่ 3 กฎรวมก๊าซ

| กลุ่ม   | N  | $\bar{X}$ | S    | t      |
|---------|----|-----------|------|--------|
| ก่อนฝึก | 25 | 2.72      | 1.14 | 18.66* |
| หลังฝึก | 25 | 8.88      | 1.05 |        |

$$t (df = 24, \alpha = .05) = 1.711$$

จากตารางที่ 14 แสดงว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ระหว่างการทดสอบก่อนและหลังการทำแบบฝึกด้วยแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี ฉบับที่ 3 กฎรวมก๊าซ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพบว่าคะแนนของการทดสอบหลังการทำแบบฝึกสูงกว่าคะแนนก่อนการทำแบบฝึก แสดงว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 15 การทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังฝึกด้วยแบบทดสอบ  
ฉบับที่ 4 กฎก๊าซสมบูรณ์แบบ

| กลุ่ม   | N  | $\bar{X}$ | S    | t      |
|---------|----|-----------|------|--------|
| ก่อนฝึก | 26 | 2.42      | 1.17 | 27.43* |
| หลังฝึก | 26 | 9.23      | 1.14 |        |

$$t (df = 25, \alpha = .05) = 1.708$$

จากตารางที่ 15 แสดงว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ระหว่างการทดสอบก่อนและหลังการทำแบบฝึกด้วยแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี ฉบับที่ 4 กฎก๊าซสมบูรณ์แบบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพบว่าคะแนนของการทดสอบหลังการทำแบบฝึกสูงกว่าคะแนนก่อนการทำแบบฝึก แสดงว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 16 การทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังฝึกด้วยแบบทดสอบ  
ฉบับที่ 5 กฎการแพร่

| กลุ่ม   | N  | $\bar{X}$ | S    | t      |
|---------|----|-----------|------|--------|
| ก่อนฝึก | 48 | 2.10      | 1.53 | 21.89* |
| หลังฝึก | 48 | 7.90      | 1.13 |        |

$$t (df = 47, \alpha = .05) = 1.684$$

จากตารางที่ 16 แสดงว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ระหว่างการทดสอบก่อนและหลังการทำแบบฝึกด้วยแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี ฉบับที่ 5 กฎการแพร่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพบว่าคะแนนของการทดสอบหลังการทำแบบฝึกสูงกว่าคะแนนก่อนการทำแบบฝึก แสดงว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

## บทที่ 5

### สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

#### ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

เพื่อสร้างแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี เรื่องสมบัติของก๊าซ ที่มีลักษณะเป็นแบบทดสอบ ให้นักเรียนแสดงขั้นตอนกระบวนการคิดแก้ปัญหา ที่มีคุณภาพ

#### ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

**กลุ่มตัวอย่าง** กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียน ภ.ป.ร.ราชวิทยาลัย ในพระบรมราชูปถัมภ์ อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม ที่สอบไม่ผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้ของวิชาเคมี (ว 031) เรื่องสมบัติของก๊าซ จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น กลุ่มตัวอย่างมี 5 กลุ่ม ดังนี้

|            |             |                            |
|------------|-------------|----------------------------|
| กลุ่มที่ 1 | จำนวน 20 คน | ทำแบบทดสอบกฎของบอยล์       |
| กลุ่มที่ 2 | จำนวน 30 คน | ทำแบบทดสอบกฎของชาร์ล       |
| กลุ่มที่ 3 | จำนวน 25 คน | ทำแบบทดสอบกฎรวมก๊าซ        |
| กลุ่มที่ 4 | จำนวน 26 คน | ทำแบบทดสอบกฎก๊าซสมบูรณ์แบบ |
| กลุ่มที่ 5 | จำนวน 48 คน | ทำแบบทดสอบกฎการแพร่        |

**เนื้อหา** เนื้อหาที่ใช้ในการสร้างแบบฝึก คือ วิชาเคมี (ว 031) เรื่อง สมบัติของก๊าซ ประกอบด้วยการคำนวณกฎต่างๆ ของก๊าซดังนี้

1. กฎของบอยล์
2. กฎของชาร์ล
3. กฎรวมก๊าซ
4. กฎก๊าซสมบูรณ์แบบ
5. กฎการแพร่

**ระยะเวลา** ระยะเวลาที่ใช้ในการสร้างแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2541

## เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

1. แบบทดสอบเพื่อใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี ใช้แบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยมีลักษณะเป็นโจทย์คำนวณหรือเงื่อนไขให้นักเรียนหาคำตอบ โดยนักเรียนจะต้องฝึกทำและแสดงขั้นตอนการคิดแก้ปัญหาตามลำดับขั้นดังนี้

- ความเข้าใจในปัญหา (Recognition of the Problem)
- วิธีการแก้ปัญหา (Process)
- คำตอบ (Product)

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เป็นแบบทดสอบปรนัยให้เลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 5 ข้อ แบบทดสอบนี้วัดเนื้อหาเดียวกันกับแบบฝึก แบบทดสอบนี้สร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นแบบทดสอบก่อนการฝึกและหลังการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี เพื่อใช้ประกอบในการหาคุณภาพของแบบฝึก

## วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี เรื่องสมบัติของก๊าซ จำนวน 5 ฉบับ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี ซึ่งวัดเนื้อหาเดียวกันกับแบบฝึกจำนวน 5 ฉบับ ดำเนินการหาคุณภาพของแบบทดสอบ นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีมาทดสอบก่อนฝึก (Pretest) และคัดเลือกนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ในแต่ละชุดของแบบทดสอบทั้ง 5 ฉบับ เพื่อเป็นกลุ่มตัวอย่างในการฝึกครั้งนี้ กลุ่มตัวอย่างจะมีจำนวน 5 กลุ่ม ดำเนินการฝึกตามขั้นตอนด้วยแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี ในการฝึกแต่ละฉบับ จะทำการทดสอบหลังฝึก (Posttest) ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีจนกระทั่งครบ 5 ฉบับ คุณภาพของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี จะพิจารณาจากประสิทธิภาพของแบบฝึกตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 และผลของการทดลองฝึกคะแนนก่อนและหลังการฝึกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

## สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการศึกษาค้นคว้าสรุปได้ดังนี้

1. ได้แบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี เรื่องสมบัติของก๊าซ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 5 ฉบับ มีค่าความยากของข้อสอบตั้งแต่ 0.60 - 0.92 ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบตั้งแต่ 0.14 - 0.80 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแต่ละฉบับ ซึ่งคำนวณโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา มีค่า 0.74, 0.87, 0.83, 0.87 และ 0.92 ตามลำดับ ใช้เวลาในการฝึกฉบับละ 4 คาบเรียน รวม 20 คาบเรียน

2. ประสิทธิภาพของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี เรื่องสมบัติของก๊าซ จากผลการทดลองปรากฏว่ามีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ 80/80 อยู่ 4 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 กฎของบอยล์ มีประสิทธิภาพ 83.47/82.50 ฉบับที่ 2 กฎของชาร์ล มีประสิทธิภาพ 84.67/86.00 ฉบับที่ 3 กฎรวมก๊าซ มีประสิทธิภาพ 88.46/88.80 ฉบับที่ 4 กฎก๊าซสมบูรณ์แบบ มีประสิทธิภาพ 80.66/92.31 และมีประสิทธิภาพต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ 1 ฉบับ คือ ฉบับที่ 5 กฎการแพร่ มีประสิทธิภาพ 85.99/78.96

3. เมื่อนำแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี เรื่องสมบัติของก๊าซ ทั้ง 5 ฉบับ ไปทดลองฝึกภาคสนามกับกลุ่มตัวอย่าง แล้วได้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังฝึกสูงกว่าก่อนฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

### การอภิปรายผล

ในการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้เป็นการสร้างแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี เรื่องสมบัติของก๊าซ ผู้วิจัยได้สังเกตผลการศึกษาค้นคว้าของกลุ่มตัวอย่างมาอภิปรายดังนี้

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการหาคุณภาพของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึก คัดเลือกจากนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี ถึงแม้ว่าจะเป็นนักเรียนที่เรียนอ่อน แต่ผู้วิจัยได้สังเกตจากนักเรียนที่เป็นที่เป็นกลุ่มตัวอย่างว่า มีความสนใจและมีความกระตือรือร้นที่จะเข้ารับการทดลองฝึกทำแบบทดสอบ นักเรียนมีความตั้งใจและมีความพยายามฝึกฝน จากการเข้ากลุ่มทดลองอย่างสม่ำเสมอครบทุกคน ในแต่ละกลุ่มตลอดระยะเวลาของการฝึก ในการแก้ปัญหาโจทย์คำนวณเคมี สิ่งแรกที่นักเรียนประสบปัญหาคือ ไม่รู้ว่าจะเริ่มต้นอย่างไรก่อน แต่ในกระบวนการคิดแก้ปัญหาที่ผู้วิจัยได้ให้แนวทางไว้ ทำให้นักเรียนสามารถที่จะลำดับขั้นตอน โดยทำความเข้าใจในปัญหา รู้ว่าโจทย์กำหนดสิ่งใด และรู้สิ่งที่โจทย์ต้องการ เป็นการวางแผนทางมุ่งไปหาคำตอบ โดยอาศัยทักษะการคำนวณ การแก้สมการทางคณิตศาสตร์มาช่วย และนักเรียนสามารถเรียนรู้วิธีการจากโจทย์ที่ง่าย ถ้าย่อยการเรียนรู้ด้วยวิธีการเดียวกันไปใช้กับข้อคำถามที่ยากขึ้นและซับซ้อนได้ นอกจากนั้นผู้วิจัยยังได้เสริมแรง โดยข้อที่ยากและการแก้ปัญหาซับซ้อนขึ้น เมื่อนักเรียนทำถูกต้องก็จะได้คะแนนเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี เรื่องสมบัติของก๊าซ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จึงเหมาะสำหรับนักเรียนทั่วไปและนักเรียนที่เรียนอ่อน ฝึกทำเพื่อเป็นพื้นฐานในการแก้ปัญหาโจทย์คำนวณเคมีขั้นต่อไป

2. ประสิทธิภาพของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี เรื่องสมบัติของก๊าซ มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ตามที่กำหนดไว้ 4 ฉบับ ฉบับที่ 1 กฎของบอยล์ มีประสิทธิภาพ 83.47/82.50 ฉบับที่ 2 กฎของชาร์ล มีประสิทธิภาพ 84.67/86.00 ฉบับที่ 3

กฎรวมก๊าซ มีประสิทธิภาพ 88.46/88.80 ฉบับที่ 4 กฎก๊าซสมบูรณ์แบบ มีประสิทธิภาพ 80.66/92.31 และมีประสิทธิภาพต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ 1 ฉบับ คือ ฉบับที่ 5 กฎการแพร่ มีประสิทธิภาพ 85.99/78.96 เนื่องจากการคำนวณและการแก้สมการ ใน 4 ฉบับแรก ค่อนข้างง่ายไม่ซับซ้อน ส่วนในฉบับที่ 5 กฎการแพร่ เป็นเรื่องที่ต้องมีความเข้าใจพื้นฐานใน 3 วิชา มาสัมพันธ์กัน คือวิชาเคมี ต้องเรียนรู้ทำความเข้าใจเรื่องมวลโมเลกุลของก๊าซ วิชาฟิสิกส์ ต้องทำความเข้าใจเรื่องระยะทางการเคลื่อนที่ในหนึ่งหน่วยเวลาเพื่อหาอัตราการแพร่ของก๊าซ วิชาคณิตศาสตร์ ทำความเข้าใจเรื่องสมการและรากที่สอง ซึ่งทำให้เรื่องการแพร่ของก๊าซเป็นเรื่องที่ซับซ้อนขึ้นกว่าฉบับอื่น ทั้งนี้จากการที่ผู้วิจัยได้ทดสอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กับนักเรียน 2 ห้องเรียน จำนวน 86 คน เพื่อหากลุ่มตัวอย่างจากนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 จากคะแนนเต็มฉบับละ 10 คะแนน ฉบับที่ 1 กฎของบอยล์ คะแนนเฉลี่ย 6.13 มีนักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ 20 คน ฉบับที่ 2 กฎของชาร์ล คะแนนเฉลี่ย 5.71 มีนักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ 30 คน ฉบับที่ 3 กฎรวมก๊าซ คะแนนเฉลี่ย 5.80 มีนักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ 25 คน ฉบับที่ 4 กฎก๊าซสมบูรณ์แบบ คะแนนเฉลี่ย 6.03 มีนักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ 26 คน ฉบับที่ 5 กฎการแพร่ คะแนนเฉลี่ย 3.77 มีนักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ 48 คน จะเห็นว่า ฉบับที่ 5 มีนักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์มากที่สุดและกลุ่มตัวอย่างมีจำนวนมากกว่าฉบับอื่น คะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าฉบับอื่นและต่ำกว่า ร้อยละ 50 ทำให้การดำเนินการฝึกเพื่อหาประสิทธิภาพของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมีฉบับที่ 5 กฎการแพร่ ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้

เมื่อพิจารณาถึงการยอมรับประสิทธิภาพของแบบฝึก ซึ่งชัยยงค์ พรหมวงศ์ (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.2532:495) กล่าวว่าเมื่อกำหนดเกณฑ์แล้วนำไปทดลองจริง อาจได้ผลไม่ตรงตามเกณฑ์ แต่ไม่ควรต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้เกินร้อยละ 5 และ สุกิจ ศรีพรหม (2541: 71) กล่าวถึงการหาประสิทธิภาพของแบบฝึกที่ได้ต่ำกว่าเกณฑ์แต่ไม่ต่ำกว่า 2.5 เปอร์เซนต์ ถือว่ายังมีประสิทธิภาพที่ยอมรับได้ ดังนั้นเกณฑ์ที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ 80/80 ความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 5 ประสิทธิภาพของแบบฝึกไม่ควรต่ำกว่า 76/76 แบบทดสอบฉบับที่ 5 กฎการแพร่ มีประสิทธิภาพ 85.99/78.96 แม้จะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าเกณฑ์ แต่ยังมีประสิทธิภาพที่ยอมรับได้

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี พบว่ามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการฝึกสูงกว่าผลสัมฤทธิ์ก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้ง 5 แบบฝึก อันเนื่องมาจากนักเรียนได้มีโอกาสฝึกทบทวนเนื้อหาที่เรียนไปแล้ว ได้มีการฝึกคิดบังเกิดผลให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งวิจิตร เสงี่ยมพันธ์ (2542:59) กล่าวถึงการสอนวิทยาศาสตร์ที่ให้นักเรียนมีความสามารถว่า ในการสอน การหาโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกคิดในการแก้ปัญหาต่างๆ รวมทั้งโจทย์ แบบฝึกหัด และการให้นักเรียนได้ค้นคว้าเรียนรู้ด้วยน้อย

บางส่วนด้วยตนเองเป็นสิ่งสำคัญ ความรู้ความเข้าใจที่นักเรียนได้โดยวิธีดังกล่าว จะเป็นความสามารถที่อยู่ในตัวนักเรียน จะทำให้นักเรียนมีโอกาสแก้โจทย์ใหม่ที่ไม่เคยพบได้ดีขึ้น

## ข้อเสนอแนะ

### ข้อเสนอแนะทั่วไป

จากการสร้างแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี ในช่วงหาประสิทธิภาพของแบบฝึก โดยทดลองภาคสนาม พบว่าจุดบกพร่องส่วนหนึ่งเกิดจากการที่นักเรียนขาดทักษะและหลักการทางคณิตศาสตร์ เช่น เรื่องการแก้สมการ การหารากที่สอง ทำให้เห็นว่าการที่นักเรียนจะแก้ปัญหาโจทย์คำนวณเคมีได้นั้น จำเป็นจะต้องมีทักษะและหลักการทางคณิตศาสตร์ที่ดีด้วย เพื่อให้การนำแบบทดสอบไปใช้ในการฝึกได้ประโยชน์มากขึ้น ควรจะมีการสำรวจว่ามีทักษะทางคณิตศาสตร์อะไรบ้าง ที่จำเป็นสำหรับเรื่องสมบัติของก๊าซ และนำทักษะเหล่านั้นมาสร้างเป็นแบบฝึก เมื่อพบว่านักเรียนคนใดมีความบกพร่องทักษะหรือหลักการทางคณิตศาสตร์ใด ควรจัดให้มีการฝึกเพิ่มเติม จะช่วยทำให้การนำแบบฝึกไปใช้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

### ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัย

ควรมีการปรับปรุงและพัฒนาประสิทธิภาพของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมีให้ดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบบฝึกฉบับที่ 5 โดยนำนวัตกรรมและสื่อการสอนเพิ่มเติม ขยายผลไปยังเนื้อหาอื่นที่อาศัยทักษะการคิดคำนวณต่อไป ทั้งนี้การฝึกคิดหรือฝึกให้นักเรียนแก้ปัญหาควรกระทำเป็นกิจกรรมต่อเนื่องเพื่อให้ได้ผลดียิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

## บรรณานุกรม

- กิ่งฟ้า สีนวรงค์ และคณะ. รายงานการวิจัยเรื่องทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษา ขอนแก่น : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2525.
- กลุ่มโรงเรียนกรมสามัญศึกษาส่วนกลาง กลุ่มที่ 9. เอกสารประกอบการเรียนเคมี ว 031 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. พิมพ์ครั้งที่ 3. 2536.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. ชุดการสอนในระดับประถมศึกษา. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2528.
- ชาญชัย ถวัลย์สิมา และเชิดวิทย์ ฤทธิ์ประศาสน์. การพัฒนานักคิด. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2521.
- ชาวลิต ชำนาญ. การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนโดยชุดการสอนมินิคอร์สกับเรียนโดยการสอนตามคู่มือครูของ สสวท. ปรินิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2531.
- เชียดฟ้า แซ่ฉิน. การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยจุดบกพร่องในการเรียนวิชาเคมี เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ 1 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในกรุงเทพมหานคร. ปรินิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2537.
- ถนอมศรี ดุลยดิตรม. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมและทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมเพิ่มเติม กับกลุ่มที่ได้รับการสอนปกติ. วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ, 2532.
- นพดล ฤทธิโลม. ผลการฝึกโจทย์ปัญหาด้วยแบบทดสอบแบบตอบสั้นและแบบเลือกตอบ ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์. ปรินิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2537.
- ประณีต วิบูลย์ประพันธ์. พฤติกรรมการสอนวิทยาศาสตร์ ในชั้นมัธยมศึกษา ตอนที่ 1. กรุงเทพฯ, คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2521.
- ผดุงยศ ดวงมาลา. "ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์", วารสารศึกษาศาสตร์. 4(12) : 33 - 39 ; มิถุนายน - กรกฎาคม 2531.
- พรรณี ชูทัย. จิตวิทยาการเรียนการสอน. พิมพ์ครั้งที่ 2, ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2522.

