

การสร้างชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ปริญญานิพนธ์
ของ
พรวดี มโนพญา

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา
มกราคม 2545
ลิขสิทธิ์เป็นของ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การสร้างชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติ และทฤษฎีจลน์ของก๊าซ
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

๒๕๐๔.๔๕.๐๔๕

บทคัดย่อ
ของ
พรวิทย์ มโนพญา

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา
มกราคม 2545

160046

๒๕๐๔.๔๕.๐๔๕

พรวดี มโนพญา. (2545). การสร้างชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติ และทฤษฎีจลน์ของก๊าซ สำหรับ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ :
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม:
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สวัสดิ์ ทรัพย์บุญ, อาจารย์ ดร.สมปราชญ์ วงศ์บุญหนัก.

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมาย สร้างชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ
ศึกษาประสิทธิภาพของชุดทดลอง ให้ได้ตรงตามกฎและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ ประเมินคุณภาพชุด
ทดลองและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองในการเรียนการสอน

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์
โรงเรียนวัดรางบัว จังหวัดกรุงเทพ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2543 ที่ได้จากการสุ่มแบบจัดกลุ่ม
จำนวน 40 คน ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ ประกอบด้วยชุดทดลองเพื่อ
ศึกษาสมบัติของก๊าซในเรื่อง กฎของบอยล์ กฎของชาร์ล กฎรวมของก๊าซ และชุดทดลองเพื่อศึกษา
ทฤษฎีจลน์ของก๊าซ การทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองตรวจสอบจากผลการทดลองได้ตรงตาม
กฎหรือทฤษฎีจลน์ของก๊าซ การหาคุณภาพของชุดทดลองโดยการประเมินของผู้เชี่ยวชาญด้านการ
สอนเคมี ฟิสิกส์ และการประเมินประสิทธิภาพของชุดทดลองในการเรียนการสอน ใช้เวลาในการสอน
12 คาบ คาบละ 50 นาที และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สูตรการหาประสิทธิภาพในการเรียนการสอน ตาม
เกณฑ์ 80/80 สูตร E_1/E_2

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ มีประสิทธิภาพตรงตามสมบัติและ
ทฤษฎีจลน์ของก๊าซ
2. ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซมีคุณภาพในระดับ ดี ตามเกณฑ์ที่
กำหนด
3. ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

A BUILDING EXPERIMENTAL MODEL TO STUDY GAS PROPERTIES AND
KINETIC THEORY OF GAS AT MATHAYOMSUKSA IV

AN ABSTRACT
BY
PORNWADEE MANOPHAYA

Presented in partial fulfillment of the requirements
for the Master of Education degree in Science Education
at Srinakharinwirot University
January 2002

Pornwadee Manophaya. (2002). *A Building Experimental Model to Study Gas Properties and Kinetic Theory of Gas at Mathayom Suksa IV*. Master thesis , M.Ed.(Science Education). Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Assist.Prof Sawat Supboon, Dr.Sompatana Wongbunnuk.

The purpose of this research was to build experimental models to study gas properties and kinetic theory of gas ; then study the efficiency and quality of the experimental models and find the efficient learning of student.

The subject of this study was 40 Mathayom Suksa IV students of Wat Rangbua school Bangkok during the second semester of 2000 academic year. The equipment consisted of two experimental models; one to study gas properties about Boyes's law ,Charl' s law and Combined gas law , and the other to study kinetic theory of gas. Testing the efficiency of experimental models check from the result of experiment to encourage the law and theory of gas. To assess the quality of experimental models , this can be checked by the specialists of teaching chemistry and physics, also by the efficiency of experimental models from teaching and learning for 12 fifty minute periods. The E_1/E_2 fomulary and standard of 80/80 for the data analysis.

The results of the research indicate that :

1. The experimental models to study gas properties and kinetic theory of gas had efficiency to encourage the law and theory of gas.
2. The experimental models to study gas properties and kinetic theory of gas had a good quility due to level criteria.
3. The experimental models to study gas properties and kinetic theory of gas possessed the efficiency of 80/80 criteria.

ปริญญานิพนธ์

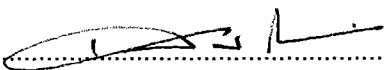
เรื่อง

การสร้างชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ของ

นางพรวดี มโนพญา

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

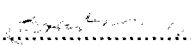
(ศาสตราจารย์ ดร. เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

วันที่ ๑๖ เดือน มกราคม พ.ศ. 2545

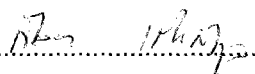
คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

..... ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สวัสดิ์ ทรัพย์บุญ)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก)

..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กัลยา เล็กสกุล)

..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(อาจารย์ ดร. สนอง ทองปาน)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือและการให้คำปรึกษาแนะแนวทางในการทำวิจัยจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์สวัสดิ์ ทรัพย์บุญญ ประธานกรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ อาจารย์ ดร.สมปราวธนา วงศ์บุญหนัก กรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะแนวทางในการทำวิจัย ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.ประมวล ศิริพันธ์แก้ว อาจารย์อุทิศ สายสิงห์ อาจารย์เสวต ภูภากรณ์ อาจารย์พรพิมล สีลาศิริคุณ อาจารย์ประภัสร์ แจ่มจำรัส ดร.วิชาญ เลิศลพ อาจารย์อรุณี คุณสมบัติ อาจารย์บังอร เลิศบำรุงชัย ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้อำนวยการ คณะอาจารย์หมวดวิชาวิทยาศาสตร์โรงเรียนวัดรางบัว ที่ให้ความร่วมมือในการทดลอง รวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้และขอขอบใจนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ และเพื่อนนิสิตปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา ที่คอยช่วยเหลือ ให้คำแนะนำและเป็นกำลังใจในการทำปริญญานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ครอบครัวทุกสวัสดิ์ อาจารย์สมประสงค์ รุ่งเรือง ที่เป็นกำลังใจ และขอเสนอแนะในการวิจัย อีกทั้งให้สถานที่และเครื่องมือในการจัดสร้างเครื่องมือการวิจัย คุณค่าและประโยชน์ของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่บิดา มารดา ครู อาจารย์ทุกท่านที่ได้วางรากฐานทางการศึกษาให้แก่ผู้วิจัย

พรวดี มโนพญา

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายของการวิจัย	4
	ความสำคัญของการวิจัย	5
	ขอบเขตของการวิจัย	5
	นิยามศัพท์เฉพาะ	6
2	เอกสารงานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
	เอกสารที่เกี่ยวข้องกับจุดประสงค์และเนื้อหาในหลักสูตรเรื่องสมบัติและทฤษฎี	
	จลน์ของก๊าซ	9
	เอกสารที่เกี่ยวข้องกับความรู้เรื่องสมบัติของและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ	10
	เอกสารที่เกี่ยวข้องกับสื่อการสอน	32
	เอกสารที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์.....	42
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	51
	สมมติฐานการวิจัย.....	52
3	วิธีการดำเนินการศึกษาค้นคว้า.....	53
	การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	53
	การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	53
	การประเมินคุณภาพชุดทดลอง.....	79
	การหาประสิทธิภาพชุดทดลอง.....	80
	การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	82
	การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล.....	83
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	87
5	สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	114
	ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	114
	วิธีการดำเนินการวิจัย.....	114
	สรุปผลการศึกษาค้นคว้า.....	115
	อภิปรายผล.....	116
	ข้อเสนอแนะ.....	121
	บรรณานุกรม.....	122

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ภาคผนวก.....	127
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	271

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรกับอุณหภูมิของสาร	17
2	กิจกรรมการเรียนรู้การสอนเรื่องสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ	77
3	การแบ่งช่วงเวลาในการเรียนการสอน.....	81
4	แสดงผลการทดสอบ ประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซเรื่อง กฎของบอยล์ ครั้งที่ 1	87
5	แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซเรื่องกฎ ของบอยล์ ครั้งที่ 2.....	89
6	แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซเรื่องกฎ ของบอยล์ ครั้งที่ 3.....	91
7	แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซเรื่องกฎ ของชาร์ล 3 ครั้ง	93
8	แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซเรื่องกฎ รวมของก๊าซ.....	96
9	แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองทฤษฎีจลน์ของก๊าซเมื่อใช้ลูกกลม โลหะขนาดต่างๆ กัน ขนาดละ 300 ลูก.....	97
10	แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลอง ทฤษฎีจลน์ของก๊าซเมื่อใช้ลูกกลม โลหะขนาดกลางจำนวนต่างกัน.....	98
11	แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองทฤษฎีจลน์ของก๊าซ	99
12	แสดงผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ	101
13	แสดงผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองเพื่อศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซ	103
14	แสดงผลการประเมินคู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ.....	105
15	แสดงผลการตอบแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนจากการทดลองใช้ชุด ทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ	108
16	แสดงผลการทำแบบฝึกหัดท้ายบทปฏิบัติการของนักเรียนจากการทดลองใช้ชุด ทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ (กลุ่มเล็ก).....	110
17	แสดงคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งกลุ่มที่ทำบทปฏิบัติการ.....	111
18	แสดงผลการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	111
19	แสดงผลการประเมินความคิดเห็นต่อชุดการทดลองของนักเรียน.....	112
20	ค่าความยากง่าย(P)ค่าอำนาจจำแนก(r)และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผล สัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ จำนวน 30 ข้อ.....	136

บัญชีตาราง(ต่อ)

ตาราง		หน้า
21	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องสมบัติและทฤษฎีจลน์ของ ก๊าซของกลุ่มทดลอง	137
22	ประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซในการเรียน การสอน.....	138
23	แสดงผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ	141
24	แสดงผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองเพื่อศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซ	143
25	แสดงผลการประเมินคู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ	145
26	แสดงความคิดเห็นของนักเรียนที่ทดลองใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ จำนวน 4 คน.....	147
27	แสดงความคิดเห็นของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ทดลองใช้ ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติ ของก๊าซ.....	149
28	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมเรื่องสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ	152
29	การวิเคราะห์พฤติกรรมที่พึงประสงค์วิชาเคมี ว 031 เรื่องสมบัติและทฤษฎีจลน์ของ ก๊าซ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	154
30	แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การทดลองศึกษาสมบัติ และทฤษฎีจลน์ของก๊าซ.....	171

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 บาโรมิเตอร์ปรอท.....	12
2 มาโนมิเตอร์.....	13
3 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับปริมาตรตามกฎของบอยล์.....	15
4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับปริมาตรของก๊าซในอุดมคติที่อุณหภูมิคงที่.....	16
5 กราฟของก๊าซในอุดมคติ.....	16
6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรกับอุณหภูมิเซลเซียส.....	19
7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรกับอุณหภูมิเคลวิน.....	20
8 โมเลกุลก๊าซชนผนังหีบในแนว X.....	23
9 การแจกแจงความเร็วของโมเลกุลตาม Maxwell - Boltzmann.....	28
10 แสดงการแจกแจงความเร็วของโมเลกุลที่อุณหภูมิ T_1 และ T_2	29
11 แสดงแบบชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ.....	56
12 แสดงชิ้นส่วนที่ 1 ก้านสูบพร้อมที่จับ.....	58
13 แสดงแบบชิ้นส่วนที่ 2 ฝากระบอกสูบ.....	58
14 แสดงชิ้นส่วนที่ 3 ลูกสูบ.....	59
15 แสดงแบบชิ้นส่วนที่ 4 กระบอกสูบส่วนที่เป็นพลาสติก.....	59
16 แสดงแบบชิ้นส่วนที่ 5 แหวนยึดระหว่างกระบอกสูบส่วนที่เป็นพลาสติกกับโลหะอลูมิเนียม.....	60
17 แสดงแบบชิ้นส่วนที่ 6 กระบอกสูบส่วนที่เป็นโลหะอลูมิเนียม.....	60
18 แสดงแบบชิ้นส่วนที่ 7 อาน้ำกระป๋องนมพร้อมขาตั้ง.....	61
19 แสดงอุปกรณ์ในการสร้างชุดทดลองศึกษาสมบัติของก๊าซ.....	62
20 แสดงการประกอบก้านลูกสูบ ฝากระบอกสูบ ลูกสูบ.....	63
21 แสดงการประกอบเครื่องวัดความดันเทอร์มอมิเตอร์ กระบอกสูบ.....	63
22 แสดงการประกอบชุดลูกสูบ ชุดกระบอกสูบ และชุดอาน้ำกระป๋องนม.....	64
23 แสดงชุดทดลองศึกษาสมบัติของก๊าซ.....	65
24 แสดงแบบชุดศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซ.....	66
25 แสดงชิ้นส่วนที่ 3 ฝากระบอกสูบ.....	68
26 แสดงแบบชิ้นส่วนที่ 4 กระบอกสูบ.....	68
27 แสดงแบบอลูมิเนียมทรงกระบอกกลางที่กรุด้านในตอนบน.....	69
28 แสดงแบบชิ้นส่วนที่ 14 ขั้วเสื่อ.....	69
29 แสดงแบบชิ้นส่วนที่ 15 ขั้วเหียง.....	69
30 แสดงแบบชิ้นส่วนที่ 16 ก้านลูกสูบ.....	70
31 แสดงแบบชิ้นส่วนที่ 9 ลูกสูบคู่.....	70

บัญชีภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
32 แสดงแบบชิ้นส่วนที่ 10 ฐานสำหรับติดตั้งอุปกรณ์.....	71
33 แสดงอุปกรณ์ในการสร้างชุดทดลองศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซ.....	72
34 แสดงการประกอบชุดเทอร์มอมิเตอร์เข้ากับชุดฝากระบอกสูบ	73
35 แสดงการประกอบส่วนฝา และตัวกระบอกสูบ	74
36 แสดงการประกอบก้านสูบ และลูกสูบ	74
37 แสดงการประกอบฐานติดตั้งหม้อแปลงกระบอกสูบและมอเตอร์	75
38 แสดงชุดทดลองเพื่อศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซ.....	76
39 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดัน (P) กับส่วนกลับของปริมาตร จากการทดสอบ ประสิทธิภาพ ครั้งที่ 1	88
40 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดัน (P) กับส่วนกลับของปริมาตร จากการทดสอบ ประสิทธิภาพครั้งที่ 2.....	90
41 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดัน (P) กับส่วนกลับของปริมาตร จากการทดสอบ ประสิทธิภาพ ครั้งที่ 3	92
42 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร (V) และอุณหภูมิ (t).....	94

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงทั้งด้านเศรษฐกิจและสังคมอย่างรวดเร็วตามกระแสโลกาภิวัตน์ อันเป็นผลเนื่องมาจากความเจริญด้านการสื่อสาร โทรคมนาคมและเทคโนโลยีสารสนเทศสมัยใหม่ จึงส่งผลกระทบต่อโครงสร้างของสังคมและวัฒนธรรมหรือวิถีชีวิตของสังคมไทย การพัฒนาการศึกษาจึงจำเป็นต้องเตรียมคนให้พร้อม สามารถดำรงชีวิตอยู่ในสังคมในอนาคตได้อย่างเป็นสุข ตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 8 (พ.ศ.2540-2544) ซึ่งเน้นการพัฒนาคน ให้มีความรู้ความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยกำหนดคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของปวงชนชาวไทย ในอนาคตทางด้านสติปัญญาคือเป็นคนคิดกว้าง คิดไกล ใฝ่เรียน ใฝ่รู้ สามารถค้นหาคำตอบด้วยตนเอง มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ รักการประดิษฐ์คิดค้น รู้เท่าทันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสามารถปรับตัวให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ แต่ในช่วงที่ผ่านมาประเทศไทยต้องอาศัยพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างประเทศ ยังไม่สามารถพัฒนาเทคโนโลยีขั้นสูงขึ้นเองได้ ยังไม่สามารถรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากต่างประเทศ และยังไม่สามารถใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีได้อย่างคุ้มค่า รวมทั้งขาดความตระหนักถึงโทษของการใช้เทคโนโลยีโดยขาดความระมัดระวัง (กระทรวงศึกษาธิการ. 2541 : 113-14) จากปัญหาดังกล่าวปัจจัยที่จะช่วยได้คือต้องเร่งผลิตและพัฒนากำลังคน ให้มีคุณภาพด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พัฒนาประชากรให้ฝึกฝนในการแสวงหาวิทยาการใหม่ ๆ และมีใจรักวิทยาศาสตร์เป็นประการแรกก่อน ตลอดจนปลูกฝังให้เห็นคุณค่าเห็นความสำคัญของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ว่าเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาประเทศ

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น การพัฒนากำลังคนให้ได้ผลตรงตามความมุ่งหมายของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 8 ประเด็นสำคัญของการดำเนินการคือการศึกษา ดังนั้น เพื่อให้การจัดการศึกษามีคุณภาพและประสิทธิภาพ สามารถพัฒนานักเรียนให้มีความรู้ ทักษะ ความสามารถเพียงพอต่อการศึกษาและประกอบอาชีพ มีคุณธรรม จริยธรรมและเป็นไปตามลักษณะที่พึงประสงค์ของกรมสามัญศึกษาคือ มีสุขภาพที่แข็งแรง สมบูรณ์และสามารถดำรงวิถีชีวิตไทยอยู่ในสังคมโลกอย่างมีความสุข และกรมสามัญศึกษายังได้เน้นคุณลักษณะทางปัญญาที่สำคัญของนักเรียนคือนักเรียนต้องมีความรู้และทักษะพื้นฐานเพียงพอ คิดเป็นระบบ ใฝ่เรียน และแสวงหาความรู้ได้ด้วยตนเอง มีทักษะการจัดการ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2542 : 32) โดยกำหนดให้โรงเรียน มีมาตรการในการพัฒนาสื่อ อุปกรณ์และห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ให้เพียงพอเหมาะสมทันสมัยและเป็นไปอย่างประหยัด ในด้านการพัฒนากระบวนการเรียนการสอนให้สนับสนุนและส่งเสริมการจัดประสบการณ์การเรียนรู้โดยเน้นทักษะกระบวนการด้วยการปฏิบัติจริงและผลงานจากกระบวนการคิดวิเคราะห์สร้างสรรค์ แก้ปัญหา การจัดการ ได้เรียนและทำงานเป็นกลุ่ม สามารถแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง (สสวท. 2542 : 34-35) นอกจากนี้จุดมุ่งหมายที่สำคัญอย่างหนึ่งในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน คือมุ่งให้นักเรียนมีกระบวนการการศึกษาหาความรู้ มีความรู้ความเข้าใจ ในแนวคิดหลัก หลักการ ทฤษฎี และสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นกิจกรรมการ

เรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น จะต้องมุ่งเน้นให้ผู้เรียนเดินไปในทิศทางที่จะถึงจุดมุ่งหมายของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 8 แต่สภาพการเรียนการสอนปัจจุบันยังเน้นการถ่ายทอดเนื้อหา และการฝึกทำโจทย์โดยไม่ได้สร้างความเข้าใจในแนวความคิดหลัก ส่วนมากมุ่งเน้นให้นักเรียนทำข้อสอบได้ และสอบเข้ามหาวิทยาลัยได้ (สสวท. 2542 : 10) ซึ่งสอดคล้องกับ ธงชัย ชิว-ปรีชา (2541 : 30) กล่าวว่า ปัญหาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่พบกันมากในปัจจุบัน คือการสอนที่เน้นการท่องจำ มากกว่าการสอนเพื่อเพิ่มและพัฒนาปัญญา หรือพัฒนากระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ปัญหานี้เป็น ปัญหาที่สะสมต่อเนื่องกันมานานจึงจำเป็นต้องได้รับการแก้ไขโดยรีบด่วน มิฉะนั้นแล้ว คุณภาพของ บุคลากรที่เราผลิตขึ้นก็จะเป็นบุคลากรผู้บริโภคมากกว่าเป็นผู้ผลิต

จากการประเมินคุณภาพของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตามจุดหมายของหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลายพุทธศักราช 2524(ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2533)ปีการศึกษา 2533 ด้านความรู้-ความคิด ในความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ ของสำนักงานทดสอบทางการศึกษา (2533 : 275 - 277) พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถด้านวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับปานกลาง (ร้อยละ 56) รองลงมาอยู่ในระดับดี (ร้อยละ 28) และระดับปรับปรุง (ร้อยละ 16) โดยเฉพาะนักเรียนในแผนการเรียน วิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์มีความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ร้อยละ 55.44 และจากการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียน ในปีการศึกษา 2535 (จิตติยา ไชยศรีพรหม. 2537 :84 - 85) พบว่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 6 เกือบทุกวิชาค่อนข้างต่ำ อยู่ระหว่างช่วง 40 - 60 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะ วิทยาศาสตร์ ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ย 55.96 และจากการตรวจสอบคุณภาพการศึกษาของสำนักงาน ทดสอบทางการศึกษากรมวิชาการ (2531 : 32) พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ได้คะแนนเฉลี่ย ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ (เคมี ชีววิทยา ฟิสิกส์) เท่ากับ 10.57 คะแนน จาก คะแนนเต็มทั้งหมด 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 35.23 ของคะแนนทั้งหมด วิชาเคมีเป็นวิชาหนึ่งที่ ประสบปัญหาดังกล่าว ดังที่ สุนีย์ คล้ายนิล (2535 : 7) ศึกษาความแตกต่างของการตอบ ปัญหาแบบดั้งเดิม (traditionnal question) กับการตอบปัญหาโจทย์แบบที่ต้องการความเข้าใจแนวคิด (Conceptual understanding) ในวิชาเคมี เนื้อหาวิชาเคมีที่ใช้ในการศึกษาได้แก่เรื่อง มวลสาร สัมพันธ และเรื่องก๊าซ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ประสบความสำเร็จในการตอบคำถาม หรือแก้โจทย์ แบบดั้งเดิมคือการใช้กฎ หลักการ และการคำนวณแก้ปัญหาโจทย์ แต่เมื่อถามถึงธรรมชาติของเรื่อง ดังกล่าว ซึ่งผู้ตอบต้องใช้ความเข้าใจนำแนวคิดหลักมาตอบ นักเรียนจำนวนมากยังไม่ประสบความสำเร็จ นอกจากนี้ในงานวิจัยของปราโมทย์ ตรีเหรา (2531 : 82) ได้ศึกษาปัญหาการจัดกิจกรรม การเรียนการสอนวิชาเคมีพบว่าปัญหาสำคัญที่มีผลต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาเคมี คือครู ยังไม่สามารถจัดกิจกรรมที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยวรี วิศวะ-เวชเมธี (2527 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาปัญหาของครูชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สาขาเคมีพบว่า ปัญหาของครูในการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาเคมี คืออุปกรณ์บางอย่างคุณภาพไม่ดี ขำรุดง่าย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาสภาพและปัญหาในการเรียนการสอนเกี่ยวกับการ ทดลองในวิชาวิทยาศาสตร์สาขาเคมี ของภัทรจันทร์ ใจสว่าง และคณะ (2530 : 50) พบว่าการที่การ ทดลองไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร สาเหตุประการหนึ่งคือ คุณภาพของเครื่องมือทดลองไม่ดี ขำรุดง่าย

จากปัญหาดังกล่าววิธีการที่จะพัฒนาการเรียนการสอนให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพได้ คือการพัฒนาสื่อการเรียนการสอน เพราะสื่อการเรียนการสอน เป็นสารที่จะนำความรู้ ความเข้าใจ ในเนื้อหาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ แต่จะเรียนรู้ได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระดับการปฏิบัติและการตอบสนองของผู้เรียน การเรียนรู้นั้นจะเหลืออยู่ในตัวผู้เรียน ร้อยละ 10 จากการอ่าน ร้อยละ 20 จากการได้ยิน และร้อยละ 50 จากการได้เห็นและได้ยินร้อยละ 70 จากการได้พูดและร้อยละ 90 จากการได้พูดและได้ทำ (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. 2537 : 1) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของชาติชาย ม่วงปฐม (2531 : บมดัดย่อ) ได้ศึกษา ประสิทธิภาพของหัววัดรังสีแบบไกเกอร์-มุลเลอร์ ที่สร้างขึ้นและนำหัววัดรังสีไปใช้ประกอบการสอนพบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนโดยการสาธิตประกอบคำบรรยายมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ภาพประกอบการบรรยายและสมจิต สวธนไพบูลย์ (2541 : 103) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของสื่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ว่า การใช้ สื่อการเรียนการสอน ช่วยให้นักเรียนเกิดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นแก่นของความคิดได้อย่างรวดเร็ว ช่วยให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ทั้งทางตรงและทางอ้อม ส่งผลให้เกิดความคงทนในการเรียนรู้ เป็นสื่อเชื่อมโยงระหว่างนามธรรมไปสู่รูปธรรม ทำให้เกิดความเข้าใจในสถานการณ์วิทยาศาสตร์ดีขึ้น ช่วยสร้างความพร้อมในการเรียน กระตุ้นให้เกิดความสนใจ ช่วยเพิ่มพูนทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ ช่วยทวนเวลาในการจัดการเรียนการสอน ช่วยให้นักเรียนเห็นคุณค่า และประโยชน์ขององค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับ ภพ เลหาไพบูลย์ (2537 : 205) ที่ได้กล่าวถึงประโยชน์ของสื่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ว่า การใช้สื่อการเรียนการสอนจะช่วยทำให้เกิดประสิทธิภาพในการเรียนการสอน ซึ่งอีริกสัน (Erikson) ได้กล่าวถึงความสำคัญของสื่อการเรียนการสอนว่า สื่อการเรียนการสอนช่วยจัดและเสริมประสบการณ์การเรียนรู้ของนักเรียน ช่วยให้ครูสอนเนื้อหาวิชาที่มีความหมายต่อชีวิตเด็ก ช่วยให้นักเรียนหามโนคติทางวิทยาศาสตร์ในทางที่พึงปรารถนาโดยใช้สื่อต่าง ๆ และช่วยให้นักเรียนสามารถสอนได้รวดเร็ว และถูกต้องมากขึ้น นอกจากนี้ สำราญ วังนราช (2541 : 63) กล่าวว่ากระบวนการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนเกิดความสุขในการเรียนวิธีหนึ่งคือการใช้สื่อประกอบการเรียนที่เข้าใจช่วยให้เกิดการเรียนรู้ เข้าใจตรงเป้าหมายซึ่งกำหนดไว้อย่างชัดเจน มุ่งเน้นให้นักเรียนสามารถเรียนจนรู้ชัด (learn to know) เรียนจนทำได้ (learn to do) และเรียนเพื่อจะเป็น (learn to be) สื่อที่สามารถสอนการจัดการเรียนการสอนดังกล่าว คือสื่อที่ให้ประสบการณ์โดยทักษะการทดลอง เพราะสื่อที่ให้ประสบการณ์ตรงเป็นสื่อ ที่มีประโยชน์อย่างยิ่งต่อกระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในทุกๆระดับชั้น การสอนเป็นสื่อประเภทการกระทำที่สามารถถ่ายทอดเนื้อหาที่เป็นความรู้ กระบวนการและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทดลองที่เน้นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ให้นักเรียนได้มีประสบการณ์เกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหา การตั้งสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง ทดลอง สังเกต รวบรวมข้อมูล ตลอดจนสรุปประเด็นปัญหาด้วยตนเอง ดังนั้น การทดลองจึงเป็น สื่อการเรียนการสอนที่มี ประโยชน์ และมีความสำคัญต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เป็นอย่างยิ่ง

การที่จะพัฒนานักเรียนให้เกิดการเรียนรู้ทั้งทางด้านเนื้อหาวิชา และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สื่อการเรียนการสอนมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการเรียนการสอนดังที่ สมจิต สวธนไพบูลย์ (2541 : 103) ได้ให้ความหมายของสื่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์หมายถึงสิ่งที่เป็สื่อกลางที่ช่วยให้ผู้เรียน

เกิดการเรียนรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ทั้งในด้านที่เป็นตัวความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับ ภพ เลหาไพบูลย์ (2537 : 194) กล่าวว่า กระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นั้นมีวัตถุประสงค์หลักของกระบวนการ เน้นการถ่ายทอดและแลกเปลี่ยนความรู้ ทักษะกระบวนการและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ไปพร้อม ๆ กัน ถ้าการเลือกและการใช้สื่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เป็นไปอย่างเหมาะสมกระบวนการแสวงหาความรู้วิทยาศาสตร์และเจตคติก็จะสะสมเป็นระบบที่มีความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน และบุญเลิศ เสียงสุสันติ (2531 : 75) กล่าวว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือของการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนที่มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงก็จะมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์สูงไปด้วย

แม้ว่าอุปกรณ์การสอนและทดลอง จะเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในวิชาเคมีคือ ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ และเข้าใจเนื้อหาที่เรียนได้เป็นอย่างดี แต่จากปัญหาดังกล่าว จากการสัมภาษณ์ครูผู้สอนวิชาเคมี วิชาฟิสิกส์ และจากประสบการณ์การสอนวิชาเคมี ในการทดลองเรื่องสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซพบว่า ด้านคุณภาพของอุปกรณ์ที่ใช้ทดลองสมบัติของก๊าซเพื่อพิสูจน์กฎของบอยล์ กฎของชาร์ล อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเป็นกระบอกฉีดพลาสติก ขนาด 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปลายลูกสูบหุ้มด้วยยางคุณภาพต่ำ เมื่อทดลองโดยแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียสทำให้กระบอกฉีดยางและยางชำรุด ไม่สามารถซ่อมหรือนำกลับมาใช้งานใหม่ได้ ผลการทดลองไม่สามารถนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาตร ความดัน และอุณหภูมิ เพื่ออธิบายกฎของก๊าซได้ เช่นการทดลองเรื่องก๊าซ ยังไม่สามารถใช้อุปกรณ์ที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการมาทดลองให้เห็นอย่างชัดเจนในเรื่องสมบัติ กฎ และทฤษฎีจลน์ของก๊าซได้ ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ไม่สามารถนำไปสู่การสรุปหลักการและทฤษฎีที่ต้องการศึกษาได้อย่างชัดเจน ปัญหาในการทดลองศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซตามบทเรียนในวิชาฟิสิกส์คือความไม่มั่นคงแข็งแรงของอุปกรณ์เพื่อศึกษากฎของบอยล์ ทำให้เกิดปัญหาในการทดลองหลายประการเช่น แรงเสียดทาน การหาค่าความดันและปริมาตรของก๊าซคลาดเคลื่อนมาก ปัญหาในการทดลองศึกษากฎของชาร์ลพบว่า ไม่สามารถวัดอุณหภูมิของก๊าซโดยตรง การอ่านค่าปริมาตรของก๊าซมีปริมาตรของไอน้ำมันเจือปน สำหรับชุดสาริตทฤษฎีจลน์ของก๊าซใช้สาริตเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์และ อุณหภูมิของก๊าซ โดยวิธีทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นนามธรรม เป็นปัญหาต่อความคิดรวบยอดในการเรียนรู้ทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะออกแบบและสร้างชุดทดลองศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ และผู้วิจัยมุ่งหวังว่า การสร้างและพัฒนาสื่อสำหรับใช้ทดลองปฏิบัติในเรื่อง สมบัติ กฎ และทฤษฎีจลน์ของก๊าซ ในรายวิชาเคมี (ว 431) ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จะส่งผลให้นักเรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจ ในเนื้อหาตามบทเรียนได้ชัดเจน ก่อให้เกิดความสนใจด้านวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะวิชาเคมี

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. สร้างชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ทดแทนอุปกรณ์ที่กำหนดให้ในบทปฏิบัติการ)
2. ประเมินคุณภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติ และทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

3.หาประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซในการเรียนการสอน ตามเกณฑ์ 80/80

ความสำคัญของการวิจัย

1.การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ ในการเรียนการสอนเรื่องสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

2. ผลการวิจัยทำให้ได้สื่อการสอนในวิชาเคมี เรื่อง สมบัติ และทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

3.ผลของการวิจัยเป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในการสร้างและพัฒนาสื่อการเรียนการสอน เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซที่สร้างขึ้น สามารถใช้ในการเรียนการสอนวิชาเคมี (ว 031) เรื่องสมบัติของก๊าซ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในการวิจัยครั้งนี้มี 3 ตอน แต่ละตอนมีขอบเขตดังนี้

ตอนที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ ของก๊าซ เป็นไปตามกฎและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

ผู้วิจัยออกแบบและสร้างชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซจำนวน 2 ชุด พร้อมคู่มือการใช้ชุดการทดลองดังนี้

1) ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ สามารถใช้พิสูจน์กฎของบอยล์ กฎของชาร์ล กฎรวมของก๊าซภายในอุปกรณ์ชุดเดียวกัน นักเรียนสามารถดำเนินกิจกรรมการทดลองจากคู่มือการใช้ชุดการทดลองที่กำหนดให้

2) ชุดทดลองเพื่อศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซนักเรียนสามารถดำเนินกิจกรรมการทดลองจากคู่มือการใช้ชุดการทดลองที่กำหนดให้

ผู้วิจัยตรวจสอบประสิทธิภาพชุดทดลอง.โดยทำการทดลองเรื่องกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล กฎรวมของก๊าซ การทดลองละ 3 ครั้ง ให้ได้ผลการทดลองตรงตามกฎและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ ระยะเวลาที่ใช้ในการสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองใช้เวลาทั้งสิ้น 3 เดือน

ตอนที่ 2 การประเมินคุณภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

การประเมินคุณภาพชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์การสอนวิชาเคมี และวิชาฟิสิกส์ ไม่ต่ำกว่า 5 ปี จำนวน 5 ท่าน

ตอนที่ 3 การหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ ในการเรียนการสอน

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาทดลองใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวัดรางบัว กรุงเทพมหานคร ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2543 ที่เรียนแผนการเรียน วิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตร มัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) จำนวน 80 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวัดรางบัว กรุงเทพมหานคร แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ ซึ่งได้จากการสุ่มแบบจัดกลุ่ม (Cluster random sampling) จำนวน 40 คน

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ คือ ชุดทดลองศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ
2. ตัวแปรตาม ได้แก่
 - 2.1 ประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ
 - 2.2 คุณภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซประกอบด้วยคุณภาพของชุดทดลองในลักษณะ 4 ด้านคือ ด้านกายภาพทั่วไป ด้านการใช้งาน ด้านการบำรุงรักษา และการซ่อมแซม ด้านความเหมาะสมในการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน
 - 2.3 ประสิทธิภาพชุดการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ ในการเรียนการสอน
 - 2.3.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 2.3.2 ความคิดเห็นต่อชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองสอน

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ทำการทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2543 ในเดือนมกราคม ทำการสอนนักเรียนจำนวน 4 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบ คาบละ 50 นาที รวมทั้งหมด 12 คาบ

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ
หมายถึงชุดการทดลองที่สร้างขึ้นสามารถใช้ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร อุณหภูมิ และความดันของก๊าซตามกฎของก๊าซ และคู่มือการใช้ชุดการทดลองที่สร้างขึ้น
2. ชุดทดลองเพื่อศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซ
หมายถึง ชุดการทดลองที่สร้างขึ้นเพื่ออธิบายทฤษฎีจลน์ของก๊าซให้เป็นรูปธรรมยิ่งขึ้น และคู่มือการใช้ชุดทดลองที่สร้างขึ้น

3. ประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติ และทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

หมายถึงความสามารถในการใช้งานได้ตรงตาม กฎ และทฤษฎีจลน์ของก๊าซซึ่งพิจารณาจากผลการทดลองจากชุดทดลองสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ เรื่องกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล กฎรวมของก๊าซ และทฤษฎีจลน์ของก๊าซ การทดลองละ 3 ครั้ง ได้ผลการทดลองตรงตามกฎและทฤษฎีทุกครั้งแสดงว่าชุดการทดลองมีประสิทธิภาพ

4. คุณภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

หมายถึง คุณสมบัติของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติ และทฤษฎีจลน์ของก๊าซในลักษณะ 4 ด้าน คือด้านกายภาพทั่วไป ด้านการใช้งาน ด้านการบำรุงรักษาและการซ่อมแซม และความเหมาะสมในการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน ในรายวิชาเคมี (ว031) ซึ่งพิจารณาจากการประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญการสอนวิชาเคมี และวิชาฟิสิกส์ ที่มีประสบการณ์สอนไม่ต่ำกว่า 5 ปี จำนวน 5 ท่าน การประเมินคุณภาพของชุดทดลองใช้แบบสอบถามมาตรวจจัดอันดับ (Rating scale) 5 อันดับ ได้แก่ 4) ดีมาก 3) ดี 2) พอใช้ 1) ต้องปรับปรุง และ 0) ใช้ไม่ได้ การประเมินคุณภาพคู่มือการใช้ชุดทดลองได้แก่ 5) ดีมาก 4) ดี 3) ปานกลาง 2) พอใช้ และ 1) ควรปรับปรุง

5. เกณฑ์วัดประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติ และทฤษฎีจลน์ของก๊าซ ใน การเรียนการสอน

หมายถึง เกณฑ์ในการพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ตามเกณฑ์ 80 /80 และความคิดเห็นของผู้เรียนต่อชุดทดลอง . โดย 80 ตัวแรกหมายถึงร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนทั้งกลุ่มที่ทำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้อง ส่วน 80 ตัวหลัง หมายถึงร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนทั้งกลุ่มที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนได้ถูกต้อง

6. แบบสอบถามความคิดเห็นต่อชุดทดลอง

หมายถึง เครื่องมือวัดความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ แบบมาตรวจจัดอันดับ (Rating scale) 5 อันดับ ได้แก่ 5) ดีมาก 4) ดี 3) ปานกลาง 2) พอใช้ 1) ควรปรับปรุง โดยสอบถามความคิดเห็น 3 ด้าน คือ ด้านการออกแบบ ด้านเนื้อหาวิชา ด้านการนำไปใช้และการเก็บรักษา

7. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

หมายถึง ความสามารถในการเรียนวิชาเคมีในเนื้อหาเรื่องสมบัติของก๊าซ และทฤษฎีจลน์ของก๊าซ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากแบบเรียนวิชาเคมี (ว 031) ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยวัดพฤติกรรม 4 ด้านคือ

7.1 ด้านความรู้ความจำ หมายถึงความสามารถในการระลึกเรื่องราวหรือสิ่งต่าง ๆ ที่เคยเรียนมาแล้วเกี่ยวข้องกับข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด หลักการ ทฤษฎี

7.2 ด้านความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการอธิบาย การจำแนก การขยายความและแปลความรู้โดยอาศัยข้อเท็จจริง ข้อตกลง หลักการ แนวคิด และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

7.3 ด้านการนำไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้และวิธีการค้นคว้าหาความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่แตกต่างออกไปจากที่เคยเรียนรู้มาแล้วโดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน

7.4 ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการสืบเสาะหาความรู้โดยผ่านการปฏิบัติและการฝึกฝนอย่างมีระบบจนเกิดความคล่องแคล่วและสามารถเลือกใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม ในการวิเคราะห์เนื้อหาเรื่องสมบัติของก๊าซ และทฤษฎีจลน์ของก๊าซ เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์คือ

1) ทักษะการสังเกต หมายถึง ความสามารถในการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ โดยมีจุดประสงค์จะหาข้อมูลซึ่งเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้น ๆ โดยไม่ใส่ความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไป

2) ทักษะการวัด หมายถึง ความสามารถในการใช้เครื่องมือวัดหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ และใช้หน่วย ได้อย่างถูกต้อง และเลือกใช้เครื่องมือวัดได้อย่างถูกต้องเหมาะสมต่อสิ่งที่ต้องการวัด

3) ทักษะการคำนวณ หมายถึง ความสามารถในการ บวก ลบ คูณ และ/หรือหารตัวเลขที่แสดงค่าปริมาณของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งได้จากการสังเกต การวัดการทดลองโดยตรง หรือจากแหล่งอื่น ๆ อีกทอดหนึ่ง

4) ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล หมายถึง การนำข้อมูลดิบมาจัดกระทำใหม่ และนำมานำเสนอหรือแสดงให้บุคคลอื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนั้นให้ดีขึ้น

5) ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตวัตถุหรือปรากฏการณ์ไปสัมพันธ์กับความรู้หรือประสบการณ์เดิมเพื่อลงข้อสรุปหรืออธิบายปรากฏการณ์ หรือ วัตถุนั้น

6) ทักษะการทดลอง หมายถึง ตรวจสอบสมมติฐานโดยการทดลอง ซึ่งเริ่มตั้งแต่การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่ออกแบบไว้ ตลอดจนการใช้วัสดุอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง

7) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป หมายถึงความสามารถในการบรรยายความหมาย และระบุความสัมพันธ์ ที่เกี่ยวข้องของข้อมูล หรือตัวแปรที่ศึกษา

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำเสนอตามลำดับหัวข้อดังต่อไปนี้

1. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับจุดประสงค์และเนื้อหาในหลักสูตรเรื่องสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ
2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับความรู้เรื่องสมบัติของก๊าซ และทฤษฎีจลน์ของก๊าซ
3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับสื่อการสอน
4. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
6. สมมติฐานการวิจัย

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับจุดประสงค์และเนื้อหาในหลักสูตรเรื่องสมบัติ และทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

เนื้อหาเรื่องสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซเป็นเนื้อหาที่สอดแทรก ในรายวิชา เคมี และฟิสิกส์ ของนักเรียนที่เรียนแผนการเรียน คณิตศาสตร์ - วิทยาศาสตร์ ในระดับมัธยมศึกษา ซึ่งมีจุดประสงค์ รายละเอียด และเนื้อหาตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2533) พอสรุปได้ดังนี้ (กรมวิชาการ. 2533 : 109-123)

1. จุดประสงค์ของการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
 - 1.1 เพื่อให้มีความเข้าใจหลักการ และทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานของวิชาวิทยาศาสตร์
 - 1.2 เพื่อให้มีความเข้าใจในลักษณะ ขอบเขตและข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์
 - 1.3 เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้า และคิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
 - 1.4 เพื่อให้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์
 - 1.5 เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์ และสภาพแวดล้อม ในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน
 - 1.6 เพื่อให้ นำความรู้ความเข้าใจในเรื่องของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิตอย่างมีคุณค่า
2. เนื้อหาเรื่องสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ ที่เรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย คือ
 - 2.1 วิชาเคมี (ว 031) ระยะเวลาในการสอน 3 คาบ/สัปดาห์/ภาค จำนวน 1.5 หน่วยการเรียนรู้ มีรายละเอียดของเนื้อหาเกี่ยวกับศึกษาสถานะของสารกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ทดลองและฝึกคำนวณหาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ ความดัน และปริมาตรของก๊าซ ศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซและการนำไปใช้อธิบายสมบัติต่าง ๆ ของสารทั้ง 3 สถานะ เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับก๊าซ ของเหลวและของแข็ง

2.2 วิชาฟิสิกส์ (ว 024) ระยะเวลาในการสอน 4 คาบ/สัปดาห์/ภาค จำนวน 2 หน่วย การเรียน มีรายละเอียดของเนื้อหาเกี่ยวกับ หลักการพื้นฐานของจลนพลศาสตร์ ทฤษฎีจลน์ของก๊าซ และสมบัติของสสารเนื้อแน่นในเรื่อง ทฤษฎีจลน์ของก๊าซและการนำไปอธิบายสมการสถานะของก๊าซ รวมทั้งฝึกปฏิบัติการต่างๆ เพื่อให้มีความเข้าใจมีทักษะกระบวนการและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์ และนำความรู้และหลักการไปใช้อธิบายปรากฏการณ์หรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวกับ จลนพลศาสตร์ ทฤษฎีจลน์ของก๊าซและสมบัติของสสารเนื้อแน่น

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับความรู้ เรื่องสมบัติ และทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

ความหมายของก๊าซ

มนุษย์รู้จักและคุ้นเคยกับก๊าซมาตั้งแต่สมัยดึกดำบรรพ์แต่มนุษย์เพิ่งจะสามารถเตรียมก๊าซ จากปฏิกิริยาเมื่อราวคริสต์ศตวรรษที่ 16 ประภาณี ณ อุรุธยา (2521 :46) ได้ให้ความหมายของก๊าซ หมายถึง สารที่อยู่ในสถานะก๊าซที่อุณหภูมิห้องและความดันบรรยากาศ

สมเกียรติ กริทอง (2524 : 2) กล่าวว่าวัตถุที่อยู่ในสถานะก๊าซ (gaseous state) นี้จะมี ปริมาตรไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความดัน ไม่มีขอบเขตของผิวหน้าที่แน่นอน แต่จะ พุ่งกระจายไปจนเต็มที่ว่างทั้งหมดที่มีอยู่

ฤๅษณา ชุตติมา (2525 : 282) กล่าวว่าก๊าซหมายถึง สารที่อยู่ในสถานะก๊าซในอุณหภูมิ ปกติ สถานะทางกายภาพของสารมักจะถูกกำหนดด้วยสมบัติบางอย่างเช่น อุณหภูมิ ความดันและ ปริมาตร

สมบัติของก๊าซ (Properties of Gases)

โดยปกติโมเลกุลของก๊าซอยู่ห่างกันมากกว่าในของเหลวและของแข็งและมีการเคลื่อนที่ ตลอดเวลาแต่ไม่มีทิศทางที่แน่นอน (random motion) ดังนั้นโมเลกุลของก๊าซจะดำรงอยู่ในสภาพที่ไม่เป็นระเบียบอย่างยิ่ง (extreme disorder) แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของก๊าซจะอ่อนมาก การที่ โมเลกุลของก๊าซเคลื่อนที่ตลอดเวลาหรือพุ่งกระจายได้ ทำให้ก๊าซไม่มีรูปร่างและปริมาตรที่แน่นอน แต่จะมีรูปร่างและปริมาตรตามภาชนะที่บรรจุอยู่ ความดันและอุณหภูมิมีอิทธิพลต่อปริมาตรของก๊าซ ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นก๊าซจะขยายตัว และจะหดตัวเมื่ออุณหภูมิลดลง ความหนาแน่นของก๊าซน้อยมาก เมื่อเทียบกับตอนที่ยังอยู่ในสถานะของแข็งหรือของเหลว เช่น น้ำ มีความหนาแน่น 0.9584 กรัม/ มิลลิลิตร ที่ 100 °C แต่ไอน้ำ มีความหนาแน่นเพียง 0.0006 กรัม/มิลลิลิตร ที่ 100 °C

สมเกียรติ กริทอง (2524 : 5) แบ่งก๊าซออกเป็น 3 ชนิด คือ

1. ก๊าซสมมติ หรือก๊าซในอุดมคติ (ideal gas) เป็นก๊าซสมมติขึ้นเพื่อรักษาและมีสมบัติ ตามกฎของก๊าซ ไม่ว่าอุณหภูมิและความดันใด ๆ
2. ก๊าซที่แท้จริง (real gas) เป็นก๊าซที่ไม่ปฏิบัติตามกฎของก๊าซแต่จะเป็นไปตามกฎ ของก๊าซก็ต่อเมื่อมีความดันต่ำ และอุณหภูมิต่ำ ถ้ามีความดันสูง และอุณหภูมิต่ำ มักจะไม่เป็นไป ตามกฎของก๊าซ

3. ก๊าซหายาก (rare gas หรือ noble gas) ในสมัยก่อนเรียกว่า rare gas อย่างเดียว เพราะเป็นก๊าซที่มีน้อยมากในบรรยากาศ ต่อมานักวิทยาศาสตร์ใช้ชื่อใหม่ว่า noble gas เพื่อเป็นการแก้เคล็ด เป็นก๊าซที่ไม่รวมกับธาตุอื่นๆ หรือถ้ารวมก็น้อยมาก และเป็นไปด้วยความยากลำบาก ก๊าซเหล่านี้ได้แก่ ฮีเลียม (Helium) นีออน (Neon) อาร์กอน (Argon) ซีโนน (Xenon) คริปตอน (Krypton) และเรดอน (Radon)

ประภาณี เกษมศรี (2521 : 46) กล่าวว่านักวิทยาศาสตร์ได้แบ่งก๊าซออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. ก๊าซในอุดมคติ (Ideal gas) หมายถึง ก๊าซที่อยู่ในสภาวะใดก็ตามมีคุณสมบัติตามกฎต่าง ๆ ของก๊าซในอุดมคติ เช่น กฎของบอยล์ กฎของชาร์ล เป็นต้น

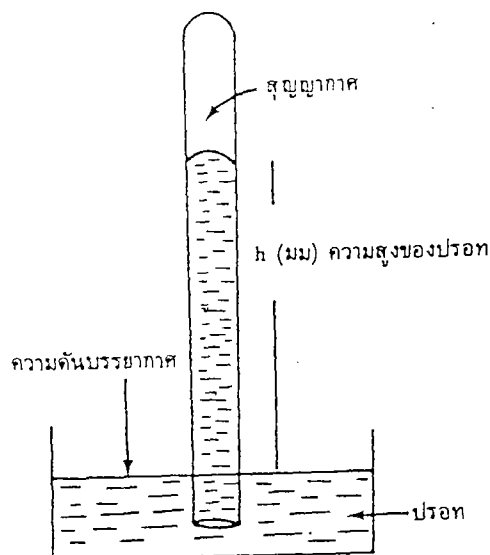
2. ก๊าซจริง (Real gas) หมายถึง ก๊าซที่ไม่เป็นไปตามกฎต่าง ๆ ของก๊าซในอุดมคติแต่ในบางสภาวะโดยเฉพาะที่ความดันต่ำมาก ๆ หรืออุณหภูมิสูงมาก ๆ จะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับก๊าซในอุดมคติ

ปริมาตร ความดันและอุณหภูมิ

ความดัน ปริมาตร และอุณหภูมิ เป็นสิ่งกำหนดสมบัติ สถานะของก๊าซ เมื่อกล่าวถึงก๊าซ จำเป็นต้องกล่าวถึงสิ่งเหล่านี้ควบคู่กันไป

ความดัน ความดันหมายถึงแรงต่อหน่วยพื้นที่ เราอาจวัดความดันเป็นหน่วยนิวตันต่อตารางเมตร เมื่อเราบรรจุก๊าซไว้ในภาชนะโมเลกุลก๊าซวิ่งไปมาชนกันเอง และชนภาชนะตลอดเวลา ถึงแม้ว่าโมเลกุลมีขนาดเล็กและการชนแต่ละครั้งคิดเป็นแรงน้อยมาก แต่ก๊าซย่อมมีจำนวนโมเลกุลมากมาย การที่โมเลกุลจำนวนมากเหล่านั้นปะทะผนังภาชนะตลอดเวลา ทำให้เกิดเป็นแรงกระทำต่อผนังภาชนะ จึงกล่าวได้ว่าความดันของก๊าซภายในภาชนะเกิดจากโมเลกุลของก๊าซวิ่งไปชนภาชนะ และความดันนี้มีค่าเท่ากันหมดไม่ว่าวัดที่ส่วนใดของผนังภาชนะนั้น

ความดันบรรยากาศ (atmospheric pressure) หมายถึงอากาศที่ห่อหุ้มโลกอยู่โดยรอบ และสิ่งทั้งหลายบนผิวโลกถูกอากาศกดดันอยู่ทั้งสิ้น ที่พื้นผิวโลกมีความดันมากกว่าในที่สูง ยิ่งสูงขึ้นไปยังมีอากาศจางลง ความดันบรรยากาศก็น้อยลง เครื่องมือที่ใช้วัดความดันบรรยากาศ คือ บาโรมิเตอร์ (barometer) ซึ่งทอริเชลลี (Evangelista Torricelli ค.ศ. 1608-1647) นักฟิสิกส์ชาวอิตาลี เป็นคนแรกที่ประดิษฐ์ขึ้นในปี ค.ศ. 1643 ดังนั้นตำราบางเล่มจึงใช้หน่วยของความดันเป็นทอร์ (torr) โดยกำหนดให้ความสูง 1 มิลลิเมตร (mm) ของปรอทเท่ากับ 1 ทอร์ บาโรมิเตอร์มักทำด้วยปรอทซึ่งเป็นของเหลวที่มีความหนาแน่นมาก ทำขึ้นอย่างง่าย ๆ โดยเอาหลอดแก้วยาวสัก 0.85 เมตร ปลายข้างหนึ่งเปิด บรรจุปรอทให้เต็มแล้วคว่ำลงบนอ่างปรอท ระดับปรอทลดต่ำลงหยุดที่ระดับหนึ่ง ช่องว่างภายในหลอดเหนือระดับปรอทเป็นที่ที่ไม่มีอากาศ ถ้าปรอทยังคงค้างอยู่ภายในหลอดแก้วได้ เนื่องจากความดันบรรยากาศที่กดที่พื้นผิวของปรอทในอ่าง น้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่ของปรอทในหลอดมีค่าเท่ากับน้ำหนักอากาศสูงขึ้นไปในบรรยากาศห่อหุ้มโลกต่อหน่วยพื้นที่เดียวกัน ซึ่งเป็นความดันของอากาศ ความสูงของลำปรอทในหลอดแก้ววัดเป็นความดันบรรยากาศ ซึ่งโดยมากอ่านเป็นมิลลิเมตร เช่นความสูงของปรอทเป็น 760 มิลลิเมตร เรียกว่าความดันอากาศเท่ากับ 760 มิลลิเมตรของปรอท



ภาพประกอบ 1 บาโรมิเตอร์ปรอท
(ที่มา : กฤษณา ชูติมา. (2525) หลักเคมีทั่วไป เล่ม 1 : 283)

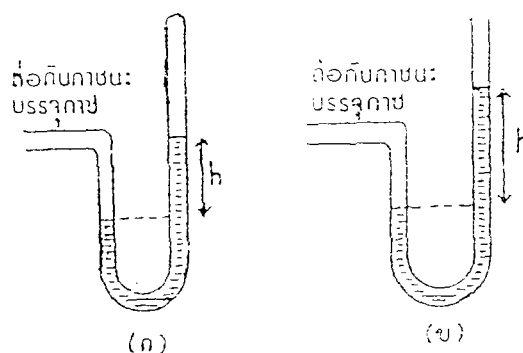
ความดันมาตรฐาน (standard pressure) หมายถึงความดันเฉลี่ยของบรรยากาศที่ระดับน้ำทะเลทำให้ปรอทสูงขึ้นไปถึง 760 mm ที่ 0°C มีค่าเป็น 1 บรรยากาศ หน่วยวัดความดันเป็นบรรยากาศ (atmosphere) มักใช้กับความดันสูงมาก ๆ หน่วยบรรยากาศถึงแม้จะไม่ใช้หน่วย SI แต่นิยมใช้เพราะสมบัติของสารต่าง ๆ มักจะกำหนดหรือวัดกันที่ความดัน 1 บรรยากาศ สำหรับในทางปฏิบัติในห้องทดลองมักใช้หน่วย mm ปรอท หน่วย SI สำหรับความดันใช้พาสกาล (pascal) สัญลักษณ์ของหน่วยใช้ Pa

$$1 \text{ พาสกาล} = 1 \text{ Nm}^{-2} \quad (\text{นิวตันต่อตารางเมตร})$$

$$1 \text{ บรรยากาศ} = 1.013 \times 10^5 \text{ พาสกาล}$$

$$= 760 \text{ mm ปรอท}$$

การวัดความดันก๊าซใช้เครื่องมือที่เรียกว่า มาโนมิเตอร์ (manometer) ซึ่งทำด้วยหลอดแก้วอเป็นรูปตัวยู มีปรอทบรรจุอยู่ภายใน ปลายหลอดข้างหนึ่งปิดสนิท (ภาพ 3 ก) หรือปลายหลอดที่เปิดก็ได้ (ภาพ 2 ข) ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งจ่อเป็นมุมฉากสำหรับต่อกับภาชนะที่บรรจุก๊าซซึ่งต้องการจะวัดความดัน



ภาพประกอบ 2 มาโนมิเตอร์ (ก) แบบปลายปิด (ข) แบบปลายเปิด
(ที่มา : กฤษฎณา ชูติมา. (2525) หลักเคมีทั่วไปเล่ม 1 : 284)

ถ้าเป็นมาโนมิเตอร์แบบปลายเปิด ก๊าซจะดันปรอทขึ้นไปทางหลอดข้างที่ปลายเปิด สมมติว่าระดับปรอทต่างกัน h mm แสดงว่า ความดันของก๊าซเท่ากับความดันของบรรยากาศบวกแรงกดจากน้ำหนักของลำปรอทสูง h mm

ถ้าเป็นมาโนมิเตอร์แบบปลายปิด ก๊าซจะดันปรอทขึ้นไปทางหลอดที่ปลายปิดส่วนช่องว่างเหนือลำปรอทนั้นไม่มีอากาศ ดังนั้นความดันของก๊าซจึงเท่ากับน้ำหนักของลำปรอทสูง h mm กดลงมาแต่เพียงอย่างเดียว

ปริมาตร ปริมาตรของก๊าซเปลี่ยนไปได้เมื่อเปลี่ยนอุณหภูมิและความดัน เมื่อใส่ก๊าซไว้ในภาชนะหรือที่บรรจุอันใด ก๊าซจะเข้าครอบครองเต็มเนื้อที่ว่างภายในที่บรรจุอันนั้น เราถือว่าปริมาตรของก๊าซเท่ากับปริมาตรของภาชนะหรือที่บรรจุก๊าซนั้น

หน่วยวัดปริมาตรมักใช้หน่วยลิตร (l) หรือลูกบาศก์เดซิเมตร (dm^3) มิลลิลิตร (ml) หรือลูกบาศก์เซนติเมตร (cm^3) เราอาจผสมก๊าซ 2 ชนิดเข้าด้วยกันโดยปริมาตรผสมไม่จำเป็นต้องเท่ากับปริมาตรของก๊าซทั้งสองรวมกัน สมมติว่า นำก๊าซ NO_2 จำนวนหนึ่งบรรจุเข้าไปในขวดปิดซึ่งมีอากาศอยู่เต็มโดยไม่ให้รั่วไหลออกมาได้ ทั้งไว้ชั่วระยะเวลาหนึ่งจะเห็นว่าก๊าซ NO_2 สีน้ำตาลฟุ้งกระจายเต็มขวด แสดงว่าในขวดนั้นมีทั้งอากาศและก๊าซ NO_2 รวมกัน แต่ปริมาตรก็ยังคงเท่ากับปริมาตรของขวดตามเดิม

อุณหภูมิ เป็นมาตราส่วนที่ใช้บอกระดับความร้อน แต่มิได้บอกให้ทราบว่าปริมาณความร้อนมากน้อยเพียงใด วัตถุที่มีอุณหภูมิเท่ากันอาจจะมีปริมาณความร้อนเท่ากันหรือต่างกันก็ได้

เครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิเรียกว่าเทอร์โมมิเตอร์ มีสารหลายชนิดที่สามารถนำมาประดิษฐ์เป็นเทอร์โมมิเตอร์ได้ เช่น ปรอท ก๊าซ อากาศ น้ำ แอลกอฮอล์ เป็นต้น โดยทั่ว ๆ ไปเรานิยมใช้ปรอททำเทอร์โมมิเตอร์เพราะว่าในบรรดาของเหลวด้วยกัน พบว่าปรอทมีการขยายตัวและหดตัวค่อนข้างคงที่ทุก ๆ องศาที่เปลี่ยนไป การขยายตัวและหดตัวน้อยมากเมื่อเทียบกับก๊าซ มีช่วงของการเป็นของเหลวกว้าง (ปรอทแข็งตัวที่ -38.87°C เดือดที่ 356.9°C) เทอร์โมมิเตอร์ที่ทำ

ด้วยปรอทจึงกะทัดรัด ไม่ต้องใช้หลอดแก้วยาว เทอร์โมมิเตอร์ที่นิยมใช้กันทั่วไป คือแบบเซลเซียส (เซนติเกรด) และฟาเรนไฮต์ ในการคำนวณเรื่องก๊าซที่มีอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้องเราใช้มาตราอุณหภูมิอีกแบบหนึ่ง เรียกว่า มาตราสัมบูรณ์หรือมาตราเคลวิน (ซึ่งเคลวิน นักฟิสิกส์และนักคณิตศาสตร์ชาวอังกฤษ เป็นผู้คิดกำหนดขึ้นจากข้อมูลทางเทอร์โมไดนามิกส์) การแบ่งระยะช่องในมาตราเคลวินจะเท่ากับในมาตราเซลเซียส นั่นคือระหว่างจุดเยือกแข็งกับจุดเดือดของน้ำจะแบ่งเป็น 100 ช่องเท่ากัน แต่ 0 และ 100 องศาเซลเซียสจะเท่ากับ 273.15 และ 373.15 เคลวิน ตามลำดับ ดังนั้นเราสามารถเปลี่ยนมาตราส่วนเซลเซียส ให้เป็นมาตราส่วนเคลวินได้ดังนี้

$$\begin{aligned} K &= 273.15 + C \\ \text{หรือ} \quad K &= 273 + C \quad (\text{โดยประมาณ}) \end{aligned}$$

อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน

เนื่องจากปริมาตรของก๊าซเปลี่ยนแปลงไปได้ตามอุณหภูมิและความดัน เพื่อความสะดวกในการเปรียบเทียบปริมาตรของก๊าซ จึงตั้งอุณหภูมิมาตรฐานและความดันมาตรฐานขึ้นไว้ เมื่อกล่าวถึงปริมาตรก็อาจอ้างถึงภาวะมาตรฐานอันนั้นได้ ความดันมาตรฐานคือความดันบรรยากาศเฉลี่ยที่ระดับน้ำทะเลและมีค่าเท่ากับ 760 mm ปรอทหรือ 1 บรรยากาศ สำหรับอุณหภูมิมาตรฐานใช้ 0°C หรือ 273.15 K อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน (Standard Temperature and Pressure) มักใช้ตัวย่อว่า STP

กฎของบอยล์ (Boyle's Law)

ในราวปลายคริสต์ศตวรรษที่ 17 บอยล์ (Robert Boyle ค.ศ. 1627-1691) กับฮุก (Robert Hooke ค.ศ. 1635-1703) นักเคมีชาวอังกฤษ ได้ร่วมมือกันทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับปริมาตรของก๊าซจนประสบความสำเร็จ และได้กล่าวสรุปไว้ว่าปริมาตรของก๊าซใด ๆ ที่กำหนดให้จำนวนหนึ่งจะเป็นปฏิภาคกลับกับความดันเมื่ออุณหภูมิคงที่ ข้อความนี้เรียกว่ากฎของบอยล์ กฎนี้อาจกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่า ผลคูณของความดันกับปริมาตรของก๊าซใด ๆ จำนวนหนึ่งที่กำหนดให้จะมีค่าคงที่เมื่ออุณหภูมิคงที่ และสามารถเขียนตามหลักคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

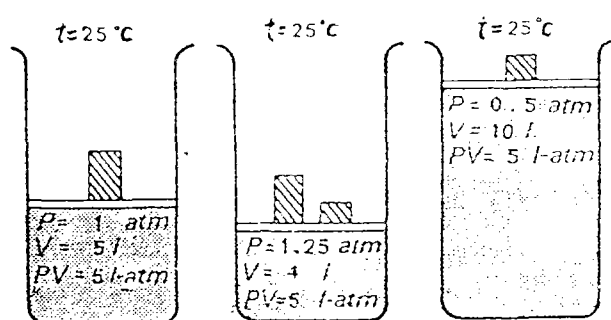
$$\begin{aligned} \text{เมื่ออุณหภูมิคงที่ } V &\propto \frac{1}{P} \quad (V = \text{ปริมาตร}, P = \text{ความดัน}) \\ PV &= k \quad (\text{ค่าคงที่}) \end{aligned} \quad (1)$$

ค่า k ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ จำนวนโมลของก๊าซ หน่วยของ P และ V ที่ใช้คำนวณ

ถ้าที่สภาวะเริ่มต้นก๊าซมีปริมาตร V_1 ความดัน P_1 เมื่อทำให้ก๊าซเปลี่ยนไปสู่อีกสภาวะหนึ่ง สมมุติปริมาตร V_2 ความดัน P_2 โดยให้อุณหภูมิคงที่ จากกฎของบอยล์หรือสมการที่ (1) สามารถเขียนเป็นความสัมพันธ์ได้เป็น

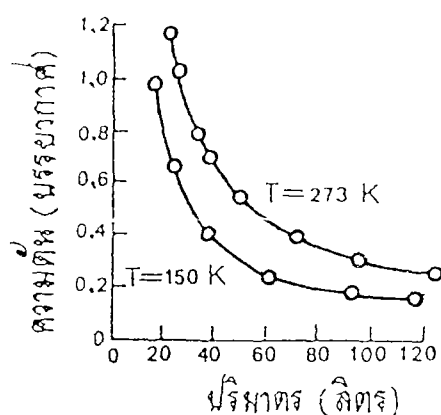
$$P_1V_1 = P_2V_2 \quad (2)$$

ความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับปริมาตรของก๊าซตามกฎของบอยล์อาจแสดงให้เห็นได้ดังภาพประกอบที่ 3 ใช้ภาชนะทรงกระบอกมีฝาปิดสนิทคล้ายลูกสูบเลื่อนขึ้นลงได้โดยมีความฝืดน้อยมาก ภายในบรรจุก๊าซจำนวนหนึ่งสมมติมีปริมาตร 5 ลิตร ความดัน 1 บรรยากาศ ที่ 25°C เมื่อให้ความดันเพิ่มเป็น 1.25 บรรยากาศโดยใช้น้ำหนักวางบนลูกสูบ ปริมาตรจะลดลงเหลือ 4 ลิตร แต่ถ้าให้ความดันลดเหลือ 0.5 บรรยากาศ ปริมาตรจะเพิ่มเป็น 10 ลิตร แต่อย่างไรก็ตามผลคูณระหว่างความดันกับปริมาตรก็ยังคงที่คือ 5 ลิตร-บรรยากาศ



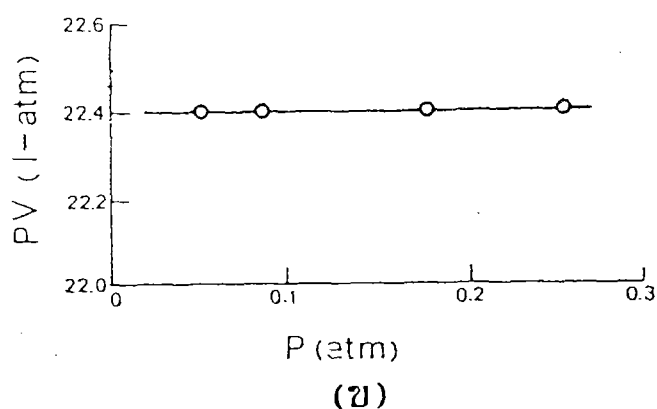
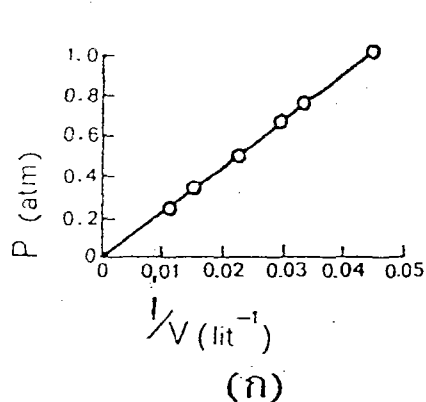
ภาพประกอบ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับปริมาตรตามกฎของบอยล์
(ที่มา : ประภาณี เกษมศรี ณ อรุณยา. (2521) เคมีทั่วไป เล่ม 1 : 55)

ถ้านำค่าความดัน P และปริมาตร V ที่ได้จากการทดลอง ณ อุณหภูมิคงที่ค่าหนึ่งไปเขียนกราฟจะได้กราฟมีลักษณะเป็น rectangular hyperbola แต่สมการสำหรับ hyperbola นี้คือ $xy = \text{ค่าคงที่}$ ดังนั้นเราจึงอนุมานได้ว่า เมื่ออุณหภูมิคงที่ผลคูณของความดันกับปริมาตรจะมีค่าคงที่ ($PV = \text{ค่าคงที่}$) ถ้าทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนอุณหภูมิคงที่เป็นค่าอื่นบ้างก็จะได้กราฟหนึ่งเส้นต่ออุณหภูมิคงที่หนึ่งค่า และเนื่องจากทุก ๆ จุดบนกราฟเส้นเดียวกันจะอยู่ที่อุณหภูมิเดียวกัน จึงเรียกเส้นกราฟที่ได้เหล่านั้นว่า ไอโซเทอร์ม (isotherm) ดังในภาพประกอบที่ 4 และปรากฏว่าถ้าอุณหภูมิยิ่งสูงขึ้นกราฟที่ได้จะมีลักษณะคล้าย hyperbola มากขึ้น



ภาพประกอบ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับปริมาตรของก๊าซในอุดมคติที่อุณหภูมิคงที่ (ที่มา : ประภาณี เกษมศรี ณ อุทยาน. (2521) เคมีทั่วไป เล่ม 1 : 55)

ดังนั้นจะเห็นว่าก๊าซที่ประพฤติตามกฎของบอยล์ จะให้กราฟระหว่างความดัน P กับปริมาตร V มีลักษณะเป็น hyperbola สำหรับการทดลองทั่ว ๆ ไปเมื่อเขียนกราฟระหว่างความดัน P กับปริมาตร V แล้วมักจะมีปัญหาว่ากราฟที่ได้นั้นมีลักษณะเป็น Hyperbola ที่สมบูรณ์หรือไม่ จึงแก้ปัญหาโดยนำผลการทดลองมาเขียนกราฟระหว่างความดัน P กับ $\frac{1}{V}$ หรือระหว่าง PV กับ P ซึ่งจะได้เห็นว่าก๊าซที่เป็นไปตามกฎของบอยล์อย่างแท้จริงนั้นจะให้กราฟระหว่าง P กับ $\frac{1}{V}$ เป็นเส้นตรง ผ่านจุดกำเนิด (origin) มีความลาด (slope) เท่ากับ K ดังภาพประกอบ 5(ก) หรือให้กราฟระหว่าง PV กับ P (หรือ P กับ $\frac{1}{V}$) เป็นเส้นตรง มีความลาดเป็นศูนย์ดังภาพประกอบ 5(ข)



ภาพประกอบ 5 กราฟของก๊าซในอุดมคติ (ก) ระหว่าง P กับ $\frac{1}{V}$ (ข) ระหว่าง PV กับ P (ที่มา : ประภาณี เกษมศรี ณ อุทยาน. (2521) เคมีทั่วไป เล่ม 1 : 56)

อย่างไรก็ตามถ้าบอยล์สามารถวัดความดันและปริมาตรได้อย่างละเอียดก็จะพบว่าก๊าซจริงที่นำมาทดลองจะไม่เป็นไปตามกฎนี้ไม่ว่าที่สภาวะใด ๆ แต่อาจมีสมบัติใกล้เคียงกับกฎนี้ต่อเมื่อก๊าซมีความดันต่ำ ๆ ดังนั้นกฎของบอยล์จึงถือว่าเป็นกฎในอุดมคติ (ideal law) กฎหนึ่ง

การที่ก๊าซจริงไม่เป็นไปตามกฎของบอยล์ เนื่องจากมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลสำหรับที่สภาวะความดันต่ำ ๆ ก๊าซมีความหนาแน่นน้อยอนุภาคจะอยู่ห่างกันทำให้แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลอ่อนลง ก๊าซจริงจึงมีสมบัติใกล้เคียงกับก๊าซในอุดมคติ ฉะนั้นถ้าความดันเข้าใกล้ศูนย์อนุภาคจะยิ่งอยู่ห่างกันมากขึ้นจนอาจถือได้ว่าไม่มีแรงดึงดูดระหว่างอนุภาค ก๊าซนั้นก็จะประพฤติตามกฎของบอยล์

ตัวอย่าง ก๊าซไนโตรเจนจำนวนหนึ่งมีปริมาตร 280 cm^3 ที่ความดัน 945 mm ปรอท ก๊าซนี้จะมีปริมาตรเท่าใดเมื่อความดันเปลี่ยนจากเดิมไปเป็น 360 mm ปรอท โดยที่อุณหภูมิคงเดิม

วิธีทำ

สถานะหนึ่ง	สถานะสอง
$P_1 = 945 \text{ mm ปรอท}$	$P_2 = 360 \text{ mm ปรอท}$
$V_1 = 280 \text{ cm}^3$	$V_2 = ?$
ตามกฎของ Boyle $P_1 V_1 = P_2 V_2$	
	$V_2 = \frac{945}{360} \times 280$
	$= 735 \text{ cm}^3$

กฎของชาร์ล และเกย์ลูสแซค (The Law of Charles and Gay-Lussac)

สสารต่าง ๆ ไม่ว่าจะอยู่สถานะก๊าซ หรือ ของเหลว หรือของแข็งก็ตาม เมื่อได้รับความร้อนจะมีการขยายตัว สำหรับก๊าซจะขยายตัวได้มากกว่าของเหลวและของแข็งดังผลการทดลองในตาราง 1

ตาราง 1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรกับอุณหภูมิของสาร

	ปริมาตร (ml)		ปริมาตรที่เปลี่ยน	
	0°C	100°C	ml	%
อากาศ	1.00	1.37	0.37	37
น้ำ	1.00	1.04	0.04	4
เหล็ก	1.00	1.03	0.03	3

ในราวปี ค.ศ. 1787 ชาร์ล (Jacques A.C. Charles ค.ศ. 1746-1823) นักคณิตศาสตร์และฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส ได้ทดลองนำเอา ไฮโดรเจน อากาศ ออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์มาทำให้ร้อนจาก 0°C ถึง 80°C ปรากฏว่าก๊าซแต่ละชนิดจะขยายตัวได้เท่า ๆ กัน ต่อมาในปี ค.ศ. 1802 เกย์ลูสแซค (Joseph Louis Gay-Lussac ค.ศ. 1778-1850) นักเคมีและฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส ได้พยายาม

ทดลองทำนองเดียวกับชาร์ลแต่ทำอย่างละเอียด และพบความจริงสรุปได้ดังนี้ ถ้าให้ความดันคงที่ ปริมาตรของก๊าซใด ๆ จะเพิ่มขึ้นหรือลดลง $\frac{1}{273}$ ของปริมาตรเดิมของก๊าซนั้นที่ 0°C ทุก ๆ 1°C ที่ ก๊าซร้อนขึ้นหรือเย็นลงจากเดิม ข้อความนี้เรียกว่ากฎของชาร์ลและเกย์ลูสแซด บางคนเรียกสั้น ๆ ว่า กฎของชาร์ล ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$V_t = V_0 (1 + \alpha t) \text{ โดยให้ความดันคงที่}$$

$$\text{หรือ } t = \frac{1}{\alpha} \left(\frac{V_t}{V_0} - 1 \right) \quad (3)$$

เมื่อ V_0 เป็นปริมาตรของก๊าซจำนวนหนึ่งที่กำหนดให้ที่อุณหภูมิ 0°C
 V_t เป็นปริมาตรที่ $t^{\circ}\text{C}$
 α เป็นค่าคงที่มีค่าประมาณ $\frac{1}{273}$ สำหรับก๊าซทุกชนิด

จากสมการที่ (3) อาจเขียนใหม่โดยให้ T_t (เคลวิน) $= 273 + t$ และ T_0 (เคลวิน) $= 273$ จะได้เป็น

$$V_t = \frac{V_0 T_t}{T_0}$$

$$\frac{V_t}{V_0} = \frac{T_t}{T_0}$$

$$\text{หรือ } \frac{V}{V_t} = \frac{T_0}{T_t} \quad (4)$$

จากสมการ (4) อาจกล่าวได้ว่า ปริมาตรของก๊าซใด ๆ จำนวนหนึ่ง จะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับอุณหภูมิเคลวิน เมื่อความดันคงที่ ข้อความนี้ก็ถือว่าเป็นกฎของชาร์ลอีกตอนหนึ่งด้วยเหมือนกัน ถ้าเขียนเป็นแบบคณิตศาสตร์จะได้เป็น

$$V \propto T \text{ (เคลวิน)}$$

$$V = KT \quad (5)$$

ตัวอย่าง ก๊าซไนโตรเจน 3.5 ลิตร มีอุณหภูมิ -63°C ทำให้ร้อนขึ้นจนมีอุณหภูมิ 225°C ปริมาตรจะขยายออกไปเป็นเท่าใด ถ้าตลอดเวลานั้นความดันยังคงที่ที่ 700 mm

สถานะหนึ่ง	สถานะสอง
$T_1 = 273 - 63$	$T_2 = 273 + 225$
$= 210 \text{ K}$	$= 498 \text{ K}$

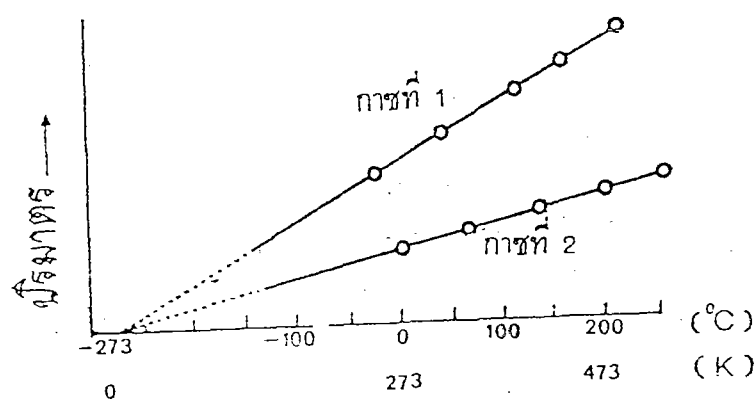
$$V_1 = 3.5 \text{ ลิตร}$$

$$V_2 = ?$$

ตามกฎของ ชาร์ล

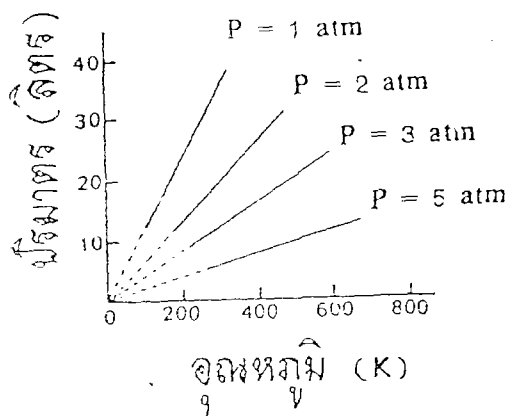
$$\begin{aligned} \frac{V_1}{T_1} &= \frac{V_2}{T_2} \\ \frac{3.5}{210} &= \frac{V_2}{498} \\ V_2 &= \frac{3.5 \times 498}{210} \\ &= 8.3 \text{ ลิตร} \end{aligned}$$

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรกับอุณหภูมินั้น ทดลองได้โดยนำก๊าซมาจำนวนหนึ่ง แล้วทำให้อุณหภูมิของก๊าซนั้นเปลี่ยนไป โดยให้ความดันคงที่ จะพบว่าปริมาตรของก๊าซเปลี่ยนแปลงเป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับอุณหภูมิ ถ้านำก๊าซตัวอย่างมา 2 ตัวอย่าง ซึ่งอาจจะเป็นก๊าซชนิดเดียวกันแต่มีปริมาณต่างกันหรือจะเป็นก๊าซต่างชนิดกันก็ได้ (ก๊าซที่นำมานั้นไม่ควรจะกลายเป็นของเหลวในช่วงอุณหภูมิที่จะทดลอง) แล้วลดอุณหภูมิลงทีละช่วงพร้อมกับวัดปริมาตรของก๊าซไว้ทุกครั้ง ที่ลดอุณหภูมิ นำค่าอุณหภูมิและปริมาตรที่ทดลองได้ไปเขียนกราฟดังในภาพ 6 ถ้าต่อเส้นกราฟตรงลงมาทั้งสองเส้นจะตัดแกนอุณหภูมิที่จุดเดียวกันคือประมาณ -273°C กราฟแต่ละเส้นจะมีความลาด (slope) โดยประมาณเท่ากับ $\frac{V}{273}$ (ของก๊าซตัวอย่างนั้น ๆ) สำหรับก๊าซจริง (real gas) จะกลายเป็นของเหลวก่อนที่อุณหภูมิจะลดถึง -273°C และที่อุณหภูมิ -273°C นี้จึงถือว่าเป็นอุณหภูมิศูนย์สัมบูรณ์ (absolute zero) หรือที่เรียกกันว่าศูนย์เคลวินนั่นเอง



ภาพประกอบ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรกับอุณหภูมิเซลเซียส
(ที่มา : ประภาณี เกษมศรี ณ อยุรยา. (2521) เคมีทั่วไป เล่ม 1 : 60)

เมื่อเขียนกราฟระหว่างปริมาตรกับอุณหภูมิเคลวินโดยให้ความดันคงที่ จะได้กราฟเป็นเส้นตรงดังภาพประกอบที่ 7 ทุก ๆ จุดบนกราฟเส้นเดียวกันจะมีความดันเท่ากัน จึงเรียกเส้นกราฟเหล่านี้ว่า ไอโซบาร์ (isobar) มีความลาดเท่ากับ K แต่ความลาดของแต่ละเส้นจะมีค่าต่างกันตามความดัน ถ้าความดันลดลง ความลาดหรือ K จะมีค่าเพิ่มขึ้น



ภาพประกอบ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรกับอุณหภูมิเคลวิน
(ที่มา : ประภาณี เกษมศรี ณ อยุรยา. (2521) เคมีทั่วไป เล่ม 1 : 60)

จากภาพประกอบ 6 และ 7 ถ้าต่อกราฟออกไปตามเส้นไขปลาจะไปตัดแกนอุณหภูมิที่ -273°C และที่ 0 K ตามลำดับ ทั้งสองกรณีปริมาตรจะเป็นศูนย์ แสดงว่าก๊าซกลายเป็นของเหลวหมดแล้ว

ดังนั้นจึงกำหนดให้อุณหภูมิ -273 องศาเซลเซียสตรงกับศูนย์เคลวิน ซึ่งถือว่าเป็นอุณหภูมิต่ำสุดในมาตราเคลวินและไม่มีค่าเป็นลบเพราะถ้ามีค่าเป็นลบแล้วจะทำให้ปริมาตรที่คำนวณตามสมการ (3) หรือ (4) มีค่าติดลบด้วยซึ่งเป็นไปไม่ได้ ตามปกติก๊าซใด ๆ ก็ตามจะเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวหรือของแข็งก่อนที่จะถึงศูนย์เคลวิน ในปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์สามารถลดอุณหภูมิได้แค่ 0.0014 เคลวินเท่านั้น ยังไม่สามารถทำได้ถึงศูนย์เคลวิน

กฎของชาร์ลส์ก็เช่นเดียวกับกฎของบอยล์ คือ เป็นกฎที่ใช้กับก๊าซในอุดมคติ เราพบว่าที่อุณหภูมิสูงและความดันปกติ หรือต่ำกว่าปกติก๊าซต่าง ๆ จะเป็นไปตามกฎทั้งสองนั้นดีพอสมควร แต่มีก๊าซบางชนิดเช่น H_2 , He , Ne ซึ่งมีสมบัติใกล้เคียงกับก๊าซในอุดมคติ ก๊าซเหล่านี้ทำให้เป็นของเหลวได้ยาก

กฎของก๊าซในอุดมคติ (The Ideal Gas Law)

$$\text{จากกฎของบอยล์ } V \propto \frac{1}{P} \quad (T, n \text{ คงที่})$$

และกฎของชาร์ล $V \propto T$ (P, n คงที่)

ถ้ารวมกฎของบอยล์และกฎของชาร์ลเข้าด้วยกัน สามารถเขียนได้เป็น

$$\frac{PV}{T} = c(n)$$

$c(n)$ เป็นค่าคงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณ หรือจำนวนโมล (n) ของก๊าซ

ถ้าก๊าซใดเป็นไปตามสมการแห่งสภาวะ $\frac{PV}{T} = c(n)$ ก็แสดงว่าก๊าซนั้นประพฤติตามกฎของบอยล์และกฎของชาร์ล และถือว่าก๊าซนั้นเป็นก๊าซในอุดมคติ จากสมการนี้สามารถเขียนใหม่เป็นดังนี้

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad (6)$$

สมการ (6) บางคนเรียกว่า กฎรวมของก๊าซ (the combined gas law) ใช้คำนวณหาความดันหรือปริมาตร หรืออุณหภูมิ (เคลวิน) ของก๊าซใด ๆ ที่เปลี่ยนจากสภาวะหนึ่งไปยังอีกสภาวะหนึ่ง

ทฤษฎีจลน์ของก๊าซ (The Kinetic Theory of Gases)

หลักพื้นฐานของจลน์ศาสตร์ (The Fundamentals of the Kinetic Theory)

จากสมบัติและพฤติกรรมต่าง ๆ ของก๊าซ นักฟิสิกส์และนักเคมีหลายท่าน เห็นว่าน่าจะมีทฤษฎีที่จะอธิบายลักษณะ สมบัติของก๊าซโดยทั่วไปได้ และทฤษฎีนี้จะต้องสอดคล้องกับความจริงต่าง ๆ ตามธรรมชาติของก๊าซ ในราวปี ค.ศ. 1783 Deniel Bemoulli ได้เสนอแนะทฤษฎีจลน์ของก๊าซ เป็นการเสนอแนะขอบเขตความเป็นไปของโมเลกุลก๊าซ ต่อมานักวิทยาศาสตร์อื่นๆ ได้พยายามเสนอแนะ ดัดแปลงทฤษฎีจลน์ของ Bemoulli ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ก๊าซที่กล่าวถึงตามทฤษฎีนี้เป็นก๊าซสมมุติ หรือก๊าซสมบูรณ์ (ideal หรือ perfect gas)

หลักสำคัญที่ใช้ในการศึกษาจลน์ศาสตร์หรือทฤษฎีจลน์มีดังนี้

1. ก๊าซประกอบด้วยโมเลกุลเล็ก (tiny molecule)
2. ระยะระหว่างโมเลกุลของก๊าซห่างกันมาก เมื่อเทียบกับขนาดของโมเลกุลของมัน ปริมาตรของก๊าซส่วนใหญ่จะเป็นที่ว่าง
3. โมเลกุลของก๊าซไม่มีแรงดึงดูดซึ่งกันและกัน แต่ถ้าโมเลกุลของมันเข้ามาใกล้กัน แรงดึงดูดระหว่างมันจะเพิ่มขึ้น

4. โมเลกุลของก๊าซ เคลื่อนที่เป็นเส้นตรงทุกทิศทาง แล้วก็ชนกับโมเลกุลของก๊าซอื่น ๆ และผนังของภาชนะ

5. การชนของโมเลกุล จะไม่มีพลังงานหายไป ไม่ว่าจะกับโมเลกุลอื่น ๆ หรือกับผนังของภาชนะ

6. พลังงานจลน์เฉลี่ยของแต่ละโมเลกุล จะเท่ากันทุก ๆ ก๊าซ ณ ที่อุณหภูมิเดียวกัน และค่าของมันเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

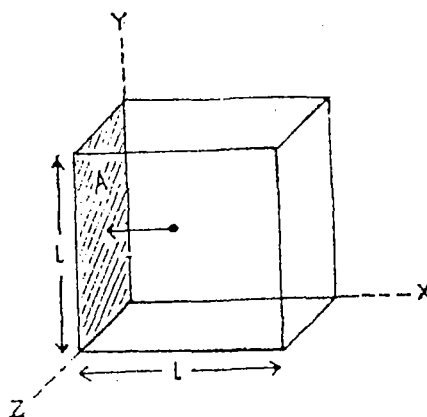
ความจำเป็นที่ต้องตั้งทฤษฎีจลน์ของก๊าซขึ้นมาก็เพราะว่า ก๊าซใดๆ ก็ตามจะประกอบด้วยอนุภาคที่ยึดหยุ่นได้อย่างสมบูรณ์ (perfectly elastic particles) อนุภาคนี้เล็กมากและมีเป็นจำนวนมาก ซึ่งอาจจะเรียกว่า chemical molecules เคลื่อนไหวอยู่รอบทิศทาง ผลจากการเคลื่อนไหวไปโดยรอบทิศทางของก๊าซนี้เอง โมเลกุลของมันจะกระทบซึ่งกันและกัน และจะกระทบผนังภาชนะที่บรรจุมันด้วย การที่ก๊าซชนผนังของภาชนะที่บรรจุมันอยู่แล้วสะท้อนออกมา นี้ จะมีผลต่อความดันของก๊าซ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ โมเลกุลของก๊าซจะเคลื่อนไหวเร็วขึ้น ถ้าให้ปริมาตรคงที่ ความดันจะเพิ่มขึ้นและถ้าหากว่าโมเลกุลของก๊าซอยู่ในที่ ๆ มีปริมาตรน้อย ๆ ก๊าซนั้นก็กระทบกับผนังบ่อยขึ้นทำให้ความดันเพิ่มขึ้น จากผลสรุปที่ได้จากทฤษฎีจลน์ของก๊าซนี้ ตรงกับผลของการทดลอง ต่อมาได้มีผู้ค้นคว้านำเอาทฤษฎีนี้มาใช้หาปริมาณของก๊าซ ซึ่งในปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์กำลังสนใจแต่เฉพาะก๊าซในอุดมคติ เพราะว่าก๊าซในอุดมคติเป็นก๊าซที่โมเลกุลเล็กมาก ปริมาตรของโมเลกุลของมันจึงตัดทิ้งได้ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาตรทั้งหมดของก๊าซ และในเวลาต่อมา เขาก็สมมติทั้งสองข้อข้างบนนี้ นักวิทยาศาสตร์ก็สามารถพัฒนาเรื่องราวต่าง ๆ สำหรับความดันของก๊าซในอุดมคติ

สมการของสถานะสร้างขึ้นได้จากทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

เราอาจหาความสัมพันธ์ระหว่างผลคูณของความดันและปริมาตรกับพลังงานจลน์ของก๊าซได้จากทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

สมมติหีบโปหนึ่งเป็นรูปลูกบาศก์มีด้านทุกด้านทุกด้านยาว l เซนติเมตร ภายในบรรจุก๊าซ N โมเลกุล ครั้งแรกคำนึงถึงก๊าซเพียงโมเลกุลเดียวก่อน ให้โมเลกุลนี้วิ่งในแกน x วิ่งออกจากฝาหีบข้างหนึ่งไปกระทบฝาอีกข้างหนึ่ง (ในแนว x) สะท้อนกลับมาที่เดิม ระยะทางที่วิ่งเท่ากับ $2l$ เซนติเมตร ในการวิ่งไปและกลับระยะทาง $2l$ เซนติเมตรนี้ กระทบฝาหนึ่งครั้ง ซึ่งสมมติ เป็นฝา A ในภาพ

ประกอบ 8 ถ้าความเร็วของโมเลกุลในแนว $x = \frac{V_x}{2l}$ ครั้ง



ภาพประกอบ 8 โมเลกุลก๊าซชนผนังหีบในแนว X
(ที่มา : กฤษณา ชูติมา. (2525) หลักเคมีทั่วไป เล่ม 1 : 304)

ตามทฤษฎีจลน์ของก๊าซ เมื่อโมเลกุลของก๊าซปะทะฝาจะสะท้อนกลับออกมาโดยไม่เสียความเร็วเพียงแต่เปลี่ยนทิศทางโดยย้อนกลับสวนทิศทางเดิม โมเมนตัมของโมเลกุลก่อนปะทะฝา A เป็น mv_x และภายหลังการปะทะเป็น $-mv_x$ เครื่องหมายลบแสดงว่าความเร็วมีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางเดิม

$$\begin{aligned}\text{โมเมนตัมที่เปลี่ยนไปต่อการปะทะฝา A หนึ่งครั้งต่อ 1 โมเลกุล} &= mv_x - (-mv_x) \\ &= 2mv_x\end{aligned}$$

เมื่อทราบว่าการปะทะฝา A แต่ละครั้งโมเมนตัมเปลี่ยนไป $2mv_x$ และทราบว่าใน 1 วินาที โมเลกุลชนฝา $\frac{V_x}{2l}$ ครั้ง ถ้าเอาสองจำนวนนี้คูณกันก็จะได้ค่าโมเมนตัมที่เปลี่ยนไปต่อวินาทีต่อหนึ่งโมเลกุล ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{โมเมนตัมทั้งหมดที่เปลี่ยนไปต่อวินาทีต่อหนึ่งโมเลกุล} &= 2mv_x \times \frac{V_x}{2l} \\ &= \frac{mv_x^2}{l}\end{aligned}$$

ค่านี้เท่ากับแรงทั้งหมดที่เปลี่ยนไปต่อวินาทีต่อหนึ่งโมเลกุล กระทำต่อฝา A นั้นเอง เพราะแรงคือโมเมนตัมที่เปลี่ยนไปต่อหน่วยเวลา

$$\begin{aligned}F &= ma \\ &= \frac{mv}{t}\end{aligned}$$

เนื่องจากภายในหีบไบนั้นมีก๊าซอยู่ถึง N โมเลกุล ซึ่งล้วนมีความเร็วต่างกัน ดังนั้นแทนที่จะใช้เทอม v_x^2 ควรใช้ $\overline{v_x^2}$ คือค่าเฉลี่ยของกำลังสองของความเร็วในแนว x โดยกำหนดให้ขีดข้างบนหมายถึงค่าเฉลี่ย

$$\text{โมเมนตัมที่เปลี่ยนไปทั้งหมดต่อวินาทีสำหรับ } N \text{ โมเลกุล} = \frac{Nm\overline{v_x^2}}{l}$$

นั่นคือแรงทั้งหมดที่ N โมเลกุลกระทำต่อฝา A

$$\begin{aligned} F &= \frac{Nm\overline{v_x^2}}{l} \\ \text{แต่ความดัน } P &= \frac{\text{แรง}}{\text{พื้นที่}} + \frac{F}{l^2} \\ &= \frac{Nm\overline{v_x^2}}{l \times l^2} \\ &= \frac{Nm\overline{v_x^2}}{V} \\ \text{หรือ } PV &= Nm\overline{v_x^2} \quad (7) \end{aligned}$$

โมเลกุลก๊าซไม่ได้เคลื่อนที่ในแนว x เท่านั้น อาจเคลื่อนที่ได้ในแนว y และแนว z ด้วยถ้าให้ v เป็นความเร็วของโมเลกุล เวกเตอร์ความเร็ว v ในที่ว่างสามมิติอาจแยกออกไปเป็นความเร็วตามแนว x, y และ z ตามกฎพีทาโกเรียน (Pythagorean Rule) เราจะได้

$$v^2 = v_x^2 + v_y^2 + v_z^2$$

สำหรับค่าเฉลี่ยของกำลังสองของความเร็ว ก็จะเป็น

$$\begin{aligned} \overline{v^2} &= \overline{v_x^2} + \overline{v_y^2} + \overline{v_z^2} \\ \text{ในเมื่อ } \overline{v_x^2} &= \overline{v_y^2} = \overline{v_z^2} \\ \text{หรือ } \overline{v_x^2} &= \frac{\overline{v^2}}{3} \\ \text{แทนค่า } \overline{v_x^2} &\text{ ใน สมการที่ 7} \end{aligned}$$

$$PV = \frac{Nmv^2}{3} \quad (8)$$

โมเลกุลซึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v จะมีพลังงานจลน์ $K.E. = \frac{1}{2} mv^2$ แต่เมื่อมีโมเลกุลจำนวนมาก ซึ่งแต่ละโมเลกุลมีความเร็วต่างกัน จะมีพลังงานจลน์ต่าง ๆ กัน ดังนั้นค่าพลังงานจลน์เฉลี่ยต่อหนึ่งโมเลกุลคือ

$$K.E. \text{ เฉลี่ยต่อ 1 โมเลกุล} = \frac{1}{2} mv^2$$

สมการ (8) เขียนเสียใหม่เป็น

$$\begin{aligned} PV &= \frac{2}{3} N \left(\frac{1}{2} mv^2 \right) \\ \text{ดังนั้น} \quad PV &= \frac{2}{3} N (K.E.) \end{aligned} \quad (9)$$

หรือถ้าคิดพลังงานจลน์เฉลี่ยต่อหนึ่งโมเลกุลก็ได้ $PV = \frac{2}{3} (K.E.)$ เมื่อ $K.E.$ ในสมการนี้หมายถึงพลังงานจลน์เฉลี่ยต่อหนึ่งโมเลกุล

ข้อความส่วนหนึ่งของทฤษฎีจลน์ของก๊าซกล่าวว่า พลังงานจลน์เฉลี่ยของก๊าซเป็นปฏิภาคกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ ดังนั้น PV ในสมการ (9) ย่อมเป็นปฏิภาคกับอุณหภูมิ T และเนื่องจากจำนวนโมเลกุลเป็นปฏิภาคกับจำนวนโมลด้วย สมการ (9) จึงอาจเขียนได้ในรูป

$$\frac{PV}{nT} = \text{ค่าคงที่}$$

ซึ่งเป็นสมการของสถานะของก๊าซนั่นเอง แสดงว่าเราสามารถสร้างสมการของสถานะขึ้นมาได้ทางทฤษฎีจากพฤติกรรมของก๊าซตามทฤษฎีจลน์

พลังงานจลน์กับอุณหภูมิ

ถ้าต้องการทราบว่าพลังงานจลน์สัมพันธ์กับอุณหภูมิอย่างไร เราก็เทียบสมการ (9) ซึ่งได้มาจากทฤษฎีจลน์ของก๊าซกับสมการของสถานะที่ได้จากการทดลอง ดังนี้

$$\begin{aligned} PV &= \frac{2}{3} N (K.E.) \\ PV &= nRT \\ \frac{2}{3} N (K.E.) &= nRT \end{aligned}$$

ถ้าคิดเพียง 1 โมล คือ $n = 1$ N จะเท่ากับจำนวนโมเลกุลใน 1 โมล

$$K.E = \frac{3}{2} \frac{R}{N} T \quad (10)$$

สมการ (10) แสดงความสัมพันธ์ของพลังงานจลน์เฉลี่ยของหนึ่งโมเลกุลกับอุณหภูมิ

$$\begin{array}{lll} R & \text{เป็น} & \text{ค่าคงที่ของก๊าซต่อโมล} \\ N & \text{เป็น} & \text{จำนวนคงที่คือเท่ากับ } 6.02 \times 10^{23} \\ \text{โมเลกุล} \quad \frac{R}{N} & \text{เป็น} & \text{ค่าคงที่ของก๊าซต่อโมเลกุล ใช้ } k \text{ แทน} \\ K.E. & = & \frac{3}{2} kT \quad (11) \end{array}$$

ค่าคงที่ k เรียกว่า Boltzmann's constant

$$\begin{array}{lll} k & = & \frac{R}{N} \\ R & = & 8.314 \text{ จูล } K^{-1} \text{ mol}^{-1} \\ N & = & 6.02 \times 10^{23} \text{ โมเลกุล / โมล} \\ k & = & \frac{8.314 \frac{\text{จูล}}{\text{โมล} \times \text{เคลวิน}}}{6.02 \times 10^{23} \frac{\text{โมเลกุล}}{\text{โมล}}} \\ & = & 1.39 \times 10^{-23} \text{ จูลต่อเคลวินต่อโมเลกุล} \end{array}$$

พลังงานจลน์ของก๊าซที่อุณหภูมิหนึ่งอุณหภูมิใด หมายถึงพลังงานจลน์เฉลี่ย โมเลกุล ก๊าซแต่ละโมเลกุลภายในก๊าซจำนวนหนึ่งมีความเร็วไม่เท่ากัน ซึ่งทำให้พลังงานจลน์มีค่าไม่เท่ากัน อย่างไรก็ตามพลังงานจลน์ของแต่ละโมเลกุลย่อมมีค่าใกล้เคียงพลังงานจลน์เฉลี่ย สมการ (11) แสดงว่าอุณหภูมิเป็นเครื่องชี้วัดค่าพลังงานจลน์ของก๊าซชนิดใดก็ตามถ้ามีอุณหภูมิเท่ากัน พลังงานจลน์จะมีค่าเท่ากัน ทั้งนี้โดยไม่คำนึงถึงชนิดของก๊าซเลย ถ้าทำให้ก๊าซร้อนขึ้นมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น พลังงานจลน์เฉลี่ยย่อมเพิ่มขึ้นด้วยและความเร็วของก๊าซเพิ่มขึ้น ที่อุณหภูมิศูนย์สมบูรณ์ พลังงานจลน์เป็นศูนย์ โมเลกุลไม่มีการเคลื่อนไหว เมื่อพลังงานจลน์มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ เราก็อาจพิจารณาความดันและปริมาตรในทางที่สัมพันธ์กับการเคลื่อนไหวของโมเลกุล การเพิ่มอุณหภูมิหรือเพิ่มการเคลื่อนไหวของโมเลกุลก๊าซย่อมเพิ่มความดันหรือเพิ่มปริมาตร ซึ่งในเรื่องนี้ทำให้ทฤษฎีจลน์ช่วยอธิบายความเป็นไปของกฎของก๊าซได้ดี

ความเร็วของโมเลกุล

ภายในก๊าซจำนวนหนึ่ง โมเลกุลก๊าซแต่ละโมเลกุลมีความเร็วไม่เท่ากัน และความเร็วเหล่านี้ไม่คงที่ตลอดไปด้วย จะเปลี่ยนไปเรื่อย ๆ เนื่องจากการปะทะซึ่งกันและกันในการปะทะแต่ละ

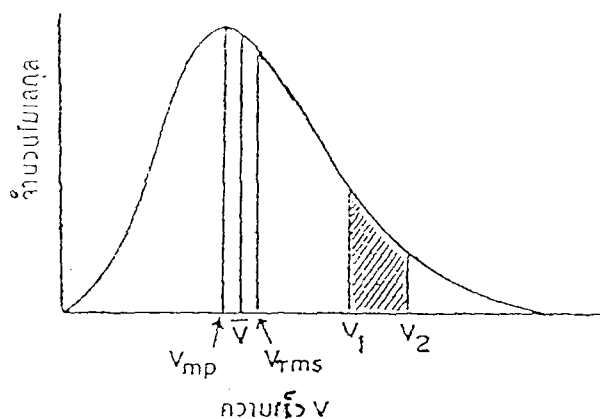
ครั้งโมเลกุลไม่ได้เปลี่ยนทิศทางอย่างเดียว หากแต่เปลี่ยนความเร็วด้วยโมเลกุล A และโมเลกุล B วิ่งสวนกันในแนวทางเดียวกัน ภายหลังการปะทะความเร็วของโมเลกุล A อาจลดลงและความเร็วของโมเลกุล B เพิ่มขึ้นโมเลกุล B วิ่งต่อไปถูกโมเลกุลอื่นปะทะทางด้านข้างเข้าอีก ก็อาจวิ่งเฉไຈจากแนวเดิมแล้วก็เพิ่มความเร็วยิ่งขึ้นไปอีก ในการปะทะกันระหว่างโมเลกุลสองโมเลกุลอาจเป็นไปได้เหมือนกันที่การปะทะทำให้โมเลกุลหนึ่งหยุดอยู่กับที่ ส่วนอีกโมเลกุลหนึ่งนั้นวิ่งต่อไปด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วของทั้งสองโมเลกุลก่อนการปะทะรวมกัน โมเลกุลที่หยุดนั้นอีกประเดี๋ยวก็นำไปปะทะแล้วมีความเร็วขึ้นมาใหม่ การปะทะกันก็มีหลายแบบชนกันอย่างจังในแนวเดียวกันก็มี กระแทกในแนวตั้งฉากกันก็มี ชนกันเฉียดข้างเบา ๆ ก็มี ปะทะกันได้ทุกมุม การปะทะกันในมุมต่าง ๆ และด้วยความเร็วต่าง ๆ กันทั้งสองฝ่าย ทำให้โมเลกุลทั้งหลายภายในก๊าซจำนวนหนึ่งมีความเร็วและทิศทางที่เปลี่ยนไปตลอดเวลา ที่อุณหภูมิใดอุณหภูมิหนึ่งมีความเร็วของโมเลกุลมีได้แตกต่างกัน ตั้งแต่ศูนย์ไปจนถึงความเร็วสูงมาก เรบอกไม่ได้ว่าโมเลกุลไหนมีความเร็วเท่าใด เพราะเหตุที่ความเร็วเปลี่ยนไปทุกขณะเช่นนี้ แต่พอจะหาได้ว่าโมเลกุลที่มีความเร็วเท่านั้น ๆ มีอยู่มากน้อยเท่าใด

ในค.ศ.1860 Jame Clerx Maxwell และ Boltzmann สร้างสมการแสดงกฎการแจกแจงความเร็วของโมเลกุล (Maxwell - Boltzmann Distribution Law for molecular velocities) หรือเรียกว่ากฎการแจกแจงความเร็วของโมเลกุลของ Maxwell โดย สมมุติว่าอุณหภูมิ T ก๊าซจำนวนหนึ่งมีอยู่ N โมเลกุล แต่ละโมเลกุลมีมวล m ต้องการทราบว่ามีอยู่ที่โมเลกุลใน N โมเลกุลที่มีความเร็วระหว่าง v กับ $v + \Delta v$ สมการเป็นดังนี้

$$\frac{\Delta N}{N} = 4 \pi \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{\frac{3}{2}} e^{-mv^2/2kT} v^2 \Delta v$$

จากสมการ

$\frac{\Delta N}{N}$	เป็น	เศษส่วนของจำนวนโมเลกุลที่มีความเร็วอยู่ระหว่าง v กับ $v + \Delta v$
K	เป็น	Boltzmann's constant
e	เป็น	natural logarithm มีค่าเท่ากับ 2.71



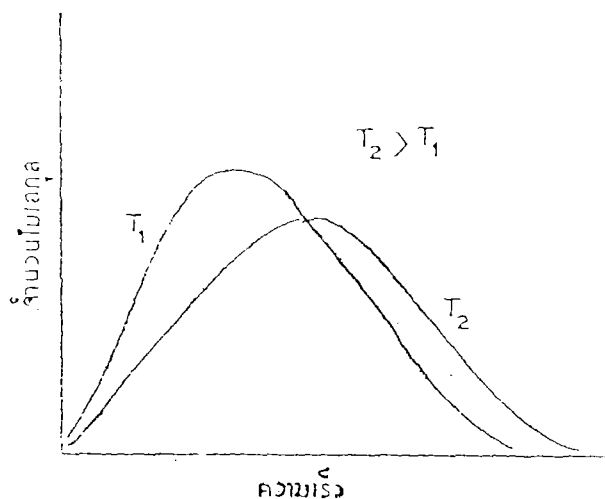
ภาพประกอบ 9 การแจกแจงความเร็วของโมเลกุลตาม Maxwell - Boltzmann
(ที่มา : กฤษณา ชูติมา. (2525) หลักเคมีทั่วไป เล่ม 1 : 308)

จากภาพประกอบ 9

เส้นโค้ง แทน จำนวนโมเลกุลที่มีความเร็วแต่ละค่า (เส้นโค้งนี้ได้มาจากการคำนวณ และพิสูจน์ได้ว่าเป็นจริงโดยการทดลอง)

เนื้อที่ทั้งหมดภายใต้เส้นโค้งระหว่างความเร็ว v_1 และ v_2 แทน จำนวนโมเลกุลที่มีความเร็วอยู่ระหว่าง v_1 และ v_2

จากกราฟ สรุปได้ว่าจำนวนโมเลกุลแจกแจงออกตามความเร็วของโมเลกุลต่าง ๆ พวกที่มีความเร็วต่ำ และพวกที่มีความเร็วสูงมีอยู่เป็นจำนวนน้อย ความเร็วตรงยอดเรียกว่าความเร็วที่เป็นไปได้มากที่สุด (most probable velocity) v_{mp} ความเร็วค่านี้จะมีจำนวนโมเลกุลที่มีความเร็วเท่านี้อยู่มากที่สุดในจำนวนโมเลกุลทั้งหมด



ภาพประกอบ 10 แสดงการแจกแจงความเร็วของโมเลกุลที่อุณหภูมิ T_1 และ T_2
(ที่มา : กฤษณา ชูติมา. (2525) หลักเคมีทั่วไป เล่ม 1 : 309)

จากกราฟสรุปได้ว่า ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นยอดของเส้นโค้งเคลื่อนไปทางขวา (ภาพ 10) แต่เส้นโค้งแบนลงและกว้างขึ้น แสดงว่าที่อุณหภูมิสูงขึ้น โมเลกุลที่มีความเร็วสูงมีจำนวนมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ

การคำนวณหาความเร็วของโมเลกุลก๊าซทำได้โดยอาศัยสมการ (11)

$$\begin{aligned} \text{K.E.} &= \frac{3}{2} kT \\ \frac{1}{2} m\bar{v}^2 &= \frac{3}{2} kT \\ \bar{v}^2 &= \frac{3kT}{m} \\ \sqrt{\bar{v}^2} &= \sqrt{\frac{3kT}{m}} \end{aligned}$$

สมมติต้องการหาความเร็วของโมเลกุลก๊าซออกซิเจนที่ 27°C

$$\begin{aligned} k &= 1.38 \times 10^{-23} \quad \text{JK}^{-1} \\ T &= 273+27 \quad \text{K} \\ &= 300 \quad \text{K} \\ m &= \frac{32}{6.02 \times 10^{23}} \\ &= 5.32 \times 10^{-23} \quad \text{กรัมต่อโมเลกุล} \\ \sqrt{\bar{v}^2} &= \frac{\sqrt{3 \times 1.38 \times 10^{-23} \times 10^3 \text{ gm}^2 \text{ s}^{-2} \text{ K}^{-1} \times 300 \text{ K}}}{5.32 \times 10^{-23} \text{ g}} \\ &= 480 \quad \text{ms}^{-1} \end{aligned}$$

ถ้าต้องการทราบความเร็วเฉลี่ย

$$\begin{aligned} \bar{v} &= 480 \times \frac{1.14}{1.21} \\ &= 452 \text{ ms}^{-1} \end{aligned}$$

ทฤษฎีจลน์กับกฎของก๊าซ

ทฤษฎีจลน์ของก๊าซเป็นทฤษฎีที่กล่าวถึงธรรมชาติของก๊าซโดยสมมติขึ้น แต่สอดคล้องกับกฎของก๊าซที่ได้จากการทดลองทุกกฎ ดังนี้

กฎของบอยล์

กฎของบอยล์กล่าวถึงความดันและปริมาตรของก๊าซที่อุณหภูมิคงที่ ตามทฤษฎีจลน์ เมื่ออุณหภูมิคงที่ก๊าซมีพลังงานจลน์เท่าเดิมและความเร็วเท่าเดิม ถ้าลดปริมาตรของก๊าซลง ให้ก๊าซหดตัวลงมาอยู่ในที่เล็กจุกัดกว่าเดิม ถึงแม้จำนวนโมเลกุลเท่าเดิม ความเร็วเท่าเดิม แต่อยู่ในที่แคบลง โมเลกุลจะปะทะภาชนะบ่อยครั้งขึ้น ความดันจึงมากขึ้นเพราะความดันมีค่าน้อยมากวัดกันที่จำนวนการปะทะภาชนะ และถ้าเพิ่มปริมาตรก๊าซ ก๊าซอยู่ในที่กว้างขวางกว่าเดิม โอกาสที่โมเลกุลก๊าซจะปะทะภาชนะน้อยลง ความดันจึงน้อยลง เห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของความดันเป็นไปในทางกลับกันกับการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรซึ่งเป็นกฎของบอยล์

พิจารณากฎของบอยล์จากสมการ.ซึ่งได้มาจากทฤษฎีจลน์

$$PV = \frac{2}{3} N (K.E)$$

เมื่ออุณหภูมิคงที่ พลังงานจลน์เฉลี่ยของก๊าซมีค่าคงที่ และถ้าจำนวนโมเลกุล (N) มีค่าคงที่ด้วย จะได้

$$PV = \text{ค่าคงที่}$$

ซึ่งตรงตามกฎของ บอยล์ ที่ได้จากการทดลอง

กฎของ Charles และ Gay-Lussac

การให้ความดันของก๊าซคงที่ หมายความว่าโมเลกุลก๊าซปะทะภาชนะด้วยจำนวนครั้งเท่าเดิมอยู่เสมอ ถ้าเพิ่มอุณหภูมิ ก๊าซมีพลังงานจลน์มากยิ่งขึ้น ความเร็วสูงขึ้น เท่ากับเพิ่มโอกาสปะทะภาชนะบ่อยครั้งกว่าเดิม ถ้าจะให้จำนวนครั้งที่โมเลกุลปะทะภาชนะเท่าเดิม ก็จำเป็นต้องให้ปริมาตรของก๊าซขยายใหญ่ออกไป หรือถ้าลดอุณหภูมิให้ก๊าซลดพลังงาน ก็ต้องลดปริมาตรของก๊าซตามลงไปด้วยเพื่อรักษาความดันให้คงที่

นอกจากปริมาตรซึ่งแปรเปลี่ยนตามอุณหภูมิแล้ว ความดันก็ทำนองเดียวกันแปรเปลี่ยน
 มากน้อยตามอุณหภูมิ ดังสมการ (9)

$$PV = \frac{2}{3} N (K.E)$$

ถ้ารักษาความดันให้คงที่ ปริมาตรจะเปลี่ยนไปตามพลังงานจลน์ หรืออีกนัยหนึ่งเปลี่ยนไป
 ตามอุณหภูมิ ทำนองเดียวกันถ้ารักษาให้ปริมาตรให้คงที่ ความดันย่อมเปลี่ยนไปตามพลังงานจลน์
 หรืออุณหภูมิเช่นกัน

จากสมการ (9) เราจะได้

$$\frac{V}{N} = \frac{\frac{2}{3} K.E.}{P}$$

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับสื่อการเรียนการสอน

สื่อการสอน (Instructional Media) เป็นสิ่งที่มีบทบาทอย่างมากในการเรียนการสอน เป็นตัวกลางที่ช่วยให้การสื่อสารระหว่างผู้สอน และผู้เรียนดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้การเรียนการสอนได้บรรลุตามเป้าหมายที่วางไว้ทั้งในด้านเนื้อหา ประสบการณ์ แนวคิด ทักษะ และเจตคติ ได้มีนักการศึกษาหลายท่านให้ความหมายเกี่ยวกับสื่อการสอนไว้ดังนี้

ความหมายของสื่อการเรียนการสอน

นักการศึกษาได้ให้ความหมายสื่อการสอนออกเป็นหลายความหมาย ตามแนวคิดของมนตรี แย้มกสิกร (2526 : 5) วาสนา ชาวหา (2533 : 8) สุโชติ ดาวสุโข สารโจน์แพ่งยัง (2535 : 11) สนั่น มีขันหมาก (2538 : 431) กิตินันท์ มลิทอง (2540 : 231) ได้ให้ความหมายของสื่อการสอนสรุปได้ว่า สื่อการเรียนการสอนหมายถึงตัวกลางถ่ายทอดความรู้จากผู้สอน หรือแหล่งความรู้ไปยังผู้เรียน เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ และช่วยให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพดีขึ้น

สำหรับสื่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นักการศึกษาได้ให้ความหมายดังนี้

นิคม ทองแดง (2526 : 81-84) อ่างใน ภพ เลหาไพบูลย์ (2537 : 193-194) ได้ให้ความหมายของสื่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ว่า หมายถึงสิ่งต่าง ๆ ทั้งทางด้านกายภาพ และจินตภาพ ที่ก่อให้เกิดสถานการณ์ ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เนื้อหาที่เป็นความรู้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ สิ่งต่าง ๆ นั้นได้แก่วัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักรของจริง และสัญลักษณ์ต่าง ๆ รวมทั้งสถานการณ์ที่เกิดจากกิจกรรมของผู้สอนและผู้เรียน

สมจิต สวชนไพบูลย์ (2541 : 103) ได้ให้ความหมายสื่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ หมายถึงสิ่งที่เป็นตัวกลางที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ ทั้งในด้านที่เป็นตัวความรู้ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

จากแนวคิดของนักการศึกษาดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่าสื่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เป็นการนำเอาสิ่งต่าง ๆ มาเป็นตัวกลางในการถ่ายทอดความรู้ให้ผู้เรียน เกิดการเรียนรู้ทั้งทางด้านเนื้อหา กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้การเรียนการสอนได้บรรลุผลตามเป้าหมายที่วางไว้

ประเภทของสื่อการเรียนการสอน

การแบ่งประเภทของสื่อการสอนมีผู้แบ่งแตกต่างกัน ดังนี้

ประดัดบ เรืองมัลย์ (2524 : 546-547) อ้างจากเอกสารประกอบการฝึกอบรมของสำนักงานอบรมและวางแผนการพัฒนา) การสื่อสารแห่งองค์การสหประชาชาติได้แบ่งสื่อการเรียน (สื่อความหมาย) ออกเป็น 3 ประเภทคือ

1.ประเภทไม่ต้องใช้เครื่องฉายประกอบ เช่นหนังสือ สมุดคู่มือ เอกสารสิ่งพิมพ์ ตัวอย่างของจริง หุ่นจำลอง กราฟฟิค กระดานดำ กระดานผ้าสาหลี ทศนศีกษานอกสถานที

2. ประเภทต้งใช้เครื่องฉายประกอบ

2. ก. ชนิดที่ม่มีการเคลือนไหวหรือภาพนิ่ง (Still picture)

2.1 เครื่องหมายภาพทึบแสง (Opaque Projection)

2.2 แผ่นภาพโปร่งแสงสำหรับเครื่องฉายเหนือศีรษะ (Transparencies for Overhead Projectors)

2.3 สไลด์ และ ฟลิ์มสตริป (Slides and Filmstrips)

2.4 ไมโครฟิล์ม (Micro-film)

2. ข. ชนิดที่ม่มีการเคลือนไหว (Moving picture)

2.1 ฟลิ์ม/ภาพยนตร์ (ทั้ง 16 มม. และ 8 มม.)

2.2 โทรทัศน์วงจรเปิด (Open circuit television)

2.3 โทรทัศน์วงจรปิด (Closed circuit)

3. ชนิดที่ให้แต่เพียงเสียง

3.1 วิทยุกระจายเสียง

3.2 การบันทึกเสียงทุกชนิด (reel, cassette, record etce)

การแบ่งสื่อการสอนทางเทคโนโลยี แบ่งได้เป็น 3 ประเภทคือ (มนตรี แยมกลกร. 2526 : 6-7)

1. สื่อประเภทวัสดุ (Software) หมายถึงสื่อที่มีลักษณะเป็นตัวอุมหรือเก็บความรู้ ซึ่งสามารถจำแนกย่อยได้เป็น 2 ลักษณะ

1.1 วัสดุประเภทที่ให้หรือถ่ายทอดความรู้ได้โดยตัวของมันเอง ได้แก่ แผนที ลูกโลก หุ่นจำลอง รูปภาพ แผนภูมิ แผนสถิติ แผนภาพ ฯลฯ ทั้งนี้ไม่ต้องอาศัยอุปกรณ์อื่นใดช่วย

1.2 วัสดุประเภทที่ให้หรือถ่ายทอดความรู้ ไม่ได้โดยตัวของมันเอง ต้องอาศัย อุปกรณ์อื่นช่วย ได้แก่ แผ่นเสียง ม้วนเทป ฟลิ์มชนิดต่าง ๆ รายการวิทยุ รายการโทรทัศน์ เป็นต้น

2. สื่อประเภทอุปกรณ์ (Hardware) หมายถึงสิ่งทีเป็นตัวผ่านทีทำให้ข้อมูลหรือ ความรู้ทีอยู่ภายในวัสดุสามารถนำออกมาใช้ หรือเรียนรู้ได้ ซึ่งได้แก่ เครื่องมือทั้งหลาย อาทิ เครื่อง ฉายภาพยนตร์ เครื่องฉายข้ามศีรษะ เครื่องรับโทรทัศน์ เครื่องเล่นแผ่นเสียง เครื่องส่งวิทยุ ไมโครโฟน เครื่องขยายเสียง ลำโพง ฯลฯ

3. สื่อประเภทเทคนิคและวิธีการ (Techniques and Methods) หมายถึง สื่อทีมี ลักษณะเป็นแนวความคิดหรือรูปแบบขั้นตอนในการดำเนินการ ซึ่งไม่มีลักษณะเป็นวัสดุหรือ อุปกรณ์ แต่หากขั้นตอนหรือเทคนิควิธีการยุ่งยากซับซ้อน อาจนำวัสดุอุปกรณ์มาช่วยให้การดำเนินการ มีประสิทธิภาพ และรวดเร็วขึ้นได้ สื่อประเภทเทคนิค และวิธีการ อาทิ การจัดทศนศีกษา หรือ ศีกษานอกสถานที การจัดการเรียนแบบศูนย์การเรียน การสอนเป็นคณะ การสอนจุลภาค การ สอนแบบเบญจฉันธ์ ฯลฯ

สุโชติ ดาวสุโข สารโจน์ แห่ง (2535 :12) แบ่งสื่อการสอนออกเป็น 3 ประเภทคือ

1. สื่อประเภทวัสดุ (software) หมายถึง สื่อที่มีขนาดเล็ก ทำหน้าที่เก็บเนื้อหาความรู้ในลักษณะของภาพและเสียง ได้แก่สื่อประเภทสิ่งพิมพ์ และสื่อประเภทไมโครสิ่งพิมพ์
2. สื่อประเภทอุปกรณ์ (hardware) เป็นสื่อประเภทเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ต้องอาศัยกระแสไฟฟ้า เมื่อจะทำงาน เช่น เครื่องฉายภาพยนตร์ เครื่องฉายสไลด์ โทรทัศน์
3. สื่อประเภทวิธีการ (technique) เป็นสื่อประเภทวิธีการและกิจกรรมหรือกระบวนการ และวิธีการสอนต่าง ๆ

นักการศึกษาได้แบ่งสื่อการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์ ดังนี้

ภพ เลหาไพบุลย์ (2537 : 198 -201) แบ่งประเภทของสื่อการเรียนการสอนที่ให้ความสะดวกในการพิจารณาเลือกและใช้ในวิชาวิทยาศาสตร์คือ

1. การแบ่งประเภทสื่อการเรียนการสอนตามลักษณะประสบการณ์ของผู้เรียน

เดล (Edgar Dale) ศาสตราจารย์แห่งโอไฮโอ (The Ohio State University) ได้แบ่งสื่อการเรียนการสอนโดยคำนึงถึงประสบการณ์ที่ผู้เรียนจะได้รับจากการใช้สื่อจากประสบการณ์ตรงหรือรูปธรรม (Concrete) ไปสู่ประสบการณ์นามธรรม (Abstract) สามารถแบ่งออกเป็น 11 ประเภท แต่ภายหลังได้ปรับปรุงโดยรวมภาพยนตร์กับโทรทัศน์เป็นประเภทเดียวกันจึงเหลือเป็น 10 ประเภทเรียกว่ากรวยประสบการณ์ (The cone of experience) ตามลำดับจากรูปธรรมไปหานามธรรม

- 2.การแบ่งประเภทสื่อการเรียนการสอนตามลักษณะสื่อในกระแสดำความคิดของผู้เรียน

การแบ่งประเภทของสื่อการเรียนการสอนตามลักษณะสื่อ ในกระแสดำความคิดของผู้เรียนนี้แบ่งตามทฤษฎีโครงสร้างความคิดของ บรูเนอร์ (Bruner) ศาสตราจารย์ทางจิตวิทยาแห่งมหาวิทยาลัยฮาร์วาร์ด ซึ่งอธิบายว่า คนเราจะเกิดความรู้ความเข้าใจสิ่งแวดล้อมได้โดยที่สิ่งแวดล้อมที่เป็นวัตถุ ปรากฏการณ์ หรือสถานการณ์ทำให้เกิดสื่อหรือสิ่งแทนในกระแสดำความคิดด้านใดด้านหนึ่งหรือทั้งสามด้าน ซึ่งได้แก่ ด้านประสบการณ์ตรง (Enative) ด้านประสบการณ์ภาพ (Iconic) และด้านประสบการณ์สัญลักษณ์(Symbolic)ดังนั้นสื่อในที่นี้จึงหมายถึง สื่อที่เป็นวัตถุหรือสถานการณ์กับสื่อที่เป็นลักษณะของความคิดดังนี้

2.1 สื่อประเภทที่ก่อให้เกิดประสบการณ์ตรง ทำให้เกิดการกระทำ การเคลื่อนที่ของกล้ามเนื้อ ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจขึ้น ได้แก่ สื่อของจริง สถานการณ์จำลอง นาฏกรรมการสาธิต การศึกษานอกสถานที่ นิทรรศการ

2.2 สื่อประเภทที่ก่อให้เกิดประสบการณ์ภาพ เป็นประสบการณ์ที่ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากการสังเกตโดยทางอ้อมจากภาพได้แก่ โทรทัศน์ ภาพยนตร์ ภาพนิ่ง วิดีโอ การบันทึกเสียง

2.3 สื่อประเภทที่ก่อให้เกิดประสบการณ์สัญลักษณ์ เป็นประสบการณ์ที่ผู้เรียนเรียนรู้จากสัญลักษณ์ ได้แก่ สื่อทัศนสัญลักษณ์ และสื่อภาษา

3. การแบ่งประเภทสื่อการเรียนการสอนตามลักษณะโครงสร้างของสื่อ การแบ่งประเภทของสื่อการเรียนการสอนตามลักษณะโครงสร้างของสื่อ เป็นการแบ่งประเภทตามเนื้อวัตถุและลักษณะขององค์ประกอบของสื่อ นั้น ปัจจุบันนี้แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือประเภทวัสดุ ประเภทเครื่องมือหรืออุปกรณ์ และประเภทเทคนิคหรือวิธีการ

3.1 สื่อประเภทวัสดุ (Software or material) จัดเป็นสื่อเล็ก (small media) เป็นสื่อการเรียนประเภทสิ้นเปลือง เสียหายได้ง่าย และเป็นสื่อที่บรรจุเนื้อหาสาระเรื่องราวหรือความรู้ไว้ในลักษณะต่างๆ เช่นหนังสือบรรจุเรื่องราวไว้ในลักษณะของตัวอักษรหรือสัญลักษณ์ ภาพยนตร์บรรจุเรื่องราวไว้ในรูปของภาพเคลื่อนไหวควบคู่กับเสียง เป็นต้น สื่อการเรียนประเภทวัสดุยังสามารถจำแนกออกเป็น 2 ชนิด คือ วัสดุที่ต้องอาศัยเครื่องมือหรืออุปกรณ์จึงจะสามารถเสนอเรื่องราวความรู้ได้ เช่นฟิล์ม เทปเสียง แผ่นเสียง เป็นต้น กับวัสดุที่สามารถเสนอเรื่องราว ความรู้ เนื้อหาสาระไปสู่ผู้เรียนด้วยตัวเองโดยไม่ต้องอาศัยเครื่องมือหรืออุปกรณ์แต่อย่างใด เช่น หนังสือ แผนภูมิ รูปภาพ หุ่นจำลอง แผนที่ สารเคมีต่าง ๆ ตัวอย่างวัสดุสิ่งของเป็นต้น

3.2 สื่อประเภทเครื่องมือหรืออุปกรณ์ (Hardware or equipment) จัดเป็นสื่อใหญ่ (Big media) เป็นสื่อการเรียนที่เป็นตัวกลางซึ่งเป็นทางผ่านของความรู้หรือเรื่องราวเท่านั้นโดยตัวเองแล้วไม่ได้บรรจุเนื้อหาสาระความรู้ใด ๆ จึงไม่สามารถจะสื่อความหมายไปยังผู้เรียนได้ แต่ต้องอาศัยสื่อประเภทวัสดุใส่ใช้ควบคู่กันเช่น เครื่องฉายภาพยนตร์ เครื่องฉายสไลด์ เครื่องเล่นวีดิโอ เทปโทรทัศน์ เครื่องมือสำหรับการทดลอง เป็นต้น

3.3 สื่อประเภทเทคนิคหรือวิธีการ (Technique and method) สื่อการเรียนประเภทนี้ไม่จัดอยู่ในประเภทวัสดุหรือเครื่องมือ แต่อาศัยสื่อประเภทวัสดุหรือเครื่องมืออย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างมาใช้ร่วมกันในลักษณะกิจกรรมหรือวิธีการ เช่น การสาธิต การทดลอง เกมการ แสดงบทบาทสมมติ การจำลองสถานการณ์ การฝึกปฏิบัติ ทักษะศึกษา การทำกิจกรรม เป็นต้น

ประโยชน์ของสื่อการสอนวิทยาศาสตร์

นิพนธ์ สุขปรีดี และลัดดา สุขปรีดี (ระดับ เรื่องมาลัย. 2524 : 548 ; อ้างอิงจาก นิพนธ์ สุขปรีดี และลัดดา สุขปรีดี. 2513. *เอกสารประกอบการเรียนวิชาโสตทัศนศึกษา*.) กล่าวถึงประโยชน์ของสื่อการเรียนการสอนสรุปได้ว่า สื่อการเรียนการสอนช่วยขยายประสบการณ์ ทำให้นักเรียนสามารถศึกษาเหตุการณ์ในอดีต หรือสิ่งที่ไม่สามารถนำมาศึกษาในห้องเรียนได้ ช่วยสร้างบรรยากาศในการเรียนการสอน สร้างแรงจูงใจ เพื่อดึงความสนใจของนักเรียน นักเรียนได้มีโอกาสทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม สามารถลดจำนวนเด็กตกได้มาก

กิดานันท์ มลิทอง (2540 : 88) ได้กล่าวถึงประโยชน์การสอนในด้านผู้เรียนและผู้สอน ดังนี้

ด้านผู้เรียน

1. เป็นสิ่งที่ช่วยให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ เพราะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจเนื้อหาบทเรียนที่ยากซับซ้อนได้ง่ายขึ้นในระยะเวลาอันสั้น และสามารถช่วยให้เกิดความคิดรวบยอดในเรื่องนั้นได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

2. สื่อจะช่วยกระตุ้นและสร้างความสนใจให้กับผู้เรียน ทำให้เกิดความสุขและไม่รู้สึกเบื่อหน่ายการเรียน

3. การใช้สื่อจะทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจตรงกัน และเกิดประสบการณ์ร่วมกันในวิชาที่เรียนนั้น

4. ช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนมากขึ้น ทำให้เกิดมนุษยสัมพันธ์อันดีในระหว่างผู้เรียนด้วยกันเองและกับผู้สอน

5. ช่วยสร้างเสริมลักษณะที่ดีในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์จากการใช้สื่อเหล่านั้น

6. ช่วยแก้ปัญหาเรื่องของความแตกต่างระหว่างบุคคลโดยการจัดให้มีการใช้สื่อในการศึกษารายบุคคล

ด้านผู้สอน

1. การใช้สื่อวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ประกอบการเรียนการสอน เป็นการช่วยให้บรรยากาศในการสอนน่าสนใจยิ่งขึ้น ทำให้ผู้สอนมีความสุขสนุกสนานในการสอน มากกว่าวิธีการที่เคยใช้การบรรยายแต่เพียงอย่างเดียว และเป็นการสร้างความเชื่อมั่นในตัวเองให้เพิ่มขึ้นด้วย

2. สื่อจะช่วยแบ่งเบาภาระของผู้สอนในด้านการเตรียมเนื้อหา เพราะบางครั้งอาจให้ผู้เรียนศึกษาเนื้อหาจากสื่อได้เอง

3. เป็นการกระตุ้นให้ผู้สอนตื่นตัวอยู่เสมอในการเตรียมและผลิตวัสดุใหม่ ๆ เพื่อใช้เป็นสื่อการสอน ตลอดจนคิดค้นเทคนิควิธีการต่าง ๆ เพื่อให้การเรียนรู้น่าสนใจยิ่งขึ้น

สุโชติ ดาวสุโข สาโรจน์ แพงยัง (2535 : 12) กล่าวถึงประโยชน์ของสื่อการสอนดังนี้

1. ช่วยให้ผู้เรียนจำได้เร็วและจำได้นาน
2. ช่วยกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนและมีส่วนร่วมในการเรียน
3. ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจได้ชัดเจน
4. ช่วยให้ผู้เรียนรู้ได้มากขึ้นในเวลาที่มีจำกัด
5. ช่วยให้ผู้เรียนได้คิดและแก้ปัญหา
6. ช่วยให้การเรียนการสอนง่ายเพราะสามารถ
 - ทำสิ่งนามธรรมให้เป็นรูปธรรม
 - ทำสิ่งซับซ้อนให้ง่ายขึ้น (ยาก → ง่าย)
 - ทำสิ่งเคลื่อนไหวช้าให้เร็ว
 - ทำสิ่งเคลื่อนไหวเร็วให้ช้า
 - ทำสิ่งที่เล็กให้โตขึ้น
 - ทำสิ่งที่ใหญ่ให้เล็กลง

- นำสิ่งที่อยู่ไกลมาศึกษาได้
- นำสิ่งที่ลึกลับมาศึกษาได้

เปรี๊ยะ โกะมุท (มนตรี แยมกสิกร. 2526 : 7-8 ; อ้างอิงจาก เปรี๊ยะ กุมุท 2519 : 4. การสร้างบทเรียนสำเร็จรูป) กล่าวถึงประโยชน์ของสื่อการสอนไว้ดังนี้

1. ช่วยให้คุณภาพการเรียนรู้ดีขึ้น เพราะมีความจริงจังและมีความหมายชัดเจนต่อผู้เรียน
 2. ช่วยให้นักเรียนรู้ได้ในปริมาณมากขึ้น ในเวลาที่จำกัด
 3. ช่วยให้ผู้เรียนสนใจและมีส่วนร่วมอย่างแข็งขันในกระบวนการเรียนการสอน
 4. ช่วยให้ผู้เรียนประทับใจความรูสึก และทำอะไรเป็นเร็วและดีขึ้น
 5. ช่วยส่งเสริมการคิด และการแก้ปัญหาในกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน
 6. ทำให้เรียนรู้ในสิ่งลำบากได้ง่ายขึ้น กล่าวคือ
 - 6.1 ทำสิ่งซับซ้อนให้แลดูง่ายขึ้น
 - 6.2 ทำสิ่งที่เป็นามธรรมให้เป็นรูปธรรม
 - 6.3 ทำสิ่งที่เคลื่อนไหวรวดเร็วให้ช้าลงเพื่อศึกษาได้
 - 6.4 ทำสิ่งที่เคลื่อนไหวช้าให้เร็วขึ้น เพื่อศึกษากระบวนการเปลี่ยนแปลง
 - 6.5 ทำสิ่งที่ใหญ่มาก ย่อให้เล็กลง เพื่อความสะดวกแก่การศึกษาได้
 - 6.6 นำสิ่งที่เล็กมาก ๆ ขยายขนาดให้ใหญ่เพื่อศึกษาได้
 - 6.7 สามารถนำสิ่งที่อยู่ไกล ลึกลับ มาศึกษาได้
 7. ช่วยให้นักเรียนประสบความสำเร็จง่ายขึ้นและสอบได้มากขึ้น
 8. ทำให้นักเรียนได้รับสิ่งกัปปิ (concept) อย่างเดียวกัน
- ส่นัน มีขึ้นหมาก (2538 : 442) กล่าวถึงประโยชน์ของสื่อดังนี้

1. ทำให้ผู้เรียนเกิดความคิดรวบยอด (Concept) อย่างชัดเจนโดยเฉพะความคิดรวบยอดทางนามธรรม (Defined Concept)
2. ช่วยสร้างความเข้าใจและความสนใจการเรียนรู้
3. ช่วยให้การเรียนรู้บทเรียนเป็นของง่ายขึ้น และมีความคงทน
4. สื่อจะเป็นศูนย์ของความสนใจ นำไปสู่การจัดกิจกรรมอย่างกว้างขวาง
5. สื่อสร้างค่านิยมในการเรียนรู้ ผู้เรียนเห็นคุณค่าของการเรียนที่มีประโยชน์ต่อชีวิตจริง
6. สื่อสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ให้มีชีวิตชีวา ไม่น่าเบื่อหน่าย
7. สื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้สิ่งที่เรียนรู้ได้อย่างมีเหตุผล รู้จักเปรียบเทียบเรียนรู้รูปแบบจากสื่อและสร้างสรรค์รูปแบบของตนเอง
8. สื่อช่วยประหยัดเวลาในการสอน และประหยัดค่าใช้จ่ายลงได้
9. สื่อจะช่วยแบ่งเบาภาระครูผู้สอนลงได้มาก

บทบาทของสื่อการสอนต่อการเรียนรู้ระดับมัธยมศึกษา

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาเอกชน (2534 : 87) กล่าวถึงสื่อการสอนมีบทบาทต่อการเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาดังต่อไปนี้

1 สื่อการสอนเป็นตัวกระตุ้นความสนใจของนักเรียนต่อการเรียนเรื่องที่จะเรียนเมื่อนักเรียนเกิดความสนใจก็จะเกิดความพยายามเรียนรู้เรื่องนั้นขึ้นมาเอง โดยครูไม่ต้องเสียเวลาพูดหรืออธิบายมากมายนัก

2. สื่อการสอนเป็นเครื่องมือที่จะให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติ โดยที่นักเรียนจะเรียนรู้ได้ดีที่สุดด้วยการลงมือทำ หากไม่มีสื่อการสอนให้เป็นเครื่องมือนักเรียนก็ไม่ทราบว่าจะทำอะไรเพราะการบอกให้นักเรียนลงมือทำกิจกรรมนั้นเพียงแต่การบอกให้ทำ โดยไม่มีเครื่องมือช่วยย่อมเป็นไปไม่ได้

3. สื่อการสอนช่วยให้ประสบการณ์รูปธรรมแก่นักเรียน เพราะสื่อการสอนขยายแนวคิดในเรื่องที่เรียนด้วยการให้นักเรียนได้เห็นภาพได้ยินเสียงหรือทั้งสองอย่างเห็นการเคลื่อนไหวมีโอกาสเห็นของจริงหรืออย่างน้อยก็ของจำลองและบางครั้งก็ได้รับประสบการณ์ตรงเกี่ยวกับสิ่งที่เรียน

4. ในการเรียนแนวคิดบางอย่าง นักเรียนจะเรียนรู้ได้ดีจากการเห็นตัวอย่างหรือตัวแบบ สื่อการสอนจึงมีบทบาทเป็นตัวแบบที่สำหับการเรียนของนักเรียน และสามารถทำให้นักเรียนเรียนรู้ได้รวดเร็วขึ้น หากไม่มีสื่อการสอนเป็นตัวแบบบางทีครูเสียเวลาอธิบายทั้งวัน นักเรียนก็มองไม่เห็นภาพหรือปฏิบัติตามไม่ได้ เช่น ในการเรียนกระบวนการตามขั้นตอนต่าง ๆ เป็นต้น

5. สื่อการสอนในรูปของกิจกรรม หรือวิธีการต่างๆ จะทำให้เกิดบรรยากาศของความเป็นกันเอง โดยครูมีเวลาสังเกตและใกล้ชิดกับนักเรียนที่ต้องการความช่วยเหลือเพราะครูไม่จำเป็นต้องสอนด้วยการพูดตลอดเวลา ครูจึงไม่เหน็ดเหนื่อย หงุดหงิดหรือเกิดความรู้สึก "เซ็ง" แต่กลับจะรู้สึกสนุกสนานไปกับการเรียนของนักเรียน ครูจะมีความยิ้มแย้ม สร้างบรรยากาศของความอบอุ่นใจมากยิ่งขึ้น

6. สื่อการสอนช่วยสร้างสภาพการณ์ที่เปิดกว้างต่อการเรียนรู้ของนักเรียน โดยการจักสื่อในรูปของชุดการสอนที่มีการเตรียมการไว้ล่วงหน้า ครูจึงเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้ได้ซักถาม คิดค้นสิ่งใหม่ได้เต็มที่โดยที่ครูไม่ต้องเกรงว่าจะสอนนักเรียนหรือตอบคำถามนักเรียนไม่ได้ เพราะสื่อการสอนบรรจุเนื้อหาหรือคำตอบปัญหาต่าง ๆ ไว้แล้ว ดังนั้นการเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาจึงมีบรรยากาศของความเปิดใจมากยิ่งขึ้น

จากประโยชน์ของสื่อการสอนดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยมีความเห็นว่าสื่อการเรียนการสอนสามารถทำให้การเรียนรู้ของผู้เรียนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะเนื้อหาที่ย่างยากซับซ้อน ทำให้เกิดความคิดรวบยอดทางนามธรรม ช่วยสร้างความสนใจในการเรียนรู้ เน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติเป็นผลทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะสื่อการสอนในระดับมัธยมศึกษา ควรเป็นสื่อที่นักเรียนสามารถทดลองปฏิบัติด้วยตัวเอง สามารถให้นักเรียนได้เรียนรู้เป็นรูปธรรมยิ่งขึ้น

สื่อการสอนประเภทอุปกรณ์

มนตรี แยมกสิกร (2526 : 6) ได้ให้ความหมายของสื่อประเภทอุปกรณ์ (Hard ware) หมายถึง สิ่งที่เป็นตัวผ่านที่ทำให้ข้อมูลหรือความรู้ที่อยู่ภายในวัสดุสามารถนำออกมาใช้ หรือเรียนรู้ได้ซึ่งได้แก่ เครื่องมือทั้งหลายอาทิ เครื่องฉายภาพยนตร์ เครื่องฉายภาพข้ามศีรษะ เครื่องรับโทรทัศน์ เครื่องเล่นแผ่นเสียง เครื่องส่งวิทยุ ไมโครโฟน เครื่องขยายเสียง ลำโพง ฯลฯ

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาเอกชน (2534 : 102) ได้ให้ความหมายของสื่อการสอนประเภทอุปกรณ์ หมายถึง สิ่งที่ช่วยสอนที่เป็นเครื่องมือ เครื่องจักรและสิ่งของที่มีความคงทนถาวร เป็นสิ่งช่วยสอนที่เรียกว่า พาวเวอร์ฮาร์ดแวร์ (Hard ware) ซึ่งส่วนมากจะเป็นสิ่งที่ต้องใช้กับวัสดุการสอนต่าง ๆ สื่อการสอนประเภทอุปกรณ์ที่เป็นพื้นฐานส่วนมากจึงไม่เฉพาะเจาะจงว่าเป็นสื่อการสอนวิทยาศาสตร์ เพราะสามารถใช้กับสื่อที่เป็นวัสดุของทุกวิชา นอกจากอุปกรณ์บางอย่างที่ในตัวของมันเองเป็นสิ่งแทนเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์อยู่ด้วย สื่อการสอนวิทยาศาสตร์ประเภทอุปกรณ์หมายถึง เครื่องมือและเครื่องจักรต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ ภาชนะสำหรับการทดลอง เครื่องมือสำหรับการทดลอง แผ่นป้าย อุปกรณ์เครื่องฉาย เครื่องเทปบันทึกภาพ เครื่องเสียง

ภพ เลหาไพบูลย์ (2537 : 226) ได้ให้ความหมายของชุดอุปกรณ์ว่า เป็นสื่อประสมชนิดหนึ่งที่จัดเตรียมวัสดุชิ้นส่วนอุปกรณ์ และคู่มือไว้เป็นชุด ๆ เพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะเรื่องหรือหลายเรื่อง ชุดอุปกรณ์มี 3 แบบ คือชุดชิ้นประกอบเอง (Assembly kit) ชุดชิ้นส่วนเปลี่ยนแปลงได้ (Changeable kit) และชุดทดลอง (Experimental kit)

ชุดชิ้นส่วนประกอบเอง เป็นชุดอุปกรณ์ที่จัดเตรียมชิ้นส่วนต่าง ๆ ไว้เป็นชุด มีคู่มืออธิบายวิธีประกอบชิ้นส่วนเหล่านั้นเป็นชุดอุปกรณ์ที่มีวัตถุประสงค์เดียว คือ ประกอบเสร็จแล้วก็ เป็นอุปกรณ์นำไปใช้ได้เลย เช่น ชุดเครื่องเสียง ชุดเครื่องไฟฟ้า การใช้ชุดชิ้นส่วนประกอบเองเพื่อ เป็นสื่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ อาจใช้ได้ในการกระตุ้นความสนใจ เป็นการนำเข้าสู่บทเรียน และใช้เป็นภาคปฏิบัติเพื่อสรุปและสร้างความมั่นใจแก่ผู้เรียนในสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนมา

ชุดชิ้นส่วนเปลี่ยนแปลงได้ เป็นชุดอุปกรณ์ที่จัดเตรียมชิ้นส่วนต่าง ๆ ไว้เป็นชุดมีลักษณะคล้ายชุดชิ้นส่วนประกอบเองมาก แต่ชุดชิ้นส่วนเปลี่ยนแปลงได้มักจะมีโครงสร้างหลักไว้แล้วมี ชิ้นส่วนประกอบจำนวนมาก ผู้เรียนสามารถประกอบชิ้นส่วนลงบนโครงสร้างหลักตามต้องการได้ เช่น จะต่อตัวต้านทานหรือคอนเดนเซอร์หรือหลอดไฟ ให้เป็นวงจรต่างๆ อาจเป็นวงจรแปลงไฟ วงจรขยายเสียง เป็นต้น

ชุดทดลอง เป็นชุดอุปกรณ์ที่จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ไว้เป็นชุดเพื่อการทดลอง หรือ ใช้งานอย่างใดอย่างหนึ่งเฉพาะเรื่อง ชุดทดลองใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนเป็นกลุ่มหรือเป็นรายบุคคล และชุดทดลองเหมาะสำหรับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในกรณีที่มีจำนวนผู้เรียนมาก ชุดทดลองอาจจัดเตรียมไว้เป็นสื่อการเรียนการสอนตามความเหมาะสมมี 3 ลักษณะ คือ (1) ชุดที่มีเฉพาะคู่มือการทดลองใช้สำหรับแสดงวิธีทำ และวิธีใช้ชุดทดลอง ที่ประกอบด้วยวัสดุอุปกรณ์อย่างง่ายมีอยู่ทั่วไป ผู้เรียนหาวัสดุอุปกรณ์ตามที่กำหนดในคู่มือมาเอง เป็นชุดทดลองที่เตรียมไว้เฉพาะคู่มือและภาพประกอบ (2) ชุดที่มีคู่มือและวัสดุอุปกรณ์พร้อม เป็นชุดทดลองที่จัดเตรียมส่วนประกอบ

ไว้ให้ครบคือ ส่วนที่เป็นคู่มือ ส่วนที่เป็นภาพประกอบ และส่วนที่เป็นวัสดุ อุปกรณ์เตรียมไว้เป็นชุด ๆ (3) ชุดทดลองสำเร็จเป็นชุดทดลองที่ผู้สอนจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์และทำการทดลองตามเงื่อนไขต่าง ๆ ไว้ให้เรียบร้อย ให้ผู้เรียนใช้เป็นแหล่งสังเกตรวบรวมข้อมูลตามคู่มือหรือแบบฟอร์มที่กำหนดให้ เพื่อผู้เรียนจะได้นำไปวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองด้วยตนเอง

หลักเกณฑ์ในการสร้างอุปกรณ์

โซ่ สาลินัน (2541:24) ได้กล่าวถึงหลักเกณฑ์ที่ต้องคำนึงและปฏิบัติด้วยกัน 5 ขั้นตอน คือ

1. ศึกษาหลักการทำงาน (Function) ของอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่จะสร้างขึ้นนั้นเสียก่อนว่าจะให้เครื่องมือชิ้นนั้นทำงานอย่างไร ต้องศึกษาหน้าที่การทำงานของทุกชิ้นส่วนของสิ่งที่จะสร้างขึ้นนั้นให้เข้าใจเป็นอย่างดี เมื่อทราบแล้วจึงดำเนินการขั้นที่ 2

2. เลือกวัสดุที่จะใช้สำหรับออกแบบสร้าง เราจะต้องเลือกวัสดุที่มีอยู่แล้วหรือหาได้ง่ายในท้องถิ่นนั้น เพื่อว่าเมื่อออกแบบเสร็จแล้วจะได้หาวัสดุสร้างได้ง่าย ถ้าใช้วัสดุชนิดที่เลือกแล้วควรจะทำให้อุปกรณ์และเครื่องมือทำงานได้ดี สะดวกแก่การใช้และปฏิบัติเก็บรักษาได้ง่ายและมีความคงทนถาวรสามารถทำได้ เมื่อเลือกวัสดุแล้วจึงดำเนินการขั้นที่ 3