- ภพ เลหาไพบุลย์. แนวการสอนวิทยาศาสตร์. ไทยวัฒนาพานิช กรุงเทพฯ, 2537.
- ภัทรา นิคมานนท์. การประเมินผลและการสร้างแบบทดสอบ. พิมพ์ครั้งที่ 5, ภาควิชาทดสอบและ  
วิจัยการศึกษา คณะครุศาสตร์ วิทยาลัยครูจันทระเกษม. 2532.
- มังกร ทองสุขดี. การวางแผนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : หน่วยงานนิเทศก์  
กรรมการฝึกหัดครู, 2523.
- มณฑินี อินทะนา. การวัดและประเมินผลในโรงเรียน โรงเรียนมัธยมสาธิต มหาวิทยาลัย  
ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. 2533.
- ระจิต ตริพุทธรัตน์. การสอนวิชาเคมีระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโดยวิธีสืบเสาะหาความรู้. ภาควิชา  
มัธยมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2534.
- \_\_\_\_\_. เคมีสำหรับครูระดับมัธยมศึกษา. ภาควิชามัธยมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2534.
- รัชนี้ ศรีไพรวรรณ. "แบบฝึกหัดทักษะวิชาภาษาไทยสำหรับเด็กแรกเรียน" ใน คู่มือครูแนวความคิด  
และทักษะบางประการเกี่ยวกับกลยุทธ์การสอนเด็กเริ่มเรียนที่พูดสองภาษา.  
พิมพ์ครั้งที่ 2, นครราชสีมา : สำนักงานศึกษาธิการเขต 11, 2517.
- ราชบัณฑิตยสถาน. พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์อักษรเจริญทัศน์,  
2530.
- รุ่งชีวา สุขดี. การศึกษามลการฝึกออกแบบการทดลองในการสอนวิทยาศาสตร์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์  
ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้น  
ประถมศึกษาปีที่ 6. ปริญญานิพนธ์ กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
ประสานมิตร, 2531.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ, สุวีริยาสาส์น, 2538.  
\_\_\_\_\_. เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้. กรุงเทพฯ, สุวีริยาสาส์น, 2539.
- วัญญา วิศาลาภรณ์. การสร้างแบบทดสอบ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
ประสานมิตร. 2530.
- วารินทร์ แก้วอุไร. เอกสารประกอบการสอนวิชาหลักสูตรและการสอนเคมีระดับมัธยมศึกษาตอน  
ปลาย. ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2538.
- วิจิตร เล็งหะพันธ์. การสอนวิทยาศาสตร์ที่ให้นักเรียนมีความสามารถ. เอกสารประกอบการ  
ประชุมเชิงปฏิบัติการระดมความคิดครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง วิสัยทัศน์การเรียน  
การสอนวิทยาศาสตร์ ยุคหลังปี ค.ศ. 2000 ณ หอประชุมพุทธมณฑล จ.นครปฐม,  
2542.

วิมล สำราญวานิช. วิทยาศาสตร์กับการแก้ปัญหา. ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 17(1)

กุมภาพันธ์ - พฤษภาคม 2537.

วิรัช วรรณรัตน์. การวัดและประเมินผลการศึกษา. สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. 2539.

ศศิธร สุทธิแพทย์. แบบฝึกหัดสำหรับสอนเรื่องวลีในภาษาไทยสำหรับระดับประกาศนียบัตร

วิชาการศึกษา. วิทยานิพนธ์ ค.ม. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2518.

ศึกษานิเทศก์ กระทรวง. คู่มือครูวิชาเคมี เล่ม 2 ว 031 หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524(ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2533). กรุงเทพฯ., 2536.

\_\_\_\_\_. หนังสือเรียนวิชาเคมี เล่ม 2 ว 031 หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524(ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2533). กรุงเทพฯ., 2539.

ส.วาสนา ประवालพฤษ. "แบบทดสอบเพื่อวัดความสามารถในการแก้ปัญหา" วารสารการศึกษา กรุงเทพฯ 19(11) สิงหาคม 2539.

สุกิจ ศรีพรหม. "ชุดการสอนกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน" วารสารวิชาการ 1(9) กันยายน 2541.

สุโขทัยธรรมมาธิราช. เอกสารประกอบการสอนชุดวิชาสื่อการสอนระดับประถมศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 8. 2532.

สุจิต เพียรชอบ และสายใจ อินทร์พรหม. วิธีสอนภาษาไทยระดับมัธยมศึกษา. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช, 2522.

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. ข้อสอบอัตนัย วารสารการวัดผลการศึกษา. 14 (42) มกราคม-เมษายน 2536.

สุวัฒน์ นิยมคำ. ทฤษฎีและปฏิบัติการในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ เล่ม 1.

กรุงเทพฯ : เวเนอรัลบุ๊ก, 2531.

เสาวณีย์ ลิขิตบัณฑิต. เทคโนโลยีทางการศึกษา. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า, 2528.

เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์ และเอนกกุล กริแสง. หลักเบื้องต้นของการวัดผลการศึกษา. โครงการตำรามหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พิษณุโลก. 2522.

หล้า ภวภูตานนท์. "การช่วยให้เด็กค้นพบวิธีแก้โจทย์ปัญหาด้วยตนเอง", วารสารศึกษาศาสตร์.

18(1) กุมภาพันธ์ - พฤษภาคม 2538.

อภิรดี สุวีรานนท์. การศึกษามูลค่าการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปรินญา นิพนธ์ กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2532.

- Barbara A. Sawrey "Problem Solving versus knowledge of Chemistry" Journal of Chemical Education, 67 , 1990.
- Bilow, F.L. "The Teacher Work Out His Own Exercises." The Techniques of Language Teaching London : Green and Company Ltd., 1962.
- Masoor Niaz . "Progressive Transitions from Algorithmic to Conceptual Understanding in Student Ability to Solve Chemistry Problems : A Lakatosian Interpretation" Science Education 79(1) : 19 - 36, 1995.
- Petty., Green "Language Workbook and Practices Material" Developing Language Skills in the Elementary School. New York : Allyn and Bacon, 1968.
- River, Willga M. Teaching Foreign Language Skills. The University of Chicago Press, 1970.
- Webster, N. "Webster's New Twentieth Century Dictionary of the English Language Unabridged" Springfield, Massachusetts : Collins & World company, 1979.

ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพด้านความเที่ยงตรง  
ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึก  
และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

รายนามผู้เชี่ยวชาญที่ตรวจสอบคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมีและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

- |                                       |                                                            |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 1. รองศาสตราจารย์ วัณญา วิศาลาภรณ์    | ภาควิชาวัดผลและวิจัยการศึกษา<br>มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กมล กลับเป็นสุข | ภาควิชาเคมี<br>สถาบันราชภัฏนครปฐม                          |
| 3. อาจารย์ขวลิต รวยอาจัน              | ภาควิชาวัดผลและวิจัยการศึกษา<br>มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| 4. อาจารย์รัตนา สังขมงคล              | โรงเรียนมัธยมวัดหนองแขม                                    |
| 5. อาจารย์ชนะ พันธุ์กระตึก            | โรงเรียน ภ.ป.ร. ราชวิทยาลัย<br>ในพระบรมราชูปถัมภ์          |

ตาราง 17 ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิด  
 โจทย์คำนวณเคมี ฉบับที่ 1 กฎของบอยล์

| ข้อที่ | P    | B    | หมายเหตุ  |
|--------|------|------|-----------|
| 1      | 0.80 | 0.14 | คัดลอกไว้ |
| 2      | 0.85 | 0.18 | คัดลอกไว้ |
| 3      | 0.92 | 0.15 | คัดลอกไว้ |
| 4      | 0.86 | 0.18 | คัดลอกไว้ |
| 5      | 0.83 | 0.33 | คัดลอกไว้ |
| 6      | 0.77 | 0.45 | คัดลอกไว้ |
| 7      | 0.74 | 0.52 | คัดลอกไว้ |
| 8      | 0.70 | 0.45 | คัดลอกไว้ |
| 9      | 0.84 | 0.33 | คัดลอกไว้ |
| 10     | 0.60 | 0.69 | คัดลอกไว้ |

ผลรวมของความแปรปรวนของคะแนนรายข้อ 11.64

ความแปรปรวนของคะแนนรวม 34.98

ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ 0.741

ตาราง 18 ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิด  
 โจทย์คำนวณเคมี ฉบับที่ 2 กฎของชาร์ล

| ข้อที่ | P    | B    | หมายเหตุ  |
|--------|------|------|-----------|
| 1      | 0.86 | 0.27 | คัดลอกไว้ |
| 2      | 0.86 | 0.27 | คัดลอกไว้ |
| 3      | 0.84 | 0.32 | คัดลอกไว้ |
| 4      | 0.77 | 0.45 | คัดลอกไว้ |
| 5      | 0.88 | 0.39 | คัดลอกไว้ |
| 6      | 0.85 | 0.30 | คัดลอกไว้ |
| 7      | 0.84 | 0.32 | คัดลอกไว้ |
| 8      | 0.69 | 0.61 | คัดลอกไว้ |
| 9      | 0.67 | 0.66 | คัดลอกไว้ |
| 10     | 0.74 | 0.53 | คัดลอกไว้ |

ผลรวมของความแปรปรวนของคะแนนรายข้อ 9.17

ความแปรปรวนของคะแนนรวม 42.71

ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ 0.873

ตาราง 19. ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิด  
 โจทย์คำนวณเคมี ฉบับที่ 3 กรุงเทพมหานคร

| ข้อที่ | P    | B    | หมายเหตุ  |
|--------|------|------|-----------|
| 1      | 0.68 | 0.64 | คัดลอกไว้ |
| 2      | 0.73 | 0.55 | คัดลอกไว้ |
| 3      | 0.89 | 0.23 | คัดลอกไว้ |
| 4      | 0.89 | 0.23 | คัดลอกไว้ |
| 5      | 0.74 | 0.52 | คัดลอกไว้ |
| 6      | 0.91 | 0.18 | คัดลอกไว้ |
| 7      | 0.83 | 0.33 | คัดลอกไว้ |
| 8      | 0.85 | 0.30 | คัดลอกไว้ |
| 9      | 0.67 | 0.66 | คัดลอกไว้ |
| 10     | 0.66 | 0.67 | คัดลอกไว้ |

ผลรวมของความแปรปรวนของคะแนนรายข้อ 9.59

ความแปรปรวนของคะแนนรวม 37.18

ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ 0.825

ตาราง 20 ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิด  
 โจทย์คำนวณเคมี ฉบับที่ 4 กฎก๊าซสมบูรณ์แบบ

| ข้อที่ | P    | B    | หมายเหตุ  |
|--------|------|------|-----------|
| 1      | 0.88 | 0.25 | คัดลอกไว้ |
| 2      | 0.70 | 0.60 | คัดลอกไว้ |
| 3      | 0.73 | 0.53 | คัดลอกไว้ |
| 4      | 0.70 | 0.60 | คัดลอกไว้ |
| 5      | 0.73 | 0.47 | คัดลอกไว้ |
| 6      | 0.75 | 0.50 | คัดลอกไว้ |
| 7      | 0.75 | 0.50 | คัดลอกไว้ |
| 8      | 0.66 | 0.58 | คัดลอกไว้ |
| 9      | 0.73 | 0.33 | คัดลอกไว้ |
| 10     | 0.71 | 0.43 | คัดลอกไว้ |

ผลรวมของความแปรปรวนของคะแนนรายข้อ 8.74

ความแปรปรวนของคะแนนรวม 40.61

ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ 0.872

ตาราง 21 ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิด  
 โจทย์คำนวณเคมี ฉบับที่ 5 กฎการแพร่

| ข้อที่ | P    | B    | หมายเหตุ  |
|--------|------|------|-----------|
| 1      | 0.83 | 0.35 | คัดลอกไว้ |
| 2      | 0.65 | 0.50 | คัดลอกไว้ |
| 3      | 0.72 | 0.57 | คัดลอกไว้ |
| 4      | 0.75 | 0.50 | คัดลอกไว้ |
| 5      | 0.72 | 0.57 | คัดลอกไว้ |
| 6      | 0.68 | 0.65 | คัดลอกไว้ |
| 7      | 0.66 | 0.68 | คัดลอกไว้ |
| 8      | 0.61 | 0.78 | คัดลอกไว้ |
| 9      | 0.60 | 0.80 | คัดลอกไว้ |
| 10     | 0.60 | 0.76 | คัดลอกไว้ |

ผลรวมของความแปรปรวนของคะแนนรายข้อ 16.07

ความแปรปรวนของคะแนนรวม 90.15

ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ 0.913

ตาราง 22 ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี  
ฉบับที่ 1 กฎของบอยล์

| ข้อที่ | P    | B    | หมายเหตุ  |
|--------|------|------|-----------|
| 1      | 0.79 | 0.91 | คัดลอกไว้ |
| 2      | 0.95 | 0.40 |           |
| 3      | 0.76 | 0.42 | คัดลอกไว้ |
| 4      | 0.92 | 0.37 |           |
| 5      | 0.66 | 0.53 | คัดลอกไว้ |
| 6      | 0.79 | 0.91 | คัดลอกไว้ |
| 7      | 0.79 | 0.68 | คัดลอกไว้ |
| 8      | 0.95 | 0.40 |           |
| 9      | 0.55 | 0.41 | คัดลอกไว้ |
| 10     | 0.47 | 0.08 |           |
| 11     | 0.87 | 0.77 |           |
| 12     | 0.92 | 0.37 |           |
| 13     | 0.79 | 0.68 | คัดลอกไว้ |
| 14     | 0.58 | 0.21 |           |
| 15     | 0.66 | 0.53 | คัดลอกไว้ |
| 16     | 0.39 | 0.22 |           |
| 17     | 0.34 | 0.16 |           |
| 18     | 0.79 | 0.91 | คัดลอกไว้ |
| 19     | 0.68 | 0.79 | คัดลอกไว้ |
| 20     | 0.45 | 0.52 |           |

ตาราง 23 ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี  
ฉบับที่ 2 กฎของชาร์ล

| ข้อที่ | P    | B     | หมายเหตุ    |
|--------|------|-------|-------------|
| 1      | 0.90 | 0.72  |             |
| 2      | 0.90 | 0.17  |             |
| 3      | 0.95 | 0.22  |             |
| 4      | 0.29 | 0.05  |             |
| 5      | 0.80 | 0.61  | คัดเลือกไว้ |
| 6      | 0.85 | -0.16 |             |
| 7      | 0.12 | -0.14 |             |
| 8      | 0.17 | 0.19  |             |
| 9      | 0.80 | 0.89  | คัดเลือกไว้ |
| 10     | 0.80 | 0.89  | คัดเลือกไว้ |
| 11     | 0.68 | 0.48  | คัดเลือกไว้ |
| 12     | 0.90 | 0.45  |             |
| 13     | 0.71 | 0.78  | คัดเลือกไว้ |
| 14     | 0.71 | 0.51  | คัดเลือกไว้ |
| 15     | 0.90 | 0.17  |             |
| 16     | 0.80 | 0.34  | คัดเลือกไว้ |
| 17     | 0.80 | 0.34  | คัดเลือกไว้ |
| 18     | 0.76 | 0.56  | คัดเลือกไว้ |
| 19     | 0.85 | 0.39  |             |
| 20     | 0.63 | 0.70  | คัดเลือกไว้ |

ตาราง 24 ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี  
ฉบับที่ 3 กรุงเทพมหานคร

| ข้อที่ | P    | B    | หมายเหตุ    |
|--------|------|------|-------------|
| 1      | 0.74 | 0.46 | คัดเลือกไว้ |
| 2      | 0.76 | 0.63 | คัดเลือกไว้ |
| 3      | 1.00 | 0.00 |             |
| 4      | 0.76 | 0.63 | คัดเลือกไว้ |
| 5      | 0.58 | 0.38 |             |
| 6      | 0.74 | 0.59 | คัดเลือกไว้ |
| 7      | 0.68 | 0.39 | คัดเลือกไว้ |
| 8      | 0.58 | 0.65 |             |
| 9      | 0.89 | 0.13 |             |
| 10     | 0.71 | 0.42 |             |
| 11     | 0.61 | 0.69 |             |
| 12     | 0.63 | 0.72 | คัดเลือกไว้ |
| 13     | 0.76 | 0.76 | คัดเลือกไว้ |
| 14     | 0.74 | 0.73 |             |
| 15     | 0.53 | 0.44 |             |
| 16     | 0.79 | 0.53 | คัดเลือกไว้ |
| 17     | 0.66 | 0.62 | คัดเลือกไว้ |
| 18     | 0.71 | 0.42 |             |
| 19     | 0.53 | 0.44 | คัดเลือกไว้ |
| 20     | 0.45 | 0.20 |             |

ตาราง 25 ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี  
ฉบับที่ 4 กฎีกาขสมบูรณแบบ

| ข้อที่ | P    | B     | หมายเหตุ    |
|--------|------|-------|-------------|
| 1      | 0.91 | 0.30  |             |
| 2      | 0.80 | 0.42  | คัดเลือกไว้ |
| 3      | 0.00 | 0.00  |             |
| 4      | 0.63 | 0.60  | คัดเลือกไว้ |
| 5      | 0.63 | 0.32  |             |
| 6      | 0.69 | 0.54  | คัดเลือกไว้ |
| 7      | 0.43 | 0.46  | คัดเลือกไว้ |
| 8      | 0.80 | 0.28  |             |
| 9      | 0.57 | 0.66  | คัดเลือกไว้ |
| 10     | 0.37 | 0.38  |             |
| 11     | 0.69 | 0.68  | คัดเลือกไว้ |
| 12     | 0.54 | 0.06  |             |
| 13     | 0.09 | -0.02 |             |
| 14     | 0.69 | 0.12  |             |
| 15     | 0.74 | 0.48  |             |
| 16     | 0.77 | 0.52  | คัดเลือกไว้ |
| 17     | 0.66 | 0.50  | คัดเลือกไว้ |
| 18     | 0.49 | 0.40  | คัดเลือกไว้ |
| 19     | 0.46 | 0.36  |             |
| 20     | 0.69 | 0.40  | คัดเลือกไว้ |

ตาราง 26 ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี  
 ชั้นปีที่ 5 กฎการแพร่

| ข้อที่ | P    | B    | หมายเหตุ    |
|--------|------|------|-------------|
| 1      | 0.95 | 0.04 |             |
| 2      | 0.69 | 0.67 | คัดเลือกไว้ |
| 3      | 0.67 | 0.41 | คัดเลือกไว้ |
| 4      | 0.33 | 0.26 |             |
| 5      | 0.64 | 0.71 | คัดเลือกไว้ |
| 6      | 0.36 | 0.29 |             |
| 7      | 0.74 | 0.51 | คัดเลือกไว้ |
| 8      | 0.90 | 0.08 |             |
| 9      | 0.38 | 0.33 |             |
| 10     | 0.48 | 0.13 |             |
| 11     | 0.71 | 0.37 | คัดเลือกไว้ |
| 12     | 0.64 | 0.60 | คัดเลือกไว้ |
| 13     | 0.10 | 0.14 |             |
| 14     | 0.74 | 0.51 | คัดเลือกไว้ |
| 15     | 0.93 | 0.23 |             |
| 16     | 0.17 | 0.13 |             |
| 17     | 0.40 | 0.36 | คัดเลือกไว้ |
| 18     | 0.71 | 0.70 | คัดเลือกไว้ |
| 19     | 0.50 | 0.50 | คัดเลือกไว้ |
| 20     | 0.33 | 0.37 |             |

## ภาคผนวก ข

คะแนนแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี

ตาราง 27 คะแนนแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี การทดสอบภาคสนาม  
(เพื่อหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80 ตัวแรก)ฉบับที่ 1 กฎของบอยล์

| ข้อที่    | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | รวม |
|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|-----|
| คะแนนเต็ม | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5  | 36  |
| คนที่ 1   | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 5 | 1  | 25  |
| 2         | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5  | 36  |
| 3         | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 3 | 4 | 3  | 24  |
| 4         | 2 | 3 | 3 | 1 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 3  | 32  |
| 5         | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 4 | 4 | 4 | 5  | 33  |
| 6         | 1 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 4 | 5  | 24  |
| 7         | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 5  | 33  |
| 8         | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 | 5 | 1  | 20  |
| 9         | 1 | 3 | 3 | 3 | 2 | 4 | 1 | 2 | 4 | 1  | 24  |
| 10        | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 1 | 3 | 2 | 3  | 27  |
| 11        | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 1 | 1  | 27  |
| 12        | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4  | 32  |
| 13        | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 4 | 3 | 4 | 1  | 28  |
| 14        | 2 | 1 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5  | 34  |
| 15        | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5  | 35  |
| 16        | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4  | 32  |
| 17        | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5  | 36  |
| 18        | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4  | 32  |
| 19        | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 5  | 33  |
| 20        | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 5 | 4  | 34  |
| รวม       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    | 601 |

คะแนนเต็มรวม 720 คะแนน

คะแนนที่นักเรียนทำได้ 601 คะแนน

คิดเป็นร้อยละ 83.47

ตาราง 28 คะแนนแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี การทดสอบภาคสนาม  
(เพื่อหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80 ตัวแรก) ฉบับที่ 2 ของชาร์ล

| ข้อที่    | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | รวม |
|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|-----|
| คะแนนเต็ม | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5  | 36  |
| คนที่ 1   | 2 | 3 | 1 | 3 | 1 | 4 | 4 | 1 | 1 | 3  | 23  |
| 2         | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5  | 35  |
| 3         | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5  | 29  |
| 4         | 2 | 3 | 3 | 2 | 1 | 4 | 3 | 4 | 1 | 5  | 28  |
| 5         | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5  | 35  |
| 6         | 2 | 3 | 1 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3  | 30  |
| 7         | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3  | 32  |
| 8         | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3  | 31  |
| 9         | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5  | 35  |
| 10        | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4  | 33  |
| 11        | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3  | 32  |
| 12        | 1 | 3 | 3 | 2 | 1 | 4 | 2 | 3 | 2 | 1  | 22  |
| 13        | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 1 | 3 | 4 | 4 | 5  | 30  |
| 14        | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 4 | 4 | 4 | 3  | 31  |
| 15        | 2 | 3 | 3 | 1 | 3 | 2 | 4 | 1 | 2 | 5  | 26  |
| 16        | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3  | 33  |
| 17        | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 1 | 0 | 2  | 25  |
| 18        | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3  | 32  |
| 19        | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 0 | 3  | 29  |
| 20        | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3  | 33  |
| 21        | 0 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 1  | 11  |
| 22        | 2 | 3 | 3 | 1 | 3 | 4 | 1 | 3 | 2 | 3  | 25  |
| 23        | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5  | 35  |
| 24        | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3  | 30  |
| 25        | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3  | 33  |
| 26        | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 1 | 4  | 30  |
| 27        | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 2 | 4 | 3  | 31  |
| 28        | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 1 | 1 | 3  | 27  |
| 29        | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5  | 35  |
| 30        | 2 | 3 | 3 | 1 | 3 | 4 | 4 | 1 | 2 | 5  | 28  |
| รวม       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    | 889 |

คะแนนเต็มรวม 1050 คะแนน คะแนนที่นักเรียนทำได้ 889 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 84.67

ตาราง 29 คะแนนแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี การทดสอบภาคสนาม  
(เพื่อหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80 ตัวแรก) ฉบับที่ 3 ทุกรวมก๊าซ

| ข้อที่    | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | รวม |
|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|-----|
| คะแนนเต็ม | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5  | 35  |
| คนที่ 1   | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5  | 34  |
| 2         | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 0  | 23  |
| 3         | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 0  | 30  |
| 4         | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 4 | 4 | 5 | 5  | 33  |
| 5         | 0 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 2 | 4 | 3 | 5  | 27  |
| 6         | 0 | 3 | 3 | 3 | 1 | 2 | 4 | 3 | 3 | 2  | 24  |
| 7         | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5  | 35  |
| 8         | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5  | 33  |
| 9         | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5  | 35  |
| 10        | 0 | 1 | 2 | 2 | 1 | 3 | 1 | 0 | 1 | 4  | 15  |
| 11        | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 4 | 3 | 5 | 5  | 29  |
| 12        | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5  | 35  |
| 13        | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 | 2 | 4 | 1  | 27  |
| 14        | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5  | 34  |
| 15        | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5  | 33  |
| 16        | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 4 | 3 | 5  | 30  |
| 17        | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5  | 35  |
| 18        | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5  | 34  |
| 19        | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5  | 35  |
| 20        | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5  | 33  |
| 21        | 0 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5  | 31  |
| 22        | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5  | 35  |
| 23        | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5  | 34  |
| 24        | 2 | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 4 | 4 | 5 | 5  | 29  |
| 25        | 0 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5  | 31  |
| รวม       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    | 774 |

คะแนนเต็มรวม 875 คะแนน

คะแนนที่นักเรียนทำได้ 774 คะแนน

คิดเป็นร้อยละ 88.46

ตาราง 30 คะแนนแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี การทดสอบภาคสนาม  
(เพื่อหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80 ตัวแรก) ฉบับที่ 4 กฎีฯ สมบูรณ์แบบ

| ข้อที่    | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | รวม |
|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|-----|
| คะแนนเต็ม | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5  | 36  |
| คนที่ 1   | 2 | 3 | 3 | 2 | 4 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4  | 30  |
| 2         | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4  | 29  |
| 3         | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2  | 13  |
| 4         | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4  | 30  |
| 5         | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5  | 36  |
| 6         | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5  | 36  |
| 7         | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 1 | 3 | 3  | 28  |
| 8         | 2 | 3 | 0 | 2 | 3 | 3 | 1 | 2 | 4 | 5  | 25  |
| 9         | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 1 | 4 | 2 | 2 | 4  | 28  |
| 10        | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 2  | 32  |
| 11        | 2 | 3 | 1 | 3 | 1 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4  | 29  |
| 12        | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3  | 24  |
| 13        | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 2 | 5  | 33  |
| 14        | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 1 | 3 | 3  | 23  |
| 15        | 2 | 1 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3  | 24  |
| 16        | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 4  | 33  |
| 17        | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 2 | 3  | 31  |
| 18        | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 5  | 34  |
| 19        | 2 | 3 | 0 | 3 | 3 | 1 | 3 | 2 | 3 | 4  | 24  |
| 20        | 2 | 3 | 0 | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4  | 30  |
| 21        | 2 | 3 | 1 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4  | 32  |
| 22        | 2 | 1 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3  | 24  |
| 23        | 2 | 3 | 3 | 2 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3  | 32  |
| 24        | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 5  | 34  |
| 25        | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3  | 27  |
| 26        | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4  | 34  |
| รวม       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    | 755 |

คะแนนเต็มรวม 936 คะแนน

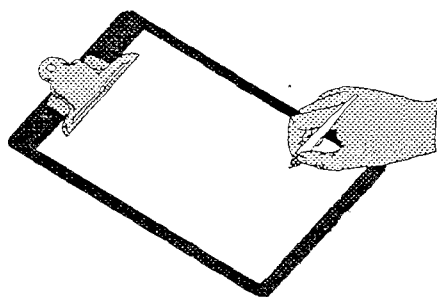
คะแนนที่นักเรียนทำได้ 755 คะแนน

คิดเป็นร้อยละ 80.66

ตาราง 31 คะแนนแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี การทดสอบภาคสนาม  
(เพื่อหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80 ตัวแรก) ฉบับที่ 5 กฎการแพร่

| ข้อที่    | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | รวม |
|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|-----|
| คะแนนเต็ม | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5  | 36  |
| คนที่ 1   | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5  | 36  |
| 2         | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5  | 36  |
| 3         | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 2 | 5 | 5  | 34  |
| 4         | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5  | 36  |
| 5         | 2 | 3 | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0  | 10  |
| 6         | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5  | 36  |
| 7         | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5  | 36  |
| 8         | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3  | 32  |
| 9         | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 2 | 5 | 5  | 34  |
| 10        | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5  | 36  |
| 11        | 2 | 1 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 5 | 5  | 33  |
| 12        | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 4 | 2 | 4 | 5 | 5  | 33  |
| 13        | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5  | 35  |
| 14        | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5  | 36  |
| 15        | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5  | 36  |
| 16        | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5  | 36  |
| 17        | 2 | 3 | 1 | 3 | 3 | 4 | 4 | 2 | 5 | 3  | 30  |
| 18        | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 2 | 4 | 5 | 5  | 34  |
| 19        | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5  | 36  |
| 20        | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 4 | 2 | 4 | 5 | 5  | 33  |
| 21        | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 4 | 4 | 5 | 5  | 33  |
| 22        | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5  | 36  |
| 23        | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3  | 33  |
| 24        | 0 | 3 | 1 | 3 | 3 | 4 | 4 | 2 | 5 | 3  | 28  |
| 25        | 2 | 3 | 1 | 3 | 3 | 4 | 4 | 2 | 5 | 3  | 30  |
| 26        | 0 | 1 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 4 | 5 | 5  | 28  |
| 27        | 2 | 3 | 3 | 1 | 3 | 4 | 2 | 4 | 5 | 5  | 32  |
| 28        | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 5 | 3  | 28  |
| 29        | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 0 | 0 | 1 | 1  | 20  |
| 30        | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5  | 36  |

แบบฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมีเรื่องสมบัติของก๊าซ  
ชุดที่ 1 กฎของบอยล์



ชื่อ.....

ชั้น ม.4/..... เลขที่.....

1. ก๊าซออกซิเจนบรรจุอยู่ในถังขนาด 10 ลิตร วัดความดันได้ 0.60 บรรยากาศ ถ้าถ่ายก๊าซลงสู่ถังใบใหม่ ที่มีปริมาตรมากกว่าเดิม 3 เท่า เมื่ออุณหภูมิคงที่ ความดันของก๊าซในถังใบใหม่จะมีค่าเป็นเท่าไร ( 2 คะแนน )

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา

1.1 สิ่งโจทย์กำหนดให้

$$P_1 = 0.6 \text{ บรรยากาศ}$$

$$V_1 = 10 \text{ ลิตร}$$

$$V_2 = 30 \text{ ลิตร}$$

1.2 สิ่งโจทย์ต้องการ คำนวณหาค่าของ  $P_2$

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา ( 1 คะแนน )

2.1 วิธีทำ จากกฎของบอยล์  $P_1V_1 = P_2V_2$

2.2 การคำนวณ  $P_2 = \frac{P_1V_1}{V_2}$

แทนค่า  $P_2 =$

=

ขั้นที่ 3 คำตอบ ( 1 คะแนน )

คำตอบ ความดันในถังใบใหม่มีค่าเท่ากับ.....

2. บอลลูกเหล็กหนึ่งบรรจุก๊าซไฮโดรเจนจำนวน  $20 \text{ dm}^3$  ที่ความดัน 760 มิลลิเมตรของปรอท เมื่อ ลอยขึ้นสู่ระดับหนึ่ง ปริมาตรของบอลลูกเหล็กได้  $25 \text{ dm}^3$  ถ้าอุณหภูมิคงที่ ความดันของอากาศระดับนั้นมีค่าเท่าไร (3 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (1 คะแนน)

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

$$P_1 = \dots\dots\dots$$

$$V_1 = \dots\dots\dots$$

$$V_2 = \dots\dots\dots$$

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการ      คำนวณหาค่าของ .....

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (1 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎของบอยล์  $P_1V_1 = P_2V_2$

2.2 การคำนวณ  $P_2 = \frac{P_1V_1}{V_2}$

แทนค่า =

=

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ      ความดันอากาศระดับนั้นมีค่าเท่ากับ .....

3. ก๊าซไนโตรเจนในถังขนาด 100 ลิตร ความดัน 2 บรรยากาศ อุณหภูมิ  $25^{\circ}\text{C}$  ลงในถังใหม่ขนาด 80 ลิตร ถ้าอุณหภูมิของถังทั้ง 2 ใบมีค่าเท่ากัน ความดันในถังใบใหม่จะมีค่าเท่าไร (3 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (1 คะแนน)

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

$$P_1 = \dots\dots\dots$$

$$V_1 = \dots\dots\dots$$

$$V_2 = \dots\dots\dots$$

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการ      คำนวณหาค่าของ .....