3. ดำเนินการออกแบบและสร้างเมื่อเลือกวัสดุ ได้แล้วก็ต้องนำมาพิจารณาออกแบบเพื่อที่จะให้อุปกรณ์หรือเครื่องมือทำงานได้ตามที่ต้องการ ผู้ออกแบบจะต้องรำลึกถึงชิ้นส่วนต่าง ๆ ของอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่จะสร้าง ตลอดจนหน้าที่การทำงานของชิ้นส่วนเหล่านั้นของขั้นที่ 1 แล้วพิจารณาที่วัสดุที่จะใช้ออกแบบสร้างว่ามีอะไรมาก่อนที่จะสร้างเป็นชิ้นส่วนและมีหน้าที่การทำงานได้เช่นเดิม ต้องพิจารณาไตร่ตรองอย่างละเอียดรอบคอบ การที่จะตัดตรงไหนจะต่อตรงไหน จะต่ออย่างไร จะเจาะแค่ไหน ที่ตำแหน่งใด ฯลฯ และจะทำอย่างไรอีกต่อไป จะต้องคำนึงอย่างละเอียดรอบคอบเช่นกัน มิฉะนั้นจะทำให้จะทำให้สับสนเปลี่ยนวัสดุ เมื่อคิดได้ลักษณะที่ค่อนข้างแน่นอนแล้ว จึงเขียนรูปอย่างคร่าว ๆ ไว้ แล้วนำมาพิจารณาดูใหม่หลาย ๆ ครั้งว่าควรจะตัดแปลงแก้ไขปรับปรุงอะไรอีกบ้างถ้ามั่นใจว่าได้แบบที่แน่นอนแล้วจึงเขียนรูปแบบสัดส่วนและรายละเอียดต่าง ๆ เอาไว้ จากนั้นก็เริ่มดำเนินการสร้างตามแบบที่เขียนรูปแบบไว้ให้สำเร็จเรียบร้อย จึงจะเริ่มดำเนินการในขั้นที่ 4 ต่อไป

4. ทำการทดลองตรวจสอบอุปกรณ์และเครื่องมือที่สร้างเสร็จแล้ว โดยนำมาทำการทดลองตรวจสอบหน้าที่การทำงานของชิ้นส่วนต่าง ๆ ว่าทุกชิ้นส่วนทำงานได้ดีและครบถ้วนหรือไม่ บันทึกข้อมูลของการทดลองไว้ ทำการทดลองหลาย ๆ ครั้ง เปรียบเทียบผลจากข้อมูลที่บันทึกไว้ของแต่ละครั้งให้ได้ผลตรงกัน ใกล้เคียงกันหรือต่างกันเล็กน้อยเพียงใดผลที่ได้พอเชื่อถือได้มากน้อยแค่ไหน ถ้าได้ผลตรงกันทุกครั้งตามต้องการแสดงว่าการออกแบบนั้นดี ถ้าได้ผลใกล้เคียงกันมากแสดงว่าการออกแบบนั้นดีพอใช้ ถ้าได้ผลต่างกันมาก แสดงว่าการออกแบบนั้นยัง'ไม่ดี' จะต้องตัดแปลงและปรับปรุงแก้ไขใหม่โดยดำเนินการในขั้นที่ 5 ถ้าการออกแบบนั้นดีแล้ว ก็หยุดเพียงแค่นั้นสุดขั้นที่ 4 นี้

5. ทำการปรับปรุงแก้ไขเมื่อเครื่องมือและอุปกรณ์ที่สร้างนั้นถูกนำไปทำการทดลองให้ผลออกมามีความคลาดเคลื่อนมาก ต้องนำเครื่องมือและอุปกรณ์นั้นมาพิจารณาปรับปรุงแก้ไขใหม่

หาสาเหตุว่าอะไรบ้างที่อาจจะทำให้ผลการทดลองนั้นมีความคลาดเคลื่อน แล้วลองแก้ไขจุดของสาเหตุนั้นเสียใหม่ เมื่อแก้ไขแต่ละจุดของสาเหตุแล้วต้องนำไปทดลองตรวจสอบตามขั้นที่ 4 ใหม่อีกจนกว่าจะได้ผลเป็นพึงพอใจ

ลักษณะและอุปกรณ์ที่ดี

โซ่ สาลีนัน (2541:29-30) กล่าวว่าอุปกรณ์และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่ดี ควรมีลักษณะดังนี้

1. รูปร่างลักษณะต้องจงใจ
2. ต้องทำงานได้ตามต้องการเครื่องมือที่สร้างขึ้นทุกชิ้นต้องให้ทำงานได้ตามต้องการ
3. สะดวกในการใช้ และปฏิบัติ เพื่อจะได้มีความคล่องตัวในการใช้และปฏิบัติ ไม่เกิดอุบัติเหตุได้ง่าย มีความปลอดภัย
4. มีความคงทนถาวร
5. วัสดุที่ใช้สร้างควรเป็นวัสดุที่หาได้ง่าย วัสดุที่มีในท้องถิ่น หรือ วัสดุเหลือใช้
6. วัสดุที่ใช้สร้างควรเป็นวัสดุราคาถูก เนื่องจากโรงเรียนส่วนใหญ่มีงบประมาณค่าใช้จ่ายในเรื่องนี้น้อยมาก การใช้วัสดุราคาถูกสร้างเป็นการประหยัดเงินของโรงเรียนและยังสามารถสร้าง ได้จำนวนมากด้วย
7. ควรใช้งานได้หลายอย่าง เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่สร้างขึ้นควรให้ใช้งานได้หลายอย่าง เพื่อได้รับประโยชน์มากและคุ้มค่าแก่การสร้าง
8. สะดวกในการเก็บรักษา เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่สร้างขึ้นควรออกแบบให้มีรูปร่างกะทัดรัดเพื่อความสะดวกในการเก็บรักษา
9. มีเสถียรภาพดี ถ้าเครื่องมือหรืออุปกรณ์ออกแบบมีเสถียรภาพไม่ดีจะทำให้ล้มง่าย เครื่องมืออาจชำรุดง่าย ทำให้ไม่คงทนถาวร ควรออกแบบให้มีจุดศูนย์ถ่วงอยู่ภายในฐานตั้ง และต่ำใกล้ฐาน จึงมีเสถียรภาพดีไม่ล้มง่าย
10. เวลาสาธิตและปฏิบัติการทดลองมองเห็นและสังเกตได้ชัดเจน ขนาดรูปทรงไม่เล็กเกินไป ชิ้นส่วนประกอบไม่บังกัน วัสดุที่ใช้สร้างควรเป็นวัสดุโปร่งแสง เช่น แก้ว พลาสติก หรือ ฟิวรี

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับสื่อการเรียนการสอน พบว่าสื่อการเรียนการสอนสามารถทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ทั้งทางด้านเนื้อหาและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ ดังนั้นผู้วิจัยได้สร้างชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซขึ้น เป็นสื่อประเภทอุปกรณ์ที่ให้ประสบการณ์ตรง นักเรียนสามารถฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ พัฒนาความคิดรวบยอด และหลักการทางวิทยาศาสตร์ ในการดำเนินการสร้างผู้วิจัยใช้หลักการและทฤษฎีเรื่องสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซและและหลักเกณฑ์การสร้างอุปกรณ์ในการออกแบบและสร้าง

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์จะต้องวัดผลทั้งทางด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การวัดผลช่วยบอกให้ทราบ สถานการณ์การเรียนการสอนรวมทั้งสื่อการเรียนและวิธีสอนที่ใช้หรือปฏิบัติ สามารถช่วยให้ผู้เรียนได้รับความรู้ ความเข้าใจ ทักษะ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ตามความมุ่งหมายและจุดประสงค์ของหลักสูตรเพียงใด เพื่อความสะดวกในการประเมินผล สามารถจำแนกพฤติกรรมในการวัดผล ออกเป็น 4 พฤติกรรม (ประวิตร ชูศิลป์. 2524 : 25)

1. ความรู้ ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้ไปแล้วเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด หลักการ กฎ และทฤษฎี

2. ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการจำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่ และความสามารถในการแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่ง

3. การนำความรู้ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้และวิธีการต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ หรือจากที่แตกต่างไปจากที่เคยเรียนรู้มา โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือ การนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพราะเป็นกระบวนการที่จะนำไปใช้ในการแสวงหาความรู้ นักการศึกษาได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

นิตยา สุธีรภูมิ (บทคัดย่อ :10) รัชณี ศาสตรบุรณศิลป์ (2533 : 1) อสิริยา สิริวิทยาวรรณ (2534 : 24) สรุปว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถ หรือวิธีการในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และแก้ปัญหาโดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

วรรณทิพา รอดแรงคำ (2540 : ค) ได้ให้ความหมายทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการใช้กระบวนการต่าง ๆ ได้แก่ การสังเกต การวัด การจำแนกประเภท การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกับเวลา การใช้ตัวเลข การจัดกระทำ และสื่อความหมายข้อมูล การลงความคิดเห็น การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง และการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป อย่างคล่องแคล่วถูกต้องและแม่นยำ

จากแนวคิดของนักการศึกษาดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นความสามารถในการใช้กระบวนการแก้ปัญหา และแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของแต่ละบุคคล

องค์ประกอบของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาได้แบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็นหลายแบบ ตามแนวคิดของ วรรณทิพา รอดแรงคำ และพิมพ์พันธ์์ เตชะคุปต์ (2532 :5-7) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (2534 : 45) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช (2537 : 17-24) สมจิต สวชนไพบูลย์ (2540 : 1-67) แบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็น 13 ทักษะ ดังนี้

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 13 ทักษะ แบ่งได้เป็น 2 ระดับ คือ

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน หรือทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เบื้องต้น ซึ่งจำแนกได้เป็น 8 ทักษะ ได้แก่ ทักษะที่ 1 - 8
2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงหรือขั้นผสม จำแนกได้เป็น 5 ทักษะ ได้แก่ ทักษะที่ 9 - 13

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน (The Basic Science Process Skills)

เป็นทักษะที่ทุกคนต้องใช้ในการเรียนวิทยาศาสตร์ ได้แก่

1. ทักษะการสังเกต (Observation) หมายถึง ความสามารถในการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ซึ่งได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และกายสัมผัส เข้าไปสัมผัสกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ โดยมีจุดประสงค์จะหาข้อมูลซึ่งเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้น ๆ ทั้งนี้โดยไม่ใส่ความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไป

ลำดับขั้นของการสังเกต

1. การรับรู้ที่จะสังเกต
2. การรู้จักอย่างคร่าว ๆ ในสิ่งที่สังเกต
3. การบรรยายสิ่งที่สังเกต หรือที่เรียกว่าข้อมูลดิบ

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช (2537 : 18) ได้แบ่งข้อมูลที่ได้จากการสังเกตออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. ข้อมูลเชิงคุณภาพ คือ ข้อมูลที่แสดงถึงลักษณะหรือสมบัติของสิ่งที่สังเกต เช่น เรื่อง รูปร่าง กลิ่น รส สี เสียง เป็นต้น
2. ข้อมูลเชิงปริมาณคือข้อมูลที่สามารถระบุออกมาเป็นตัวเลขแสดงปริมาณพร้อมหน่วยวัดมาตรฐาน เช่น ลักษณะหรือสมบัติที่เป็น ขนาด น้ำหนัก อุณหภูมิ เป็นต้น
3. ข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง เป็นข้อมูลที่ได้จากการสังเกตปฏิพันธ์ของสิ่งนั้นกับสิ่งอื่นทำให้ได้ข้อมูลเพิ่มขึ้น

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว

1. ชี้บ่งและบรรยายสมบัติของวัตถุได้โดยใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง
2. บรรยายสมบัติเชิงปริมาณของวัตถุได้โดยการกะประมาณ

3. บรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้

2. ทักษะการวัด (Measurement) หมายถึง ความสามารถในการใช้เครื่องมือวัดหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องโดยมีหน่วยมาตรฐานกำกับเสมอ และรวมไปถึงการเลือกใช้เครื่องมือวัดได้อย่างถูกเหมาะสมต่อสิ่งที่ต้องการวัด

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว

1. เลือกเครื่องมือได้เหมาะสมกับสิ่งที่จะวัด
2. บอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือวัดได้
3. บอกวิธีวัดและวิธีใช้เครื่องมือวัดได้ถูกต้อง
4. ทำการวัดความกว้าง ความยาว ความสูง อุณหภูมิ ปริมาตร น้ำหนัก และอื่นๆ ได้ ถูกต้อง

5. ระบุหน่วยของตัวเลขที่ได้จากการวัดได้

3. ทักษะการจำแนกประเภท (classification) หมายถึง ความสามารถในการจัดแบ่งหรือเรียงลำดับวัสดุหรือสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์ต่าง ๆ ออกเป็นพวก ๆ โดยมีเกณฑ์ในการจัดแบ่ง

ความสามารถที่แสดงว่ามีทักษะการจำแนกประเภท มีดังต่อไปนี้

1. เรียงลำดับหรือจำแนกสิ่งต่าง ๆ จากเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนดให้ได้
2. บอกเกณฑ์ที่ผู้อื่นใช้เรียงลำดับหรือจำแนกได้
3. ตั้งเกณฑ์ในการเรียงลำดับหรือจำแนกสิ่งต่าง ๆ พร้อมตั้งเรียงลำดับหรือจำแนกได้

4. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปสและสเปสกับเวลา (space / space relationship and space / time relationship) หมายถึง ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งต่อไปนี้

1. สเปซของวัตถุหนึ่งกับสเปซของอีกวัตถุหนึ่ง
2. สิ่งที่อยู่หน้ากระจกเงากับภาพที่ปรากฏในกระจกเงา ว่าจะเป็นซ้ายหรือขวาของกันและกันอย่างไร
3. ตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง
4. การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลาหรือสเปซของวัตถุที่เปลี่ยนแปลงไป

กับเวลา

ความสามารถที่แสดงว่ามีทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปสและสเปสกับเวลา มีดังนี้

1. วาดรูป 3 มิติของวัตถุจริงโดยไม่ใช้ความชำนาญพิเศษได้
2. ระบุจำนวนเส้นที่แบ่งรูป 2 มิติ ออกเป็นสองส่วนที่เหมือนกันได้
3. ระบุจำนวนระนาบที่แบ่งรูป 3 มิติออกเป็นสองส่วนที่เหมือนกัน
4. ระบุความสัมพันธ์ระหว่างรูป 2 มิติ และรูป 3 มิติได้
5. ระบุความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระจกเงากับภาพที่ปรากฏในกระจกเงาได้
6. ระบุความสัมพันธ์ระหว่างระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง

7. ระบุความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวัตถุกับเวลา

5. ทักษะการคำนวณ (using numbers) หมายถึง ความสามารถในการ บวก ลบ คูณ และ/หรือหาร ตัวเลขที่แสดงค่าปริมาณของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งได้จากการสังเกต การวัดการทดลองโดยตรง หรือจากแหล่งอื่น ๆ อีกทอดหนึ่ง

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว

1. การนับได้แก่

- 1.1 นับจำนวนสิ่งของได้อย่างถูกต้อง
- 1.2 ใช้ตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้
- 1.3 ตัดสินได้ว่าของในแต่ละกลุ่มมีจำนวนเท่ากันหรือต่างกัน
- 1.4 ตัดสินว่าของในกลุ่มใดมีจำนวนเท่ากัน หรือต่างกัน

2. การคำนวณ ได้แก่

- 2.1 บอกวิธีคำนวณได้ถูกต้อง
- 2.2 คิดคำนวณได้ถูกต้อง
- 2.3 แสดงวิธีคิดคำนวณได้

3. การหาค่าเฉลี่ย ได้แก่

- 3.1 บอกวิธีการหาค่าเฉลี่ย
- 3.2 หาค่าเฉลี่ย
- 3.3 แสดงวิธีการหาค่าเฉลี่ย

6. ทักษะการจัดกระทำและสื่อสารความหมายข้อมูล(organizing data and Communication)

ทักษะการจัดกระทำข้อมูลหมายถึงความสามารถในการนำข้อมูลดิบที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง หรือจากแหล่งอื่นที่มีข้อมูลดิบอยู่แล้วมาจัดกระทำเสียใหม่

ทักษะการสื่อความหมายของข้อมูล หมายถึง ความสามารถในการทำข้อมูลที่จัดกระทำแล้วนำมาเสนอหรือแสดงให้บุคคลอื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนั้นดีขึ้นเช่น ใช้ข้อความบรรยาย ข้อมูล สัญลักษณ์ สมการทางวิทยาศาสตร์ แผนภาพ แผนภูมิ แผนที่แสดงให้เห็นสมการเปลี่ยนแปลง รูปภาพจากการวาดหรือถ่ายจริง แผนสถิติ ตาราง

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว

1. เลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้เหมาะสม
2. บอกเหตุผลในการเลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้
3. ออกแบบการเสนอข้อมูลตามรูปแบบที่เลือกไว้ได้
4. เปลี่ยนแปลงข้อมูลใหม่ให้อยู่ในรูปแบบที่เข้าใจดีขึ้น
5. บรรยายลักษณะสิ่งใดสิ่งหนึ่งด้วยข้อความที่เหมาะสม กะทัดรัด สื่อความหมายให้

ผู้อื่นเข้าใจได้

6. บรรยายหรือวาดแผนผังแสดงตำแหน่งของสถานที่ จนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้

7. ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (inferring) หมายถึง ความสามารถในการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตวัตถุหรือปรากฏการณ์ไปสัมพันธ์กับความรู้หรือประสบการณ์เดิมเพื่อลงข้อสรุปหรืออธิบายปรากฏการณ์ หรือวัตถุนั้น จำแนกได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. การลงความคิดเห็นที่เป็นข้อมูลที่ได้จากการสังเกตลักษณะหรือสมบัติของสิ่งต่าง ๆ แต่ละอย่างมาผสมผสานกับความรู้หรือประสบการณ์เดิม เพื่อลงข้อสรุปว่าสิ่งนั้นเป็นอะไรหรือสิ่งนั้นคืออะไร

2. การลงความคิดเห็นที่เป็นการอธิบายความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ในปรากฏการณ์ โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตมาผสมผสานกับความรู้หรือประสบการณ์เดิม

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ อธิบายหรือสรุปโดยเพิ่มความคิดเป็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตโดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย

8. ทักษะการพยากรณ์ (prediction) หมายถึง ความสามารถในการทำนายหรือคาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้าโดยอาศัยการสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ๆ หรือ ความรู้ที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีในเรื่องนั้นมาช่วยในการทำนาย

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว

1. ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นจากข้อมูลที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่ได้
2. ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นภายในขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้
3. ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นภายนอกขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงหรือขั้นผสม (Intergrated process skill) แบ่งได้ 5 ทักษะ ดังนี้

9. ทักษะการตั้งสมมติฐาน (formulating hypothesis) หมายถึง ความสามารถในการให้ข้อสรุปหรือคำอธิบายซึ่งเป็นคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการทดลอง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเป็นจริงในเรื่องนั้น ๆ

ข้อความที่เป็นสมมติฐานมีลักษณะดังนี้

1. อ้างถึงข้อเท็จจริงที่ยังไม่เคยมีประสบการณ์มาก่อน หรือโดยหลักการเป็นข้อเท็จจริงที่ไม่สามารถมีประสบการณ์ได้

2. สามารถทำการตรวจสอบโดยการทดลอง และแก้ไขเมื่อมีความรู้ใหม่ ได้

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ หากคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลองโดยอาศัยการสังเกต ความรู้และประสบการณ์เดิม

10. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (defining operationally) หมายถึง ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่สังเกตได้กับสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้ เพื่อให้มีความเข้าใจต่อสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้ตรงกัน

การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการทำได้ 2 ทาง คือ

1. โดยการระบุการวัด
2. โดยการระบุการทดลอง

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ กำหนดความหมายและขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่าง ๆ ให้สังเกตได้และวัดได้

11. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (identifying controlling and manipulating variables) หมายถึง (หน่วยศึกษานิเทศก์ 3) ความสามารถในการแยกประเภทของตัวแปรต่าง ๆ ว่าเป็นประเภทใด ตัวแปรแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท (หน่วยศึกษานิเทศก์. 2534 : 3) คือ

1. ตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้น (Independent Variable) ตัวแปรที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลนั้น ๆ หรือตัวแปรที่ต้องการศึกษาดูว่าจะก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่

2. ตัวแปรตาม (Dependent Variable) ตัวแปรที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นเปลี่ยนไปตัวแปรตามจะเปลี่ยนตามไปด้วย

3. ตัวแปรควบคุม (Controlled Variable) คือตัวแปรอื่น ๆ ที่เรายังไม่สนใจที่จะศึกษาเป็นตัวแปรตามขณะนั้น จึงจำเป็นต้องควบคุมให้คงที่ไว้ก่อน

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ ชี้บ่งและกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมได้

12. ทักษะการทดลอง (experimenting) หมายถึง ความสามารถในการดำเนินการตรวจสอบสมมติฐานโดยการทดลอง ซึ่งเริ่มตั้งแต่การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่ออกแบบไว้ ตลอดจนการใช้วัสดุอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง

ทักษะการทดลอง ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบคือ

1. การออกแบบการทดลอง
2. การปฏิบัติการทดลอง

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว

1. ออกแบบการทดลองโดย

1.1 กำหนดวิธีการทดลองได้ถูกต้องและเหมาะสมโดยคำนึงตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมด้วย

1.2 ระบุอุปกรณ์และ / หรือสารเคมีที่จะต้องใช้ในการทดลองให้

2. ปฏิบัติการทดลองและใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องและเหมาะสม
3. บันทึกผลการทดลองได้คล่องแคล่วและถูกต้อง

13. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (interpreting data and conclusion) หมายถึง ความสามารถในการบรรยายความหมายของข้อมูลที่ได้จัดทำ และอยู่ในรูปแบบที่ใช้ในการสื่อความหมายแล้ว ซึ่งจะนำไปสู่การระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ต้องการศึกษา ข้อมูลต่าง ๆ เป็นข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัดหรือการทดลอง

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว

1. แปลความหมายหรือบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลในทักษะคำนวณที่มีอยู่ได้

2. บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่

จากเอกสารเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นองค์ประกอบสำคัญของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการที่นำไปใช้ในการเสาะแสวงหาความรู้ ช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาความคิดรวบยอด และหลักการทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นในการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้สร้าง ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนได้รับทั้งความรู้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นพื้นฐานและขั้นบูรณาการ ได้แก่ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการคำนวณ ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการทดลอง ทักษะการตีความหมาย และลงข้อสรุป

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

งานวิจัยต่างประเทศ

เบิร์ก และเทรียกัสท์ (Berg & Treagust. 1993 : 880) ได้ศึกษาขั้นตอนการสอนเรื่องสมบัติของก๊าซตามหนังสือแบบเรียนวิชาเคมีจากการรายงานของครูวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า การศึกษาวิชาเคมีตามหนังสือแบบเรียน และจากรายงานของครูวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการสอนเรื่องกฎของก๊าซ เป็นการสอนที่เน้นการบรรยายขาดการทดลอง ปฏิบัติ เพื่อหาความสัมพันธ์กฎของก๊าซ ซึ่งมีผลต่อช่องว่างในการเรียนรู้ นักเรียนควรได้ใช้ความคิดในการจำลองปรากฏการณ์เกี่ยวกับก๊าซในเรื่องความดัน ปริมาตร จำนวนโมเลกุล และอุณหภูมิ และมีการอภิปรายความสัมพันธ์ของปริมาณเหล่านี้จากง่ายไปหายากตามลำดับ

ดอแรน และคณะ (Doran and others. 1993 : 1121) ได้ศึกษาวิธีการประเมินทักษะการปฏิบัติของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า เทคนิคการประเมินแบบดั้งเดิมคือการทดสอบด้วยข้อเขียนและรายงานการทดลองยังคงเป็นสิ่งจำเป็น โดยเครื่องมือที่ใช้ประเมินต้องประกอบด้วยคู่มือนักเรียน อุปกรณ์สำหรับการทดลอง และการให้คะแนนที่น่าเชื่อถือ

ทอมัส และสเวน (Thomas and Schwenz. 1998 : 1158) ได้ศึกษาความคิดรวบยอดของนักศึกษาระดับมหาวิทยาลัยที่เรียนเคมีฟิสิกส์ เรื่องสมดุลและหลักพื้นฐานผลการวิจัยพบว่า ในหลายๆกรณีนักเรียนมีความรู้ความเข้าใจพื้นฐานอย่างมีขอบเขตจำกัด เช่นมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนหรือผิดพลาดไปจากกฎและทฤษฎี เพื่อความชัดเจนครูผู้สอนวิชาเคมี ฟิสิกส์ประเมินความรู้ในเรื่องเทอร์โมไดนามิกเท่าที่จะทำได้ ซึ่งจะช่วยพัฒนาและแก้ไขการเรียนรู้และความเข้าใจแก่นักศึกษา

งานวิจัยในประเทศ

อรุณี เพชรเจริญ (2522 : 87) ได้ศึกษาตัวพยากรณ์บางตัวที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี กับ ความถนัดทางการเรียนด้านเหตุผลมีความสัมพันธ์สูงกว่าความถนัดด้านอื่นๆ รองลงมาคือความถนัดด้านคณิตศาสตร์ ด้านมิติสัมพันธ์ ด้านความจำ และด้านภาษา

วิชา เมธวิญญู (2526 : 34) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาเคมี เรื่อง "สารประกอบไอออนิก" สำหรับนักศึกษาครุศาสตร์ปีที่ 3 โดยใช้บทเรียนโมดูล กับการสอนปกติ พบว่ากลุ่มทดลองที่ได้รับการสอนโดยใช้บทเรียนโมดูลมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกับกลุ่มควบคุมที่ระดับ .05

ยุวรี วิศวะเวชเมธี (2527 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาปัญหาของครูชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาเคมี พบว่า ทางด้านปัญหาของครูผู้สอนปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์สาขาเคมี ประสบปัญหาเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ระดับปานกลาง เกี่ยวกับ

คุณภาพและปริมาณของเครื่องมือวิทยาศาสตร์ในระดับปานกลาง ทางด้านลักษณะของปัญหาและข้อเสนอแนะของครูผู้สอนเกี่ยวกับคุณภาพ และปริมาณของเครื่องมือวิทยาศาสตร์ อุปกรณ์บางอย่างคุณภาพไม่ดี ชำรุดง่าย ราคาแพง

ภัทรจันทร์ ใจสว่าง และคณะ (2530 : 50) ได้ศึกษาสภาพและปัญหาในการเรียนการสอนเกี่ยวกับการทดลองในวิชาวิทยาศาสตร์-เคมี ตามหลักสูตรชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พ.ศ. 2524 ผลการวิจัยพบว่า

1. ด้านอุปกรณ์ เครื่องมือทดลองมีจำนวนเพียงพอกับจำนวนนักเรียน ยกเว้นบางการทดลองที่พบว่าเครื่องมือทดลองมีเพียงพอและมีไม่เพียงพอมีจำนวนไม่แตกต่างกัน
2. ด้านคุณภาพของเครื่องมือทดลองครูมีความเห็นว่า เครื่องมือทดลองทนทานและชำรุดง่ายมีจำนวนไม่แตกต่างกัน
3. ด้านการเตรียมอุปกรณ์ครูไม่มีความยุ่งยากในการเตรียมอุปกรณ์ทดลองยกเว้นบางการทดลองที่พบว่าครู ที่มีความเห็นว่ายุ่งยาก และไม่ยุ่งยากในการเตรียมอุปกรณ์มีจำนวนไม่แตกต่างกัน
4. ด้านการเก็บรักษาอุปกรณ์พบว่าครูที่มีความเห็นว่าการเก็บรักษาอุปกรณ์เป็นปัญหาและไม่เป็นปัญหา มีจำนวนไม่แตกต่างกัน

จินดารัตน์ ไกลที่พึ่ง (2534 : 3) ได้ศึกษาการจัดสภาพการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษาเขตการศึกษา 11 พบว่า ครูส่วนใหญ่ยังขาดการให้คำแนะนำถึงอันตราย และความระมัดระวังในการทดลองเรื่องการใช้คำถาม ส่วนใหญ่ใช้คำถามเพื่อการสังเกตและอภิปราย ไม่ค่อยให้เวลานักเรียนคิด และมีการเตรียมคำถามน้อย และมีครูเพียง 4 ใน 30 คน ที่สามารถให้นักเรียนทำการทดลองตามขั้นตอนได้ถูกต้องตามทฤษฎี ให้นักเรียนสรุปผลการทดลองได้ด้วยตนเอง

สุนีย์ คล้ายนิล (2535 : 3-10) ได้ศึกษาความแตกต่างของการตอบปัญหาแบบดั้งเดิมกับการตอบปัญหาโจทย์แบบที่ต้องการความเข้าใจแนวคิด ของนักเรียน อเมริกา อังกฤษและไทยในเนื้อหาวิชาเคมีเรื่องก๊าซ ปรากฏว่าความสามารถของนักเรียนไทยอาจดีกว่าในหลายกรณี ยกเว้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียน ระดับเอ ของอังกฤษพบว่าความคิดรวบยอดในเรื่องก๊าซของนักเรียนไทยด้อยกว่า เป็นจุดที่ต้องปรับปรุง

อุษณีย์ ชนารุณ (2536 : 125) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคงทนในการเรียนรู้และเจตคติต่อการสอนวิชาเคมีเรื่องตารางธาตุของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประจำปีการศึกษา 2535 ที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบสื่อประสม พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเรื่องตารางธาตุของนักเรียนก่อนและหลังการเรียนด้วยวิธีสอนแบบสื่อประสมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเรื่องตารางธาตุหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

จากงานวิจัยเกี่ยวกับการเรียนการสอนเรื่องสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ พบว่า ปัญหาในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะสาขาวิชาเคมีด้านอุปกรณ์พบว่า อุปกรณ์คุณภาพไม่ดี ชำรุดง่าย ด้านการสอน นักเรียนยังไม่สามารถทำการทดลองได้ถูกต้องตามทฤษฎี และไม่

สามารถสรุปผลการทดลอง ได้ด้วยตนเอง เช่นเรื่องสมบัติของก๊าซ การจัดการเรียนการสอนที่ใช้สื่อการสอนที่เหมาะสมจะเป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้น ดังนั้นด้วยเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงสร้างชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซเพื่อใช้เป็นสื่อการเรียน การสอนเรื่องสมบัติของก๊าซ ในวิชาเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์

เสียม วิไลวัฒน์ (2527 : 76) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่า การใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละด้านและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ถ้านักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละด้าน และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ดีแล้ว นักเรียนจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ดีด้วย

สุมิตรา คำนิงครวญ (2533 : 42) ได้ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการควบคุมตัวแปรของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในจังหวัดสุโขทัย พบว่า นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในจังหวัดสุโขทัยมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการควบคุมตัวแปรอยู่ในระดับสูงมีจำนวนมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 49.72 ของนักเรียนทั้งหมด รองลงมาคือระดับปานกลาง และระดับสูงมาก ซึ่งคิดเป็นร้อยละ ของจำนวนนักเรียนทั้งหมดได้ร้อยละ 30.51 และร้อยละ 11.30 ตามลำดับ

จิระนันท์ จูนก (2535 :52) ได้ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในจังหวัดพิษณุโลก พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จังหวัดพิษณุโลกมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการคำนวณอยู่ในระดับปานกลางมีจำนวนมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 44.06 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด และรองลงมาอยู่ในระดับสูง ระดับต่ำ ระดับสูงมาก และระดับต่ำมาก คิดเป็นร้อยละ 40.27, 11.35, 3.78 และ 0.54 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมดตามลำดับ

ไพฑูรย์ สุขศรีงาม (2540 : 69) ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานและเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา และสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่า นักเรียนโดยส่วนรวมและจำแนกตามเพศ ประสิทธิภาพในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานโดยส่วนรวมต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม โดยนักเรียนจำนวนปานกลาง (ร้อยละ 43.74 - 47.62) ได้คะแนนเท่ากับหรือมากกว่าร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม

พรพรม สัมฤทธิ์ (2540 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาทักษะปฏิบัติการทดลองเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนสาธิตสังกัดทบวงมหาวิทยาลัย พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีทักษะปฏิบัติในการปฏิบัติการทดลองเคมีในด้านต่าง ๆ เกือบทุกด้าน ยกเว้นทักษะการทดลองพบว่า ตัวอย่างประชากรส่วนใหญ่ยังขาดทักษะเกี่ยวกับความชำนาญและความคล่องแคล่ว

จากงานวิจัยเกี่ยวกับการเรียนการสอนเรื่องทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่าการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องเน้นทั้งในด้านความรู้ และกระบวนการแสวงหาความรู้ไป

พร้อมๆ กัน ดังนั้นถ้านักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละด้านดีแล้ว นักเรียนจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีด้วย การที่จะสอนให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อุปกรณ์สื่อการสอนมีส่วนทำให้การเรียนการสอนดีขึ้น และยังทำให้นักเรียนได้มีโอกาสฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สมมติฐานการวิจัย

1. ประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซให้ผลการทดลองตรงตามสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ
2. ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซมีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด
3. ผลการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ ในการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

การวิจัยเรื่อง การสร้างชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ สำหรับนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi Experimental Research) ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการ
ตามขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวัดรางบัว
กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2543 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ จำนวน
80 คน ซึ่งได้รับการจัดห้องเรียนโดยความสามารถ

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์
- คณิตศาสตร์ ที่ได้รับการสุ่มแบบจัดกลุ่ม (Cluster random sampling) จำนวน 40 คน

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การสร้างชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอน
สอน ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้า 3 ตอน คือ

ตอนที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพของ ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ
เป็นไปตามกฎและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

ตอนที่ 2 การประเมินคุณภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

ตอนที่ 3 การหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ
ประกอบการเรียนการสอน

ผู้วิจัย กำหนดและดำเนินการสร้างเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้าของแต่ละตอนดังนี้

**ตอนที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพของ ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์
ของก๊าซเป็นไปตามกฎและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ**

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองประกอบด้วย

1.1 ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ

1.2 ชุดทดลองเพื่อศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

1.3 คู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซของครูและนักเรียน

การดำเนินการสร้างชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซและชุดทดลองเพื่อศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนย่อย 3 ขั้นตอน คือ 1) กำหนดวัสดุ - อุปกรณ์ในการสร้างชุดทดลอง 2) ออกแบบและสร้างชุดทดลอง 3) การทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองในแต่ละขั้นตอนได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าดังนี้

1. กำหนดวัสดุ - อุปกรณ์ในการสร้างชุดทดลอง

ในการกำหนดวัสดุ - อุปกรณ์ที่ใช้สร้างชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ ผู้วิจัยคำนึงถึงวัสดุ - อุปกรณ์ ที่มีอยู่แล้วหรือหาได้ง่าย มีคุณภาพดี คงทน และความเหมาะสมเป็นสำคัญ วัสดุ - อุปกรณ์ ที่ใช้ประกอบด้วย

1.1 วัสดุ - อุปกรณ์ที่ใช้ในชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ

- ท่อพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 5 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 6 เซนติเมตร ยาว 37 เซนติเมตร
- อลูมิเนียมรูปทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 6.5 เซนติ สูง 2 เซนติเมตร
- อลูมิเนียมรูปทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.4 เซนติเมตร ยาว 45 เซนติเมตร
- กระบอก พี วี ซี เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 5 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 4.5 เซนติเมตร ยาว 5 เซนติเมตร
- ไม้ขนาด 2 X 2 เซนติเมตร ยาว 11 เซนติเมตร
- วงแหวนอลูมิเนียม เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 5 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 6.2 เซนติเมตร
- ไม้รูปทรงกระบอกหรือท่อ พี วี ซี เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 1.5 เซนติเมตร หนา 0.2 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร
- กระบอกอลูมิเนียมเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 5 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 2 เซนติเมตร สูง 2 เซนติเมตร
- จุกยาง และสายพลาสติก
- กาวกันซึม
- นอตและสกรูสำหรับยึดอุปกรณ์เข้าด้วยกัน
- กระป๋องนมขนาดใหญ่
- เทอร์มอมิเตอร์ 0°C - 100°C
- แผ่นเหล็กและลวดเหล็กทำขาตั้ง
- แมนอมิเตอร์ปรอทรูปตัวยู
- เครื่องวัดความดัน มาตรา 0.5-7.5 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร
- แท่งทองเหลืองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร

1.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในชุดทดลองศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

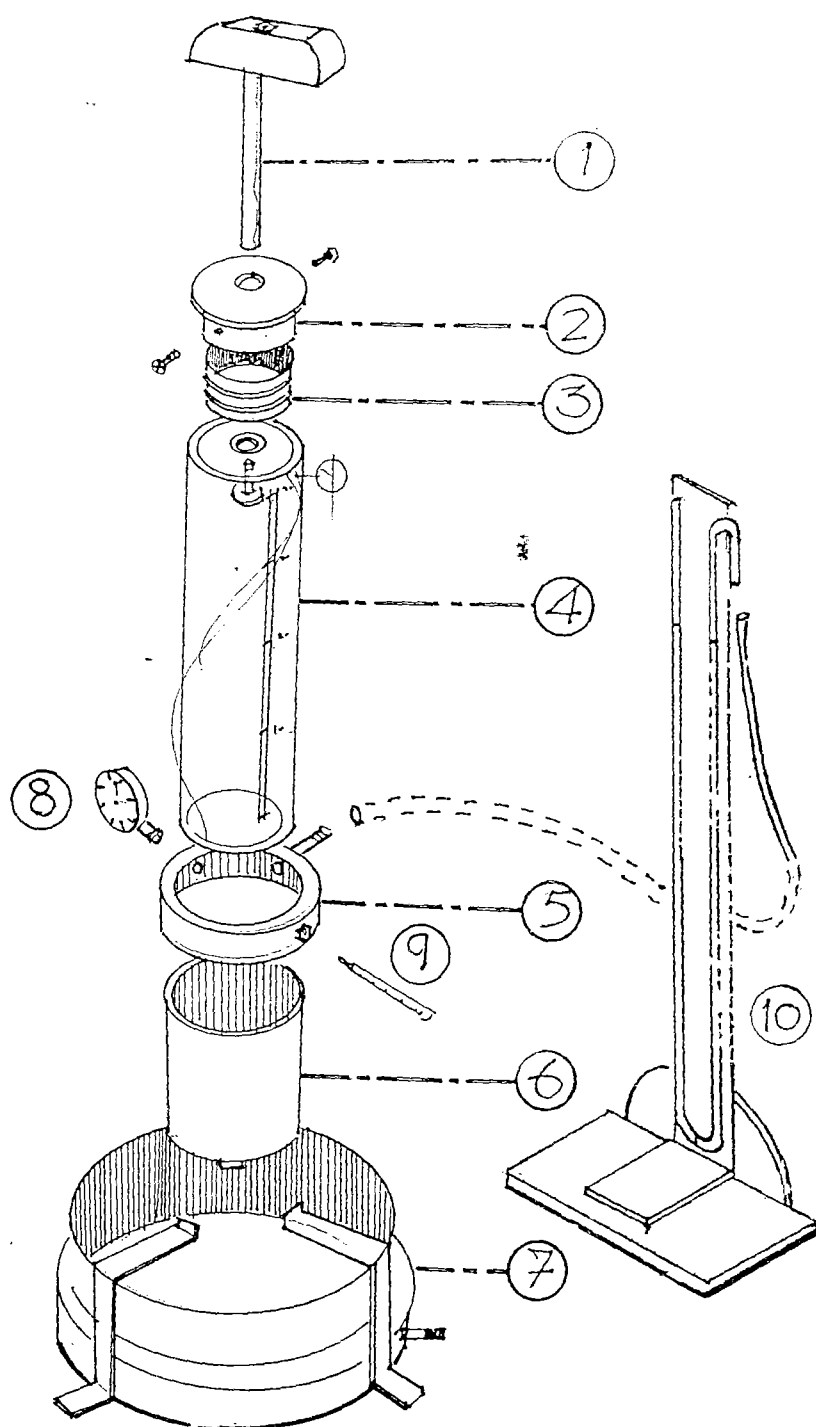
- ท่อเหล็กกลวงรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากหน้ากว้าง 95 มิลลิเมตร หน้า 3 มิลลิเมตร ยาว 34 มิลลิเมตร
- ท่อเหล็กกลวงเส้นผ่าศูนย์กลาง 55 มิลลิเมตร หน้า 1 มิลลิเมตร
- แผ่นเหล็กหนา 2 มิลลิเมตร และ 4 มิลลิเมตร ยาว 25 มิลลิเมตร
- ท่อพลาสติกใสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางนอก 60 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 50 มิลลิเมตร
- แผ่นไม้หนา 5 มิลลิเมตร
- แผ่นอลูมิเนียมหนา 3 มิลลิเมตร, 7 มิลลิเมตร และ 9 มิลลิเมตร
- แท่งทองเหลืองรูปทรงกระบอกตันเส้นผ่าศูนย์กลาง 18 มิลลิเมตร ยาว 150 มิลลิเมตร
- แท่งอลูมิเนียมรูปทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 55 มิลลิเมตร สูง 40 มิลลิเมตร
- แผ่นพลาสติกใสหนา 15 มิลลิเมตร กว้าง 70 มิลลิเมตร ยาว 200 มิลลิเมตร
- แผ่นยางหนา 4 มิลลิเมตร กว้าง 130 มิลลิเมตร ยาว 16 มิลลิเมตร
- แหวนยางกันซึม
- มอเตอร์กระแสตรง 0-24 โวลต์
- หม้อแปลงไฟฟ้ากระแสตรง 1.5-30 โวลต์ 1 A D.C
- นอตและสกรูขนาดต่าง ๆ
- เทอร์โมมิเตอร์ -10°C - 50°C
- สีสเปรย์
- ลูกกลมโลหะขนาด เล็ก กลาง ใหญ่

2. การออกแบบและสร้างชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

การออกแบบชุดทดลอง ผู้วิจัยได้ยึดจุดประสงค์ในเนื้อหาของรายวิชาเคมี(ว031) ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) เรื่อง สมบัติของ ก๊าซ และทฤษฎีจลน์ของก๊าซ เป็นหลัก และออกแบบชุดทดลองให้มีลักษณะดังนี้ รูปร่างงูใจ ผู้เรียน ทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย สะดวกในการใช้และทดลองปฏิบัติ คงทนถาวร วัสดุที่ใช้หา ได้ง่าย ใช้งานได้หลายอย่าง สะดวกในการเก็บรักษา มีเสถียรภาพดี มองเห็นและสังเกตได้ชัด เมื่อ ออกแบบเรียบร้อยแล้วผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างตามขั้นตอนที่ออกแบบไว้ ตามลำดับดังนี้

2.1 การออกแบบและสร้างชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นฐานรองรับกระบอกสูบ ลูกสูบและภาชนะใส่น้ำ มีรายละเอียดดังนี้

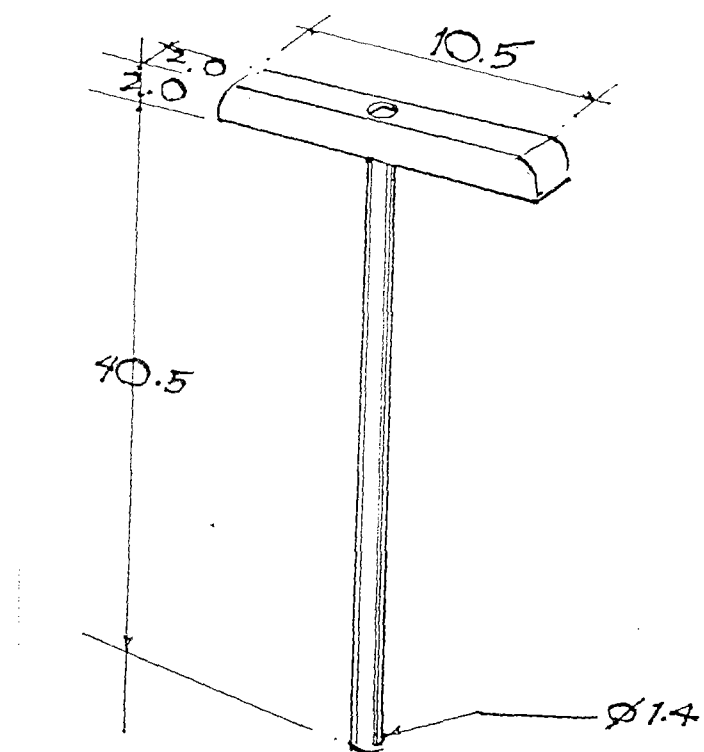
2.1.1 ภาพแสดงแบบชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ มีรายละเอียดดังนี้



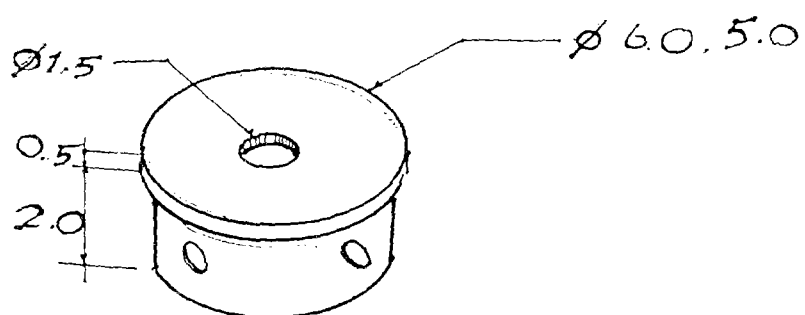
ภาพประกอบ 11 แสดงแบบชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ

รายชื่อชิ้นส่วนต่าง ๆ ของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ

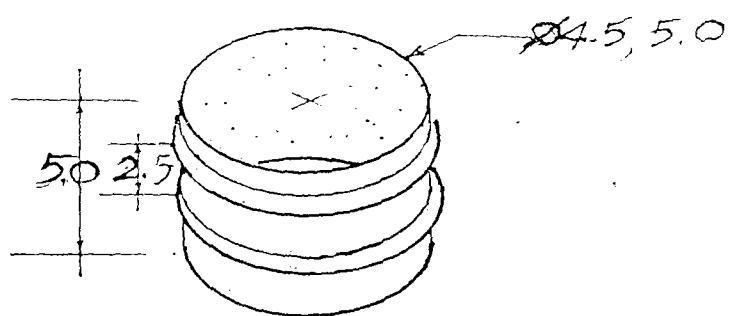
- | | |
|----------------|--|
| ชิ้นส่วนที่ 1 | ก้านลูกสูบ |
| ชิ้นส่วนที่ 2 | ฝากระบอกสูบ |
| ชิ้นส่วนที่ 3 | ลูกสูบ |
| ชิ้นส่วนที่ 4 | กระบอกสูบส่วนที่เป็นพลาสติก |
| ชิ้นส่วนที่ 5 | แหวนยึดระหว่างกระบอกสูบส่วนที่เป็นพลาสติกกับโลหะอลูมิเนียม |
| ชิ้นส่วนที่ 6 | ส่วนกระบอกสูบที่เป็นโลหะอลูมิเนียม |
| ชิ้นส่วนที่ 7 | อ่างน้ำกระป๋องนม พร้อมขาตั้ง |
| ชิ้นส่วนที่ 8 | ชุดเครื่องวัดความดันลม |
| ชิ้นส่วนที่ 9 | ชุดเทอร์มอมิเตอร์ |
| ชิ้นส่วนที่ 10 | ชุดแมนอมิเตอร์ |



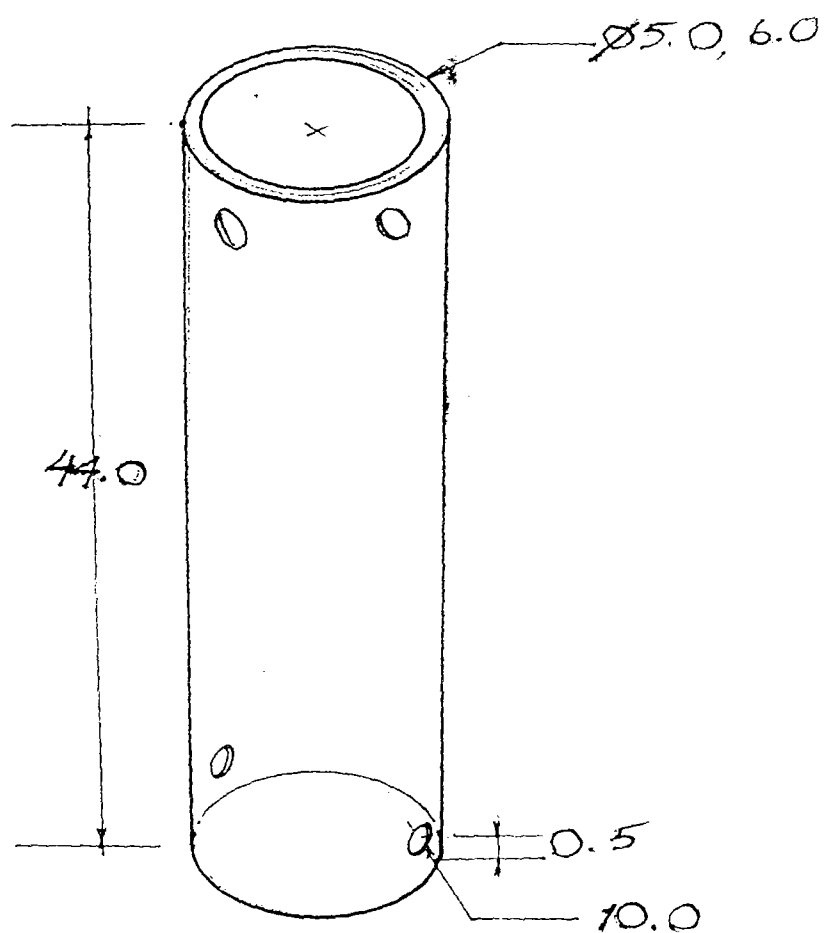
ภาพประกอบ 12 แสดงแบบชิ้นส่วนที่ 1, ก้านสูบพร้อมที่จับ



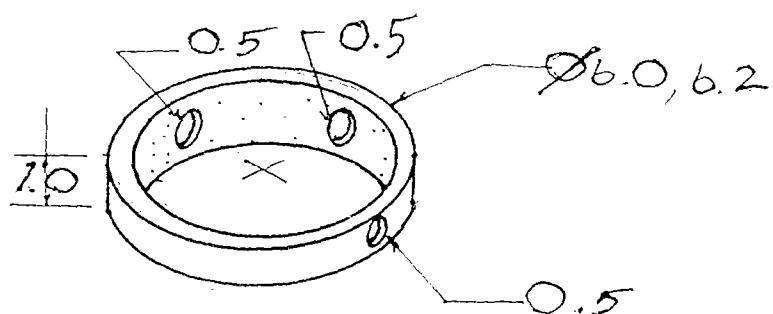
ภาพประกอบ 13 แสดงแบบชิ้นส่วนที่ 2 ฝากระบอกสูบ



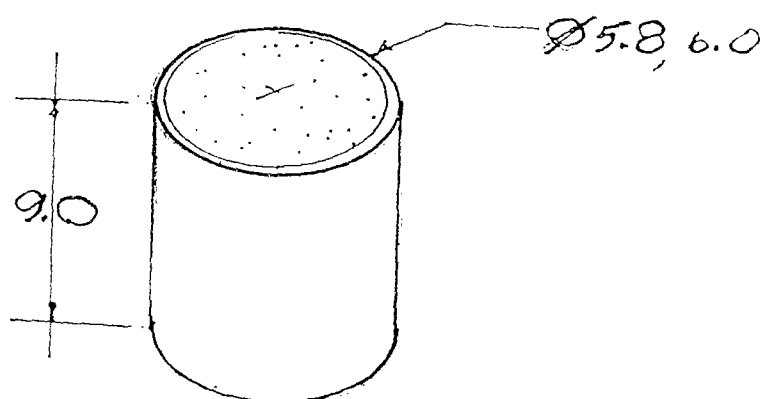
ภาพประกอบ 14 แสดงชิ้นส่วนที่ 3 ลูกสูบ



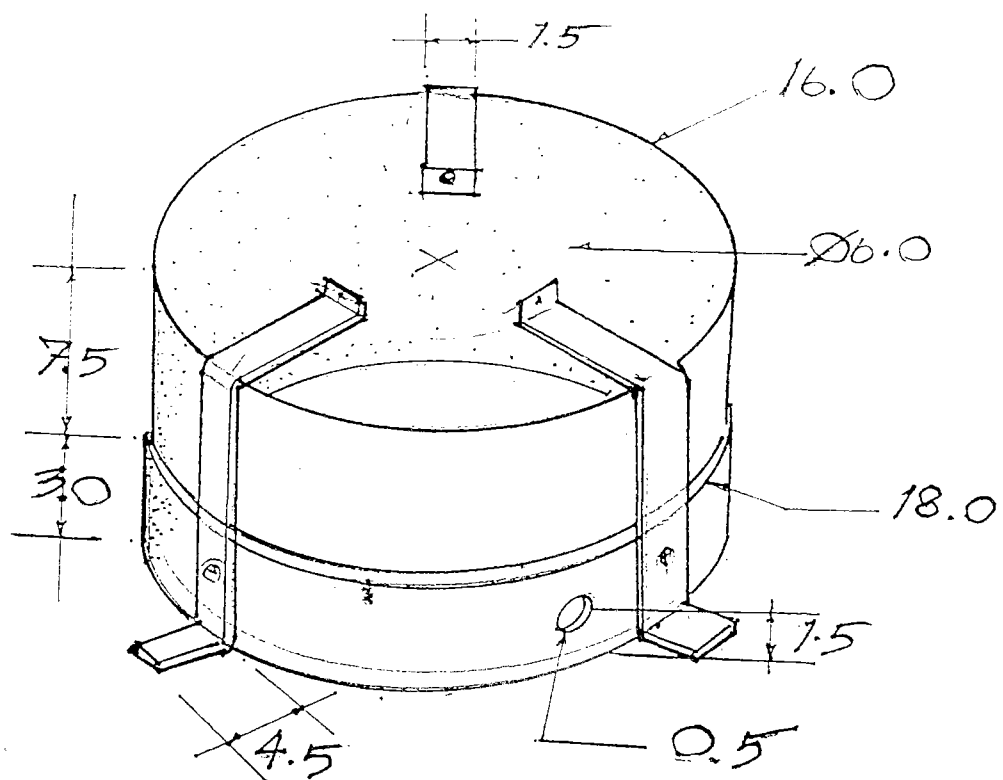
ภาพประกอบ 15 แสดงแบบชิ้นส่วนที่ 4 กระบอกสูบส่วนที่เป็นพลาสติก



ภาพประกอบ 16 แสดงแบบชิ้นส่วนที่ 5 แหวนยึดระหว่างกระบอกสูบส่วนที่เป็นพลาสติกกับโลหะอลูมิเนียม



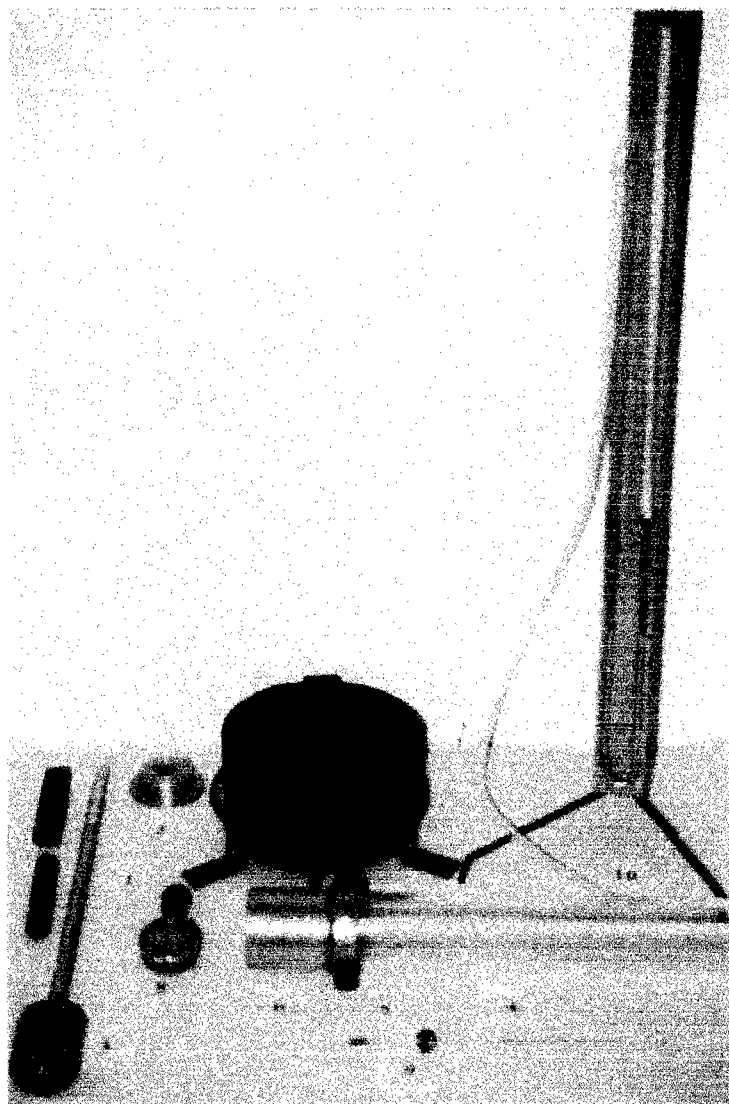
ภาพประกอบ 17 แสดงแบบชิ้นส่วนที่ 6 กระบอกสูบส่วนที่เป็นโลหะอลูมิเนียม



ภาพประกอบ 18 แสดงแบบขึ้นชิ้นที่ 7 อ่างน้ำระบองนมพร้อมขาตั้ง

2.1.2 การสร้างชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติ ของก๊าซ

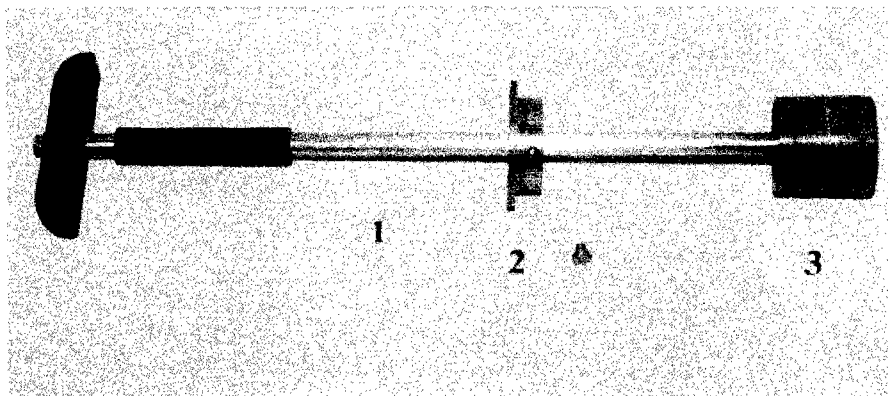
2.1.2.1 อุปกรณ์ในการสร้างชุดทดลองศึกษาสมบัติของก๊าซ



ภาพประกอบ 19 แสดงอุปกรณ์ในการสร้างชุดทดลองศึกษาสมบัติของก๊าซ

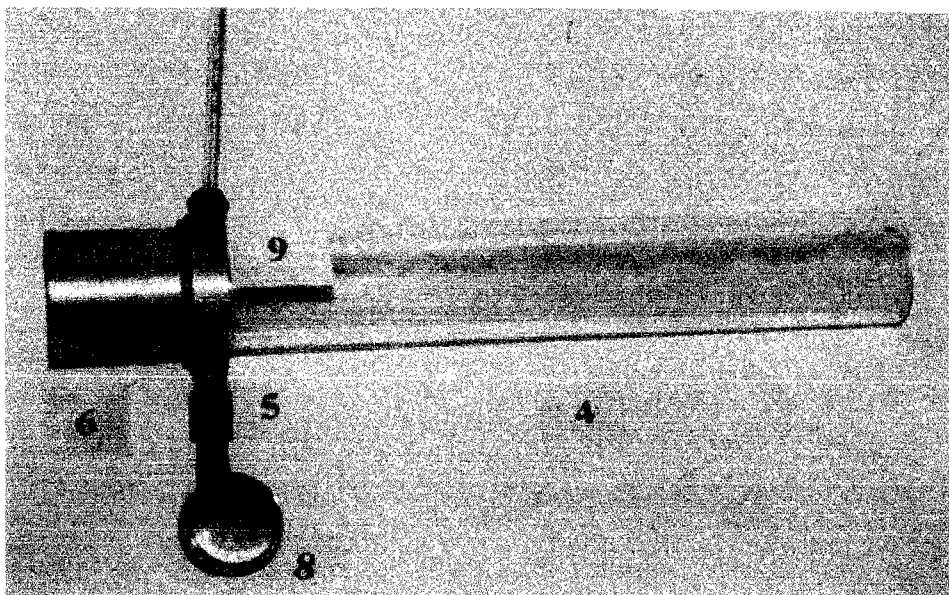
(1) ก้านสูบพร้อมที่จับ (2) ฟลักซ์บอกลูกสูบ (3) ลูกสูบ (4) ชุดกระบอกสูบ (7) อ่างน้ำพร้อมขาตั้ง (8) ชุดวัดความดัน (9) ชุดเทอร์โมมิเตอร์ (10) ชุดแมนอมิเตอร์ปรอท

2.1.2.2 การประกอบชุดก้านลูกสูบ ฝาปิดกระบอกสูบเข้ากับลูกสูบ



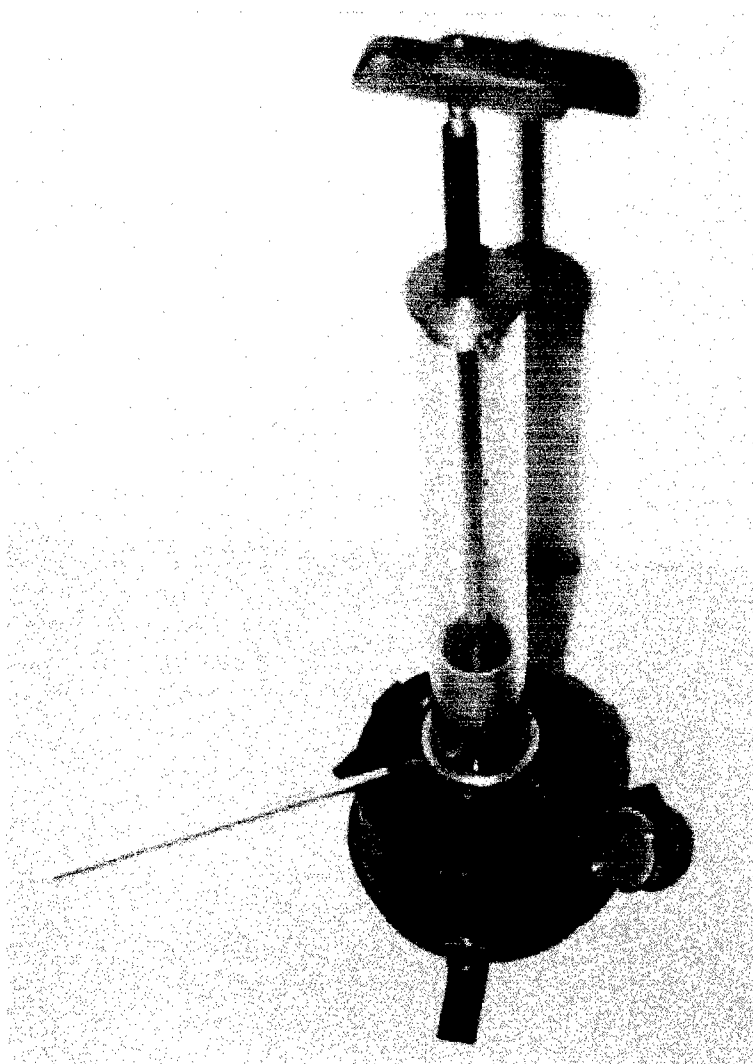
ภาพประกอบ 20 แสดงการประกอบก้านลูกสูบ ฝากระบอกสูบ ลูกสูบ

2.1.2.3 การประกอบเครื่องวัดความดัน เทอร์มอมิเตอร์ เข้ากับชุดกระบอกสูบ

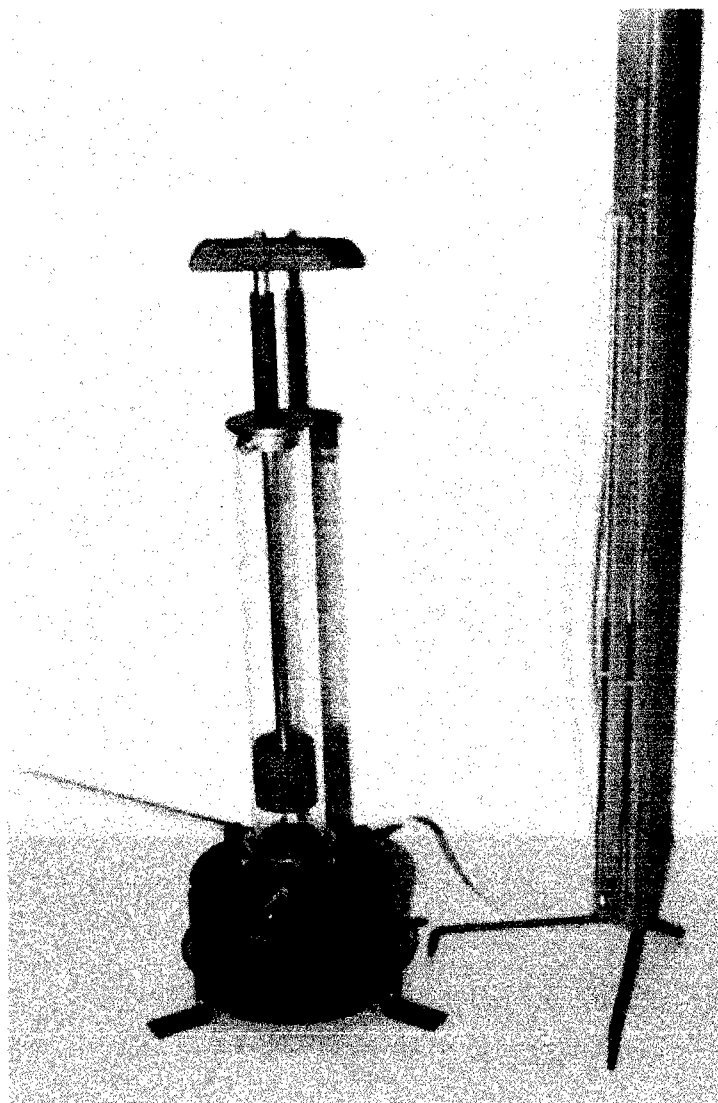


ภาพประกอบ 21 แสดงการประกอบเครื่องวัดความดัน เทอร์มอมิเตอร์ กระบอกสูบ

2.1.2.4 การประกอบชุดลูกสูบ ชุดกระบอกสูบเข้ากับอ่างน้ำ



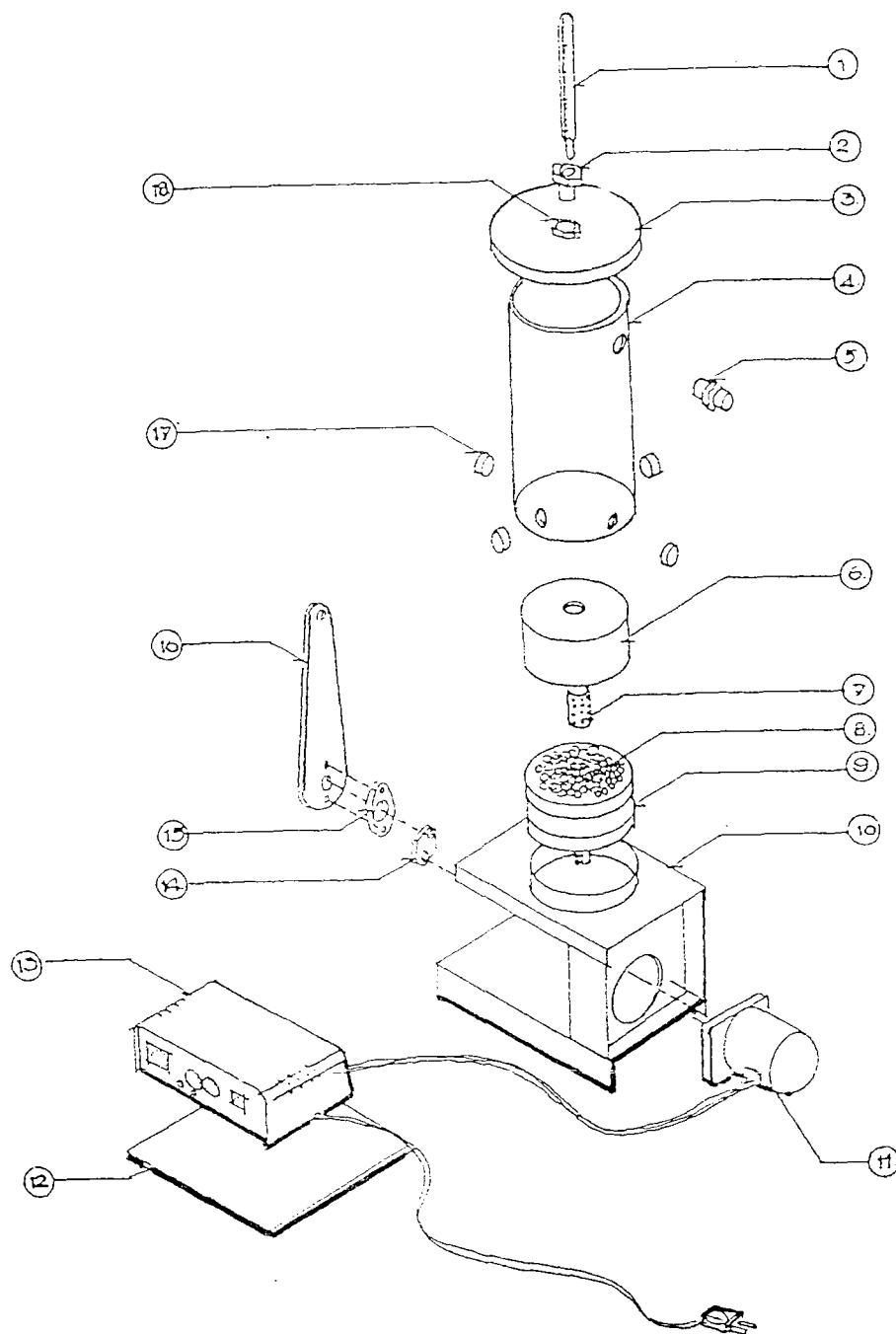
ภาพประกอบ 22 แสดงการประกอบชุดลูกสูบ ชุดกระบอกสูบ และอ่างน้ำกระป๋องนม



ภาพประกอบ 23 แสดงชุดทดลองศึกษาสมบัติของก๊าซ

2.2 การออกแบบและสร้างชุดทดลองเพื่อศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นฐานรองรับกระบอกสูบ และกระบอกสูบ มีลำดับขั้นตอนดังนี้

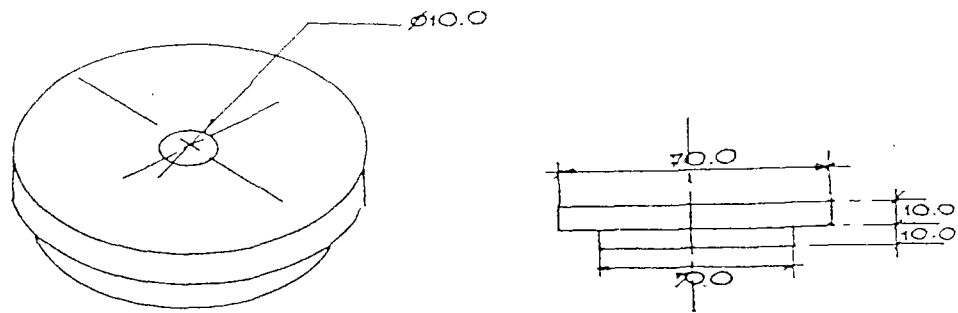
2.2.1 ภาพแสดงแบบชุดทดลองเพื่อศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซ มีรายละเอียดดังนี้



ภาพประกอบ 24 แสดงแบบชุดศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

รายชื่อชิ้นส่วนต่าง ๆ ของชุดทดลองเพื่อศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

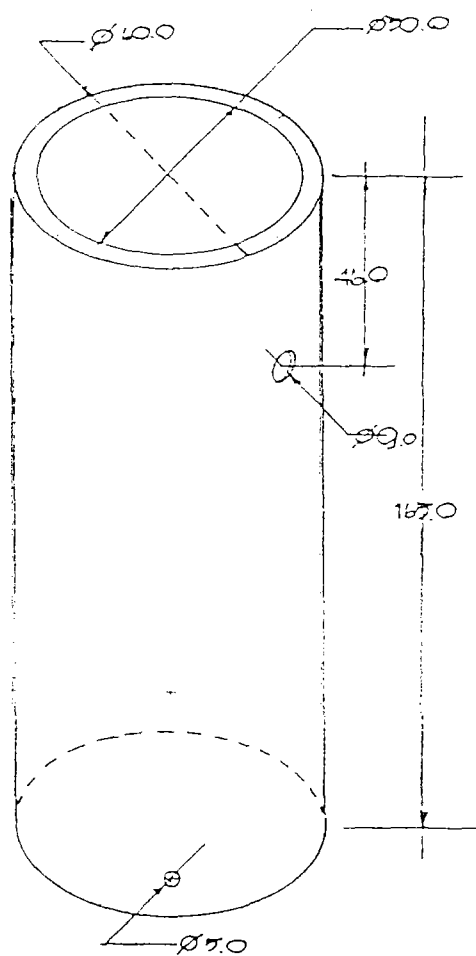
- ชิ้นส่วนที่ 1 เทอร์โมมิเตอร์
- ชิ้นส่วนที่ 2 สกรูยึดเทอร์โมมิเตอร์
- ชิ้นส่วนที่ 3 ฝากระบอกสูบ
- ชิ้นส่วนที่ 4 กระบอกสูบ
- ชิ้นส่วนที่ 5 นอตและสกรู
- ชิ้นส่วนที่ 6 อลูมิเนียมทรงกระบอกกลวง
- ชิ้นส่วนที่ 7 ส่วนรับการชนของลูกกลมโลหะ
- ชิ้นส่วนที่ 8 ลูกกลมโลหะ
- ชิ้นส่วนที่ 9 ลูกสูบคู่
- ชิ้นส่วนที่ 10 ฐานสำหรับติดตั้งอุปกรณ์
- ชิ้นส่วนที่ 11 มอเตอร์
- ชิ้นส่วนที่ 12 แผ่นไม้รองหม้อแปลง
- ชิ้นส่วนที่ 13 หม้อแปลง
- ชิ้นส่วนที่ 14 ขั้วเสื่อ
- ชิ้นส่วนที่ 15 ขั้วเหวี่ยง
- ชิ้นส่วนที่ 16 ก้านสูบ
- ชิ้นส่วนที่ 17 สกรูกระบอกสูบกับฐาน
- ชิ้นส่วนที่ 18 นอตยึดสกรูชิ้นส่วนหมายเลข 2



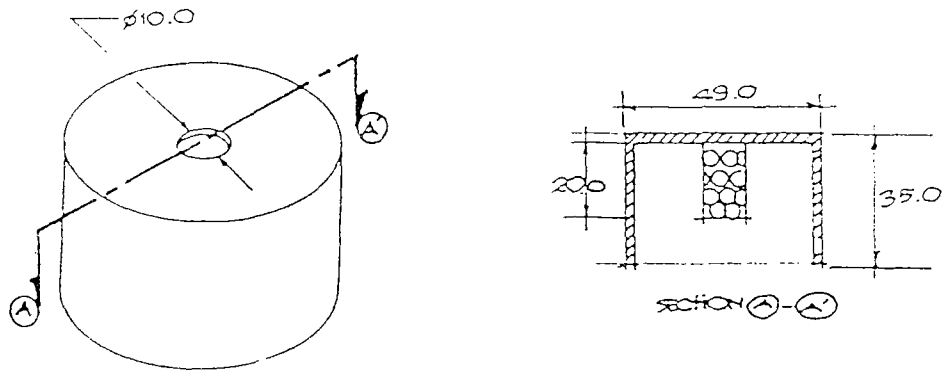
ก. ฝากรอบอกสูบ

ข. ภาคตัดขวางฝากรอบอกสูบ

ภาพประกอบ 25 แสดงชิ้นส่วนที่ 3 ฝากรอบอกสูบ



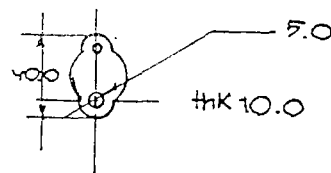
ภาพประกอบ 26 แสดงแบบชิ้นส่วนที่ 4 กระบอกสูบ



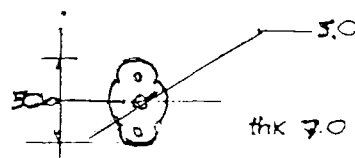
ก. ทรงกระบอกกลาง

ข. ภาคตัดขวางทรงกระบอกกลางส่วนรับภาระชน

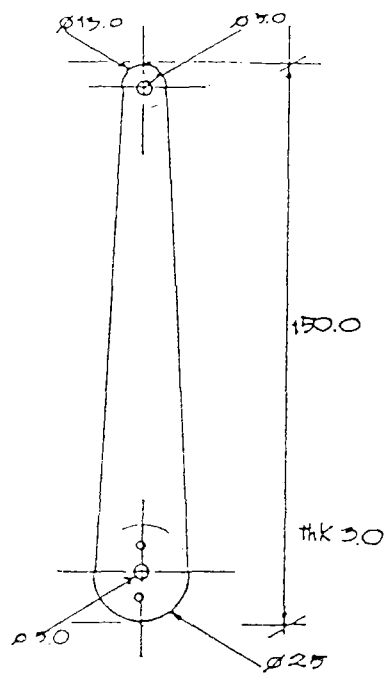
ภาพประกอบ 27 แสดงแบบยลุมิเนียมทรงกระบอกกลางที่กรุด้านในตอนบน



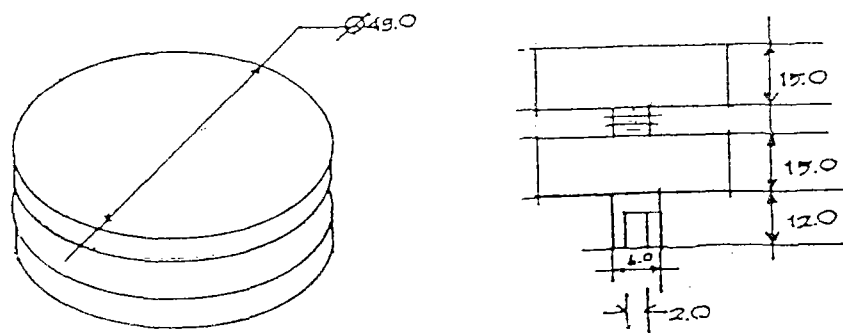
ภาพประกอบ 28 แสดงแบบชิ้นส่วนที่ 14 ข้อเสื่อ



ภาพประกอบ 29 แสดงแบบชิ้นส่วนที่ 15 ข้อเหวี่ยง



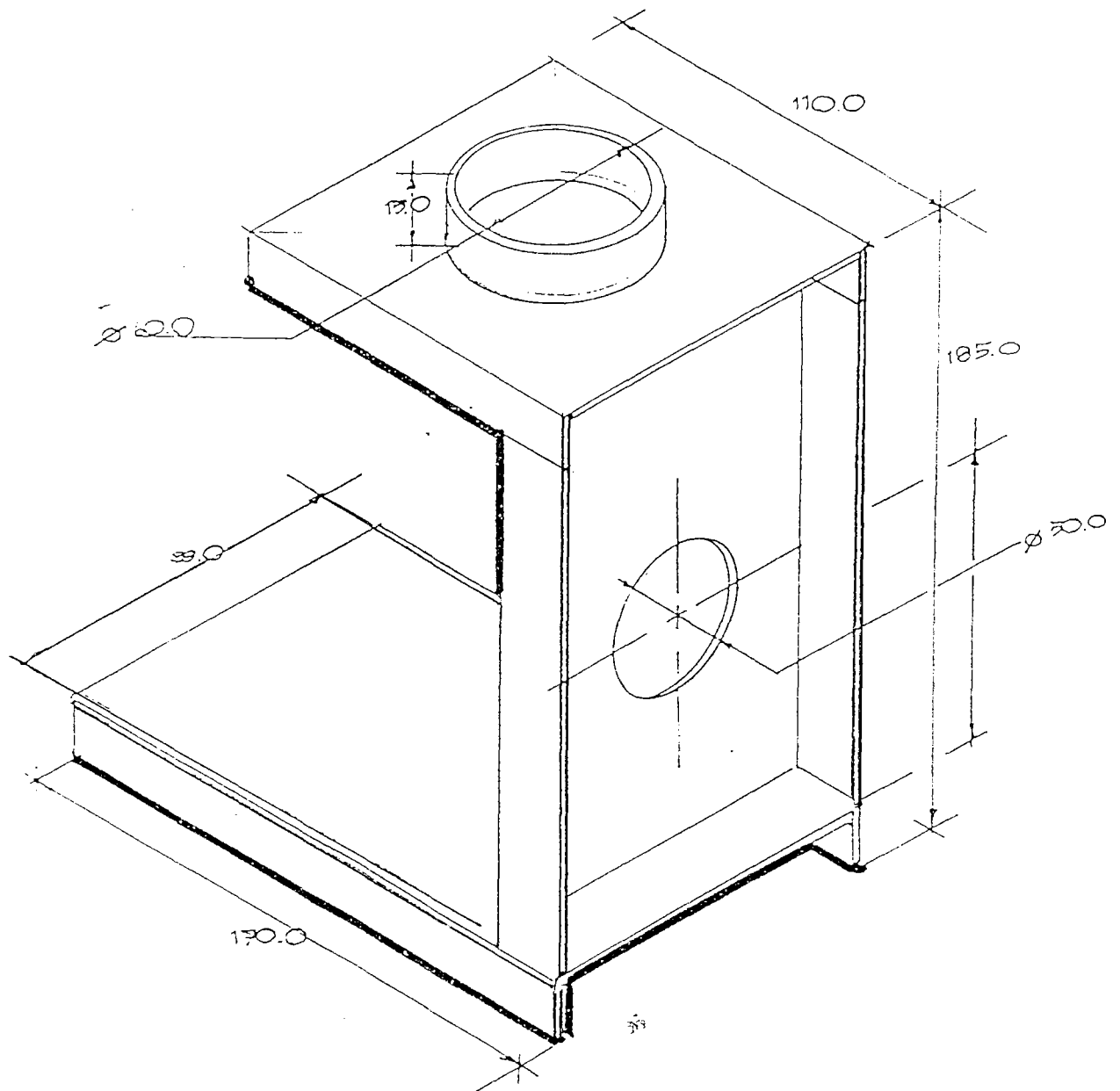
ภาพประกอบ 30 แสดงแบบชิ้นส่วนที่ 16 ก้านลูกสูบ



ก. ลูกสูบคู่

ข. ภาคตัดขวาง

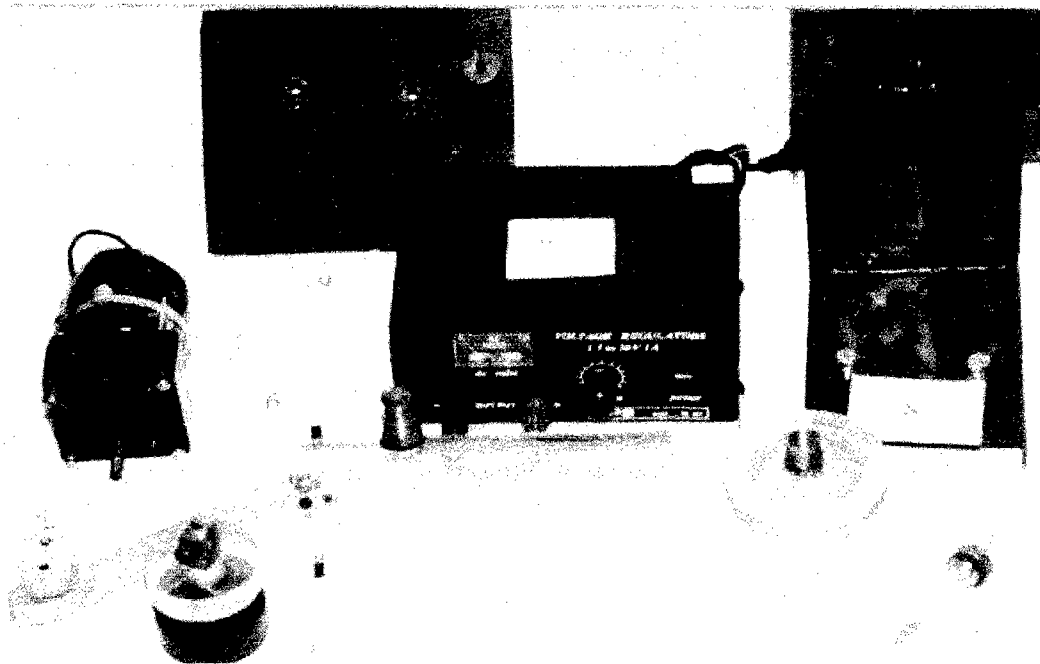
ภาพประกอบ 31 แสดงแบบชิ้นส่วนที่ 9 ลูกสูบคู่



ภาพประกอบ 32 แสดงแบบชิ้นส่วนที่ 10 ฐานสำหรับติดตั้งอุปกรณ์

2.2.3 การสร้างชุดทดลองเพื่อศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซมีลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

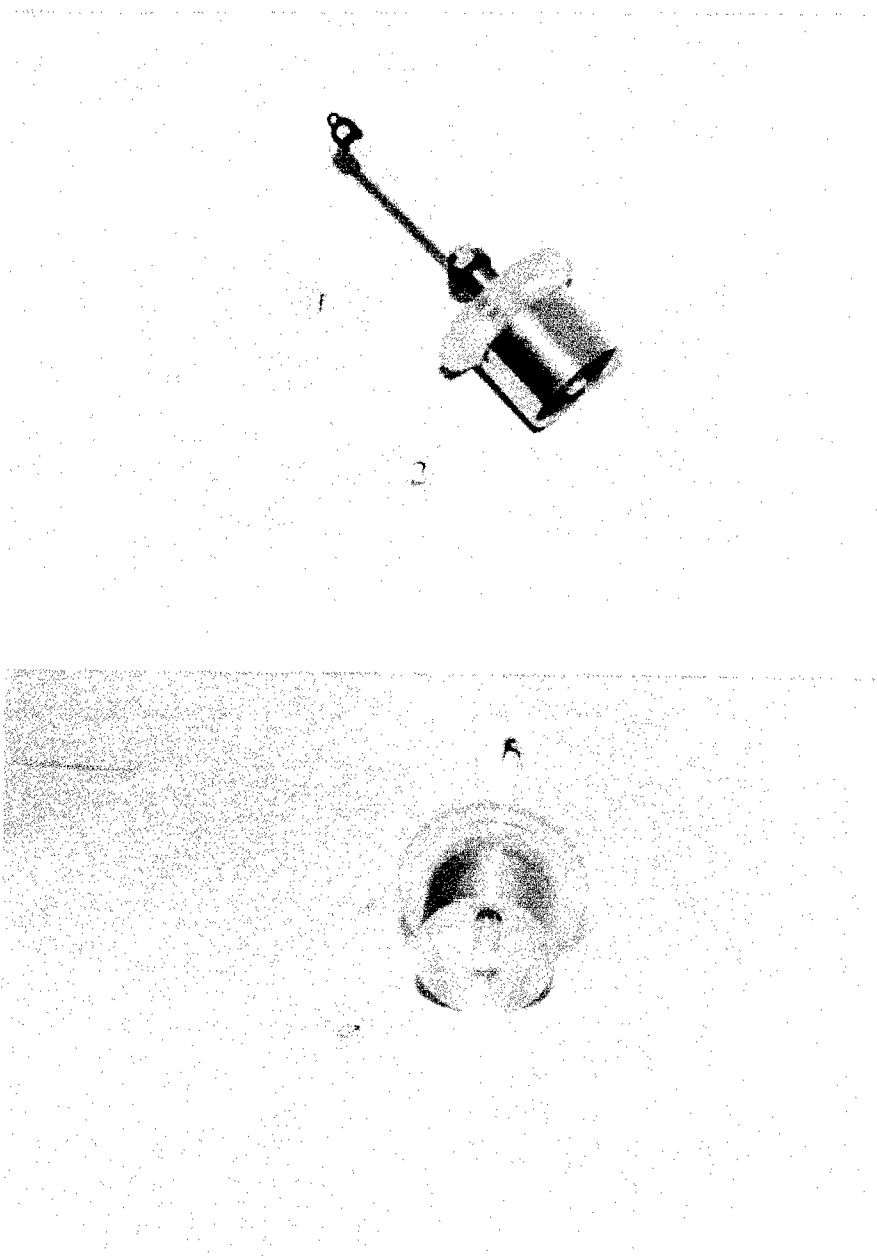
2.2.3.1. อุปกรณ์ในการสร้างชุดทดลองเพื่อศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซ



ภาพประกอบ 33 แสดงอุปกรณ์ในการสร้างชุดทดลองศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

(1) ชุดเทอร์โมมิเตอร์ (2) ชุดฝากระบอกสูบ (3) ชุดตัวกระบอกสูบ (4) ชุดลูกสูบและก้านสูบ (5) ชุดข้อเหวี่ยงและข้อเสื่อ (6) มอเตอร์ (7) หม้อแปลงไฟฟ้า (8) ฐานชุดการทดลอง (9) แผ่นไม้และแท่นวางรองรับหม้อแปลงไฟฟ้า

2.2.3.2 การประกอบชุดเทอร์โมมิเตอร์เข้ากับชุดฝากระบอกสูบ



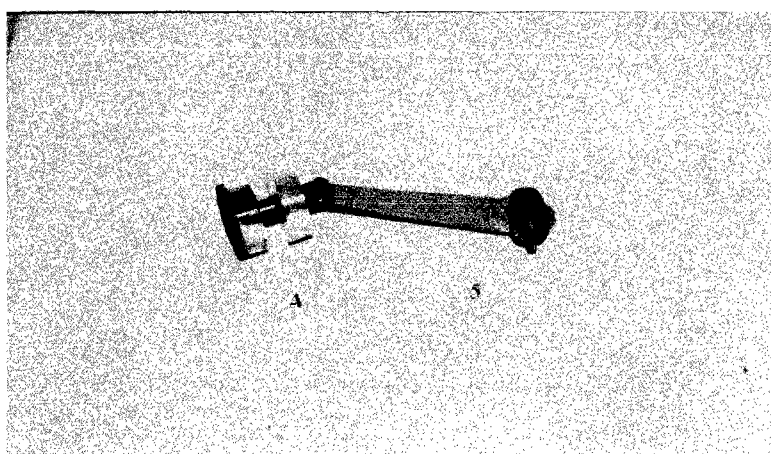
ภาพประกอบ 34 แสดงการประกอบชุดเทอร์โมมิเตอร์เข้ากับชุดฝากระบอกสูบ

2.2.3.3 การประกอบชุดตัวกระบอกสูบเข้ากับฝากระบอกสูบ

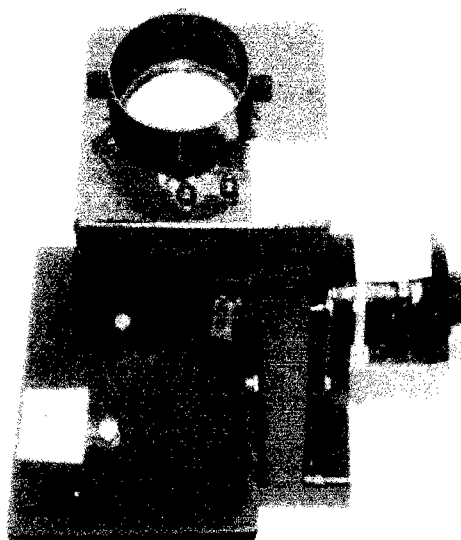


ภาพประกอบ 35 แสดงการประกอบส่วนฝาและตัวกระบอกสูบ

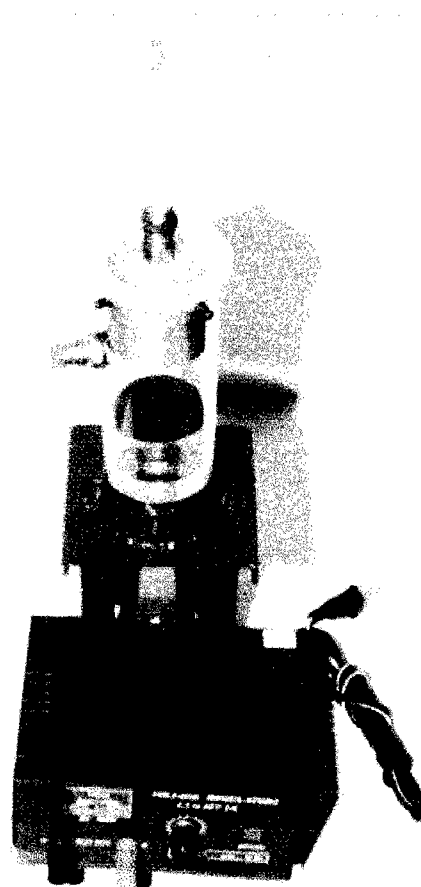
2.2.3.4 การประกอบก้านลูกสูบเข้ากับลูกสูบ



ภาพประกอบ 36 แสดงการประกอบก้านสูบและลูกสูบ



ภาพประกอบ 37 แสดงการประกอบฐานติดตั้งหม้อแปลง กระบอกสูบ และมอเตอร์



ภาพประกอบ 38 แสดงชุดทดลองเพื่อศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

3. การทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลอง

เมื่อดำเนินการสร้างชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซเรียบร้อยแล้วผู้วิจัยตรวจสอบประสิทธิภาพของชุดทดลอง โดยทำการทดลองเรื่องกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล กฎรวมของก๊าซ และทฤษฎีจลน์ของก๊าซ การทดลองละ 3 ครั้ง และเปรียบเทียบ วิเคราะห์ผลการทดลอง ประเมินว่าชุดการทดลองเป็นไปตามกฎและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ หรือมีข้อบกพร่องอย่างไร และดำเนินการแก้ไขปรับปรุงให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ดังนี้

31 ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติก๊าซทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องมือโดยทดลองได้ดี และให้ผลการทดลองตรงตามทฤษฎีสมบัติของก๊าซ

3.2 ชุดทดลองเพื่อศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซ ผู้วิจัยได้ทำการทดลองเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพในเรื่อง ขนาด และจำนวนลูกกลมโลหะ (ลูกปืน) ที่ให้ผลการทดลองตามทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

คู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซประกอบด้วยเอกสาร 2 ชุด คือ 1) คู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซสำหรับนักเรียน 2) คู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซสำหรับครู สำหรับการสร้างคู่มือการใช้ชุดทดลองของครูและนักเรียนมีขั้นตอนดังนี้

1 ศึกษาจุดมุ่งหมายของหลักสูตร จุดประสงค์รายวิชา ขอบข่ายเนื้อหาวิชา จากหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) และเนื้อหาวิชาที่เกี่ยวข้องกับสมบัติของก๊าซและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

2 กำหนดกิจกรรมการทดลอง 5 กิจกรรม รวม 12 คาบ ดังนี้

ตาราง 2 กิจกรรมการเรียนการสอนเรื่องสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

กิจกรรมที่	เรื่อง	เนื้อหาที่น่าสนใจ	เวลา (นาที)
1	สถานะของสาร	คุณสมบัติของสารชนิดต่าง ๆ สมบัติเฉพาะตัวของสาร	50
2	สมบัติของก๊าซ	กฎของบอยล์ คำนวณกฎของบอยล์	150
3	สมบัติของก๊าซ	กฎของชาร์ล คำนวณกฎของชาร์ล	150
4	กฎรวมของก๊าซ	กฎรวมของก๊าซ คำนวณกฎรวมของก๊าซ	150
5	ทฤษฎีจลน์ของก๊าซ	การเคลื่อนที่ของโมเลกุลก๊าซ พลังงานจลน์เฉลี่ยของก๊าซ	100

3. สร้างคู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ สำหรับนักเรียน และครู

คู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซสำหรับนักเรียนมีส่วนประกอบดังนี้

- ชื่อกิจกรรม
- ใบความรู้
- จุดประสงค์การเรียนรู้
- เวลาที่ใช้
- วัสดุ - อุปกรณ์
- กิจกรรมการเรียนการสอน (วิธีทดลอง)
- รายงานผลการทดลอง
- สรุปผลการทดลอง
- คำถามท้ายการทดลอง

คู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซสำหรับครูมีส่วนประกอบดังนี้

- ชื่อกิจกรรม
- จุดประสงค์การเรียนรู้
- เวลาที่ใช้
- วัสดุ - อุปกรณ์
- กิจกรรมการเรียนการสอน
- แนวการรายงานผลการทดลอง
- แนวการสรุปผลการทดลอง
- แนวการตอบคำถามท้ายบท
- ความรู้เพิ่มเติม

4. นำคู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซให้ผู้เชี่ยวชาญการสอน วิชาเคมี และวิชาฟิสิกส์ จำนวน 5 ท่าน คือ ดร.ประมวล ศิริพันธ์แก้ว อาจารย์อุทิศ สายสิงห์ อาจารย์พรพิมล สีสาคีรคุณ อาจารย์ประภัสร์ แจ่มจำรัส อาจารย์เศวต ภูภากรณ์ ประเมินคุณภาพ เพื่อแก้ไขก่อนนำไปใช้จริง

ตอนที่ 2 การประเมินคุณภาพชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของ ก๊าซ

เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินคุณภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของ ก๊าซ ประกอบด้วย

2.1 แบบประเมินคุณภาพชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

2.2 แบบประเมินคุณภาพของคู่มือการใช้ชุดการทดลองสำหรับนักเรียน และครู

การสร้างแบบประเมินคุณภาพ ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

ในการประเมินผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินคุณภาพจำนวน 2 ฉบับ คือแบบประเมินชุดทดลองศึกษาสมบัติของก๊าซ และแบบประเมินชุดทดลองทฤษฎีจลน์ของก๊าซ เป็นแบบสอบถามมาตรฐานจัดอันดับ 5 อันดับ ตามวิธีของลิเคอร์ท (ลัวัน สายยศ อังกฤษ 2538 : 183) โดยกำหนดให้ระดับดีมาก, ดี, พอใช้, ต้องปรับปรุงและใช้ไม่ได้ มีคะแนนเป็น 4, 3, 2, 1 และ 0 ตามลำดับ และดำเนินการศึกษาว่าตามลำดับดังนี้

1. ศึกษาแนวทาง วิธีการสร้างแบบประเมินจากเอกสารที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ เช่น หนังสือหรือเอกสารการสอนวิทยาศาสตร์ หนังสือเทคนิคการวิจัยและงานวิจัยต่าง ๆ

2. สร้างแบบประเมินคุณภาพของ ชุดทดลองศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ ในลักษณะ 4 ด้าน คือ 1) ลักษณะทางกายภาพทั่วไป จำนวน 5 ข้อ 2) ลักษณะการใช้งาน จำนวน 6 ข้อ 3) การบำรุงรักษาและซ่อมแซม จำนวน 4 ข้อ 4)ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน จำนวน 5 ข้อ แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นการประเมินในเชิงปริมาณ ส่วนที่ 2 เป็นส่วนของคำถามแบบปลายเปิด เพื่อให้ผู้ประเมินแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมและให้ข้อเสนอแนะต่าง ๆ

3. นำแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ ที่สร้างขึ้น ให้ประธานและกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท ตรวจสอบก่อนนำไปใช้จริง

4. นำชุดการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ ที่ได้รับการแก้ไขปรับปรุงแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพซึ่งผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินในครั้งนี้มีประสบการณ์การสอนวิชาเคมี และวิชาฟิสิกส์ไม่ต่ำกว่า 5 ปี จำนวน 5 ท่าน คือ ดร.ประมวล ศิริพันธ์แก้ว อาจารย์อุทิศ สายสิงห์ อาจารย์พรพิมล ลีลาศิริคุณ อาจารย์ประภาศร์ แจ่มจำรัส อาจารย์เศวต ภูภากรณ์

การสร้างแบบประเมินคุณภาพของคู่มือการใช้ชุดการทดลองสำหรับนักเรียนและครู

1. ศึกษาแนวทางวิธีการสร้างแบบประเมินจากเอกสารที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ เช่น หนังสือ หรือเอกสารการสอนวิทยาศาสตร์ หนังสือเทคนิคการวิจัยและงานวิจัยต่าง ๆ

2. สร้างแบบประเมินแบบประเมินคุณภาพของคู่มือนักเรียนและครู ประกอบด้วยคำถามที่เกี่ยวข้องกับ เนื้อหา ความสอดคล้องกับจุดประสงค์ กิจกรรมการทดลอง คำถามท้ายการทดลอง เป็นต้น จำนวน 15 ข้อ แบบประเมินแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นการประเมินในเชิงปริมาณ ส่วนที่ 2 เป็นส่วนของคำถามแบบปลายเปิด

เกณฑ์การให้คะแนนเพื่อยอมรับคุณภาพของคู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซในแบบประเมินพิจารณาดังนี้

ดีมาก	ให้	5	คะแนน
ดี	ให้	4	คะแนน
ปานกลาง	ให้	3	คะแนน
พอใช้	ให้	2	คะแนน
ควรปรับปรุง	ให้	1	คะแนน

3. นำแบบประเมินที่สร้างขึ้นให้ประธานและกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท
ตรวจสอบและแก้ไขปรับปรุงก่อนนำไปใช้จริง

4. นำคู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซให้ผู้เชี่ยวชาญ
การสอนวิชาเคมีและวิชาฟิสิกส์ จำนวน 5 ท่าน คือ ดร.ประมวล ศิริพันธ์แก้ว อาจารย์อุทิศ สายสิงห์
อาจารย์พรพิมล ลีลาศิริคุณ อาจารย์ประภัทร์ แจ่มจำรัส อาจารย์เสวต ภูภากรณ์ ประเมินคุณภาพ
เพื่อแก้ไขก่อนนำไปใช้จริง

ตอน 3 การหาประสิทธิภาพของชุดการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ ของก๊าซประกอบการเรียนการสอน

เครื่องมือที่ใช้ศึกษาค้นคว้าประกอบด้วย

3.1 แผนการสอน

3.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี

3.3 แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนต่อชุดการทดลอง

การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ ดำเนินการศึกษาค้นคว้าตามลำดับดังนี้

การสร้างแผนการสอน

1 ศึกษาหลักสูตร จุดมุ่งหมายของหลักสูตร จุดประสงค์รายวิชา และขอบข่าย
เนื้อหาวิชาจากหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2533)

2 ศึกษารายละเอียดเนื้อหาจากหนังสือแบบเรียนวิชาเคมี รายวิชา ว 031 และ
เอกสารที่เกี่ยวข้องกับเรื่องสมบัติของก๊าซ และทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

3 กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้และจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมในแต่ละเนื้อหา

4 สร้างแผนการสอนวิชาเคมี รายวิชา ว 031 เรื่อง สมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ
จำนวน 4 แผนโดยใช้เวลาการทดลอง 12 คาบ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ตาราง 3 การแบ่งช่วงเวลาในการเรียนการสอน

ครั้งที่	จำนวนคาบ	เนื้อหา	การประเมินผล
1	1	คุณสมบัติของสารชนิดต่าง ๆ สมบัติเฉพาะตัวของสาร	คำถามท้ายกิจกรรม
2	3	กฎของบอยล์ กิจกรรมที่ 1	คำถามท้ายกิจกรรม
3	3	กฎของชาร์ล กิจกรรมที่ 2	คำถามท้ายกิจกรรม
4	3	กฎรวมของก๊าซ กิจกรรมที่ 3	คำถามท้ายกิจกรรม
5	2	ทฤษฎีจลน์ของก๊าซ กิจกรรมที่ 4	คำถามท้ายกิจกรรม เมื่อครบทุกบทปฏิบัติการ การประเมินผลการ เรียนรวมด้วยแบบวัด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสอบถามความคิดเห็น ต่อชุดทดลอง

นำแผนการสอนที่เขียนให้ประธานและกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท
ตรวจสอบความถูกต้องของกิจกรรม และนำแผนการสอนที่ได้รับการตรวจสอบแล้วไปแก้ไขปรับปรุง
ก่อนนำไปใช้ทดลองสอนจริง

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี

- ศึกษาเอกสารเอกสารเกี่ยวกับการวัดผลประเมินผล และวิธีการสร้างแบบทดสอบ
- ศึกษาการวัดผลสัมฤทธิ์ทางเคมีของพฤติกรรม 4 ด้านคือ ด้านความรู้ ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากเนื้อหาเคมีชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องสมบัติของก๊าซ และทฤษฎีจลน์ของก๊าซ ปรากฏว่าด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาเคมีที่ทำการวิจัย 7 ทักษะ คือ ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการคำนวณ ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล ทักษะการทดลอง ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป

3. สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 45 ข้อ

4. นำแบบทดสอบไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนวิชาเคมีจำนวน 5 ท่าน คือ ดร.ประมวล ศิริพันธ์ แก้ว อาจารย์อุทิศ สายสิงห์ อาจารย์พรพิมล ลีลาศิริคุณ อาจารย์ประภัสร์ แจ่มจำรัส อาจารย์เศวต ภูภากรณ์ ตรวจสอบความสอดคล้องในเนื้อหาเกี่ยวกับพฤติกรรม 4 ด้าน ลักษณะการใช้คำถาม ตัวเลือก ความถูกต้องของภาษา เพื่อปรับปรุงแก้ไข

5. นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและได้รับการสอนเรื่องสมบัติของก๊าซ และทฤษฎีจลน์ของก๊าซมาแล้ว จำนวน 80 คน

6. นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์รายข้อหาค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) (ล้วน สายยศ. 2538 : 210-211) โดยเลือกข้อที่มีความยากง่ายระหว่าง .20 ถึง .80 และมีค่าอำนาจจำแนก .20 ขึ้นไป จำนวน 30 ข้อ

7. นำข้อสอบที่คัดไว้แล้วไปหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยวิธี คูเดอร์-ริชาร์ดสัน สูตร KR.-20 (ล้วน สายยศ. 2538 : 198) ค่าความเชื่อมั่น 0.76

8. การวิเคราะห์การทดลองใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ ประเมินจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี และการทำบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ พิจารณาผลการตัดสินใจทดลองใช้ชุดทดลอง จากคะแนนเฉลี่ย (คำนวณจากคะแนนของนักเรียนทั้งกลุ่ม) โดยใช้เกณฑ์ไม่ต่ำกว่า ร้อยละ 80

แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนต่อชุดทดลอง

1. ศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างและการตรวจสอบ เครื่องมือวิจัย และการประเมินผลสื่อการสอน

2. สร้างแบบสอบถามความคิดเห็นต่อชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ ผู้วิจัยสร้างแบบสอบถามความคิดเห็นในลักษณะ 3 ด้าน คือ ด้านการออกแบบ ด้านเนื้อหาวิชา ด้านการนำไปใช้และการเก็บรักษา จำนวน 20 ข้อ

3. นำแบบสอบถามความคิดเห็นที่สร้างขึ้น ไปให้ประธานและกรรมการที่ปรึกษา ปรินุญานินท์ และผู้เชี่ยวชาญอีก 3 ท่าน คือ อาจารย์ ดร.วิชาญ เลิศลพ อาจารย์อรุณี คูสมบัติ อาจารย์บังอร เลิศบำรุงชัย พิจารณาความเหมาะสม และทำการปรับปรุงแก้ไข เพื่อนำไปใช้จริง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับขั้นตอนการศึกษาค้นคว้าดังนี้

1. ข้อมูลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ จากการทดสอบประสิทธิภาพโดยการทดลองเรื่องละ 3 ครั้ง ประกอบด้วย

1.1 ประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ เรื่องกฎของบอยล์

- 1.2 ประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ เรื่องกฎของชาร์ล
- 1.3 ประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ เรื่องกฎของรวมของก๊าซ
- 1.4 ประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซ
2. ข้อมูลการประเมินคุณภาพชุดการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ จากการประเมินคุณภาพของชุดทดลองโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเคมี ฟิสิกส์ จำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วย
 - 2.1 การประเมินคุณภาพชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ
 - 2.2 การประเมินคุณภาพชุดทดลองเพื่อศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซ
 - 2.3 การประเมินคู่มือการใช้ชุดการทดลองสำหรับนักเรียนและครู
3. ข้อมูลการหาประสิทธิภาพชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซในการเรียนการสอน ประกอบด้วย
 - 3.1 ประสิทธิภาพจากการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซกับกลุ่มย่อยจำนวน 4 คน
 - 3.1.2 แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนต่อชุดทดลอง
 - 3.1.3 การทำแบบฝึกหัดท้ายบทปฏิบัติการตามเกณฑ์ ร้อยละ 80
 - 3.2 การทดลองใช้ ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซกับกลุ่มตัวอย่าง
 - 3.2.1 ประสิทธิภาพชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซตามเกณฑ์ 80/80
 - 3.2.2 การประเมินความคิดเห็นของนักเรียนต่อชุดทดลอง

การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยจัดกระทำข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. ทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซจากความสามารถในการใช้งานได้ตรงตามกฎและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ
 2. ประเมินคุณภาพของชุดการทดลองจากการหาค่าเฉลี่ย และความเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบประเมินคุณภาพชุดทดลอง และคู่มือการใช้ชุดทดลองของผู้เชี่ยวชาญด้านเคมี และฟิสิกส์ จำนวน 5 ท่าน ตัดสินคุณภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซที่ค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 3.00 (จากมาตราส่วน 5 อันดับ เมื่อ 0 หมายถึง ใช้ไม่ได้,...., และ 4 หมายถึง ดีมาก)
 3. ศึกษาประสิทธิภาพชุดทดลองประกอบการเรียนการสอนตามเกณฑ์ 80/80 จากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนทั้งกลุ่มที่ทำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์กับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดำเนินการจัดกระทำข้อมูลดังนี้
1. หาค่าความยากง่าย ของข้อสอบระหว่าง .20 - .80 และค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ .20 ขึ้นไป

2. หาค่าความเชื่อมั่นของข้อสอบ 0.76

3. หาค่าความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา และข้อสอบโดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ จากสูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538 : 73)

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{N}$$

เมื่อ

$\bar{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ย

$\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนของผู้เชี่ยวชาญ

2. หาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ คำนวณจากสูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538 : 79)

$$S = \sqrt{\frac{N\sum x^2 - (\sum x)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ

S แทน ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน

$\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

x แทน คะแนนแต่ละคน

3. หาค่าความแปรปรวน (S^2) คำนวณจากสูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538 : 76)

$$S^2 = \frac{N\sum x^2 - (\sum x)^2}{N(N-1)}$$

เมื่อ

S^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนน

$\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

x แทน คะแนนแต่ละคน

4. หาค่าความยากง่ายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตรดังนี้
(ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538 : 210)

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

เมื่อ

P	แทน	ค่าความยากง่าย
R	แทน	จำนวนคนที่ทำข้อนั้นถูก
N	แทน	จำนวนคนที่ทำข้อนั้นทั้งหมด

5. หาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตรดังนี้
(ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538 : 210)

$$D = \frac{R_u - R_L}{N}$$

เมื่อ

D	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
R_u	แทน	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มเก่ง
R_L	แทน	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มอ่อน
N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน

6. หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยคำนวณจาก
สูตร KR-20 ของ คูเดอร์ ริชาร์ดสัน ซึ่งมีสูตรดังนี้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538 :
210)

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

เมื่อ

r_{tt}	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ
n	แทน	จำนวนข้อของแบบทดสอบ
p	แทน	สัดส่วนของคนทำถูกกับคนทั้งหมด
q	แทน	สัดส่วนของผู้ทำผิดในข้อหนึ่ง ๆ หรือคือ 1-p
S_t^2	แทน	คะแนนความแปรปรวนของแบบทดสอบฉบับนั้น

7. หาค่าความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้กับเนื้อหาในการสร้างคู่มือการใช้ชุด
การทดลอง โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง จากสูตร (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2538: 117)

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

เมื่อ

IOC	แทน	ดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้กับเนื้อหาการทดลอง
$\sum R$	แทน	ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ
N	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

8. หาประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติ และทฤษฎีจลน์ของก๊าซระหว่างคำถามท้ายบทปฏิบัติการและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการเรียนการสอน โดยใช้สูตรดังนี้ (ไชยยศ เรืองสุวรรณ. 2533 : 139)

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

และ

$$E_2 = \frac{\sum y}{N} \times 100$$

เมื่อ

E_1 แทนประสิทธิภาพการทำแบบฝึกหัดท้ายบทปฏิบัติการ

E_2 แทนประสิทธิภาพผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

$\sum x$ แทนคะแนนรวมจากการทำบทปฏิบัติการของนักเรียนทั้งหมด

$\sum y$ แทนคะแนนรวมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนทั้งหมด

N แทนจำนวนนักเรียน

A แทน คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดท้ายบทปฏิบัติการ

B แทนคะแนนเต็มของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

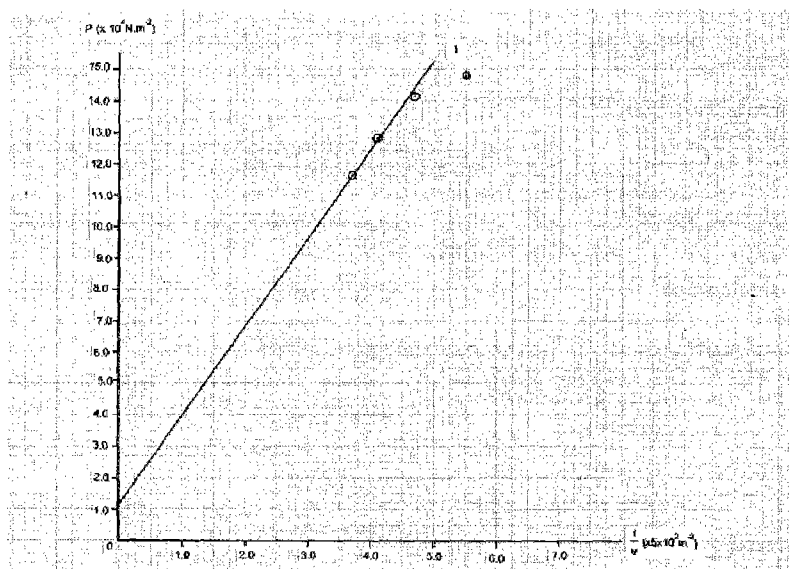
การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาค้นคว้าเป็น 3 ตอนคือ ตอนที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ ตอนที่ 2 การประเมินคุณภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ ตอนที่ 3 การหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซในการเรียนการสอน แต่ละตอนปรากฏผลการวิเคราะห์ข้อมูลสรุปได้ดังนี้

ตอนที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลอง

ตาราง 4 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซเรื่องกฎของบอยล์ ครั้งที่ 1

	อุณหภูมิ	ความดันปรอท	ความดันสัมบูรณ์	ปริมาตร(V)	ส่วนกลับของ
ครั้งที่	ก่อนการ	(P _w)	(P _w + P _a)	(hxA)	ปริมาตร($\frac{1}{V}$)
	ทดลอง	(Hx13.6x10 ² N/m ²)	=...x10 ⁴ N/m ²		($\frac{1}{h}$ x5x10 ² m ⁻³)
	°C)				
1	34.8	11	11.60	27	3.7
2	34.8	20.2	12.8	24	4.1
3	34.8	29.4	14.1	21	4.7
4	34.8	33.8	14.7	18	5.5

จากตาราง 4 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพเรื่องกฎของบอยล์ จากชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ พบว่า เมื่อมวลและอุณหภูมิของก๊าซคงที่ ความดันของก๊าซเพิ่มขึ้น ปริมาตรของก๊าซลดลงแสดงว่าปริมาณทั้งสองเปลี่ยนแปลงตรงข้ามกัน และเมื่อนำผลการทดลองมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดัน (P) และส่วนกลับของปริมาตร ($\frac{1}{V}$) จะได้กราฟดังภาพประกอบ



ภาพประกอบ 39 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดัน (P) กับส่วนกลับของปริมาตร ($\frac{1}{V}$)
จากการทดสอบประสิทธิภาพครั้งที่ 1

จากกราฟในภาพประกอบที่ 39 วิเคราะห์ข้อมูลได้ดังนี้

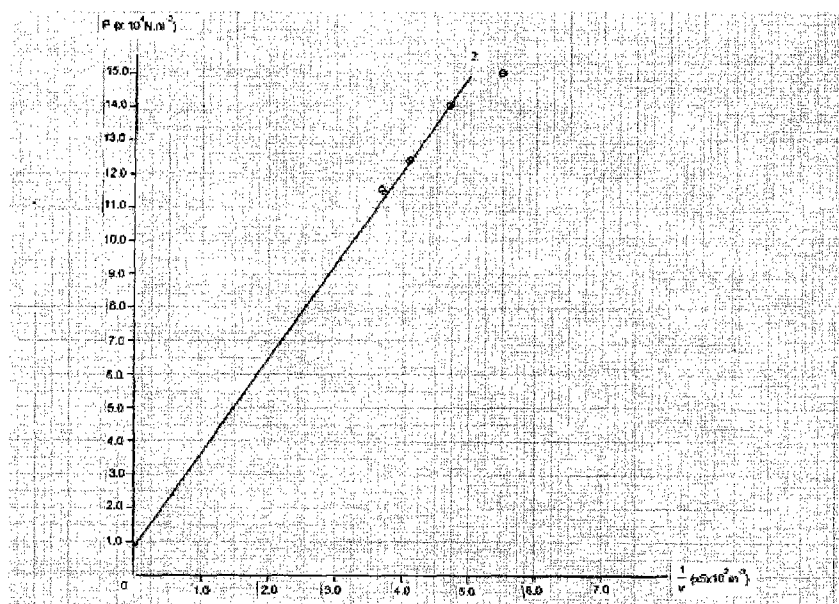
1. เส้นกราฟตัดเหนือแกน X เล็กน้อยแสดงว่าก่อนการทดลองก๊าซในกระบอกสูบมีความดันอยู่แล้วส่วนหนึ่ง

2. คู่ลำดับ ($P, \frac{1}{V}$) จากการทดลองครั้งที่ 4 อยู่ใต้เส้นกราฟที่ลากเฉลี่ยมากกว่าคู่ลำดับอื่นๆ แสดงว่า อ่านค่าความดันได้น้อยกว่าค่าจริง เนื่องจากมีก๊าซบางส่วนซึมออกนอกระบบ

ตาราง 5 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซเรืองกฎของบอยล์ ครั้งที่ 2

	อุณหภูมิ	ความดันปรอท	ความดันสัมบูรณ์	ปริมาตร(V)	ส่วนกลับของ
ครั้งที่	ก่อนการ	(P_w)	($P_w + P_a$)	($h \times A$)	ปริมาตร($\frac{1}{V}$)
	ทดลอง	($H \times 13.6 \times 10^2 \text{ N/m}^2$)	$= \dots \times 10^4 \text{ N/m}^2$		($\frac{1}{h} \times 5 \times 10^2 \text{ m}^{-3}$)
	°C)				
1	35	10.2	11.5	27	3.7
2	35	17	12.4	24	4.1
3	35	29	14	21	4.7
4	35	36.2	15	18	5.5

จากตาราง 5 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซพบว่า เมื่อมวลและอุณหภูมิของก๊าซคงที่ ความดันของก๊าซเพิ่มขึ้น ปริมาตรของก๊าซลดลงแสดงว่าปริมาณทั้งสองเปลี่ยนแปลงตรงข้ามกัน และเมื่อนำผลการทดลองมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดัน (P) และส่วนกลับของปริมาตร ($\frac{1}{V}$) จะได้กราฟดังภาพประกอบ 40



ภาพประกอบ 40 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดัน(P)กับส่วนกลับของปริมาตร($\frac{1}{V}$)

จากการทดสอบประสิทธิภาพครั้งที่ 2

จากกราฟในภาพประกอบ 40 วิเคราะห์ข้อมูลได้ดังนี้

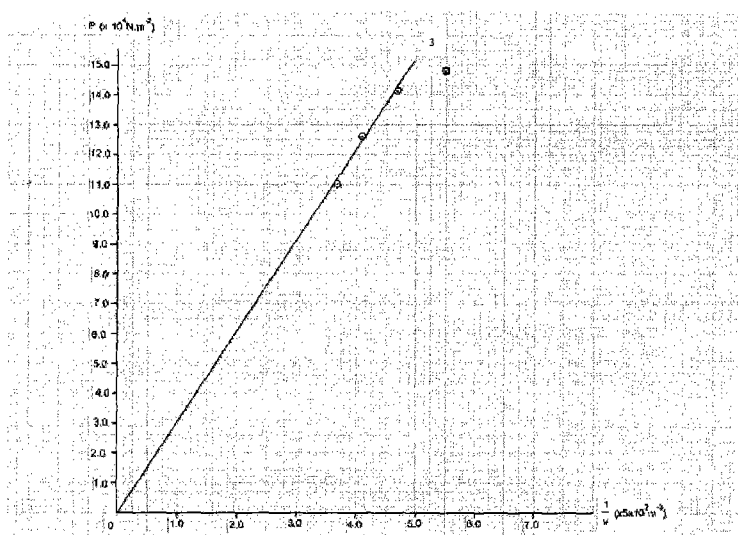
1. เส้นกราฟตัดเหนือแกน X เล็กน้อยแสดงว่าก่อนการทดลองก๊าซในกระบอกสูบมีความดันอยู่แล้วส่วนหนึ่ง

2. คู่ลำดับ $(P, \frac{1}{V})$ จากการทดลองครั้งที่ 4 อยู่ใต้เส้นกราฟที่ลากเฉลี่ยมากกว่าคู่ลำดับอื่นๆ แสดงว่า อ่านค่าความดันได้น้อยกว่าค่าจริง เนื่องจากมีก๊าซบางส่วนซึมออกนอกระบบ

ตาราง 6 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซเรือนกระจกของบอยล์ ครั้งที่ 3

ครั้งที่	อุณหภูมิ ก่อนการ ทดลอง ($^{\circ}\text{C}$)	ความดันปรอท (P_w) ($H \times 13.6 \times 10^2 \text{ N/m}^2$)	ความดันสัมบูรณ์ ($P_w + P_a$) ($\dots \times 10^4 \text{ N/m}^2$)	ปริมาตร(V) ($h \times A$)	ส่วนกลับของ ปริมาตร($\frac{1}{V}$) ($\frac{1}{h} \times 5 \times 10^2 \text{ m}^{-3}$)
1	34.6	6.8	11	27	3.7
2	34.6	18.2	12.6	24	4.1
3	34.6	29.4	14.1	21	4.7
4	34.6	34	14.7	18	5.5

จากตาราง 6 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพเรือนกระจกของบอยล์ จากชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ พบว่า เมื่อมวลและอุณหภูมิของก๊าซคงที่ ความดันของก๊าซเพิ่มขึ้น ปริมาตรของก๊าซลดลงแสดงว่าปริมาณทั้งสองเปลี่ยนแปลงตรงข้ามกัน และเมื่อนำผลการทดลองมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดัน (P) และส่วนกลับของปริมาตร ($\frac{1}{V}$) จะได้กราฟดังภาพประกอบ



ภาพประกอบ 41 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดัน(P)กับส่วนกลับของปริมาตร($\frac{1}{V}$)

จากการทดสอบประสิทธิภาพครั้งที่ 3

จากกราฟในภาพประกอบ 41 วิเคราะห์ข้อมูลได้ดังนี้

1. เส้นกราฟที่ลากเฉลี่ยผ่านจุดกำเนิด แสดงว่าก่อนการทดลองก๊าซในระบบสูบมีความดันอยู่น้อย และมีผลต่อผลการทดลองน้อย
2. ทุกคู่ลำดับ อยู่ในแนวใกล้เคียงกับเส้นกราฟที่ลากเฉลี่ย แสดงว่ามีการรั่วซึมของก๊าซออกจากระบบน้อย

อนึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลจากตาราง 4,5,6 ถ้าแก้ปัญหาตามที่วิเคราะห์ได้ เส้นกราฟจะผ่านจุดกำเนิด ซึ่งเป็นไปตามกฎของบอยล์ ที่ว่า " ปริมาตรของก๊าซใดๆ ที่กำหนดให้จำนวนหนึ่งจะเป็นปฏิภาคกลับกับความดันเมื่ออุณหภูมิคงที่" สรุปได้ว่าชุดทดลองสามารถทำงานได้ตรงตามกฎของบอยล์

ตาราง 7 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซเรืองกฎของชาร์ล 3 ครั้ง ปริมาตรเริ่มต้นที่ระดับความสูงของกระบอกสูบ 20 cm

การทดสอบ ประสิทธิภาพ	อุณหภูมิ ก่อน ทดลอง	ความดัน(P) ($H \times 13.6 \times 10^2$ N/m^2)	ปริมาตร (V) ($h \times 16.9 \times 10^{-6} m^3$)				อุณหภูมิ(t) ($^{\circ}C$)			
			การทดลองครั้งที่				การทดลองครั้งที่			
			1	2	3	4	1	2	3	4
การทดสอบ ครั้งที่ 1	34	-	20.3	20.5	20.6	20.7	36	39	42	44
การทดสอบ ครั้งที่ 2	35.5	-	24	24.3	24.5	25	37.5	41.5	43.2	44
การทดสอบ ครั้งที่ 3	34.5	-	21.5	22	22.3	22.5	37.5	40	42	44

จากตาราง 7 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพเรืองกฎของชาร์ล จากชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ ครั้งที่ 1 - 3 พบว่า ในขณะที่ปริมาตรของก๊าซเพิ่มขึ้น อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นด้วย แสดงว่าปริมาณทั้งสองเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกัน และเมื่อนำผลการทดลองทั้ง 3 ครั้ง มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร (V) และอุณหภูมิ ($^{\circ}C$) จะได้กราฟดังภาพประกอบ 42



ภาพประกอบ 42 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร(V)และอุณหภูมิ(t)

จากกราฟในภาพประกอบ 42 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพเรื่องกฎของชาร์ล จากชุดทดลองสมบัติของก๊าซ ครั้งที่ 1 - 3 พบว่าเส้นกราฟตัดแกน X ที่ -285°C , -265°C และ 244.5°C วิเคราะห์ข้อมูลได้ดังนี้

1. เนื่องจากอุณหภูมิของก๊าซในกระบอกสูบมีการเปลี่ยนแปลงในเวลาเพียงเล็กน้อย ในขณะทำการทดลองแต่ละครั้งจะต้องใช้เวลาในการอ่านค่าความดัน ปริมาตร และอุณหภูมิของก๊าซ จึงมีผลทำให้ค่าปริมาตรและอุณหภูมิของก๊าซคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง

2. แรงเสียดทานระหว่างลูกสูบกับกระบอกสูบ มีผลต่อการอ่านค่าปริมาตรของก๊าซได้น้อยกว่าความเป็นจริง

จากผลการวิเคราะห์พบว่าผลการทดลองคลาดเคลื่อนไปจาก -273°C โดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 6 ซึ่งอยู่ในขอบข่ายที่น่าเชื่อถือ เมื่อเลื่อนแกน Y ไปอยู่ในตำแหน่งจุดตัดของกราฟ บนแกน X และกำหนดให้จุดนี้เป็น 0 องศาสัมบูรณ์ เส้นกราฟจะผ่านจุดกำเนิด ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร กับอุณหภูมิสัมบูรณ์ จึงเป็นไปตามกฎของชาร์ลที่ว่า " เมื่อมวลและความดันของก๊าซคงที่ ปริมาตรของก๊าซจะเป็นปฏิกภาพตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ "สรุปได้ว่าชุดทดลองที่สร้างขึ้นสามารถทำงานได้ตามกฎของชาร์ล

ตาราง 8 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซเรื่องกฎรวมของก๊าซ

การทดสอบ	อุณหภูมิ	ความดัน(P		ปริมาตร) (V)		อุณหภูมิ	$\frac{P_1 V_1}{T_1}$		$\frac{P_2 V_2}{T_2}$
ประสิทธิภาพ	ก่อน ทดลอง (°C)	(x 10 ⁵ N/m ²) ครั้งที่		(hx16.9x10 ⁻⁶ m ³) ครั้งที่		(T) ครั้งที่	ครั้งที่		ครั้งที่
		1	2	1	2	1	2	1	2
การทดสอบ ครั้งที่ 1	33	0.98	1	18.8	17.4	306.3	306.5	0.060	0.057
การทดสอบ ครั้งที่ 2	33.2	1.02	0.98	17.1	18.3	306.6	306.4	0.057	0.055
การทดสอบ ครั้งที่ 3	33.6	0.97	1.16	18	15.1	308.9	309.2	0.057	0.057

จากตาราง 8 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพเรื่องกฎรวมของก๊าซ จากชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซครั้งที่ 1 - 3 พบว่าเมื่อนำผลการทดลองครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ของการทดสอบ

ประสิทธิภาพแต่ละครั้ง แทนค่าใน $\frac{P_1 V_1}{T_1}$ และ $\frac{P_2 V_2}{T_2}$ ผลปรากฏว่าได้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกันมาก เมื่อหาค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากการทดลองทั้ง 3 ครั้งพบว่ามีความแม่นยำร้อยละ 2 ซึ่งอยู่ในขอบข่ายเชื่อถือได้ สรุปได้ว่าชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเป็นไปตามกฎรวมของก๊าซตาม

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

ตาราง 9 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองทฤษฎีจลน์ของก๊าซเมื่อใช้ลูกกลมโลหะ (ลูกปิ่น) ขนาดต่าง ๆ กัน ขนาดละ 300 ลูก

การทดสอบ ประสิทธิภาพ	ขนาด	เวลา (นาทีก)	ความต่างศักย์ไฟฟ้า (V)	อุณหภูมิ (°C)		อุณหภูมิที่เพิ่ม (°C)
				ก่อน	หลัง	
การทดสอบ ครั้งที่ 1	เล็ก	3	20	31.1	31.4	0.3
	กลาง	3	20	30	30.7	0.7
	ใหญ่	3	20	31	31.5	0.5
การทดสอบ ครั้งที่ 2	เล็ก	3	20	31	31.3	0.3
	กลาง	3	20	31	31.7	0.7
	ใหญ่	3	20	30.5	31	0.5
การทดสอบ ครั้งที่ 3	เล็ก	3	20	31	31.3	0.3
	กลาง	3	20	32	32.8	0.8
	ใหญ่	3	20	30.8	31.4	0.6

ขนาดลูกกลมโลหะ (ลูกปิ่น)

ขนาดเล็ก	เส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร
ขนาดกลาง	เส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร
ขนาดใหญ่	เส้นผ่าศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร

จากตาราง 9 การทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองทฤษฎีจลน์ของก๊าซ เมื่อใช้ลูกกลมโลหะ (ลูกปิ่น) ขนาดต่าง ๆ กัน ทั้ง 3 ครั้ง พบว่าลูกกลมโลหะ (ลูกปิ่น) ขนาดกลางมีผลทำให้อุณหภูมิในระบบสูงขึ้นมากกว่าขนาดอื่นๆ สรุปได้ว่าลูกกลมโลหะ (ลูกปิ่น) ขนาดกลางมีผลทำให้ชุดทดลองมีประสิทธิภาพดีที่สุด

ตาราง 10 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองทฤษฎีจลน์ของก๊าซเมื่อใช้ลูกกลมโลหะ ขนาดกลาง (ลูกปิ่น) จำนวนต่างกัน

การทดสอบ ประสิทธิภาพ	จำนวน (ลูก)	เวลา (นาที)	ความต่างศักย์ไฟฟ้า (V)	อุณหภูมิ (°C)		อุณหภูมิที่เพิ่ม (°C)
				ก่อน	หลัง	
ครั้งที่ 1	200	3	20	31.4	31.7	0.3
	300	3	20	31	31.7	0.7
	400	3	20	30.9	31.5	0.6
ครั้งที่ 2	200	3	20	31	31.4	0.4
	300	3	20	31	31.8	0.8
	400	3	20	31	31.5	0.5
ครั้งที่ 3	200	3	20	31	31.30	0.3
	300	3	20	32	32.7	0.7
	400	3	20	30.4	31	0.6

จากตาราง 10 การทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองทฤษฎีจลน์ของก๊าซ เมื่อใช้ลูกกลมโลหะ (ลูกปิ่น) ขนาดกลางจำนวนลูกต่างกัน ทั้ง 3 ครั้ง ผลการทดลองพบว่าลูกกลมโลหะ (ลูกปิ่น) ขนาดกลางจำนวน 300 ลูกมีผลทำให้อุณหภูมิในระบบสูงขึ้นโดยเฉลี่ย 0.73°C ซึ่งมากกว่าจำนวนอื่นๆ สรุปได้ว่าลูกกลมโลหะ (ลูกปิ่น) ขนาดกลางจำนวน 300 ลูกมีผลทำให้ชุดทดลองมีประสิทธิภาพดีที่สุด

ตาราง 11 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

การทดสอบ ประสิทธิภาพ	เวลาที่ใช้ใน การทดลอง (นาทิตั้ง)	ความต่าง- ศักย์ไฟฟ้า (V)	อุณหภูมิ (°C)		อุณหภูมิ ที่เปลี่ยน (°C)	ผลการสังเกต
			ก่อน	หลัง		
การทดสอบ ครั้งที่ 1	3	20	31.4	3.2	0.6	ลูกกลมโลหะชนกันเอง และชนกับผนังภาชนะ
		22	31.5	32.2	0.7	อัตราเร็วของลูกกลม โลหะเพิ่มขึ้นและชนถี่ มากกว่าใช้ค่าความ- ต่างศักย์ 19 V
		24	31.5	32.5	1	อัตราเร็วของลูกกลม โลหะเพิ่มมากขึ้นและ ชนถี่ขึ้นมากกว่าใช้ค่า ความต่างศักย์ 22 V
การทดสอบ ครั้งที่ 2	3	20	30.5	31.2	0.7	ลูกกลมโลหะชนกันเอง และชนกับผนังภาชนะ
		22	30.5	31.3	0.8	อัตราเร็วของลูกกลม โลหะเพิ่มขึ้นและชนถี่ ขึ้นมากกว่าใช้ความ ต่างศักย์ 19 V
		24	31	32	1	อัตราเร็วของลูกกลม โลหะเพิ่มมากขึ้นและ ชนถี่ขึ้นมากกว่าใช้ค่า ความต่างศักย์ 22 V
การทดสอบ ครั้งที่ 3	3	20	31.5	32.2	0.7	ลูกกลมโลหะชนกันเอง และชนกับผนังภาชนะ
		22	31.1	31.9	0.8	อัตราเร็วของลูกกลม โลหะเพิ่มขึ้นและชนถี่ ขึ้นมากกว่าใช้ความ ต่างศักย์ 19 V

ตาราง 11 (ต่อ)

การทดสอบ ประสิทธิภาพ	เวลาที่ใช้ใน การทดลอง (นาทิตั้ง)	ความต่าง- ศักย์ไฟฟ้า (V)	อุณหภูมิ (°C)		อุณหภูมิ ที่เปลี่ยน (°C)	ผลการสังเกต
			ก่อน	หลัง		
		24	31	32.1	1.1	อัตราเร็วของลูกกลม โลหะเพิ่มมากขึ้นและ ชนถี่ขึ้นมากกว่าใช้ค่า ความต่างศักย์ 22 V

จากตาราง 11 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองทฤษฎีจลน์ของก๊าซ ครั้งที่ 1 - 3 พบว่าอุณหภูมิของระบบจะเพิ่มขึ้นตามค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า และการเพิ่มความต่างศักย์ไฟฟ้ามีผลต่อการเพิ่มพลังงานจลน์ของลูกกลมโลหะ และทำให้อุณหภูมิของระบบเพิ่มขึ้นด้วย สรุปได้ว่าชุดทดลองสามารถทำงานได้ตรงตามทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

ตอนที่ 2 การประเมินคุณภาพของชุดทดลอง

การประเมินคุณภาพของชุดทดลองผู้วิจัยได้ทำการประเมินคุณภาพชุดทดลองและคุณภาพของคู่มือการใช้ชุดทดลอง การวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏผลดังนี้

ตาราง 12 แสดงผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ

ข้อที่	รายการประเมิน	N	$\bar{X}$	S	สรุปผล
1	ลักษณะทางกายภาพทั่วไป				
1.1	การออกแบบชิ้นส่วนสามารถประกอบได้ง่าย	5	3.60	0.55	ดีมาก
1.2	มีรูปทรงและขนาดกระทัดรัด	5	3.60	0.55	ดีมาก
1.3	มีความแข็งแรงทนทาน	5	3.60	0.55	ดีมาก
1.4	ขณะทดลองสามารถสังเกตผลการทดลองได้ชัดเจน	5	3.00	1.00	ดี
1.5	การออกแบบดึงดูดใจ	5	3.40	1.00	ดี
2	ลักษณะการใช้งาน				
2.1	การเตรียมอุปกรณ์และการทดลองทำได้สะดวก	5	3.6	0.55	ดีมาก
2.2	มีประสิทธิภาพในการทดลองและผลการทดลอง				
2.1.1	กฎของบอยล์	5	3.00	1.00	ดี
2.1.2	กฎของชาร์ล	5	3.00	0.71	ดี
2.1.3	กฎรวมของก๊าซ	5	3.00	0.71	ดี
2.3	การใช้และการสลับปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ให้สอดคล้องกับการทดลอง	5	3.40	0.55	ดี
2.4	ปลอดภัยในขณะที่ปฏิบัติการทดลอง	5	3.00	1.00	ดี
2.5	มีความคงทนถาวร	5	3.60	0.55	ดีมาก
2.6	มีความเหมาะสมของขนาดกับจำนวนนักเรียน	5	3.60	0.55	ดีมาก
3	การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม				
3.1	การบำรุงรักษาทำได้ด้วยตนเองโดยไม่ต้องใช้ช่างเทคนิค	5	3.40	0.89	ดี
3.2	สามารถซ่อมแซมเฉพาะชิ้นส่วนที่เสียหายโดยไม่กระทบต่อชิ้นส่วนอื่น	5	3.60	0.55	ดีมาก
3.3	การจัดหาอุปกรณ์เพื่อซ่อมแซมหาได้สะดวก	5	3.20	0.84	ดี

ตาราง 12 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	N	$\bar{X}$	S	สรุปผล
4	3.4 สะดวกต่อการใช้และเก็บรักษา	5	3.60	0.55	ดีมาก
	ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน	5	3.60	0.55	ดีมาก
	4.1 ผู้เรียนมีโอกาสปฏิบัติหรือมีส่วนร่วม	5	3.60	0.55	ดีมาก
	4.2 ใช้เวลาในการทดลองน้อยและได้ผล				
	การทดลองที่ถูกต้อง	5	3.00	0.71	ดี
	4.3 ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และเข้าใจเนื้อหาเป็นรูปธรรม	5	3.60	0.55	ดีมาก
	4.4 กิจกรรมต่างๆในการใช้ชุดทดลองมีส่วนเสริมความรู้ความสามารถและ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	5	3.40	0.55	ดี
	4.5 ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ง่ายเป็นการให้ประสบการณ์ตรง	5	3.40	0.55	ดี
	ค่าเฉลี่ย		3.37	0.66	ดี

* จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินคุณภาพชุดทดลอง

จากตาราง 12 แสดงผลการประเมินชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซสรุปได้ดังนี้

1. คุณภาพของชุดทดลองเพื่อสมบัติของก๊าซโดยภาพรวมอยู่ในระดับดี (มีค่าเฉลี่ย 3.37 จาก 4.00)

2. คุณภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซในด้านต่างๆ คือลักษณะทางกายภาพทั่วไป อยู่ในระดับดีมาก 3 ข้อ (ข้อ1.1,1.2,1.3) อยู่ในระดับดี 2 ข้อ (ข้อ 1.4,1.5) ลักษณะการใช้งาน อยู่ในระดับดีมาก 3 ข้อ (ข้อ 2.1,2.5,2.6) อยู่ในระดับดี 3 ข้อ (ข้อ 2.2,2.3,2.4) การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม อยู่ในระดับดีมาก 2 ข้อ (ข้อ 3.2, 3.4) อยู่ในระดับดี 2 ข้อ (ข้อ 3.1,3.3) ความ เหมาะสมด้านการนำไปใช้ในการเรียนการสอนอยู่ในระดับดีมาก 2 ข้อ (ข้อ 4.1 , 4.3)อยู่ในระดับดี 3 ข้อ (ข้อ 4.2,4.4,4.5)

ตาราง 13 แสดงผลการประเมินผลคุณภาพชุดทดลองเพื่อศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

ข้อที่	รายการประเมิน	N	$\bar{X}$	S	สรุปผล
1	ลักษณะทางกายภาพทั่วไป				
	1.1 การออกแบบชิ้นส่วนสามารถประกอบได้ง่าย	5	3.80	0.45	ดีมาก
	1.2 มีรูปทรงและขนาดกระทัดรัด	5	3.80	0.45	ดีมาก
	1.3 มีความแข็งแรงทนทาน	5	3.80	0.45	ดีมาก
	1.4 ขณะทดลองสามารถสังเกตผลการทดลองได้ชัดเจน	5	3.20	0.84	ดี
	1.5 การออกแบบดึงดูดใจ	5	3.60	0.55	ดีมาก
2	ลักษณะการใช้งาน				
	2.1 การเตรียมอุปกรณ์และการทดลองทำได้สะดวก	5	3.80	0.45	ดีมาก
	2.2 มีประสิทธิภาพในการทดลองและผลการทดลอง	5	3.60	0.55	ดีมาก
	2.3 การใช้และการสลับปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ให้สอดคล้องกับการทดลอง	5	3.20	0.84	ดี
	2.4 ปลอดภัยในขณะที่ปฏิบัติการทดลอง	5	3.80	0.45	ดีมาก
	2.5 มีความคงทนถาวร	5	3.60	0.55	ดีมาก
	2.6 มีความเหมาะสมของขนาดกับจำนวนนักเรียน	5	3.60	0.55	ดีมาก
3	การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม				
	3.1 การบำรุงรักษาทำได้ด้วยตนเองโดยไม่ต้องใช้ช่างเทคนิค	5	3.60	0.55	ดีมาก
	3.2 สามารถซ่อมแซมเฉพาะชิ้นส่วนที่เสียหายโดยไม่กระทบต่อชิ้นส่วนอื่น	5	3.80	0.45	ดีมาก
	3.3 การจัดหาอุปกรณ์เพื่อซ่อมแซมหาได้สะดวก	5	3.40	0.55	ดี
	3.4 สะดวกต่อการใช้และเก็บรักษา	5	3.80	0.45	ดีมาก
4	ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน				
	4.1 ผู้เรียนมีโอกาสปฏิบัติหรือมีส่วนร่วม	5	3.60	0.55	ดีมาก
	4.2 ใช้เวลาในการทดลองน้อยและได้ผลการทดลองที่ถูกต้อง	5	3.40	0.55	ดี

ตาราง 13 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	N	$\bar{X}$	S	สรุปผล
4.3	ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และเข้าใจเนื้อหาเป็นรูปธรรม	5	3.40	0.55	ดี
4.4	กิจกรรมต่างๆในการใช้ชุดทดลองมีส่วนเสริมความรู้ความสามารถและ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	5	3.40	0.55	ดี
4.5	ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ง่ายเป็นการให้ประสบการณ์ตรง	5	3.80	0.45	ดี
	ค่าเฉลี่ย		3.60	0.49	ดีมาก

* จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินคุณภาพชุดทดลอง

จากตาราง 13 แสดงผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองเพื่อศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซสรุปได้ดังนี้

1. คุณภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซโดยภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก (มีค่าเฉลี่ย 3.60 จาก 4.00)

2. คุณภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซในด้านต่างๆ คือลักษณะทางกายภาพทั่วไปอยู่ในระดับดีมาก 4 ข้อ (ข้อ 1.1,1.2,1.3,1.5) ระดับดี 1 ข้อ (ข้อ 1.4) ลักษณะการใช้งาน อยู่ในระดับดีมาก 5 ข้อ (ข้อ 2.1,2.2,2.4,2.5,2.6) อยู่ในระดับดี 1 ข้อ (ข้อ 2.3) การบำรุงรักษาและ การซ่อมแซม อยู่ในระดับดีมากอยู่ 3 ข้อ (ข้อ 3.1,3.2,3.4) อยู่ในระดับดี 1 ข้อ (ข้อ 3.3) ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ในการเรียนการสอนอยู่ในระดับดีมาก 2 ข้อ (ข้อ 4.1,4.5) ระดับดี 3 ข้อ (ข้อ 4.2,4.3,4.4)

อนึ่ง ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างคู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ และได้นำคู่มือการใช้ชุดทดลองไปถามความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญได้ผลดังตาราง 14

ตาราง 14 แสดงผลการประเมินคู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

ข้อที่	รายการประเมิน	N	$\bar{X}$	S	สรุปผล
1	คู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์สำหรับนักเรียน				
1.1	เนื้อหาในใบความรู้และคู่มือการใช้ชุดทดลองสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4.40	0.55	ดีมาก
1.2	เนื้อหาในใบความรู้และคู่มือการใช้ชุดทดลองเหมาะสมกับระดับชั้นของ นักเรียน	5	4.40	0.55	ดี
1.3	เนื้อหาและกิจกรรมเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	5	4.40	0.55	ดี
1.4	เรียงลำดับกิจกรรมในวิธีทดลองได้เหมาะสม	5	4.40	0.55	ดี
1.5	กิจกรรมการทดลองทำให้เกิดความคิดรวบยอด	5	4.40	0.55	ดี
1.6	มีกิจกรรมส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	5	4.40	0.55	ดี
1.7	นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	4.40	0.55	ดี
1.8	เอกสารรายงานการทดลองเหมาะสม	5	4.20	0.45	ดี
1.9	คำถามท้ายการทดลองสอดคล้องกับกิจกรรมทดลอง	5	4.40	0.55	ดี
1.10	คำถามท้ายการทดลองและแบบฝึกหัดท้ายการทดลองทำให้นักเรียนเข้าใจ มากขึ้น	5	4.20	0.45	ดี
2	คู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์สำหรับครู				
2.1	สรุปและอภิปรายหลังการทดลองเหมาะสม	5	4.20	0.45	ดี
2.2	แนวคำตอบท้ายการทดลองชัดเจน	5	4.60	0.55	ดีมาก
2.3	เฉลยแบบฝึกหัดท้ายการทดลองชัดเจน	5	4.60	0.55	ดีมาก
2.4	เอกสารวิธีใช้และการดูแลรักษาครุภัณฑ์และชัดเจน	5	4.20	0.45	ดี

ตาราง 14 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	N	$\bar{X}$	S	สรุปผล
2.5	คู่มือครูประกอบการสอนมีประโยชน์	5	4.40	0.45	ดี
	ค่าเฉลี่ย	4.37	0.52		ดี

* จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินคุณภาพชุดทดลอง

จากตาราง 14 แสดงการผลการประเมินคู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎี
จลน์ของก๊าซสรุปได้ดังนี้

1. คุณภาพของคู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซสำหรับ
นักเรียนและครูโดยภาพรวมอยู่ในระดับดี (มีค่าเฉลี่ย 4.37 จาก 5.00)
2. คุณภาพของคู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซสำหรับ
นักเรียนเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ อยู่ในระดับดี ทุกข้อ
3. คุณภาพของคู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซสำหรับครู
เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ อยู่ในระดับดีมาก 2 ข้อ (ข้อ 2.2,2.3) ระดับดี 3 ข้อ (ข้อ 2.1,2.4,2.5)

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญจากคำถามปลายเปิดของแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ และคู่มือการใช้ชุดทดลองของครู และนักเรียนสรุปได้ดังนี้

1. ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

- 1.1 ควรลดแรงเสียดทานระหว่างลูกสูบและกระบอกสูบลงอีก
- 1.2 อ่างน้ำควรเป็นภาชนะใส และมีสเกลบอกปริมาตร
- 1.3 ชุดทดลองใช้เป็นอุปกรณ์ในการสอนได้เป็นอย่างดี
- 1.4 ชุดทดลองมีความแข็งแรง และเหมาะสมกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา
- 1.5 ควรจัดทำกล่องสำหรับจัดเก็บอุปกรณ์เพื่อไม่ให้เกิดการชำรุดเสียหาย

2. คู่มือการใช้ชุดทดลองของครูและนักเรียน

- 2.1 คู่มือการใช้ชุดทดลองสามารถใช้ประกอบการเรียนการสอนได้เป็นอย่างดีเข้าใจง่าย

และชัดเจน

- 2.2 โครงสร้างในภาพรวมของคู่มือการใช้ชุดทดลอง ดี ทำให้ผู้สอนเกิดความมั่นใจ

ตอนที่ 3 การหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซในการเรียนการสอน

ผู้วิจัยหาประสิทธิภาพการทดลองใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซในการเรียนการสอน ดังนี้

1. ประสิทธิภาพจากการใช้ชุดทดลองกับกลุ่มเล็ก จำนวน 4 คน
2. ประสิทธิภาพจากการใช้ชุดทดลองในการเรียนการสอน

การวิเคราะห์ข้อมูลการทดลองใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซในการเรียนการสอน ปรากฏผลดังนี้

ตาราง 15 แสดงผลการตอบแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนจากการทดลองใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

ข้อที่	รายการประเมิน	N	$\bar{X}$	S	สรุปผล
ด้านการออกแบบ					
1	รูปแบบชุดการทดลองศึกษาสมบัติของก๊าซและทฤษฎีจลน์ของก๊าซได้รับความสนใจของนักเรียน	4	3.25	0.50	ดี
2	ชุดการทดลองมีความแข็งแรงทนทาน	4	3.00	0.81	ดี
3	ชุดการทดลองแต่ละชุดสามารถประกอบติดตั้งได้ง่าย	4	3.50	0.57	ดีมาก
4	ชุดการทดลองมีขนาดเหมาะสมกับจำนวนนักเรียนในกลุ่มการทดลอง	4	3.50	0.57	ดีมาก
ด้านเนื้อหาวิชา					
1	ผลการทดลองของชุดการทดลองถูกต้องตามจุดประสงค์การทดลอง	4	3.25	0.50	ดี
2	เมื่อทดลองโดยใช้ชุดการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ นักเรียนเข้าใจเนื้อหาสมบัติของก๊าซชัดเจนขึ้น	4	3.00	0.00	ดี
3	การทดลองด้วยชุดการทดลองทำให้นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	4	3.25	0.50	ดี
4	การทดลองด้วยชุดการทดลองมีผลต่อการพัฒนาการด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	4	3.50	0.57	ดีมาก

ตาราง 15 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	N	$\bar{X}$	S	สรุปผล
5	เมื่อทดลองโดยใช้ชุดการทดลองทำให้นักเรียนเข้าใจรวดเร็วขึ้น	4	3.25	0.50	ดี
6	การทดลองในชุดการทดลองเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้และค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง	4	3.00	0.00	ดี
ด้านการนำไปใช้และการเก็บรักษา					
1	ชุดการทดลองให้ความปลอดภัยในขณะที่ทำการทดลอง	4	3.25	0.50	ดี
2	นักเรียนดำเนินการทดลองได้ตามขั้นตอนการทดลองในคู่มือการทดลอง	4	3.00	0.00	ดี
3	นักเรียนทุกคนในกลุ่มมีโอกาสเข้าร่วมกิจกรรม	4	3.25	0.50	ดี
4	บทปฏิบัติการกับการทดลองมีความสัมพันธ์กัน	4	3.75	0.50	ดีมาก
5	การทดลองและบทปฏิบัติการของชุดการทดลองเหมาะสมกับนักเรียน	4	3.50	0.57	ดีมาก
6	เวลาที่ใช้ในการทดลองแต่ละการทดลองมีความเหมาะสม	4	3.00	0.00	ดี
7	การทดลองในแต่ละชุดการทดลองทำให้เกิดความกระตือรือร้นในการเรียน	4	3.25	0.50	ดี
8	การทดลองโดยชุดการทดลองทำให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง	4	3.50	0.57	ดีมาก
9	นักเรียนสามารถบำรุงรักษาชุดการทดลองได้ด้วยตนเองโดยไม่ต้องใช้ช่างเทคนิค	4	3.00	0.81	ดี
10	เมื่อทดลองเสร็จเรียบร้อยแล้วนักเรียนจัดเก็บชุดการทดลองได้ง่าย	4	3.25	0.50	ดี
	ค่าเฉลี่ย		3.26	0.45	ดี

* จำนวนนักเรียนกลุ่มทดลองกลุ่มเล็ก

จากตาราง 15 แสดงผลการตอบแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนกลุ่มทดลองก่อนนำไปใช้ในการเรียนการสอน สรุปได้ดังนี้

1. นักเรียนมีความคิดเห็นต่อชุดการทดลองอยู่ในระดับดี (มีค่าเฉลี่ย 3.26 จาก 4.00)
2. นักเรียนมีความคิดเห็นในด้านต่างๆ คือ ด้านการออกแบบ อยู่ในระดับดีมาก 2 ข้อ (ข้อ 3,4) ระดับดี 2 ข้อ (ข้อ 1,2) ด้านเนื้อหาวิชา อยู่ในระดับดีมาก 1 ข้อ (ข้อ 4) ระดับดี 5 ข้อ (ข้อ 1,2,3,5,6) ด้านการนำไปใช้และการเก็บรักษา อยู่ในระดับดีมาก 3 ข้อ (ข้อ 4,5,8) อยู่ในระดับดี 7 ข้อ (ข้อ 1,2,3,,6,7,9,10)

ตาราง 16 แสดงผลการทำแบบฝึกหัดท้ายบทปฏิบัติการของนักเรียนจากการทดลองใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ (กลุ่มเล็ก)

บทปฏิบัติการ	คะแนนเต็ม (คะแนน)	คะแนนบทปฏิบัติการของ นักเรียน (คนที่)				ร้อยละ	ร้อยละ เฉลี่ย (E ₁)
		1	2	3	4		
กฎของบอยล์	20	17	17	17	17	85.00	
กฎของชาร์ล	20	17	17	17	18	86.25	84.44
กฎของรวมของก๊าซ	20	18	17	16	17	85.00	
ทฤษฎีจลน์ของก๊าซ	30	25	24	25	25	82.50	

จากตาราง 16 แสดงผลการทำแบบฝึกหัดท้ายบทปฏิบัติการของนักเรียน จากการทดลองใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซสรุปว่านักเรียนทำบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ของทั้งกลุ่มได้ คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 84.44 ตามเกณฑ์ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

ตาราง 17 แสดงคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนทั้งกลุ่มที่ทำบทปฏิบัติการ

บทปฏิบัติการ	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ
กฎของบอยล์	20	16.50	82.50
กฎของชาร์ล	20	16.48	82.38
กฎรวมของก๊าซ	20	16.93	84.65
ทฤษฎีจลน์ของก๊าซ	30	24.50	81.67
รวม	90	74.41	82.67

จากตาราง 17 แสดงว่านักเรียนทำบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ทุกกิจกรรมได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 82.67 ตามเกณฑ์ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 และนักเรียนสามารถทำบทปฏิบัติการย่อย ได้ตามเกณฑ์ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

ตาราง 18 แสดงการเปรียบเทียบร้อยละของคะแนนเฉลี่ยระหว่างคำถามท้ายบทปฏิบัติการและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในการเรียนการสอน

แบบทดสอบ	คะแนนเต็ม	ประสิทธิภาพของ ชุดการทดลอง	ร้อยละ
1 คำถามท้ายบทปฏิบัติการ	90	คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่ ตอบคำถามบทปฏิบัติการ ได้ถูกต้อง	82.67(E ₁)
2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	30	คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่ ทำแบบทดสอบได้ถูกต้อง	80.08(E ₂)

จากตาราง 18 แสดงว่าร้อยละของคะแนนจากการตอบคำถามบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ต่อแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคือ 82.67/80.08 สรุปได้ว่าคุณภาพชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีของก๊าซเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80

ตาราง 19 แสดงผลการประเมินความคิดเห็นของนักเรียนต่อชุดทดลอง

ข้อที่	รายการประเมิน	$\bar{X}$	S	สรุปผล
ด้านการออกแบบ				
1	รูปแบบชุดการทดลองศึกษาสมบัติของก๊าซและ ทฤษฎีจลน์ของก๊าซสร้างความสนใจของ นักเรียน	3.05	0.78	ดี
2	ชุดการทดลองมีความแข็งแรงทนทาน	3.15	0.74	ดี
3	ชุดการทดลองแต่ละชุดสามารถประกอบติดตั้งได้ง่าย	2.92	0.66	ดี
4	ชุดการทดลองมีขนาดเหมาะสมกับจำนวนนักเรียน ในกลุ่มการทดลอง	2.98	0.80	ดี
ด้านเนื้อหาวิชา				
1	ผลการทดลองของชุดการทดลองถูกต้องตาม จุดประสงค์การทดลอง	3.03	0.66	ดี
2	เมื่อทดลองโดยใช้ชุดการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติ และทฤษฎีจลน์ของก๊าซนักเรียนเข้าใจเนื้อหาสมบัติ ของก๊าซชัดเจนขึ้น	3.08	0.76	ดี
3	การทดลองด้วยชุดการทดลองทำให้นักเรียนได้ ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	3.18	0.68	ดี
4	การทดลองด้วยชุดการทดลองมีผลต่อการพัฒนา การด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	3.00	0.68	ดี
5	เมื่อทดลองโดยใช้ชุดการทดลองทำให้นักเรียน เข้าใจรวดเร็วขึ้น	2.98	0.77	ดี
6	การทดลองในชุดการทดลองเปิดโอกาสให้นักเรียน ได้เรียนรู้และค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง	2.89	0.69	ดี
ด้านการนำไปใช้และการเก็บรักษา				
1	ชุดการทดลองให้ความปลอดภัยในขณะที่ทำการทดลอง	3.20	0.82	ดี
2	นักเรียนดำเนินการทดลองได้ตามขั้นตอนการทดลอง ในคู่มือการทดลอง	2.95	0.68	ดี
3	นักเรียนทุกคนในกลุ่มมีโอกาสเข้าร่วมกิจกรรม	3.23	0.84	ดี
4	บทปฏิบัติการกับการทดลองมีความสัมพันธ์กัน	3.15	0.66	ดี
5	การทดลองและบทปฏิบัติการของชุดการทดลอง			

ตาราง 19 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	$\bar{X}$	S	สรุปผล
	เหมาะสมกับนักเรียน	3.13	0.72	ดี
6	เวลาที่ใช้ในการทดลองแต่ละการทดลองมีความเหมาะสม	2.88	0.82	ดี
7	การทดลองในแต่ละชุดการทดลองทำให้เกิดความรู้สึกระตือรือร้นในการเรียน	3.10	0.84	ดี
8	การทดลองในแต่ละชุดการทดลองทำให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง	3.15	0.70	ดี
9	นักเรียนสามารถบำรุงรักษาชุดการทดลองได้ด้วยตนเองโดยไม่ต้องใช้ช่างเทคนิค	3.15	0.74	ดี
10	เมื่อทดลองเสร็จเรียบร้อยแล้วนักเรียนจัดเก็บชุดการทดลองได้ง่าย	3.05	0.78	ดี
	ค่าเฉลี่ย	3.06	0.74	ดี

จากตาราง 19 แสดงผลการตอบแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียน ต่อชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ อยู่ในระดับดี (มีค่าเฉลี่ย 3.06 จาก 4.00)

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของนักเรียน

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของนักเรียนจากคำถามปลายเปิด ต่อชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซสรุปได้ดังนี้

1. ด้านการออกแบบ

ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซมีขนาดใหญ่ ทำให้ลำบากขณะทดลองบนโต๊ะเรียน

2. ด้านการนำไปใช้และการเก็บรักษา

2.1 ควรให้เวลาการทดลองมากกว่านี้

2.2 ควรเพิ่มจำนวนคนในกลุ่มให้มากขึ้น

2.3 ควรลดแรงเสียดทานระหว่างลูกสูบกับกระบอกสูบให้มากกว่านี้

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลการสร้างชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติ และทฤษฎีจลน์ของก๊าซ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งเป็นการวิจัยกึ่งทดลอง สรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. สร้างชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ทดแทนอุปกรณ์ที่กำหนดให้ในบทปฏิบัติการ)
2. หาคุณภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติ และทฤษฎีจลน์ของก๊าซให้ได้ตรงตามทฤษฎี
3. หาประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซในการเรียนการสอน ตามเกณฑ์ 80/80

สมมติฐานการวิจัย

1. ประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ ให้ผลการทดลองตรงตามสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ
2. ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซมีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด
3. ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซในการเรียนการสอน มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาค้นคว้า 3 ตอน และในแต่ละตอนได้ดำเนินการดังนี้

ตอนที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ เป็นไปตามกฎและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

1.1 กำหนดวัสดุ - อุปกรณ์ ออกแบบ สร้าง และทดสอบประสิทธิภาพชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ และชุดทดลองเพื่อศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซ ให้สามารถทำงานได้ตามกฎและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

1.2 สร้างคู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซสำหรับครูและนักเรียน

ตอนที่ 2 การประเมินคุณภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

2.1 สร้างแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ ชุดทดลองทฤษฎีจลน์ของก๊าซ และคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับครูและนักเรียน

2.2 ประเมินคุณภาพของชุดทดลอง และคู่มือการใช้ชุดทดลอง โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน และนำผลการประเมินมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ย

ตอนที่ 3 การหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซในการเรียนการสอน

3.1 นำชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซทดลองกับนักเรียนกลุ่มเล็ก จำนวน 4 คน

3.2 นำชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ ใช้ในการเรียนการสอนกับนักเรียนกลุ่มทดลองจำนวน 40 คน โดยใช้เวลาสอน 12 คาบ คาบละ 50 นาที

3.3 ทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลอง จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการทำบทปฏิบัติการตามเกณฑ์ 80/80 จากแบบสอบถามความคิดเห็น หลังดำเนินการเรียนการสอนโดยใช้ชุดทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ โดยผู้วิจัยทดลองใช้ชุดทดลอง การทดลองละ 3 ครั้ง ให้ได้ผลการทดลองตรงตามกฎและทฤษฎี

2. ประเมินคุณภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ โดยการหาค่าเฉลี่ย จากผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

3. หาประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซในการเรียนการสอน จากคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนทั้งกลุ่มที่ทำบทปฏิบัติการได้ถูกต้องและคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนทั้งกลุ่มที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ถูกต้องตามเกณฑ์ 80/80 และจากการหาค่าเฉลี่ยของแบบสอบถามความคิดเห็นต่อชุดทดลอง

สรุปผลการศึกษาค้นคว้า

1. การทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซสรุป ได้ดังนี้

1.1 ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซสามารถทำงานได้ตรงตามกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล และกฎรวมของก๊าซ

1.2 ชุดทดลองเพื่อศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซสามารถทำงานได้ตรงตามทฤษฎีจลน์ ของก๊าซ และ ลูกกลมโลหะ (ลูกปิ่น) ขนาดกลาง จำนวน 300 ลูก มีความเหมาะสมทำให้ชุดทดลองมีประสิทธิภาพดีที่สุด และชุดทดลองเพื่อศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซสามารถทำงานได้ตรงตามทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

2. การประเมินคุณภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซสรุปได้ ดังนี้

2.1 คุณภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซทั้ง 4 ด้าน (ลักษณะทางกายภาพทั่วไป ลักษณะการใช้งาน การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ในการเรียนการสอน) อยู่ในระดับ " ดี "

2.2 คุณภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซทั้ง 4 ด้าน (ลักษณะทางกายภาพทั่วไป ลักษณะการใช้งาน การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน) อยู่ในระดับ " ดีมาก "

2.3 คู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซสำหรับนักเรียนและครู อยู่ในระดับ " ดี "

3. การหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ประกอบการเรียนการสอนของก๊าซ สรุปได้ดังนี้

3.1 นักเรียนทั้งกลุ่มได้คะแนนเฉลี่ยจากการทำบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ร้อยละ 82.67/80.08เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80

3.2 ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซทั้ง 3 ด้าน (ด้านการออกแบบ ด้านเนื้อหาวิชา ด้านการนำไปใช้และการเก็บรักษา) อยู่ในระดับ " ดี "

อภิปรายผล

การอภิปรายผลเสนอตามลำดับผลการศึกษาค้นคว้าดังนี้

1. ผลการทดสอบประสิทธิภาพชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ เรื่องกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล กฎรวมของก๊าซ และทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

1.1 การสร้าง และทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ ผู้วิจัยดำเนินการสร้าง และนำชุดทดลองที่สร้างและพัฒนาแต่ละครั้ง ไปศึกษาประชาชนและกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อพัฒนา ปรับปรุง แก้ไข ซึ่งในการสร้างชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ และชุดทดลองทฤษฎีจลน์ของก๊าซ พบปัญหาและอุปสรรคในการสร้างจากชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ ดังนี้

ครั้งที่ 1 ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซที่สร้างขึ้น เป็นเพียงกระบอกสูบที่ทำด้วยพลาสติกใส เมื่อทดลองใช้ปรากฏว่า ให้ผลการทดลองตรงตามกฎของบอยล์ และกฎรวมของก๊าซ แต่เมื่อนำชุดทดลองไปทดลองกฎของชาร์ล พบปัญหาอุปสรรค คือ

1) ความร้อนไม่สามารถถ่ายโอนให้แก่ก๊าซภายในกระบอกสูบได้ เนื่องจากกระบอกสูบทำด้วยพลาสติกหนา 0.5 เซนติเมตร เป็นฉนวนความร้อนที่ดี

2) เนื่องจากความร้อนไม่สามารถถ่ายโอนให้แก่ก๊าซได้ทำให้ไม่สามารถหาอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง ของก๊าซภายในกระบอกสูบ และเสียเวลาในการทดลองมาก

ครั้งที่ 2 ดำเนินการปรับปรุงชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซจากครั้งที่ 1 โดยการเพิ่มตัวสร้างความร้อนด้วยไฟฟ้า (Heater) ที่ส่วนล่างของกระบอกสูบ เมื่อนำชุดทดลองที่ได้รับปรับปรุงครั้งที่ 2 ทดสอบประสิทธิภาพเรื่องกฎของชาร์ล พบปัญหา อุปสรรค คือ

1) ไม่สามารถควบคุมระดับความร้อนของก๊าซในระบบบอกสูบได้ เนื่องจาก ตัวสร้างความร้อน (Heater) ให้ความร้อนแก่ระบบของก๊าซตลอดเวลา ทำให้อุณหภูมิของก๊าซในระบบสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง มากกว่า 100°C ในเวลาอันสั้น มีผลทำให้เทอร์มอมิเตอร์ที่ใช้วัดอุณหภูมิเสียหาย และเกิดควันสีขาวภายในระบบบอกสูบมีผลทำให้ระบบบอกสูบเสียหาย

2) จากการเพิ่มตัวสร้างความร้อน (Heater) ทำให้ไม่สามารถหาปริมาตรก๊าซในระบบ ณ อุณหภูมิต่างๆ ได้ และปริมาตรของก๊าซภายในระบบบอกสูบมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาแม้จะทำการปิดเปิดระบบไฟฟ้าเข้าช่วยในการทดลอง

ครั้งที่ 3 ดำเนินการปรับเปลี่ยนการถ่ายโอนความร้อนให้แก่ก๊าซในระบบบอกสูบ คือ

1) ตอนล่างของระบบบอกสูบปรับเปลี่ยนเป็นระบบบอกอุณหภูมิเย็บ ซึ่งกลวงสม่ำเสมอขนาดเดียวกับระบบบอกสูบ เพื่อให้ทำหน้าที่ถ่ายโอนความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในระบบบอกสูบ

2) ติดตั้งอ่างน้ำที่ส่วนล่างของระบบบอกสูบสำหรับใส่น้ำร้อนในขณะที่ทดลองสามารถปรับเปลี่ยนอุณหภูมิของน้ำร้อนเพื่อปรับเปลี่ยนอุณหภูมิของก๊าซภายในระบบบอกสูบ

เมื่อดำเนินการพัฒนา ปรับปรุง ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ แล้วจึงหาประสิทธิภาพของชุดทดลองทั้ง 2 ชุด คือชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซในเรื่อง กฎของบอยล์ กฎของชาร์ล กฎรวมของก๊าซ และชุดทดลองเพื่อศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซ ในเรื่องทฤษฎีจลน์ของก๊าซ โดยพิจารณาจากผลการทดลอง การทดลองละ 3 ครั้ง ให้ได้ผลตรงตามกฎและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

1.2 การทดสอบประสิทธิภาพของชุดการทดลองเรื่องกฎของบอยล์ ผลการทดลองทั้ง 3 ครั้งได้ผลสอดคล้องกันคือ เมื่อมวลและอุณหภูมิของก๊าซคงที่ ความดันของก๊าซจะเปลี่ยนแปลงในทางตรงข้ามกับปริมาตรของก๊าซ แต่เมื่อนำผลการทดลองทั้ง 3 ครั้งเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับส่วนกลับของปริมาตร ปรากฏว่าเส้นกราฟที่ได้เป็นเส้นตรงผ่านจุดกำเนิด 1 ครั้ง และตัดแกน Y เหนือแกน X 2 ครั้ง ซึ่งมีสาเหตุมาจากก่อนการทดลองก๊าซในระบบบอกสูบมีความดันอยู่แล้ว ส่วนหนึ่ง ตามสมบัติของก๊าซอุดมคติ และความคลาดเคลื่อนดังกล่าวถือว่าอยู่ในช่วงของการยอมรับได้ (จำรัส ลิ้มตระกูล 2531 : 6) จากกราฟเส้นตรงผ่านจุดกำเนิด จะได้ผลตรงตามกฎของบอยล์ที่ว่า " ปริมาตรของก๊าซใดๆ ที่กำหนดให้จำนวนหนึ่ง จะเป็นปฏิภาคผกผันกับความดันเมื่ออุณหภูมิคงที่ " ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพให้ผลการทดลองตรงตามกฎของบอยล์

1.3 การทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองเรื่องกฎของชาร์ล ผลการทดลองเรื่องกฎของชาร์ลทั้ง 3 ครั้งได้ผลสอดคล้องกันคือ ในขณะที่ปริมาตรของก๊าซเพิ่มขึ้น อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นด้วย เมื่อนำผลการทดลองครั้งที่ 1 - 3 มาเขียนกราฟ ปรากฏว่าเส้นเฉลี่ยเป็นกราฟเส้นตรงตัดแกน X ที่ -285°C , -265°C , -244.5°C ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ถูกต้องตามกฎของชาร์ลอยู่ที่ -273°C ปัญหาที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน เป็นปัญหาของแรงเสียดทานระหว่างลูกสูบกับระบบบอกสูบแม้จะแก้ด้วยการใช้น้ำมันหล่อลื่น และอุณหภูมิของก๊าซในระบบบอกสูบเปลี่ยนแปลงไปในช่วงเวลาเล็กน้อยแต่ ในขณะทดลองใช้เวลาในการอ่านค่าอุณหภูมิ ปริมาตร และความดันมากกว่า ทั้งหมดนี้จึงมีผลทำให้อุณหภูมิและปริมาตรคลาดเคลื่อนจากค่าที่เป็นจริง แต่ความคลาดเคลื่อนดังกล่าวถือว่า อยู่ในช่วงของการยอมรับได้ (จำรัส ลิ้มตระกูล 2531 : 6) ถ้าแก้ปัญหาตามที่วิเคราะห์ได้เส้นกราฟจะตัดแกน X ที่ -273°C

เมื่อเลื่อนแกน Y ไป -273°C และกำหนดเป็น 0 องศาสัมบูรณ์ ในหน่วยเคลวิน หรือเป็นจุดกำเนิดจะได้กราฟเส้นตรงผ่านจุดกำเนิดแสดงว่าปริมาตรของก๊าซเป็นปฏิภาคโดยตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ ได้ผลตรงตามกฎของชาร์ลที่ว่า "เมื่อความดันและมวลของก๊าซคงที่ ปริมาตรของก๊าซจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์" สรุปได้ว่าชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตรงตามกฎของชาร์ล

1.4 การทดสอบประสิทธิภาพชุดทดลองเรื่องกฎรวมของก๊าซ เมื่อนำผลการทดลองทั้ง 3 ครั้ง แทนค่าในสมการกฎรวมของก๊าซ ($\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$) ปรากฏว่าค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อนน้อยมากอยู่ในขอบข่ายที่ยอมรับได้ หรือถ้าคิดตามหลักเลขนัยสำคัญ จะได้ผลตรงตามกฎรวมของก๊าซ สรุปได้ว่า ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตรงตามกฎรวมของก๊าซ

1.5 การทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซ ดำเนินการดังนี้

1.5.1 ทดสอบประสิทธิภาพ ผลการใช้ขนาดและจำนวนของลูกกลมโลหะ ที่ทำให้ชุดการทดลองมีประสิทธิภาพสูงสุด จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดการทดลอง 3 ครั้ง เมื่อใช้ขนาดลูกกลมโลหะ (ลูกปิ่น) 3 ขนาด คือ ขนาด เล็ก กลาง ใหญ่ พบว่า ผลการทดลองทั้ง 3 ครั้ง ได้ผลสอดคล้องกัน คือ ลูกกลมโลหะ (ลูกปิ่น) ขนาดกลางทำให้อุณหภูมิของระบบ เพิ่มขึ้นสูงสุด และจากการทดลองจำนวนลูกกลมโลหะ (ลูกปิ่น) ขนาดกลาง จำนวน ต่างกันคือ 200 , 300 , 400 ลูกตามลำดับ ผลการทดลองทั้ง 3 ครั้ง สอดคล้องกันคือ ลูกกลมโลหะ (ลูกปิ่น) 300 ลูกมีผลทำให้ชุดทดลองมีประสิทธิภาพสูงสุด

1.5.2 การทดสอบประสิทธิภาพชุดทดลองเพื่อศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซผลการทดลองทั้ง 3 ครั้ง สอดคล้องกับทฤษฎีจลน์ของก๊าซ และชุดทดลองที่สร้างขึ้นสามารถใช้ศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่ของอนุภาคก๊าซในขณะที่อุณหภูมิของก๊าซมีพลังงานจลน์ต่างกัน สรุปได้ว่าชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตรงตามทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ จึงสรุปได้ว่าชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซมีประสิทธิภาพในการทำงานได้ตรงตามกฎและ ทฤษฎี สามารถนำไปใช้เพื่อประกอบการเรียนการสอนในวิชาเคมีและฟิสิกส์เรื่องสมบัติ กฎ และทฤษฎีจลน์ของก๊าซ อีกทั้งยังมีส่วนช่วยกระตุ้นและเป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในการสร้างและพัฒนาสื่อการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับบทเรียน

2. ผลการประเมินคุณภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ จากการทดสอบและการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

2.1 คุณภาพชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ โดยภาพรวมอยู่ในระดับ "ดี" มีค่าเฉลี่ย 3.37 อภิปรายผลในลักษณะแต่ละด้านดังนี้

1) ด้านลักษณะทางกายภาพทั่วไปมีการออกแบบชิ้นส่วนสามารถประกอบได้ง่าย มีรูปทรงและขนาดกระชับ มีความแข็งแรงทนทานอยู่ในระดับ " ดีมาก " ในขณะการทดลองสามารถสังเกตผลการทดลองชัดเจน และการออกแบบ อยู่ในระดับ " ดี "

2) ด้านลักษณะการใช้งานการเตรียมอุปกรณ์และการทดลองทำได้สะดวก อุปกรณ์มีความคงทนถาวรอยู่ในระดับ " ดีมาก " ประสิทธิภาพในการทดลองและผลการทดลอง การใช้และการสลับปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ สอดคล้องกับการทดลอง ความปลอดภัยในขณะที่ปฏิบัติการทดลองอยู่ในระดับ " ดี "

3) ด้านการบำรุงรักษาและการซ่อมแซม สามารถซ่อมแซมเฉพาะชิ้นส่วนที่เสียหายโดยไม่กระทบต่อชิ้นส่วนอื่น และสะดวกต่อการใช้และการเก็บรักษาอยู่ในระดับ " ดีมาก " ส่วนการบำรุงรักษาทำได้ด้วยตนเองโดยไม่ต้องใช้ช่างเทคนิคและการจัดหาอุปกรณ์เพื่อซ่อมแซมทำได้สะดวกอยู่ในระดับ " ดี "

4) ด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน ผลการประเมินผู้เรียนมีโอกาสปฏิบัติหรือมีส่วนร่วมและผู้เรียนสามารถเรียนรู้และเข้าใจเนื้อหาเป็นรูปธรรม อยู่ในระดับ " ดีมาก " ส่วน การใช้เวลาในการทดลองน้อยและได้ผลการทดลองที่ถูกต้อง กิจกรรมต่างๆ ในการใช้ชุดทดลองมีส่วนเสริมความรู้ความสามารถและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ง่ายเป็นการให้ประสบการณ์ตรงอยู่ในระดับ " ดี "

2.2 คุณภาพชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติทฤษฎีจลน์ของก๊าซ โดยภาพรวมอยู่ในระดับ " ดีมาก " มีค่าเฉลี่ย 3.60 อภิปรายผลในลักษณะแต่ละด้านดังนี้

1) ด้านลักษณะทางกายภาพทั่วไป ผลการประเมินการออกแบบชิ้นส่วนสามารถประกอบได้ง่าย มีรูปทรงและขนาดกระทัดรัด มีความแข็งแรงทนทาน การออกแบบดึงดูดเร้าใจอยู่ในระดับ " ดีมาก " ขณะทดลองสามารถสังเกตผลการทดลองได้ชัดเจน อยู่ในระดับ " ดี "

2) ด้านลักษณะการใช้งาน ผลการประเมิน การเตรียมอุปกรณ์และการทดลองทำได้สะดวก มีประสิทธิภาพในการทดลองและผลการทดลองถูกต้องเชื่อถือได้ ปลอดภัยในขณะที่ปฏิบัติการทดลอง มีความคงทนถาวร และมีความเหมาะสมระหว่างขนาดของชุดการทดลองกับจำนวนนักเรียนอยู่ในระดับ " ดีมาก " ส่วนการใช้และการสลับปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ ให้สอดคล้องกับการทดลองอยู่ในระดับ " ดี "

3) ด้านการบำรุงรักษาและการซ่อมแซม ผลการประเมินการบำรุงรักษาทำได้ด้วยตนเองโดยไม่ต้องใช้ช่างเทคนิค สามารถซ่อมแซมเฉพาะชิ้นส่วนที่เสียหายโดยไม่กระทบต่อชิ้นส่วนอื่น สะดวกต่อการใช้และเก็บรักษาอยู่ในระดับ " ดีมาก " การจัดหาอุปกรณ์เพื่อซ่อมแซมทำได้สะดวกอยู่ในระดับ " ดี "

4) ด้านความเหมาะสมการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนผลการประเมิน ผู้เรียนมีโอกาสปฏิบัติหรือมีส่วนร่วม และผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ง่ายเป็นการให้ประสบการณ์ตรงอยู่ในระดับ " ดีมาก " ส่วนการใช้เวลาในการทดลองน้อยและได้ผลการทดลองที่ถูกต้อง ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และเข้าใจเนื้อหาเป็นรูปธรรม กิจกรรมต่างๆ ในการใช้ชุดทดลองมีส่วนเสริมสร้างความรู้ความสามารถและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับ " ดีมาก "

2.3 การประเมินคู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ ในภาพรวมอยู่ในระดับ " ดี " มีค่าเฉลี่ย 4.37 โดยคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียนอยู่ในระดับดี ทุกข้อ

คู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับครู มีแนวคำตอบท้ายการทดลองชัดเจนและเฉลยแบบฝึกหัดท้ายการทดลองชัดเจนอยู่ในระดับ "ดีมาก" ความเหมาะสมในการสรุปและอภิปรายหลังการทดลอง เอกสารวิธีใช้และการดูแลรักษาครอบคลุมและชัดเจน คู่มือการสอนมีประโยชน์อยู่ในระดับ"ดี"

จากการตอบแบบสอบถามแบบปลายเปิดของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ได้ให้ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับชุดทดลองในการปรับปรุงชุดทดลองดังนี้ ควรลดแรงเสียดทานระหว่างลูกสูบและกระบอกสูบให้ได้มากที่สุด อ่างน้ำควรเป็นภาชนะใสและมีเกลบอกปริมาตร สำหรับคู่มือการใช้ชุดทดลองควรเพิ่มเติมคำถามที่เน้นอุณหภูมิสัมบูรณ์ประกอบเนื้อหาเนื่องจากการทดลองใช้ของเหลว เชลเซียส ควรจัดทำกล่องสำหรับบรรจุเก็บอุปกรณ์เพื่อไม่ให้เกิดการชำรุดเสียหายโดยเฉพาะเทอร์โมมิเตอร์และอุปกรณ์ปลั๊กย่อย ในภาพรวมชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซสามารถนำไปใช้เป็นอุปกรณ์การสอนได้เป็นอย่างดี มีความแข็งแรง มีความเหมาะสมกับนักเรียนมัธยมศึกษา คู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียนและครูสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้เป็นอย่างดี เข้าใจง่าย มีความชัดเจน ทำให้ผู้สอนมีความมั่นใจในการเรียนการสอน จึงสรุปได้ว่าชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซที่สร้างขึ้นมีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้

3.จากการหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซในการเรียนการสอน ปรากฏว่านักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซได้คะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนร้อยละ 82.67/80.00 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ซึ่งอาจเนื่องมาจาก การออกแบบชุดทดลองเน้นประสบการณ์เกี่ยวกับความรู้พื้นฐาน แนวความคิดหลัก หลักการในเรื่องสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซโดยใช้การฝึกทักษะด้านการปฏิบัติ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และฝึกให้นักเรียนใช้หลักการควบคู่กับแบบฝึกหัดในแบบปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์โดยดำเนินการจากง่ายไปหายาก เพื่อเป็นฐานในการเรียนระดับที่สูงต่อไปและส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด มังกร ทองสุชาติ (2533 : 88) พบว่า วัตถุประสงค์ของกระบวนการสอนวิทยาศาสตร์คือต้องการให้เด็กนักเรียนมีประสบการณ์เกี่ยวกับความรู้พื้นฐานของแต่ละรายวิชา วัตถุประสงค์ดังกล่าวจะต้องเป็นสิ่งที่เด็กสามารถทำความเข้าใจได้ ตลอดจนสามารถนำไปดำเนินการเพื่อเสริมสร้างทักษะ ได้โดยการใช้เครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ต่างๆ ที่จัดเตรียมไว้ เพื่อให้เด็กสามารถเรียนรู้ในเนื้อหาวิชา หลักการ กฎเกณฑ์ ตลอดจนทฤษฎี และสามารถนำไปปฏิบัติได้อย่างจริงจัง และสอดคล้องกับสุทิน โรจน์ประเสริฐ (2542 : 65) ที่กล่าวว่า การใช้สื่อควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการใช้สื่อและในการเรียนการสอนแต่ละครั้งควรจัดกิจกรรมหรือใช้วิธีการประเมินผลจากแบบฝึกหัดท้ายบทเพื่อให้รู้ถึงผลการเรียนรู้ว่าประสบความสำเร็จมากน้อยเพียงใด

จากผลการประเมินความคิดเห็นต่อชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซด้านการออกแบบ ด้านเนื้อหาวิชา และด้านการนำไปใช้และการเก็บรักษา อยู่ในระดับ "ดี" อาจเนื่องมาจากการออกแบบชุดทดลองเหมาะสมกับระดับความสนใจ ประสบการณ์ของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษา ชุดทดลองดังกล่าวจึงสร้างความสนใจกับนักเรียน ทำให้นักเรียนรู้สึกสนุกกับการเรียน นักเรียน

สามารถประกอบติดตั้งชุดทดลองได้ด้วยตนเอง นักเรียนทุกคนได้มีส่วนร่วมกิจกรรมของสื่อ สามารถเรียนรู้จากสิ่งที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรม สามารถคิด แก้ปัญหา ค้นคว้า สรุปหลักการ แสวงหาความรู้ด้วยตนเองจากการทดลองและคู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ ซึ่งประกอบด้วย บทปฏิบัติการ ความรู้เพิ่มเติม และ แบบฝึกหัดท้ายการทดลอง ซึ่งเป็นผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สูงขึ้น สอดคล้องกับสุโชติ ดาวสุโข และ สาโรจน์ แพ่งยัง (2535: 11-12) ที่กล่าวว่าสื่อมีหน้าที่สนับสนุนให้การสื่อสารระหว่างผู้สอนกับผู้เรียนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นเพื่อให้การเรียนการสอนได้บรรลุผลตามเป้าหมายที่วางไว้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของสกุรัตน์ พ่วงเดช (2529 :82) ที่กล่าวว่าอุปกรณ์ทดแทนที่ผู้สอนสร้างขึ้นเองสามารถนำนักเรียนไปสู่จุดประสงค์การเรียนรู้ข้อสรุป หรือหลักการต่าง ๆ ได้ง่ายและมีประสิทธิผล จึงสรุปได้ว่าชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซที่สร้างขึ้นมีคุณภาพเหมาะสม สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 การนำชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ ในการเรียนการสอนควรดำเนินการให้สอดคล้องกับเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอน และให้เหมาะสมกับระดับชั้นและเนื้อหาวิชาเคมีหรือวิชาฟิสิกส์

1.2 ก่อนนำชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ไปใช้ ควรศึกษาวิธีการใช้การดูแล และการเก็บรักษาหลังการทดลอง

1.3 ก่อนดำเนินการสอนเรื่องสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ ควรปรับพื้นฐานนักเรียน เรื่องการใช้หน่วย การเปลี่ยนหน่วย ที่เกี่ยวข้องกับสมบัติของก๊าซ

1.4 ควรจัดทำที่จัดเก็บวัสดุ อุปกรณ์ของชุดทดลองโดยเฉพาะ เพื่อสะดวกต่อการขนย้าย และเก็บรักษา

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

2.1 ควรพัฒนาชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซให้เหมาะสมกับเนื้อหาและบทเรียนในวิชาฟิสิกส์ และในระดับชั้นเรียนที่สูงขึ้นไป

2.2 ควรศึกษาผลการทดลองใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ กับตัวแปรอื่น ๆ เช่น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการคิด ความแตกต่างระหว่างบุคคล เป็นต้น

2.3 การพัฒนาชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ ควรลดแรงเสียดทานระหว่างลูกสูบกับกระบอกสูบ เพื่อให้ผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด และสามารถเขียนกราฟผ่านจุดกำเนิดได้ร้อยละเปอร์เซ็นต์

2.4 ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ ควรพัฒนาภาชนะใส่น้ำร้อน เป็นวัสดุใสที่สามารถอ่านสเกลวัดปริมาตรได้ชัดเจน เพื่อสะดวกในการทดลองเรื่องกฎของชาร์ล

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กิตานันท์ มลิทอง. (2540). เทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- กรมวิชาการ. (2533). หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง 2533). กรุงเทพฯ : การศาสนา.
- กฤษณา ชูติมา. (2525). หลักเคมีทั่วไป เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ : พิชฌเนศ.
- คณะกรรมการการศึกษาเอกชน. (2534). นวัตกรรมในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : การศาสนา.
- คณะกรรมการฝ่ายส่งเสริมการผลิตตำราและสื่อการสอน. (2535). คู่มือสื่อการสอน. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จินดารัตน์ ไกลที่พึ่ง. (2534, มกราคม). "การจัดสภาพการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา เขตการศึกษา 11," บทความวิชาการศึกษาศาสตร์คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี. 2(1) : 3.
- จิระนันท์ จูนก. (2535). การศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการคำนวณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในจังหวัดพิษณุโลก. วิทยานิพนธ์ กศ.ม (วิทยาศาสตร์ศึกษา). พิษณุโลก : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร. ถ่ายเอกสาร.
- โซ สาลิฉณ์. (2541). เทคโนโลยีพื้นฐานการสร้างสื่อการสอน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- ไชยยศ เรืองสุวรรณ. (2533). เทคโนโลยีการศึกษา ทฤษฎีและการวิจัย. กรุงเทพฯ : โอ.เอส.พรินติ้งเฮาส์สำนักพิมพ์.
- นิตยา สิริรัฐ. (2537). การเปรียบเทียบความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นผสมระหว่างนักเรียนในโครงการส่งเสริมและพัฒนาเด็กที่มีความสามารถพิเศษในการเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย กับนักเรียนนอกโครงการของโรงเรียน สังกัดกรมสามัญศึกษาในกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ กศ.ม (มัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ประดับ เรืองมัลย์. (2524). หลักการสอนและการเตรียมประสบการณ์ภาคปฏิบัติ. กรุงเทพฯ : วัฒนาพานิช.
- ประภาณี เกษมศรี. (2521). เคมีทั่วไป เล่ม 1. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประวิตร ชูศิลป์. (2524). *หลักการประเมินผลวิทยาศาสตร์แผนใหม่*. กรุงเทพฯ : กรมการฝึกหัดครู.

ไพฑูรย์ สุขศรีงาม. (2540). *ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานและเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา*. วิทยานิพนธ์ (วิทยาศาสตร์). มหาสารคาม : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.

ภัทรจันทร์ ใจสว่าง และคณะ. (2530). "สภาพและปัญหาในการเรียนการสอน เกี่ยวกับการทดลอง ในวิชาวิทยาศาสตร์-เคมี ตามหลักสูตรชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พ.ศ.2524," ใน *วารสารการวิจัยทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์. ชื่อบรรณาธิการหรือชื่อผู้รวบรวม. 46-55. สถานที่พิมพ์ : ชื่อสำนักพิมพ์หรือผู้จัดพิมพ์.

ภพ เลหาไพบุลย์. (2537). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.

มนตรี แยมกสิกร. (2526). *การใช้เทคโนโลยีทางการสอนในห้องเรียน*. สงขลา : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒสงขลา.

ยุวรี วิศวะเวชเมธี. (2527). *ปัญหาของครูชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในการสอนปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์สาขาเคมี*. วิทยานิพนธ์ (มัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

วรรณทิพา รอดแรงคำ และ พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2532). *กิจกรรมทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์สำหรับครู*. กรุงเทพฯ : เดอะมาสเตอร์กรุ๊ปแมเนจเม้นท์.

วรรณทิพา รอดแรงคำ. (2540). *การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการ*. กรุงเทพฯ : สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.

วาสนา ขาวหา. (2533). *เทคโนโลยี 330 การทำอุปกรณ์การสอนอย่างง่าย*. ชลบุรี : คณะศึกษามหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒบางแสน.

----- (2533). *สื่อการเรียนการสอน*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

วิชา เมธวิภู. (2526). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาเคมีเรื่องสารประกอบอ็อกซิด สำหรับนักศึกษาครูศาสตร์ปีที่3 โดยใช้บทเรียนמודูลกับการสอนปกติ*. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (ศิลปศาสตรศาสตร์). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.

ศิริเพ็ญ จิ่งตระกูล. (2542). *การสร้างชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ช่วยสอนวิทยาศาสตร์ในชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น*. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2531). *คู่มือการประดิษฐ์อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : บริษัทประชาชน.

----- (2542). *การประชุมเชิงปฏิบัติการระดมความคิดครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง วิสัยทัศน์การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ยุคหลังปี ค.ศ.2000*. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สนั่น มีชันหมาก. (2538). *ระเบียบวิธีแห่งวิทยาการสอน*. กรุงเทพฯ : บริษัทเท็ด โปรโมชั่น แอนด์ แอคเวอร์ไทซ์ จำกัด.

สมจิต สวชนไพบูลย์. (2541). *เอกสารคำสอน วิชา กว 571 ประชุมปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สุมิตรา คำนึ่งครวญ. (2533). *การศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการควบคุมตัวแปรของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในจังหวัดสุโขทัย*. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม (วิทยาศาสตร์ศึกษา. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

สุนีย์ คล้ายนิล. (2535, ตุลาคม-ธันวาคม). "นักเรียนเข้าใจ(เคมี)จริงหรือ: การเปรียบเทียบอเมริกัน อังกฤษ ไทย," *วารสารสสวท.* 20(80) : 3-10.

----- (2536, มกราคม-มีนาคม). "ความ(น่าจะ)เชื่อมโยงของเคมีระดับมัธยมศึกษา กับระดับมหาวิทยาลัย," *วารสารสสวท.* 21(81) : 7-13.

----- (2536 เมษายน-มิถุนายน). "การศึกษาเคมี: รอยต่อระหว่างมัธยมศึกษา กับอุดมศึกษา," *วารสารสสวท.* 21(82) : 5-7.

สำราญ วังนราช. (2541, กันยายน). "ให้เขาเรียนรู้อย่างมีความสุข," *วารสารวิชาการ*. 1(9) : 61-63.

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช. (2537). *สารัตถะและวิทยวิธีทางวิชาวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 13-15*. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาเอกชน. (2534). *การสร้างสื่อเพื่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ : การศาสนา.

7 สำนักงานทดสอบทางการศึกษา. (2533). *รายงานผลการประเมินการใช้หลักสูตรปีการศึกษา 2533 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย*. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการ.

สมเกียรติ กรีทอง. (2524). *เคมีฟิสิกส์*. กรุงเทพฯ : กราฟิการ์ต.

อรุณี เพชรเจริญ. (2522). *ตัวพยากรณ์บางตัวที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม.(การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- อิสริยา สิริวิทย์วารธ. (2534). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเทคโนโลยีโทรทัศน์สร้างสถานการณ์กับการสอนตามคู่มือครู. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- อุษณีย์ ธารารุณ. (2536). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนความคงทนในการเรียนรู้และเจตคติต่อการสอนวิชาเคมี เรื่องตารางธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประจำปีการศึกษา 2535 ที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้. ปรินญานิพนธ์ ศศ.ม.(การสอน). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- Berg, Kevin C. & Treagust, David F. (1993, August). "The Presentation of Gas Properties in Chemistry Textbook and as Reported by Science Teachers," *Journal of Research in Science Teaching*. 30(8) : 871-882.
- Doran, Rodney L. et al. (1993, September). "Alternative Assessment of High School Laboratory Skills," *Journal of Research in Science Teaching*. 30(9) : 1121-1131.
- Thomas, Peter L. & Schwenz, Richard W. (1998, October). "College Physical Chemistry Students' Conceptions of Equilibrium and Fundamental Thermodynamics," *Journal of Research in science Teaching*. 35(10) : 1151-1160.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือในการวิจัย
และตัวอย่างหนังสือขอความอนุเคราะห์

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนเคมี ฟิสิกส์

- 1 ดร.ประมวล ศิริพันธ์แก้ว
ภาควิชาฟิสิกส์ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- 2 อาจารย์อุทิศ สายสิงห์
ภาควิชาวิทยาศาสตร์ สถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
- 3 อาจารย์เสวต ภูภากรณ์
หมวดวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์
- 4 อาจารย์พรพิมล ลีลาศิริคุณ
หมวดวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนมัธยมวัดหนองแขม
- 5 อาจารย์ประภาศรี แจ่มจำรัส
หมวดวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนมัธยมวัดหนองแขม

รายนามผู้เชี่ยวชาญชุดการเรียนการสอน

- 1 ดร.ประมวล ศิริพันธ์แก้ว
ภาควิชาฟิสิกส์ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- 2 อาจารย์ ดร.สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก
ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร
- 3 อาจารย์อุทิศ สายสิงห์
ภาควิชาวิทยาศาสตร์ สถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
- 4 อาจารย์เสวต ภูภากรณ์
หมวดวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์
- 5 อาจารย์พรพิมล ลีลาศิริคุณ
หมวดวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนมัธยมวัดหนองแขม
- 6 อาจารย์ประภาศรี แจ่มจำรัส
หมวดวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนมัธยมวัดหนองแขม

รายนามผู้เชี่ยวชาญชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

- 1 ผู้ช่วยศาสตราจารย์สวัสดิ์ ทรัพย์บุญ
ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร
- 2 ดร.ประมวล ศิริพันธ์แก้ว
ภาควิชาฟิสิกส์ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- 3 อาจารย์อุทิศ สายสิงห์
ภาควิชาวิทยาศาสตร์ สถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

- 4 อาจารย์เสวต ภูภากรณ์
หมวดวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์
- 5 อาจารย์พรพิมล ลีลาศิริคุณ
หมวดวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนมัธยมวัดหนองแขม
- 6 อาจารย์ประภาศร์ แจ่มจำรัส
หมวดวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนมัธยมวัดหนองแขม

รายนามผู้เชี่ยวชาญด้านแบบสอบถามความคิดเห็น

- 1 ดร.วิชาญ เลิศลพ
หมวดวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี
- 2 อาจารย์อรุณี คุณสมบัติ
หมวดวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนเซนต์ดอมินิก
- 3 อาจารย์บังอร เลิศบำรุงชัย
หมวดวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนวัดรางบัว

ที่หม ๑๐๑๒/ ม ๔๐๐



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท ๒๓ กรุงเทพฯ ๑๐๑๑๐

๒ พฤศจิกายน ๒๕๔๓

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน อธิการบดีสถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบทดสอบ แบบสอบถาม แบบประเมิน และคู่มือการใช้ชุดทดลอง

เนื่องด้วย นางพรดี มโนพญา นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การสร้างชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์สวัสดิ์ ทรัพย์บุญ และ อาจารย์ ดร.สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในกรณีนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์อุทิศ สายสิงห์ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพชุดการทดลอง และเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ ให้ นางพรดี มโนพญา ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. ๖๖๔-๑๐๐๐ ต่อ ๕๖๒๖, ๕๖๔๔

โทรสาร. ๒๕๘-๔๑๑๕

ที่หม ๑๐๑๒/ ม ๔๐๐



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท ๒๓ กรุงเทพฯ ๑๐๑๑๐

๒ พฤศจิกายน ๒๕๔๓

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน อธิการบดีสถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบทดสอบ แบบสอบถาม แบบประเมิน และคู่มือการใช้ชุดทดลอง

เนื่องด้วย นางพรดี มโนพญา นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การสร้างชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์สวัสดิ์ ทรัพย์บุญ และ อาจารย์ ดร.สมปราชญ์ วังสมบูรณ์ เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์อุทิศ สายสิงห์ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพชุดการทดลอง และเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ ให้ นางพรดี มโนพญา ซึ่งเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิสาตาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. ๖๖๔-๑๐๐๐ ต่อ ๕๗๒๖, ๕๖๔๔

โทรสาร. ๒๕๘-๔๑๑๕

๑๐๑๒/๑๔๘๒



บัณฑิตวิทยาลัย 132
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท ๒๓ กรุงเทพฯ ๑๐๑๑๐

๑๐ เมษายน ๒๕๔๔

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนวัดรางบัว

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถาม

เนื่องด้วย นางพรดี มโนพญา นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การสร้างชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์สวัสดิ์ ทรัพย์บุญ และ อาจารย์ ดร.สมปรารถนา วงษ์บุญหนัก เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์บังอร เลิศบำรุงชัย เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบสอบถามการสร้างชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นางพรดี มโนพญา ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

นางงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ท.ร. ๖๖๔-๑๐๐๐ ต่อ ๕๗๒๖, ๕๖๔๔

ท.ร. ๒๕๘-๔๑๑๕

ม ๑๐๑๒/๑๕๙๑



บัณฑิตวิทยาลัย 133
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท ๒๓ กรุงเทพฯ ๑๐๑๑๐

๑๐ เมษายน ๒๕๔๔

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถาม

เนื่องด้วย นางพรวิ มโนพญา นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การสร้างชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์สวัสดิ์ ทรัพย์บุญ และ อาจารย์ ดร.สมปรารถนา วงษ์บุญหนัก เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์ ดร.วิชาญ เลิศลพ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบสอบถามการสร้างชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นางพรวิ มโนพญา ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง
ท น โอภาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. ๖๖๔-๑๐๐๐ ต่อ ๕๗๒๖, ๕๖๔๔

โทรสาร. ๒๕๘-๔๑๑๕

ทบ ๑๐๑๒/๑๔๔๓



บัณฑิตวิทยาลัย

134

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท ๒๓ กรุงเทพฯ ๑๐๑๑๐

๑๐ เมษายน ๒๕๔๔

ผู้ขอ ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

ผู้เสนอ อธิการโรงเรียนเซนต์ดอมินิก

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถาม

เนื่องด้วย นางพรวิดี มโนพญา นิสิตรระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์เรื่อง “การสร้างชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีของก๊าซ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์สวัสดิ์ ทรัพย์บุญ และ อาจารย์ ดร.สมปรารถนา วงษ์บุญหนัก เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์อรุณี คุณสมบัติ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบสอบถามการสร้างชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีของก๊าซ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นางพรวิดี มโนพญา ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง มา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. ๖๖๔-๑๐๐๐ ต่อ ๕๗๒๖, ๕๖๔๔

ปีการศึกษา ๒๕๔-๔๑๑๕

ภาคผนวก ข

- ค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี
- คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของกลุ่มทดลอง
- ประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซในการเรียนการสอน

ตาราง 20 ค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ จำนวน 30 ข้อ

ข้อที่	P	D	ข้อที่	P	D
1	0.68	0.42	16	0.34	0.42
2	0.42	0.68	17	0.45	0.45
3	0.62	0.23	18	1.32	0.21
4	0.28	0.45	19	0.36	0.40
5	0.62	0.13	20	0.25	0.03
6	0.47	0.58	21	0.45	0.37
7	0.39	0.53	22	0.33	0.40
8	0.43	0.55	23	0.39	0.37
9	0.67	0.29	24	0.34	0.37
10	0.51	0.34	25	0.34	0.26
11	0.50	0.47	26	0.47	0.37
12	0.42	0.68	27	0.46	0.34
13	0.37	0.37	28	0.62	0.13
14	0.38	0.39	29	0.55	0.47
15	0.32	0.26	30	0.72	0.39

ค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) 0.76

ตาราง 21 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องสมบัติและ
ทฤษฎีจลน์ของก๊าซ ของกลุ่มทดลอง

นักเรียนคนที่	คะแนน	นักเรียนคนที่	คะแนน
1	26	21	18
2	26	22	19
3	29	23	27
4	26	24	25
5	23	25	24
6	27	26	24
7	21	27	26
8	22	28	28
9	27	29	23
10	24	30	17
11	29	31	28
12	23	32	21
13	17	33	24
14	21	34	29
15	18	35	20
16	26	36	23
17	21	37	24
18	27	38	24
19	27	39	28
20	19	40	29

ตาราง 22 ประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซประกอบการเรียนการสอน

นักเรียน คนที่	คะแนนคำถามท้ายบทปฏิบัติการ				รวม	คะแนนวัดผล สัมฤทธิ์
	กฎของบอยล์ (20 คะแนน)	กฎของชาร์ล (20 คะแนน)	กฎรวมของก๊าซ (20 คะแนน)	ทฤษฎีจลน์ (30 คะแนน)		(30คะแนน)
1	18	17	19	25	79	26
2	16	17	18	25	76	26
3	16	17	15	25	73	29
4	15	18	16	21	70	26
5	18	17	18	25	78	23
6	16	19	18	25	78	27
7	18	16	18	26	78	21
8	18	16	18	25	77	22
9	15	15	18	25	73	27
10	15	15	17	24	71	24
11	17	18	18	25	78	29
12	15	15	19	24	73	23
13	18	16	19	25	78	17
14	17	16	15	25	73	21
15	14	16	18	25	73	18
16	17	14	16	26	73	26
17	17	16	18	26	77	21
18	16	16	17	25	74	27
19	17	16	14	22	69	27
20	17	17	15	24	73	19
21	15	16	17	17	65	18
22	17	15	18	25	75	19
23	16	16	17	26	75	27
24	16	15	18	23	72	25
25	14	16	16	24	70	24
26	17	17	18	23	75	24
27	17	18	18	24	77	26
28	18	18	18	25	79	28

ตาราง 22 (ต่อ)

นักเรียน คนที่	คะแนนคำถามท้ายบทปฏิบัติการ				รวม	คะแนนวัดผล สัมฤทธิ์
	กฎของบอยล์ (20 คะแนน)	กฎของชาร์ล (20 คะแนน)	กฎรวมของก๊าซ (20 คะแนน)	ทฤษฎีจลน์ (30 คะแนน)		
29	17	17	18	26	78	23
30	17	16	15	25	73	17
31	15	16	17	25	73	28
32	16	17	17	25	75	21
33	16	17	14	25	72	24
34	17	17	17	25	76	29
35	17	18	17	25	77	20
36	17	17	15	25	74	23
37	19	17	16	25	77	24
38	16	15	14	25	70	24
39	17	17	16	24	74	28
40	16	17	17	25	75	29

$$E_1/E_2 = 82.67/80.08$$

ภาคผนวก ค

- ผลการประเมินชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซจากผู้เชี่ยวชาญ
- ผลการประเมินชุดทดลองเพื่อศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซจากผู้เชี่ยวชาญ
- ผลการประเมินคู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซจากผู้เชี่ยวชาญ
- ความคิดเห็นของนักเรียนต่อชุดทดลองจำนวน 4 คน
- ความคิดเห็นของนักเรียนกลุ่มทดลองต่อชุดทดลอง

ตาราง 23 แสดงผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ

ข้อที่	รายการประเมิน	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					$\bar{X}$	S	สรุปผล
		1	2	3	4	5			
1.	ลักษณะทางกายภาพทั่วไป								
1.1	การออกแบบชิ้นส่วนสามารถประกอบได้ง่าย	3	4	4	3	4	3.60	0.55	ดี
1.2	มีรูปทรงและขนาดกระทัดรัด	3	4	4	4	3	3.60	0.55	ดี
1.3	มีความแข็งแรงทนทาน	3	4	4	3	4	3.60	0.55	ดี
1.4	ขณะทดลองสามารถสังเกตผล การทดลองได้ชัดเจน	2	4	4	3	2	3.00	1.00	ดี
1.5	การออกแบบดึงดูดใจ	3	3	4	4	3	3.40	0.55	ดี
2.	ลักษณะการใช้งาน								
2.1	การเตรียมอุปกรณ์และการทดลองทำได้สะดวก	3	4	4	4	3	3.60	0.55	ดี
2.2	มีประสิทธิภาพในการทดลอง และผลการทดลองถูกต้อง								
2.2.1	กฎของบอยล์	2	3	4	2	4	3.00	1.00	ดี
2.2.2	กฎของชาร์ล	2	3	4	3	3	3.00	0.71	ดี
2.2.3	กฎรวมของก๊าซ	2	3	4	3	3	3.00	0.71	ดี
2.3	การใช้และการสลับปรับเปลี่ยน อุปกรณ์ให้สอดคล้องกับการทดลอง	3	4	3	3	4	3.40	0.55	ดี
2.4	ปลอดภัยในขณะปฏิบัติการทดลอง	3	4	4	2	2	3.00	1.00	ดี
2.5	มีความคงทนถาวร	3	4	4	3	4	3.60	0.55	ดี
2.6	ความเหมาะสมของขนาดกับ จำนวนนักเรียน	3	4	4	3	4	3.60	0.55	ดี
3.	การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม								
3.1	การบำรุงรักษาทำได้ด้วยตนเอง โดยไม่ต้องใช้ช่างเทคนิค	2	4	4	3	4	3.40	0.89	ดี
3.2	สามารถซ่อมแซมเฉพาะ								

ตาราง 23 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					$\bar{X}$	S	สรุปผล
		1	2	3	4	5			
	ชิ้นส่วนที่เสียหายโดนไม่กระทบ								
	ต่อชิ้นส่วนอื่น	3	4	4	3	4	3.60	0.55	ดี
3.3	การจัดหาอุปกรณ์เพื่อซ่อมแซม								
	หาได้สะดวก	2	3	4	3	4	3.20	0.84	ดี
3.4	สะดวกต่อการใช้และเก็บรักษา	3	4	4	4	3	3.60	0.55	ดี
4.	ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้								
	ประกอบการเรียนการสอน								
4.1	ผู้เรียนมีโอกาสปฎิบัติหรือมี								
	ส่วนร่วม	3	4	4	3	4	3.60	0.55	ดี
4.2	ใช้เวลาในการทดลองน้อยและ								
	ได้ผลการทดลองที่ถูกต้อง	2	3	3	4	3	3.00	0.71	ดี
4.3	ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และเข้าใจ								
	เนื้อหาเป็นรูปธรรม	3	4	4	3	4	3.60	0.55	ดี
4.4	กิจกรรมต่างๆในการใช้ชุด								
	ทดลองมีส่วนเสริมความรู้ความ								
	สามารถและทักษะกระบวนการ								
	ทางวิทยาศาสตร์	3	4	4	3	3	3.40	0.55	ดี
4.5	ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ง่ายเป็น								
	การให้ประสบการณ์ตรง	3	4	3	4	3	3.40	0.55	ดี
	เฉลี่ย						3.37	0.66	ดี

ตาราง 24 แสดงผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองเพื่อศึกษาทัศนคติของก๊าซ

ข้อที่	รายการประเมิน	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					$\bar{X}$	S	สรุปผล
		1	2	3	4	5			
1.	ลักษณะทางกายภาพทั่วไป								
1.1	การออกแบบชิ้นส่วนสามารถประกอบได้ง่าย	3	4	4	4	4	3.80	0.45	ดี
1.2	มีรูปทรงและขนาดกระทัดรัด	3	4	4	4	4	3.80	0.45	ดี
1.3	มีความแข็งแรงทนทาน	3	4	4	4	4	3.80	0.45	ดี
1.4	ขณะทดลองสามารถสังเกตผลการทดลองได้ชัดเจน	2	3	3	4	4	3.20	0.84	ดี
1.5	การออกแบบดึงดูดใจ	3	4	4	3	4	3.60	0.55	ดี
2.	ลักษณะการใช้งาน								
2.1	การเตรียมอุปกรณ์และการทดลองทำได้สะดวก	3	4	4	4	4	3.80	0.45	ดี
2.2	มีประสิทธิภาพในการทดลองและผลการทดลองถูกต้องเชื่อถือได้	3	4	3	4	4	3.60	0.55	ดี
2.3	การใช้และการสลับปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ให้สอดคล้องกับการทดลอง	2	3	4	3	4	3.20	0.84	ดี
2.4	ปลอดภัยในขณะที่ปฏิบัติการทดลอง	3	4	4	4	4	3.80	0.45	ดี
2.5	มีความคงทนถาวร	3	4	4	3	4	3.60	0.55	ดี
2.6	ความเหมาะสมของขนาดกับจำนวนนักเรียน	3	4	4	3	4	3.60	0.55	ดี
3.	การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม								
3.1	การบำรุงรักษาทำได้ด้วยตนเองโดยไม่ต้องใช้ช่างเทคนิค	3	4	4	4	3	3.60	0.55	ดี
3.2	สามารถซ่อมแซมเฉพาะชิ้นส่วนที่เสียหายโดยไม่กระทบต่อชิ้นส่วนอื่น	3	4	4	4	4	3.80	0.45	ดี

ตาราง 24 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					$\bar{X}$	S	สรุปผล
		1	2	3	4	5			
3.3	การจัดหาอุปกรณ์เพื่อซ่อมแซม								
	หาได้สะดวก	3	3	4	4	3	3.40	0.55	ดี
3.4	สะดวกต่อการใช้และเก็บรักษา	3	4	4	4	4	3.80	0.45	ดี
4.	ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้								
	ประกอบการเรียนการสอน								
4.1	ผู้เรียนมีโอกาสปฏิบัติหรือมี								
	ส่วนร่วม	3	4	4	4	3	3.60	0.55	ดี
4.2	ใช้เวลาในการทดลองน้อยและ								
	ได้ผลการทดลองที่ถูกต้อง	3	4	3	3	4	3.40	0.55	ดี
4.3	ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และเข้าใจ								
	เนื้อหาเป็นรูปธรรม	3	4	4	3	3	3.40	0.55	ดี
4.4	กิจกรรมต่างๆในการใช้ชุด								
	ทดลองมีส่วนเสริมความรู้ความ								
	สามารถและทักษะกระบวนการ								
	ทางวิทยาศาสตร์	3	4	4	3	3	3.40	0.55	ดี
4.5	ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ง่ายเป็น								
	การให้ประสบการณ์ตรง	3	4	4	4	4	3.80	0.45	ดี
	เฉลี่ย						3.60	0.49	ดีมาก

ตาราง 25 แสดงผลการประเมินคู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

ข้อที่	รายการประเมิน	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					$\bar{X}$	S	สรุปผล
		1	2	3	4	5			
1.	คู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซสำหรับนักเรียน								
1.1	เนื้อหาในใบความรู้และคู่มือการใช้ชุดทดลองสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	4	5	4.40	0.55	ดี
1.2	เนื้อหาในใบความรู้และคู่มือการใช้ชุดทดลองเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน	4	4	5	4	5	4.40	0.55	ดี
1.3	เนื้อหาและกิจกรรมเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	4	5	5	4	4	4.40	0.55	ดี
1.4	เรียงลำดับกิจกรรมในวิธีทดลองได้เหมาะสม	4	4	4	5	5	4.40	0.55	ดี
1.5	กิจกรรมการทดลองทำให้เกิดความคิดรวบยอด	4	5	4	4	5	4.40	0.55	ดี
1.6	มีกิจกรรมส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	4	5	5	4	4	4.40	0.55	ดี
1.7	นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4	4	5	4	5	4.40	0.55	ดี
1.8	เอกสารรายงานการทดลองเหมาะสม	4	4	5	4	4	4.20	0.45	ดี
1.9	คำถามท้ายการทดลองสอดคล้องกับกิจกรรมการทดลอง	4	4	5	4	5	4.40	0.55	ดี
1.10	คำถามท้ายการทดลองและแบบฝึกหัดท้ายการทดลองทำให้นักเรียนเข้าใจมากขึ้น	4	4	5	4	4	4.20	0.45	ดี
2.	คู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์สำหรับครู								
2.1	สรุปและอภิปรายหลังการทดลองเหมาะสม	4	4	5	4	4	4.20	0.45	ดี
2.2	แนวคำตอบท้ายการทดลองชัดเจน	4	5	5	4	5	4.60	0.55	ดี

ตาราง 25 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					X	S	สรุปผล
		1	2	3	4	5			
2.3	เจลยแบบฝีกหัดทำยการทดลอง								
	จัดเจน	4	5	5	4	5	4.60	0.55	ดี
2.4	เอกสารวิธีใช้และการดูแลรักษา								
	ครอบคลุมและจัดเจน	4	4	4	4	5	4.20	0.45	ดี
2.5	คู่มือครูประกอบการสอนมีประโยชน์	4	4	5	4	5	4.40	0.55	ดี
	เจลย						4.37	0.52	ดี

ตาราง 26 แสดงความคิดเห็นของนักเรียนที่ทดลองใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซจำนวน 4 คน

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น					$\bar{X}$	S
		ดีมาก	ดี	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด		
		(4)	(3)	(2)	(1)	(0)		
ด้านการออกแบบ								
1.	รูปแบบชุดการทดลองศึกษาสมบัติของก๊าซและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ สร้างความสนใจของนักเรียน	1	3	0	0	0	3.25	0.50
2	ชุดการทดลองมีความแข็งแรงทนทาน	1	2	1	0	0	3.00	0.82
3	ชุดการทดลองแต่ละชุดสามารถประกอบติดตั้งได้ง่าย	2	2	0	0	0	3.50	0.58
4	ชุดการทดลองมีขนาดเหมาะสมกับจำนวนนักเรียนในกลุ่มทดลอง	2	2	0	0	0	3.50	0.58
ด้านเนื้อหาวิชา								
1	ผลการทดลองของชุดการทดลองถูกต้องตามจุดประสงค์การทดลอง	1	3	0	0	0	3.25	0.50
2	เมื่อทดลองโดยใช้ชุดการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซนักเรียนเข้าใจเนื้อหาสมบัติของก๊าซชัดเจนขึ้น	0	4	0	0	0	3.00	0
3	การทดลองด้วยชุดการทดลองทำให้นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	1	3	0	0	0	3.25	0.50
4	การทดลองด้วยชุดการทดลองมีผลต่อการพัฒนาการด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	2	2	0	0	0	3.50	0.58
5	เมื่อทดลองโดยใช้ชุดการทดลองทำให้นักเรียนเข้าใจรวดเร็วขึ้น	1	3	0	0	0	3.25	0.50
6.	การทดลองในชุดการทดลองเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้และค้นคว้าหา							

ตาราง 26 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น					$\bar{X}$	S
		ดีมาก (4)	ดี (3)	ปานกลาง (2)	น้อย (1)	น้อยที่สุด (0)		
	ความรู้ด้วยตนเอง	0	4	0	0	0	3.00	0
	ด้านการนำไปใช้และการเก็บรักษา							
1	ชุดการทดลองให้ความปลอดภัยใน ขณะทำการทดลอง	1	3	0	0	0	3.25	0.50
2	นักเรียนดำเนินการทดลองได้ตาม ขั้นตอนการทดลองในคู่มือการ ทดลอง	0	4	0	0	0	3.00	0
3	นักเรียนทุกคนในกลุ่มมีโอกาสเข้า เข้าร่วมกิจกรรม	1	3	0	0	0	3.25	0.50
4	บทปฏิบัติการกับการทดลองมี ความสัมพันธ์กัน	3	1	0	0	0	3.75	0.50
5	การทดลองและบทปฏิบัติการของ ชุดการทดลองเหมาะสมกับนักเรียน	2	2	0	0	0	3.50	0.58
6	เวลาที่ใช้ในการทดลองแต่ละ การทดลองมีความเหมาะสม	0	4	0	0	0	3.00	0
7	การทดลองในแต่ละชุดการทดลอง ทำให้เกิดความรู้สึกกระตือรือร้นใน การเรียน	1	3	0	0	0	3.25	0.50
8	การทดลองในชุดการทดลองทำให้ นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง	2	2	0	0	0	3.50	0.58
9	นักเรียนสามารถบำรุงรักษาชุดการ ทดลองได้ด้วยตนเองโดยไม่ต้องใช้ ช่างเทคนิค	1	2	1	0	0	3.00	0.82
10	เมื่อทดลองเสร็จเรียบร้อยแล้วนักเรียน จัดเก็บชุดการทดลองได้ง่าย	1	3	0	0	0	3.25	0.50
	เฉลี่ย						3.26	0.45

ตาราง 27 แสดงความคิดเห็นของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ทดลองใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น					$\bar{X}$	S
		ดีมาก (4)	ดี (3)	ปานกลาง (2)	น้อย (1)	น้อยที่สุด (0)		
ด้านการออกแบบ								
1.	รูปแบบชุดการทดลองศึกษาสมบัติของก๊าซและทฤษฎีจลน์ของก๊าซเร้าความสนใจของนักเรียน	13	16	11	0	0	3.05	0.78
2	ชุดการทดลองมีความแข็งแรงทนทาน	14	18	8	0	0	3.15	0.74
3	ชุดการทดลองแต่ละชุดสามารถประกอบติดตั้งได้ง่าย	7	23	10	0	0	2.93	0.66
4	ชุดการทดลองมีขนาดเหมาะสมกับจำนวนนักเรียนในกลุ่มทดลอง	12	15	13	0	0	2.98	0.80
ด้านเนื้อหาวิชา								
1	ผลการทดลองของชุดการทดลองถูกต้องตามจุดประสงค์การทดลอง	8	26	5	1	0	3.03	0.66
2	เมื่อทดลองโดยใช้ชุดการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซนักเรียนเข้าใจเนื้อหาสมบัติของก๊าซชัดเจนขึ้น	13	17	10	0	0	3.08	0.76
3	การทดลองด้วยชุดการทดลองทำให้นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	13	21	6	0	0	3.18	0.68
4	การทดลองด้วยชุดการทดลองมีผลต่อการพัฒนาการด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	9	22	9	0	0	3.00	0.68
5	เมื่อทดลองโดยใช้ชุดการทดลองทำให้นักเรียนเข้าใจรวดเร็วขึ้น	10	20	9	1	0	2.98	0.77
6.	การทดลองในชุดการทดลองเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้และค้นคว้าหา							

ตาราง 27 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น					$\bar{X}$	S
		ดีมาก	ดี	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด		
		(4)	(3)	(2)	(1)	(0)		
	ความรู้ด้วยตนเอง	6	24	9	1	0	2.88	0.69
	ด้านการนำไปใช้และการเก็บรักษา							
1	ชุดการทดลองให้ความปลอดภัยใน ขณะทำการทดลอง	18	12	10	0	0	3.20	0.82
2	นักเรียนดำเนินการทดลองได้ตาม ขั้นตอนการทดลองในคู่มือการ ทดลอง	8	22	10	0	0	2.95	0.68
3	นักเรียนทุกคนในกลุ่มมีโอกาสเข้า เข้าร่วมกิจกรรม	17	17	4	2	0	3.23	0.83
4	บทปฏิบัติการกับการทดลองมี ความสัมพันธ์กัน	12	22	6	0	0	3.15	0.66
5	การทดลองและบทปฏิบัติการของ ชุดการทดลองเหมาะสมกับนักเรียน	13	19	8	0	0	3.13	0.72
6	เวลาที่ใช้ในการทดลองแต่ละ การทดลองมีความเหมาะสม	8	22	7	3	0	2.88	0.82
7	การทดลองในแต่ละชุดการทดลอง ทำให้เกิดความรู้สึกกระตือรือร้นใน การเรียนรู้	16	12	12	0	0	3.10	0.84
8	การทดลองในชุดการทดลองทำให้ นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง	13	20	7	0	0	3.15	0.70
9	นักเรียนสามารถบำรุงรักษาชุดการ ทดลองได้ด้วยตนเองโดยไม่ต้องใช้ ช่างเทคนิค	14	18	8	0	0	3.15	0.74
10	เมื่อทดลองเสร็จเรียบร้อยแล้วนักเรียน จัดเก็บชุดการทดลองได้ง่าย	12	19	8	1	0	3.05	0.78
	เฉลี่ย						3.06	0.74

ภาคผนวก ง

- จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมเรื่องสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ
- การวิเคราะห์พฤติกรรมที่พึงประสงค์วิชาเคมี ว031 เรื่องสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ
- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเรื่อง สมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ
- ความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์และเนื้อหาการทดลองของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

ตาราง 28 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมเรื่องสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