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (1 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎของบอยล์  $P_1V_1 = P_2V_2$

2.2 การคำนวณ  $=$

$$=$$

$$=$$

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ      ความดันในถังใบใหม่มีค่าเท่ากับ.....

4. ก๊าซอาร์กอนบรรจุในถังที่ปรับเปลี่ยนขนาดได้ มีปริมาตร 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร ความดัน 300 มิลลิเมตรของปรอท ถ้าเพิ่มความดันเป็น 600 มิลลิเมตรของปรอท เมื่ออุณหภูมิคงที่ ก๊าซจะมีปริมาตรเท่าไร (3 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (1 คะแนน)

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

$$P_1 = \dots\dots\dots$$

$$V_1 = \dots\dots\dots$$

$$P_2 = \dots\dots\dots$$

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการ      คำนวณหาค่าของ .....

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (1 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎของบอยล์  $P_1V_1 = P_2V_2$

2.2 การคำนวณ  $V_2 = \frac{P_1V_1}{P_2}$

=

=

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ      ปริมาตรของก๊าซมีค่าเท่ากับ .....

5. ก๊าซไนโตรเจนบรรจุในถังที่ปรับเปลี่ยนขนาดได้ที่อุณหภูมิ  $25^{\circ}\text{C}$  ก๊าซมีปริมาตร 10 ลิตร ความดัน 3 atm ถ้าลดความดันเป็น 2 atm เมื่ออุณหภูมิคงที่ ก๊าซจะมีปริมาตรเท่าไร (3 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (1 คะแนน)

1.1 สิ่ง โจทย์กำหนดให้

$$P_1 = \dots\dots\dots$$

$$V_1 = \dots\dots\dots$$

$$P_2 = \dots\dots\dots$$

1.2 สิ่ง โจทย์ต้องการ      คำนวณหาค่าของ .....

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (1 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎของบอยล์  $P_1V_1 = P_2V_2$

2.2 การคำนวณ  $V_2 =$

=

=

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ ..... มีค่าเท่ากับ .....

6. ก๊าซออกซิเจน 200 ลิตร ที่ความดัน 720 มิลลิเมตรของปรอท อุณหภูมิ  $0^{\circ}\text{C}$  ถ้าปริมาตรของก๊าซเพิ่มขึ้น 20 % เมื่ออุณหภูมิคงที่ ความดันของก๊าซมีค่าเท่าไร (4 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (2 คะแนน)

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

$$P_1 = \dots\dots\dots$$

$$V_1 = \dots\dots\dots$$

$$V_2 = \dots\dots\dots$$

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการ      คำนวณหาค่าของ .....

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (1 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎของบอยล์  $P_1V_1 = P_2V_2$

2.2 การคำนวณ  $P_2 =$

=

=

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ .....มีค่าเท่ากับ.....

7. ภาชนะ A ขนาด 3 ลิตร ภาชนะ B ขนาด 2 ลิตร เชื่อมต่อกันโดยมีลิ้นปิดเปิดได้ ภาชนะ A บรรจุก๊าซแอมโมเนีย ความดัน 2 บรรยากาศ ภาชนะ B เป็นสุญญากาศ เมื่ออุณหภูมิคงที่ เปิดลิ้นระหว่าง A และ B จนก๊าซแอมโมเนียแพร่อย่างสมบูรณ์ ความดันใหม่ของก๊าซแอมโมเนียจะเป็นเท่าไร (4 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (2 คะแนน)

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

..... = .....

..... = .....

..... = .....

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการ      คำนวณหาค่าของ .....

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (1 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎของบอยล์  $P_1V_1 = P_2V_2$

2.2 การคำนวณ =

=

=

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ .....ของก๊าซแอมโมเนียมีค่าเท่ากับ.....

8. เมื่อปล่อยให้ก๊าซไฮโดรเจนฟุ้งกระจายจนมีปริมาตรเป็น 5 เท่าของปริมาตรเดิม ที่อุณหภูมิเดียวกัน อัตราส่วนความดันของก๊าซเมื่อฟุ้งกระจายแล้ว ต่อความดันของก๊าซเมื่อเริ่มต้น จะเท่ากับเท่าไร (4 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (2 คะแนน)

1.1 สิ่งโจทย์กำหนดให้

.... = .....

.... = .....

1.2 สิ่งโจทย์ต้องการ      คำนวณหาอัตราส่วนระหว่าง .....

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (1 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎของบอยล์ ..... = .....

2.2 การคำนวณ =

=

=

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ      อัตราส่วนความดันของก๊าซเมื่อฟุ้งกระจายแล้วต่อความดันของก๊าซ  
เมื่อเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ .....

9. ก๊าซมีเทนอยู่ในถังปิด วัดความดันได้ 500 มิลลิเมตรของปรอท ถ้าถ่ายก๊าซใส่ถังอีกใบหนึ่ง ขนาด 30 ลิตร ปรากฏว่าวัดความดันได้ 200 มิลลิเมตรของปรอท ที่อุณหภูมิเดียวกัน ถังบรรจุครั้งแรกมีปริมาตรเท่าไร (5 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (2 คะแนน)

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

.....  
 .....  
 .....

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการ .....

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (2 คะแนน)

2.1 วิธีทำ .....

2.2 การคำนวณ .....

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ .....

10. ถ้าถ่ายก๊าซฟรีออนจากถังขนาด 6.0 ลิตร อุณหภูมิ  $0^{\circ}\text{C}$  ลงในถังที่มีปริมาตร 1.5 ลิตร แล้ววัดความดันได้ 800 มิลลิเมตรปรอท โดยที่อุณหภูมิคงที่ ความดันของก๊าซในถังใบแรกมีค่าเท่าไร (5 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (2 คะแนน)

1.1 สิ่งโจทย์กำหนดให้

.....  
 .....  
 .....

1.2 สิ่งโจทย์ต้องการ .....

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (2 คะแนน)

2.1 วิธีทำ .....

2.2 การคำนวณ .....

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ .....

แบบฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมีเรื่องสมบัติของก๊าซ  
ชุดที่ 2 กฎของชาร์ล



ชื่อ.....

ชั้น ม.4/..... เลขที่.....

1. ก๊าซออกซิเจน 24 ลิตร อุณหภูมิ 320 เคลวิน ที่ความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท ถ้าเพิ่มอุณหภูมิเป็น 360 เคลวิน โดยควบคุมความดันให้คงที่ ปริมาตรของก๊าซจะเป็นเท่าไร (2 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

$$T_1 = 320 \text{ เคลวิน}$$

$$T_2 = 360 \text{ เคลวิน}$$

$$V_1 = 24 \text{ ลิตร}$$

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการ คำนวณหาค่า  $V_2$

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (1 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎของชาร์ล  $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

2.2 การคำนวณ  $V_2 = \frac{V_1 \times T_2}{T_1}$

แทนค่า  $V_2 = \dots\dots\dots$

$= \dots\dots\dots$

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ .....มีค่าเท่ากับ.....

2. ก๊าซฮีเลียมบรรจุอยู่ในขวดแก้วกลมปริมาตร  $500 \text{ cm}^3$  อุณหภูมิ  $300$  เคลวิน เมื่อนำไปไว้ในช่องเย็น จนกระทั่งอุณหภูมิเป็น  $273$  เคลวิน โดยที่ความดันคงที่ ปริมาตรของก๊าซจะเป็นเท่าไร (3 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (1 คะแนน)

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

$$T_1 = \dots\dots\dots$$

$$T_2 = \dots\dots\dots$$

$$V_1 = \dots\dots\dots$$

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการ คำนวณหาค่า  $\dots\dots\dots$

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (1 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎของชาร์ล  $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

2.2 การคำนวณ  $V_2 = \frac{V_1 \times T_2}{T_1}$

แทนค่า  $V_2 = \dots\dots\dots$

$= \dots\dots\dots$

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ  $\dots\dots\dots$  มีค่าเท่ากับ  $\dots\dots\dots$

3. ก๊าซไนโตรเจนบรรจุอยู่ในถังขนาด  $150 \text{ cm}^3$  อุณหภูมิ  $240 \text{ เคลวิน}$  ความดัน  $1 \text{ บรรยากาศ}$  ถ้าถ่ายก๊าซลงในถังใบใหม่ขนาด  $200 \text{ cm}^3$  เมื่อความดันของก๊าซคงที่ อุณหภูมิของก๊าซมีค่ากี่เคลวิน (3 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (1 คะแนน)

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

$$V_1 = \dots\dots\dots$$

$$T_1 = \dots\dots\dots$$

$$V_2 = \dots\dots\dots$$

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการ คำนวณหาค่า  $\dots\dots\dots$

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (1 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎของชาร์ล  $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

2.2 การคำนวณ  $T_2 = \dots\dots\dots$

$$= \dots\dots\dots$$

$$= \dots\dots\dots$$

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ  $\dots\dots\dots$  มีค่าเท่ากับ  $\dots\dots\dots$

4. ก๊าซไนโตรเจนบรรจุอยู่ในถังขนาด 100 ลิตร อุณหภูมิ 300 เคลวิน ถ้าต้องการนำก๊าซมาเก็บไว้ในถังที่มีปริมาตรเพียงครึ่งหนึ่งของปริมาตรเดิม โดยที่ความดันคงที่ อุณหภูมิของก๊าซจะมีค่ากี่เคลวิน (3 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (1 คะแนน)

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

$$V_1 = \dots\dots\dots$$

$$T_1 = \dots\dots\dots$$

$$V_2 = \dots\dots\dots$$

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการ คำนวณหาค่า .....

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (1 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎของชาร์ล  $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

2.2 การคำนวณ ..... = .....

= .....

= .....

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ .....

5. ก๊าซไฮโดรเจนบรรจุอยู่ในลูกโป่งปริมาตร  $200 \text{ cm}^3$  อุณหภูมิ  $27^\circ\text{C}$  เมื่อนำไปวางกลางแดดจนกระทั่งอุณหภูมิเป็น  $42^\circ\text{C}$  โดยที่ความดันคงที่ ลูกโป่งจะขยายตัวจนมีปริมาตรเป็นเท่าไร (3 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (1 คะแนน)

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

$$V_1 = \dots\dots\dots \text{cm}^3$$

$$T_1 = 273 + 27 = \dots\dots\dots \text{เคลวิน}$$

$$T_2 = 273 + 42 = \dots\dots\dots \text{เคลวิน}$$

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการ คำนวณหาค่า  $\dots\dots\dots$

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (1 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎของชาร์ล  $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

2.2 การคำนวณ  $V_2 = \dots\dots\dots$

$$= \dots\dots\dots$$

$$= \dots\dots\dots$$

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ ปริมาตรของลูกโป่งมีค่าเท่ากับ  $\dots\dots\dots$

6. ก๊าซอาร์กอนบรรจุอยู่ในถังปริมาตร  $400 \text{ cm}^3$  ที่อุณหภูมิ  $27^\circ\text{C}$  ความดัน 1 บรรยากาศ ถ้าต้องการให้ก๊าซขยายตัวจนมีปริมาตร  $420 \text{ cm}^3$  ที่ความดัน 1 บรรยากาศ จะต้องทำให้ถังมีอุณหภูมิกี่องศาเซลเซียส (4 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (1 คะแนน)

1.1 สิ่งโจทย์กำหนดให้

$$V_1 = \dots\dots\dots$$

$$T_1 = \dots\dots\dots \text{เคลวิน}$$

$$V_2 = \dots\dots\dots$$

1.2 สิ่งโจทย์ต้องการ คำนวณหาค่า  $\dots\dots\dots$

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (2 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎของชาร์ล  $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

2.2 การคำนวณ  $\dots\dots\dots = \dots\dots\dots$

$$= \dots\dots\dots$$

$$= \dots\dots\dots$$

$$t(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273$$

$$= \dots\dots\dots$$

$$= \dots\dots\dots$$

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ อุณหภูมิของก๊าซมีค่าเท่ากับ  $\dots\dots\dots$

7. ก๊าซฟรอนถูกเก็บไว้ในถังปริมาตร 18 ลิตร อุณหภูมิ  $-3^{\circ}\text{C}$  ความดัน 1 บรรยากาศ ถ้าอุณหภูมิเป็น  $27^{\circ}\text{C}$  โดยที่ความดันคงที่ ก๊าซจะมีปริมาตรเปลี่ยนไปจากเดิมเท่าไร (4 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (1 คะแนน)

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

$$T_1 = \dots\dots\dots$$

$$T_2 = \dots\dots\dots$$

$$V_1 = \dots\dots\dots$$

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการ คำนวณหาค่า  $\dots\dots\dots$

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (2 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎของชาร์ล  $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

2.2 การคำนวณ  $\dots\dots\dots = \dots\dots\dots$

$$= \dots\dots\dots$$

$$= \dots\dots\dots$$

$$\text{ปริมาตรเปลี่ยนไป} = V_2 - V_1$$

$$= \dots\dots\dots$$

$$= \dots\dots\dots$$

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ  $\dots\dots\dots$

8. ก๊าซธรรมชาติบรรจุอยู่ในถัง A ขนาด 20 ลิตร ที่อุณหภูมิหนึ่ง เมื่อถ่ายก๊าซลงในถัง B ขนาด 16 ลิตร วัดอุณหภูมิได้  $3^{\circ}\text{C}$  โดยความดันไม่เปลี่ยนแปลง ถัง A มีอุณหภูมิเท่าไร (4 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (1 คะแนน)

1.1 สิ่ง โจทย์กำหนดให้

$$V_1 = \dots\dots\dots$$

$$V_2 = \dots\dots\dots$$

$$T_2 = \dots\dots\dots$$

1.2 สิ่ง โจทย์ต้องการ  $\dots\dots\dots$

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (2 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎของชาร์ล  $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

2.2 การคำนวณ  $\dots\dots\dots = \dots\dots\dots$

$$= \dots\dots\dots$$

$$= \dots\dots\dots$$

$$t(^{\circ}\text{C}) = \dots\dots\dots$$

$$= \dots\dots\dots$$

$$= \dots\dots\dots$$

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ  $\dots\dots\dots$

9. ขวดแก้วกลมปรับปริมาตรได้ถูกเผาให้ร้อนขึ้นจาก  $27^{\circ}\text{C}$  เป็น  $87^{\circ}\text{C}$  ถ้าอากาศในขวดแก้วมีปริมาตรหลังเผาเป็น  $480\text{ cm}^3$  จงคำนวณหาปริมาตรของขวดแก้วที่บรรจุอากาศก่อนเผา (4 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (2 คะแนน)

1.1 สิ่ง โจทย์กำหนดให้

.....  
.....  
.....

1.2 สิ่ง โจทย์ต้องการ .....

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (1 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎของชาร์ล .....

2.2 การคำนวณ .....

.....  
.....  
.....

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ .....

10. ก๊าซนีออนบรรจุอยู่ในขวดแก้วกลมขนาด  $2000 \text{ cm}^3$  อุณหภูมิ  $-3^\circ$  ถ้าปริมาตรของก๊าซลดลง  $10\%$  โดยความดันไม่เปลี่ยนแปลง อุณหภูมิของก๊าซจะมีค่าเท่าไร (5 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (2 คะแนน)

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

.....  
.....  
.....

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการ .....

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (2 คะแนน)

2.1 วิธีทำ.....

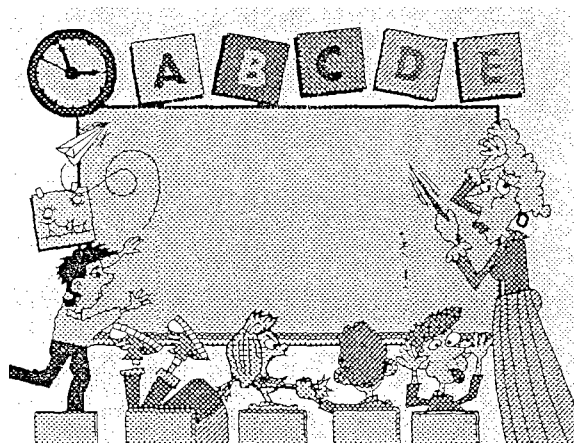
2.2 การคำนวณ .....

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ .....

แบบฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมีเรื่องสมบัติของก๊าซ  
ชุดที่ 3 กวรววมก๊าซ



ชื่อ.....

ชั้น ม.4/..... เลขที่.....

1. ก๊าซชนิดหนึ่งมีปริมาตร 300 ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่อุณหภูมิ 250 เคลวิน ความดัน 1.5 บรรยากาศ ถ้าถ่ายก๊าซนี้ลงในถังใบใหม่ที่มีปริมาตร 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร อุณหภูมิ 300 เคลวิน ก๊าซนี้จะมีความดันเท่าไร ( 2 คะแนน )

### ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา

#### 1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

$$\begin{aligned} V_1 &= 300 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร} \\ T_1 &= 250 \text{ เคลวิน} \\ P_1 &= 1.5 \text{ บรรยากาศ} \\ V_2 &= 1000 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร} \\ T_2 &= 300 \text{ เคลวิน} \end{aligned}$$

#### 1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการ คำนวณหาค่า $P_2$

### ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา ( 1 คะแนน )

2.1 วิธีทำ จากกฎรวมก๊าซ  $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$

2.2 การคำนวณ  $P_2 = \frac{P_1 \times V_1 \times T_2}{T_1 \times V_2}$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} \quad P_2 &= \dots\dots\dots \\ &= \dots\dots\dots \\ &= \dots\dots\dots \end{aligned}$$

### ขั้นที่ 3 คำตอบ ( 1 คะแนน )

คำตอบ ความดันของก๊าซมีค่าเท่ากับ .....

2. ก๊าซออกซิเจนบรรจุอยู่ในถังขนาด  $50 \text{ dm}^3$  ความดัน 2 บรรยากาศ อุณหภูมิ  $27^\circ\text{C}$  เมื่อนำก๊าซออกซิเจนไปบรรจุในถังเหล็กซึ่งมีปริมาตร  $10 \text{ dm}^3$  และอุณหภูมิ  $0^\circ\text{C}$  ความดันของก๊าซภายในถังเหล็กจะเป็นเท่าไร (3 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (1 คะแนน)

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

$$\begin{aligned} V_1 &= \dots\dots\dots \text{dm}^3 \\ P_1 &= \dots\dots\dots \text{บรรยากาศ} \\ T_1 &= 273 + 27 = \dots\dots\dots \text{เคลวิน} \\ V_2 &= \dots\dots\dots \text{dm}^3 \\ T_2 &= \dots\dots\dots \text{เคลวิน} \end{aligned}$$

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการ คำนวณหาค่า .....

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (1 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎรวมก๊าซ

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

2.2 การคำนวณ

$$P_2 = \frac{P_1 \times V_1 \times T_2}{T_1 \times V_2}$$

แทนค่า

$$\begin{aligned} P_2 &= \dots\dots\dots \\ &= \dots\dots\dots \\ &= \dots\dots\dots \end{aligned}$$

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ ความดันของก๊าซภายในถังมีค่าเท่ากับ.....

3. ก๊าซบิวเทน มีปริมาตร  $800 \text{ cm}^3$  ที่อุณหภูมิ  $15^\circ\text{C}$  ความดัน 720 มิลลิเมตรปรอท ถ้าเพิ่มอุณหภูมิเป็น  $27^\circ\text{C}$  และลดความดันเป็น 600 มิลลิเมตรปรอท ปริมาตรของก๊าซจะเป็นเท่าไร (3 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (1 คะแนน)

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

$$V_1 = \dots\dots\dots$$

$$T_1 = \dots\dots\dots$$

$$P_1 = \dots\dots\dots$$

$$T_2 = \dots\dots\dots$$

$$P_2 = \dots\dots\dots$$

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการ คำนวณหาค่า  $\dots\dots\dots$

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (1 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎรวมก๊าซ  $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$

2.2 การคำนวณ  $V_2 = \dots\dots\dots$

แทนค่า  $V_2 = \dots\dots\dots$

$$= \dots\dots\dots$$

$$= \dots\dots\dots$$

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ ปริมาตรของก๊าซบิวเทนมีค่าเท่ากับ  $\dots\dots\dots$

4. ก๊าซคลอรีน 20 ลิตร ความดัน 1 บรรยากาศ อุณหภูมิ 27 °c ถ้าเพิ่มความดันของก๊าซเป็น 1.2 บรรยากาศ อุณหภูมิเป็น 42 °c ปริมาตรของก๊าซคลอรีนมีค่าเท่าไร (3 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (1 คะแนน)

1.1 สิ่งโจทย์กำหนดให้

$$V_1 = \dots\dots\dots$$

$$P_1 = \dots\dots\dots$$

$$T_1 = \dots\dots\dots$$

$$P_2 = \dots\dots\dots$$

$$T_2 = \dots\dots\dots$$

1.2 สิ่งโจทย์ต้องการ คำนวณหาค่า  $\dots\dots\dots$

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (1 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎรวมก๊าซ  $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$

2.2 การคำนวณ  $V_2 = \dots\dots\dots$

แทนค่า  $V_2 = \dots\dots\dots$

$= \dots\dots\dots$

$= \dots\dots\dots$

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ ปริมาตรของก๊าซคลอรีนมีค่าเท่ากับ  $\dots\dots\dots$

5. ก๊าซไนโตรเจนมีปริมาตร  $a$  ลิตร ที่ความดัน  $b$  บรรยากาศ และอุณหภูมิ  $c$  เคลวิน  
ถ้าปริมาตรของก๊าซลดลงเหลือ  $\frac{2}{3}a$  ลิตร ความดันเพิ่มขึ้นเป็น  $2b$  บรรยากาศ  
อุณหภูมิของก๊าซจะเป็นกี่เคลวิน (3 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (1 คะแนน)

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

$$V_1 = \dots\dots\dots$$

$$P_1 = \dots\dots\dots$$

$$T_1 = \dots\dots\dots$$

$$V_2 = \dots\dots\dots$$

$$P_2 = \dots\dots\dots$$

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการ คำนวณหาค่า  $\dots\dots\dots$

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (1 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎรวมก๊าซ  $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$

2.2 การคำนวณ  $T_2 = \dots\dots\dots$

แทนค่า  $\dots\dots = \dots\dots\dots$

$= \dots\dots\dots$

$= \dots\dots\dots$

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ  $\dots\dots\dots$  มีค่าเท่ากับ  $\dots\dots\dots$

6. ทำการอัดก๊าซไนโตรเจน 6 ลิตร ความดัน 380 มิลลิเมตรของปรอท อุณหภูมิ  $27^{\circ}\text{C}$  เข้าไปในถังเหล็กซึ่งมีความจุ 2 ลิตร อุณหภูมิ  $-23^{\circ}\text{C}$  ความดันของก๊าซไนโตรเจนในถังเหล็กมีเท่าไร (3 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (1 คะแนน)

1.1 สิ่งโจทย์กำหนดให้

$$V_1 = \dots\dots\dots$$

$$P_1 = \dots\dots\dots$$

$$T_1 = \dots\dots\dots$$

$$V_2 = \dots\dots\dots$$

$$T_2 = \dots\dots\dots$$

1.2 สิ่งโจทย์ต้องการ  $\dots\dots\dots$

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (1 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎรวมก๊าซ  $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$

2.2 การคำนวณ  $P_2 = \dots\dots\dots$

แทนค่า  $P_2 = \dots\dots\dots$

$$= \dots\dots\dots$$

$$= \dots\dots\dots$$

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ  $\dots\dots\dots$  มีค่าเท่ากับ  $\dots\dots\dots$

7. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จำนวน  $400 \text{ cm}^3$  ความดัน  $1.5 \text{ atm}$  อุณหภูมิ  $27^\circ\text{C}$  ก๊าซจะมีปริมาตรเท่าไรที่ STP (4 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (2 คะแนน)

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

$$V_1 = \dots\dots\dots$$

$$P_1 = \dots\dots\dots$$

$$T_1 = \dots\dots\dots$$

$$P_2 = \dots\dots\dots$$

$$T_2 = \dots\dots\dots$$

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการ คำนวณหาค่า  $\dots\dots\dots$

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (1 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎรวมก๊าซ  $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$

2.2 การคำนวณ  $\dots\dots\dots = \dots\dots\dots$

แทนค่า  $\dots\dots\dots = \dots\dots\dots$

$= \dots\dots\dots$

$= \dots\dots\dots$

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ ปริมาตรของก๊าซบิวเทนที่ STP มีค่าเท่ากับ  $\dots\dots\dots$

8. ก๊าซไฮโดรเจนบรรจุในถังปิด อุณหภูมิ  $27^{\circ}\text{C}$  วัดความดันได้ 400 มิลลิเมตรของปรอท ถ้านำก๊าซมาใส่ในถังอีกใบหนึ่งขนาด 20 ลิตร ปรากฏว่าความดันลดลงเหลือ 150 มิลลิเมตรของปรอท อุณหภูมิ  $-73^{\circ}\text{C}$  ถังบรรจุตอนแรกมีค่าเท่าไร (4 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (2 คะแนน)

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

$$T_1 = \dots\dots\dots$$

$$P_1 = \dots\dots\dots$$

$$V_2 = \dots\dots\dots$$

$$P_2 = \dots\dots\dots$$

$$T_2 = \dots\dots\dots$$

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการ คำนวณหาค่า .....

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (1 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎรวมก๊าซ  $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$

2.2 การคำนวณ  $V_1 = \dots\dots\dots$

แทนค่า ..... = .....

= .....

= .....

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ ปริมาตรของถังบรรจุครั้งแรก มีค่าเท่ากับ.....

9. บอลลูนตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา ถูกปล่อยจากพื้นดินที่ความดัน 1 บรรยากาศ ขณะนั้นมีปริมาตร  $100 \text{ cm}^3$  อุณหภูมิ  $7^\circ\text{C}$  เมื่อลอยขึ้นไปสู่ระดับหนึ่ง วัดความดันได้ 0.8 บรรยากาศ ปริมาตรของบอลลูนเป็น  $110 \text{ cm}^3$  อุณหภูมิของอากาศขณะนั้นมีค่ากี่องศา เซนเซียส (5 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (2 คะแนน)

1.1 สิ่งโจทย์กำหนดให้

.....

.....

.....

.....

.....

1.2 สิ่งโจทย์ต้องการ คำนวณหาค่า .....

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (2 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎรวมก๊าซ .....

2.2 การคำนวณ .....

.....

.....

.....

.....

$$t(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273$$

$$= \dots\dots\dots$$

$$= \dots\dots\dots$$

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ อุณหภูมิของอากาศมีค่าเท่ากับ.....

10. ก๊าซสมบูรณ์แบบมีความดัน 500 มิลลิเมตรของปรอท อุณหภูมิ 27 °c จงหาอุณหภูมิของก๊าซที่มีปริมาตรเป็น 2 เท่าของก๊าซเริ่มต้น และความดันลดลง 20 % ( 5 คะแนน )

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา ( 2 คะแนน )

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

.....

.....

.....

.....

.....

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการ .....

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา ( 2 คะแนน )

2.1 วิธีทำ จากกฎ .....

2.2 การคำนวณ .....

.....

.....

.....

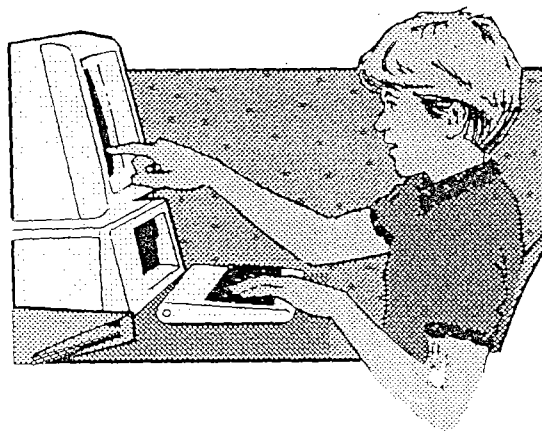
$t(^{\circ}\text{C}) = \dots\dots\dots$

$= \dots\dots\dots$

ขั้นที่ 3 คำตอบ ( 1 คะแนน )

คำตอบ .....

แบบฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมีเรื่องสมบัติของก๊าซ  
ชุดที่ 4 กฏก๊าซสมบูรณ์แบบ



ชื่อ.....

ชั้น ม.4/..... เลขที่.....

1. ก๊าซออกซิเจนจำนวน 1 โมล บรรจุอยู่ในถังขนาด 10 ลิตร อุณหภูมิ 27 °c จะมีความดันเท่าไร (2 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา

1.1 สิ่งโจทย์กำหนดให้

$$\text{ปริมาตร (V)} = 10 \text{ ลิตร}$$

$$\text{จำนวนโมล (n)} = 1 \text{ โมล}$$

$$\text{อุณหภูมิ (T)} = 27 + 273 = \dots\dots\dots \text{ เคลวิน}$$

$$\text{ค่าคงที่ของก๊าซ(R)} = 0.082 \text{ atm.l.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

1.2 สิ่งโจทย์ต้องการ คำนวณหาค่า P

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (1 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎก๊าซสมบูรณ์แบบ

$$PV = nRT$$

2.2 การคำนวณ

$$\text{แทนค่า P} = \frac{nRT}{V}$$

$$= \dots\dots\dots$$

$$= \dots\dots\dots$$

$$= \dots\dots\dots$$

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ ความดันของก๊าซมีค่าเท่ากับ .....

2. จงคำนวณหาปริมาตรของก๊าซแอมโมเนีย จำนวน 2 โมล ที่อุณหภูมิ 350 เคลวิน และความดัน 0.82 บรรยากาศ (3 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (1 คะแนน)

1.1 สิ่งโจทย์กำหนดให้

$$\begin{aligned} P &= \dots\dots\dots \text{บรรยากาศ} \\ n &= \dots\dots\dots \text{โมล} \\ T &= \dots\dots\dots \text{เคลวิน} \\ R &= 0.082 \quad \text{atm. l. mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \end{aligned}$$

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการ คำนวณหาค่า .....

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (1 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎก๊าซสมบูรณ์แบบ

$$PV = nRT$$

2.2 การคำนวณ

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า } V &= \frac{nRT}{P} \\ &= \dots\dots\dots \\ &= \dots\dots\dots \\ &= \dots\dots\dots \end{aligned}$$

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ ปริมาตรของก๊าซมีค่าเท่ากับ .....

3. กังเหล็กลบขนาด  $2000 \text{ cm}^3$  บรรจุก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ วัดความดันได้  $20.5 \text{ atm}$   
อุณหภูมิ  $-23^\circ\text{C}$  มีจำนวนโมลเท่าไร (3 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (1 คะแนน)

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

$$P = \dots\dots\dots$$

$$V = \dots\dots\dots$$

$$T = \dots\dots\dots$$

$$R = 0.082 \quad \text{atm. l. mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการ คำนวณหาค่า  $\dots\dots\dots$

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (1 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎก๊าซสมบูรณ์แบบ

$$PV = nRT$$

2.2 การคำนวณ

$$n = \dots\dots\dots$$

$$\text{แทนค่า} \quad n = \dots\dots\dots$$

$$= \dots\dots\dots$$

$$= \dots\dots\dots$$

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ จำนวนโมลของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์มีค่าเท่ากับ  $\dots\dots\dots$

4. ภาชนะใบหนึ่งมีปริมาตร  $15 \text{ dm}^3$  บรรจุก๊าซไนโตรเจน  $6.02 \times 10^{23}$  โมเลกุล  
ที่อุณหภูมิ  $12^\circ\text{C}$  ความดันภายในภาชนะมีค่าเท่าไร (3 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (1 คะแนน)

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

$$V = \dots\dots\dots$$

ก๊าซทุกชนิด 1 โมล จะมีจำนวน  $6.02 \times 10^{23}$  โมเลกุล

$$n = \dots\dots\dots$$

$$T = \dots\dots\dots$$

$$R = 0.082 \quad \text{atm. l. mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการ คำนวณหาค่า  $\dots\dots\dots$

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (1 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎก๊าซสมบูรณ์แบบ

$$PV = nRT$$

2.2 การคำนวณ

$$P = \dots\dots\dots$$

$$\text{แทนค่า} \quad P = \dots\dots\dots$$

$$= \dots\dots\dots$$

$$= \dots\dots\dots$$

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ  $\dots\dots\dots$  มีค่าเท่ากับ  $\dots\dots\dots$

5. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) 22 กรัม ความดัน 380 มิลลิเมตรของปรอท อุณหภูมิ  $7^\circ\text{C}$  จะมีปริมาตรกี่ลิตร (4 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (2 คะแนน)

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

$P = \dots\dots\dots \text{atm}$

$n = \dots\dots\dots \text{โมล}$

$T = \dots\dots\dots \text{เคลวิน}$

$R = 0.082 \dots\dots\dots \text{atm} \cdot \text{l} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการ คำนวณหาค่า .....

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (1 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎก๊าซสมบูรณ์แบบ

$$PV = nRT$$

2.2 การคำนวณ

$V = \dots\dots\dots$

แทนค่า  $V = \dots\dots\dots$

$= \dots\dots\dots$

$= \dots\dots\dots$

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ .....

6. ก๊าซไฮโดรเจน 2 กรัม บรรจุอยู่ภายในภาชนะขนาด 2 ลิตร วัดความดันได้ 8.2 บรรยากาศ จะมีอุณหภูมิกี่องศาเซลเซียส (4 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (1 คะแนน)

1.1 สิ่งโจทย์กำหนดให้

$$V = \dots\dots\dots$$

$$n = \dots\dots\dots$$

$$P = \dots\dots\dots$$

$$R = 0.082 \quad \text{atm. l. mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

1.2 สิ่งโจทย์ต้องการ คำนวณหาค่า .....

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (2 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎก๊าซสมบูรณ์แบบ

$$PV = nRT$$

2.2 การคำนวณ

.....

.....

.....

.....

$$t(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273$$

$$= \dots\dots\dots$$

$$= \dots\dots\dots$$

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ .....