เนื้อหา	จุดประสงค์ปลายทาง	จุดประสงค์นำทาง	เวลา (นาที)
1. ความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับก๊าซ	1. อธิบายความหมายของความดัน ปริมาตร อุณหภูมิของก๊าซเบื้องต้นได้	1 บอกความหมายและจำแนกประเภทของก๊าซ 2 อธิบายความหมายของความดัน ความดันบรรยากาศ ความดันก๊าซ ปริมาตร และอุณหภูมิของก๊าซได้ 3. อธิบายหลักการการทำงานของเครื่องมือวัดความดันบรรยากาศและความดันก๊าซ	50
2. สมบัติของก๊าซ	1 บอกความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความดันและปริมาตรของก๊าซได้	กิจกรรมที่ 1 กฎของบอยล์ 1 ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของความดันต่อปริมาตรของก๊าซเมื่ออุณหภูมิและมวลคงที่ 2 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับส่วนกลับของปริมาตรของก๊าซโดยใช้ข้อมูลจากการทดลอง 3 แปลความหมายจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับส่วนกลับของปริมาตรก๊าซ 4 คำนวณหาปริมาณใดปริมาณหนึ่งเมื่อทราบความสัมพันธ์ของปริมาณเหล่านั้นจากกฎของบอยล์ได้	150
2.1 อุณหภูมิและความดันมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาตร.....ของก๊าซได้	2 คำนวณหาปริมาณ อุณหภูมิและความดัน เมื่อทราบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเหล่านั้นได้		
2.2 กฎของบอยล์และการคำนวณปริมาณใดปริมาณหนึ่งโดยใช้กฎของบอยล์			
2.3 กฎของชาร์ลและการคำนวณหาปริมาณใดปริมาณหนึ่งโดยใช้กฎของชาร์ล		กิจกรรมที่ 2 กฎของชาร์ล 1 ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิต่อปริมาตรเมื่อความดันและมวลคงที่ 2 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์	150

ตาราง 28 (ต่อ)

เนื้อหา	จุดประสงค์ปลายทาง	จุดประสงค์นำทาง	เวลา (นาที)
2.4 กฎรวม ของก๊าซและ การคำนวณหา ปริมาณใด ปริมาณหนึ่งได้ โดยใช้กฎรวม ของก๊าซ		ระหว่างอุณหภูมิกับปริมาตร ของก๊าซโดยใช้ข้อมูลจาก การทดลอง 3 แปลความหมายจากกราฟ แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง 4 คำนวณหาปริมาณใดปริมาณ หนึ่งเมื่อทราบความสัมพันธ์ ของปริมาณเหล่านั้นจากกฎ ของชาร์ล	
		กิจกรรมที่ 3 กฎรวมของก๊าซ	150
		1 ทำการทดลองเพื่อศึกษาความ สัมพันธ์ระหว่างปริมาตรอุณหภูมิ และความดันของก๊าซเมื่อมวล คงที่โดยอาศัยกฎของบอยล์และ กฎของชาร์ล	
		2 อธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาตร อุณหภูมิ และความดัน ของก๊าซได้	
		3 คำนวณหาปริมาณใดปริมาณหนึ่ง จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร อุณหภูมิและความดันของก๊าซได้	
3 ทฤษฎีจลน์ ของก๊าซ	1 ใช้ทฤษฎีจลน์อธิบายสมบัติของ ก๊าซเกี่ยวกับการเปลี่ยนปริมาตร การเกิดความดัน และอุณหภูมิ 2 ใช้ทฤษฎีจลน์อธิบายปรากฏการณ์ ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้	กิจกรรมที่ 4 ทฤษฎีจลน์ของก๊าซ 1 ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของ พลังงานจลน์ของก๊าซต่ออุณหภูมิ องศาสัมบูรณ์โดยมวลและปริมาตร คงที่ 2 สามารถใช้ทฤษฎีจลน์อธิบาย สมบัติของก๊าซและปรากฏการณ์ ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้	150

ตาราง 29 การวิเคราะห์พฤติกรรมที่พึงประสงค์ วิชาเคมี ว31 เรื่อง "สมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ"
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จุดประสงค์	พฤติกรรมที่พึงประสงค์					
	พุทธิพิสัย	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์				
	รู้จำ	เข้าใจ	การนำไปใช้	ก	ข	ค ง จ ฉ ช
1 บอกความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ						
ความดันและปริมาตรของก๊าซได้						
กฎของบอยล์						
1.1 ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของ						
ความดันต่อปริมาตรของก๊าซ						
เมื่ออุณหภูมิและมวลคงที่					2	1
1.2 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์						
ระหว่างความดันกับส่วนกลับ						
ของปริมาตรของก๊าซโดยใช้						
ข้อมูลจากการทดลอง	1					
1.3 แปลความหมายจากกราฟ						
แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง						
ความดันกับส่วนกลับของ						
ปริมาตรของก๊าซ	1	1		1		1
กฎของชาร์ล						
1.4 ทำการทดลองเพื่อศึกษาผล						
ของอุณหภูมิต่อปริมาตรเมื่อ						
ความดันและมวลคงที่				1		1
1.5 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์						
ระหว่างอุณหภูมิต่อปริมาตร						
ของก๊าซโดยใช้ข้อมูลจากการ						
ทดลอง						
1.6 แปลความหมายจากกราฟแสดง						
ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิต่อ						
ปริมาตรของก๊าซ	1	2				
กฎรวมของก๊าซ						
1.7 ทำการทดลองเพื่อศึกษาความ						
สัมพันธ์ระหว่างปริมาตรอุณหภูมิต่อ						

ตาราง 29 (ต่อ)

จุดประสงค์	พฤติกรรมที่พึงประสงค์						
	พุทธพิสัย		ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์				
	รู้จำ	เข้าใจ	การนำไปใช้	ก	ข	ค	ง จ ญ ช
และความดันของก๊าซเมื่อมวล คงที่โดยอาศัยกฎของบอยล์และ กฎของชาร์ล							
1.8 อธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาตร อุณหภูมิและความดัน ของก๊าซได้	1						1
2 คำนวณหาปริมาตร อุณหภูมิและ ความดัน เมื่อทราบความสัมพันธ์ ระหว่างปริมาณเหล่านั้นได้							
2.1 คำนวณหาปริมาณใดปริมาณ หนึ่งเมื่อทราบความสัมพันธ์ ของปริมาณเหล่านั้นจากกฎของ บอยล์	1					3	
2.2 คำนวณหาปริมาณใดปริมาณ หนึ่งเมื่อทราบความสัมพันธ์ของ ปริมาณเหล่านั้นจากกฎของชาร์ล	1					1	
2.3 คำนวณหาปริมาณใดปริมาณหนึ่ง จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร อุณหภูมิและความดันของก๊าซได้	2					1	
3 ใช้ทฤษฎีจลน์อธิบายสมบัติของก๊าซ เกี่ยวกับการเปลี่ยนปริมาตร การเกิด ความดัน และอุณหภูมิ - ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของ พลังงานจลน์ของก๊าซต่ออุณหภูมิ องศาสัมบูรณ์โดยมวลและปริมาตร คงที่							
	1						

ตาราง 29 (ต่อ)

จุดประสงค์	พฤติกรรมที่พึงประสงค์						
	พุทธพิสัย	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์					
	รู้จำ	เข้าใจ	การนำไปใช้	ก	ข	ค	ง จ ฉ ช
4 ใช้ทฤษฎีจลน์อธิบายสมบัติของก๊าซ และปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิต ประจำวันได้		1	3				

หมายเหตุ

ก หมายถึง	ทักษะการสังเกต
ข หมายถึง	ทักษะการวัด
ค หมายถึง	ทักษะการคำนวณ
ง หมายถึง	ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
จ หมายถึง	ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล
ฉ หมายถึง	ทักษะการทดลอง
ช หมายถึง	ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป

**แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์วิชาเคมี เรื่องสมบัติของก๊าซ
และทฤษฎีจลน์ของก๊าซ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ วิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ชนิดปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ใช้เวลาทดสอบ 50 นาที
2. ให้พิจารณาคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียวแล้วทำเครื่องหมาย " X " ลงในกระดาษ
คำตอบ

ตัวอย่าง

ข้อ	ก	ข	ค	ง
(0)			X	

3. ในกรณีที่ต้องการเปลี่ยนคำตอบ ให้ทำเครื่องหมาย "——" ในช่องตัวเลือกเดิมแล้ว
ทำเครื่องหมาย " X " ลงในช่องตัวเลือกใหม่ต่อไป

ข้อ	ก	ข	ค	ง
(0)	X		X	

4. ถ้ามีข้อสงสัยให้ยกมือถามจากกรรมการกำกับห้องสอบ ก่อนที่จะเริ่มลงมือทำแบบ
ทดสอบ
5. อย่าขีดเขียนหรือทำเครื่องหมายใดๆ ในแบบทดสอบ
6. เมื่อ นักเรียนทำข้อสอบเสร็จเรียบร้อยแล้วให้นำข้อสอบและกระดาษคำตอบส่งคืน
กรรมการกำกับห้องสอบก่อนออกจากห้องสอบ

แบบทดสอบวิชาเคมี (ว031)

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เรื่องสมบัติของก๊าซและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

เวลา 50 นาที

คะแนนเต็ม 30 คะแนน

1 ความดันภายในลูกโป่งที่ถูกเป่าจนมีขนาดใหญ่เต็มที่และรั่วลูกโป่งไว้อย่างแน่นอนหนา เป็นไปตามข้อใด (จุดประสงค์ที่ 1.1 ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล)

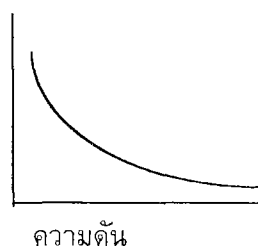
- ก. ความดันก๊าซเท่ากันหมด
- ข. ความดันก๊าซที่ปากขวดมากที่สุด
- ค. ความดันก๊าซที่ก้นขวดมีมากที่สุด
- ง. ความดันก๊าซกึ่งกลางขวดมีมากที่สุด

2. จากการทดลองเพื่อหาค่าคงที่ที่เกิดจากการแปรผันตรงระหว่างความดันกับส่วนกลับของปริมาตร ตามกฎของบอยล์ โดยอุณหภูมิและมวลของก๊าซคงที่ ผลการทดลองวัดค่าความดันได้ 1.5 Kg/cm^3 และปริมาตรได้ 2.25 cm^3 ค่าคงที่คือข้อใด (จุดประสงค์ที่ 2.1 ทักษะการคำนวณ)

- ก. $33.75 \times 10^{-1} \text{ N.m}$
- ข. $33.75 \times 10^{-2} \text{ N.m}$
- ค. $33.75 \times 10^{-3} \text{ N.m}$
- ง. $33.75 \times 10^{-4} \text{ N.m}$

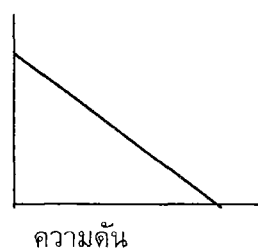
3. กราฟรูปใดแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและความดันของก๊าซเมื่อมวลและอุณหภูมิคงที่ (จุดประสงค์ที่ 1.3 ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป)

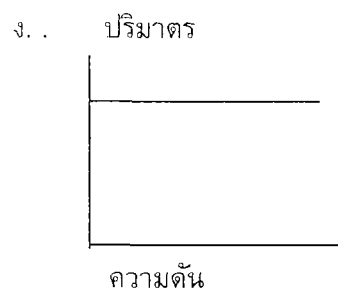
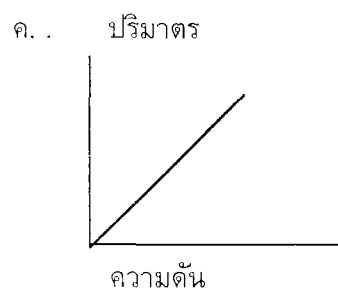
ก. ปริมาตร



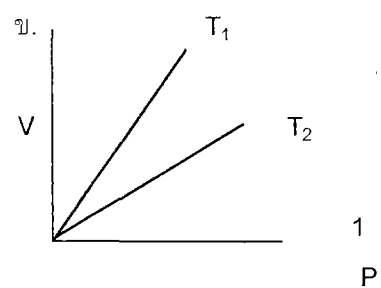
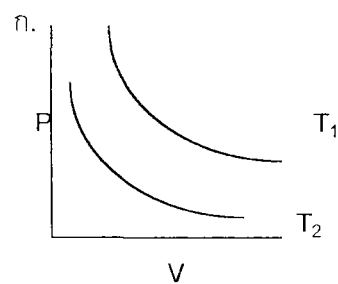
ข.

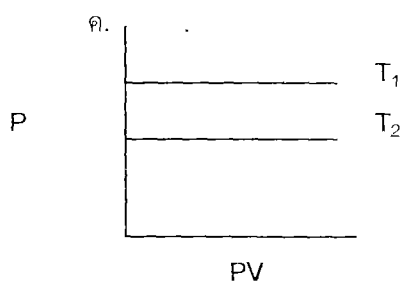
ปริมาตร





4. จากการทดลองเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร (V) กับความดัน (P) ที่อุณหภูมิคงที่ของก๊าซอุดมคติ โดยใช้ 2 อุณหภูมิ คือ T_1 และ T_2 ($T_1 > T_2$) กราฟระหว่าง P กับ V ข้อใดถูกต้อง (จุดประสงค์ที่ 1.3 ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล)





ง. ถูกทุกข้อ

5. ข้อความใดถูกต้อง ถ้าวัดปริมาตรของภาชนะที่บรรจุก๊าซ โดยให้อุณหภูมิคงที่ (จุดประสงค์ที่ 1.1 ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล)

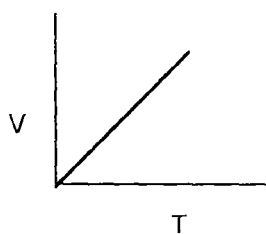
- ก. อะตอมของก๊าซจะชนผนังภาชนะด้วยแรงเท่าเดิมแต่ในอัตราความถี่เพิ่มขึ้น
- ข. อะตอมของก๊าซจะชนผนังภาชนะแรงขึ้นกว่าเดิมแต่ในอัตราความถี่คงเดิม
- ค. อะตอมของก๊าซจะชนผนังภาชนะแรง ขึ้นกว่าเดิมแต่ในอัตราความถี่ลดลง
- ง. อะตอมของก๊าซจะชนผนังเบากว่าเดิมแต่ในอัตราความถี่เพิ่มขึ้น

6. ในการศึกษากฎของบอยล์ด้วยการทดลองพบว่าปริมาตรในการทดลองครั้งที่ 2 เล็กกว่า ปริมาตรก๊าซในการทดลองที่ครั้งที่ 1 เมื่อมวลและอุณหภูมิของก๊าซคงที่จะสรุปได้ว่าอย่างไร (จุดประสงค์ที่ 1.1 ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป)

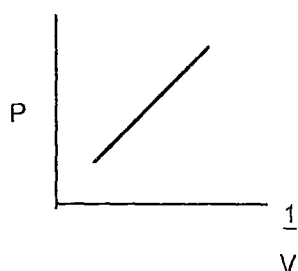
- ก. การทดลองผิด ความดันครั้งที่ 2 ต้องน้อยกว่าความดันครั้งที่ 1
- ข. การทดลองถูกต้อง ความดันครั้งที่ 2 ต้องมากกว่าความดันครั้งที่ 1
- ค. การทดลองถูกต้อง อัตราส่วนของปริมาตรกับอุณหภูมิครั้งที่ 1 เท่ากับครั้งที่ 2
- ง. การทดลองผิด อัตราส่วนของปริมาตรกับอุณหภูมิครั้งที่ 1 ไม่เท่ากับครั้งที่ 2

7. จากการทดลองตามกฎของบอยล์ กราฟต่อไปนี้ข้อใดถูกต้อง (จุดประสงค์ที่ 1.3 ความรู้ความจำ)

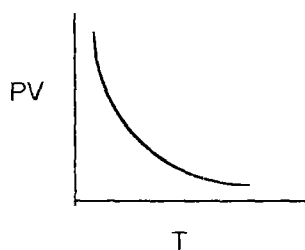
ก.



ข.



ค.



ง. ถูกทั้ง ก, ข และ ค

8. ด.ช.แดง และ ด.ช.ดำ วัดความดันและปริมาตรไออีเทอร์ที่อุณหภูมิ 80°C เช่นเดียวกัน แดงใช้อีเทอร์ 1 หยด ดำใช้อีเทอร์ 3 หยด ปรากฏผลดังนี้ (จุดประสงค์ที่ 2.1 ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป)

ผลการทดลองของ	P (บรรยากาศ)	V (dm^3)	PV
แดง	0.05	1	0.05
ดำ	X	0.5	Y

X มีค่าเท่าใด

ก. 0.01

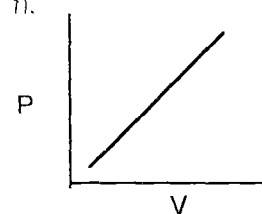
ข. 0.03

ค. 0.1

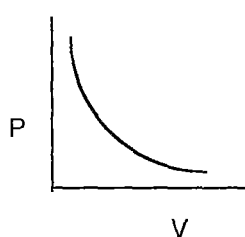
ง. 0.3

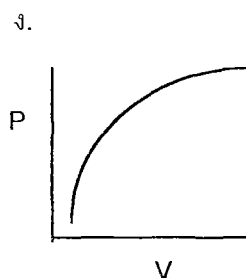
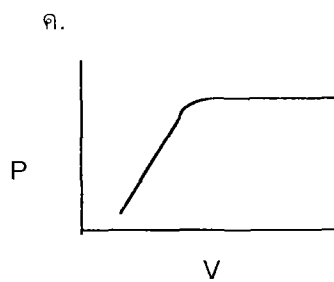
9. กฎของบอยล์กล่าวว่า "เมื่ออุณหภูมิคงที่ ปริมาตรของก๊าซจะแปรผกผันกับความดัน" ถ้าเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับปริมาตรจะได้กราฟดังรูปใด (จุดประสงค์ที่ 1.2 ความรู้ความจำ)

ก.

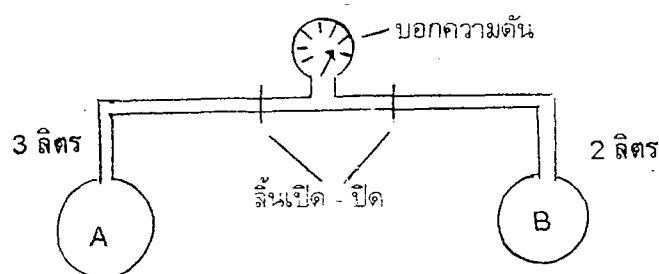


ข.





10. ข้อมูลกระเปาะ A จุ 3 ลิตร กระเปาะ B จุ 2 ลิตร เชื่อมต่อกันด้วยหลอดแก้วขนาดเล็กมาก มีลิ้นปิด-เปิด แต่ละด้าน มีหน้าปัดอ่านความดันภายในดังรูป



ถ้ากระเปาะ A บรรจุก๊าซที่มีความดัน 1 บรรยากาศ ส่วนภายในกระเปาะ B เป็นสุญญากาศ เมื่อเปิดลิ้นให้ต่อถึงกัน ความดันภายในภาชนะจะเป็นกี่บรรยากาศ (จุดประสงค์ที่ 2.1 ความเข้าใจ)

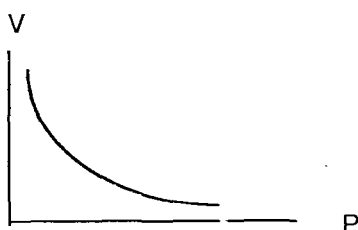
ก. 0.006

ข. 0.06

ค. 0.6

ง. 6.0

11. ลักษณะของกราฟจะแทนได้ด้วยข้อมูลในข้อใด (จุดประสงค์ที่ 1.3 การนำไปใช้)



ก.	P	0	1	10	100	α
	V	α	22.4	2.24	0.224	0
ข.	P	0	1	2	3	4
	V	0	22.4	44.8	67.2	89.6
ค.	P	0	1	2	3	4
	V	22.4	32.4	42.4	52.4	62.4
ง.	P	0	1	10	100	α
	V	0	0.224	2.24	22.4	α

จงใช้ข้อมูลจากตารางบันทึกผลการทดลอง ตอบคำถามข้อ 12 - 13

ในการทดลองหาค่าความดัน ปริมาตร อุณหภูมิของก๊าซจำนวนหนึ่งได้ผลดังตาราง

ครั้งที่	ความดัน (atm)	ปริมาตร (cm ³)	อุณหภูมิ (°C)
1	2	100	10
2	X	50	10
3	2	Y	20
4	3	71.38	Z

12. ความดัน X ในการทดลองครั้งที่ 2 ควรมีค่าเท่าใด (จุดประสงค์ที่ 2.1 ทักษะการคำนวณ)

- ก. 1 atm
- ข. 2 atm
- ค. 3 atm
- ง. 4 atm

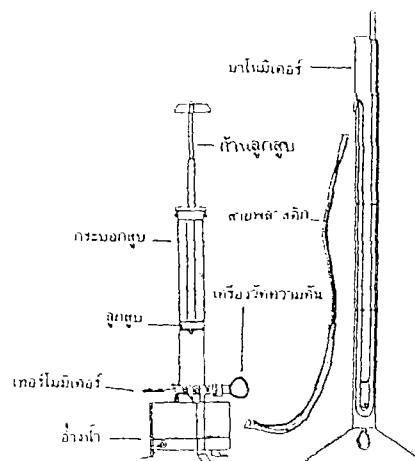
13. อุณหภูมิ Z ในการทดลองครั้งที่ 4 มีค่าเท่าใด (จุดประสงค์ที่ 2.3 ทักษะการคำนวณ)

- ก. 10 °C
- ข. 20 °C
- ค. 30 °C
- ง. 40 °C

14. ก๊าซ M มีปริมาตร 500 cm³ ที่ 200 K ถ้าเพิ่มอุณหภูมิเป็น 2 เท่า โดยที่ความดันและปริมาณของก๊าซคงที่ ข้อใดถูกต้อง (จุดประสงค์ที่ 2.2 ทักษะการคำนวณ)

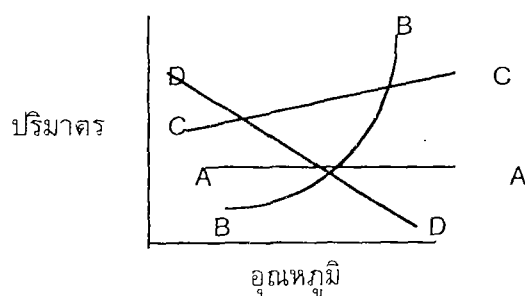
- ก. ปริมาตรลดลงเป็น 2 เท่า
- ข. ปริมาตรจะเพิ่ม เป็น 2 เท่า
- ค. ปริมาตรเพิ่มมากกว่า 2 เท่า
- ง. ปริมาตรเพิ่มขึ้นแต่น้อยกว่า 2 เท่า

15. ขณะทำการทดลองเพื่อศึกษากฎของชาร์ลโดยใช้อุปกรณ์ ดังรูปอุณหภูมิของน้ำในอ่างและอากาศในกระบอกสูบเป็นไปตามข้อใด โดยทุกครั้งของการทดลองจะมีการถ่ายน้ำในอ่างออกและเติมน้ำเดือดใส่อ่างในปริมาณที่เท่ากัน (จุดประสงค์ที่ 1.4 ทักษะการสังเกต)



- ก. อุณหภูมิของน้ำในอ่าง เพิ่มขึ้นมากกว่าอุณหภูมิของอากาศในกระบอกสูบ
 ข. อุณหภูมิของน้ำในอ่างเพิ่มขึ้นทุกครั้ง อุณหภูมิของอากาศในกระบอกสูบคงที่
 ค. อุณหภูมิของน้ำในอ่างและอากาศในกระบอกสูบเพิ่มขึ้นเท่ากันตลอดการทดลอง
 ง. อุณหภูมิของน้ำในอ่างเพิ่มขึ้นคงที่ อุณหภูมิของอากาศในกระบอกสูบ เพิ่มขึ้นไม่คงที่
16. ถ้าต้องการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร (V) กับอุณหภูมิ (T) ของก๊าซจำนวนหนึ่งเมื่อความดัน (P) และมวล (m) ของก๊าซคงที่ ควรใช้ปริมาณใดเป็นตัวแปรต้น (จุดประสงค์ที่ 1.4 ทักษะการทดลอง)

- ก. มวล
 ข. ความดัน
 ค. อุณหภูมิ
 ง. ปริมาตร
17. กราฟเส้นใดแสดงการเปลี่ยนปริมาตรของก๊าซตามอุณหภูมิ เมื่อมวลและความดันของก๊าซคงที่ (จุดประสงค์ที่ 1.6 ความรู้ความจำ)

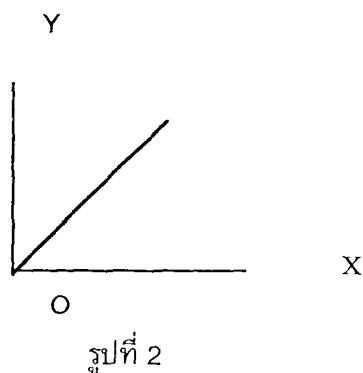
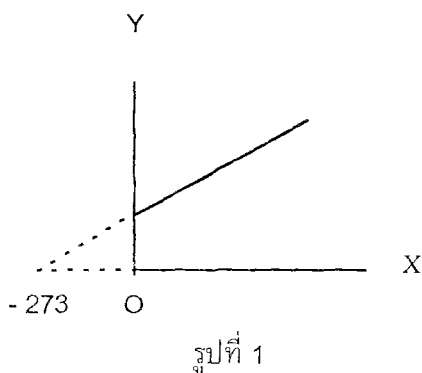


- ก. กราฟ A - A
 ข. กราฟ B - B

ค. กราฟ C - C

ง. กราฟ D - D

18. แกน X และ Y ควรแทนภาวะของก๊าซอย่างไรบ้าง จึงเป็นไปตามกราฟนี้
(จุดประสงค์ที่ 1.6 ความเข้าใจ)



ก. รูปที่ 1 X แทน T (K) Y แทน V (m^3)

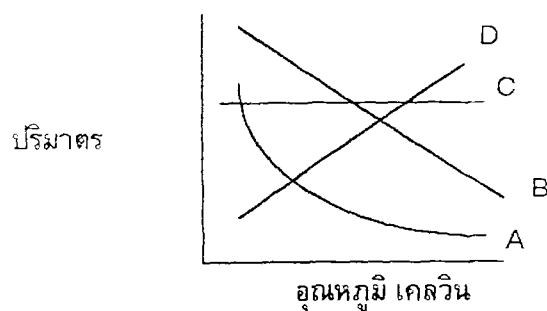
ข. รูปที่ 2 X แทน t ($^{\circ}C$) Y แทน V (m^3)

ค. รูปที่ 2 X แทน V (m^3) Y แทน P (atm)

ง. รูปที่ 1 X แทน t ($^{\circ}C$) Y แทน V (m^3)

19. เมื่อความดันคงที่ กราฟเส้นใดแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของก๊าซกับอุณหภูมิเคลวินของก๊าซจำนวนเดิม

(จุดประสงค์ที่ 1.6 ความเข้าใจ)



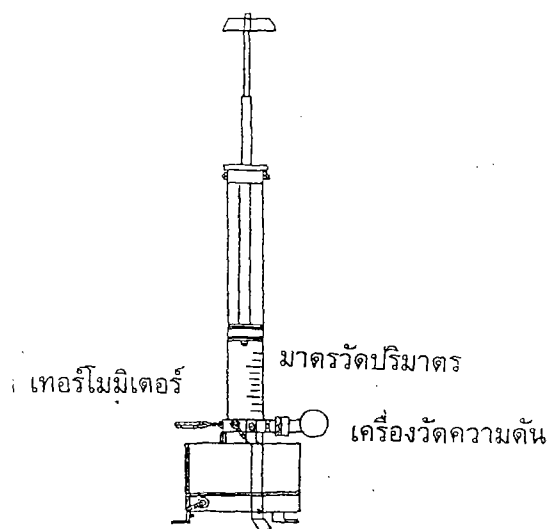
ก. A

ข. B

ค. C

ง. D

20. จากรูปเป็นชุดทดลองเพื่อศึกษากฎรวมของก๊าซทำงานเช่นเดียวกับเครื่องสุบลมรถจักรยานแต่มีการติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ มาตรวัดปริมาตร และเครื่องวัดความดันแบบเดียวกับที่ใช้ในรถยนต์ ในการทดลองแต่ละครั้งต้องบันทึกค่า P , V และ T ในการบันทึกข้อมูลควรลำดับบันทึกค่าเหล่านี้ตามข้อใด เพื่อเป็นการประหยัดเวลาและความคลาดเคลื่อนในการทดลอง (จุดประสงค์ที่ 1.7 ทักษะการทดลอง)



ก. P , V และ T

ข. P , T และ V

ค. V , T และ P

ง. V , P และ T

21. ก๊าซชนิดหนึ่งที่อุณหภูมิ 25°C ถ้าเราเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ก๊าซนี้เป็น 50°C โดยควบคุมความดันให้คงที่ จะมีผลต่อปริมาตรก๊าซอย่างไร (จุดประสงค์ที่ 2.2 ความเข้าใจ)

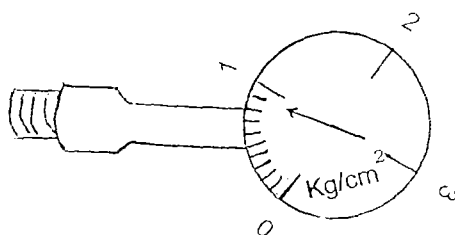
ก. ปริมาตรลดลง 2 เท่า

ข. ปริมาตรเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า

ค. ปริมาตรเพิ่มขึ้นไม่ถึง 2 เท่า

ง. ปริมาตรเพิ่มขึ้นมากกว่า 2 เท่า

22. จากการทดลองกฎรวมของก๊าซ วัดความดันของก๊าซภายในกระบอกสูบโดยใช้เครื่องวัดความดันในหน่วย Kg/cm^2 ในการทดลองกฎรวมของก๊าซครั้งหนึ่งปรากฏว่า เข็มของเครื่องวัดความกดดันอากาศภายในกระบอกสูบเป็นดังรูปข้างล่างนี้ นักเรียนจะวัดค่าความดันอากาศภายในกระบอกสูบได้เท่าไรในหน่วย N.m^{-2} (จุดประสงค์ที่ 1.7 ทักษะการวัด)



ก. 0.9×10^2

ข. 0.9×10^3

ค. 0.9×10^4

ง. 0.9×10^5

23. ก๊าซออกซิเจนซึ่งอัดไว้ในถังขนาด 6 ลิตร ความดัน 20 บรรยากาศ อุณหภูมิ 27°C เมื่อถ่ายไปใส่ในถังขนาด 10 ลิตร แล้วทำให้อุณหภูมิ 127°C จะมีความดันกี่บรรยากาศ (จุดประสงค์ที่ 2.3 ความรู้ความจำ)

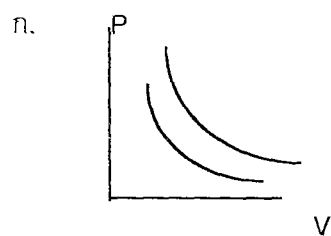
ก. 12

ข. 16

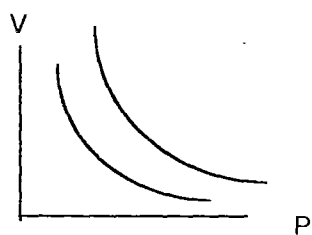
ค. 20

ง. 35

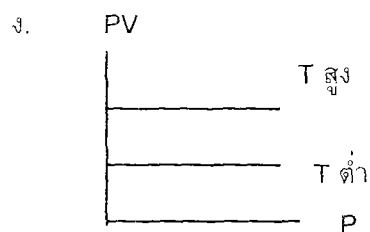
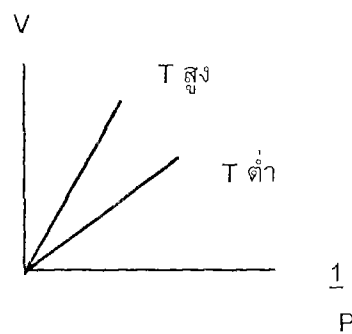
24. จากกราฟรูปใดไม่เป็นตามกฎรวมของก๊าซ (จุดประสงค์ที่ 1.8 ความเข้าใจ)



ข.



ค.



25. ก๊าซ H_2 ที่ $27^\circ C$ วัดความดันได้ 400 mm Hg ถ้าเพิ่มความดันขึ้นอีก 100 mm Hg แต่ลดอุณหภูมิลงให้เหลือ $0^\circ C$ ปริมาตรจะลดลงเหลือกี่เท่าของปริมาตรเดิม (จุดประสงค์ที่ 2.3 ความรู้ความจำ)

- ก. 0.73
- ข. 0.50
- ค. 0.27
- ง. 1.73

26. ข้อความใดเป็นสมบัติที่ถูกต้องที่สุดของก๊าซ เมื่อโมเลกุลของก๊าซชนกันเองหรือชนผนังภาชนะ ค่าพลังงานจลน์ของก๊าซ (จุดประสงค์ที่ 3 ความเข้าใจ)

- ก. จะเกิดการถ่ายเทพลังงาน แต่พลังงานรวมคงที่
- ข. จะไม่เกิดการถ่ายเทพลังงานและพลังงานรวมคงที่
- ค. จะเกิดการถ่ายเทพลังงานและพลังงานรวมเปลี่ยนแปลง
- ง. จะไม่เกิดการถ่ายเทพลังงานหรือเปลี่ยนแปลงพลังงานใด ๆ

27. เมื่อรถยนต์แล่นด้วยความเร็วคงที่ บนถนนที่ร้อนจัดสังเกตพบว่าความดันในยางรถยนต์เพิ่มขึ้นเป็นเพราะเหตุใด (จุดประสงค์ที่ 4 การนำไปใช้)

- ก. เพราะการหมุนของล้อทำให้อัตราเร็วของโมเลกุลก๊าซเพิ่มขึ้น มีผลทำให้เกิดอัตราการชนระหว่างโมเลกุลและผนังยางรถเพิ่มขึ้น

ข. เพราะความเร็วของล้อทำให้อัตราเร็วเฉลี่ยของโมเลกุลก๊าซเพิ่มขึ้น จึงเกิดอัตราการชนระหว่างโมเลกุลและผนังยางรถเพิ่มขึ้น

ค. เพราะความร้อนจากถนนถ่ายโอนให้แก่ก๊าซในยางรถ ทำให้พลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลก๊าซ และอัตราการชนระหว่างโมเลกุลและผนังยางรถเพิ่มขึ้น

ง. ถูกทุกข้อ

28. ก๊าซ 2 ไบ มีก๊าซบรรจุอยู่ ถ้าทำให้ก๊าซในไบที่ 1 มีอุณหภูมิสูงกว่าไบที่ 2 ผลการทดลองพบว่าความเร็วเฉลี่ยของโมเลกุลของก๊าซในก๊าซทั้งสองเท่ากัน จะสรุปผลการทดลองนี้ได้อย่างไร (จุดประสงค์ที่ 4 ความเข้าใจ)

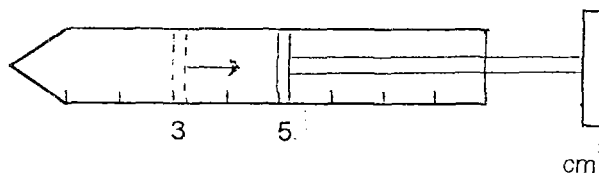
ก. พลังงาน จลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของก๊าซในก๊าซทั้ง 2 ไบเท่ากัน

ข. โมเลกุลของก๊าซในก๊าซในไบที่ 1 มีมวลรวมกันมากกว่าโมเลกุลของก๊าซในก๊าซในไบที่ 2

ค. โมเลกุลของก๊าซในก๊าซในไบที่ 2 มีพลังงานจลน์เฉลี่ยสูงกว่าโมเลกุลของก๊าซในก๊าซในไบที่ 1

ง. ผลการทดลองไม่ถูกต้องเพราะทฤษฎีจลน์ของก๊าซกล่าวว่าความเร็วเฉลี่ยของก๊าซที่อุณหภูมิต่างกันจะต้องไม่เท่ากัน

จากรูปตอบคำถามข้อ 29 - 30



29. ในกระบอกฉีดยาปลายปิด มีก๊าซชนิดหนึ่งบรรจุอยู่ 3 cm^3 ที่อุณหภูมิและความดันห้อง ถ้าดึงหลอดฉีดยาให้ไปอยู่ที่ขีดแสดงปริมาตร 5 cm^3 โดยทำที่อุณหภูมิห้องนั้น โมเลกุลของก๊าซจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร (จุดประสงค์ที่ 4 การนำไปใช้)

ก. เคลื่อนที่เร็วกว่าเดิม

ข. เคลื่อนที่ช้ากว่าเดิม

ค. พลังงานจลน์เฉลี่ยมากกว่าเดิม

ง. ชนกระบอกฉีดยาด้วยความถี่น้อยลง

30. ถ้านำกระบอกฉีดยาไปแช่ในน้ำร้อน โดยควบคุมปริมาตรให้คงที่เท่าเดิมคือ 3 cm^3 โมเลกุลของก๊าซจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร (จุดประสงค์ที่ 4 การนำไปใช้)

ก. เคลื่อนที่เร็วกว่าเดิม

ข. ชนกระบอกฉีดยาแรงขึ้น

ค. พลังงานจลน์เฉลี่ยมากกว่าเดิม

ง. ถูกทุกข้อ

เฉลยคำตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์วิชาเคมี
เรื่องสมบัติและพันธะของก๊าซ

1 ก	2 ข	3 ก	4 ง	5 ก	6 ข
7 ข	8 ค	9 ข	10 ค	11 ก	12 ง
13 ค	14 ก	15 ก	16 ข	17 ค	18 ง
19 ค	20 ค	21 ค	22 ง	23 ข	24 ข
25 ก	26 ก	27 ค	28 ง	29 3	30 ง

ตาราง 30 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การทดลองของชุดทดลอง
ศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

ข้อสอบ ข้อที่	จุดประสงค์	การพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ					ค่า loc
		1	2	3	4	5	
1	1.1 ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของความดันต่อ ปริมาตรของก๊าซเมื่ออุณหภูมิและมวลคงที่	1	1	1	1	1	1.00
2	2.1 คำนวณหาปริมาณใดปริมาณหนึ่งเมื่อทราบ ความสัมพันธ์ของปริมาณเหล่านั้นจากกฎ ของบอยล์	1	1	0	1	1	0.80
3	1.3 แปลความหมายจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างความดันกับส่วนกลับของปริมาตรก๊าซ	1	1	1	1	1	1.00
4	1.3 แปลความหมายจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างความดันกับส่วนกลับของปริมาตรก๊าซ	1	1	1	1	1	1.00
5	1.1 ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของความดันต่อ ปริมาตรของก๊าซเมื่ออุณหภูมิและมวลคงที่	1	1	1	1	1	1.00
6	1.1 ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของความดันต่อ ปริมาตรของก๊าซเมื่ออุณหภูมิและมวลคงที่	1	1	1	1	1	1.00
7	1.3 แปลความหมายจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างความดันกับส่วนกลับของปริมาตรก๊าซ	1	1	1	1	1	1.00
8	2.1 คำนวณหาปริมาณใดปริมาณหนึ่งเมื่อทราบ ความสัมพันธ์ของปริมาณเหล่านั้นจากกฎของ บอยล์	1	1	0	1	1	0.80
9	1.2 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความดันกับส่วนกลับของปริมาตรก๊าซโดยใช้ ข้อมูลจากการทดลอง	1	1	1	1	1	1.00
10	2.1 คำนวณหาปริมาณใดปริมาณหนึ่งเมื่อทราบ ความสัมพันธ์ของปริมาณเหล่านั้นจากกฎ ของบอยล์	1	1	1	1	1	1.00
11	1.3 แปลความหมายจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างความดันกับส่วนกลับของปริมาตรก๊าซ	1	1	1	1	1	1.00
12	2.1 คำนวณหาปริมาณใดปริมาณหนึ่งเมื่อทราบ ความสัมพันธ์ของปริมาณเหล่านั้นจากกฎของ						

ตาราง 30 (ต่อ)

ข้อสอบ ข้อที่	จุดประสงค์	การพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ					ค่า ioc
		1	2	3	4	5	
	บอยล์	1	1	0	1	1	0.80
13	2.3 คำนวณหาปริมาณใดปริมาณหนึ่งจากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร อุณหภูมิและความดันของก๊าซได้	1	1	1	1	1	1.00
14	2.2 คำนวณหาปริมาณใดปริมาณหนึ่งเมื่อทราบความสัมพันธ์ของปริมาณเหล่านั้นจากกฎของชาร์ล	1	1	1	1	1	1.00
15	1.4 ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิต่อปริมาตรเมื่อความดันและมวลคงที่	1	1	0	1	1	0.80
16	1.4 ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิต่อปริมาตรเมื่อความดันและมวลคงที่	1	1	1	1	1	1.00
17	1.6 แปลความหมายจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับปริมาตรก๊าซได้	1	1	1	1	1	1.00
18	1.6 แปลความหมายจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับปริมาตรก๊าซได้	1	1	1	1	1	1.00
19	1.6 แปลความหมายจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับปริมาตรก๊าซได้	1	1	1	1	1	1.00
20	1.7 ทำการทดลองเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร อุณหภูมิและความดันของก๊าซเมื่อมวลคงที่โดยอาศัยกฎของบอยล์และกฎของชาร์ล	1	1	1	1	1	1.00
21	2.2 คำนวณหาปริมาณใดปริมาณหนึ่งเมื่อทราบความสัมพันธ์ของปริมาณเหล่านั้นจากกฎของชาร์ล	1	1	1	1	1	1.00
22	1.7 ทำการทดลองเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร อุณหภูมิและความดันของก๊าซเมื่อมวลคงที่โดยอาศัยกฎของบอยล์และกฎของชาร์ล	1	1	1	1	1	1.00
23	2.3 คำนวณหาปริมาณใดปริมาณหนึ่งจากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร อุณหภูมิและ						

ตาราง 30 (ต่อ)

ข้อสอบ ข้อที่	จุดประสงค์	การพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ					ค่า ioc
		1	2	3	4	5	
	ความดันของก๊าซได้	1	1	1	1	1	1.00
24	1.8 อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรอุณหภูมิและความดันของก๊าซได้	1	1	1	1	1	1.00
25	2.3 คำนวณหาปริมาณใดปริมาณหนึ่งจากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร อุณหภูมิและความดันของก๊าซได้	1	1	0	1	1	0.80
26	3 ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของพลังงานจลน์ของก๊าซต่ออุณหภูมิของสารสมบูรณ์โดยมวลและปริมาตรคงที่	1	1	1	1	1	1.00
27	4 สามารถใช้ทฤษฎีจลน์อธิบายสมบัติของก๊าซและปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้	1	1	1	1	1	1.00
28	4 สามารถใช้ทฤษฎีจลน์อธิบายสมบัติของก๊าซและปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้	1	1	1	1	1	1.00
29	4 สามารถใช้ทฤษฎีจลน์อธิบายสมบัติของก๊าซและปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้	1	1	1	1	1	1.00
30	4 สามารถใช้ทฤษฎีจลน์อธิบายสมบัติของก๊าซและปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้	1	1	1	1	1	1.00

หมายเหตุ

- + 1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบวัดจุดประสงค์นั้น
- 0 หมายถึง ไม่แน่ว่าข้อสอบวัดจุดประสงค์นั้น
- 1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบไม่วัดจุดประสงค์นั้น

ภาคผนวก จ

- แบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ
- แบบประเมินคู่มือการใช้ชุดการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ
- แบบสอบถามความคิดเห็นต่อชุดการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ
- แบบประเมินดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ กับเนื้อหาการทดลอง

ทดลอง

แบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

แบบประเมินชุดนี้สร้างขึ้นเพื่อสำรวจความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญการสอนวิชาเคมี และวิชาฟิสิกส์ เกี่ยวกับคุณภาพของชุดการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

คำชี้แจง แบบประเมินแบ่งออกเป็น 3 ตอน

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญการสอนวิชาเคมีและวิชาฟิสิกส์

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางการสอนวิชาเคมีและวิชาฟิสิกส์

เกี่ยวกับคุณภาพของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

จำนวน 20 ข้อ ดังนี้

- | | |
|--|-------|
| 1. ลักษณะกายภาพทั่วไป | 5 ข้อ |
| 2. ลักษณะการใช้งาน | 6 ข้อ |
| 3. การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม | 4 ข้อ |
| 4. ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน | 5 ข้อ |

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญการสอนวิชาเคมีและวิชาฟิสิกส์

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญการสอนวิชาเคมีและวิชาฟิสิกส์

กรุณาเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในกรอบ ☐ หน้าข้อความที่ตรงกับความเป็นจริงและเติมข้อความลงในช่องว่าง

1. ชื่อ.....นามสกุล.....

2. ระดับการศึกษา

☐ ปริญญาตรี

☐ ปริญญาโท

☐ ปริญญาเอก

☐ อื่น ๆ

(โปรดระบุ).....

3. ประสบการณ์ในการสอน ☐ วิชาเคมี ☐ วิชาฟิสิกส์ จำนวน.....ปี

4. ตำแหน่งงานในปัจจุบัน

ตำแหน่ง.....

สังกัด.....

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางการสอนวิชาเคมีและวิชาฟิสิกส์ เกี่ยวกับ คุณภาพของ ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

คำชี้แจงในการตอบแบบประเมิน

1. แบบประเมินในตอนที่ 2 มีทั้งหมด 20 ข้อ

2. โปรดเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ ตามความคิดเห็นของท่าน หลังจากทดลองและตรวจสอบ

3. ค่าระดับคะแนนกำหนดไว้ดังนี้

ผลการประเมินในระดับดีมาก หมายถึง 4

ผลการประเมินในระดับดี หมายถึง 3

ผลการประเมินในระดับพอใช้ หมายถึง 2

ผลการประเมินในระดับต้องปรับปรุง หมายถึง 1

ผลการประเมินในระดับใช้ไม่ได้ หมายถึง 0

ตารางประเมินผลชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ
โดยผู้เชี่ยวชาญทางการสอนวิชาเคมีและวิทยาศาสตร์

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง	ใช้ไม่ได้
1. ลักษณะทางกายภาพทั่วไป					
1.1 การออกแบบชิ้นส่วนสามารถประกอบได้ง่าย					
1.2 มีรูปทรงและขนาดกระทัดรัด					
1.3 มีความแข็งแรงทนทาน					
1.4 ชุดทดลองสามารถสังเกตผลการทดลองได้ชัดเจน					
1.5 การออกดึงดูดและราคาประหยัด					
2. ลักษณะการใช้งาน					
2.1 การเตรียมอุปกรณ์และการทดลองทำได้สะดวก					
2.2 มีประสิทธิภาพในการทดลองและ ผลการทดลองถูกต้องเชื่อถือได้					
2.1.1 กฎของบอยล์					
2.1.2 กฎของชาร์ล					
2.1.3 กฎรวมของก๊าซ					
2.3 การใช้และการสลับปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ให้สอดคล้องกับการทดลอง					
2.4 ปลอดภัยในขณะปฏิบัติการทดลอง					
2.5 มีความคงทนถาวร					
2.6 ความเหมาะสมของขนาดกับจำนวนนักเรียน					
3. การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม					
3.1 การบำรุงรักษาทำได้ด้วยตนเองโดยไม่ต้องใช้ช่างเทคนิค					
3.2 สามารถซ่อมแซมเฉพาะชิ้นส่วนที่เสียหายโดยไม่ต้องถอดชิ้นส่วนอื่น					
3.3 การจัดหาอุปกรณ์เพื่อซ่อมแซมทำได้สะดวก					
3.4 สะดวกต่อการใช้และเก็บรักษา					
4. ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียน					

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง	ใช้ไม่ได้
การสอน					
4.1 ผู้เรียนมีโอกาสปฏิบัติหรือมีส่วนร่วม					
4.2 ใช้เวลาในการทดลองน้อยและได้ผลการทดลองที่ถูกต้อง					
4.3 ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และเข้าใจเนื้อหาเป็นรูปธรรม					
4.4 กิจกรรมต่างๆในการใช้ชุดทดลองมีส่วนเสริมความรู้ความสามารถและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์					
4.5 ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ง่ายเป็นการให้ประสบการณ์ตรง					

ตารางประเมินผลชุดทดลองเพื่อศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซ
โดยผู้เชี่ยวชาญทางการสอนวิชาเคมีและวิชาฟิสิกส์

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง	ใช้ไม่ได้
1. ลักษณะทางกายภาพทั่วไป					
1.1 การออกแบบชิ้นส่วนสามารถประกอบได้ง่าย					
1.2 มีรูปทรงและขนาดกระทัดรัด					
1.3 มีความแข็งแรงทนทาน					
1.4 ชุดทดลองสามารถสังเกตผลการทดลองได้ชัดเจน					
1.5 การออกดึงดูดและสร้างความสนใจ					
2. ลักษณะการใช้งาน					
2.1 การเตรียมอุปกรณ์และการทดลองทำได้สะดวก					
2.2 มีประสิทธิภาพในการทดลองและ ผลการทดลองถูกต้องเชื่อถือได้					
2.3 การใช้และการสลับปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ให้สอดคล้องกับการทดลอง					
2.4 ปลอดภัยในขณะปฏิบัติการทดลอง					
2.5 มีความคงทนถาวร					
2.6 ความเหมาะสมของขนาดกับจำนวนนักเรียน					
3. การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม					
3.1 การบำรุงรักษาทำได้ด้วยตนเองโดยไม่ต้องใช้ช่างเทคนิค					
3.2 สามารถซ่อมแซมเฉพาะชิ้นส่วนที่เสียหายโดยไม่กระทบต่อชิ้นส่วนอื่น					
3.3 การจัดหาอุปกรณ์เพื่อซ่อมแซมทำได้สะดวก					
3.4 สะดวกต่อการใช้และเก็บรักษา					
4. ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน					
4.1 ผู้เรียนมีโอกาสปฏิบัติหรือมีส่วนร่วม					

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง	ใช้ไม่ได้
4.2 ใช้เวลาในการทดลองน้อยและได้ผลการทดลองที่ถูกต้อง					
4.3 ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และเข้าใจเนื้อหาเป็นรูปธรรม					
4.4 กิจกรรมต่างๆในการใช้ชุดทดลองมีส่วนเสริมความรู้ความสามารถและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์					
4.5 ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ง่ายเป็นการให้ประสบการณ์ตรง					

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญการสอนวิชาเคมีและวิชาฟิสิกส์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ ผู้ประเมิน
(.....)
(...../...../.....)

แบบประเมินคู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติ และทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

แบบประเมินชุดนี้เป็นแบบสำรวจความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญการสอนวิชาเคมี และวิชาฟิสิกส์ เกี่ยวกับคุณภาพของคู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติ และทฤษฎีจลน์ของก๊าซ
คำชี้แจง แบบประเมิน แบ่งออกเป็น 3 ตอน

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญการสอนวิชาเคมีและวิชาฟิสิกส์

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางการสอนวิชาเคมีและวิชาฟิสิกส์เกี่ยวกับคู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของ ก๊าซซึ่งแบ่งออกเป็น 2 หัวข้อ

- 1 คู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซสำหรับนักเรียน
- 2 คู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซสำหรับครู

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญการสอนวิชาเคมีและวิชาฟิสิกส์

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญการสอนวิชาเคมีและวิชาฟิสิกส์

กรุณาเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในกรอบ ☐ หน้าข้อความที่ตรงกับความเป็นจริงและเติมข้อความลงในช่องว่าง

1. ชื่อ.....นามสกุล.....
2. ระดับการศึกษา
 - ☐ ปริญญาตรี
 - ☐ ปริญญาโท
 - ☐ ปริญญาเอก
 - ☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ).....
3. ประสบการณ์ในการสอน ☐ วิชาเคมี ☐ วิชาฟิสิกส์ จำนวน.....ปี
4. ตำแหน่งงานในปัจจุบัน

ตำแหน่ง.....

สังกัด.....

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางการสอนวิชาเคมีและวิชาฟิสิกส์เกี่ยวกับคู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

คำชี้แจงในการตอบแบบประเมิน

1. แบบประเมินในตอนที่ 2 มีทั้งหมด 15 ข้อ
2. โปรดเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ ตามความคิดเห็นของท่าน เกี่ยวกับคู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ
3. ค่าระดับคะแนนกำหนดไว้ดังนี้

ผลการประเมินในระดับดีมาก	หมายถึง 5
ผลการประเมินในระดับดี	หมายถึง 4
ผลการประเมินในระดับปานกลาง	หมายถึง 3
ผลการประเมินในระดับพอใช้	หมายถึง 2
ผลการประเมินในระดับควรปรับปรุง	หมายถึง 1

ตารางประเมินผลโดยผู้เชี่ยวชาญทางการสอนวิชาเคมีและวิชาฟิสิกส์
คู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	ควรปรับปรุง
1.คู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ สำหรับนักเรียน					
1.1 เนื้อหาในใบความรู้และคู่มือการใช้ชุดทดลองสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
1.2 เนื้อหาในใบความรู้และคู่มือการใช้ชุดทดลองเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน					
1.3 เนื้อหาและกิจกรรมเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด					
1.4 เรียงลำดับกิจกรรมในวิธีทดลองได้เหมาะสม					
1.5 กิจกรรมการทดลองทำให้เกิดความคิดรวบยอด					
1.6 มีกิจกรรมส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์					
1.7 นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในกิจกรรม					
1.8 เอกสารรายงานการทดลองเหมาะสม					
1.9 คำถามท้ายการทดลองสอดคล้องกับกิจกรรมการทดลอง					
1.10 คำถามท้ายการทดลองและแบบฝึกหัดท้ายการทดลองทำให้นักเรียนเข้าใจมากขึ้น					
2. คู่มือการใช้ชุดการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์สำหรับครู					
2.1 สรุปและอภิปรายหลังการทดลองเหมาะสม					
2.2 แนวคำตอบท้ายการทดลองชัดเจน					
2.3 เฉลยแบบฝึกหัดท้ายการทดลองชัดเจน					
2.4 เอกสารวิธีใช้และการดูแลรักษาครอบคลุมและชัดเจน					
2.5 คู่มือประกอบการสอนมีประโยชน์					

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญการสอนวิชาเคมีและวิชาฟิสิกส์

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)
(...../...../.....)

แบบสอบถามความคิดเห็น ต่อชุดการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

คำชี้แจงในการตอบแบบสอบถาม

1. แบบสอบถามฉบับนี้ต้องการถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อเครื่องมือชุดการทดลองศึกษาสมบัติของก๊าซและชุดการทดลองศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซ
2. แบบสอบถามฉบับนี้ไม่มีคำตอบใดถูกหรือผิด ไม่มีผลต่อการเรียนของนักเรียน ฉะนั้นขอให้นักเรียนตอบให้ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนให้มากที่สุด เพื่อที่จะเป็นประโยชน์ต่อการสอนวิทยาศาสตร์ต่อไป
3. แบบสอบถามฉบับนี้ นักเรียนควรอ่านข้อความอย่างละเอียด แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดของนักเรียนเพียงคำตอบเดียว ซึ่งมี 5 ระดับคือ

ระดับความคิดเห็นระดับดีมาก	หมายถึง	4
ระดับความคิดเห็นระดับดี	หมายถึง	3
ระดับความคิดเห็นระดับปานกลาง	หมายถึง	2
ระดับความคิดเห็นระดับน้อย	หมายถึง	1
ระดับความคิดเห็นระดับน้อยที่สุด	หมายถึง	0

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
		ดีมาก	ดี	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
	<u>ด้านการออกแบบ</u>					
1	รูปแบบชุดการทดลองศึกษาสมบัติของก๊าซและทฤษฎีจลน์ของก๊าซสร้างความสนใจของนักเรียน.....	.....	.....	.....	.....	.....
2	ชุดการทดลองมีความแข็งแรงทนทาน.....	.....	.....	.....	.....	.....
3	ชุดการทดลองแต่ละชุดสามารถประกอบติดตั้งได้ง่าย.....	.....	.....	.....	.....	.....
4	ชุดการทดลองมีขนาดเหมาะสมกับจำนวนนักเรียนในกลุ่มทดลอง.....	.....	.....	.....	.....	.....
	<u>ด้านเนื้อหาวิชา</u>					
1	ผลการทดลองของชุดการทดลองถูกต้องตามจุดประสงค์การทดลอง.....	.....	.....	.....	.....	.....
2	เมื่อทดลองโดยใช้ชุดการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซนักเรียนเข้าใจเนื้อหาสมบัติของก๊าซชัดเจนขึ้น.....	.....	.....	.....	.....	.....
3	การทดลองด้วยชุดการทดลองทำให้นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....	.....	.....	.....	.....	.....
4	การทดลองด้วยชุดการทดลองมีผลต่อการพัฒนาการด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....	.....	.....	.....	.....	.....
5	เมื่อทดลองโดยใช้ชุดการทดลองทำให้นักเรียนเข้าใจรวดเร็วขึ้น.....	.....	.....	.....	.....	.....
6	การทดลองในชุดการทดลองเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้และค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง.....	.....	.....	.....	.....	.....
	<u>ด้านการนำไปใช้และการเก็บรักษา</u>					
1	ชุดการทดลองให้ความปลอดภัยในขณะทำการทดลอง.....	.....	.....	.....	.....	.....
2	นักเรียนดำเนินการทดลองได้ตามขั้นตอนการทดลองในคู่มือการทดลอง.....	.....	.....	.....	.....	.....

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
		ดีมาก	ดี	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
3	นักเรียนทุกคนในกลุ่มมีโอกาสเข้าร่วมกิจกรรม.....	.....	.....	.....	.....	.....
4	บทปฏิบัติการกับการทดลองมีความสัมพันธ์กัน.....	.....	.....	.....	.....	.....
5	การทดลองและบทปฏิบัติการของชุดการทดลองเหมาะสมกับนักเรียน.....	.....	.....	.....	.....	.....
6	เวลาที่ใช้ในการทดลองแต่ละการทดลองมีความเหมาะสม.....	.....	.....	.....	.....	.....
7	การทดลองในแต่ละชุดการทดลองทำให้เกิดความรู้สึกกระตือรือร้นในการเรียน.....	.....	.....	.....	.....	.....
8	การทดลองในชุดการทดลองทำให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง.....	.....	.....	.....	.....	.....
9	นักเรียนสามารถบำรุงรักษาชุดการทดลองได้ด้วยตนเองโดยไม่ต้องใช้ช่างเทคนิค.....	.....	.....	.....	.....	.....
10	เมื่อทดลองเสร็จเรียบร้อยแล้วนักเรียนจัดเก็บชุดการทดลองได้ง่าย.....	.....	.....	.....	.....	.....

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....

.....

.....

.....

แบบประเมินดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์
เนื้อหาการทดลองของชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง ให้ท่านพิจารณาว่าข้อสอบแต่ละข้อต่อไปนี้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่สร้างขึ้นจริงหรือไม่ โดยพิจารณาจากระดับคะแนนดังต่อไปนี้

+ 1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบวัดจุดประสงค์นั้น

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดจุดประสงค์นั้น

- 1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบไม่วัดจุดประสงค์นั้น

โปรดตอบโดยเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคะแนน + 1 , 0 หรือ - 1

ข้อสอบ ข้อที่	จุดประสงค์ ข้อที่	คะแนน			ข้อเสนอแนะ
		+ 1	0	- 1	
1	1.1				
2	1.1				
3	1.1				
4	2.1				
5	1.3				
6	1.3				
7	1.1				
8	1.1				
9	1.1				
10	1.3				
11	2.1				
12	1.2				
13	2.1				
14	1.3				
15	2.1				
16	2.2				
17	2.3				
18	1.8				
19	2.2				
20	1.4				

ข้อสอบ ข้อที่	จุดประสงค์ ข้อที่	คะแนน			ข้อเสนอแนะ
		+ 1	0	- 1	
21	1.4				
22	1.6				
23	1.4				
24	2.2				
25	1.6				
26	1.4				
27	1.6				
28	1.6				
29	1.7				
30	2.2				
31	1.8				
32	1.7				
33	2.3				
34	1.8				
35	2.3				
36	1.8				
37	3				
38	3				
39	4				
40	4				
41	4				
42	4				
43	4				
44	4				
45	4				

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
 (.....)
 (...../...../.....)

ภาคผนวก จ

- แผนการสอน
- คู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซสำหรับนักเรียน
- คู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซสำหรับครู
- ความรู้เพิ่มเติมสำหรับนักเรียน
- ความรู้เพิ่มเติมสำหรับครู
- คู่มือการดูแลรักษาชุดทดลองสำหรับครู

แผนการสอนวิชาเคมี เรื่อง กฎของบอยล์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จำนวน 3 คาบ

สาระสำคัญ

1. กฎของบอยล์ ใช้อธิบายสมบัติของก๊าซที่เกี่ยวข้องกับปริมาตร (V) และความดัน (P) สรุปได้ว่า "เมื่ออุณหภูมิและมวลของก๊าซคงที่ ปริมาตรของก๊าซจะแปรผกผันกับความดัน"
2. สูตรที่ใช้คำนวณหาความดันหรือปริมาตร เมื่อภาวะใดภาวะหนึ่งเปลี่ยนไปในขณะอุณหภูมิคงที่ และมวลของก๊าซจำนวนเดิม

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. จุดประสงค์ปลายทาง
 - 1.1 บอกความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความดันและปริมาตรของก๊าซได้
 - 1.2 คำนวณหาปริมาตร อุณหภูมิและความดันเมื่อทราบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเหล่านั้นได้
2. จุดประสงค์นำทาง
 - 2.1 ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของความดันต่อปริมาตรของก๊าซเมื่ออุณหภูมิและมวลคงที่
 - 2.2 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับส่วนกลับของปริมาตรของก๊าซโดยใช้ข้อมูลจากการทดลอง
 - 2.3 แปลความหมายจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับส่วนกลับของปริมาตรก๊าซ
 - 2.4 คำนวณหาปริมาณใดปริมาณหนึ่งเมื่อทราบความสัมพันธ์ของปริมาณเหล่านั้น

เนื้อหาสาระ

กฎของบอยล์ (BOYLES'S LAW)

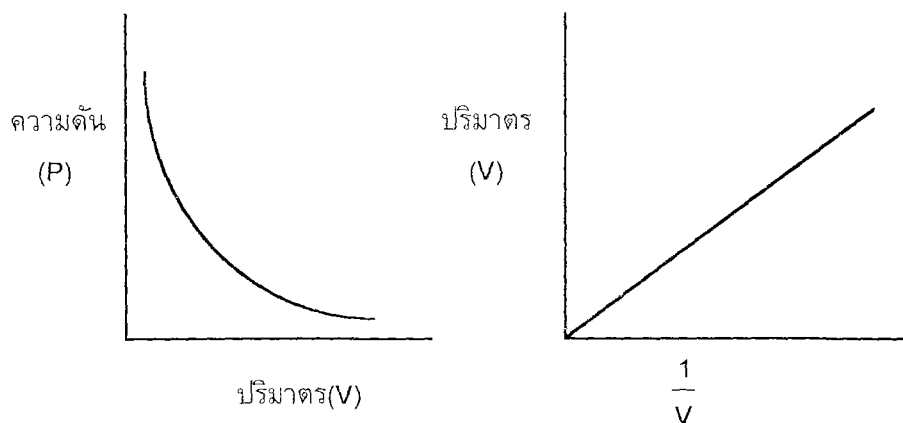
กฎของบอยล์เป็นกฎที่ใช้อธิบายสมบัติของก๊าซที่เกี่ยวข้องกับปริมาตร (V) และความดัน (P) โดยโรเบิร์ต บอยล์ นักเคมีชาวอังกฤษ ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความดันและปริมาตรของก๊าซในภาชนะปิด สรุปได้ว่า " ปริมาตรของก๊าซใดๆ ที่กำหนดให้จำนวนหนึ่งเป็นปฏิภาคกลับกับความดันเมื่ออุณหภูมิกคงที่ " ถ้าเขียนตามหลักคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

เมื่ออุณหภูมิกคงที่	V	$\propto$	$\frac{1}{P}$	(V = ปริมาตร , P = ความดัน)
	PV	$=$	K	(K = ค่าคงที่)

เมื่อสภาวะใดสภาวะหนึ่งเปลี่ยนไป สามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

เมื่อนำความสัมพันธ์ระหว่าง P และ V มาเขียนกราฟได้ดังนี้



กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อทบทวนเกี่ยวกับความหมายของ ปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ
2. ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มรับใบงานแจกให้สมาชิกในกลุ่มและร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับวิธีทดลอง และแบ่งหน้าที่ในกลุ่ม
3. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับข้อควรระวังในการทดลอง ดังนี้
 - 3.1 การจัดตั้งและการใช้ชุดการทดลองร่วมกับชุดมาตรโนมิเตอร์แบบปลายเปิด
 - 3.2 การปฏิบัติตามขั้นตอนของกิจกรรม
 - 3.3 การบันทึกข้อมูลก่อนและหลังการทดลองแต่ละครั้ง
 - 3.4 การใช้และการเปลี่ยนหน่วยในตารางบันทึกผลการทดลองและการเขียนกราฟ
4. นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรม กฎของบอยล์ บันทึกผลการทดลองและเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดัน กับส่วนกลับของปริมาตร และสรุปผลการทดลองลงในแผ่นใส
5. ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มเสนอผลการทดลอง กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับส่วนกลับของปริมาตร และสรุปผลการทดลองโดยใช้แผ่นใส
6. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุป กิจกรรมกฎของบอยล์ ดังนี้
 - 6.1 ผลของความดันต่อปริมาตรของก๊าซเมื่ออุณหภูมิและมวลคงที่
 - 6.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับส่วนกลับของปริมาตรของก๊าซ
 - 6.3 ผลการทดลองสรุปได้สอดคล้องกับกฎของบอยล์

7. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันตอบคำถาม และแบบฝึกหัดท้ายการทดลองที่เน้นการคำนวณ โดยใช้กฎของบอยล์

8. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปแนวการตอบคำถามหลังการทดลองและแบบฝึกหัดท้ายการทดลองเกี่ยวกับวิธีการคำนวณกฎของบอยล์

สื่อการเรียนการสอน

1. ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ
2. มาโนมิเตอร์แบบปลายเปิด
3. บทปฏิบัติการกิจกรรมกฎของบอยล์

การวัดผล

1. การทำบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การประเมินผล

1. ร้อยละ 80 ของคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนทั้งกลุ่ม ที่ทำบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ถูกต้อง
2. ร้อยละ 80 ของคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนทั้งกลุ่ม ที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนได้ถูกต้อง

แผนการสอนวิชาเคมี เรื่อง กฎของชาร์ล ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จำนวน 3 คาบ

สาระสำคัญ

1. กฎของชาร์ลใช้อธิบาย สมบัติของก๊าซที่เกี่ยวข้องกับปริมาตร (V) และความดัน (P) อุณหภูมิ (T) สรุปได้ว่า "เมื่อความดันคงที่และมวลของก๊าซคงที่ ปริมาตรของก๊าซจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิ"
2. สูตรที่ใช้คำนวณหาปริมาตรหรืออุณหภูมิ เมื่อภาวะใดภาวะหนึ่งเปลี่ยนไปในขณะ ความดันคงที่ และมวลของก๊าซจำนวนเดิม

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

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. จุดประสงค์ปลายทาง
 - 1.1 บอกความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความดันและปริมาตรของก๊าซได้
 - 1.2 คำนวณหาปริมาตร อุณหภูมิและความดันเมื่อทราบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ เหล่านั้นได้
2. จุดประสงค์นำทาง
 - 2.1 ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิต่อปริมาตรเมื่อความดันและมวลคงที่
 - 2.2 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับปริมาตรของก๊าซโดยใช้ข้อมูลจากการทดลอง
 - 2.3 แปลความหมายจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับปริมาตรของก๊าซ
 - 2.4 คำนวณหาปริมาณใดปริมาณหนึ่งเมื่อทราบความสัมพันธ์ของปริมาณเหล่านั้นจาก กฎของชาร์ล

เนื้อหาสาระ

กฎของชาร์ล (CHARL'S LAW)

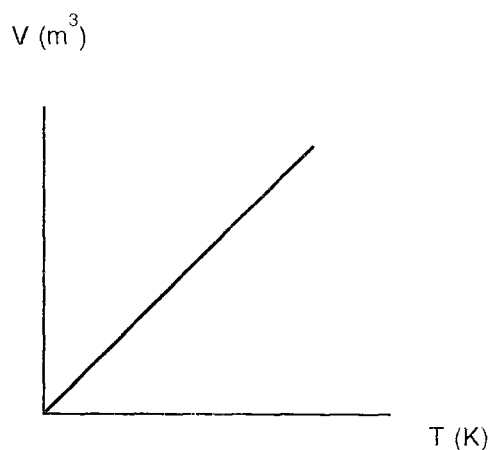
กฎของชาร์ลเป็นกฎที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร (V) และอุณหภูมิ (T) เมื่อความดัน (P) และมวลคงที่ โดยชาร์ล (Jacques A.C Charles) นักคณิตศาสตร์และฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและอุณหภูมิของก๊าซในภาชนะปิด สรุปได้ว่า " เมื่อความดันและมวลของก๊าซคงที่ ปริมาตรของก๊าซจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิเคลวิน" ถ้าเขียนตามหลักคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{เมื่อความดันคงที่} \quad V &\propto T \quad (V = \text{ปริมาตร} , T = \text{อุณหภูมิ}) \\ \frac{V}{T} &= K \quad (K = \text{ค่าคงที่}) \end{aligned}$$

เมื่อสภาวะใดสภาวะหนึ่งเปลี่ยนไป สามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

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

เมื่อนำความสัมพันธ์ระหว่าง V และ T มาเขียนกราฟได้ดังนี้



กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อทบทวนเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและอุณหภูมิเมื่อความดันคงที่ ในกฎของชาร์ล
2. ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มรับใบงานให้สมาชิกในกลุ่มและอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับวิธีทดลองและแบ่งหน้าที่ในการทำกิจกรรม
3. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับข้อควรระวังในการทดลอง ดังนี้
 - 3.1 การจัดตั้งและการใช้ชุดการทดลองร่วมกับชุดมาโนมิเตอร์แบบปลายเปิด
 - 3.2 การปฏิบัติตามขั้นตอนของกิจกรรม
 - 3.3 การบันทึกข้อมูลก่อนและหลังการทดลองแต่ละครั้ง
 - 3.4 การใช้และการเปลี่ยนหน่วยในตารางบันทึกผลการทดลองและเขียนกราฟ
4. นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรม กฎของชาร์ล บันทึกผลการทดลองและเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร กับอุณหภูมิ และสรุปผลการทดลอง ลงในแผ่นใส
5. ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มเสนอผลการทดลอง กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร กับอุณหภูมิ และสรุปผลการทดลอง โดยใช้แผ่นใส
6. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุป กิจกรรมกฎของชาร์ล เกี่ยวกับ
 - 6.1 ผลของปริมาตรต่ออุณหภูมิของก๊าซเมื่อความดันและมวลคงที่
 - 6.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรกับอุณหภูมิของก๊าซ
 - 6.3 ผลการทดลองสรุปได้สอดคล้องกับกฎของชาร์ล

7. นักเรียนแต่ละกลุ่ม ร่วมกันตอบคำถาม และทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลองที่เน้นการคำนวณโดยใช้กฎของชาร์ล

8. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปแนวการตอบคำถามและแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง

สื่อการเรียนการสอน

1. ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ
2. มาโนมิเตอร์แบบปลายเปิด
3. บทปฏิบัติการกิจกรรมกฎของชาร์ล

การวัดผล

1. การทำบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การประเมินผล

1. ร้อยละ 80 ของคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนทั้งกลุ่มที่ทำบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ถูกต้อง
2. ร้อยละ 80 ของคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนทั้งกลุ่มที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทาง

การเรียนหลังเรียนได้ถูกต้อง

แผนการสอนวิชาเคมี เรื่อง กฎรวมของก๊าซ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 3 คาบ

สาระสำคัญ

กฎรวมของก๊าซใช้คำนวณหาความดันหรือปริมาตรหรืออุณหภูมิ (เคลวิน) ของก๊าซใด ๆ ที่เปลี่ยนแปลงจากสภาวะหนึ่งไปยังอีกสภาวะหนึ่ง สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

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

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. จุดประสงค์ปลายทาง

1.1 บอกความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ ความดันและปริมาตรของก๊าซได้

1.2 คำนวณหาปริมาตร อุณหภูมิและความดันเมื่อทราบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเหล่านั้นได้

2. จุดประสงค์นำทาง

2.1 ทำการทดลองเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร อุณหภูมิและความดันของก๊าซเมื่อมวลคงที่โดยอาศัยกฎของบอยล์และกฎของชาร์ล

2.2 อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร อุณหภูมิและความดันของก๊าซได้

2.3 คำนวณหาปริมาณใดปริมาณหนึ่งระหว่าง ปริมาตร อุณหภูมิและความดันของก๊าซได้

เนื้อหาสาระ

กฎรวมของก๊าซเป็นการนำเอากฎของบอยล์และกฎของชาร์ลรวมเข้าด้วยกัน ดังนี้

จากกฎของบอยล์	V	$\propto$	$\frac{1}{P}$
จากกฎของชาร์ล	V	$\propto$	T
รวม	V	$\propto$	$\frac{T}{P}$
	V	=	$K \frac{T}{P}$
หรือ	$\frac{PV}{T}$	=	K

เมื่อสภาวะใดสภาวะหนึ่งเปลี่ยนไป แต่จำนวนโมล (n) ของก๊าซคงที่ สามารถเขียนเป็น

สมการดังนี้

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

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อทบทวนความหมายของกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล
2. ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มรับใบงานแจกสมาชิกในกลุ่มศึกษาและอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับกิจกรรม กฎรวมของก๊าซ ตอนที่ 1 ศึกษาการรวมกฎของบอยล์และกฎของชาร์ล
3. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความสัมพันธ์ของกฎของบอยล์และกฎของชาร์ล ตามกิจกรรมกฎรวมของก๊าซ ตอนที่ 1 ศึกษาการรวมกฎของบอยล์และกฎของชาร์ล
4. นักเรียนศึกษาและร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการทดลอง ตอนที่ 2 การทดลองเพื่อสนับสนุนกฎรวมของก๊าซ
5. ครูอภิปรายร่วมกับนักเรียนเกี่ยวกับข้อควรระวังการทดลองใน ตอนที่ 2 การทดลองเพื่อสนับสนุนกฎรวมของก๊าซ ดังนี้
 - 5.1 การใช้เครื่องวัดความดันแทนแมนอมิเตอร์ตลอดจนการอ่านค่าและการเปลี่ยนหน่วยความดัน
 - 5.2 การปฏิบัติตามขั้นตอน ของกิจกรรม
 - 5.3 การบันทึกข้อมูลก่อนและหลังการทดลองแต่ละครั้ง
6. นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรม ตอนที่ 2 การทดลองเพื่อสนับสนุนกฎรวมของก๊าซ บันทึกผล การนำข้อมูลจากการบันทึกผลไปตรวจสอบผลการทดลองและสรุปผลการทดลองลงในแผ่นใส
7. ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มเสนอผลการทดลอง และสรุปผลการทดลองโดยใช้แผ่นใส
8. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุป กิจกรรมกฎรวมของก๊าซ ตอนที่ 2 การทดลองเพื่อสนับสนุนกฎรวมของก๊าซ
9. นักเรียนร่วมกันอภิปรายความสัมพันธ์ของความดัน ปริมาตรและอุณหภูมิของก๊าซในระบบปิด
10. นักเรียน แต่ละกลุ่มทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง
11. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย เกี่ยวกับแนวทางการแก้ปัญหาท้ายการทดลอง กฎรวมของก๊าซ

สื่อการเรียนรู้การสอน

1. ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ
2. บทปฏิบัติการกิจกรรมกฎรวมของก๊าซ

การวัดผล

1. การทำบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การประเมินผล

1. ร้อยละ 80 ของคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนทั้งกลุ่มที่ทำบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ถูกต้อง
2. ร้อยละ 80 ของคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนทั้งกลุ่มที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทาง

การเรียนรู้หลังเรียนได้ถูกต้อง

แผนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ทฤษฎีจลน์ของก๊าซ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 2 คาบ

สาระสำคัญ

ทฤษฎีจลน์ของก๊าซ (Kinetic theory of gases) ใช้อธิบายสมบัติของก๊าซสมบูรณ์ และ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร ความดันและอุณหภูมิ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. จุดประสงค์ปลายทาง
 - 1.1 ใช้ทฤษฎีจลน์อธิบายสมบัติของก๊าซเกี่ยวกับการเปลี่ยนปริมาตร การเกิดความดันและอุณหภูมิ
 - 1.2 ใช้ทฤษฎีจลน์อธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้
2. จุดประสงค์นำทาง
 - 2.1 ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของพลังงานจลน์ของก๊าซต่ออุณหภูมิของสารสมบูรณ์โดยมวลและปริมาตรคงที่
 - 2.2 สามารถใช้ทฤษฎีจลน์อธิบายสมบัติของก๊าซและปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้

เนื้อหาสาระ

หลักสำคัญที่ใช้ในการศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซมีดังนี้

1. ก๊าซประกอบด้วยโมเลกุลเล็กๆ
2. ระยะระหว่างโมเลกุลของก๊าซห่างกันมาก เมื่อเทียบกับขนาดโมเลกุลของมัน ปริมาตรของก๊าซส่วนใหญ่จะเป็นที่ว่าง
3. โมเลกุลของก๊าซไม่มีแรงดึงดูดซึ่งกันและกัน แต่ถ้าโมเลกุลของมันเข้ามาใกล้กันแรงดึงดูดระหว่างมันจะเพิ่มขึ้น
4. โมเลกุลของก๊าซเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงทุกทิศทาง แล้วก็ชนกันกับโมเลกุลอื่นๆของก๊าซและผนังภาชนะที่บรรจุก๊าซ
5. การชนของโมเลกุลไม่มีพลังงานหายไป ไม่ว่าจะกับโมเลกุลอื่นๆ หรือกับผนังของภาชนะ
6. พลังงานจลน์เฉลี่ยของแต่ละโมเลกุลจะเท่ากันทุกๆ ก๊าซที่อุณหภูมิเดียวกัน และค่าของมันเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

กิจกรรมการเรียนการสอน

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายลักษณะการเคลื่อนที่ของโมเลกุลก๊าซในกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล
2. ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มรับใบงานให้สมาชิกในกลุ่มและอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับวิธีการทดลอง และแบ่งหน้าที่ในกลุ่ม

3. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับข้อควรระวังในการทดลอง ดังนี้
 - 3.1 การจัดตั้งและการใช้ชุดการทดลอง
 - 3.2 การปฏิบัติตามขั้นตอนของกิจกรรม
 - 3.3 การบันทึกข้อมูลก่อนและหลังการทดลองแต่ละครั้ง
4. นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรม ทฤษฎีจลน์ของก๊าซ บันทึกผลการทดลอง และสรุปผลการทดลองลงในแผ่นใส
5. ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มเสนอผลการทดลอง สรุปผลการทดลอง โดยใช้แผ่นใส
6. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายโดยใช้ข้อมูลของนักเรียนแต่ละกลุ่มเพื่อลงข้อสรุปกิจกรรมทฤษฎีจลน์ของก๊าซ เกี่ยวกับ
 - 6.1 ใจความสำคัญของทฤษฎีจลน์ของก๊าซ
 - 6.2 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์ของก๊าซกับอุณหภูมิ
 - 6.3 การใช้ทฤษฎีจลน์อธิบายปริมาตร ความดันของก๊าซ และกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล
7. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายปรากฏการณ์ทฤษฎีจลน์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน
9. นักเรียน แต่ละกลุ่มตอบคำถามและทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง
10. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายแนวการตอบคำถามและแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง

สื่อการเรียนการสอน

1. ชุดทดลองเพื่อศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซ
2. คู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

การวัดผล

1. การทำบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การประเมินผล

1. ร้อยละ 80 ของคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนทั้งกลุ่มที่ทำบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ถูกต้อง
2. ร้อยละ 80 ของคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนทั้งกลุ่มที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนได้ถูกต้อง

คู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ เรื่องกฎของบอยล์

กิจกรรมที่ 1 กฎของบอยล์

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนสามารถ

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของความดันต่อปริมาตรของก๊าซเมื่ออุณหภูมิและมวลคงที่
2. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับส่วนกลับของปริมาตรของก๊าซ โดยใช้ข้อมูลจากการทดลอง
3. แปลความหมายจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับส่วนกลับของปริมาตรก๊าซ
4. คำนวณหาปริมาณใดปริมาณหนึ่งเมื่อทราบความสัมพันธ์ของปริมาณเหล่านั้นจากกฎของบอยล์

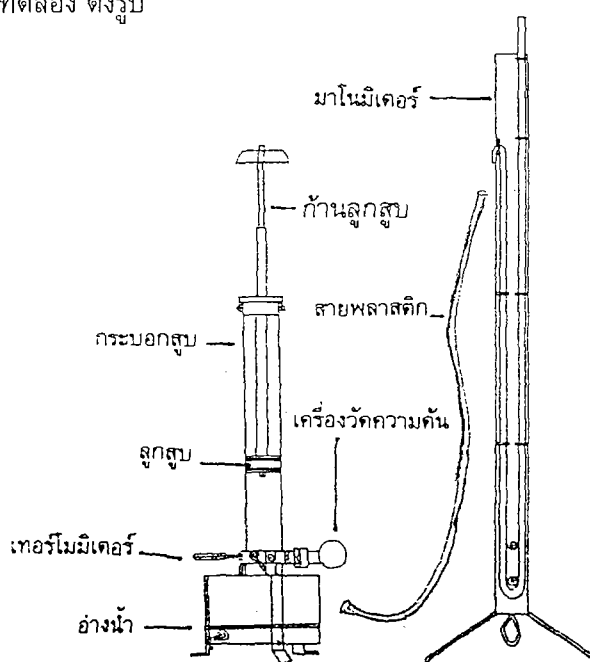
เวลาที่ใช้ 150 นาที (3 คาบ)

วัสดุอุปกรณ์

1. ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ
2. มาโนมิเตอร์แบบปลายเปิด

วิธีทดลอง

1. จัดตั้งชุดการทดลอง ดังรูป



รูปแสดง ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ และมาโนมิเตอร์แบบปลายเปิด

2. ก่อนการทดลองแต่ละครั้งจัดระดับล่างสุดของลูกสูบให้อยู่ที่ระดับความสูง 30 เซนติเมตรของกระบอกสูบ

3. เชื่อม มาโนมิเตอร์เข้ากับชุดการทดลองด้วยสายพลาสติกพร้อมกับตรวจสอบรอยรั่วของอากาศตามข้อต่อที่ต่างๆ

4. ก่อนทำการทดลองให้บันทึกค่าอุณหภูมิของอากาศภายในกระบอกสูบ

5. ทำการทดลองต่อเนื่องกันทั้งหมด 4 ครั้ง ในการทดลองแต่ละครั้งให้เคลื่อนลูกสูบลงต่ำกว่าครึ่งก่อนเป็นระยะ 3 เซนติเมตร พร้อมกับบันทึกค่าอุณหภูมิของอากาศภายในกระบอกสูบเป็นองศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) ความดันอันเนื่องมาจากความสูงของปรอท (P_w) โดยบันทึกค่าผลต่างของระดับปรอท (H cm) และปริมาตรของอากาศภายในกระบอกสูบในรูปความสูงของลำอากาศภายในกระบอกสูบ (h cm) ทุกครั้ง ลงในตารางบันทึกผลการทดลอง

6. คำนวณหาค่าความดันสัมบูรณ์ (P) ซึ่ง $P = P_a + P_w$ กำหนดให้ $P_a =$ ความดันบรรยากาศ $1.01 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ $P_w = \rho g H$ และส่วนกลับของปริมาตรให้อยู่ในรูปของทศนิยม 1 ตำแหน่ง แล้วบันทึกลงในตารางบันทึกผลการทดลอง

7. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันสัมบูรณ์ของอากาศ (P) กับส่วนกลับของปริมาตร ($\frac{1}{V}$) โดยให้ความดันเป็นแกนตั้ง ส่วนกลับของปริมาตรเป็นแกนนอน

ผลการทดลอง

ก่อนการทดลอง อุณหภูมิของอากาศภายในกระบอกสูบ..... $^{\circ}\text{C}$

ครั้งที่	อุณหภูมิ (T) ($^{\circ}\text{C}$)	ความดันปรอท (P_w) ($H \times 13.6 \times 10^3 \text{ N/m}^2$)	ความดัน สัมบูรณ์ ($P_w + P_a$) $= \dots \times 10^4 \text{ N/m}^2$	ปริมาตร (V) ($h \times A$)	ส่วนกลับของ ปริมาตร ($\frac{1}{V}$) ($\frac{1}{h} \times 5 \times 10^2 \text{ m}^{-3}$)
1					
2					
3					
4					

สรุปผลการทดลอง

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. จากการทดลองปริมาณใดบ้างที่มีค่าคงที่ และปริมาณใดที่มีค่าไม่คงที่

.....