7. ก๊าซ A มวล 25 กรัม มีปริมาตร 10.25 ลิตร ที่ความดัน 1 บรรยากาศ อุณหภูมิ  $27^{\circ}\text{C}$   
จงคำนวณหามวลโมเลกุลของก๊าซ A (4 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (1 คะแนน)

1.1 สิ่ง โจทย์กำหนดให้

$P = \dots\dots\dots$

$V = \dots\dots\dots$

$T = \dots\dots\dots$

$g = \dots\dots\dots$

$R = 0.082 \quad \text{atm. l. mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

1.2 สิ่ง โจทย์ต้องการ คำนวณหาค่า .....

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (2 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎก๊าซสมบูรณ์แบบ

$$PV = nRT$$

2.2 การคำนวณ

$$\text{จำนวนโมล} = \frac{\text{มวล}}{\text{มวลโมเลกุล}}$$

$$\text{แทนค่า} \quad n = \frac{g}{M} \quad \text{ในกฎก๊าซสมบูรณ์แบบ}$$

$$\text{ดังนั้น} \quad PV = \dots\dots\dots$$

$$M = \dots\dots\dots$$

$$\text{แทนค่า} = \dots\dots\dots$$

$$= \dots\dots\dots$$

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ มวลโมเลกุลของก๊าซ A มีค่าเท่ากับ .....

8. หลอดแก้วบรรจุก๊าซคลอรีนขนาด  $600 \text{ cm}^3$  เมื่อสูบลำก๊าซออกจนเหลือความดันเพียง  $1.64 \text{ atm}$  อุณหภูมิ  $27^\circ\text{C}$  จำนวนโมเลกุลของก๊าซที่เหลืออยู่มีค่าเท่าใด (4 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (1 คะแนน)

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

$$P = \dots\dots\dots$$

$$V = \dots\dots\dots$$

$$T = \dots\dots\dots$$

$$R = 0.082 \quad \text{atm} \cdot \text{l} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการ คำนวณหาค่า จำนวนโมเลกุลของก๊าซ

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (2 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎก๊าซสมบูรณ์แบบ

$$PV = nRT$$

2.2 การคำนวณ

$$n = \dots\dots\dots$$

$$\text{แทนค่า} \quad n = \dots\dots\dots$$

$$= \dots\dots\dots \text{ โมล}$$

จากความรู้เรื่องโมล ก๊าซทุกชนิด 1 โมล จะมีจำนวนโมเลกุลเท่ากับ  $6.02 \times 10^{23}$  โมเลกุล

$$\text{ดังนั้น จำนวนโมเลกุลของก๊าซ} = \dots\dots\dots$$

$$= \dots\dots\dots$$

$$= \dots\dots\dots$$

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ จำนวนโมเลกุลของก๊าซมีค่าเท่ากับ.....

9. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ( $\text{SO}_2$ ) จำนวนหนึ่ง ที่ความดัน  $1 \text{ atm}$  อุณหภูมิ  $47^\circ\text{C}$  จะมีความหนาแน่นเท่าไร (4 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (1 คะแนน)

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

$P = \dots\dots\dots$

$T = \dots\dots\dots$

$R = 0.082 \quad \text{atm. l. mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

$M = \dots\dots\dots$

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการ  $\dots\dots\dots$

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (2 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎก๊าซสมบูรณ์แบบ

$$PV = nRT$$

2.2 การคำนวณ

จาก ความหนาแน่น =  $\frac{\text{มวล}}{\text{ปริมาตร}}$  หรือ  $d = \dots\dots\dots$

แทนค่า  $n = \frac{g}{M}$  ในกฎก๊าซสมบูรณ์แบบ

ดังนั้น  $PV = \dots\dots\dots$

$P = \dots\dots\dots$

$P = \dots\dots\dots$

$d = \dots\dots\dots$

แทนค่า  $d = \dots\dots\dots$

$= \dots\dots\dots$

$= \dots\dots\dots$

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ  $\dots\dots\dots$

10. ก๊าซออกซิเจน( $O_2$ )จำนวนหนึ่ง มีความหนาแน่น 1.5 กรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ที่อุณหภูมิ  $47^\circ C$  จงคำนวณหาความดันของก๊าซออกซิเจน (5 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (2 คะแนน)

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

.....

.....

.....

.....

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการ .....

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (2 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จาก.....

2.2 การคำนวณ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ .....

แบบฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมีเรื่องสมบัติของก๊าซ  
ชุดที่ 5 กฎการแพร์



ชื่อ.....

ชั้น ม.4/..... เลขที่.....

1. ก๊าซ A มีมวลโมเลกุล 36 เคลื่อนที่ได้ระยะทาง 10 เซนติเมตร ในเวลา 1 วินาที  
 ก๊าซ B มีมวลโมเลกุล 25 จะเคลื่อนที่ได้ระยะทางเท่าใดในเวลา 1 วินาที ( 2 คะแนน )

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

$$R_A = 10 \text{ เซนติเมตรต่อวินาที}$$

$$M_A = 36$$

$$M_B = 25$$

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการ คำนวณหาค่า  $R_B$

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา ( 1 คะแนน )

2.1 วิธีทำ จากกฎการแพร่ของก๊าซ

$$\frac{R_A}{R_B} = \frac{\sqrt{M_B}}{\sqrt{M_A}}$$

2.2 การคำนวณ

$$R_B = \dots\dots\dots$$

$$\text{แทนค่า } R_B = \dots\dots\dots$$

$$= \dots\dots\dots$$

$$= \dots\dots\dots$$

ขั้นที่ 3 คำตอบ ( 1 คะแนน )

คำตอบ ในเวลา 1 วินาทีก๊าซ B เคลื่อนที่ได้ระยะทางเท่ากับ .....

2. ก๊าซมีเทน ( $\text{CH}_4$ ) แพร่ได้เร็วกว่าก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ( $\text{SO}_2$ ) กี่เท่า (3 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (1 คะแนน)

1.1 สิ่งโจทย์กำหนดให้ (กำหนดมวลอะตอม  $\text{H} = 1$   $\text{C} = 12$   $\text{O} = 16$   $\text{S} = 32$ )

$$M_{\text{CH}_4} = \dots\dots\dots$$

$$M_{\text{SO}_2} = \dots\dots\dots$$

1.2 สิ่งโจทย์ต้องการ คำนวณหาค่า  $\frac{R_{\text{CH}_4}}{R_{\text{SO}_2}}$

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (1 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎการแพร่ของก๊าซ

$$\frac{R_{\text{CH}_4}}{R_{\text{SO}_2}} = \frac{\sqrt{M_{\text{SO}_2}}}{\sqrt{M_{\text{CH}_4}}}$$

2.2 การคำนวณ

$$\frac{R_{\text{CH}_4}}{R_{\text{SO}_2}} = \dots\dots\dots$$

$$\text{แทนค่า} = \dots\dots\dots$$

$$= \dots\dots\dots$$

$$= \dots\dots\dots$$

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ  $\dots\dots\dots$

3. ก๊าซ M แพร่ได้เร็วเป็น 4 เท่าของก๊าซออกซิเจน ( $O_2$ ) โมลโมเลกุลของก๊าซ M มีค่าเท่าไร (3 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (1 คะแนน)

1.1 สิ่งโจทย์กำหนดให้ (กำหนดมวลอะตอม  $O = 16$  )

$$M_{O_2} = \dots\dots\dots$$

$$\frac{R_M}{R_{O_2}} = \dots\dots\dots$$

1.2 สิ่งโจทย์ต้องการ คำนวณหาค่า .....

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (1 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎการแพร่ของก๊าซ

$$\frac{R_A}{R_B} = \frac{\sqrt{M_B}}{\sqrt{M_A}}$$

2.2 การคำนวณ

$$\frac{R_M}{R_{O_2}} = \dots\dots\dots$$

.....

.....

.....

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ .....

4. ก๊าซไฮโดรเจนโบรไมด์ (HBr) และก๊าซมีเทน ( $\text{CH}_4$ ) มีมวลโมเลกุล 81 และ 16 ตามลำดับ ถ้าก๊าซมีเทน ฟู่งกระจายผ่านที่ว่างเปิดด้วยอัตราเร็ว  $18 \text{ cm}^3$  ในเวลา 1 วินาที จงหา อัตราการฟู่งกระจายของก๊าซไฮโดรเจนโบรไมด์ (3 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (1 คะแนน)

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

$$R_{\text{CH}_4} = \dots\dots\dots$$

$$M_{\text{CH}_4} = \dots\dots\dots$$

$$M_{\text{HBr}} = \dots\dots\dots$$

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการ คำนวณหาค่า  $\dots\dots\dots$

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (1 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎการแพร่ของก๊าซ

$$\frac{R_A}{R_B} = \frac{\sqrt{M_B}}{\sqrt{M_A}}$$

2.2 การคำนวณ

$\dots\dots\dots$

$\dots\dots\dots$

$\dots\dots\dots$

$\dots\dots\dots$

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ  $\dots\dots\dots$

5. ก๊าซฮีเลียม (He) และก๊าซมีเทน ( $\text{CH}_4$ ) ในลูกบอลลูนซึ่งมีขนาดเท่ากัน ที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน ถ้าก๊าซมีเทนแพร่ออกจากลูกบอลลูนด้วยอัตราเร็ว  $50 \text{ cm}^3/\text{s}$  ก๊าซฮีเลียมจะแพร่ออกจากลูกบอลลูนด้วยอัตราเร็วเท่าไร (3 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา

1.1 สิ่งโจทย์กำหนดให้ (กำหนดมวลอะตอม  $\text{H} = 1$   $\text{C} = 12$   $\text{He} = 4$ )

$$R_{\text{CH}_4} = \dots\dots\dots$$

$$M_{\text{He}} = \dots\dots\dots$$

$$M_{\text{CH}_4} = \dots\dots\dots$$

1.2 สิ่งโจทย์ต้องการ คำนวณหาค่า  $\dots\dots\dots$

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (1 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎการแพร่ของก๊าซ

$$\frac{R_{\text{He}}}{R_{\text{CH}_4}} = \frac{\sqrt{M_{\text{CH}_4}}}{\sqrt{M_{\text{He}}}}$$

2.2 การคำนวณ

$$R_{\text{He}} = \dots\dots\dots$$

$\dots\dots\dots$

$\dots\dots\dots$

$\dots\dots\dots$

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ  $\dots\dots\dots$

6. ก๊าซ HBr เคลื่อนที่ได้ระยะทาง 30 เซนติเมตร ในเวลา 2 วินาที ถ้า Y เคลื่อนที่ได้ระยะทาง 27 เซนติเมตร ในเวลา 1 วินาที จงคำนวณหามวลโมเลกุลของ Y ( 4 คะแนน )

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา ( 1 คะแนน )

1.1 สิ่งโจทย์กำหนดให้ (กำหนดมวลอะตอม  $H = 1$   $Br = 80$  )

$R_{HBr} = \dots\dots\dots$

$R_Y = \dots\dots\dots$

$M_{HBr} = \dots\dots\dots$

1.2 สิ่งโจทย์ต้องการ คำนวณหาค่า  $\dots\dots\dots$

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา ( 2 คะแนน )

2.1 วิธีทำ จากกฎการแพร่ของก๊าซ

$\dots\dots\dots$

2.2 การคำนวณ

$\dots\dots\dots$

$\dots\dots\dots$

$\dots\dots\dots$

$\dots\dots\dots$

ขั้นที่ 3 คำตอบ ( 1 คะแนน )

คำตอบ  $\dots\dots\dots$

7. X มีมวลอะตอมเป็น 2 เท่าของ Y และ A มีมวลอะตอมเป็น 4 เท่าของ Y อัตราการแพร่ของก๊าซ  $X_2$  จะเป็นกี่เท่าของก๊าซ  $A_2$  (4 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (1 คะแนน)

1.1 สิ่งโจทย์กำหนดให้

มวลอะตอมของ X = .....

มวลอะตอมของ A = .....

$M_{X_2}$  = .....

$M_{A_2}$  = .....

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการ คำนวณหาค่า .....

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (2 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎการแพร่ของก๊าซ

.....

2.2 การคำนวณ

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ .....

8. ก๊าซ A มีอัตราการแพร่เป็น 2 เท่าของก๊าซ B ถ้าก๊าซ A มีความหนาแน่น 0.64 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ก๊าซ B มีความหนาแน่นเท่าไร (4 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (1 คะแนน)

1.1 สิ่งโจทย์กำหนดให้

$$d_A = \dots\dots\dots$$

$$\frac{R_A}{R_B} = \dots\dots\dots$$

1.2 สิ่งโจทย์ต้องการ คำนวณหาค่า .....

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (2 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎการแพร่ของก๊าซ

.....

2.2 การคำนวณ

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ ความหนาแน่นของก๊าซ B เท่ากับ .....

9. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีความหนาแน่น  $0.25 \text{ g/cm}^3$  แพร่ผ่านห้องกว้าง 12 เมตร ใช้เวลา 10 วินาที ก๊าซ Y มีความหนาแน่น  $0.36 \text{ g/cm}^3$  ก๊าซ Y แพร่ผ่านห้องเดียวกันนี้ จะใช้เวลาเท่าใด (5 คะแนน)

ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (2 คะแนน)

1.1 สิ่งโจทย์กำหนดให้

.....  
 .....  
 .....

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการ คำนวณหาค่า .....

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (2 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎการแพร่ของก๊าซ

.....

2.2 การคำนวณ

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

อัตราการแพร่ของก๊าซ Y เท่ากับ.....

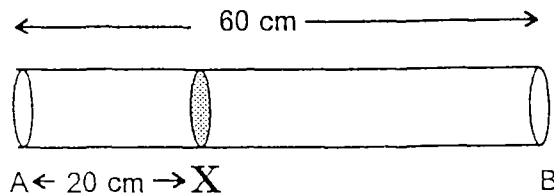
ระยะทาง .....เมตร ก๊าซ Y ใช้เวลาแพร่ ..... วินาที

ระยะทาง 12 เมตร ก๊าซ Y ใช้เวลาแพร่ ..... วินาที

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ ก๊าซ Y แพร่ผ่านห้องนี้ใช้เวลาเท่ากับ.....

10. หลอดแก้วยาว 60 เซนติเมตร ก๊าซ A ทำปฏิกิริยากับก๊าซ B เกิดสาร X  
เมื่อนำสารละลายก๊าซ A และปลายหลอดและจับเวลาผ่านไป 2 นาที จะเห็นสาร X เกิดขึ้น  
ถ้า B มีมวลโมเลกุล 17 จงคำนวณหามวลโมเลกุลของ A (5 คะแนน)



ขั้นที่ 1 ความเข้าใจในปัญหา (2 คะแนน)

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

.....

.....

.....

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการ คำนวณหาค่า .....

ขั้นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหา (2 คะแนน)

2.1 วิธีทำ จากกฎการแพร่ของก๊าซ

.....

2.2 การคำนวณ

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 3 คำตอบ (1 คะแนน)

คำตอบ .....

## ภาคผนวก ง

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี  
เรื่อง สมบัติของก๊าซ

**แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์วิชาเคมี เรื่องสมบัติของก๊าซ**  
**ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**

**ฉบับที่ 1 กฎของบอยล์**

**คำชี้แจง**

1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ วิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ชนิดปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ ใช้เวลาทดสอบ 25 นาที
2. ให้พิจารณาคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย “X” ลงในกระดาษคำตอบที่แจกให้

ตัวอย่าง

ข้อ ก ข ค ง

(0) 

|  |  |   |  |
|--|--|---|--|
|  |  | X |  |
|--|--|---|--|

3. ในกรณีที่ต้องการเปลี่ยนคำตอบ ให้ทำเครื่องหมาย “=” ในช่องตัวเลือกเดิม แล้วทำเครื่องหมาย “X” ลงในช่องตัวเลือกใหม่ต่อไป

ตัวอย่าง

ข้อ ก ข ค ง

(0) 

|   |  |   |  |
|---|--|---|--|
| X |  | = |  |
|---|--|---|--|

4. ถ้ามีข้อสงสัยให้ยกมือถามจากกรรมการผู้ควบคุมห้องสอบ ก่อนที่จะเริ่มลงมือทำแบบทดสอบ
5. อย่าขีดเขียนหรือทำเครื่องหมายใดๆ ในแบบทดสอบ
6. ขอให้นักเรียนทำแบบทดสอบด้วยความตั้งใจและเต็มความสามารถของนักเรียน และส่งคืนแบบทดสอบพร้อมด้วยกระดาษคำตอบ ให้แก่กรรมการผู้ควบคุมห้องสอบ เมื่อทำเสร็จและหมดเวลาสอบ

1. ก๊าซไนโตรเจน จำนวน 15 กรัม มีปริมาตร 10 ลิตร ที่ความดัน 1.2 บรรยากาศ ถ้าเปลี่ยนความดันเป็น 1.5 บรรยากาศ เมื่ออุณหภูมิคงที่ ก๊าซจะมีปริมาตรเท่าใด
  - ก. 4.0 ลิตร
  - ข. 6.0 ลิตร
  - ค. 8.0 ลิตร
  - ง. 12.0 ลิตร
2. ก๊าซออกซิเจนมีความดันเริ่มต้นเท่ากับ 200 มิลลิเมตรของปรอท ถ้าทำให้ปริมาตรของก๊าซลดลงเป็นครึ่งหนึ่งของปริมาตรเดิม เมื่ออุณหภูมิคงที่ จะมีความดันสุดท้ายเป็นเท่าไร
  - ก. 300 มิลลิเมตรของปรอท
  - ข. 400 มิลลิเมตรของปรอท
  - ค. 500 มิลลิเมตรของปรอท
  - ง. 600 มิลลิเมตรของปรอท
3. ก๊าซอาร์กอนที่ความดัน 600 มิลลิเมตรของปรอท มีปริมาตร 3.8 ลิตร ที่อุณหภูมิ  $0^{\circ}\text{C}$  จงกำหนดหาปริมาตรของก๊าซที่ STP
  - ก. 0.3 ลิตร
  - ข. 1.0 ลิตร
  - ค. 2.0 ลิตร
  - ง. 3.0 ลิตร
4. บรรจุก๊าซฟลูออรีน ในขวดวัดปริมาตรขนาด 5 ลิตร ที่  $25^{\circ}\text{C}$  ความดัน 10 atm ถ้าถ่ายก๊าซลงในภาชนะขนาด 75 ลิตร ที่อุณหภูมิเดียวกัน จงหาความดันของก๊าซภาชนะใบใหม่
  - ก. 0.67 atm
  - ข. 1.25 atm
  - ค. 2.83 atm
  - ง. 3.75 atm
5. ก๊าซไนโตรเจนมีปริมาตร  $400\text{ cm}^3$  อุณหภูมิ  $0^{\circ}\text{C}$  ความดัน 700 มิลลิเมตรของปรอท ถ้าเพิ่มความดันเป็น 1120 มิลลิเมตรของปรอท เมื่ออุณหภูมิคงที่ ก๊าซจะมีปริมาตรเท่าไร
  - ก. 50  $\text{cm}^3$
  - ข. 100  $\text{cm}^3$
  - ค. 250  $\text{cm}^3$
  - ง. 340  $\text{cm}^3$

6. นำก๊าซแอมโมเนียมาจำนวนหนึ่ง แล้วปล่อยให้ฟุ้งกระจายจนมีปริมาตรเป็น 3 เท่าของปริมาตรเดิม อัตราส่วนความดันของก๊าซเริ่มต้นและความดันของก๊าซเมื่อฟุ้งกระจายแล้ว ที่อุณหภูมิเดียวกัน มีค่าเท่าไร
- ก. 1 : 3  
ข. 3 : 1  
ค. 3 : 2  
ง. 2 : 3
7. ก๊าซฮีเลียมบรรจุอยู่ในถังปิดที่ปรับขนาดได้ จากการทดลองที่อุณหภูมิ  $0^{\circ}\text{C}$  วัดความดันได้ 380 มิลลิเมตรของปรอท ปริมาตร  $500\text{ cm}^3$  ถ้าต้องการให้ความดันเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า โดยอุณหภูมิกคงที่ จะต้องลดปริมาตรลงกี่  $\text{cm}^3$
- ก. 50  $\text{cm}^3$   
ข. 100  $\text{cm}^3$   
ค. 125  $\text{cm}^3$   
ง. 250  $\text{cm}^3$
8. นำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์  $500\text{ cm}^3$  ที่อุณหภูมิ  $0^{\circ}\text{C}$  ความดัน 570 mm ของ Hg มาไว้ที่ STP ปริมาตรก๊าซจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร
- ก. ลดลง 125  $\text{cm}^3$   
ข. ลดลง 175  $\text{cm}^3$   
ค. เพิ่มขึ้น 225  $\text{cm}^3$   
ง. เพิ่มขึ้น 375  $\text{cm}^3$
9. บอลลูกหวายจากอากาศบรรจุก๊าซไฮโดรเจนปริมาตร 150 ลิตร ที่ความดัน 1 atm ในขณะที่ลอยตัวสูงขึ้นอุณหภูมิกคงที่ ความดันเหลือเพียง 0.75 atm ปริมาตรของบอลลูกหวายมีค่าเท่าไร
- ก. 125 ลิตร  
ข. 150 ลิตร  
ค. 175 ลิตร  
ง. 200 ลิตร
10. ถ้านำก๊าซออกซิเจน 1 โมล ที่ STP มาบรรจุในถังขนาด  $10\text{ dm}^3$  ที่อุณหภูมิ  $0^{\circ}\text{C}$  จะวัดความดันได้เท่าไร
- ก. 2.24 atm  
ข. 4.48 atm  
ค. 11.2 atm  
ง. 22.4 atm

**แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์วิชาเคมี เรื่องสมบัติของก๊าซ**  
**ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**

**ฉบับที่ 2 กฎของชาร์ล**

**คำชี้แจง**

1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ วิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ชนิดปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ ใช้เวลาทดสอบ 25 นาที
2. ให้พิจารณาคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย "X" ลงในกระดาษคำตอบที่แจกให้

ตัวอย่าง

ข้อ ก ข ค ง

(0) 

|  |  |   |  |
|--|--|---|--|
|  |  | X |  |
|--|--|---|--|

3. ในกรณีที่ต้องการเปลี่ยนคำตอบ ให้ทำเครื่องหมาย "—" ในช่องตัวเลือกเดิม แล้วทำเครื่องหมาย "X" ลงในช่องตัวเลือกใหม่ต่อไป

ตัวอย่าง

ข้อ ก ข ค ง

(0) 

|   |  |   |  |
|---|--|---|--|
| X |  | — |  |
|---|--|---|--|

4. ถ้ามีข้อสงสัยให้ยกมือถามจากกรรมการผู้ควบคุมห้องสอบ ก่อนที่จะเริ่มลงมือทำแบบทดสอบ
5. อย่าขีดเขียนหรือทำเครื่องหมายใดๆ ในแบบทดสอบ
6. ขอให้นักเรียนทำแบบทดสอบด้วยความตั้งใจและเต็มความสามารถของนักเรียน และส่งคืนแบบทดสอบพร้อมด้วยกระดาษคำตอบ ให้แก่กรรมการผู้ควบคุมห้องสอบ เมื่อทำเสร็จและหมดเวลาสอบ

1. ที่อุณหภูมิ  $-13^{\circ}\text{C}$  ก๊าซฟร็อน มีปริมาตร 520 ลูกบาศก์เซนติเมตร ถ้าเพิ่มอุณหภูมิขึ้นเป็น  $27^{\circ}\text{C}$  โดยควบคุมความดันให้คงที่ ปริมาตรของก๊าซจะมีค่าเท่าไร
  - ก. 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร
  - ข. 600 ลูกบาศก์เซนติเมตร
  - ค. 700 ลูกบาศก์เซนติเมตร
  - ง. 800 ลูกบาศก์เซนติเมตร
2. ก๊าซไนโตรเจนปริมาตร  $240\text{ cm}^3$  อุณหภูมิ  $7^{\circ}\text{C}$  ความดัน 1 atm ต้องการนำก๊าซนี้มาไว้ที่ STP จะต้องใช้ถังที่มีปริมาตรเท่าไร
  - ก. 213  $\text{cm}^3$
  - ข. 234  $\text{cm}^3$
  - ค. 243  $\text{cm}^3$
  - ง. 318  $\text{cm}^3$
3. ก๊าซโพรเพนมีปริมาตร 80 มิลลิลิตร อุณหภูมิ  $47^{\circ}\text{C}$  เมื่อนำก๊าซนี้ไปไว้ที่ห้องเย็น ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ โดยความดันคงที่ ก๊าซจะมีปริมาตรเท่าใด
  - ก. 11.75 มิลลิลิตร
  - ข. 32.40 มิลลิลิตร
  - ค. 47.65 มิลลิลิตร
  - ง. 68.25 มิลลิลิตร
4. ก๊าซ A มีปริมาตร  $20\text{ cm}^3$  ที่อุณหภูมิ  $27^{\circ}\text{C}$  ความดัน 1.5 atm ถ้าเพิ่มอุณหภูมิ 2 เท่าในหน่วยเซนเซียส โดยให้มวลและความดันของก๊าซคงที่ ปริมาตรของก๊าซจะเป็นเท่าไร
  - ก. 21.80  $\text{cm}^3$
  - ข. 37.50  $\text{cm}^3$
  - ค. 40.00  $\text{cm}^3$
  - ง. 45.45  $\text{cm}^3$
5. ลูกโป่งใบหนึ่งปริมาตร 3 ลิตร  $30^{\circ}\text{C}$  ถาลดปริมาตรเหลือ 2 ลิตร ความดัน 1 บรรยากาศตลอดเวลา อุณหภูมิใหม่ของก๊าซในลูกโป่งจะเป็นกี่องศาเซนเซียส
  - ก.  $-71^{\circ}\text{C}$
  - ข.  $-151^{\circ}\text{C}$
  - ค.  $171^{\circ}\text{C}$
  - ง.  $202^{\circ}\text{C}$

6. ก๊าซสมบูรณ์แบบวัดปริมาตรได้  $20 \text{ cm}^3$  ความดัน  $1 \text{ atm}$  อุณหภูมิ  $350 \text{ K}$  ถ้าลดอุณหภูมิของก๊าซลงถึง  $0^\circ\text{C}$  ความดัน  $1 \text{ atm}$  ตลอดเวลา ก๊าซดังกล่าวจะมีปริมาตรลดลงกี่เปอร์เซ็นต์
- 11 %
  - 22 %
  - 33 %
  - 44 %
7. ขวดแก้วกลมปรับปริมาตรได้บรรจุอากาศ ถูกเผาให้ร้อนขึ้นจาก  $27^\circ\text{C}$  เป็น  $127^\circ\text{C}$  โดยความดันคงที่ ถ้าอากาศมีปริมาตรหลังจากเผา  $120 \text{ dm}^3$  จงหาปริมาตรของอากาศก่อนเผา
- $60 \text{ dm}^3$
  - $70 \text{ dm}^3$
  - $80 \text{ dm}^3$
  - $90 \text{ dm}^3$
8. ลูกโป่งบวมเหลือปริมาตร  $50 \text{ cm}^3$  ที่อุณหภูมิ  $27^\circ\text{C}$  ปริมาตรนี้เป็นเพียง 5 ใน 6 ของปริมาตรเต็มลูก ต้องการทำให้ลูกโป่งนี้ขยายตัวเต็มที่คืนกลับปริมาตรเดิมในน้ำร้อน อุณหภูมิอย่างน้อยที่สุดของน้ำร้อนมีค่ากี่องศาเซลเซียส
- $75^\circ\text{C}$
  - $87^\circ\text{C}$
  - $92^\circ\text{C}$
  - $100^\circ\text{C}$
9. ในการทดลองวัดปริมาตรของก๊าซ ที่ความดันคงที่ได้ผลดังนี้
- | ครั้งที่ | อุณหภูมิ (K) | ปริมาตร (l)          |
|----------|--------------|----------------------|
| 1        | 200          | $3.2 \times 10^{-3}$ |
| 2        | 250          | $4.0 \times 10^{-3}$ |
| 3        | 300          | $4.8 \times 10^{-3}$ |
- ค่าคงที่ในกฎของชาร์ลมีค่าเท่าไร
- $1.6 \times 10^{-5}$
  - $3.2 \times 10^{-5}$
  - $4.8 \times 10^{-5}$
  - $7.2 \times 10^{-5}$
10. ที่อุณหภูมิ  $30^\circ\text{C}$  ความดัน  $760$  มิลลิเมตรของปรอท ปริมาตรของก๊าซมีเทนวัดได้  $10 \text{ dm}^3$  ถ้าทำให้ก๊าซมีปริมาตรลดลงเหลือ  $9 \text{ dm}^3$  โดยที่ความดันคงที่ อุณหภูมิของก๊าซจะเป็นเท่าใด
- $-27^\circ\text{C}$
  - $-3^\circ\text{C}$
  - $-0.3^\circ\text{C}$
  - $27^\circ\text{C}$

**แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์วิชาเคมี เรื่องสมบัติของก๊าซ**  
**ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**

**ฉบับที่ 3 กฎรวมก๊าซ**

**คำชี้แจง**

1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ วิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ชนิดปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ ใช้เวลาทดสอบ 25 นาที
2. ให้พิจารณาคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย "X" ลงในกระดาษคำตอบที่แจกให้

ตัวอย่าง

ข้อ ก ข ค ง

(0) 

|  |  |   |  |
|--|--|---|--|
|  |  | X |  |
|--|--|---|--|

3. ในกรณีที่ต้องการเปลี่ยนคำตอบ ให้ทำเครื่องหมาย "=" ในช่องตัวเลือกเดิม แล้วทำเครื่องหมาย "X" ลงในช่องตัวเลือกใหม่ต่อไป

ตัวอย่าง

ข้อ ก ข ค ง

(0) 

|   |  |   |  |
|---|--|---|--|
| X |  | = |  |
|---|--|---|--|

4. ถ้ามีข้อสงสัยให้ยกมือถามจากกรรมการผู้ควบคุมห้องสอบ ก่อนที่จะเริ่มลงมือทำแบบทดสอบ
5. อย่าขีดเขียนหรือทำเครื่องหมายใดๆ ในแบบทดสอบ
6. ขอให้นักเรียนทำแบบทดสอบด้วยความตั้งใจและเต็มความสามารถของนักเรียน และส่งคืนแบบทดสอบพร้อมด้วยกระดาษคำตอบ ให้แก่กรรมการผู้ควบคุมห้องสอบ เมื่อทำเสร็จและหมดเวลาสอบ

1. บอลลูนตรวจอากาศบรรจุก๊าซฮีเลียม วัดปริมาตรได้ 2000 ลิตร  $27^{\circ}\text{C}$  ที่ระดับน้ำทะเล 1 บรรยากาศ เมื่อบอลลูนลอยขึ้นไปสูง 2500 ฟุต อุณหภูมิลดลงเหลือ  $15^{\circ}\text{C}$  ความดัน 0.8 บรรยากาศ ปริมาตรของบอลลูนขณะนั้นจะเป็นกี่ลิตร
  - ก. 1830 ลิตร
  - ข. 2400 ลิตร
  - ค. 2800 ลิตร
  - ง. 3200 ลิตร
2. ถังเหล็กบรรจุก๊าซอาร์กอน วัดความดันได้ 1 atm ที่  $0^{\circ}\text{C}$  ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น  $500^{\circ}\text{C}$  เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนถึงเหล็กจะไม่มี การเปลี่ยนแปลงปริมาตร ความดันจะเป็นกี่ atm
  - ก. 2.83 atm
  - ข. 3.57 atm
  - ค. 4.22 atm
  - ง. 5.71 atm
3. ก๊าซไนโตรเจน  $0^{\circ}\text{C}$  ความดัน 1 atm มีปริมาตร 2.5 ลิตร หลังจากเปลี่ยนภาชนะเป็น 2 ลิตร ปรับความดันเป็น 1.5 atm อุณหภูมิของก๊าซ เป็นกี่เคลวิน
  - ก. 54.6 เคลวิน
  - ข. 273.0 เคลวิน
  - ค. 327.6 เคลวิน
  - ง. 511.8 เคลวิน
4. ลูกโป่งใบหนึ่งบรรจุก๊าซไฮโดรเจน จำนวน 5.6 ลิตร ที่ STP ปริมาตรสูงสุดที่ทำให้ลูกโป่งแตกพอดี เท่ากับ 6.4 ลิตร ความดันอากาศขณะนั้น 1 atm จะต้องนำลูกโป่งไปวางไว้กลางแจ้งแดดจนมีอุณหภูมิที่องศาเซนเซียส ลูกโป่งจึงจะแตกพอดี
  - ก.  $39^{\circ}\text{C}$
  - ข.  $72^{\circ}\text{C}$
  - ค.  $273^{\circ}\text{C}$
  - ง.  $312^{\circ}\text{C}$
5. ก๊าซอาร์กอนปริมาตร 500 มิลลิลิตร ถูกทำให้ร้อนขึ้น จากอุณหภูมิ  $42^{\circ}\text{C}$  เป็น  $87^{\circ}\text{C}$  ปริมาตรขยายเป็น 600 มิลลิลิตร ความดัน 800 มิลลิเมตรของปรอท ความดันของก๊าซอาร์กอน ก่อนที่จะทำให้ร้อนขึ้นมีค่าเท่าไร
  - ก. 760 มิลลิเมตรของปรอท
  - ข. 840 มิลลิเมตรของปรอท
  - ค. 880 มิลลิเมตรของปรอท
  - ง. 920 มิลลิเมตรของปรอท

6. ก๊าซคลอรีน 1 ลิตร ที่อุณหภูมิ  $27^{\circ}\text{C}$  ความดัน 350 มิลลิเมตรของปรอท ทำปฏิกิริยาพอดีกับ  
ก๊าซไฮโดรเจน อุณหภูมิ  $15^{\circ}\text{C}$  ความดัน 700 มิลลิเมตรของปรอท ต้องใช้ก๊าซไฮโดรเจนกี่ลิตร

- ก. 0.36 ลิตร
- ข. 0.48 ลิตร
- ค. 0.72 ลิตร
- ง. 1.00 ลิตร

7. บรรจุก๊าซออกซิเจน 10 ลิตร ความดัน 50 atm ที่อุณหภูมิ  $27^{\circ}\text{C}$  ลงในถังเหล็กที่ไม่มีการขยาย  
ตัวขนาด 10 ลิตร ทนความดันได้ 70 atm แล้วทิ้งไว้ในโกดังเก็บของซึ่งมีอุณหภูมิ  $57^{\circ}\text{C}$   
ความดันในถังจะเกิดการเปลี่ยนแปลงและให้ผลอย่างไร