2. ลักษณะของกราฟระหว่างความดันกับส่วนกลับของปริมาตรของก๊าซเป็นอย่างไรเส้นกราฟตัดแกน Y เหนือหรือใต้แกน X

.....

3. ในกรณีเส้นกราฟไม่ผ่านจุดกำเนิด (0) ให้นักเรียนพิจารณาจุดผิดพลาดที่มีส่วนทำให้เส้นกราฟเป็นไปตามข้อ 2 แล้วให้เหตุผลด้วยว่าทำไมจึงเป็นเช่นนั้น

.....

4. ในกรณีเส้นกราฟเป็นเส้นตรง และผ่านจุด 0 (จุดกำเนิด) นักเรียนสรุปเป็นความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับส่วนกลับของปริมาตรของก๊าซได้อย่างไร

.....

เมื่อมวลและอุณหภูมิของก๊าซคงที่ ความดันของก๊าซแปรผกผันกับ ปริมาตร ข้อสรุปนี้คือกฎของบอยล์

ถ้า P คือ ความดันของก๊าซ

V คือ ปริมาตรของก๊าซ

จากกราฟระหว่าง P กับ $\frac{1}{V}$ เป็นเส้นตรงผ่านจุดกำเนิดจะได้

$$P \propto \left(\frac{1}{V}\right)$$

หรือ $PV = K$ (K คือค่าคงที่ในการแปรผัน)

ก๊าซจำนวนหนึ่งที่อุณหภูมิคงที่ มีความดันเป็น P_1 และปริมาตรเป็น V_1 ถูกทำให้ความดันเป็น P_2 และปริมาตรเป็น V_2

$$\text{จะได้ } P_1V_1 = K \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

$$P_2 V_2 = K \dots\dots\dots ②$$

สำหรับก๊าซจำนวนเดียวกันค่า K จะเท่ากันทั้ง 2 สมการ

ดังนั้น

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

ตัวอย่าง ก๊าซจำนวนหนึ่งที่อุณหภูมิ 32°C ความดันภายในระบบเป็น $1.35 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ และปริมาตร 135 cm^3 ถ้าก๊าซนี้มีความดันเพิ่มขึ้นเป็น $1.50 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ จะมีปริมาตรเท่าไร

วิธีทำ

จากสูตร

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$P_1 = 1.35 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \quad V_1 = 135 \text{ cm}^3$$

$$P_2 = 1.50 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \quad V_2 = ?$$

แทนค่าในสูตร

$$1.35 \times 10^5 \times 135 = 1.50 \times 10^5 \times V_2$$

$$V_2 = 121.5 \text{ cm}^3$$

ตอบ ก๊าซจำนวนนี้มีปริมาตร 121.5 cm^3

แบบฝึกหัด

1. กระบอกสูบใบหนึ่งขณะที่ลูกสูบอยู่ที่จุดต่ำสุด ปริมาตรของอากาศภายในกระบอกเป็น 1.8 dm^3 ความดัน 2.4 atm . ถ้าลูกสูบเคลื่อนที่ไปอยู่ที่จุดสูงสุดโดยอุณหภูมิคงที่ ปริมาตรของอากาศภายในกระบอกสูบเหลือเพียง 0.35 dm^3 ความดันภายในกระบอกสูบนี้จะมีค่าเท่าไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ก๊าซชนิดหนึ่งบรรจุอยู่ภายในถังขนาด 20.4 m^3 วัดความดันก๊าซได้ $4.0 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ ถ้ามีการถ่ายก๊าซนี้ไปในถังใหม่ซึ่งสามารถรับความดันได้สูงสุด $6.8 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ จงหาว่าถังก๊าซใบใหม่ควรมีปริมาตรอย่างน้อยไม่ต่ำกว่ากี่ลูกบาศก์เมตร

[illegible]

3. ภาชนะบรรจุก๊าซใบหนึ่งวัดความดันได้ 1200 mm ของปรอท ถ้านำภาชนะบรรจุก๊าซซึ่งมีปริมาตรมากกว่าเดิม 2 เท่ามาต่อเชื่อมเข้าด้วยกัน โดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง ความดันของก๊าซจะเปลี่ยนไปเท่าไร

[illegible]

4. ก๊าซออกซิเจนบรรจุอยู่ในถังใบหนึ่ง วัดความดันได้ 0.60 บรรยากาศ ถ้าถ่ายก๊าซลงสู่ถังใบใหม่ซึ่งมีปริมาตร 0.75 ลูกบาศก์เมตรจนหมด ปรากฏว่าวัดความดันได้ 2.20 บรรยากาศ จงหาปริมาตรของถังบรรจุก๊าซใบเดิมโดยอุณหภูมิของก๊าซคงที่ตลอด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. กระบอกสูบใบหนึ่งก่อนเริ่มทำงานอากาศภายในกระบอกสูบมีความดัน P และปริมาตร V หลังจากทำงานแล้วโดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงปรากฏว่าความดันเพิ่มขึ้น $\frac{2}{3} P$ ปริมาตรของอากาศภายในกระบอกจะเพิ่มหรือลดลงเป็นเท่าไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



คู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ เรื่องกฎของชาร์ล

กิจกรรมที่ 2 กฎของชาร์ล

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้วนักเรียนสามารถ

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิต่อปริมาตรเมื่อความดันและมวลคงที่
2. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างอุณหภูมิกับปริมาตรของก๊าซโดยใช้ข้อมูลจากการทดลอง
3. แปลความหมายจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับปริมาตรของก๊าซ
4. คำนวณหาปริมาณใดปริมาณหนึ่งเมื่อทราบความสัมพันธ์ของปริมาณเหล่านั้นจากกฎของชาร์ล

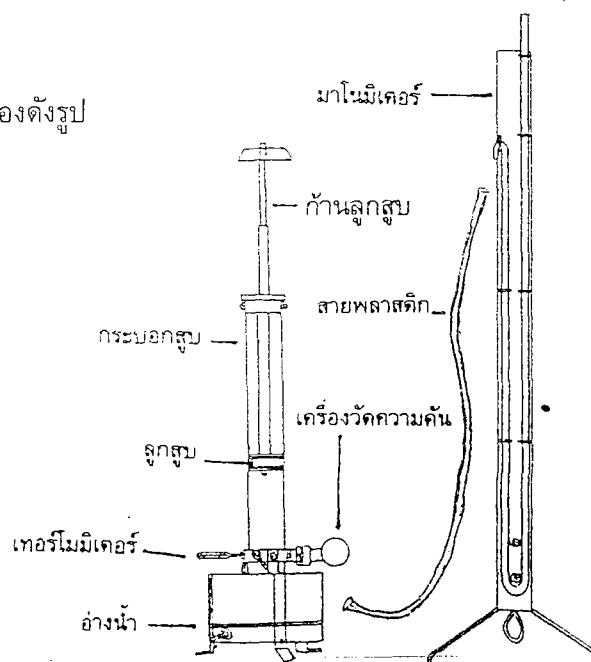
เวลาที่ใช้ 150 นาที (3 คาบ)

วัสดุอุปกรณ์

1. ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ
2. มาโนมิเตอร์แบบปลายเปิด
3. น้ำเดือด 1,000 cm^3
4. น้ำประปา 900 cm^3
5. ปีกเกอร์ขนาด 500 cm^3
6. แท่งแก้วคน

วิธีทดลอง

1. จัดตั้งชุดการทดลองดังรูป



รูปแสดงชุดการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ และมาโนมิเตอร์แบบปลายเปิด

2. จัดระดับล่างสุดของลูกสูบอยู่ที่ระดับความสูงประมาณ 20 cm ของกระบอกสูบ
3. เชื่อมมาโนมิเตอร์เข้ากับชุดการทดลองด้วยสายพลาสติกพร้อมกับตรวจสอบรอยรั่วของอากาศตามข้อต่างๆ
4. ก่อนการทดลองให้บันทึกค่าความดันของอากาศในกระบอกสูบ และใช้จุกยางอุดท่อน้ำของอ่างน้ำเพื่อกันน้ำไหลออกจากอ่างน้ำ
5. ทำการทดลอง ต่อเนื่องกันทั้งหมด 4 ครั้ง โดยปฏิบัติดังนี้
 - ครั้งที่ 1 เติมน้ำเดือด 300 cm³ น้ำประปา 900 cm³ ลงในอ่างน้ำของชุดการทดลอง เมื่ออุณหภูมิในกระบอกสูบหยุดคงที่ บันทึกค่าอุณหภูมิ ความดันและปริมาตรของอากาศในกระบอกสูบ
 - ครั้งที่ 2 ดึงจุกยางออกจากท่อน้ำของอ่างน้ำ เพื่อถ่ายน้ำออกจากอ่างน้ำของชุดทดลอง 300 cm³ แล้วอุดจุกยางไว้คงเดิม เติมน้ำเดือด 300 cm³ เมื่ออุณหภูมิของก๊าซในกระบอกสูบหยุดคงที่ บันทึกค่าอุณหภูมิ ความดัน และปริมาตร ครั้งที่ 3 - 4 ปฏิบัติเช่นเดียวกับครั้งที่ 2

ผลการทดลอง

ก่อนการทดลองอุณหภูมิของอากาศภายในกระบอกสูบ..... °C
 ปริมาตรเริ่มต้นที่ระดับความสูงของกระบอกสูบ 20 cm

ครั้งที่	ความดัน(P) (Hx13.6x10 ² N/m ²)	ปริมาตร(V) (hx16.9x10 ⁻⁶ m ³)	อุณหภูมิ(t) (°C)
1			
2			
3			
4			

6. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร (V) กับอุณหภูมิ (t) ของก๊าซ โดยให้ปริมาตรเป็นแกนตั้ง อุณหภูมิเป็นแกนนอน

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. จากการทดลองปริมาณใดที่มีค่าคงที่และปริมาณใดที่มีค่าไม่คงที่

.....

2. ลักษณะของกราฟระหว่างปริมาตรกับอุณหภูมิของอากาศในกระบอกสูบเป็นอย่างไร

.....

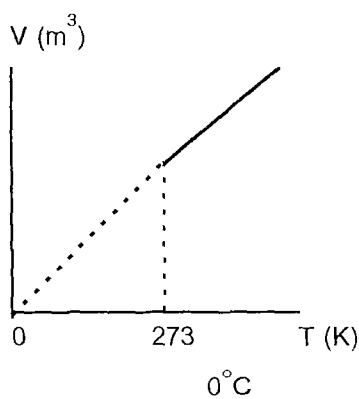
3. จากลักษณะของกราฟในข้อ 2 จะหมายถึงปริมาตรของก๊าซแปรผันตรงกับอุณหภูมิได้หรือไม่ เพราะอะไร

.....

4. ถ้าต่อเส้นกราฟไปตัดแกน X เส้นกราฟที่ได้จากการทดลองไปตัดบนแกน X ณ ที่ตำแหน่งใด มีความหมายว่าอย่างไร

.....

5. ถ้าเลื่อนแกน Y ไปที่จุดตัดของเส้นกราฟบนแกน X และกำหนดให้จุดตัดบนแกน X เป็นจุดกำเนิดใหม่ เป็น 0 องศาเซลเซียส หรือ 0 เคลวิน (K) ดังรูป จะสรุปความสัมพันธ์ของปริมาตรและอุณหภูมิได้อย่างไร



.....

.....

ก๊าซจำนวนหนึ่งเมื่อความดันคงที่ ปริมาตรของก๊าซจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์
ข้อสรุปนี้คือ กฎของชาร์ล

ถ้ากำหนดให้ T คืออุณหภูมิในหน่วย เคลวิน (K)

ดังนั้น $T = t + 273$ เมื่อ t มีหน่วยเป็น $^{\circ}\text{C}$, T มีหน่วยเป็น K

จากคำถามท้ายการทดลองข้อ 5 สรุปได้ว่า

$$\begin{aligned} V &\propto T \\ \text{หรือ } V &= KT \\ \frac{V}{T} &= K \quad \text{เมื่อ K คือค่าคงที่} \end{aligned}$$

เมื่อก๊าซจำนวนหนึ่งที่ความดันคงตัว มีปริมาตรเป็น V_1 และอุณหภูมิเป็น T_1 ถูกทำให้
ปริมาตรเป็น V_2 และอุณหภูมิเป็น T_2

$$\text{จะได้ } \frac{V_1}{T_1} = K \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

$$\frac{V_2}{T_2} = K \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

สำหรับก๊าซจำนวนเดียวกันค่า K จะเท่ากันทั้ง 2 สมการ
ดังนั้น

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

ตัวอย่าง ลูกโป่งใบหนึ่งขณะที่แขวนอยู่ในบรรยากาศที่มีอุณหภูมิ 27°C มีปริมาตร 1.80 ลิตร ในเวลาต่อมาปริมาตรลูกโป่งใหญ่ขึ้นเป็น 1.87 ลิตร อุณหภูมิของบรรยากาศขณะนั้นมีค่ากี่องศาเซลเซียส

วิธีทำ

$$\begin{aligned} V_1 &= 1.80 \text{ Lt} \\ T_1 &= 273 + 27 = 300 \text{ K} \\ V_2 &= 1.87 \text{ Lt} \\ T_2 &= ? \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร} \quad \frac{V_1}{T_1} &= \frac{V_2}{T_2} \\ \frac{1.80}{300} &= \frac{1.87}{T_2} \\ T_2 &= \frac{1.87 \times 300}{1.80} \\ T_2 &= 311.66 \text{ K} \\ \text{หรือ} \quad T_2 &= 311.66 - 273 \\ &= 38.66^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

ตอบ บรรยากาศขณะนั้นมีอุณหภูมิ 38.66°C

แบบฝึกหัด

1. ก๊าซชนิดหนึ่งขณะที่อุณหภูมิ -13°C มีปริมาตร 28 Cm^3 ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 0°C จะมีปริมาตรเท่าไร โดยในขณะเปลี่ยนแปลงนี้ความดันของก๊าซคงที่

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. ณ ความดันของก๊าซคงที่ที่ 1 atm ถ้าเพิ่มอุณหภูมิให้กับก๊าซนี้ 101°C ปรากฏว่าปริมาตรของก๊าซ

เพิ่ม $\frac{1}{10}$ เท่าของปริมาตรเดิม จงหาอุณหภูมิตั้งต้นของก๊าซนี้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. ถ้าอุณหภูมิสัมบูรณ์ของก๊าซเพิ่มขึ้นเป็น 3 เท่า ในขณะที่ความดันคงที่ ปริมาตรของก๊าซจะมากกว่าปริมาตรเดิมกี่เท่า

.....

.....

.....

.....

.....

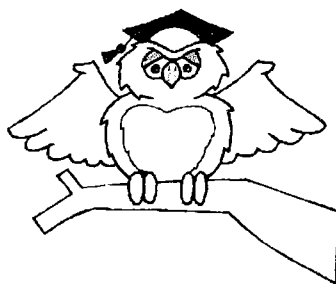
.....

.....

.....

.....

.....



คู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ เรื่องกฎรวมของก๊าซ

กิจกรรมที่ 3 กฎรวมของก๊าซ

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้วนักเรียนสามารถ

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร อุณหภูมิ และความดันของก๊าซเมื่อมวลคงที่ โดยอาศัยกฎของบอยล์และกฎของชาร์ล
2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร อุณหภูมิและความดันของก๊าซได้
3. คำนวณหาปริมาณใดปริมาณหนึ่งจากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร อุณหภูมิ และความดันของก๊าซได้

เวลาที่ใช้ 150 นาที (3 คาบ)

วัสดุอุปกรณ์

1. ชุดการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ
2. เครื่องวัดความดันก๊าซ

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 ศึกษาการรวมกฎของบอยล์และกฎของชาร์ล

จากกฎของบอยล์ เมื่อมวลและอุณหภูมิคงที่

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

จากกฎของชาร์ล เมื่อความดันคงที่

$$V \propto T$$

รวมความสัมพันธ์ของกฎของบอยล์และของชาร์ลได้ดังนี้

$$V \propto \frac{T}{P}$$

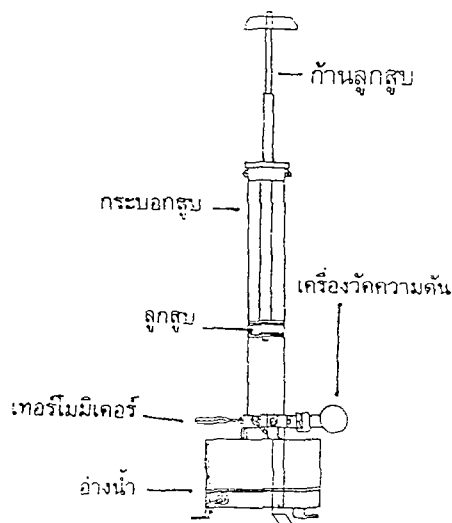
หรือ $\frac{PV}{T} = K$ (K คือค่าคงตัว)

จากสมการข้างบนสรุปได้ว่าก๊าซปริมาณหนึ่ง ถ้าทำให้ความดัน ปริมาตร และอุณหภูมิเปลี่ยนไปจากเดิมแต่ค่า $\frac{PV}{T}$ ยังคงเท่าเดิม จะได้ความสัมพันธ์เป็นกฎรวมของก๊าซดังนี้

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

ตอนที่ 2 การทดลองเพื่อสนับสนุนกฎรวมของก๊าซ

1. จัดตั้งชุดการทดลองดังรูป



รูปแสดง ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ

2. ก่อนเชื่อมต่อเครื่องวัดความดันเข้ากับชุดการทดลอง ให้เคลื่อนลูกสูบขึ้น โดยจัดให้ส่วนล่างสุดของลูกสูบอยู่ที่ระดับความสูง 35 เซนติเมตร

3. ก่อนทำการทดลองจัดให้เข็มของเครื่องวัดความดันก๊าซชี้ที่เลข 0 โดยกดปุ่มด้านล่างซ้ายมือของเครื่องวัดความดัน และบันทึกค่าอุณหภูมิของอากาศในกระบอกสูบ

4. ทำการทดลองครั้งที่ 1 อัดลูกสูบอย่างรวดเร็วจนกระทั่งลูกสูบเคลื่อนที่ลงเกือบต่ำ และยัดลูกสูบให้อยู่กับที่จนค่าอุณหภูมิหยุดอยู่กับที่ จึงบันทึกค่าปริมาตร (V) ในรูปความสูงของล่ำอากาศภายในกระบอกสูบ (h cm) ความดันจากเครื่องวัดในหน่วย Kg/cm^2 และอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส ($273 + ^\circ\text{C}$) ลงในตารางบันทึกผลการทดลอง

5. ทำการทดลอง ครั้งที่ 2 โดยทำเช่นเดียวกับข้อ 3 - 4 แต่อัดลูกสูบให้ต่ำจากการทดลองครั้งที่ 1

ผลการทดลอง

ก่อนการทดลอง อุณหภูมิของก๊าซในระบบปิด = ...

ครั้งที่	ความดัน (P) (...x 10 ⁵ N/m ²)	ปริมาตร (V) (...x16.9x10 ⁻⁶ m ³)	อุณหภูมิ (T) (K=273+ °C)
1			
2			

6. นำค่า P,V และT จากตารางบันทึกผลการทดลองแทนค่าในสมการ

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

$$=$$

$$=$$

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

ตัวอย่าง ก๊าซบิวเทนมีปริมาตร 800 cm³ ที่อุณหภูมิ 15 °C ความดัน 720 มิลลิเมตรของปรอท ถ้าเพิ่มอุณหภูมิเป็น 27 °C และลดความดันเป็น 600 มิลลิเมตรของปรอท ปริมาตรของก๊าซจะเป็นเท่าไร

วิธีทำ

จากสูตร

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

$V_1 = 800 \text{ cm}^3$, $T_1 = 273 + 15 = 288$, $P_1 = 720$ มิลลิเมตรของปรอท

$V_2 = ?$, $T_2 = 273 + 27 = 300$, $P_2 = 600$ มิลลิเมตรของปรอท

แทนค่าในสูตร

$$\frac{720 \times 800}{288} = \frac{600 \times V_2}{300}$$

$$V_2 = 1,000 \text{ cm}^3$$

ตอบ ปริมาตรของก๊าซใหม่เท่ากับ 1,000 cm³

5. ตะบันไฟอันหนึ่งจะสามารถทำให้หุ่นที่อยู่กับกระบอกติดไฟได้เมื่อลูกสูบต้องเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วจน
ปริมาตร $\frac{1}{20}$ เท่าของปริมาตรเดิม และขณะนั้นอุณหภูมิภายในตะบันไฟเป็น 313°C ก่อนตะบันไฟ
ทำงานอุณหภูมิ ของอากาศภายในตะบันไฟเป็น 23°C ความดัน 1 บรรยากาศ จงหาความดันของ
อากาศภายในตะบันไฟก่อนไฟลุกไหม้หุ่น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



คู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

กิจกรรมที่ 4 ทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้วนักเรียนสามารถ

1. อธิบายของพลังงานจลน์ของก๊าซต่ออุณหภูมิองศาสัมบูรณ์โดยมวลและปริมาตรคงที่
2. ใช้ทฤษฎีจลน์อธิบายสมบัติของก๊าซและปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้

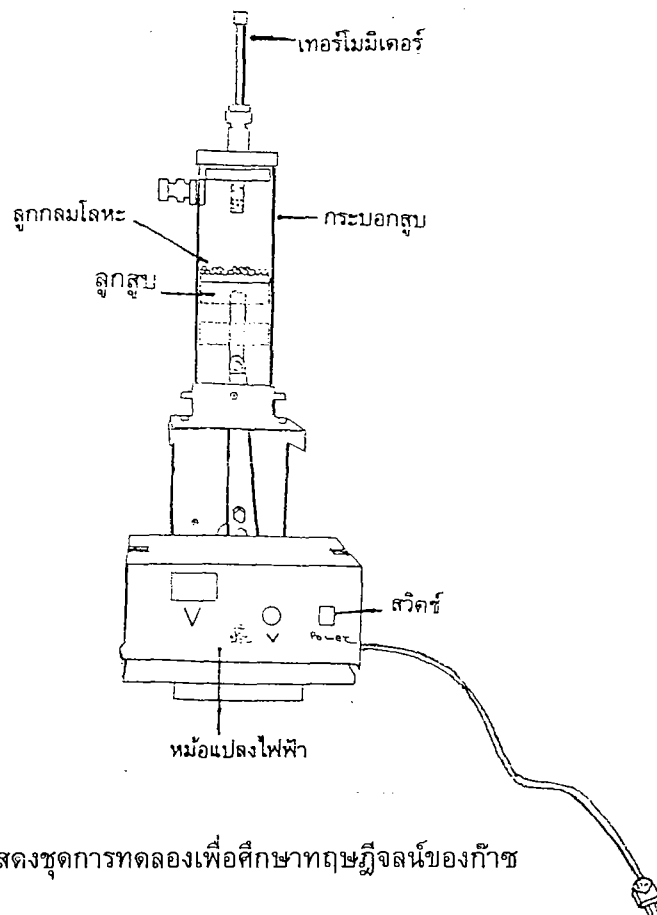
เวลา 100 นาที (2 คาบ)

วัสดุอุปกรณ์

1. ชุดการทดลองเพื่อศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซ
2. ลูกกลมโลหะ 300 ลูก

การทดลอง

1. จัดตั้งชุดอุปกรณ์ ดังรูป



2. ต่อสายไฟจากหม้อแปลงไฟฟ้าของชุดการทดลองเข้ากับปลั๊กไฟฟ้าตรวจสอบการทำงานของชุดการทดลองโดยกดสวิตช์ POWER ของหม้อแปลงพร้อมกับปรับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า เมื่อพบว่าชุดการทดลองทำงานได้ดีให้กดสวิตช์ POWER อีกครั้งเพื่อปิดเครื่อง

3. ก่อนการทดลองบันทึกอุณหภูมิของอากาศภายในชุดการทดลองจากเทอร์มิเตอร์ของชุดการทดลอง

4. ทำการทดลอง 3 ครั้งต่อเนื่องกันดังนี้

ครั้งที่ 1 กดสวิตช์ POWER ของหม้อแปลงพร้อมกับปรับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของหม้อแปลงไปที่ 19 V เป็นเวลา 3 นาที สังเกตการเคลื่อนที่ อัตราเร็ว อัตราการชนผนังกระบอกสูบของลูกทรงกลมโลหะและอุณหภูมิ บันทึกผลการสังเกตและอุณหภูมิเมื่อครบ 3 นาที

ครั้งที่ 2 - 3 ทำการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองครั้งที่ 1 แต่ปรับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ 22 และ 25 ตามลำดับ พร้อมกับสังเกตและเปรียบเทียบการเคลื่อนที่ อัตราเร็วและอัตราการชนผนังกระบอกสูบ

ผลการทดลอง

ก่อนการทดลอง อุณหภูมิของอากาศในชุดการทดลอง..... (°K)

ครั้งที่	เวลา (นาที)	ความต่างศักย์ (V)	อุณหภูมิ (°K)		อุณหภูมิที่เปลี่ยน (°K)	ผลการสังเกต
			ก่อน	หลัง		
1	3	20				
2	3	22				
3	3	24				

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. จากการทดลองตัวแปรที่ต้องควบคุม ตัวแปรต้น ตัวแปรตามได้แก่อะไรบ้าง

.....

.....

2. ขณะเมื่อที่ปรับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของมอเตอร์เพิ่มขึ้นมีผลต่อ การเคลื่อนที่ของลูกกลมโลหะในชุดการทดลองเป็นอย่างไร

.....

.....

3. การปรับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของมอเตอร์เพิ่มขึ้นมีผลต่อพลังงานจลน์ของลูกกลมโลหะอย่างไร

.....

.....

4. จากผลการทดลองนักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์ของลูกกลมโลหะกับอุณหภูมิสมบูรณ์อย่างไร

.....

.....

จากผลการทดลองพบว่าเมื่อปรับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอัตราเร็วของลูกกลมโลหะเพิ่มขึ้นตาม นั่นก็คือพลังงานจลน์ของลูกกลมโลหะเพิ่มขึ้น มีผลต่ออัตราการชนกันเองหรือชนผนังภาชนะของลูกทรงกลมโลหะเพิ่มขึ้น ส่งผลให้อุณหภูมิของระบบเพิ่มขึ้น จึงสรุปได้ว่า อุณหภูมิของระบบเพิ่มตามพลังงานจลน์ของลูกกลมโลหะ

จากการทดลองข้างต้นเป็นการจำลองสถานการณ์ในเรื่องทฤษฎีจลน์ของก๊าซโดยกำหนดให้ลูกกลมโลหะแทนโมเลกุลของก๊าซที่บรรจุอยู่ในภาชนะ เมื่อโมเลกุลของก๊าซมีอัตราเร็วสูงขึ้น พลังงานจลน์ของโมเลกุลของก๊าซจะเพิ่มขึ้นส่งผลให้อุณหภูมิของระบบเพิ่มขึ้นด้วย การทดลองนี้จึงสนับสนุนทฤษฎีจลน์ของก๊าซที่กล่าวว่า "พลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลก๊าซจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิองศาสมบูรณ์ของก๊าซ"

แบบฝึกหัด

1. ก๊าซต่างชนิดกันจำนวนโมเลกุลเท่ากัน ต่างอยู่ในภาชนะปิดชนิดเดียวกัน อุณหภูมิเท่ากันจะมีพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลก๊าซเหมือนกันหรือไม่ อย่างไร เพราะอะไร

.....

.....

2. พลังงานจลน์ของก๊าซในระบบปิดขึ้นอยู่กับค่าอะไรบ้าง

.....

.....

3. จงใช้ทฤษฎีจลน์อธิบายการเปลี่ยนแปลงความดัน ปริมาตรและอุณหภูมิของก๊าซจำนวนหนึ่งภายในกระบอกสูบ ในขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ลงด้วยความเร็วสูง

.....

.....

4. การคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการทดลองทฤษฎีจลน์ของก๊าซเกิดจากสาเหตุใดมากที่สุด

5. จงใช้ทฤษฎีจลน์อธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันต่อไปนี้

ก. การขยายขนาดของลูกโป่งขณะที่อยู่กลางแจ้งแดด

ข. การระเบิดของถังก๊าซในกองเพลิง

ค. ความเย็นของกระป๋อง สเปรย์ขณะฉีดสเปรย์



คู่มือการใช้ชุดการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ สำหรับครู

กิจกรรมที่ 1 กฎของบอยล์

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนสามารถ

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของความดันต่อปริมาตรของก๊าซเมื่ออุณหภูมิและมวลคงที่
2. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับส่วนกลับของปริมาตรของก๊าซ โดยใช้ข้อมูลจากการทดลอง
3. แปลความหมายจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับส่วนกลับของปริมาตรก๊าซ
4. คำนวณหาปริมาณใดปริมาณหนึ่งเมื่อทราบความสัมพันธ์ของปริมาณเหล่านั้นจากกฎของบอยล์

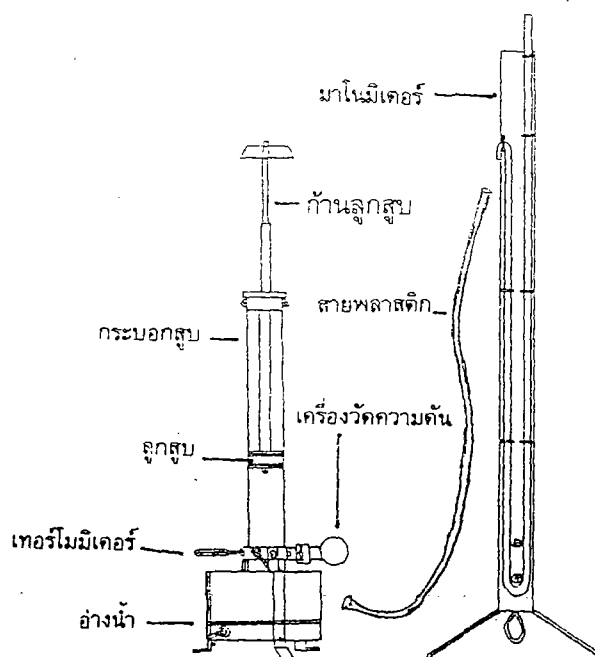
เวลาที่ใช้ 150 นาที (3 คาบ)

วัสดุอุปกรณ์

1. ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ
2. มาโนมิเตอร์แบบปลายเปิด

วิธีทดลอง

1. จัดตั้งชุดการทดลอง ดังรูป



รูปแสดง ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ และมาโนมิเตอร์แบบปลายเปิด

2. ก่อนการทดลองแต่ละครั้งจัดระดับล่างสุดของลูกสูบ ให้อยู่ที่ระดับความสูง 30 เซนติเมตรของกระบอกสูบ
3. เชื่อม มาโนมิเตอร์เข้ากับชุดการทดลองสายพลาสติกพร้อมกับตรวจสอบรอยรั่วของอากาศตามข้อต่อที่ต่าง ๆ ด้วย
4. ก่อนทำการทดลองให้บันทึกค่าอุณหภูมิของอากาศภายในกระบอกสูบ
5. ทำการทดลองต่อเนื่องกันทั้งหมด 4 ครั้ง ในการทดลองแต่ละครั้งให้เคลื่อนลูกสูบลงเป็นระยะ 3 เซนติเมตร พร้อมกับบันทึกค่าอุณหภูมิของอากาศภายในกระบอกสูบเป็นองศาเซลเซียส($^{\circ}\text{C}$) ความดันอันเนื่องมาจากความสูงของปรอท (P_w) โดยบันทึกค่าผลต่างของระดับปรอท (H cm) และปริมาตรของอากาศภายในกระบอกสูบในรูปความสูงของลำอากาศภายในกระบอกสูบ (h cm) ทุกครั้งลงในตารางบันทึกผลการทดลอง

ผลการทดลอง

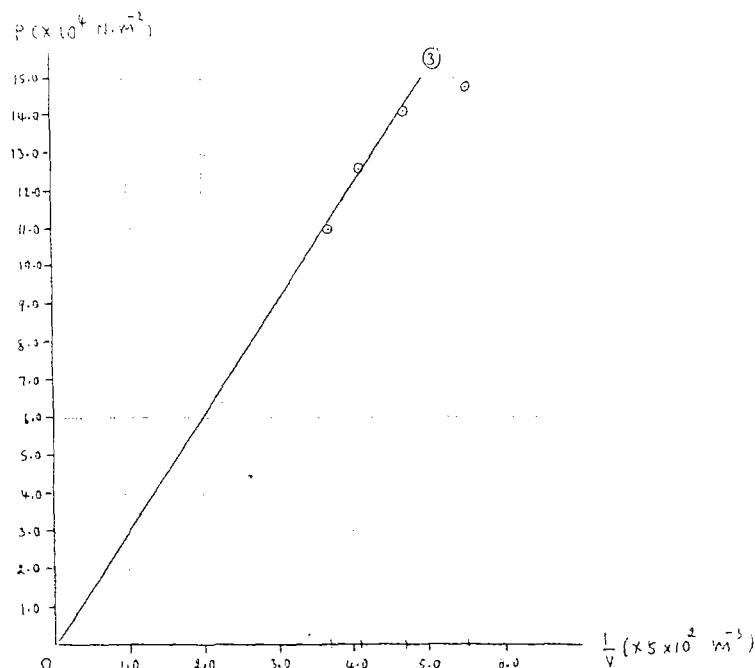
ก่อนการทดลองอุณหภูมิของอากาศภายในกระบอกสูบ 34.6°C

ครั้งที่	อุณหภูมิ (T) ($^{\circ}\text{C}$)	ความดันปรอท (P_w) ($H \times 13.6 \times 10^2 \text{ N/m}^2$)	ความดันสัมบูรณ์ ($P_w + P_a$) $= \dots \times 10^4 \text{ N/m}^2$	ปริมาตร (V) ($h \times A$)	ส่วนกลับของ ปริมาตร($\frac{1}{V}$) ($\frac{1}{h} \times 5 \times 10^2 \text{ m}^{-3}$)
1	34.6	6.8	11	27	3.7
2	34.6	18.2	12.6	24	4.1
3	34.6	29.4	14.1	21	4.7
4	34.6	34	14.7	18	5.5

6. คำนวณหาค่าความดันสัมบูรณ์ (P) ซึ่ง $P = P_a + P_w$ กำหนดให้ $P_a =$ ความดันบรรยากาศ $1.01 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ $P_w = \rho gh$ และส่วนกลับของปริมาตรให้อยู่ในรูปของทศนิยม 1 ตำแหน่ง แล้วบันทึกลงในตารางบันทึกผลการทดลอง

7. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความดันสัมบูรณ์ของอากาศ (P) กับส่วนกลับของปริมาตร ($\frac{1}{V}$) โดยให้ความดันเป็นแกนตั้ง ส่วนกลับของปริมาตรเป็นแกนนอน

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดัน (P) กับส่วนกลับของปริมาตร ($\frac{1}{V}$) ของอากาศภายในกระบอกสูบเป็นดังนี้



รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดัน (P) กับส่วนกลับของปริมาตร ($\frac{1}{V}$)

สรุปผลการทดลอง

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดัน (P) กับส่วนกลับของปริมาตรของอากาศ ($\frac{1}{V}$) ปรากฏว่าได้กราฟเป็นเส้นตรง สรุปได้ว่า เมื่อมวลและอุณหภูมิของก๊าซคงที่ ความดันของก๊าซแปรผกผันกับปริมาตรหรือ

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

แนวการตอบคำถามท้ายการทดลอง

- จากการทดลองปริมาณใดบ้างที่มีค่าคงที่ และปริมาณใดที่มีค่าไม่คงที่
ปริมาณที่มีค่าคงที่ได้แก่ อุณหภูมิของอากาศในกระบอกสูบ
ปริมาณที่มีค่าไม่คงที่ได้แก่ ความดันและปริมาตรของอากาศในกระบอกสูบ
- ลักษณะของกราฟระหว่างความดันกับส่วนกลับของปริมาตรของก๊าซเป็นอย่างไร
เส้นกราฟตัดแกน Y เหนือหรือใต้แกน X กราฟจากผลการทดลองเป็นไปได้อย่างไร 3 กรณี

กรณีที่ 1 เป็นกราฟเส้นตรง ผ่านจุดกำเนิด (O)

กรณีที่ 2 เป็นกราฟเส้นตรง ตัดแกน Y เหนือแกน X

กรณีที่ 3 เป็นกราฟเส้นตรงตัดแกน Y ใต้แกน X

3. ในกรณีเส้นกราฟไม่ผ่านจุดกำเนิด (O) ให้นักเรียนพิจารณาจุดพิกัดที่มีส่วนทำให้เส้นกราฟเป็นไปตามข้อ 2 แล้วให้เหตุผลด้วยว่าทำไมจึงเป็นเช่นนั้น

จากกรณีที่ 2 บางคู่พิกัดวัดค่าความดันได้มากกว่าความดันจริง

จากกรณีที่ 3 บางคู่พิกัดวัดค่าความดันได้น้อยกว่าความดันจริง

4. จากกราฟที่ได้สรุปเป็นความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับส่วนกลับของปริมาตรของก๊าซได้อย่างไร

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

$$P = K \cdot \frac{1}{V}$$

$$\text{หรือ } PV = K \quad (K \text{ คือค่าคงที่ในการแปรผกผัน})$$

เมื่อมวลและอุณหภูมิของก๊าซคงที่ ความดันของก๊าซแปรผกผันกับปริมาตร ข้อสรุปนี้คือกฎของบอยล์

ถ้า P คือ ความดันของก๊าซ

V คือ ปริมาตรของก๊าซ

จากกราฟระหว่าง P กับ $(\frac{1}{V})$ เป็นเส้นตรงผ่านจุดกำเนิดจะได้

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

$$\text{หรือ } PV = K \quad (K \text{ คือค่าคงที่ในการแปรผกผัน})$$

ก๊าซจำนวนหนึ่งที่อุณหภูมิคงที่ มีความดันเป็น P_1 และปริมาตรเป็น V_1 ถูกทำให้ความดันเป็น P_2 และปริมาตรเป็น V_2

$$\text{จะได้ } P_1 V_1 = K \quad \text{..... ①}$$

$$P_2 V_2 = K \quad \text{..... ②}$$

สำหรับก๊าซจำนวนเดียวกันค่า K จะเท่ากันทั้ง 2 สมการ

ดังนั้น

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

ตัวอย่าง ก๊าซจำนวนหนึ่งที่อุณหภูมิ 32 °C ความดันภายในระบบเป็น $1.35 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ และปริมาตร 135 cm³ ถ้าก๊าซนี้มีความดันเพิ่มขึ้นเป็น $1.50 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ จะมีปริมาตรเท่าไร

วิธีทำ

$$\text{จากสูตร} \quad P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$P_1 = 1.35 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \quad V_1 = 135 \text{ cm}^3$$

$$P_2 = 1.50 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \quad V_2 = ?$$

แทนค่าในสูตร

$$1.35 \times 10^5 \times 135 = 1.50 \times 10^5 \times V_2$$

$$V_2 = 121.5 \text{ cm}^3$$

ตอบ ก๊าซจำนวนนี้มีปริมาตร 121.5 cm³

แบบฝึกหัด

1. กระบอกสูบใบหนึ่งขณะที่ลูกสูบอยู่ที่จุดต่ำสุด ปริมาตรของอากาศภายในกระบอกเป็น 1.8 dm³ ความดัน 2.4 atm. ถ้าลูกสูบเคลื่อนที่ไปอยู่ที่จุดสูงสุดโดยอุณหภูมิคงที่ ปริมาตรของอากาศภายในกระบอกสูบเหลือเพียง 0.35 dm³ ความดันภายในกระบอกสูบนี้จะมีค่าเท่าไร

$$V_1 = 1.8 \text{ dm}^3$$

$$P_1 = 2.4 \text{ atm.}$$

$$V_2 = 0.35 \text{ dm}^3$$

$$P_2 = ?$$

จากกฎของบอยล์

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$1.8 \times 2.4 = 0.35 \times P_2$$

$$P_2 = \frac{1.8 \times 2.4}{0.35}$$

$$= 12.3 \text{ atm.}$$

$$\text{ความดันภายในกระบอกสูบ} = 12.3 \text{ atm.}$$

2. ก๊าซชนิดหนึ่งบรรจุอยู่ในถังขนาด 20.4 m³ วัดความดันก๊าซได้ 4.0 x 10⁵ N/m² ถ้ามีการถ่ายก๊าซนี้ไปในถังใหม่ซึ่งสามารถรับความดันได้สูงสุด 6.8 x 10⁵ N/m² จงหาว่าถังก๊าซใบใหม่ควรมีปริมาตรอย่างน้อยไม่ต่ำกว่ากี่ลูกบาศก์เมตร

$$V_1 = 20.4 \text{ m}^3$$

$$P_1 = 4.0 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$V_2 = ?$$

$$P_2 = 6.8 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

จากกฎของบอยล์

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$20.4 \times 4.0 \times 10^5 = V_2 \times 6.8 \times 10^5$$

$$V_2 = \frac{20.4 \times 4 \times 10^5}{6.8 \times 10^5} \text{ m}^3$$

$$V_2 = 12 \text{ m}^3$$

ก๊าซ ถังใหม่ควรมีปริมาตรไม่ต่ำกว่า 12 m^3

3. ภาชนะบรรจุก๊าซไบนหนึ่งวัดความดันได้ 1200 mm ของปรอท ถ้านำภาชนะบรรจุก๊าซซึ่งมีปริมาตรมากกว่าเดิม 2 เท่ามาต่อเชื่อมเข้าด้วยกัน โดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง ความดันของก๊าซจะเปลี่ยนไปเท่าไร

$$\begin{aligned} V_1 &= ? \\ P_1 &= 1,200 \text{ mm ของปรอท} \\ V_2 &= 3V_1 \text{ m}^3 \\ P_2 &= ? \\ \text{จากกฎของบอยล์} \quad P_1 V_1 &= P_2 V_2 \\ P_2 &= \frac{V_1 \times 1,200}{3V_1} \text{ mm ของปรอท} \\ &= 400 \text{ mm ของปรอท} \\ \Delta P &= P_2 - P_1 \\ &= 400 - 1,200 \\ &= -800 \text{ mm ของปรอท} \end{aligned}$$

ความดันก๊าซลดลง 800 mm ของปรอท

4. ก๊าซออกซิเจนบรรจุอยู่ในถังไบนหนึ่ง วัดความดันได้ 0.60 บรรยากาศ ถ้าถ่ายก๊าซลงสู่ถังไบนใหม่ซึ่งมีปริมาตร 0.75 ลูกบาศก์เมตรจนหมด ปรากฏว่าวัดความดันได้ 2.20 บรรยากาศ จงหาปริมาตรของถังบรรจุก๊าซไบนเดิมโดยอุณหภูมิของก๊าซคงที่ตลอด

$$\begin{aligned} V_1 &= ? \\ P_1 &= 0.60 \text{ บรรยากาศ} \\ V_2 &= 0.75 \text{ m}^3 \\ P_2 &= 2.2 \text{ บรรยากาศ} \\ \text{จากกฎของบอยล์} \quad P_1 V_1 &= P_2 V_2 \\ 0.60 \times V_1 &= 2.2 \times 0.75 \\ V_1 &= \frac{0.75 \times 2.2}{0.60} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$V_1 = 2.75 \text{ m}^3$$

ปริมาตรของถังบรรจุก๊าซไบนเดิม = 2.75 m^3

5. กระบอกสูบไบนหนึ่งก่อนเริ่มทำงานอากาศภายในกระบอกสูบมีความดัน P และปริมาตร V หลังจากทำงานแล้วโดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงปรากฏว่าความดันเพิ่มขึ้น $\frac{2}{3} P$ ปริมาตรของอากาศภายในกระบอกจะเพิ่มหรือลดลงเป็นเท่าไร

$$V_1 = V$$

$$P_1 = P$$

$$V_2 = ?$$

$$P_2 = P + \frac{2}{3} P$$

จากกฎของบอยล์

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

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

$$= \frac{VP}{\frac{5P}{3}}$$

หลังการเพิ่มความดันปริมาตร = $\frac{3}{5} V$

ดังนั้นปริมาตรลดลง = $V - \frac{3}{5} V$

$$= \frac{2}{5} V$$



คู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ สำหรับครู

กิจกรรมที่ 2 กฎของชาร์ล

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้วนักเรียนสามารถ

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิต่อปริมาตรเมื่อความดันและมวลคงที่
2. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับปริมาตรของก๊าซโดยใช้ข้อมูลจากการทดลอง
3. แปลความหมายจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับปริมาตรของก๊าซ
4. คำนวณหาปริมาณใดปริมาณหนึ่งเมื่อทราบความสัมพันธ์ของปริมาณเหล่านั้นจากกฎของชาร์ล

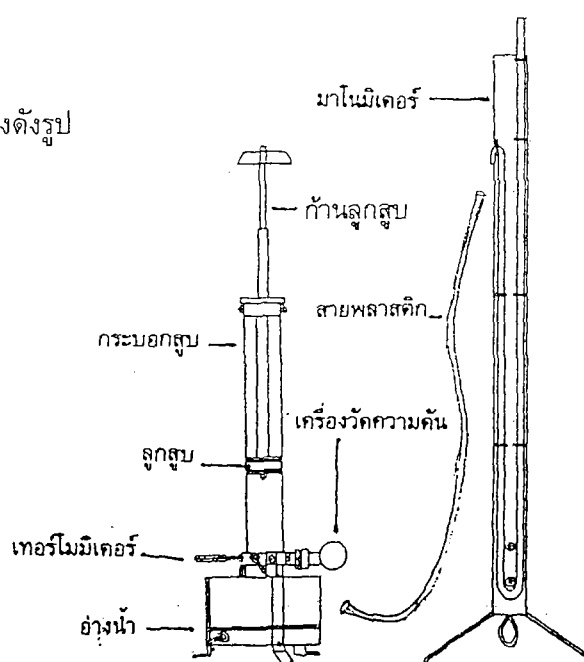
เวลาที่ใช้ 150 นาที (3 คาบ)

วัสดุอุปกรณ์

1. ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ
2. มาโนมิเตอร์แบบปลายเปิด
3. น้ำเดือด $1,000 \text{ cm}^3$
4. น้ำ 900 cm^3
5. ปีกเกอร์ขนาด 500 cm^3
6. แท่งแก้วคน

วิธีทดลอง

1. จัดตั้งชุดการทดลองดังรูป



รูปแสดงชุดการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ และมาโนมิเตอร์แบบปลายเปิด

2. จัดระดับล่างสุดของลูกสูบอยู่ที่ระดับความสูงประมาณ 20 cm ของกระบอกสูบ
3. เชื่อมมาโนมิเตอร์เข้ากับชุดการทดลองด้วยสายพลาสติกพร้อมกับตรวจสอบรอยรั่วของอากาศตามข้อต่างๆ
4. ก่อนการทดลองให้บันทึกค่าความดันของอากาศในกระบอกสูบ และใช้จุกยางอุดท่อน้ำของอ่างน้ำเพื่อกันน้ำไหลออกจากอ่างน้ำ
5. ทำการทดลอง ต่อเนื่องกันทั้งหมด 4 ครั้ง โดยปฏิบัติดังนี้
 - ครั้งที่ 1 เติมน้ำเดือด 300 cm³ น้ำประปา 900 cm³ ลงในอ่างน้ำของชุดการทดลอง เมื่ออุณหภูมิในกระบอกสูบหยุดคงที่ บันทึกค่าอุณหภูมิ ความดันและปริมาตรของอากาศในกระบอกสูบ
 - ครั้งที่ 2 ดึงจุกยางออกจากท่อน้ำของอ่างน้ำเพื่อถ่ายน้ำออกจากอ่างน้ำของชุดการทดลอง 300 cm³ แล้วอุดจุกยางไว้คงเดิม เติมน้ำเดือด 300 cm³ เมื่ออุณหภูมิของก๊าซในกระบอกสูบหยุดคงที่ บันทึกค่าอุณหภูมิ ความดัน และปริมาตร ครั้งที่ 3 - 4 ปฏิบัติเช่นเดียวกับครั้งที่ 2

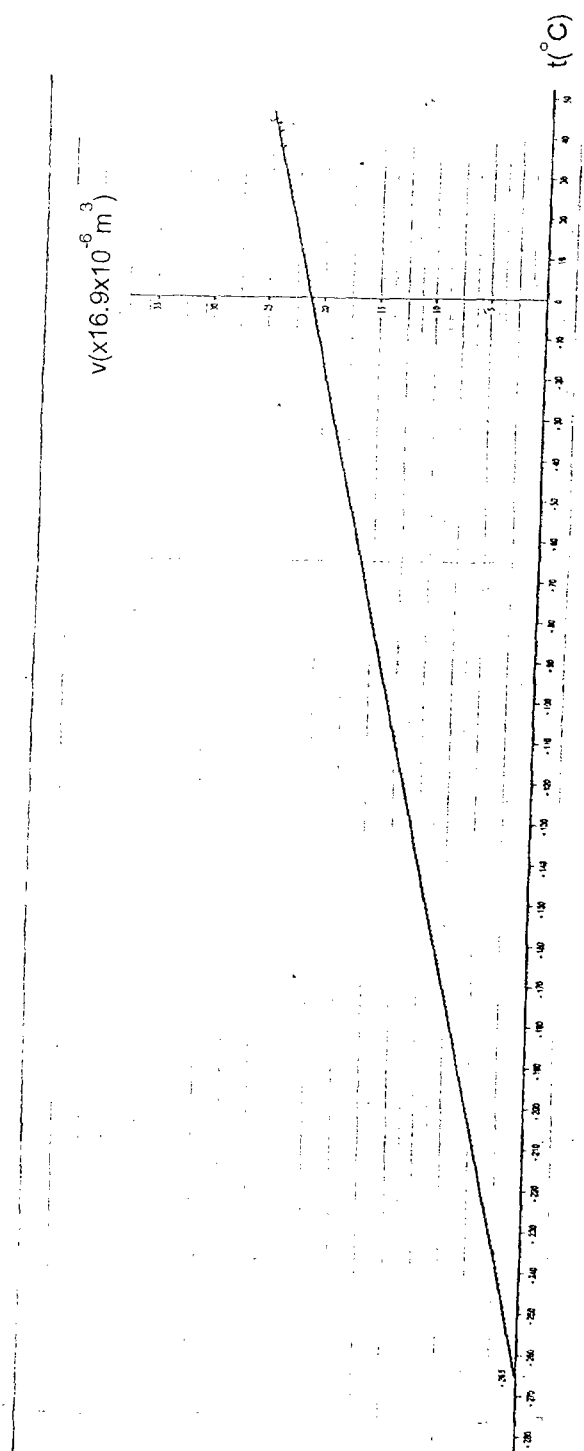
ผลการทดลอง

ก่อนการทดลอง อุณหภูมิของอากาศภายในกระบอกสูบ 35.5°C

ปริมาตรเริ่มต้นที่ระดับความสูงของกระบอกสูบ 20 cm

ครั้งที่	ความดัน(P) ($H \times 13.6 \times 10^2 \text{ N/m}^2$)	ปริมาตร(V) ($h \times 16.9 \times 10^{-6} \text{ m}^3$)	อุณหภูมิ(t) (°C)
1	-	24	37.5
2	-	24.3	41.5
3	-	24.5	43.2
4	-	25	44

6. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรกับอุณหภูมิ (t) ของก๊าซ โดยให้ปริมาตรเป็นแกนตั้ง อุณหภูมิเป็นแกนนอน



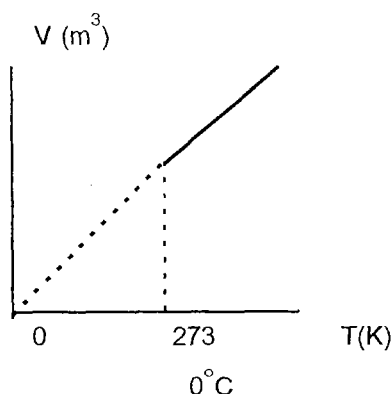
รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร (V) กับอุณหภูมิองศาเซลเซียส (t)

สรุปผลการทดลอง

เมื่อนำข้อมูลจากตารางบันทึกผลการทดลองไปเขียนกราฟเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร (V) กับอุณหภูมิ (t) ได้กราฟเส้นตรงตัดแกน Y เหนือแกน X ที่จุด A สรุปได้ว่าเมื่อความดันของอากาศภายในกระบอกสูบคงที่ ปริมาตรของอากาศภายในกระบอกสูบขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศภายในกระบอกสูบขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศภายในกระบอกสูบ

คำถามท้ายการทดลอง

1. จากการทดลองปริมาณใดที่มีค่าคงที่และปริมาณใดที่มีค่าไม่คงที่
ปริมาณที่มีค่าคงที่คือ ความดันของอากาศภายในกระบอกสูบ
ปริมาณที่มีค่าไม่คงที่คือ ปริมาตรและอุณหภูมิของอากาศภายในกระบอกสูบ
2. ลักษณะของกราฟระหว่างปริมาตรกับอุณหภูมิของอากาศในกระบอกสูบเป็นอย่างไร
เป็นเส้นตรงตัดแกน Y เหนือแกน X
3. จากลักษณะของกราฟในข้อ 2 จะหมายถึงปริมาตรของก๊าซแปรผันตรงกับอุณหภูมิได้หรือไม่ เพราะอะไร
ไม่ได้เพราะเส้นกราฟไม่ได้ผ่านจุดกำเนิด แต่ทำให้ทราบว่าปริมาตรของอากาศภายในกระบอกสูบขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ
4. ถ้าต่อเส้นกราฟไปตัดแกน X เส้นกราฟที่ได้จากการทดลองไปตัดบนแกน X ณ ที่ตำแหน่งใด มีความหมายว่าอย่างไร
เส้นกราฟไปตัดแกน X ที่ -265°C ซึ่งหมายถึงอากาศมีปริมาตรเป็นศูนย์ที่อุณหภูมิ -265°C
5. ถ้าเลื่อนแกน Y ไปที่จุดตัดของเส้นกราฟบนแกน X และกำหนดให้จุดตัดบนแกน X เป็นจุดกำเนิดใหม่ เป็น 0 องศาเซลเซียส หรือ 0 เคลวิน (K) ดังรูป จะสรุปความสัมพันธ์ของปริมาตรและอุณหภูมิได้อย่างไร



สรุปได้ว่าก๊าซปริมาณหนึ่งที่มีความดันคงที่ ปริมาตรของก๊าซแปรผันตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์

ก๊าซจำนวนหนึ่งเมื่อความดันคงที่ ปริมาตรของก๊าซจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ (T) ข้อสรุปนี้คือ กฎของชาร์ล

ถ้ากำหนดให้ T คืออุณหภูมิในหน่วย เคลวิน (K)

ดังนั้น $T = t + 273$ เมื่อ t มีหน่วยเป็น $^{\circ}\text{C}$, T มีหน่วยเป็น K

จากคำถามท้ายการทดลองสรุปได้ว่า

$$\begin{aligned} V &\propto T \\ \text{หรือ} \quad V &= KT \\ \frac{V}{T} &= K \quad \text{เมื่อ K คือค่าคงที่} \end{aligned}$$

เมื่อก๊าซจำนวนหนึ่งที่ความดันคงตัว มีปริมาตรเป็น V_1 และอุณหภูมิเป็น T_1 ถูกทำให้ปริมาตรเป็น V_2 และอุณหภูมิเป็น T_2

$$\text{จะได้} \quad \frac{V_1}{T_1} = K \dots\dots\dots \text{①}$$

$$\frac{V_2}{T_2} = K \dots\dots\dots \text{②}$$

สำหรับก๊าซจำนวนเดียวกันค่า K จะเท่ากันทั้ง 2 สมการ

ดังนั้น

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

ตัวอย่าง ลูกโป่งใบหนึ่งขณะที่แขวนอยู่ในบรรยากาศที่มีอุณหภูมิ 27°C มีปริมาตร 1.80 ลิตร ในเวลาต่อมาปริมาตรลูกโป่งใหญ่ขึ้นเป็น 1.87 ลิตร อุณหภูมิของบรรยากาศขณะนั้นมีค่ากี่องศาเซลเซียส

วิธีทำ

$$\begin{aligned} V_1 &= 1.80 \text{ Lt} \\ T_1 &= 273 + 27 = 300 \text{ K} \\ V_2 &= 1.87 \text{ Lt} \\ T_2 &= ? \\ \text{จากสูตร} \quad \frac{V_1}{T_1} &= \frac{V_2}{T_2} \\ \frac{1.80}{300} &= \frac{1.87}{T_2} \\ T_2 &= \frac{1.87 \times 300}{1.80} \\ T_2 &= 311.66 \text{ K} \\ \text{หรือ} \quad T_2 &= 311.66 - 273 \\ &= 38.66^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

ตอบ บรรยากาศขณะนั้นมีอุณหภูมิ 38.66°C

แบบฝึกหัด

1. ก๊าซชนิดหนึ่งขณะที่อุณหภูมิ -13°C มีปริมาตร 28 cm^3 ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 0°C จะมีปริมาตรเท่าไร โดยในขณะเปลี่ยนแปลงนี้ความดันของก๊าซคงที่

$$\begin{aligned} V_1 &= 28 \text{ cm}^3 \\ T_1 &= 273 - 13 = 260 \text{ K} \\ V_2 &= ? \\ T_2 &= 273 + 0 = 273 \text{ K} \end{aligned}$$

จากกฎของชาร์ล

$$\begin{aligned} \frac{V_1}{T_1} &= \frac{V_2}{T_2} \\ \frac{28}{260} &= \frac{V_2}{273} \\ V_2 &= \frac{28 \times 273}{260} \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\text{หลังอุณหภูมิเพิ่มปริมาตร} = 29.4 \text{ cm}^3$$

2. อุณหภูมิในกระบอกสูบใบหนึ่งเป็น 31°C ขณะนั้นลูกสูบอยู่ห่างจากก้นกระบอกสูง 8 เซนติเมตร ถ้าลูกสูบเคลื่อนที่ห่างจากก้นกระบอกสูบเพิ่มขึ้น 0.5 เซนติเมตร อุณหภูมิในกระบอกสูบจะเป็นกี่องศาเซลเซียส โดยความดันของก๊าซภายในกระบอกสูบคงที่ตลอด

$$\begin{aligned} V_1 &= 8a \text{ cm}^3 \\ T_1 &= 273 + 31 = 304 \text{ K} \\ V_2 &= (8 + 0.5)a = 8.5a \text{ a.cm}^3 \\ T_2 &= ? \end{aligned}$$

จากกฎของชาร์ล

$$\begin{aligned} \frac{V_1}{T_1} &= \frac{V_2}{T_2} \\ \frac{8a}{304} &= \frac{8.5a}{T_2} \\ T_2 &= \frac{8.5 \times 304}{8a} \text{ K} \end{aligned}$$

$$\text{อุณหภูมิของก๊าซหลังเพิ่มปริมาตร} = 323 \text{ K}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นอุณหภูมิของก๊าซเพิ่ม} &= 323 - 273 \\ &= 50^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

3. การทดลองเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของก๊าซ พบว่าก๊าซจำนวนหนึ่งที่มีปริมาตร 0.25 dm^3 อุณหภูมิ 305 K ถ้าก๊าซนี้มีปริมาตรลดลง 0.05 dm^3 อุณหภูมิของก๊าซเพิ่มหรือลดไปจากเดิมเท่าไร

$$\begin{aligned} V_1 &= 0.25 \text{ dm}^3 \\ T_1 &= 305 \text{ K} \\ V_2 &= 0.25 - 0.05 = 0.20 \text{ dm}^3 \\ T_2 &= ? \end{aligned}$$

จากกฎของชาร์ล

$$\begin{aligned} \frac{V_1}{T_1} &= \frac{V_2}{T_2} \\ T_2 &= \frac{V_2 T_1}{V_1} \\ &= \frac{0.20 \times 305}{0.25} \text{ K} \\ \text{หลังการเปลี่ยนปริมาตรอุณหภูมิ} &= 244 \text{ K} \\ \text{อุณหภูมิลดลง} &= 305 - 244 \\ &= 61 \text{ K} \end{aligned}$$

4. ณ ความดันของก๊าซคงที่ที่ 1 atm ถ้าเพิ่มอุณหภูมิให้กับก๊าซนี้ 101°C ปรากฏว่าปริมาตรของก๊าซเพิ่ม $\frac{1}{10}$ เท่าของปริมาตรเดิม จงหาอุณหภูมิตั้งต้นของก๊าซนี้

$$\begin{aligned} V_1 &= V_1 \\ T_1 &= ? \\ V_2 &= V_1 + \frac{1}{10} V_1 = \frac{11}{10} V_1 \\ T_2 &= 273 + 101 = 374 \text{ K} \end{aligned}$$

จากกฎของชาร์ล

$$\begin{aligned} \frac{V_1}{T_1} &= \frac{V_2}{T_2} \\ T_1 &= \frac{V_1 T_2}{V_2} \\ T_1 &= \frac{V_1 \times 374}{\frac{11}{10} V_1} \\ &= 374 \times \frac{10}{11} \end{aligned}$$

$$\text{อุณหภูมิตั้งต้นของก๊าซ} = 340 \quad \text{K}$$

5. ถ้าอุณหภูมิสัมบูรณ์ของก๊าซเพิ่มขึ้นเป็น 3 เท่า ในขณะที่ความดันคงที่ ปริมาตรของก๊าซจะมากกว่าปริมาตรเดิมกี่เท่า

$$\begin{aligned} V_1 &= V_1 \\ T_1 &= T_1 \\ V_2 &= ? \\ T_2 &= 3T_1 \end{aligned}$$

จากกฎของชาร์ล

$$\begin{aligned} \frac{V_1}{T_1} &= \frac{V_2}{T_2} \\ V_2 &= \frac{V_1 T_2}{T_1} \\ &= \frac{V_1 \times 3T_1}{T_1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{หลังการเปลี่ยนอุณหภูมิปริมาตร} &= 3V_1 \\ \text{ปริมาตรเพิ่มขึ้นมากกว่า} &= 3V_1 - V_1 \\ &= 2V_1 \\ \text{หรือ} &= 2 \text{ เท่าของปริมาตรเดิม} \end{aligned}$$

คู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ สำหรับครู

กิจกรรมที่ 3 กฎรวมของก๊าซ

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้วนักเรียนสามารถ

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร อุณหภูมิ และความดันของก๊าซ เมื่อมวลคงที่ โดยอาศัยกฎของบอยล์และกฎของชาร์ล
2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร อุณหภูมิและความดันของก๊าซได้
3. คำนวณหาปริมาณใดปริมาณหนึ่งจากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร อุณหภูมิ และความดันของก๊าซได้

เวลาที่ใช้ 150 นาที (3 คาบ)

วัสดุอุปกรณ์

1. ชุดการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ
2. เครื่องวัดความดันก๊าซ

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 ศึกษาการรวมกฎของบอยล์และกฎของชาร์ล
จากกฎของบอยล์ เมื่อมวลและอุณหภูมิคงที่

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

จากกฎของชาร์ล เมื่อความดันคงที่

$$V \propto T$$

รวมความสัมพันธ์ของกฎของบอยล์และของชาร์ลได้ดังนี้

$$V \propto \frac{T}{P}$$

หรือ $\frac{PV}{T} = K$ (K คือค่าคงตัว)

จากสมการข้างบนสรุปได้ว่าก๊าซปริมาณหนึ่ง ถ้าทำให้ความดัน ปริมาตร และอุณหภูมิเปลี่ยนไปจาก

เดิมแต่ค่า $\frac{PV}{T}$ ยังคงเท่าเดิม จะได้ความสัมพันธ์เป็นกฎรวมของก๊าซดังนี้

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

การศึกษาตอนที่ 1 เป็นการศึกษาการรวมกฎของบอยล์และกฎของชาร์ล โดยอาศัยความรู้ด้านคณิตศาสตร์ดังสมการ