- ก. ความดันเป็น 55 atm ถังไม่ระเบิด
- ข. ความดันเป็น 55 atm ถังเกิดการระเบิด
- ค. ความดันเป็น 75 atm ถังไม่ระเบิด
- ง. ความดันเป็น 75 atm ถังเกิดการระเบิด

ข้อมูลต่อไปนี้จะตอบคำถามข้อ 8 - 10

“ก๊าซออกซิเจนมีปริมาตร  $200\text{ cm}^3$  ที่อุณหภูมิ  $27^{\circ}\text{C}$  ความดัน  $1.5\text{ atm}$ ”

8. ที่อุณหภูมิ  $0^{\circ}\text{C}$  ความดัน 2 atm ปริมาตรของก๊าซออกซิเจนจะเป็นเท่าใด

- ก.  $105.2\text{ cm}^3$
- ข.  $136.5\text{ cm}^3$
- ค.  $165.3\text{ cm}^3$
- ง.  $245.7\text{ cm}^3$

9. ถ้าถ่ายก๊าซลงในถังขนาด  $150\text{ cm}^3$  อุณหภูมิ  $15^{\circ}\text{C}$  ความดันของก๊าซ จะเป็นเท่าใด

- ก. 1.62 atm
- ข. 1.72 atm
- ค. 1.82 atm
- ง. 1.92 atm

10. ถ้าถ่ายก๊าซลงถังที่มีปริมาตร  $300\text{ cm}^3$  ความดัน 1.05 atm อุณหภูมิของก๊าซจะเป็นเท่าใด

- ก.  $27^{\circ}\text{C}$
- ข.  $37^{\circ}\text{C}$
- ค.  $42^{\circ}\text{C}$
- ง.  $52^{\circ}\text{C}$

**แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์วิชาเคมี เรื่องสมบัติของก๊าซ**  
**ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**

**ฉบับที่ 4 กฎก๊าซสมบูรณ์แบบ**

**คำชี้แจง**

1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ วิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ชนิดปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ ใช้เวลาทดสอบ 25 นาที
2. ให้พิจารณาคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย "X" ลงในกระดาษคำตอบที่แจกให้

ตัวอย่าง

ข้อ ก ข ค ง

(0) 

|  |  |   |  |
|--|--|---|--|
|  |  | X |  |
|--|--|---|--|

3. ในกรณีที่ต้องการเปลี่ยนคำตอบ ให้ทำเครื่องหมาย "=" ในช่องตัวเลือกเดิม แล้วทำเครื่องหมาย "X" ลงในช่องตัวเลือกใหม่ต่อไป

ตัวอย่าง

ข้อ ก ข ค ง

(0) 

|   |  |   |  |
|---|--|---|--|
| X |  | = |  |
|---|--|---|--|

4. ถ้ามีข้อสงสัยให้ยกมือถามจากกรรมการผู้ควบคุมห้องสอบ ก่อนที่จะเริ่มลงมือทำแบบทดสอบ
5. อย่าขีดเขียนหรือทำเครื่องหมายใดๆ ในแบบทดสอบ
6. ขอให้นักเรียนทำแบบทดสอบด้วยความตั้งใจและเต็มความสามารถของนักเรียน และส่งคืนแบบทดสอบพร้อมด้วยกระดาษคำตอบ ให้แก่กรรมการผู้ควบคุมห้องสอบ เมื่อทำเสร็จและหมดเวลาสอบ

## คำชี้แจง

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 1-10

$$R = 0.082$$

กำหนดมวลอะตอมของธาตุดังนี้

|         |         |        |         |           |
|---------|---------|--------|---------|-----------|
| H = 1   | He = 4  | C = 12 | N = 14  | O = 16    |
| F = 19  | Ar = 20 | S = 32 | Ne = 40 | Cl = 35.5 |
| Br = 80 |         |        |         |           |

1. ก๊าซไนโตรเจน ( $N_2$ ) 2 โมล ที่อุณหภูมิ  $27^\circ C$  บรรจุอยู่ในถังขนาด 10 ลิตร ความดันภายในถังจะมีค่ากี่บรรยากาศ

- ก. 0.81 บรรยากาศ
- ข. 1.23 บรรยากาศ
- ค. 2.94 บรรยากาศ
- ง. 4.92 บรรยากาศ

2. ก๊าซคลอรีน ( $Cl_2$ ) 0.2 โมล ที่ 380 มิลลิเมตรของปรอท อุณหภูมิ  $27^\circ C$  จะมีปริมาตรเป็นกี่ลิตร

- ก. 4.48 ลิตร
- ข. 6.92 ลิตร
- ค. 9.84 ลิตร
- ง. 11.20 ลิตร

3. ก๊าซอาร์กอนมีปริมาตร  $24.6 \text{ dm}^3$  ที่อุณหภูมิ  $27^\circ C$  ความดัน 760 มิลลิเมตรของปรอท จะมีจำนวนกี่โมล

- ก. 0.1 โมล
- ข. 0.5 โมล
- ค. 0.8 โมล
- ง. 1.0 โมล

4. ก๊าซหุงต้ม 2 โมล บรรจุภายในภาชนะขนาด 10 ลิตร ถ้าความดันของก๊าซหุงต้มที่กระทำต่อผนังภาชนะเป็น 4.1 บรรยากาศ ก๊าซหุงต้มควรจะมีอุณหภูมิเท่าใด

- ก.  $-23^\circ C$
- ข.  $-123^\circ C$
- ค.  $-173^\circ C$
- ง.  $-250^\circ C$

5. ก๊าซมีเทน( $\text{CH}_4$ ) 1 กรัม ในภาชนะ 1 ลิตร ที่  $127^\circ\text{C}$  ความดันของก๊าซภายในภาชนะเป็นเท่าไร

- ก. 0.06 atm
- ข. 0.65 atm
- ค. 1.02 atm
- ง. 2.05 atm

6. ก๊าซ A มีปริมาตร  $5\text{ dm}^3$  มีมวล 10 กรัม ภายใต้ความดัน 1 บรรยากาศ และอุณหภูมิ  $27^\circ\text{C}$   
ก๊าซ A มีมวลโมเลกุลเท่าใด

- ก. 12.3
- ข. 24.6
- ค. 32.0
- ง. 49.2

7. ก๊าซไนโตรเจนจำนวน 5 โมล บรรจุภายในภาชนะขนาด 20 ลิตร ที่อุณหภูมิ 200 เคลวิน  
ความดันของก๊าซภายในภาชนะจะมีค่าเท่าใด

- ก. 1.6 บรรยากาศ
- ข. 3.2 บรรยากาศ
- ค. 4.1 บรรยากาศ
- ง. 8.2 บรรยากาศ

8. ก๊าซไฮโดรเจนจำนวน  $6.02 \times 10^{23}$  โมเลกุล อุณหภูมิ 300 เคลวิน ความดัน 1.2 บรรยากาศ  
ปริมาตรของภาชนะที่บรรจุมีค่าเท่าใด

- ก. 20.5 ลิตร
- ข. 41.0 ลิตร
- ค. 61.5 ลิตร
- ง. 82.0 ลิตร

9. ก๊าซ A มีมวลโมเลกุล 82 A อุณหภูมิ 200 เคลวิน ความดัน 1 บรรยากาศ ความหนาแน่น  
ของก๊าซ A มีค่าเท่าใด

- ก. 0.5 กรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร
- ข. 1.0 กรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร
- ค. 2.5 กรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร
- ง. 5.0 กรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

10. ก๊าซ M ที่อุณหภูมิ 300 เคลวิน ความดัน 1 atm มีความหนาแน่นเป็น 1.5 กรัมต่อลูกบาศก์  
เดซิเมตร ก๊าซนี้มีมวลโมเลกุลเท่าใด

- ก. 29.52
- ข. 36.9
- ค. 46.8
- ง. 58.2

**แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์วิชาเคมี เรื่องสมบัติของก๊าซ**  
**ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**

**ฉบับที่ 5 กฎการแพร่**

**คำชี้แจง**

1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ วิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ชนิดปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ ใช้เวลาทดสอบ 25 นาที
2. ให้พิจารณาคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย "X" ลงในกระดาษคำตอบที่แจกให้

ตัวอย่าง

ข้อ ก ข ค ง

(0) 

|  |  |   |  |
|--|--|---|--|
|  |  | X |  |
|--|--|---|--|

3. ในกรณีที่ต้องการเปลี่ยนคำตอบ ให้ทำเครื่องหมาย "=" ในช่องตัวเลือกเดิม แล้วทำเครื่องหมาย "X" ลงในช่องตัวเลือกใหม่ต่อไป

ตัวอย่าง

ข้อ ก ข ค ง

(0) 

|   |  |   |  |
|---|--|---|--|
| X |  | = |  |
|---|--|---|--|

4. ถ้ามีข้อสงสัยให้ยกมือถามจากกรรมการผู้ควบคุมห้องสอบ ก่อนที่จะเริ่มลงมือทำแบบทดสอบ
5. อย่าขีดเขียนหรือทำเครื่องหมายใดๆ ในแบบทดสอบ
6. ขอให้นักเรียนทำแบบทดสอบด้วยความตั้งใจและเต็มความสามารถของนักเรียน และส่งคืนแบบทดสอบพร้อมด้วยกระดาษคำตอบ ให้แก่กรรมการผู้ควบคุมห้องสอบ เมื่อทำเสร็จและหมดเวลาสอบ

คำชี้แจง ให้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 1-10

กำหนดมวลอะตอมของธาตุดังนี้

|        |         |        |         |           |
|--------|---------|--------|---------|-----------|
| H = 1  | He = 4  | C = 12 | N = 14  | O = 16    |
| F = 19 | Ar = 20 | S = 32 | Ne = 40 | Cl = 35.5 |

- ก๊าซไฮโดรเจน ( $H_2$ ) จะมีอัตราการแพร่เร็วกว่าไอน้ำ ( $H_2O$ ) กี่เท่า
  - 0.3
  - 3.0
  - 9.0
  - 18.0
- ก๊าซฮีเลียม(He) มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 4 เคลื่อนที่ได้ระยะทาง 20 cm ในเวลา 1 วินาที  
ก๊าซมีเทน( $CH_4$ ) มวลโมเลกุลเท่ากับ 16 ในเวลา 1 วินาที จะเคลื่อนที่ได้ระยะทางเท่าใด
  - 2 cm
  - 5 cm
  - 10 cm
  - 20 cm
- ก๊าซ M มวลโมเลกุลเท่ากับ 9 ก๊าซ N มวลโมเลกุล 225 ก๊าซ M มีอัตราการแพร่เป็นกี่เท่าของก๊าซ N
  - 5 เท่า
  - 15 เท่า
  - 25 เท่า
  - 45 เท่า
- ก๊าซมีเทน( $CH_4$ ) มีอัตราการแพร่ 10 เซนติเมตรต่อวินาที อัตราการแพร่ของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ( $SO_2$ ) เป็นเท่าใด
  - 5 เซนติเมตรต่อวินาที
  - 10 เซนติเมตรต่อวินาที
  - 20 เซนติเมตรต่อวินาที
  - 25 เซนติเมตรต่อวินาที
- ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ( $SO_2$ ) แพร่ผ่านหลอดแก้วยาว 80 เซนติเมตร ใช้เวลา 20 วินาที  
ก๊าซฮีเลียม(He) แพร่ผ่านหลอดแก้วนี้ ภายใต้ภาวะเดียวกัน ใช้เวลากี่วินาที
  - 5 วินาที
  - 8 วินาที
  - 16 วินาที
  - 20 วินาที

6. ก๊าซ X มีมวลโมเลกุล 81 เคลื่อนที่ในหลอดแก้วได้ระยะทาง 15 เซนติเมตร ในเวลา 1 วินาที  
ก๊าซ Y มีมวลโมเลกุล 25 จะเคลื่อนที่ได้ระยะทางเท่าใด

- ก. 15 เซนติเมตร
- ข. 27 เซนติเมตร
- ค. 36 เซนติเมตร
- ง. 45 เซนติเมตร

7. ก๊าซ A แพร่ได้  $12 \text{ cm}^3$  ในเวลา 2 วินาที ในขณะที่ B มีมวลโมเลกุล 36 แพร่ได้  $40 \text{ cm}^3$   
ในเวลา 4 วินาที จงคำนวณหามวลโมเลกุลของก๊าซ A

- ก. 49
- ข. 64
- ค. 81
- ง. 100

8. ก๊าซ A มีอัตราการแพร่เป็น 0.5 เท่าของก๊าซ B ถ้าก๊าซ A มีความหนาแน่น 0.49 กรัมต่อ  
ลูกบาศก์เซนติเมตร ก๊าซ B มีความหนาแน่นเท่าไร

- ก. 0.0250 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
- ข. 0.1225 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
- ค. 0.3500 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
- ง. 0.5725 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

9. ถ้าจะทำการทดลองให้เห็นว่า ก๊าซ X แพร่ได้เร็วกว่าก๊าซ Y 4 เท่า มวลโมเลกุลของก๊าซ Y  
มากกว่าก๊าซ X กี่เท่า

- ก. 2 เท่า
- ข. 4 เท่า
- ค. 8 เท่า
- ง. 16 เท่า

10. ก๊าซไฮโดรเจน ( $\text{H}_2$ ) ความหนาแน่น 0.05 กรัมต่อลิตร แพร่กระจายหมดในเวลา 1 นาที  
ไอน้ำ ( $\text{H}_2\text{O}$ ) ซึ่งมี ความหนาแน่น 0.45 กรัมต่อลิตร แพร่กระจายภายใต้ภาวะเดียวกัน  
ใช้เวลาเท่าใด

- ก. 0.3 นาที
- ข. 1.0 นาที
- ค. 3.0 นาที
- ง. 9.0 นาที

## ประวัติย่อผู้วิจัย

|                              |                                                                               |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| ชื่อ ชื่อสกุล                | นางสาวชุลีพร แจ่มถนนอม                                                        |
| วันเดือนปีเกิด               | 14 มีนาคม 2507                                                                |
| สถานที่เกิด                  | อำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร                                              |
| สถานที่อยู่ปัจจุบัน          | 57 หมู่ 2 ตำบลอ้อมน้อย อำเภอกระทุ่มแบน<br>จังหวัดสมุทรสาคร 74130              |
| ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน | อาจารย์.2 ระดับ 6                                                             |
| สถานที่ทำงานปัจจุบัน         | โรงเรียน ภ.ป.ร.ราชวิทยาลัย ในพระบรมราชูปถัมภ์<br>อำเภอสามปราชญ์ จังหวัดนครปฐม |
| ประวัติการศึกษา              |                                                                               |
| พ.ศ. 2520                    | ป.7 โรงเรียนศึกษาสมบูรณอนุสรณ์ กรุงเทพมหานคร                                  |
| พ.ศ. 2525                    | ม.ศ.5 โรงเรียนมัธยมวัดหนองแขม กรุงเทพมหานคร                                   |
| พ.ศ. 2529                    | กศ.บ. (วิทยาศาสตร์เคมี)<br>มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร              |
| พ.ศ. 2542                    | กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา)<br>มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ                        |

การสร้างแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี เรื่องสมบัติของก๊าซ  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

บทคัดย่อ

ของ

ชวลีพร แจ่มถนอม

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกการวัดผลการศึกษา

เมษายน 2542

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดโจทย์คำนวณเคมี เรื่องสมบัติของก๊าซ ที่มีคุณภาพ จำนวน 5 ฉบับย่อย คือ กฎของบอยล์ กฎของชาร์ล กฎรวมก๊าซ กฎก๊าซสมบูรณ์แบบ และกฎการแพร่

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียน ภ.ป.ร.ราชวิทยาลัย ในพระบรมราชูปถัมภ์ อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม ปีการศึกษา 2541 กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 5 กลุ่ม คือ จำนวน 20 คน, 30 คน, 25 คน, 26 คน และ 48 คน ซึ่งได้มาจากนักเรียนที่ไม่ผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

ผลการศึกษา พบว่าแบบทดสอบย่อยทั้ง 5 ฉบับ มีค่าความยากของข้อสอบตั้งแต่ 0.60-0.92 ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบตั้งแต่ 0.14 - 0.80 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแต่ละฉบับ ซึ่งคำนวณโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา มีค่าเรียงลำดับดังนี้ 0.74, 0.87, 0.83, 0.87, 0.92 ประสิทธิภาพของแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 อยู่ 4 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1, 2, 3, และ 4 คือ 83.47/82.50 , 84.67/86.00 , 88.46/88.80 , 80.66/92.31 ตามลำดับ ส่วนฉบับที่ 5 ประสิทธิภาพต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 คือ 85.99/78.96 เมื่อนำแบบทดสอบทั้ง 5 ฉบับไปทดลองฝึกกับกลุ่มตัวอย่าง แล้วได้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังฝึกสูงกว่าก่อนฝึก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05