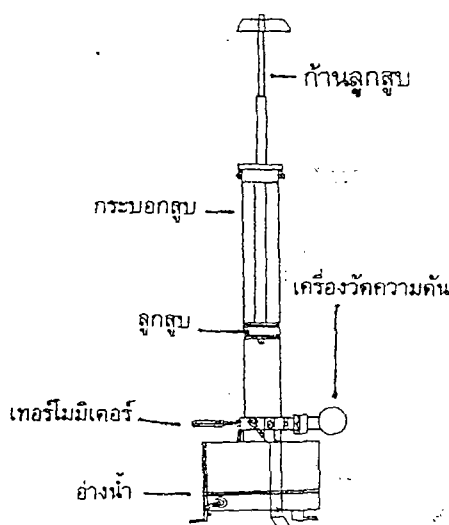
$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = K \quad (K \text{ เป็นค่าคงที่})$$

เรียกสมการนี้ว่า กฎรวมของก๊าซ สรุปได้ว่า ก๊าซปริมาณหนึ่งถ้าทำให้ความดัน ปริมาตรและ

อุณหภูมิเปลี่ยนไปจากเดิมแต่ค่า $\frac{PV}{T}$ ยังคงเท่าเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเพื่อสนับสนุนกฎรวมของก๊าซ

1. จัดตั้งชุดการทดลองดังรูป



รูปแสดงชุดการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ

2. ก่อนเชื่อมต่อเครื่องวัดความดันเข้ากับชุดการทดลองให้เคลื่อนลูกสูบขึ้น โดยจัดให้ส่วนล่างสุดของลูกสูบอยู่ที่ระดับความสูง 35 เซนติเมตร

3. ก่อนทำการทดลองจัดให้เข็มของ เครื่องวัดความดันก๊าซชี้ที่เลข 0 โดยกดปุ่มด้านล่างซ้ายมือของเครื่องวัดความดัน และบันทึกค่าอุณหภูมิของอากาศในกระบอกสูบ

4. ทำการทดลองครั้งที่ 1 อัดลูกสูบอย่างรวดเร็วจนกระทั่งลูกสูบเคลื่อนที่ลงเกือบต่ำ และยึดลูกสูบให้อยู่กับที่จนค่าอุณหภูมิหยุดอยู่กับที่ จึงบันทึกค่าปริมาตร (V) ในรูปความสูงของล่ำอากาศ

ภายในกระบอกสูบ (h cm) ความดันจากเครื่องวัดในหน่วย Kg/cm^2 และอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส ($273 + ^\circ\text{C}$) ลงในตารางบันทึกผลการทดลอง

5. ทำการทดลองครั้งที่ 2 โดยทำเช่นเดียวกับข้อ 3 - 4 แต่อัดลูกสูบให้ต่ำจากการทดลองครั้งที่ 1

ผลการทดลอง

ก่อนการทดลอง อุณหภูมิของก๊าซในกระบอกสูบ = 33.2°C

ครั้งที่	ความดัน (P) ($\times 10^5 \text{ N/m}^2$)	ปริมาตร (V) ($h \times 16.9 \times 10^{-6} \text{ m}^3$)	อุณหภูมิ (T) ($K=273+^\circ\text{C}$)
1	1.02	17.1	306.6
2	0.98	18.3	306.4

6. นำค่า P, V และ T จากตารางบันทึกผลการทดลองแทนค่าในสมการ

$$\begin{aligned} \frac{P_1 V_1}{T_1} &= \frac{P_2 V_2}{T_2} \\ \frac{1.02 \times 10^5 \times 17.1 \times 16.9 \times 10^{-6}}{306.6} &= \frac{0.98 \times 10^5 \times 18.3 \times 16.9 \times 10^{-6}}{306.4} \\ 0.0961 &= 0.0979 \end{aligned}$$

สรุปผลการทดลอง

ผลการทดลองสนับสนุนกฎรวมของก๊าซ

ตัวอย่าง ก๊าซบิวเทนมีปริมาตร 800 cm^3 ที่อุณหภูมิ 15°C ความดัน 720 มิลลิเมตรของปรอท ถ้าเพิ่มอุณหภูมิเป็น 27°C และลดความดันเป็น 600 มิลลิเมตรของปรอท ปริมาตรของก๊าซจะเป็นเท่าไร

วิธีทำ

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร} \quad \frac{P_1 V_1}{T_1} &= \frac{P_2 V_2}{T_2} \\ V_1 &= 800 \text{ cm}^3 \\ T_1 &= 273 + 15 = 288 \\ P_1 &= 720 \text{ มิลลิเมตรของปรอท} \\ V_2 &= ? \\ T_2 &= 273 + 27 = 300 \\ P_2 &= 600 \text{ มิลลิเมตรของปรอท} \end{aligned}$$

แทนค่าในสูตร

$$\frac{720 \times 800}{288} = \frac{600 \times V_2}{300}$$

$$V_2 = 1,000 \text{ cm}^3$$

ตอบ ปริมาตรของก๊าซใหม่เท่ากับ $1,000 \text{ cm}^3$

แบบฝึกหัด

1. ลูกโป่งใบหนึ่งในขณะที่อากาศมีอุณหภูมิ 23°C ความดันภายในลูกโป่งมีค่า 1.015 พาสคัล ปริมาตรของอากาศภายในลูกโป่ง 1.40 ลิตร ถ้าความดันเพิ่มเป็น 1.018 พาสคัล ปริมาตรเพิ่มเป็น 1.45 ลิตร อยากทราบว่าอุณหภูมิของอากาศภายในลูกโป่งเพิ่มกี่องศาเซลเซียส

$$\begin{aligned} V_1 &= 1.40 & \text{l} \\ P_1 &= 1.015 & \text{Pa} \\ T_1 &= 273 + 23 = 296 & \text{K} \\ V_2 &= 1.45 & \text{l} \\ P_2 &= 1.018 & \text{Pa} \\ T_2 &= ? \end{aligned}$$

จากกฎรวมของก๊าซ

$$\begin{aligned} \frac{P_1 V_1}{T_1} &= \frac{P_2 V_2}{T_2} \\ \frac{1.015 \times 1.40}{296} &= \frac{1.018 \times 1.45}{T_2} \\ T_2 &= \frac{1.018 \times 1.45 \times 296}{1.015 \times 1.40} & \text{K} \\ &= 307.48 & \text{K} \end{aligned}$$

$$\text{อุณหภูมิหลังการเปลี่ยนแปลง} = (307.48 - 273) - 23 = 11.48^\circ\text{C}$$

2. ก๊าซจำนวนหนึ่งที่อุณหภูมิ 137°C มีความดัน 2.2 atm และมีปริมาตร 0.75 m^3 ถ้าอุณหภูมิเปลี่ยนไปเป็น 140°C ความดัน 2.5 atm. ปริมาตรของก๊าซจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงเท่าไร

$$\begin{aligned} V_1 &= 0.75 & \text{l} \\ P_1 &= 2.2 & \text{atm} \\ T_1 &= 273 + 137 = 410 & \text{K} \\ V_2 &= ? & \text{l} \\ P_2 &= 2.5 & \text{atm} \end{aligned}$$

$$T_2 = 273 + 140 = 413 \quad \text{K}$$

จากกฎรวมของก๊าซ

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

$$\frac{2.2 \times 0.75}{410} = \frac{2.5 \times V_2}{413}$$

$$V_2 = \frac{2.2 \times 0.75 \times 413}{410 \times 2.5} \quad \text{m}^3$$

ปริมาตรของก๊าซหลังการเปลี่ยนแปลง = 0.66 m^3

ดังนั้นปริมาตรลดลง $0.75 - 0.66 = 0.09 \text{ m}^3$

3. ล้อรถยนต์คันหนึ่งเมื่ออัดอากาศเข้าไปจนมีความดัน $2.18 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ อุณหภูมิของอากาศภายในล้อรถขณะนั้นวัดได้ 35°C ถ้าวัดคันนี้แล่นไปช่วงเวลาหนึ่งแล้วตรวจวัดความดันของล้อมีค่าเป็น $2.25 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ และอุณหภูมิของอากาศภายในเป็น 65°C จงหาว่าปริมาตรอากาศในล้อจะเป็นกี่เท่าของปริมาตรเดิม

$$\begin{aligned} V_1 &= V_1 \\ P_1 &= 2.18 \times 10^5 \quad \text{N/m}^2 \\ T_1 &= 273 + 35 = 308 \quad \text{K} \\ V_2 &= ? \\ P_2 &= 2.25 \times 10^5 \quad \text{N/m}^2 \\ T_2 &= 273 + 65 = 338 \quad \text{K} \end{aligned}$$

จากกฎรวมของก๊าซ

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

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

$$= \frac{2.18 \times 10^5 \times 338 V_1}{308 \times 2.25 \times 10^5}$$

$$= 1.06 V_1$$

ปริมาตรของล้อรถหลังจากใช้งาน $1.06 V_1$ หรือ 1.06 เท่าของปริมาตรเดิม

4. ฟองอากาศในตู้ปลาขนาดใหญ่ขณะที่อยู่ลึกจากผิวน้ำ 120 cm มีปริมาตร 3 cm³ อุณหภูมิของน้ำ ณ ความลึกนี้มีค่า 17 °C ถ้าฟองอากาศนี้ลอยขึ้นมาอยู่ที่ระดับผิวน้ำซึ่งมีอุณหภูมิ 27°C จงหาปริมาตรของฟองอากาศที่ผิวน้ำ (กำหนดให้ความหนาแน่นของน้ำในตู้ปลาเท่ากับ 10³ Kg/m³ ค่าแรงโน้มถ่วงของโลก 10 N/Kg และความดันบรรยากาศ 10⁵ N/m²)

$$\begin{aligned}
 V_1 &= 3 && \text{cm}^3 \\
 P_1 &= 10^5 \times 10^3 \times 10 \times 1.2 && \text{N/m}^2 \\
 &= 1.12 \times 10^5 && \text{N/m}^2 \\
 T_1 &= 273 + 17 = 290 && \text{K} \\
 V_2 &= ? \\
 P_2 &= 10^5 && \text{N/m}^2 \\
 T_2 &= 273 + 27 = 300 && \text{K}
 \end{aligned}$$

จากกฎรวมของก๊าซ

$$\begin{aligned}
 \frac{P_1 V_1}{T_1} &= \frac{P_2 V_2}{T_2} \\
 V_2 &= \frac{P_1 V_1 T_2}{T_1 P_2} \\
 &= \frac{1.12 \times 10^5 \times 3 \times 300}{290 \times 10^5} \\
 &= 3.48 && \text{cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{ปริมาตรของฟองอากาศที่ผิวน้ำ} = 3.48 \text{ cm}^3$$

5 ตะบันไฟอันหนึ่งจะสามารถทำให้น้ำที่อยู่กันกระบอกติดไฟได้เมื่อลูกสูบต้องเคลื่อนที่ลงอย่างรวดเร็ว จนเหลือปริมาตร $\frac{1}{20}$ เท่าของปริมาตรเดิมและขณะนั้นอุณหภูมิภายในตะบันไฟเป็น 313°C ก่อนตะบันไฟทำงานอุณหภูมิของอากาศภายในตะบันไฟเป็น 23 °C ความดัน 1 บรรยากาศ จงหาความดันของอากาศภายในตะบันไฟก่อนไฟลุกไหม้

$$\begin{aligned}
 V_1 &= V_1 \\
 P_1 &= 1 && \text{atm} \\
 T_1 &= 273 + 23 = 296 && \text{K} \\
 V_2 &= \frac{1}{20} V_1 \\
 P_2 &= ? \\
 T_2 &= 273 + 313 = 586 && \text{K}
 \end{aligned}$$

จากกฎรวมของก๊าซ

$$\begin{aligned}
 \frac{P_1 V_1}{T_1} &= \frac{P_2 V_2}{T_2} \\
 P_2 &= \frac{P_1 V_1 T_2}{T_1 V_2} \\
 &= \frac{1 \times 586 \times V_1}{296 \times \frac{1}{20} V} \quad \text{atm} \\
 &= \frac{586 \times 20}{296} \quad \text{atm} \\
 &= 39.6 \quad \text{atm}
 \end{aligned}$$

ความดันของอากาศก่อนไฟไหม้นั้น = 39.6 บรรยากาศ



คู่มือการใช้ชุดทดลองเพื่อศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซ สำหรับครู

กิจกรรมที่ 4 ทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้วนักเรียนสามารถ

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของพลังงานจลน์ของก๊าซต่ออุณหภูมิของแก๊สสัมบูรณ์โดยมวลและปริมาตรคงที่
2. สามารถใช้ทฤษฎีจลน์อธิบายสมบัติของก๊าซและปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้

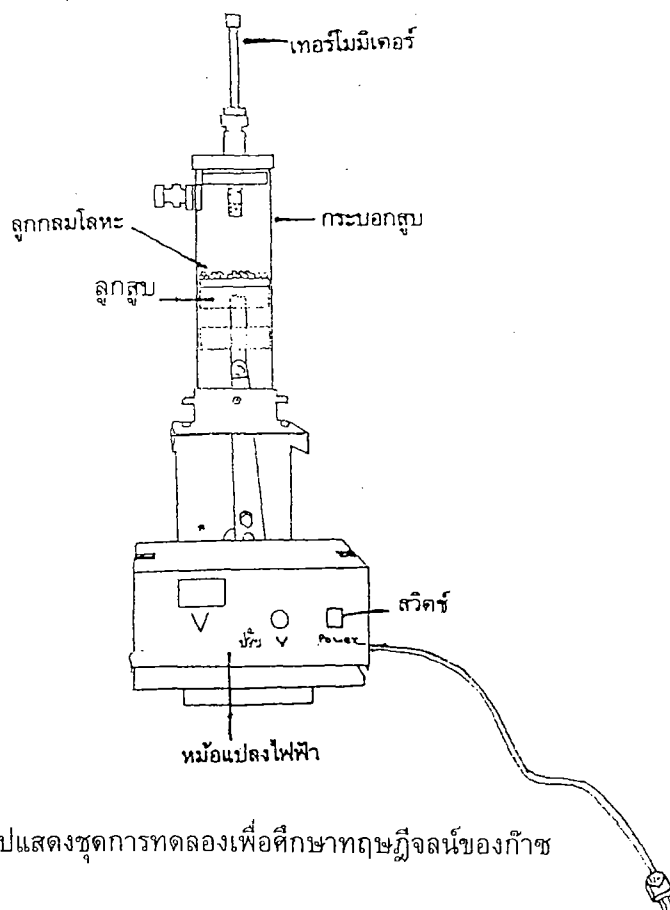
เวลา 100 นาที (2 คาบ)

วัสดุอุปกรณ์

1. ชุดการทดลองเพื่อศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซ
2. ลูกกลมโลหะ 300 ลูก

การทดลอง

1. จัดตั้งชุดอุปกรณ์



2. ต่อสายไฟจากหม้อแปลงไฟฟ้าของชุดการทดลองเข้ากับปลั๊กไฟฟ้าตรวจสอบการทำงานของชุดการทดลองโดยกดสวิตช์ POWER ของหม้อแปลงพร้อมกับปรับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า เมื่อพบว่าชุดการทดลองทำงานได้ดีให้กดสวิตช์ POWER อีกครั้งเพื่อปิดเครื่อง

3. ก่อนการทดลองบันทึกอุณหภูมิของอากาศภายในชุดการทดลองจากเทอร์มอมิเตอร์ของชุดการทดลอง

4. ทำการทดลอง 3 ครั้งต่อเนื่องกันดังนี้

ครั้งที่ 1 กดสวิตช์ POWER ของหม้อแปลงพร้อมกับปรับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่หม้อแปลงไปที่ 19 V เป็นเวลา 3 นาที สังเกตการเคลื่อนที่ อัตราเร็ว อัตราการชนผนังกระบอกสูบของลูกทรงกลมโลหะและอุณหภูมิ บันทึกผลการสังเกตและอุณหภูมิเมื่อครบ 3 นาที

ครั้งที่ 2 - 3 ทำการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองครั้งที่ 1 แต่ปรับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ 22 และ 25 ตามลำดับ พร้อมกับสังเกตและเปรียบเทียบการเคลื่อนที่ อัตราเร็วและอัตราการชนผนังกระบอกสูบ

ผลการทดลอง

ก่อนการทดลอง อุณหภูมิของอากาศในชุดการทดลอง 31.4 °C

ครั้งที่	เวลา (นาที)	ความต่างศักย์ (V)	อุณหภูมิ (°C)		อุณหภูมิที่เปลี่ยน (°C)	ผลการสังเกต
			ก่อน	หลัง		
1	3	20	31.4	32	0.6	ลูกกลมโลหะชนกันเอง และชนกับผนังภาชนะ
2	3	22	31.5	32.2	0.7	อัตราเร็วของลูกกลม โลหะเพิ่มขึ้นและชนถี่ขึ้น มากกว่าการทดลองครั้งที่ 1
3	3	24	31.5	32.5	1	อัตราเร็วของลูกกลม โลหะเพิ่มมากขึ้นและชน ถี่ขึ้นมากกว่าการทดลอง ครั้งที่ 2

สรุปผลการทดลอง

อุณหภูมิของระบบเพิ่มขึ้นตามค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า เมื่อเพิ่มความต่างศักย์ไฟฟ้าลูกกลมโลหะมีอัตราเร็วเพิ่มขึ้นด้วย แสดงว่าการเพิ่มความต่างศักย์ไฟฟ้ามีผลต่อการเพิ่มพลังงานจลน์ของลูกกลมโลหะ สรุปได้ว่าอุณหภูมิของระบบขึ้นอยู่กับพลังงานจลน์ของลูกกลมโลหะ

คำถามท้ายการทดลอง

1. จากการทดลองตัวแปรที่ต้องควบคุม ตัวแปรต้น ตัวแปรตามได้แก่อะไรบ้าง

ตัวแปรที่ต้องควบคุมคือ จำนวนลูกกลมโลหะ

ตัวแปรต้นคือ ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า

ตัวแปรตามคือ ค่าอุณหภูมิในระบบ

2. ขณะที่ปรับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของมอเตอร์ การเคลื่อนที่ของลูกกลมโลหะในชุดการทดลองเป็นอย่างไร

ลูกกลมโลหะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วสูงขึ้น

3. การปรับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นมีผลต่อพลังงานจลน์ของลูกกลมโลหะอย่างไร

มีผลทำให้ลูกกลมโลหะมีอัตราเร็วเพิ่มขึ้น พลังงานจลน์ของลูกกลมโลหะเพิ่มขึ้นด้วย

ดังสมการ

$$\Delta E_k = \frac{1}{2} m \Delta v^2$$

เมื่อ

$$\Delta E_k$$

คือ

พลังงานจลน์ที่เปลี่ยนไป

$$\Delta v^2$$

คือ

กำลังสองของอัตราเร็วของลูกกลมโลหะที่เปลี่ยนไป

4. จากผลการทดลองสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์ของลูกกลมโลหะกับอุณหภูมิอย่างไร

ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปมีผลต่ออุณหภูมิของระบบ จากผลการทดลอง อุณหภูมิเพิ่มตามค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า เมื่อเพิ่มค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าอัตราเร็วของลูกกลมโลหะเพิ่มมากขึ้นตาม แสดงว่าพลังงานจลน์ของลูกกลมโลหะเพิ่มขึ้น สรุปได้ว่าอุณหภูมิของระบบเพิ่มตามพลังงานจลน์ของลูกกลมโลหะ

จากผลการทดลองพบว่าเมื่อปรับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอัตราเร็วของลูกกลมโลหะเพิ่มขึ้นตาม นั่นก็คือพลังงานจลน์ของระบบเพิ่มขึ้น มีผลต่ออัตราการชนกันเองหรือชนผนังภาชนะของลูกทรงกลมโลหะเพิ่มขึ้น ส่งผลให้อุณหภูมิของระบบเพิ่มขึ้น จึงสรุปได้ว่า พลังงานจลน์ของระบบที่เพิ่มมีผลให้อุณหภูมิของระบบเพิ่มขึ้นตาม

จากการทดลองข้างต้นเป็นการจำลองสถานการณ์ในเรื่องทฤษฎีจลน์ของก๊าซโดยกำหนดให้ลูกกลมโลหะแทนโมเลกุลของก๊าซที่บรรจุอยู่ในภาชนะ เมื่อโมเลกุลของก๊าซมีอัตราเร็วสูงขึ้น พลังงานจลน์ของโมเลกุลของก๊าซจะเพิ่มขึ้นส่งผลให้อุณหภูมิของระบบเพิ่มขึ้นด้วย การทดลองนี้จึงสนับสนุนทฤษฎีจลน์ของก๊าซที่กล่าวว่า "พลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลก๊าซจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของก๊าซ"

แบบฝึกหัด

1. ก๊าซต่างชนิดกันจำนวนโมเลกุลเท่ากัน ต่างอยู่ในภาชนะปิดชนิดเดียวกัน ณ อุณหภูมิเท่ากันจะมีพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลก๊าซต่างกันอย่างไร เพราะอะไร

พลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลก๊าซเท่ากัน เพราะพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลก๊าซขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของก๊าซเพียงอย่างเดียวไม่ขึ้นกับชนิดของก๊าซ

2. พลังงานจลน์ของก๊าซในระบบปิดขึ้นอยู่กับค่าอะไรบ้าง

จำนวนโมเลกุลและอุณหภูมิของก๊าซ

3. จงใช้ทฤษฎีจลน์อธิบายการเปลี่ยนแปลงความดัน ปริมาตรและอุณหภูมิของก๊าซจำนวนหนึ่งภายในกระบอกสูบ ในขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ลงด้วยความเร็วสูง

ในขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ลงด้วยความเร็วสูงปริมาตรของก๊าซภายในกระบอกสูบลดลง อัตราการชนของโมเลกุลก๊าซต่อลูกสูบและผนังกระบอกสูบเพิ่มขึ้น ทำให้ความดันก๊าซเพิ่มขึ้น เมื่อความดันก๊าซเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้พลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลก๊าซเพิ่ม ดังนั้นอุณหภูมิของก๊าซในระบบปิดนี้จะเพิ่มขึ้น

4. การคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการทดลองทฤษฎีจลน์ของก๊าซเกิดจากสาเหตุใดมากที่สุด

สาเหตุที่ทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนมากที่สุดคือขณะที่ทำการทดลอง ชุดการทดลองมีการสั่นสะเทือนอันเนื่องมาจากการทำงานของมอเตอร์และมีแรงเสียดทานระหว่างลูกสูบกับผนังกระบอกสูบตลอดจนลูกกลไลหะไม่ได้ชนเทอร์โมมิเตอร์โดยตรงมีผลต่อการสูญเสียพลังงานไปบางส่วน จึงทำให้การอ่านค่าอุณหภูมิได้น้อยกว่าความเป็นจริง

5. จงใช้ทฤษฎีจลน์อธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันต่อไปนี้

ก. การขยายขนาดของลูกโป่งขณะที่อยู่กลางแจ้งแดด

ข. การระเบิดของถังก๊าซในกองเพลิง

ค. ความเย็นของกระป๋องสเปรย์ขณะฉีดสเปรย์

ก. ขณะที่ลูกโป่งอยู่กลางแจ้งแดด อากาศภายในลูกโป่งมีอุณหภูมิสูงขึ้น ดังนั้นพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลก๊าซเพิ่มขึ้น อัตราการชนผนังลูกโป่งของโมเลกุลก๊าซเพิ่มขึ้นทำให้มีความดันกระทำต่อผนังลูกโป่งสูงขึ้น ผนังลูกโป่งจึงขยายขนาด

ข. คำตอบเช่นเดียวกับข้อ ก แต่เนื่องจากโมเลกุลของก๊าซในถังมีจำนวนมาก ส่งผลให้ความดันของก๊าซมีมากขึ้นด้วย ถังก๊าซจึงระเบิด

ค. ขณะฉีดสเปรย์ทำให้จำนวนโมเลกุลและความดันของก๊าซในกระป๋องลดลง แสดงว่าพลังงานจลน์ของก๊าซในกระป๋องสเปรย์ลดลง อุณหภูมิของก๊าซลดลงจึงรู้สึกกระป๋องสเปรย์เย็นขณะฉีดสเปรย์

ใบความรู้ เรื่องความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับก๊าซ

ความหมายของก๊าซ

ก๊าซหมายถึง สารที่อยู่ในสถานะก๊าซที่อุณหภูมิปกติ สถานะทางกายภาพของสารถูกกำหนดด้วยสมบัติบางอย่างเช่น อุณหภูมิ (t.T) ความดัน (P) และปริมาตร (V)

สมบัติของก๊าซ (Properties of Gases)

อนุภาคของก๊าซอยู่ห่างกันมากกว่าในของเหลวและของแข็ง และมีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา แต่ไม่มีทิศทางที่แน่นอน (random motion) ดังนั้นอนุภาคของก๊าซจะดำรงอยู่ในสภาพที่ไม่เป็นระเบียบ (extreme motion) แรงดึงดูดอนุภาคของก๊าซอ่อนมาก การที่อนุภาคของก๊าซเคลื่อนที่ตลอดเวลาหรือฟุ้งกระจายได้ ทำให้ก๊าซไม่มีรูปร่างและปริมาตรที่แน่นอน แต่จะมีรูปร่างและปริมาตรตามภาชนะที่บรรจุอยู่

นักวิทยาศาสตร์แบ่งก๊าซออกเป็น 2 ประเภท

1. ก๊าซในอุดมคติ (Ideal gas) บางทีเรียกว่า ก๊าซสมมติหมายถึง ก๊าซที่อยู่ในสภาวะใดๆก็ตามจะเป็นไปกฎต่างๆ ของก๊าซในอุดมคติ เช่นกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล
2. ก๊าซจริง (Real gas) หมายถึงก๊าซที่ไม่เป็นไปตามกฎต่างๆ ของก๊าซในอุดมคติ ก๊าซที่มีอยู่ในธรรมชาติต่างๆ ไปเช่น N_2 , O_2 , CO_2 , ฯลฯ จัดเป็นก๊าซจริง ในบางสภาวะโดยเฉพาะที่ความดันต่ำมากๆ หรืออุณหภูมิสูงมากๆ จะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับก๊าซในอุดมคติ

ความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับ ความดัน ปริมาตร และอุณหภูมิ

ความดัน (Pressure)

ความดันหมายถึง แรงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ความดันของก๊าซในภาชนะเกิดจากโมเลกุลของก๊าซวิ่งไปชนภาชนะ ความดันนี้มีค่าเท่ากันหมดไม่ว่าส่วนใดของภาชนะนั้น

ความดันของก๊าซเป็นสมบัติของก๊าซที่บอกทิศทางการไหลของก๊าซ และหมายถึงแรงของก๊าซที่กระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่

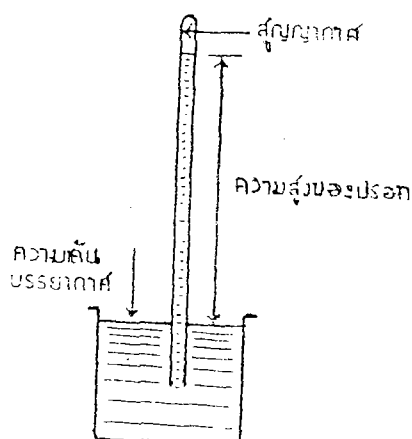
$$\text{ความดัน (P)} = \frac{\text{แรง (F)}}{\text{พื้นที่ (A)}}$$

ความดันบรรยากาศ (atmospheric pressure)

ความดันบรรยากาศหมายถึง อากาศที่ห่อหุ้มโลกโดยรอบ ที่ผิวโลกมีความดันมากกว่าในที่สูง ยิ่งสูงขึ้นไปความดันบรรยากาศยิ่งน้อยลง

เครื่องมือที่ใช้วัดค่าความดันบรรยากาศคือ บาโรมิเตอร์ (barometer) ซึ่งทอริเชลลี (Evangelista Torricelli ค.ศ. 1608-1647) นักฟิสิกส์ชาวอิตาลี เป็นคนแรกที่ประดิษฐ์ขึ้นในปี ค.ศ. 1643 ดังนั้นตำราบางเล่มจึงใช้หน่วยความดันเป็นทอร์ (torr) ตามชื่อของผู้ประดิษฐ์

บาโรมิเตอร์ปรอททำขึ้นอย่างง่าย ๆ โดยเอาหลอดแก้วยาวประมาณ 0.85 เมตร ปลายข้างหนึ่งเปิด บรรจุปรอทให้เต็มแล้วคว่ำลงในอ่างที่บรรจุปรอท ระดับปรอทจะลดต่ำลงแล้วหยุดที่ระดับหนึ่ง ความดันของอากาศที่กดลงบนผิวหน้าปรอทจะทำให้ปรอทค้างอยู่ในหลอดแก้วสูงจากผิวปรอทในอ่าง 760 มิลลิเมตรหรือ 76 เซนติเมตร หรือ 0.76 เมตร ดังนั้นความสูงของลำปรอทในหลอดแก้วนี้ ใช้วัดความดันของบรรยากาศ ถ้าลำปรอทในหลอดแก้วสูงจากผิวปรอทในอ่างแก้ว 760 มิลลิเมตร แสดงว่าความดันของบรรยากาศเท่ากับ 760 มิลลิเมตรของปรอทหรือ 760 ทอร์

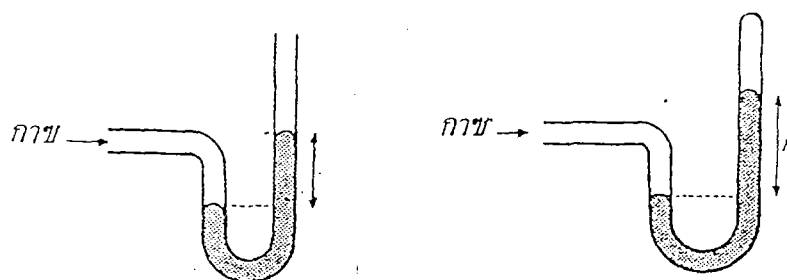


ภาพประกอบ แสดงบาโรมิเตอร์ปรอท

(ที่มา : กฤษณา ชูติมา. 2525 : 283)

ความดันก๊าซ

เครื่องมือวัดความดันก๊าซที่เรียกว่า มาโนมิเตอร์ (manometer) ทำด้วยหลอดแก้วรูปตัวยู มีปรอทบรรจุอยู่ภายใน มี 2 ชนิดคือ ปลายหลอดแก้วข้างหนึ่งเปิด (ภาพ ก) และ ปลายหลอดเปิดทั้งสองข้าง (ภาพ ข) โดยปลายอีกข้างหนึ่งจุ่มเป็นมุมฉากสำหรับต่อกับภาชนะที่บรรจุก๊าซที่ต้องการจะวัดความดัน



ภาพประกอบ แสดง มาโนมิเตอร์ (ก) แบบปลายเปิด (ข) แบบปลายปิด
(ที่มา : กฤษฎณา ชูติมา. 2525 : 284)

ถ้าเป็นมาโนมิเตอร์แบบปลายเปิด ก๊าซจะดันปรอทขึ้นไปทางหลอดที่ปลายเปิด สมมุติว่า ระดับปรอทต่างกัน h mm แสดงว่า ความดันของก๊าซเท่ากับความดันของบรรยากาศบวกแรงกดจาก น้ำหนักของลำปรอทสูง h mm

ถ้าเป็นมาโนมิเตอร์แบบปลายปิด ก๊าซจะดันปรอทขึ้นไปทางหลอดที่ปลายปิด ส่วนช่องว่างเหนือลำปรอทนั้นไม่มีอากาศ ดังนั้นความดันของก๊าซจึงเท่ากับน้ำหนักของลำปรอทสูง h mm กดลงมาแต่เพียงอย่างเดียว

หลักการทำงานของมาโนมิเตอร์

กรณีที่ 1 มาโนมิเตอร์แบบปลายปิด

$$\text{ความดันก๊าซ} = h \text{ มิลลิเมตรของปรอท}$$

กรณีที่ 2 มาโนมิเตอร์แบบปลายเปิด

ความดันก๊าซมากกว่าความดันบรรยากาศ

$$\text{ความดันก๊าซ} = h + \text{ความดันบรรยากาศ}$$

หน่วยวัดความดัน

1. ความดันคือ แรงกระทำบนพื้นที่ต่อหนึ่งหน่วย

$$1 \text{ Pa (พาสกาล)} = 1 \text{ N.m}^{-2} \text{ (นิวตันต่อตารางเมตร)}$$

$$1 \text{ atm (บรรยากาศ)} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$$

2. หน่วยวัดความดันเป็นความสูงของลำปรอท

$$\begin{aligned} 1 \text{ บรรยากาศ} &= 760 \text{ mm ปรอท} \\ &= 76 \text{ cm ปรอท} \\ &= 760 \text{ ทอร์ (Torr)} \end{aligned}$$

ปริมาตร (Volume)

ปริมาตรของก๊าซเปลี่ยนไปได้เมื่อเปลี่ยนอุณหภูมิและความดัน เมื่อใส่ก๊าซไว้ในภาชนะหรือที่บรรจุได้ ก๊าซจะเข้าครอบครองเต็มเนื้อที่ว่างภายในที่บรรจุอันนั้น ปริมาตรของก๊าซเท่ากับปริมาตรของภาชนะหรือที่บรรจุนั้น

หน่วยวัดปริมาตร

หน่วยวัดปริมาตรมักใช้หน่วยลิตร (l) , ลูกบาศก์เดซิเมตร (dm^3) , มิลลิลิตร (ml) , ลูกบาศก์เซนติเมตร

$$\begin{aligned} 1 \text{ ลิตร} &= 1 \text{ dm}^3 \\ &= 1,000 \text{ cm}^3 \\ &= 1,000 \text{ ml} \end{aligned}$$

ในระบบ SI ให้ใช้ dm^3 หรือ cm^3

อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิเป็นมาตราส่วนบอกระดับความร้อน แต่มีได้บอกให้ทราบว่ามีปริมาณความร้อนมากน้อยเพียงใด วัตถุที่มีอุณหภูมิเท่ากันอาจมีปริมาณความร้อนเท่ากันหรือต่างกันได้

เครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิเรียกว่าเทอร์โมมิเตอร์ สารที่นำมาใช้ในเทอร์โมมิเตอร์ได้ เช่นปรอท ก๊าซ อากาศ น้ำ แอลกอฮอล์ เทอร์โมมิเตอร์ที่นิยมใช้กันทั่วไปคือองศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) หน่วยวัดที่นิยมในอุตสาหกรรมคือองศาฟาเรนไฮต์ ($^{\circ}\text{F}$) ในการคำนวณเรื่องก๊าซใช้หน่วยวัดที่เรียกว่ามาตราสัมบูรณ์หรือมาตราเคลวิน (K) ซึ่งเคลวิน นักฟิสิกส์และนักคณิตศาสตร์ชาวอังกฤษ เป็นผู้คิดกำหนดขึ้นจากข้อมูลทางเทอร์โมไดนามิกส์

การเปลี่ยนมาตราส่วนเซลเซียสหรือฟาเรนไฮต์ให้เป็นมาตราส่วนเคลวิน

$$\begin{aligned} \text{K} &= 273.15 + ^{\circ}\text{C} \\ \text{หรือ K} &= 273 + ^{\circ}\text{C} \text{ (โดยประมาณ)} \\ \text{หรือ K} &= 273 + (\text{F} - 32) \frac{5}{9} \text{ (โดยประมาณ)} \end{aligned}$$



ใบความรู้ประกอบกิจกรรมที่ 1 เรื่องกฎของบอยล์ (Boyle's Law)

ในราวคริสต์ศตวรรษที่ 17 บอยล์ (Robert Boyle ค.ศ. 1627-1691) กับฮุก (Robert Hooke ค.ศ. 1627-1691) นักเคมีชาวอังกฤษ ได้ร่วมมือกันทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับปริมาตรของก๊าซจนประสบความสำเร็จ และได้กล่าวสรุปไว้ว่า " ปริมาตรของก๊าซใด ๆ ที่กำหนดให้จำนวนหนึ่งจะเป็นปฏิภาคกลับกับความดันเมื่ออุณหภูมิคงที่ " สามารถเขียนตามหลักคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

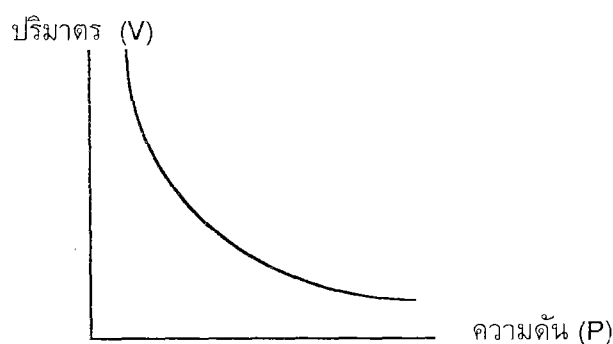
$$\begin{array}{lcl} \text{เมื่ออุณหภูมิคงที่} & V & \propto \frac{1}{P} \quad (V = \text{ปริมาตร} , P = \text{ความดัน}) \\ & PV & = K \end{array}$$

ค่า K ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ และจำนวนโมลของก๊าซ

ถ้าที่สภาวะเริ่มต้นก๊าซมีปริมาตร V_1 ความดัน P_1 เมื่อทำให้ก๊าซเปลี่ยนไปสู่อีกสภาวะหนึ่งคือมีปริมาตร V_2 ความดัน P_2 โดยให้อุณหภูมิคงที่ สามารถเขียนความสัมพันธ์ได้เป็น

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

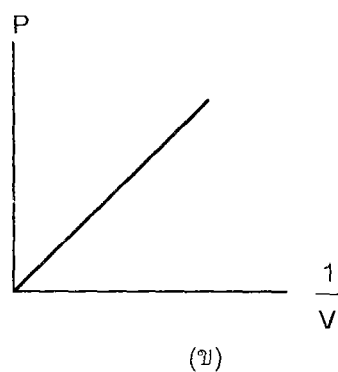
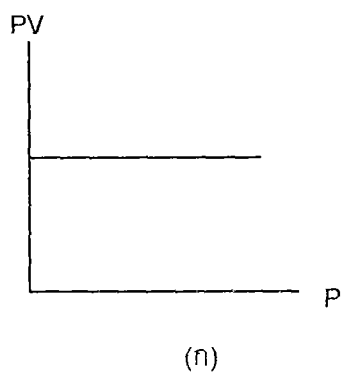
ถ้านำความสัมพันธ์ระหว่าง V และ P มาเขียนกราฟ กราฟจะมีลักษณะเป็น Hyperbola ดังนี้



ภาพประกอบ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V และ P

สำหรับการทดลองต่างๆ ไปเมื่อเขียนกราฟระหว่าง P กับ V มักจะมีปัญหาได้กราฟที่มีลักษณะ Hyperbola ที่ไม่สมบูรณ์ จึงแก้ปัญหาโดยการเขียนกราฟระหว่าง PV กับ P หรือ P กับ

$\frac{1}{V}$ ดังนี้



ภาพประกอบ กราฟของก๊าซ (ก) ระหว่าง PV กับ P (ข) ระหว่าง P กับ $\frac{1}{V}$

ก๊าซจริงที่นำมาทดลองจะไม่ใช่ไปตามกฎของบอยล์ไม่ว่าที่สภาวะใดๆ แต่อาจมีสมบัติใกล้เคียงกับเมื่อก๊าซมีความดันต่ำๆ ดังนั้นกฎของบอยล์จึงถือว่าเป็นกฎในอุดมคติ (ideal law)

ใบความรู้ประกอบกิจกรรมที่ 2 เรื่องกฎของชาร์ล (CHARLS' LAW)

ในปีค.ศ 1787 ชาร์ล (Jacques A.C. Charles ค.ศ. 1746-1823) นักคณิตศาสตร์และฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส ได้ทดลองเอาก๊าซ ไฮโดรเจน อากาศ ออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ มาทำให้ร้อนจาก 0°C ถึง 80°C ปรากฏว่าก๊าซแต่ละชนิดจะขยายตัวได้เท่า ๆ กัน และสรุปได้ว่า

" เมื่อความดันและมวลของก๊าซคงที่ ปริมาตรของก๊าซจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิเคลวิน"
ต่อมาในปี ค.ศ.1802 เกย์ลูสแซค (Joseph Louis Gay-Lussac ค.ศ.1778-1850) นักเคมีและฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศสได้ทำการทดลองทำนองเดียวกับชาร์ลแต่ทำอย่างละเอียด สรุปได้ว่า

" ความดันของก๊าซจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอุณหภูมิเคลวินของก๊าซ เมื่อให้มวลและปริมาตรของก๊าซคงที่ "

เขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

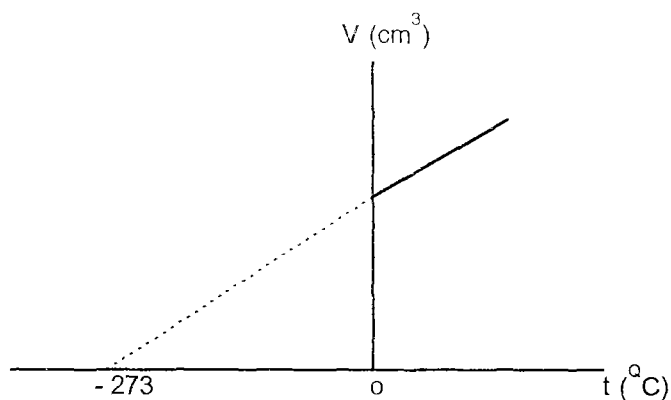
$$V \propto T$$

หรือ $\frac{V}{T} = K$

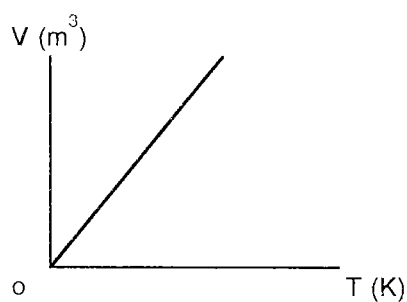
สูตรที่ใช้คำนวณเมื่อภาวะเปลี่ยนไปที่ความดันคงที่

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

ถ้านำค่าอุณหภูมิและปริมาตรที่ทดลองได้ไปเขียนกราฟได้ดังนี้



ภาพประกอบ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร(V)กับอุณหภูมิเซลเซียส($^{\circ}\text{C}$)



ภาพประกอบ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร (V) กับอุณหภูมิเคลวิน (K)

กฎของชาร์ลก็เช่นเดียวกับกฎของบอยล์ คือเป็นกฎที่ใช้กับก๊าซในอุดมคติ ที่อุณหภูมิสูง และความดันปกติ หรือต่ำกว่าปกติ ก๊าซต่างๆ จะเป็นไปตามกฎทั้งสองนี้ดีพอสมควรแต่มีก๊าซบางชนิด เช่น H_2 , He , Ne ซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับก๊าซในอุดมคติ ก๊าซเหล่านี้ทำให้เป็นของเหลวได้ยาก

ใบความรู้ประกอบกิจกรรมที่ 3 เรื่องกฎรวมของก๊าซ

กฎรวมของก๊าซเป็นการนำเอากฎของบอยล์ และกฎของชาร์ลรวมเข้าด้วยกัน ดังนี้

$$\text{จากกฎของบอยล์} \quad V \propto \frac{1}{P} \quad (T, n \text{ คงที่})$$

$$\text{จากกฎของชาร์ล} \quad V \propto T \quad (P, n \text{ คงที่})$$

ถ้ารวมกฎของบอยล์และกฎของชาร์ลเข้าด้วยกัน สามารถเขียนได้เป็น

$$\begin{aligned} V &\propto \frac{T}{P} \\ V &= K \frac{T}{P} \\ \text{หรือ} \quad \frac{PV}{T} &= K \end{aligned}$$

K เป็นค่าคงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนโมล (n) ของก๊าซ

ถ้าก๊าซใดเป็นไปตามสมการแห่งสภาวะ $\frac{PV}{T} = K$ ก็แสดงว่าก๊าซนั้นประพฤติตามกฎของบอยล์และกฎของชาร์ล และถือว่าก๊าซนั้นเป็นก๊าซในอุดมคติ จากสมการนี้ถ้าใช้เมื่อภาวะต่างๆ เปลี่ยนแปลงไปทั้งหมดสามารถเขียนใหม่ได้ดังนี้

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

จากสมการ $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$ เรียกว่า กฎรวมของก๊าซ (The combined gas law) ใช้

คำนวณหาความดันหรือปริมาตร หรืออุณหภูมิ (เคลวิน) ของก๊าซใดๆ ที่เปลี่ยนจากสภาวะหนึ่งไปยังอีกสภาวะหนึ่ง

ใบความรู้ประกอบกิจกรรมที่ 4 เรื่องทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

ทฤษฎีจลน์ของก๊าซ (Kinetic theory of gases)

ในราวปี ค.ศ. 1783 Deniel Brnoulili ได้เสนอแนะทฤษฎีจลน์ของก๊าซเกี่ยวกับขอบเขตความเป็นไปของโมเลกุลก๊าซ ต่อมานักวิทยาศาสตร์อื่น ๆ ได้เสนอแนะดัดแปลงทฤษฎีจลน์ของ Bemoulli ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ก๊าซตามทฤษฎีนี้เป็นก๊าซสมมุติหรือก๊าซสมบูรณ์ (ideal หรือ perfect gas) หลักสำคัญที่ใช้ในการศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซมีดังนี้

1. ก๊าซ ๆ ประกอบด้วยอนุภาคเดี่ยวๆ ที่เล็กมาก เรียกว่าโมเลกุล แต่ละโมเลกุลของก๊าซชนิดเดียวกันย่อมมีขนาดและมวลสารเท่ากัน
2. ความดันของก๊าซเกิดจากโมเลกุลเคลื่อนที่ไปชนผนังภาชนะที่บรรจุก๊าซนั้น
3. โมเลกุลของก๊าซจะเคลื่อนที่อย่างไม่มีระเบียบ (random motion) ตลอดเวลาถึงแม้โมเลกุลจะชนกันเองหรือชนกับภาชนะก็ตาม พลังงานจลน์จะไม่มี การสูญเสีย แต่อาจมีการถ่ายเทพลังงานจากโมเลกุลหนึ่งไปยังอีกโมเลกุลหนึ่งได้
4. ที่ความดันต่ำ ๆ และอุณหภูมิสูง ๆ ปริมาตรของโมเลกุลถือว่าน้อยมาก เมื่อเทียบกับปริมาตรของภาชนะ และแรงดึงดูดหรือแรงผลักระหว่างโมเลกุลมีน้อยมากจนไม่ต้องคำนึงถึง
5. พลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลทั้งหมดในระบบ (system) จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์

ก๊าซที่มีสมบัติครบถ้วนตามทฤษฎีจลน์เรียกว่า ก๊าซสมบูรณ์ ซึ่งไม่มีจริง แต่ก๊าซจริงอาจมีสมบัติใกล้เคียงกับก๊าซสมบูรณ์ได้ ถ้าอยู่ในระบบที่มีอุณหภูมิสูงและความดันต่ำ ก๊าซส่วนใหญ่โดยเฉพาะก๊าซเฉื่อยที่อุณหภูมิห้องความดัน 1 บรรยากาศมีสมบัติใกล้เคียงกับก๊าซสมบูรณ์

การใช้ทฤษฎีจลน์อธิบายสมบัติบางอย่างของก๊าซ

1. ทฤษฎีจลน์อธิบายปริมาตรของก๊าซ

สาเหตุที่ก๊าซมีปริมาตรไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับปริมาตรของภาชนะ เนื่องจากโมเลกุลของก๊าซมีขนาดเล็ก อยู่ห่างกัน และมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลน้อยมากจนถือว่าไม่มีเลย ดังนั้นเมื่อบรรจุก๊าซไว้ในภาชนะใดก็ตามโมเลกุลของก๊าซจะเคลื่อนที่ไปทั่วทั้งภาชนะได้อย่างอิสระ ก๊าซจึงมีปริมาตรไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับปริมาตรของภาชนะที่บรรจุก๊าซ

2. ทฤษฎีจลน์อธิบายความดันก๊าซ

เนื่องจากโมเลกุลก๊าซเคลื่อนที่ตลอดเวลา ชนกันเองบ้าง ชนภาชนะบ้าง การที่โมเลกุลของก๊าซเคลื่อนที่ชนผนังภาชนะตลอดเวลาทำให้เกิดแรงดัน ผลรวมของแรงดันทั้งหมดที่มีต่อ 1 หน่วยพื้นที่คือความดัน

3. ทฤษฎีจลน์อธิบายกฎของก๊าซ

ทฤษฎีจลน์ของก๊าซเป็นทฤษฎีที่กล่าวถึงธรรมชาติของก๊าซโดยสมมติขึ้น แต่สอดคล้องกับกฎของก๊าซที่ได้จากการทดลองทุกกฎ ดังนี้

3.1 กฎของบอยล์

กฎของบอยล์กล่าวถึงความดันและปริมาตรของก๊าซที่อุณหภูมิคงที่ ตามทฤษฎีจลน์เมื่ออุณหภูมิคงที่ก๊าซมีพลังงานจลน์เท่าเดิมและอัตราเร็วเฉลี่ยของโมเลกุลก๊าซเท่าเดิม ถ้าลดปริมาตรของก๊าซลง ให้ก๊าซหดตัวลงมาอยู่ที่เล็กจำกัดกว่าเดิม ถึงแม้จำนวนโมเลกุลเท่าเดิม อัตราเร็วเท่าเดิม แต่อยู่ในที่แคบลง โมเลกุลจะปะทะภาชนะบ่อยครั้งขึ้น ความดันจึงมากขึ้น และถ้าเพิ่มปริมาตรก๊าซ ก๊าซอยู่ในที่กว้างขวางกว่าเดิม โอกาสที่โมเลกุลก๊าซจะปะทะภาชนะน้อยลง ความดันจึงน้อยลงเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของความดันเป็นไปในทางกลับกันกับการเปลี่ยนแปลงของปริมาตร ซึ่งเป็นกฎของบอยล์

3.2 กฎของชาร์ลส์ และเกย์ลุสแซค

การให้ความดันของก๊าซคงที่ หมายความว่าโมเลกุลก๊าซปะทะภาชนะด้วยจำนวนครั้งเท่าเดิมอยู่เสมอ ถ้าเพิ่มอุณหภูมิ ก๊าซมีพลังงานจลน์มากยิ่งขึ้น อัตราเร็วเฉลี่ยโมเลกุลสูงขึ้น เท่ากับเพิ่มโอกาสปะทะภาชนะมากกว่าเดิม ถ้าจะให้จำนวนครั้งที่โมเลกุลปะทะภาชนะเท่าเดิม ก็จำเป็นต้องให้ปริมาตรของก๊าซขยายใหญ่ออกไป หรือถ้าลดอุณหภูมิให้ก๊าซลดพลังงานก็ต้องลดปริมาตรของก๊าซตามลงไปด้วยเพื่อรักษาความดันให้คงที่

ความรู้เพิ่มเติม

การบันทึกข้อมูลจากการทดลอง

1. ความดันของอากาศภายในกระบอกสูบหาได้จากการวัดผลต่างของระดับปรอท (H) ในมาโนมิเตอร์ แล้วนำไปคำนวณหาค่าความดันของอากาศในกระบอกสูบดังนี้

$$\begin{aligned}
 P &= \rho gh \\
 \text{กำหนดให้} \\
 \rho &= \text{ความหนาแน่นของปรอท } 13.6 \times 10^3 \text{ Kg.m}^{-3} \\
 g &= \text{ความโน้มถ่วงของโลก } 10 \text{ N/Kg} \\
 H &= \text{วัดหน่วยเป็น cm} \\
 \text{ดังนั้น} \quad P &= 13.6 \times 10^3 \times 10 \times H \times 10^{-2} \text{ N.m}^{-2} \\
 &= H \times 13.6 \times 10^2 \text{ N.m}^{-2}
 \end{aligned}$$

2. ปริมาตรของอากาศภายในกระบอกสูบหาได้จากการวัดความสูงของล่ำอากาศภายในกระบอกสูบ (h) แล้วนำไปคำนวณหาค่าส่วนกลับของปริมาตร ดังนี้

$$\begin{aligned}
 V &= h \times A \\
 \text{กำหนดให้} \\
 h &= \text{วัดเป็น cm} \\
 A &= \text{พื้นที่หน้าตัดของกระบอกสูบมีรัศมี (r) 2.5 cm} \\
 \text{ดังนั้น} \\
 \frac{1}{V} &= \frac{1}{h \times A} \\
 &= \frac{1}{h \times \pi r^2} \\
 &= \frac{1}{h \times 10^{-2} \times \frac{22}{7} \times \left(\frac{2.5}{100}\right)^2} \text{ m}^{-3} \\
 &= \frac{1}{h} \times 5 \times 10^4 \text{ m}^{-3}
 \end{aligned}$$

จากการทดลองค่า $\frac{1}{h}$ เกิดจาก $\frac{1}{27}$, $\frac{1}{24}$, $\frac{1}{21}$, และ $\frac{1}{18}$ หรือ 0.037, 0.041, 0.047 และ 0.055 เพื่อความสะดวกในการเขียนกราฟจึงปรับทศนิยมเป็น 3.7, 4.1, 4.7 และ 5.5 ดังนั้น

$$\frac{1}{V} = \frac{1}{h} \times 5 \times 10^2 \quad \text{m}^{-3}$$

จากกราฟการทดลองสรุปได้

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

$$PV = K \quad \text{เมื่อ } K \text{ คือค่าคงที่}$$

ค่าคงที่จากการแปรผันนี้ หาได้จากค่าความชัน (slope) ของกราฟ ซึ่งมีหน่วยเป็น $K = PV$

$$\frac{\text{N.m}^3}{\text{m}^2} \quad \text{หรือ } \text{N.m} \quad \text{หรือ } \text{Joule}$$

สำหรับก๊าซจำนวนเดียวกันค่า K เท่ากัน ดังนั้น

ก๊าซจำนวนหนึ่งที่อุณหภูมิคงที่มีความดันเป็น P_1 และอุณหภูมิ V_1 ทำให้เป็นความดัน P_2 และอุณหภูมิ V_2 จะได้

$$P_1 V_1 = K \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

$$P_2 V_2 = K \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

$$\textcircled{1} = \textcircled{2}$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

ความรู้เพิ่มเติม

การบันทึกข้อมูลจากการทดลอง

1. การบันทึกค่าความดันและปริมาตรของอากาศในกระบอกสุบปฏิบัติเช่นเดียวกับกิจกรรมที่ 1 กฎของบอยล์

2. ในการทดลองแต่ละครั้งต้องคอยให้ระดับอุณหภูมิคงที่ ก่อนจึงบันทึกค่าความดันและปริมาตรของอากาศในกระบอกสุบ

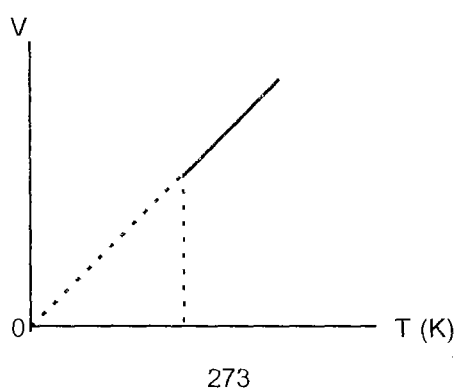
จากผลการทดลองเส้นกราฟเป็นเส้นตรงตัดแกน Y เหนือแกน X ที่จุดๆหนึ่ง แสดงว่าอากาศจำนวนหนึ่งในระบบปิดเมื่อความดันคงที่ อุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของอากาศและบอกได้ว่าขณะที่อุณหภูมิเป็น 0°C สถานะของอากาศจะเป็นก๊าซ เมื่อต่อเส้นกราฟพบว่าเส้นกราฟไปตัดแกน X ที่ -273°C อธิบายได้ว่าปริมาตรของอากาศเป็นศูนย์(เปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวหมด) ณ อุณหภูมิ -273°C

ชาร์ลได้ทำการทดลองกับก๊าซหลายชนิดเส้นกราฟของก๊าซแต่ละชนิดตัดแกนนอนที่อุณหภูมิ -273°C ซึ่งแปลความหมายจากกราฟได้ว่าปริมาตรของก๊าซทุกชนิดจะลดลงเป็นศูนย์ ที่อุณหภูมินี้ และถือว่าเป็นอุณหภูมิต่ำสุดเรียกว่าอุณหภูมิศูนย์สัมบูรณ์ มีการกำหนดหน่วยอุณหภูมิสัมบูรณ์เป็น เคลวิน (K)

ถ้ากำหนดให้ T คืออุณหภูมิสัมบูรณ์ในหน่วยเคลวิน (K) ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสัมบูรณ์กับอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียสเป็นดังนี้

$$T = 273 + t$$

ดังนั้นถ้าปรับแกนตั้งของกราฟจากการทดลองไปอยู่ที่ 0 K จะได้กราฟดังรูป



จะได้กราฟเส้นตรงผ่านจุดกำเนิด สรุปได้ว่าก๊าซปริมาณหนึ่งที่ความดันคงที่ ปริมาตรของก๊าซจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ ซึ่งเป็นกฎของชาร์ล

$$\begin{aligned} V &\propto T \\ V &= KT \end{aligned}$$

K คือค่าคงที่

หรือ $\frac{V}{T} = K$

สำหรับก๊าซจำนวนเดียวกันค่า K เท่ากัน ดังนั้นก๊าซจำนวนหนึ่งที่มีความดันคงที่ มีปริมาตรเป็น V_2 และอุณหภูมิเป็น T_2

จะได้ $\frac{V_1}{T_1} = K \dots\dots\dots \textbf{1}$

$\frac{V_2}{T_2} = K \dots\dots\dots \textbf{2}$

$\textbf{1} = \textbf{2}$

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

ความรู้เพิ่มเติม

การบันทึกข้อมูลจากการทดลอง

1. การบันทึกค่าปริมาตรของอากาศในกระบอกสูบปฏิบัติเช่นเดียวกับกิจกรรมที่ 2 กฎของชาร์ล

2. ความดันภายในกระบอกสูบอ่านค่าจากเครื่องวัดความดันก๊าซ ซึ่งมีหน่วยวัดเป็น Kg/cm^2 แต่ละขีดเล็กอ่านค่าความดันได้ 0.5 Kg/cm^2

ตัวอย่าง ถ้าอ่านค่าความดันได้ $P \text{ Kg/cm}^2$

$$\begin{aligned} P \text{ Kg/cm}^2 &= \frac{Px10}{1} \text{ N/m}^2 \\ &= \frac{Px10^5}{100^2} \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

3. อุณหภูมิในชุดการทดลองอ่านเป็น $^{\circ}\text{C}$ เมื่อนำไปใช้ในการคำนวณจะต้องใช้อุณหภูมิองศาสัมบูรณ์ หาได้จาก

$$T = 273 + t$$

เมื่อ t เป็นอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$)

สำหรับการทดลองกฎรวมของก๊าซในขณะที่ทำการทดลองแต่ละครั้งต้องเคลื่อนที่ลูกสูบอย่างรวดเร็วในระยะทางมากกว่าการทดลองทุกครั้งที่ผ่านมา มิฉะนั้นจะอ่านค่าอุณหภูมิและความดันของอากาศในกระบอกสูบไม่ได้

ความรู้เพิ่มเติม

การทดลองนี้ต้องการเน้นให้นักเรียนเรียนรู้ทฤษฎีจลน์ของก๊าซที่เป็นรูปธรรมด้วยการทดลองที่ง่ายและน่าสนใจ โดยใช้ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นเป็นตัวเพิ่มพลังงานจลน์ของลูกกลมโลหะ ผู้สอนสามารถอธิบายผลการทดลองให้สัมพันธ์กับทฤษฎีจลน์ของก๊าซได้ดังนี้

$$\begin{array}{lcl} & W & = & VIt \\ \text{หรือ} & W & \propto & V \dots\dots\dots \textcircled{1} \end{array}$$

เมื่อ	W	คือ	พลังงานไฟฟ้าที่สิ้นเปลืองไป (J)
	V	คือ	ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วมอเตอร์ (V)
	I	คือ	กระแสไฟฟ้า (A)
	t	คือ	ช่วงเวลาที่ใช้พลังงานไฟฟ้า (s)

พลังงานไฟฟ้าถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานจลน์ ในลูกกลมโลหะ (E_k) เป็นการจำลองโมเลกุลก๊าซ ถ้ามีการสูญเสียพลังงานในการเปลี่ยนรูปพลังงานน้อย
จากกฎทรงพลังงาน จะได้

$$W = E_k \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

จาก $\textcircled{1}$ และ $\textcircled{2}$ จะพบว่าการเพิ่มค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า มีผลต่อการเพิ่มพลังงานจลน์ของลูกกลมโลหะด้วย และนำไปสู่ข้อสรุปเป็นทฤษฎีจลน์ของก๊าซคือ " พลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของก๊าซแปรผันตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ของก๊าซ "

วิธีใช้และการดูแลรักษา ชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

1. วิธีใช้และการดูแลรักษาชุดทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซแบ่งออกเป็นขั้นตอนดังนี้

1.1 ขั้นเตรียมล่วงหน้าก่อนการทดลอง

เพื่อให้การทดลองได้ผลตรงตามกฎต่างๆ ของก๊าซ ผู้สอนควรจัดเตรียมชุดทดลองล่วงหน้าตามขั้นตอนดังนี้

1.1.1 ใช้กุญแจเลื่อนคลายนอต ทั้ง 2 ตัวที่ยึดระหว่างกระบอกสูบกับฝากระบอกสูบ เพื่อเปิดฝากระบอกสูบ

1.1.2 ทำความสะอาดทั้งภายนอกภายในกระบอกสูบ และลูกสูบด้วยผ้าที่สะอาดและน้ำยาล้างจาน

1.1.3 ใช้ สำลิก้าน ปาดจารบีชนิดใส (สีเหลืองอ่อน) ทาบริเวณรอบๆ ลูกสูบให้ทั่ว

1.1.4 ประกอบลูกสูบเข้ากับกระบอกสูบ และทดลองขยับลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้น-ลง จนคล่องดี จึงขันนอตยึดฝาและกระบอกสูบให้แน่นเหมือนเดิม

1.1.5 ประกอบชุดเทอร์โมมิเตอร์ เข้ากับนอต โดยใช้วงแหวนยางคั่นเพื่อกันอากาศซึมรั่วตามรอยต่อด้วยกุญแจเลื่อนให้แน่น

1.2 ขั้นทำการทดลอง

กิจกรรมที่ใช้มาโนมิเตอร์แบบปลายเปิด เพื่อวัดความดันของอากาศภายในกระบอกสูบ คือ กิจกรรมที่ 1 กฎของบอยล์ และกิจกรรมที่ 2 กฎของชาร์ล ผู้สอนควรสังเกตการดำเนินการทดลองของนักเรียนให้เป็นไปตามขั้นตอนของกลุ่มการใช้ชุดการทดลองสำหรับนักเรียนดังนี้

1.2.1 ก่อนต่อเชื่อมสายพลาสติก จากมาโนมิเตอร์เข้ากับชุดการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ ให้นักเรียนจัดระดับล่างสุดของลูกสูบอยู่ที่ระดับความสูง 30 เซนติเมตรของกระบอกสูบ

1.2.2 เมื่อต่อเชื่อมสายพลาสติกกระหว่างชุดทดลองกับมาโนมิเตอร์แล้ว ระดับปรอทของมาโนมิเตอร์ทั้ง 2 ข้างต้องอยู่ตำแหน่ง 0 (สมดุล) ของมาตราวัดระดับปรอทพอดี

1.2.3 ก่อนเริ่มต้นดำเนินการทดลองผู้สอนควรเน้นนักเรียนในเรื่องต่างๆ ดังนี้

1.2.3.1 ให้นักเรียนนำสารละลายสบู่หรือผงซักฟอก ทาบริเวณรอยต่อต่างๆ ทั้งของชุดทดลองและมาโนมิเตอร์ เพื่อตรวจสอบและแก้ไขการรั่วของอากาศในขณะที่ทดลอง

1.2.3.2 ย้ำเตือนไม่ให้นักเรียนอัดลูกสูบอย่างแรง นอกเหนือขั้นตอนการทดลองในกลุ่มการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียน เพราะจะทำให้ปรอทพุ่งกระเด็นออกจากมาโนมิเตอร์ และอาจเกิดอันตรายจากไอปรอทหรือการสัมผัสปรอทโดยตรงในกรณีนี้ใช้ผงกำมะถันโรยบริเวณที่มีเม็ดปรอทเพื่อป้องกันการระเหยและการแตกกระจายของปรอท ส่วนผิวหนังที่สัมผัสกับปรอท ใช้ผงกำมะถันขัดถูก่อน แล้วฟอกด้วยสบู่ล้างน้ำจนสะอาด

1.2.3.3 ให้นักเรียนในกลุ่มแบ่งหน้าที่ให้ชัดเจน โดยเฉพาะนักเรียนที่ทำหน้าที่อ่านค่าความดัน ปริมาตร และอุณหภูมิต้องอ่านได้ค่อนข้างแม่นยำและรวดเร็ว เช่นการอ่าน อุณหภูมิจากเทอร์

มอมีเตอร์ต้องอ่านทันทีขณะที่ปรอทในเทอร์มอมิเตอร์หยุดนิ่ง หรือการอ่านระดับปรอทในมาโนมิเตอร์ต้องอ่านในขณะที่ปรอทเคลื่อนที่ในระดับสูงสุดเป็นต้น

1.2.4 สำหรับกิจกรรมที่ 3 กฎรวมของก๊าซ ก่อนการทดลองผู้สอนควรเน้นนักเรียนในเรื่องต่างๆ ดังนี้

1.2.4.1 ก่อนใช้ชุดสายพลาสติกอุดรู ของชุดทดลองให้ยกลูกสูบขึ้น จนระดับล่างสุดของลูกสูบอยู่ที่ระดับความสูง 35 เซนติเมตรของกระบอกสูบ

1.2.4.2 ให้นักเรียนดำเนินการตามคู่มือการใช้ชุดทดลองสำหรับนักเรียนและทุกครั้งก่อนทดลองต้องจัดให้เข็มของเครื่องวัดความดันก๊าซชี้ที่ 0 โดยกดปุ่มที่อยู่ด้านล่างทางซ้ายมือของเครื่องวัดความดัน

1.2.4.3 การกดดันลูกสูบให้เคลื่อนที่ลง ต้องดันอย่างแรงและเร็วโดยใช้เวลาเพียงเล็กน้อย เมื่อลูกสูบหยุด ณ ตำแหน่งใดให้คงลูกสูบไว้ ณ ตำแหน่งนั้นจนกว่าการบันทึกค่าอุณหภูมิ ปริมาตรและความดันของอากาศในกระบอกสูบเรียบร้อยแล้ว

1.3 ขั้นตอนการจัดเก็บชุดการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของก๊าซ เพื่อคงคุณภาพและยืดอายุการใช้ชุดทดลองหลังการใช้งานควรปฏิบัติดังนี้

1.3.1 ถอดสายพลาสติกที่เชื่อมต่อชุดการทดลองและมาโนมิเตอร์และทำความสะอาดโดยชำระละลายผงซักฟอกสักครู่ ล้างด้วยน้ำ ผึ่งให้แห้งในที่ร่มแล้วเก็บไว้ในที่ร่มอากาศถ่ายเทได้ดี

1.3.2 ถอดเทอร์มอมิเตอร์ และเครื่องวัดความดันก๊าซ ออกจากชุดการทดลองด้วยกุญแจเลื่อน ชุบให้แห้งด้วยกระดาษชำระแล้วเก็บในที่ร่ม

1.3.3 ถอดฝาและลูกสูบออกจากชุดการทดลองทำความสะอาดลูกสูบด้วยสารละลายผงซักฟอก ชะล้างด้วยน้ำแล้วเช็ดให้แห้ง และเก็บไว้ในที่ร่ม

1.3.4 ทำความสะอาดกระบอกสูบทั้งภายในและภายนอก ตลอดจนอ่างน้ำด้วยสารละลายผงซักฟอก เช็ดให้แห้งและเก็บไว้ในที่ร่ม

สำหรับชุดมาโนมิเตอร์แบบปลายเปิดเมื่อเสร็จจากการทดลองทุกครั้งให้ใช้สำลีก้านอุดรูปลายหลอดทั้งสองด้านและเก็บไว้ในที่ปลอดภัย

2. วิธีใช้และการดูแลรักษาชุดทดลองเพื่อศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซ แบ่งออกเป็นขั้นตอนดังนี้

2.1 ขั้นตอนเตรียมล่วงหน้าก่อนการทดลอง

2.1.1 ถอดสกรู ซึ่งยึดกระบอกสูบกับฐานชุดการทดลอง ด้วยกุญแจเหลี่ยม โดยสอดกุญแจเหลี่ยมเข้ากับรูสกรูแล้วหมุนทวนเข็มนาฬิกา

2.1.2 ยกกระบอกสูบออกจากฐาน (ระวางเทอร์มอมิเตอร์) พร้อมกับประคองลูกสูบคู่

2.1.3 ใช้สำลีก้าน ปาดจาราปิไล แล้วทาบริเวณรอบข้างของลูกสูบคู่ ทั้งสองให้ทั่ว

2.1.4 หยอดน้ำมันหล่อลื่นเล็กน้อยที่ข้อต่อต่างๆ ได้แก่ปลายก้านสูบ ข้อเสื่อและ ข้อเหวี่ยง

2.1.5 ติดตั้งกระบอกสูบ ลูกสูบคู่เข้ากับฐานชุดการทดลอง แล้วยึดด้วยสกรูให้แน่นและมั่นคง

2.1.6 ถอดนอตทองเหลือง ออกจากกระบอกสูบ ด้วยกุญแจเลื่อน ตะแคงชุดทดลองพร้อมใส่ลูกกลมโลหะ (ชิ้นส่วนที่ 8) จำนวน 30C ลูก แล้วขันนอตและสกรูเข้ากับกระบอกสูบไว้เช่นเดิม

2.1.7 ทดสอบการทำงานของชุดการทดลองโดยเสียบสายไฟจากหม้อแปลง เข้ากับปลั๊กไฟ และกดสวิตช์ POWER พร้อมกับปรับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าจากน้อยไปหามากที่ปุ่มปรับ V เมื่อสังเกตได้ว่าลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นลงได้เร็วและราบเรียบ จึงกดสวิตช์ POWER เพื่อปิดเครื่อง และเก็บชุดอุปกรณ์เพื่อเตรียมใช้ในการเรียนการสอน

2.2 ขั้นตอนการทดลอง

เพื่อให้ผลการทดลองเกิดประสิทธิผลผู้สอนควรเน้นนักเรียนในเรื่องต่างๆ ก่อนเริ่มทดลอง ดังนี้

2.2.1 การอ่านค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าบนหน้าปัดของหม้อแปลงไฟฟ้า ผู้อ่านต้องมองเข็มชี้วัดในแนวตั้งฉากกับหน้าปัด

2.2.2 การอ่านค่าอุณหภูมิในแต่ละครั้งของการทดลองควรรอให้ค่าอุณหภูมิคงที่ก่อน

2.2.3 มอเตอร์ที่ใช้ในชุดทดลองเป็นมอเตอร์กระแสตรง ใช้กับค่าความต่างศักย์ประมาณ 25 V ดังนั้นผู้สอนควรเน้นนักเรียนไม่ควรใช้ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้ามากกว่า 25 V

2.2.4 ขณะมอเตอร์ทำงานชุดทดลองจะมีการสั่นสะเทือนให้นักเรียนกดที่ฐานชุดการทดลอง เพื่อให้ชุดทดลองทำงานได้อย่างราบเรียบมากที่สุด

2.2.5 หลังการทดลองให้กดสวิตช์ POWER เพื่อปิดเครื่องถอดสายไฟออกจากปลั๊กไฟ และพันสายไฟให้เรียบร้อย

2.3 ขั้นตอนการจัดเก็บชุดการทดลองเพื่อศึกษาทฤษฎีของก๊าซ

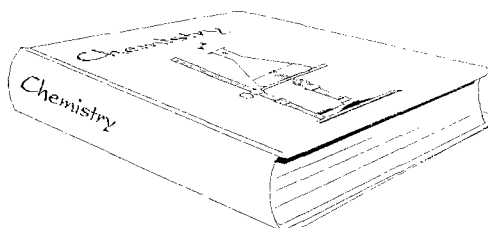
เพื่อคงคุณภาพและยืดอายุการใช้งานชุดทดลองหลังการใช้งานควรปฏิบัติดังนี้

2.3.1 ถอดนอตทองเหลือง ออกจากกระบอกสูบยกที่ฐานชุดทดลองพร้อมกับตะแคงเพื่อนำลูกทรงกลมโลหะออกจากชุดการทดลอง เก็บนอตและสกรู ลูกทรงกลมโลหะใส่กล่องพลาสติก

2.3.2 ถอดสกรู ด้วยกุญแจเหล็ยออกมาพร้อมกับขยกระบอกสูบออก ทำความสะอาดลูกสูบคู่ และทรงกระบอกโดยใช้กระดาษชำระ แล้วติดตั้งกระบอกสูบ ลูกสูบคู่ ไว้บนฐานชุดทดลองเหมือนเดิม

2.3.3 ขั้นตอนการทำความสะอาดต่างๆ ต้องระวังอย่าให้น้ำหรือสารละลายผงซักฟอกถูกมอเตอร์และหม้อแปลง

2.3.4 เก็บชุดการทดลองไว้ในที่ร่มเย็น (อากาศถ่ายเทได้ดี)



ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นางพรวิทย์ มโนพญา
วันเดือนปีเกิด	25 เมษายน 2500
สถานที่เกิด	ภาษีเจริญ กรุงเทพฯ
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	33/30 แขวงบางด้วน เขตภาษีเจริญ กรุงเทพฯ 10160
ตำแหน่งหน้าที่การงานในปัจจุบัน	อาจารย์ 2 ระดับ 7
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนวัดรางบัว เขตภาษีเจริญ กรุงเทพฯ
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2517	มัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวิมุตยารามพิทยากรณ์ กรุงเทพฯ
พ.ศ. 2519	ป.กศ. สูง (วิชาเอกวิทยาศาสตร์ทั่วไป) สถาบันราชภัฏธนบุรี กรุงเทพฯ
พ.ศ. 2521	คบ. (วิชาเอกวิทยาศาสตร์ทั่วไป) สถาบันราชภัฏธนบุรี กรุงเทพฯ
พ.ศ. 2544	กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร