

การศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟและเชื้อเพลิงในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้แบบเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติ

ปริญญานิพนธ์

ของ

อรรพ บุญถนอม

THE LIBRARY
COLLEGE OF EDUCATION
BANGKOK, THAILAND

21 ก.ค. 18

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

7 มีนาคม 2518

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิสิตได้พิจารณาปัญหานี้อย่างรอบคอบแล้ว
เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิตของ
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

..... ประธาน
..... กรรมการ

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ เพราะผู้วิจัยได้รับคำแนะนำและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก อาจารย์สมศักดิ์ แสนสุข และอาจารย์อังคณา สายยศ ผู้วิจัยของกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณอาจารย์ถาวร เพชรสงค์ และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2517 ของโรงเรียนชลราษฎรอำรุง จังหวัดชลบุรี ที่ได้ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนช่วยเหลือในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

อรรณพ บุญถนอม

สารบัญ

บท	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	4
สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า	4
ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า	5
ขอบเขตของงาน	5
ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า	6
คำนิยามศัพท์เฉพาะ	6
2 เอกสารและการวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
3 วิธีดำเนินการ	17
สร้างแบบเรียนโปรแกรม	17
สร้างแบบทดสอบ	18
การเลือกกลุ่มตัวอย่าง	19
การดำเนินการทดลอง	20
การจัดกระทำข้อมูล	21
การวิเคราะห์ข้อมูล	22
4 ผลการทดลอง	24
การเปรียบเทียบคะแนนความรู้พื้นฐาน	24
การเปรียบเทียบคะแนนความรู้พื้นฐานกับคะแนนผลสัมฤทธิ์ในการเรียน	25
การเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ในการเรียน	27
การเปรียบเทียบคะแนนทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการเรียน	28

5	สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	30
	ความมุ่งหมายของการวิจัย	30
	สมมติฐานของการวิจัย	30
	สรุปผลการวิจัย	32
	อภิปรายผล	32
	ข้อเสนอแนะ	34
	บรรณานุกรม	37
	ภาคผนวก	42
	ภาคผนวก ก.	
	ภาคผนวก ข.	
	ภาคผนวก ค.	

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	จำนวนกลุ่มตัวอย่างในการทดลอง แยกตามเพศ	19
2	เปรียบเทียบคะแนนวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนการ เรียนรู้ของนักเรียน ในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	20
3	ความแตกต่างของคะแนนความรู้พื้นฐานระหว่างนักเรียนในกลุ่ม ทดลองและกลุ่มควบคุม	25
4	ความแตกต่างระหว่างคะแนนความรู้พื้นฐานกับคะแนนผลสัมฤทธิ์ ในการเรียนของนักเรียนในกลุ่มทดลอง	26
5	ความแตกต่างของคะแนนความรู้พื้นฐานกับคะแนนผลสัมฤทธิ์ในการ เรียนของนักเรียนในกลุ่มควบคุม	26
6	ความแตกต่างของคะแนนผลสัมฤทธิ์ในการ เรียนระหว่างนักเรียน ในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	27
7	ความแตกต่างของคะแนนทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ในการทดสอบ ครั้งแรกและครั้งหลังของนักเรียนในกลุ่มทดลอง	28
8	ความแตกต่างของคะแนนทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ในการทดสอบ ครั้งแรกและครั้งหลังของนักเรียนในกลุ่มควบคุม	29

ภูมิหลัง

การศึกษานับว่าเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาประเทศ โดยที่การศึกษาสามารถช่วยพัฒนาประชากรของประเทศให้มีประสิทธิภาพที่จะทำให้เศรษฐกิจและสังคมดีขึ้นได้ ฉะนั้นประเทศต่าง ๆ จึงพยายามจัดและส่งเสริมการศึกษาควบคู่ไปกับการพัฒนาประเทศด้วยกัน ในฐานที่ประเทศไทยเป็นประเทศที่กำลังพัฒนาประเทศหนึ่ง จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการปรับปรุงทางด้านการศึกษาให้มีประสิทธิภาพทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ แต่การจัดการศึกษาในปัจจุบันประเทศไทยและประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกมักจะประสบปัญหาที่สำคัญในการจัดการศึกษาในลักษณะที่คล้าย ๆ กัน กล่าวคือ ปริมาณนักเรียนเพิ่มขึ้นควบอัตราที่รวดเร็วจนรัฐไม่อาจจะจัดบริการด้านการศึกษาได้อย่างทั่วถึง และมีประสิทธิภาพได้เท่าที่ควร โรงเรียนไม่พอที่จะรับนักเรียน จำนวนครูขาดแคลน งบประมาณทางการศึกษามีจำนวนจำกัด ความต้องการทางการศึกษาในชั้นสูงเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้การจัดการศึกษาไม่ได้ผลเท่าที่ควร เมื่อเป็นเช่นนี้จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องนำเทคโนโลยีและแนวคิดใหม่ ๆ มาใช้ในการจัดการศึกษาตามความเหมาะสมเพื่อแก้ปัญหา และปรับปรุงการจัดการศึกษาให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ

การสอนแบบโปรแกรม (Programmed Instruction) นับได้ว่าเป็นเทคนิคใหม่ทางการศึกษาอันเป็นความพยายามของนักการศึกษา ที่จะพัฒนาและปรับปรุงการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และกำลังมีบทบาทมากในวงการการศึกษาของโลกปัจจุบัน (Smith, 1962 : 5) ซึ่งผู้วิจัยหวังว่าจะช่วยแก้ปัญหาการจัดการศึกษาของเมืองไทยได้ เช่น อาจช่วยผ่อนคลายครู และสอนนักเรียนได้คราวละมาก ๆ ทำให้นักเรียนมีโอกาสเรียนกันได้มากขึ้นโดยไม่ต้องเพิ่มจำนวนครูมากนัก เพราะแบบเรียนโปรแกรมจะช่วยให้นักเรียนเรียนด้วยตนเอง จึงไม่จำเป็นต้องเรียนที่โรงเรียนก็ได้ ทั้งแบบเรียน

โปรแกรมสามารถช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้พอ ๆ กับนักเรียนที่เรียนจากการสอนของครูตามปกติ (ปรีชา คุนวลดี, 2515 : 26)

ในระบบการสอนปัจจุบัน การที่จะสอนนักเรียนแต่ละคนเป็นสิ่งที่เป็นไปได้ และนักเรียนทุกคนมีความสามารถความคืดความอ่านไม่เหมือนกัน ไม่สามารถจะเข้าใจบทเรียนบทหนึ่ง ๆ ได้ในเวลาเท่า ๆ กัน (สุภา ภูชงกุล, 2515 : 162) ทำให้ครูไม่สามารถที่จะจัดการเรียนการสอนให้ก้าวหน้าไปตามความต้องการได้ สิ่งที่จะช่วยให้นักเรียนเรียนได้ตามความสามารถมากขึ้นอย่างหนึ่งก็คือ แบบเรียนโปรแกรม (วิจิตร ศรีใสอน, 2512 : 16) เพราะว่าการสอนแบบโปรแกรมเป็นการสอนแบบเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนด้วยตนเองเป็นส่วนใหญ่ โปรแกรมจะจัดประสบการณ์และกิจกรรมให้นักเรียนได้เรียนแต่ละคนได้ทำเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ นักเรียนแต่ละคนเรียนรู้ได้เร็วช้าไปตามความสามารถของตน (Hartley, 1972 : 12)

แบบเรียนโปรแกรมมีลักษณะคล้ายแบบเรียนที่ใช้อยู่โดยปกติ แต่เนื้อหาภายในได้รับการแตกย่อยและจัดลำดับขึ้นจากสิ่งที่ย่างไปหาสิ่งที่ยากทีละน้อย ๆ ผู้เรียนสามารถเรียนด้วยตนเองโดยศึกษาไปตามลำดับขั้น และปฏิบัติไปตามคำแนะนำที่กำหนดไว้ในแบบเรียน แบบเรียนนี้จะทำหน้าที่แทนครูเป็นรายตัว (Tutor) แก่นักเรียน และจะทำให้กระทำพฤติกรรมตามกำหนด และจัดไว้ให้จนในที่สุดนักเรียนจะเกิดความรู้ตามที่แบบเรียนกำหนดไว้ว่าจะสอน (Schramm, 1964 : 1) โดยยึดหลักการทางจิตวิทยาตามทฤษฎีสิ่งเร้ากับการตอบสนอง (Stimuli - Response) คือเมื่อสิ่งเร้ามากระทำต่อนักเรียน นักเรียนจะตอบสนอง แล้วตามด้วยการเสริมแรง (Reinforcement) โดยให้รู้เรียนทราบผลของการตอบสนองของเขาทันที จะทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ขึ้น (ประทีป สยามชัย, 2510 : 224)

จาโคบส์ เมเออร์ และสโตลูโรว์ (Jacobs Hier and Stalulow) กล่าวว่าแบบเรียนโปรแกรมนั้นวางอยู่บนรากฐานทางจิตวิทยาการศึกษาที่สำคัญ ๆ ดังนี้

1. จัดวางเนื้อหาตามจุดมุ่งหมายที่จะให้ผู้เรียนได้เรียนรู้
2. เรียงเนื้อหาเป็นชั้น ๆ ตามลำดับอย่างมีประสิทธิภาพ
3. เสนอเนื้อหาอย่างมีระเบียบเป็นเรื่อง ๆ ไป
4. นักเรียนได้มีส่วนร่วม (Active Involving) อย่างที่ควยตนเอง
5. ใหญ่ผลของการกระทำทันที
6. นักเรียนได้มีโอกาสก้าวไปตามความสามารถและความถนัดของตนเอง
7. นักเรียนได้เรียนรู้จากจุดที่ตนยังบกพร่องหรือเข้าใจผิดได้ (Jacobs

Mier and Stalurow, 1966 : 11 - 18)

สำหรับวิธีการสอนแบบเรียนโปรแกรมเป็นการสอนให้เด็กเรียนเอง โดยมีหลักใหญ่ ๆ ของการสอน 3 ประการคือ

1. อธิบายบทเรียน และให้นักเรียนตอบคำถามเกี่ยวกับบทเรียนนั้น ท้าย ๆ

ขอ

2. มีวิธีทำให้นักเรียนทราบทันทีว่าคำตอบของตนถูกหรือผิด

3. ให้นักเรียนมีโอกาสเรียนควยตนเอง และเวลาเรียนสำหรับบทเรียนหนึ่ง ๆ

ขึ้นอยู่กับสติปัญญาความสามารถของนักเรียนแต่ละคน (สุภา ฤชงกุล, 2515 : 162)

ในลักษณะเช่นนี้ การเรียนการสอนโดยโปรแกรมจึงไม่จำเป็นต้องเรียนในโรงเรียน เพียงแต่จัดขบวนการเรียนและการวัดผลให้เหมาะสมเพื่อให้บรรลุตามความมุ่งหมายของการจัดการศึกษา

ปัจจุบันโลกมีความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ จะเห็นได้จากผลผลิตอันเป็นสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์ ช่วยทำให้มนุษย์เรามีความสะดวกสบายต่อการดำรงชีวิต และมีบทบาทสำคัญต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์มาก ทั้งนี้เพราะการศึกษาฝ่ายวิทยาศาสตร์สามารถทำให้คนมีความรู้ มีทักษะในการทำงานและสามารถประดิษฐ์สิ่งใหม่ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งความก้าวหน้าและความสำคัญทางวิทยาศาสตร์เป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งในการพัฒนาประเทศ สามารถที่จะทำให้ประเทศเจริญก้าวหน้าและมีฐานะทางเศรษฐกิจมั่นคงได้ โดยเหตุนี้การศึกษาฝ่ายวิทยาศาสตร์จึงเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญมากในโลกปัจจุบัน ควรจะให้นักเรียนได้มีโอกาสเรียนวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ชั้นประถมศึกษา

เป็นต้นไป เพื่อให้ให้นักเรียนได้รับความรู้ ทักษะ ระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์ และทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะได้เป็นพลเมืองที่สามารถ (พิทักษ์ รัชพลเดช, 2513 : 12)

สำหรับประเทศไทยการจัดการศึกษายังขยายไปสู่ประชากรของประเทศน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับประชากรทั้งหมด วิชาการต่าง ๆ ตลอดจนความรู้ ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์จึงมีได้แพร่หลายเท่าที่ควร ซึ่งจะเป็นสาเหตุหนึ่งที่จะทำให้ประเทศชาติพัฒนาไปไม่ได้ตามต้องการ ผู้วิจัยได้ตระหนักถึงความสำคัญเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวนี้ จึงได้สร้างแบบเรียนโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องไฟและเชื้อเพลิงในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ขึ้นทดลองใช้ และวิจัยเปรียบเทียบกับการสอนตามปกติ เพื่อต้องการทราบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของทั้งสองแบบ ซึ่งผู้วิจัยคิดว่า นอกจากจะช่วยเผยแพร่ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์แล้ว ยังช่วยให้มีแบบเรียนโปรแกรมขึ้นใช้ในประเทศอีกด้วย ✓

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ตั้งจุดมุ่งหมายไว้ดังนี้

(1). เพื่อสร้างแบบเรียนโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องไฟและเชื้อเพลิงสำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

(2). เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องไฟและเชื้อเพลิงของนักเรียนจากการเรียนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรมที่สร้างขึ้นกับการสอนตามปกติของครู

(3). เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Attitude) ของนักเรียนหลังจากทำการสอนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรมและการสอนตามปกติ

สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า

1. ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องไฟและเชื้อเพลิงของนักเรียนกลุ่มที่ใช้แบบเรียนโปรแกรมสูงกว่ากลุ่มที่ใช้การสอนตามปกติของครู

(2) ผลจากการทดสอบวัดทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งกลุ่มที่ใช้แบบเรียนโปรแกรม และกลุ่มที่สอนตามปกติหลังจากการเรียนรู้แล้วสูงกว่าก่อนการเรียนรู้

ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

1. การศึกษาครั้งนี้จะช่วยเผยแพร่วิธีสอนวิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบเรียนโปรแกรม
2. เพื่อเป็นการช่วยแบ่งเบาภาระครูในเรื่องการสอน
3. เพื่อเป็นแนวทางที่จะแก้ปัญหาการขาดแคลนครูวิชาวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรมช่วยเหลือ
4. เพื่อเป็นแนวทางที่ครูวิทยาศาสตร์จะได้ศึกษาและทดลองสร้างแบบเรียนโปรแกรมขึ้นใช้ด้วยตนเอง
5. เป็นการเสริมสร้างแนวคิดในการนำเทคโนโลยีทางการศึกษามาปรับปรุงการสอนวิทยาศาสตร์ของครู

ข้อตกลงเบื้องต้น

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ถือว่าอยู่บนรากฐานสำคัญดังนี้

1. นักเรียนกลุ่มทดลองและควบคุมมีความสามารถในการเรียนพอ ๆ กัน
2. นักเรียนในกลุ่มทดลองมีความจริงใจในอันที่จะใช้ความสามารถของตนเรียนจากแบบเรียนโปรแกรม
3. แบบเรียนโปรแกรมที่สร้างขึ้น มีความสมบูรณ์ในเนื้อหาวิชาเฉพาะหน่วยที่จะทดลองสอนตามหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของกระทรวงศึกษาธิการ พุทธศักราช 2503

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

1. กลุ่มตัวอย่างได้แก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนชลราษฎรอำรุง อ.เมือง จ.ชลบุรี ซึ่งแบ่งนักเรียนเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มควบคุม มีนักเรียน 35 คน เรียนจากการสอนตามปกติของครู และกลุ่มทดลองมีนักเรียน 35 คน เรียนจากแบบเรียนโปรแกรม

2. การทดลองกระทำในภาคเรียนที่ 3 ปีการศึกษา 2517 โดยใช้เวลาดทดลอง 10 ชั่วโมง

3. แบบเรียนโปรแกรมวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยสร้างขึ้นเองเพื่อใช้ในการทดลองครั้งนี้เท่านั้น

4. ผู้วิจัยทำหน้าที่ควบคุมการเรียนของนักเรียนในกลุ่มทดลองด้วยตนเอง และครูสอนวิชาวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนชลราษฎรอำรุงจะเป็นผู้สอนในกลุ่มควบคุม โดยใช้เนื้อหาเดียวกันและใช้เวลาเรียนเท่ากัน

คำนิยามศัพท์เฉพาะ

1. แบบเรียนโปรแกรม หมายถึงแบบเรียนโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟและเชื้อเพลิง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเองเพื่อทำการทดลองครั้งนี้เท่านั้น

2. นักเรียนหมายถึงนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนชลราษฎรอำรุง โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ

ก. กลุ่มทดลอง เป็นนักเรียนที่เรียนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรม

ข. กลุ่มควบคุม เป็นนักเรียนที่เรียนจากการสอนตามปกติของครู

3. ครู หมายถึงผู้วิจัยและครูประจำวิชาวิทยาศาสตร์ ที่สอนกลุ่มควบคุม

4. การสอนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรม คือ ขบวนการเรียนที่นักเรียนเรียนจากแบบเรียนโปรแกรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น และผู้วิจัยเป็นผู้ควบคุมการเรียนของนักเรียน

5. การสอนตามปกติ คือ ขบวนการเรียนที่นักเรียนเรียนจากการสอนของครูประจำวิชาวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนโดยไม่ใช้แบบเรียนโปรแกรม

6. คะแนนความรู้พื้นฐานหมายถึง คะแนนจากการทดสอบก่อนการทดลอง โดยใช้แบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างเอง

7. คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คะแนนจากการทดสอบทันที หลังจากทดลองการสอนจบ

8. คะแนนทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง คะแนนจากการทดสอบโดยใช้แบบสอบถามทั้งก่อนและหลังการทดลอง

9. ทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Attitude) หมายถึง ลักษณะดังต่อไปนี้

- 9.1 ออยากรู้อยากเห็นในสิ่งแวดล้อม
- 9.2 เชื่อว่าผลต่าง ๆ จะเกิดขึ้นได้ก็เพราะเหตุ
- 9.3 เป็นคนที่ยอมรับฟังความจริงใหม่ ๆ
- 9.4 ใช้ความคิดอย่างมีเหตุผล
- 9.5 ไม่เชื่อในโชคลาง หรือคำทำนายที่ไม่มีเหตุผล
- 9.6 พร้อมที่จะเปลี่ยนความเชื่อเมื่อพบหลักฐานใหม่
- 9.7 พร้อมที่จะยอมรับความจริง เมื่อมีการพิสูจน์ที่เชื่อถือได้
- 9.8 ยอมรับนับถือความคิดของผู้อื่น
- 9.9 เป็นผู้ซื่อตรง อคทน ยุติธรรม และละเอียดละออ (พิทักษ์ รัชพลเดช,

เอกสารและการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แบบเรียนโปรแกรม (Programmed Instruction) เป็นแบบเรียนที่จัดทำไว้สำเร็จสมบูรณ์ อาจมาในลักษณะของเครื่องสอน (Teaching Machines.) หรือรูปเล่มหนังสือ (Programmed Textbook) ผู้เรียนจะต้องอ่านคำสั่งที่ระบุไว้ในบทเรียน แล้วปฏิบัติตามทีละขั้น แบบเรียนโปรแกรมจึงเป็นเครื่องมืออัตโนมัติชนิดหนึ่ง ที่ผู้เรียนใช้ศึกษาหาความรู้ที่ต้องการได้ด้วยตนเอง (คณะนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2512 : 204)

แบบเรียนโปรแกรมคือบทเรียนที่แบ่งออกเป็นส่วนย่อย ๆ สั้น ๆ เรียกว่ากรอบ (Frame) แต่ละกรอบบรรจุคำอธิบายและคำถามต่อเนื่องกันไป เริ่มจากระดับที่ง่ายมากและยากขึ้นตามลำดับ กรอบเหล่านี้เป็นวิธีชักนำให้เด็กนักเรียนรู้แกนสารของบทเรียนนั้น (สุภา ฤชชกุล, 2515 : 162)

การสอนแบบโปรแกรม หมายถึงการลำดับประสบการณ์ที่จัดวางไว้สำหรับนำผู้เรียนไปสู่ความสามารถโดยอาศัยหลักความสัมพันธ์ของสิ่งเร้ากับการตอบสนอง (เป็รื่อง กุมุท, 1516 : 1) ซึ่งเป็นวิธีสอนที่สอดคล้องกับปรัชญาการศึกษาแบบโปรเกรสซีฟ (Progressive Education) เพราะนอกจากจะใส่ใจหลักการให้รางวัลเป็นสิ่งที่ล่อใจแล้วยังทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนอย่างสำคัญอีกด้วย (Fry, 1963 : 23 - 24) และเป็นการสอนชนิดหนึ่งที่เปิดโอกาสให้นักเรียนเรียนจากโปรแกรมด้วยตนเองเป็นส่วนใหญ่ ครูเป็นเพียงผู้แนะนำและสอนสิ่งซึ่งใช้วิธีสอนแบบโปรแกรมไม่เป็นผลเท่านั้น (อุดม มุงเกษม, 2513 : 1)

ลักษณะของการสอนแบบโปรแกรม ฟราย (Fry, 1963 : 2) ได้กล่าวถึงลักษณะของการสอนแบบโปรแกรมไว้ดังนี้

1. เนื้อหาวิชาได้ถูกแตกออกเป็นหน่วยเล็ก ๆ เรียกว่ากรอบ (Frame) ซึ่งกรอบเหล่านี้มีขนาดแตกต่างกัน ตั้งแต่ประโยคจนถึงตอน (Paragraph)
2. ภายในแต่ละกรอบจะต้องให้นักเรียนมีการตอบสนอง (Response) เช่น ตอบคำถามหรือเติมข้อความลงในช่องว่าง ทำให้นักเรียนแต่ละคนได้มีส่วนร่วมในการเรียนกิจกรรมต่าง ๆ ที่ให้นักเรียนทำเพื่อให้เกิดความเข้าใจในเนื้อหา
3. นักเรียนได้รับการเสริมแรงแบบตอบกลับทันที (Immediate Feedback reinforcement) คือจะได้ทราบคำตอบที่ถูกต้องทันที ซึ่งถ้าเขาตอบถูกต้องก็จะเป็นการให้รางวัล หรือเป็นการเสริมแรง แต่คำตอบผิดก็จะได้แก่ความเข้าใจที่ผิดที่ทันที
4. หน่วยต่าง ๆ ได้ถูกจัดเรียงลำดับต่อเนื่องกันไป เนื่องจากเนื้อหาถูกแตกออกเป็นหน่วยเล็ก ๆ ผู้เขียนโปรแกรมจึงต้องคิดอย่างรอบคอบเกี่ยวกับลำดับขั้นของการเรียนรู้ ผลก็คือทำให้ลำดับขั้นของการนำเสนอแยกการเข้าใจยิ่งขึ้น
5. โปรแกรมยึคนักเรียนเป็นศูนย์กลาง คือโปรแกรมแต่ละเรื่องที่จะเขียนขึ้นจะต้องได้นำไปทดลองกับนักเรียนจำนวนหนึ่ง เพื่อหาข้อบกพร่องและปรับปรุงส่วนที่เป็นปัญหารวมทั้งเชื่อแน่ว่าสอนนักเรียนได้ผลตามจุดมุ่งหมาย แล้วจึงนำออกใช้
6. โดยปกตินักเรียนมีอิสระที่จะเรียนไปตามอัตราเร็วในการเรียนของตัวเอง ไม่ขึ้นกับคนอื่น

วิลเลียม คลาร์ก ไทรว์ (William Clark Trow, 1965 : 93) ได้สรุปลักษณะของแบบเรียนโปรแกรมที่ใช้ในการสอนนี้ว่า

1. เนื้อหาที่เรียนประกอบด้วยขั้นย่อย ๆ ที่ต่อเนื่องกันไปอย่างมีเหตุผล
2. ผู้เรียนจะต้องตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่เสนอให้ในแบบเรียน
3. ผู้เรียนสามารถเรียนได้ตามความสามารถของตนเอง
4. ผู้เรียนสามารถทราบผลการตอบสนองของตนทันที
5. การตอบสนองที่ถูกต้องจะก่อให้เกิดแรงเสริมในการตอบสนองครั้งต่อไป

สำหรับผลดีของการสอนแบบโปรแกรมที่มีต่อครู นักเรียน และวงการศึกษ
เจมส์ ดี ฟินน์ (Jame. D. Flinn, 1962, 19 - 21) ได้กล่าวไว้ดังนี้

1. การสอนแบบนี้เสมือนกับการสอนนักเรียนเป็นรายบุคคล ซึ่งสามารถแก้ไข
ปัญหาความแตกต่างระหว่างบุคคลของนักเรียนได้

2. การใช้วิธีสอนแบบนี้ จะช่วยยกฐานะของครูให้สูงขึ้นให้สมกับเป็นนักการ
ศึกษา เพราะการนำเอาเครื่องมือหรือวิธีการใหม่เข้ามาใช้ย่อมเป็นการกระตุ้น และ
ผลักดันให้ครูจำเป็นต้องเพิ่มความรู้ ความคิด ความสามารถและประสบการณ์ของตนให้
มากขึ้น

3. การนำเอาเครื่องมือหรือวิธีสอนใหม่เข้ามาใช้ในวงการศึกษ ย่อมก่อ
ให้เกิดแนวทางในด้านการค้นคว้าวิจัย เพื่อปรับปรุงการศึกษาให้ได้ผลดียิ่งขึ้น

ชนิดของแบบเรียนโปรแกรม ถ้าพิจารณาดูชนิดของการตอบสนอง แบบโปรแกรม
ได้เป็นสองประเภทคือ แบบที่ผู้เรียนสร้างคำตอบเอง (Constructed-Response)
และแบบที่มีคำตอบไว้ให้เลือก (Multiple - Choice) ซึ่งแบบแรกนั้นขึ้นกับความ
สามารถของนักเรียนที่จะนึกได้ (Recall) ส่วนแบบหลังขึ้นกับความสามารถที่จะจำ
ได้ (recognition) แต่ถ้ามองตามเทคนิคการเรียนโปรแกรม ก็แบ่งออกเป็นประ
เภทใหญ่ ๆ ได้สองประเภท คือโปรแกรมแบบเชิงเส้นตรง (Linear) และโปรแกรมแบบ
สาขา (Branching) โดยปกติแล้วโปรแกรมแบบเชิงเส้นตรงมักใช้การตอบสนองแบบสร้าง
คำตอบเอง ส่วนโปรแกรมแบบสาขา มักใช้การตอบสนองแบบเลือกคำตอบซึ่งมีไว้ให้แล้ว
(บรรชา รัตนชัย, 2516 : 8)

โปรแกรมแบบเชิงเส้นตรง (Linear Programme) สโตลูโรว์
(Stolurow, 1961 : 12) ได้กล่าวถึงลักษณะของโปรแกรมแบบเชิงเส้นตรงว่า
โปรแกรมแบบนี้จัดลำดับของกรอบปัญหาให้นักเรียนเป็นแบบตายตัว นักเรียนจะต้องทำ
ตั้งแต่กรอบแรกไปจนถึงกรอบสุดท้ายตามลำดับ ไม่มีการข้ามกรอบใด ๆ เลย ทุก ๆ คน
ไม่ว่าจะมีระดับสติปัญญาแตกต่างกันอย่างไรก็ต้องทำเหมือนกัน เพราะผู้สร้างโปรแกรม
ชนิดนี้ถือว่า ผู้ที่เรียนจากโปรแกรมแล้วจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทัดเทียมกัน ส่วนความ
แตกต่างที่จะปรากฏออกมาจะเฉพาะในเรื่องช่วงเวลาในการเรียน

ฟราย (Fry, 1963 : 4) ได้สรุปลักษณะของโปรแกรมแบบเชิงเส้นตรงว่ามีลักษณะดังนี้คือ

1. ใช้หน่วยเล็ก ๆ (กรอบ) เชื่อมแล้วมีความยาวสองประโยค
2. ต้องการให้นักเรียนตอบสนองโดยการเขียนคำตอบสั้น ๆ
3. ใช้ขั้นเล็ก ๆ ง่าย ๆ ในการเสนอชั้นความรู้
4. โดยทั่วไปแล้วจัดเรียงลำดับแบบเชิงเส้นตรง (Linear arrangement)

โปรแกรมแบบสาขา (Branching Programme) โปรแกรมแบบนี้ให้ความสำคัญของความแตกต่างทางระดับปัญญาในระหว่างผู้เรียนด้วยกัน ฉะนั้นการตอบสนองของผู้เรียนในโปรแกรมจึงใช้แบบเลือกคำตอบ จากการเลือกคำตอบของผู้เรียนนี้แต่ละคนจะก้าวหน้าไปในลักษณะที่แตกต่างกัน ผู้เรียนที่ตอบสนองได้ถูกต้องแสดงว่ามีความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนแล้ว ก็อาจจะข้ามกรอบปัญหาบางกรอบที่ไม่จำเป็นสำหรับเขาไปได้ ทำให้ทุนเวลาในการเรียนได้มากยิ่งขึ้น ส่วนผู้ตอบไม่ถูก ซึ่งแสดงว่ายังไม่เข้าใจบทเรียนในกรอบใดกรอบหนึ่งนั้น โปรแกรมก็จะนำเขาไปสู่กรอบปัญหาซึ่งจัดไว้เพื่อชี้แจงว่าทำไมเขาจึงตอบผิด แล้วจึงกลับมาตอบปัญหาในกรอบเดิมให้ถูกต้องเสียก่อนที่จะก้าวไปสู่กรอบปัญหาที่ต้องการต่อไป (Stolurow, 1961 : 13)

ต่อมาได้มีการสร้างโปรแกรมที่รวมทั้งแบบสร้างคำตอบเอง และแบบสาขาเข้าด้วยกัน เรียกว่า Sheffield System ซึ่งพัฒนาโดยแผนกจิตวิทยาของมหาวิทยาลัย Sheffield ซึ่งใช้ได้ทั้งในเครื่องสอนและในรูปของแบบเรียน (Austwick, 1964 : 20) ในระยะหลัง ๆ การสอนแบบโปรแกรมก็ได้รับการพัฒนาไปสู่แนวทางใหม่ ๆ ยิ่งขึ้น ผู้เขียนโปรแกรมพยายามที่จะไม่ยึดหลักของโปรแกรมแบบตรง และแบบสาขาเป็นเกณฑ์ตายตัวในการเขียน คือเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสม การเขียนโปรแกรมมีความโน้มเอียงที่จะใช้วิธีการวิเคราะห์งาน (Task Analysis) เกี่ยวกับการเรียนรู้ทางหลักจิตวิทยาเป็นเครื่องนำทาง (Leith, 1966 : 97)

สำหรับการวิจัยเกี่ยวกับการเปรียบเทียบการสอนแบบโปรแกรม กับการสอนตามปกติของครูนั้น มีนักการศึกษาและผู้สอนหลายท่านได้วิจัยไว้หลายแบบด้วยกัน ซึ่งจะขอกล่าวเป็น 2 ตอนคู่กันคือ

1. การวิจัยในต่างประเทศ
2. การวิจัยในประเทศไทย

1. การวิจัยในต่างประเทศ

การวิจัยเกี่ยวกับการเปรียบเทียบการสอนแบบโปรแกรมกับการสอนโดยวิธีปกติ ในต่างประเทศนั้นมีนักการศึกษาได้ทำการวิจัยไว้มากพอควร และทำกันในหลายสาขาวิชา แต่ในที่นี้จะยกตัวอย่างเฉพาะในวิชาวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เช่น

✓ คัทตัน (Dutton, 1963 : 24 - 2382) ได้วิจัยเปรียบเทียบการสอนแบบเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติในวิชา แสง เสียง และความร้อน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้น 4 จำนวน 111 คน ของโรงเรียนในรัฐเวอร์จิเนีย โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มทดลองสอนด้วยแบบเรียนโปรแกรม และกลุ่มควบคุมสอนด้วยวิธีปกติ ทั้ง 2 กลุ่ม สอนในเนื้อหาเดียวกันเป็นเวลา 5 สัปดาห์ แล้วนำเอาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของทั้ง 2 กลุ่ม มาเปรียบเทียบกัน ผลปรากฏกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุม และทั้งครูและนักเรียนรู้สึกพอใจที่จะใช้แบบเรียนโปรแกรมในการเรียนมาก

ซาเคอโคท (Sacerdote, 1962 : 390) ได้ทดลองสอนแบบโปรแกรมในวิชาเคมีทั่วไปแก่นักศึกษาของมหาวิทยาลัย Fairleigh Dickenson กลุ่มทดลองสอนโดยใช้โปรแกรม กลุ่มควบคุมสอนโดยวิธีปกติ แต่ละกลุ่มมีนักเรียนจำนวน 46 คน เท่ากัน มี I.Q. เท่ากันและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากปีก่อนเท่ากัน ในวิชาภาษาอังกฤษ คณิตศาสตร์ และฟิสิกส์ การทดสอบย่อย (Guizz) และทดสอบครั้งสุดท้าย ไขข้อสอบเดียวกัน ปรากฏว่า ผลการสอบของทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกัน แต่นักศึกษากลุ่มทดลองสอบตก 1 คน ส่วนนักศึกษากลุ่มควบคุมสอบตก 5 คน ผู้วิจัยได้ให้ข้อคิดเห็นว่าการสอนแบบโปรแกรมนี้นี้เป็นผลดีแก่นักศึกษาที่อยู่ในระดับปานกลาง และต่ำกว่าปานกลาง

ฟรานซิส (Francis, 1967 : 3338-A) ได้ทำการวิจัยเปรียบเทียบผลการสอนแบบโปรแกรมกับแบบปกติในเรื่อง "Ohm's Law and Power in D.C. Circuit" สำหรับระดับวิทยาลัยทดลองกับนักเรียนที่ มีเลอว์ วิลล์ สเตท คอลเลจ

โดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 30 คน คือกลุ่มทดลองสอนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรม และกลุ่มควบคุมสอนตามปกติโดยใช้วิธีการบรรยายประกอบการสาธิต ทั้ง 2 กลุ่มเรียนสัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง ในเนื้อหาวิชาเดียวกัน เมื่อสอนจบแล้ววัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน นำมาเปรียบเทียบกันปรากฏว่าทั้ง 2 กลุ่ม มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

มอริเบอร์ (Moriber, 1969 : 214) ได้ทำการวิจัยเปรียบเทียบผลการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ เรื่อง ทฤษฎีอะตอมและพันธะเคมี ในระดับวิทยาลัย โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองสอนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรมที่เขาสร้างขึ้นจำนวน 536 กรอบ กับกลุ่มควบคุมสอนโดยวิธีปกติทั้ง 2 กลุ่ม มีนักศึกษา 120 คนเท่ากัน ใช้เวลาสอน 3 สัปดาห์ เมื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากสอนจบแล้วทันที พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

ยัง (Young, 1971 : 1989-A) ได้ทำการวิจัยเปรียบเทียบผลการเรียนวิชาเคมีในเนื้อหาวิชาเคมี 1015 ที่มหาวิทยาลัย Oklahoma State โดยเปรียบเทียบกันระหว่างกลุ่มที่เรียนโดยวิธีสอนแบบปกติ กับวิธีสอนแบบโปรแกรม โดยใช้แบบเรียนโปรแกรมในรูปเอกสารประกอบการสอน (Supplementary Programmed Method) ผลปรากฏว่ากลุ่มทดลองโดยใช้แบบเรียนโปรแกรมมีแนวโน้มที่จะได้คะแนนผลสัมฤทธิ์สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่สอนตามปกติอย่างมีนัยสำคัญ

เดย์ (Day, 1959 : 591) ได้ทดลองใช้แบบเรียนโปรแกรมแบบสาขา (Scrambled Book) เรื่องทฤษฎีจลน์ของก๊าซ สอนนักศึกษาของมหาวิทยาลัยโอไฮโอจำนวน 3 ห้องเรียน เป็นนักเรียนที่เรียนวิชาเคมีทั่วไป 2 ห้องเรียน และที่เรียนวิชาฟิสิกส์เคมี 1 ห้องเรียน ในแต่ละห้องจะมีนักศึกษาจำนวนครึ่งหนึ่งที่เรียนโดยใช้โปรแกรม ส่วนนักศึกษาอีกครึ่งหนึ่งสอนโดยวิธีปกติ เมื่อสอบกลางเทอมปรากฏว่าพวกที่เรียนโดยใช้โปรแกรมได้คะแนนสูงกว่าพวกหลังราว 20 เปอร์เซ็นต์ และพวกที่เรียนจากโปรแกรมให้ข้อคิดเห็นวาทเรียนนี้รู้สึกว่าง่าย เขาต้องการบทเรียนที่ยากกว่านี้

สตรีกแลนด์ (Strickland, 1972 : 2510 - A) ได้ทำการวิจัยเปรียบเทียบผลของการสอนแบบโปรแกรมกับแบบปกติ ในวิชาชีววิทยาทั่วไปที่มหาวิทยาลัย Southern Mississippi พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของผู้ที่เรียนแบบโปรแกรมสูงกว่าผู้ที่เรียนโดยวิธีสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญ

✓ไวท์ (White, 1970 : 3373 - A) ได้ทำการศึกษาวิจัยเปรียบเทียบผลการสอนแบบโปรแกรมและสอนตามปกติในวิชาคณิตศาสตร์ระดับวิทยาลัย โดยแบ่งนิสิตออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง 73 คน สอนโดยแบบเรียนโปรแกรม และกลุ่มควบคุม 58 คน สอนโดยวิธีปกติ ทั้ง 2 กลุ่มสอนทบทวนวิชาคณิตศาสตร์ในเนื้อหาเรื่องเดียวกัน เมื่อสอนเสร็จก็นำผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของทั้ง 2 กลุ่มมาเปรียบเทียบกัน ผลปรากฏว่า กลุ่มทดลองมีความสามารถทางคำนวณ (Computation) ดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ แต่วางคานแก้ปัญหา (Problem - Solving) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

✓บางฮาร์ท (Banghart, 1963 : 10 : 199 - 204) และคณะได้ทำการทดลองเปรียบเทียบการสอนวิชาคณิตศาสตร์โดยใช้แบบเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติในระดับประถม ให้นักเรียนเกรด 4 ปีการศึกษา 1961 - 1962 ของโรงเรียนประชาบาลในเมืองนอร์ฟอล์ค รัฐเวอร์จิเนีย เป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 195 คน โดยกลุ่มทดลองสอนด้วยแบบเรียนโปรแกรม และกลุ่มควบคุมสอนด้วยแบบเรียนมาตรฐาน (Standard Textbook) ให้ครูโรงเรียนนั้นเป็นผู้สอนเป็นเวลา 1 ปี ใช้เวลาประมาณวันละ 30 - 40 นาที เมื่อสิ้นปีก็เอาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้ง 2 กลุ่ม มาเปรียบเทียบกัน ปรากฏว่ากลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

มอส (Moses, 1965 : 25 : 5793 - A) ได้ศึกษาการใช้แบบเรียนโปรแกรมในวิชาพีชคณิตระดับเตรียมอุดมศึกษาปีที่ 1 โดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองสอนด้วยแบบเรียนโปรแกรม และกลุ่มควบคุมสอนตามปกติ ทั้ง 2 กลุ่มสอนในเรื่องเดียวกันตามหลักสูตร และตารางสอนของโรงเรียน เมื่อเรียนจบก็นำผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของทั้ง 2 กลุ่มมาเปรียบเทียบกัน ปรากฏว่า กลุ่มทดลองให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุม แต่นักเรียนที่เรียนอ่อนไม่สามารถใช้แบบเรียนโปรแกรมได้นัก

2. การวิจัยในประเทศไทย

สำหรับงานด้านการวิจัยเกี่ยวกับการเปรียบเทียบการสอนแบบโปรแกรมกับการสอนตามปกติในประเทศไทย ยังมีน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับของต่างประเทศ ทั้งนี้ เนื่องจากการสอนแบบโปรแกรมยังไม่แพร่หลายเท่าที่ควร แต่ก็มีผู้ที่ได้กระทำการวิจัยไว้ เช่น

อุดม มุ่งเกษม (อุดม มุ่งเกษม, 2513) ได้ทดลองใช้เครื่องช่วยสอนเปรียบเทียบกับการสอนโดยวิธีปกติในวิชาภาษาอังกฤษ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 7 แบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองสอนโดยใช้เครื่องช่วยสอน และกลุ่มควบคุมสอนตามปกติ ทั้ง 2 กลุ่ม สอนในเนื้อหาเดียวกัน เมื่อสอนจบแล้ววัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผลปรากฏว่า นักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม สามารถเรียนรู้วิชาภาษาอังกฤษไม่แตกต่างกัน แต่ผู้วิจัยสังเกตพบว่าการใช้เครื่องสอนนักเรียนมีความกระตือรือร้น และอยู่ในระเบียบกว่าการสอนแบบปกติ

ปรีชา คุณวัลลี (ปรีชา คุณวัลลี, 2515) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้แบบเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติ แบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มทดลองสอนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรม และกลุ่มควบคุมสอนตามปกติ ทั้ง 2 กลุ่ม สอนในเนื้อหาเดียวกัน เมื่อสอนจบแล้ววัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ปรากฏว่านักเรียนทั้ง 2 กลุ่มมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

วรรณา เจียมทะวงษ์ (วรรณา เจียมทะวงษ์, 2515) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้แบบเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติ แบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองสอนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรม และกลุ่มควบคุมตามปกติ ทั้ง 2 กลุ่มสอนในเนื้อหาเดียวกัน เมื่อสอนจบแล้ววัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนปรากฏว่านักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

บรรชา รัตนชัย (บรรชา รัตนชัย, 2516) ได้สร้างและทดลองใช้แบบเรียนโปรแกรมเปรียบเทียบกับการสอนตามปกติในวิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองสอนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรม และกลุ่มควบคุมสอนตามปกติ ทั้ง 2 กลุ่มสอนในเนื้อหาเดียวกัน เมื่อสอนจบแล้ววัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ปรากฏว่านักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

จากรายงานการวิจัยที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ จะเห็นได้ว่า การเรียนจากแบบเรียน
โปรแกรมจะให้ผลดีเท่ากัน หรือดีกว่าการเรียนจากการสอนของครูตามปกติเสมอ และ
พบว่าการสอนแบบโปรแกรมมีข้อดีกว่าการสอนตามปกติหลายประการ เช่น ช่วยลดแรง
ครู ง่ายต่อการควบคุมชั้น ประหยัดเวลาของผู้เรียน และเวลาสอนของครู ผู้เรียนสำ-
มารถเรียนได้ตามความสามารถของตนเอง กับทั้งสามารถใช้สอนนักเรียนได้ทั้งกลุ่มเล็ก
กลุ่มใหญ่ ฉะนั้นจึงควรจะได้มีการเผยแพร่วิธีการ และมีการสร้างแบบเรียนโปรแกรม
ขึ้นทดลองใช้ แล้วนำมาใช้ประโยชน์ในการจัดการศึกษาต่อไป

วิธีดำเนินการ

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้

1. การสร้างแบบเรียนโปรแกรม

ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักและวิธีการเขียนแบบเรียนโปรแกรมต่าง ๆ และเลือกเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องไฟและเชื้อเพลิงในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มาทำเป็นแบบเรียนสำหรับการทดสอบ เมื่อเลือกเนื้อหาได้แล้วผู้วิจัยได้ศึกษาเนื้อหาอย่างละเอียดจากแบบเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของกระทรวงศึกษาธิการ (กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2514 : 148 - 173) ของ ประชุมสุข อาชาวำรุง (ประชุมสุข อาชาวำรุง 2515 : 162 - 183) และของ ชูลี ชัยพิพัฒน์ (ชูลี ชัยพิพัฒน์ 2516 : 261 - 284) เมื่อศึกษาเนื้อหาละเอียดแล้วจึงเริ่มเขียนรายการสอนในรูปของโปรแกรมแบบเชิงเส้นตรง (Linear) ชนิดที่ผู้เรียนสร้างคำตอบเอง (Constructed Response)

เมื่อเขียนแบบเรียนโปรแกรมขึ้นเป็นกรอบ ๆ เสร็จแล้วก็นำไปทดลองใช้กับนักเรียนในระดับใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างที่จะทำการวิจัย แต่เป็นผู้ที่ยังไม่เคยเรียนเนื้อหานี้มาก่อน และทำการปรับปรุงเป็นลำดับขั้นดังนี้

1. ทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 1 คน โดยที่แบบเรียนนี้ยังไม่ใส่คำตอบไว้ให้ แต่ผู้วิจัยจะนั่งดูและคอยบอกคำตอบนั้นถูกหรือผิด พร้อมทั้งซักถามนักเรียนเพื่อหาสาเหตุว่าส่วนที่เป็นปัญหาภายในแบบเรียนโปรแกรมนี้นี้เกิดจากอะไร แล้วนำมาแก้ไขปรับปรุง โดยยึดหลักแบบเรียนโปรแกรมที่ดีของอดัม มุงเกชม (อดัม มุงเกชม, 2513 : 25) คือ

- ก. ให้นักเรียนตอบข้อแรกให้ถูกต้อง เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนอยากเรียน
- ข. ให้นักเรียนเรียนรู้ไปตามลำดับขั้นจากง่ายไปหายาก
- ง. ให้นักเรียนตอบใดถูกต้องเป็นส่วนใหญ่และผิดไม่เกิน 5 %

2. เมื่อแก้ไขปรับปรุงแบบเรียนโปรแกรมใหม่แล้วก็นำมาทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ยังไม่เคยเรียนเนื้อหานี้มาก่อน จำนวน 3 คน ดำเนินการพร้อมกัน โดยให้นักเรียนแต่ละคนใช้กระดาษแข็งปึกส่วนที่เป็นคำตอบ และเลื่อนอ่านได้ครั้งละ 1 กรอบ ผู้วิจัยตั้งสังเกตอย่างใกล้ชิดเพื่อบันทึกตอนที่นักเรียนสงสัย เช่นเดียวกับวิธีการในข้อ (1) แต่ให้คำชี้แจงน้อยลง และเมื่อเรียนจบตอนหนึ่ง ๆ ก็ให้ซักถามนักเรียนเพื่อรู้ว่าเข้าใจเนื้อหาในเรื่องที่ได้เรียนไปหรือไม่ ปรากฏว่านักเรียนตอบข้อซักถามได้ถูกต้อง จึงนำแบบเรียนทั้งหมดมาตรวจดู แล้วสอบถามนักเรียนเกี่ยวกับข้อความในกรอบที่นักเรียนตอบผิดกันมาก เพื่อหาสาเหตุว่าเป็นเพราะแบบเรียนมีความบกพร่องเรื่องใดบ้าง แล้วนำแบบเรียนมาแก้ไขปรับปรุงอีกครั้งหนึ่ง

3. จัดพิมพ์แบบเรียนโปรแกรมที่ได้ปรับปรุงจากข้อ (2) ขึ้นใหม่ แต่ได้ตัดแปลงเอาคำตอบไว้หน้าถัดไป เพื่อผู้เรียนจะได้ไม่ต้องใช้กระดาษแข็งปึกส่วนที่เป็นคำตอบ และเพื่อป้องกันนักเรียนบางคนซึ่งอาจดูคำตอบก่อนที่จะตอบคำถามในกรอบนั้น ๆ แล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนทั้งชั้น ซึ่งกำลังจะเรียนเนื้อหาตามในโปรแกรม ที่โรงเรียนชลบุรี "สุขุมวิท" จ.ชลบุรี จำนวน 37 คน หา Error Rate ของแบบเรียนโปรแกรม และนำมาปรับปรุงแก้ไขบทเรียนเป็นบางกรอบอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งแบบเรียนโปรแกรมนี้มีการทดลองประกอบเป็นบางตอน และมีแบบฝึกหัดทบทวนหลังจากนักเรียนเรียนจบทุก ๆ ตอน

2. การสร้างแบบทดสอบ

ก. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เมื่อผู้วิจัยได้ศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหาของหลักสูตรแล้ว ก็ได้ออกแบบทดสอบตามเนื้อหาวิชาเป็นข้อทดสอบแบบปรนัย ชนิด 5 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ แล้วนำไปทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนชลบุรี "สุขุมวิท" อ. เมือง จ.ชลบุรี จำนวน 89 คน เพื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์และปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ ตามลักษณะของข้อสอบที่ดี คือข้อสอบแต่ละข้อต้องมีความยากง่าย (p) ระหว่าง .20 -.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ .20 ขึ้นไป โดยใช้หลักการวิเคราะห์ข้อสอบตามเทคนิค 27 % ของ จุง - เทห์ฟาน (Chung - TehFan)

ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบที่ใช้สำหรับการวิจัย
คำนวณหาโดยใช้วิธีแบ่งครึ่ง (Split - Half) ได้ค่าความเชื่อมั่นของข้อสอบ
เท่ากับ .8853 และเลือกเอาข้อสอบที่ดีที่สุดนำไปใช้ในการทดสอบจริง ๆ เพียง 45 ข้อ

ข. แบบสอบถามทัศนคติทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยได้ติดต่อคุณจรัส ไกรสินธุ์ เพื่อขออนุญาตนำเอาแบบสอบถามที่ได้กระทำ
ไว้ในปริญญานิพนธ์ ที่เสนอต่อวิทยาลัยวิชาการศึกษา ประสานมิตร เมื่อ พ.ศ. 2516
มาใช้ในการทดลองครั้งนี้

3. การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของ
โรงเรียนชลราษฎรอำรุง อ.เมือง จ.ชลบุรี จำนวน 70 คน เป็นนักเรียนชายทั้ง 70 คน
โดยทำการทดลองในภาคเรียนที่ 3 ปีการศึกษา 2517 และแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น
2 กลุ่ม กลุ่มละ 35 คน ให้ทั้ง 2 กลุ่ม มีความสามารถเท่า ๆ กัน (Equated Group)
โดยใช้คะแนนวิชาวิทยาศาสตร์ ที่เรียนในภาคเรียนที่ 1 และภาคเรียนที่ 2 ของปีการ
ศึกษา 2517 เป็นเกณฑ์ในการแบ่งกลุ่ม

ตาราง 1 จำนวนกลุ่มตัวอย่างในการทดลอง แยกตามเพศ

กลุ่มตัวอย่าง	ชาย	หญิง	รวม
กลุ่มทดลอง	35	-	35
กลุ่มควบคุม	35	-	35
รวม	70	-	70

จากตารางที่ 1 จะเห็นว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งหมดมี 70 คน เป็นนักเรียนชาย
ทั้ง 70 คน แยกออกเป็นกลุ่มทดลอง 35 คน และกลุ่มควบคุม 35 คน เท่ากัน

ก่อนลงมือสอน ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบเพื่อวิเคราะห์พื้นฐานความรู้ของนักเรียน
ทั้ง 2 กลุ่มนี้ว่าแตกต่างกันหรือไม่ โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาวิทยา-
ศาสตร์ เรื่อง ไฟและเชื้อเพลิงที่สร้างขึ้น เพื่อเป็นเครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้ ทำการทดสอบ
แล้วนำมาหาค่าคะแนนเฉลี่ยและทดสอบดูความแตกต่างดังกล่าวในตารางที่ 2

ตาราง 2 .เปรียบเทียบคะแนนวิชาวิทยาศาสตร์ ก่อนการเรียนรู้ของนักเรียน
ในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	N	$\bar{X}$	S^2	t	P
กลุ่มทดลอง	35	20.1714	9.9109	0.5581	>.05
กลุ่มควบคุม	35	20.6000	10.0117		

$$t_{.05} = \pm 2.030 \quad df = 34$$

จากตารางที่ 2 จะเห็นว่านักเรียนทั้งสองกลุ่มมีความสามารถในการเรียนวิชา
วิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น .05 แสดงว่า
กลุ่มตัวอย่างทั้งสองนี้มีพื้นฐานความรู้ในเนื้อหาที่จะเรียนทัดเทียมกัน

4. การดำเนินการทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการเป็นชั้น ๆ ดังนี้

1. แบ่งกลุ่มตัวอย่างซึ่งมีนักเรียนทั้งหมด 70 คน ออกเป็น 2 กลุ่ม โดยให้
แต่ละกลุ่มมีความสามารถเฉลี่ยเท่า ๆ กัน (Equate Grouping)

2. ในการเลือกว่ากลุ่มใดจะเป็นกลุ่มทดลองหรือกลุ่มควบคุมนั้น ผู้วิจัยได้ใช้วิธีให้ตัวแทนของกลุ่มจับฉลาก

3. ทำการทดสอบกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม ด้วยแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบสอบถามทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ เพื่อวัดความรู้พื้นฐานในเนื้อหาที่จะเรียน และพื้นฐานทางทัศนคติก่อนการเริ่มเรียน (Pre - test)

4. ดำเนินการสอนแก่กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้ระยะเวลาของการสอนเท่ากัน และสอนเนื้อหาเดียวกันแตกต่างกันที่วิธีสอน คือ

ก. กลุ่มควบคุม มีครูประจำวิชาวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนชลราษฎรอำรุงเป็นผู้สอน ซึ่งสอนโดยวิธีบรรยายและอภิปรายประกอบทัศนวัสดุอื่น ๆ ที่ไม่ใช่แบบเรียนโปรแกรม

ข. กลุ่มทดลอง ผู้วิจัยทำหน้าที่ควบคุมการเรียนของนักเรียนด้วยตนเอง โดยใช้แบบเรียนโปรแกรม และปฏิบัติการสอนเป็นชั้น ๆ ดังนี้

- 1) อธิบายหลักเกณฑ์การใช้แบบเรียนโปรแกรม
- 2) เมื่อนักเรียนเข้าใจการใช้แบบเรียนโปรแกรมดีแล้ว ก็ให้นักเรียนเริ่มเรียนเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์จากแบบเรียนโปรแกรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น
- 3) ผู้วิจัยควบคุมชั้นเรียนอยู่ตลอดเวลา เพื่อให้ความช่วยเหลือแก่นักเรียนเมื่อมีปัญหาเป็นรายบุคคล

5. เมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนครบตามเนื้อหาที่กำหนดไว้ ก็ทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วัดทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ในช่วงพักไปจากชั่วโมงที่จบบทเรียนแล้ว

5. การจัดกระทำข้อมูล

1. ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนครั้งแรกกับครั้งหลัง ทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้ t - test

2. เปรียบเทียบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมโดยใช้ t - test

3. ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนน วัดทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ครั้งแรกกับครั้งหลัง ทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้ t - test

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมด ผู้วิจัยได้นำมาวิเคราะห์เพื่อเสนอผลการวิจัยโดยอาศัยสถิติดังต่อไปนี้

1. หาค่าเฉลี่ยของคะแนน (Mean) คำนวณจากสูตร

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

$$\bar{X} = \text{คะแนนเฉลี่ย}$$

$$\sum X = \text{ผลรวมของคะแนน}$$

$$N = \text{จำนวนนักเรียนในกลุ่ม}$$

2. ความแปรปรวนของคะแนน (Variance) คำนวณจากสูตร

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

$$S^2 = \text{ความแปรปรวนของคะแนน}$$

$$\sum X = \text{ผลรวมของคะแนน}$$

$$\sum X^2 = \text{ผลรวมทั้งหมดของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง}$$

$$N = \text{จำนวนนักเรียนในกลุ่ม}$$

3. เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนระหว่างกลุ่มสองกลุ่ม ใช้สูตร

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{N_1} + \frac{S_2^2}{N_2}}}$$

$$\bar{X}_1 = \text{คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1}$$

$$\bar{X}_2 = \text{คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มที่ 2}$$

$$\begin{aligned}
 S_1^2 &= \text{คะแนนความแปรปรวนของคะแนนกลุ่มที่ 1} \\
 S_2^2 &= \text{คะแนนความแปรปรวนของคะแนนกลุ่มที่ 2} \\
 N_1 &= \text{จำนวนนักเรียนในกลุ่มที่ 1} \\
 N_2 &= \text{จำนวนนักเรียนในกลุ่มที่ 2}
 \end{aligned}$$

4. เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนในกลุ่มเดียวกันใช้สูตร

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

$\sum D$ = ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนการทดสอบทั้งสองครั้ง
ที่นำมาเปรียบเทียบกันเป็นรายบุคคล

$\sum D^2$ = ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนการทดสอบทั้งสองครั้ง
ที่นำมาเปรียบเทียบกันเป็นรายบุคคลแต่ละตัวยกกำลังสอง

N = จำนวนนักเรียนในกลุ่ม

5. การหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (Reliability)

$$r_{tt} = \frac{2r}{1+r}$$

r_{tt} = ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

r = ค่าสหสัมพันธ์ของคะแนนข้อกและข้อค

$$= \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{\{N \sum X^2 - (\sum X)^2\} \{N \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}}$$

ผลการทดลอง

ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลอง และการแปลความหมายของผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยใช้สัญลักษณ์ต่าง ๆ ในการวิเคราะห์ดังนี้

N	=	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
$\bar{X}$	=	คะแนนเฉลี่ย
S^2	=	ความแปรปรวนของคะแนน
t	=	ค่าอัตราส่วนนัยสำคัญทางสถิติ
P	=	ระดับความเชื่อมั่น

การวิเคราะห์ข้อมูลและผลการทดลอง แบ่งลำดับขั้นดังนี้

1. การเปรียบเทียบคะแนนความรู้พื้นฐาน
2. การเปรียบเทียบคะแนนความรู้พื้นฐานกับคะแนนผลสัมฤทธิ์ในการเรียน
3. การเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ในการเรียน
4. การเปรียบเทียบคะแนนทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการเรียน

การเปรียบเทียบคะแนนความรู้พื้นฐาน

ก่อนทดลองผู้วิจัยได้ทำการทดสอบเพื่อวัดความรู้พื้นฐานในเนื้อหาวิชาที่ทำ การทดลองของนักเรียนในกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมว่าแตกต่างกันหรือไม่ ผลการ วิเคราะห์ปรากฏตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 3

ตาราง 3 ความแตกต่างของคะแนนความรู้พื้นฐานระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	N	$\bar{x}$	s^2	t	P
กลุ่มทดลอง	35	20.1714	9.9109	0.5581	>.05
กลุ่มควบคุม	35	20.6000	10.0117		

$$t_{.05} = \pm 2.030 \quad df = 34$$

จากตารางที่ 3 จะเห็นว่าคะแนนเฉลี่ยของทั้งสองกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อนำมาเปรียบเทียบกัน ปรากฏว่ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความรู้พื้นฐานในเนื้อหาวิชา ที่ทำการทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น .05 แสดงว่า ก่อนการทดลองกลุ่มตัวอย่างทั้งสองนี้มีความรู้พื้นฐานในเนื้อหาที่จะเรียนทัดเทียมกัน

การเปรียบเทียบคะแนนความรู้พื้นฐานกับคะแนนผลสัมฤทธิ์ในการเรียน

หลังจากกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มได้เรียนเนื้อหาวิชาที่ทำการทดลองจบแล้ว ผู้วิจัยก็ได้ทำการทดสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม แล้วนำคะแนนมาเปรียบเทียบกับคะแนนความรู้พื้นฐาน ผลของการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างคะแนนความรู้พื้นฐานกับคะแนนผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของกลุ่มทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 4

ตาราง 4 ความแตกต่างระหว่างคะแนนความรู้พื้นฐานกับคะแนนผลสัมฤทธิ์
ในการเรียนของนักเรียนในกลุ่มทดลอง

คะแนน	N	$\bar{X}$	S^2	t	P
ความรู้พื้นฐาน	35	20.1714	9.9109	17.9134	<.01
ผลสัมฤทธิ์	35	35.7142	16.4453		

$$t_{.01} = \pm 2.724 \quad df = 34$$

จากตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่าคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ในการเรียนสูงกว่า
คะแนนเฉลี่ยของความรู้พื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น .01 แสดง
ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากแบบเรียนโปรแกรมของกลุ่มทดลองสูงกว่าก่อนการเรียนจริง
ส่วนผลของการวิเคราะห์ความแตกต่างของความรู้พื้นฐานกับผลสัมฤทธิ์ในการ
เรียนของกลุ่มควบคุมแสดงไว้ในตารางที่ 5

ตาราง 5 ความแตกต่างระหว่างคะแนนความรู้พื้นฐานกับคะแนนผลสัมฤทธิ์
ในการเรียนของนักเรียนในกลุ่มควบคุม

คะแนน	N	$\bar{X}$	S^2	t	P
ความรู้พื้นฐาน	35	20.6000	10.0117	15.0776	<.01
ผลสัมฤทธิ์	35	34.7428	20.7848		

$$t_{.01} = \pm 2.724 \quad df = 34$$

จากตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่าคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ในการเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของความรู้พื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น .01 แสดงว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการสอนโดยวิธีปกติของกลุ่มควบคุมสูงกว่าก่อนการเรียนจริง

การเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ในการเรียน

ผู้วิจัยได้นำผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของนักเรียนในกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม มาเปรียบเทียบกันเพื่อหาความแตกต่างผลการวิเคราะห์แสดงไว้ในตารางที่ 6

ตาราง 6 ความแตกต่างของคะแนนผลสัมฤทธิ์ในการเรียนระหว่างนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	N	$\bar{X}$	s^2	t	p
กลุ่มทดลอง	35	35.7142	16.4453	0.9419	>.05
กลุ่มควบคุม	35	34.7428	20.7848		

$$t_{.05} = \pm 2.030 \quad df = 34$$

จากตารางที่ 6 จะเห็นได้ว่าคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของนักเรียนในกลุ่มทดลองกับคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของนักเรียนในกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น .05 แสดงว่าการสอนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติ ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้พอ ๆ กัน

การเปรียบเทียบคะแนนทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการเรียน

ก่อนทดลองผู้วิจัยได้ทำการทดสอบ เพื่อวัดทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม และหลังจากทั้งสองกลุ่มเรียนเนื้อหาวิชาที่ทำการทดลองจบแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบเพื่อวัดทัศนคติทางวิทยาศาสตร์อีกครั้งหนึ่ง แล้วนำคะแนนมาเปรียบเทียบกัน ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างคะแนนการทดสอบครั้งแรกกับคะแนนการทดสอบครั้งหลังของกลุ่มทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 7

ตาราง 7 ความแตกต่างของคะแนนทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ในการทดสอบครั้งแรกและครั้งหลังของนักเรียนในกลุ่มทดลอง

การทดสอบ	N	$\bar{X}$	S^2	t	P
ครั้งแรก	35	40.2857	114.8571	1.5232	>.05
ครั้งหลัง	35	40.5714	122.0756		

$$t_{.05} = \pm 2.030 \quad df = 34$$

จากตารางที่ 7 จะเห็นได้ว่าคะแนนเฉลี่ยทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ของการทดสอบครั้งแรก กับครั้งหลังแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น .05 แสดงว่าทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในกลุ่มทดลอง มีแนวโน้มที่จะสูงขึ้น แต่ไม่เห็นเด่นชัด จนมีนัยสำคัญทางสถิติ

ส่วนผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างคะแนนการทดสอบทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ครั้งแรกกับครั้งหลังของกลุ่มควบคุมแสดงในตารางที่ 8

ตาราง 8 ความแตกต่างของคะแนนทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ในการทดสอบ
ครั้งแรกและครั้งหลังของนักเรียนในกลุ่มควบคุม

การทดสอบ	N	$\bar{X}$	s^2	t	P
ครั้งแรก	35	43.4000	21.8352	1.3675	> .05
ครั้งหลัง	35	44.3428	23.8142		

$$t_{.05} = \pm 2.030 \quad df = 34$$

จากตารางที่ 8 จะเห็นว่าคะแนนเฉลี่ยทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ของการทดสอบครั้งแรก กับครั้งหลังแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น .05 แสดงว่าทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มควบคุมมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้น แต่ไม่เห็นเด่นชัด จึงมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุป อภิปรายผลและขอเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการเปรียบเทียบผลการสอนวิทยาศาสตร์ เรื่องไฟและเชื้อเพลิง ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของนักเรียนที่เรียนจากแบบเรียนโปรแกรม กับเรียนจากการสอนตามปกติของครู ซึ่งแบ่งลำดับชั้นและผลการวิจัยได้ดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อสร้างแบบเรียนโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องไฟและเชื้อเพลิง ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนจากแบบเรียนโปรแกรมกับเรียนจากการสอนตามปกติ
3. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน หลังจากทำการสอนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรม และการสอนตามปกติ

สมมติฐานของการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่ใช้แบบเรียนโปรแกรมสูงกว่ากลุ่มที่ใช้การสอนตามปกติ
2. ผลจากการทดสอบทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งกลุ่มที่ใช้แบบเรียนโปรแกรม และกลุ่มที่สอนตามปกติหลังจากการเรียนแล้ว สูงกว่าก่อนการเรียน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. สร้างแบบเรียนโปรแกรม ศึกษาหลักและวิธีการเขียนแบบเรียนโปรแกรม ศึกษาเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องไฟและเชื้อเพลิง ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 แล้ว

เขียนแบบเรียนโปรแกรมขึ้นโดยใช้เทคนิคการเขียนโปรแกรมแบบเชิงเส้นตรง ซึ่งนักเรียน
สร้างคำตอบเอง แล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนทั้งเป็นรายบุคคล และกลุ่มบุคคล เพื่อ
ปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสมยิ่งขึ้นตามหลักเกณฑ์ของการเขียนแบบเรียนโปรแกรม

2. การสร้างแบบทดสอบ แบบทดสอบที่ใช้ในการวิจัยแบ่งเป็น 2 อย่าง คือ

ก. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในการเรียนในเนื้อหาที่ทำการทดลองสร้าง
เป็นแบบปรนัย ชนิด 5 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ แล้วนำไปทดสอบกับนักเรียนเพื่อนำผล
ที่ได้มาวิเคราะห์ เลือกเอาเฉพาะข้อที่มีค่าความยากง่ายระหว่าง .20 - .80 และค่า
อำนาจจำแนก ตั้งแต่ .20 ขึ้นไป ปรากฏว่าได้ข้อสอบที่จะใช้สำหรับการวิเคราะห์ผล
จำนวน 45 ข้อ และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเท่ากับ .8853

ข. แบบสอบถามทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยนำเอาแบบสอบถามของ
คุณจรูส ไกรสินธุ์ ที่ทำไว้ในปริญญานิพนธ์ที่เสนอต่อวิทยาลัยวิชาการศึกษา มาใช้ในการ
ทดลอง

3. กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ประจำปีการศึกษา 2517
ของโรงเรียนชลราษฎรอำรุง จังหวัดชลบุรี

ก. กลุ่มทดลอง จำนวน 35 คน สอนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรม ซึ่ง
ผู้วิจัยเป็นผู้ควบคุม

ข. กลุ่มควบคุม จำนวน 35 คน สอนโดยวิธีปกติ มีอาจารย์ประจำวิชา
วิทยาศาสตร์ของโรงเรียนเป็นผู้สอน

4. การรวบรวมข้อมูล ทำการทดสอบกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มด้วยแบบทดสอบ
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสอบถามทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ก่อนการ เรียน (Pre-
test) แล้วดำเนินการสอน เมื่อสอนจบแล้วทำการทดสอบครั้งหลัง (Post-test)
แล้วรวบรวมแบบทดสอบเพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป

5. การจักกระทำข้อมูล

ก. ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนการทดสอบ
ครั้งแรกกับครั้งหลัง ทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้ t - test

ข. เปรียบเทียบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมโดยใช้ $t - test$

ค. ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนวัดทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ครั้งแรกกับครั้งหลัง ทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้ $t - test$

สรุปผลการวิจัย

1. นักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
2. นักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีทัศนคติทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นกว่าเดิม แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

อภิปรายผล

การทดลองเปรียบเทียบผลการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้แบบเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติของครูครั้งนี้ ใช้เนื้อหาวิชาเพียงบางส่วน และกลุ่มตัวอย่างจำนวนน้อย ผลการค้นคว้าจึงจำกัดอยู่เฉพาะกับการทดลองครั้งนี้เท่านั้น ซึ่งผู้วิจัยมีข้อคิดเห็นดังนี้

ผลในข้อ 1. แสดงว่านักเรียนในกลุ่มตัวอย่างทั้งสอง มีความสามารถในการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างไปจากการสอนตามปกติ ซึ่งเป็นการขัดกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้จากการสังเกตของผู้วิจัยเอง เห็นว่าคงเนื่องมาจากสาเหตุดังต่อไปนี้คือ

1.1 เนื้อหาวิชาที่เรียนมีน้อย จำนวนข้อความรู้ของแบบเรียนซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญในการทดลองเพียง 280 กรอบ จึงอาจทำให้ผลการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างเด่นชัด

1.2 แบบเรียนโปรแกรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น แม้จะทำการทดลองและปรับปรุงตามหลักวิชาแล้วก็ตาม แต่จากการตรวจสอบการอ่านแบบเรียนโปรแกรมหลังจากการทดลองพบว่านักเรียนบางคนไม่เข้าใจข้อความบางข้อ แสดงว่าแบบเรียนโปรแกรมที่สร้างขึ้นครั้งนี้อาจยังมีคุณภาพไม่ดีพอ

1.3 ระยะเวลาของการทดลองสั้นเกินไป ซึ่งเวลาที่ใช้ในการทดลองเพียง 10 ชั่วโมง อาจทำให้โอกาสในการฝึกทักษะเกี่ยวกับข้อความรู้ที่เรียนไปน้อยลง สิ่งเหล่านี้อาจเป็นองค์ประกอบสำคัญที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้

1.4 นักเรียนในกลุ่มทดลองไม่คุ้นเคยกับวิธีการเรียนรู้แบบใหม่ที่นักเรียนจะต้องใช้สมาธิในการสร้างความเข้าใจ และเรียนรู้ทุกอย่างด้วยตนเอง ในขณะที่กลุ่มควบคุมได้รับการอธิบายชี้แจงจนเข้าใจจากครูผู้สอน ซึ่งเป็นวิธีการเรียนรู้ที่นักเรียนเคยชินกว่า อาจเป็นสาเหตุทำให้นักเรียนในกลุ่มทดลองซึ่งไม่มีโอกาสเช่นนั้นเรียนรู้ได้ไม่เต็มที่

นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังได้สังเกตเห็นว่า แม้จะไม่ค่อยลงตามสมมติฐาน แต่ก็มีข้อดีของการใช้แบบเรียนโปรแกรม ซึ่งสมควรจะนำมากล่าวไว้ ณ ที่นี้ ดังต่อไปนี้คือ

1.1 นักเรียนมีความกระตือรือร้นเมื่อได้ใช้วิธีการที่แปลกไปจากเดิม สังเกตได้จากการที่นักเรียนไม่มีการขาดเรียนตลอดระยะเวลาของการทดลอง และแสดงความต้องการที่จะเรียนรู้ด้วยวิธีการนี้ให้นานยิ่งขึ้นอีก ความกระตือรือร้นเช่นนี้ ย่อมจะมีผลทำให้นักเรียนเรียนด้วยความสนุกและพอใจ ไม่เบื่อหน่ายในการเรียน ซึ่งจะมีผลไปถึงการเรียนรู้และการจดจำให้ได้รับผลดีตามไปด้วย

1.2 การเรียนจากแบบเรียนโปรแกรมนั้น นักเรียนต้องรับผิดชอบในการเรียนของตนเองและต้องปฏิบัติตามคำสั่งของแบบเรียน นับเป็นการฝึกนิสัยให้นักเรียนมีความซื่อสัตย์ และรับผิดชอบต่อตนเองไปในตัว

1.3 ในด้านการควบคุมชั้นเรียน นักเรียนที่เรียนจากแบบเรียนโปรแกรม ควบคุมง่ายกว่าการสอนตามปกติ เพราะนักเรียนต่างคนต่างเรียน ไม่มีการรบกวนสมาธิคนอื่น

1.4 การเรียนรู้จากแบบเรียนโปรแกรม เป็นไปตามความสามารถของนักเรียนแต่ละคน นักเรียนบางคนจึงใช้เวลาในการเรียนน้อยกว่าปกติ ทำให้มีเวลาว่างที่จะทำงานอย่างอื่นของตนเพิ่มขึ้น

1.5 แบบเรียนโปรแกรม ทำให้ผู้สอนมีเวลาว่างสำหรับทำกิจกรรมอื่น เพื่อเพิ่มพูนประสิทธิภาพทางการสอน และมีโอกาสช่วยเหลือนักเรียนที่เรียนช้าได้มากขึ้น โดยที่ไม่ทำให้นักเรียนที่เรียนเก่งต้องเสียเวลา

ผลในข้อ 2 แสดงว่าทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้น แต่ไม่เห็นเด่นชัดจนมีนัยสำคัญทางสถิติ การที่ปรากฏผลเช่นนี้ จากการสังเกตของผู่วิจัยคิดว่าคงเนื่องมาจากสาเหตุต่อไปนี้คือ

2.1 เนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการทดลองเรียนมีน้อย (สอนเฉพาะเรื่องไฟและเชื้อเพลิง) จึงไม่อาจจะทำให้นักเรียนเปลี่ยนความเชื่อของตนที่มีอยู่ก่อนได้ง่าย ๆ จึงทำให้ทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ของทั้งสองกลุ่มเปลี่ยนแปลงแต่เห็นไม่ชัด

✓ 2.2 ระยะเวลาของการทดลองสั้นเกินไป ทำให้ไม่สามารถเปลี่ยนทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้เด่นชัด เพราะการจะเปลี่ยนทัศนคติของนักเรียนย่อมต้องการเวลานานพอสมควร นอกจากครูผู้สอนจะมีวิธีการสอนที่ดีจริง ๆ

อย่างไรก็ดี การวิจัยครั้งนี้แม้ผลจะปรากฏออกมาขัดกับสมมติฐานที่ตั้งไว้อยู่บ้าง แต่ก็มีใ้หมายความว่าผลข้างต้นที่ผู้เคยวิจัย และคนควาไ้แล้วว่สิ่งนี้มีประโยชน์ทั้งนี้ควยเหตุผลที่ได้อภิปรายมาแล้วโดยลำคั้บ ผู้ที่สนใจอาจทำการวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับเรื่องนี้ โดยใช้ประชากรหรือวิธีการอื่น ซึ่งอาจจะให้ผลสนับสนุนสมมติฐานก็ได้ แต่อย่างไรก็ตาม จากผลการทดลองที่ปรากฏว่ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีผลการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิตินี้ชี้ให้เห็นว่า แบบเรียนโปรแกรมสามารถทำให้ผู้เรียนเกิดการ เรียนรู้ได้เช่นเดียวกับการสอนตามปกติของครู ดังนั้นในสถานการณ์ที่เป็นอยู่ปัจจุบัน แบบเรียนโปรแกรมจึงเป็นอีกสิ่งหนึ่งที่จะช่วยลดภาระของครู ทำให้ครูมีเวลาทำงานที่มีคุณค่าอื่น ๆ มากขึ้น และประการสำคัญคือ การใช้สอนนักเรียนได้ครั้งละจำนวนมาก ๆ โดยที่ประสิทธิภาพของการเรียนไม่เปลี่ยนแปลง จึงเท่ากับเป็นการช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนครูได้อีกทางหนึ่งด้วย

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการทดลองใช้แบบเรียนโปรแกรมในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ครั้งนี้ ผลปรากฏว่านักเรียนเรียนรู้ได้พอ ๆ กับที่เรียนจากการสอนตามปกติของครู จึงควรส่งเสริมให้มีการผลิต การใช้ ตลอดจนการวิจัยเกี่ยวกับแบบเรียนโปรแกรมให้กว้างขวางแพร่หลายยิ่งขึ้น เพื่อเป็นประโยชน์ต่อแนวทางการปรับปรุงวิธีสอนวิทยาศาสตร์ หรือวิชา

อื่น ๆ ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น กับทั้งจะเป็นประโยชน์แก่การศึกษา ค้นคว้า เกี่ยวกับวิธีสอน
 ค่ายแบบเรียนโปรแกรมบางตามสมควร สำหรับข้อเสนอแนะต่าง ๆ ผู้วิจัยจะแยกกล่าว
 เป็น 2 ประการดังนี้

ก. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1. ควรจะได้มีการศึกษาเรื่องนี้อย่างกว้างขวาง และดัดแปลงให้เหมาะสม
 กับสภาพของเมืองไทยให้มากยิ่งขึ้น

2. มหาวิทยาลัย และวิทยาลัยครูต่าง ๆ ควรเข้ามามีบทบาทในการส่งเสริมให้มีการทดลอง และเริ่มใช้วิธีสอนแบบโปรแกรม โดยมีการสนับสนุนให้มีการอบรม
 วิธีการเขียนแบบเรียนโปรแกรมแก่นิสิต นักศึกษา ส่งเสริมให้มีการผลิตแบบเรียนโปรแกรมขึ้นช่วยการจัดซื้อ หาแบบเรียนสำเร็จรูปใหม่ ๆ เพื่อเป็นตัวอย่าง และทำการ
 วิจัยเกี่ยวกับการใช้แบบเรียนโปรแกรม หรือโดยการให้ความร่วมมือกับหน่วยศึกษานิเทศก์
 ของกระทรวงศึกษาธิการ เพื่อให้การอบรมและแนะนำให้ครูประจำการใช้วิธีสอนนี้อย่าง
 กว้างขวางยิ่งขึ้น เป็นต้น

3. ศึกษานิเทศก์ ควรมีผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านวิธีสอนโปรแกรม ทำหน้าที่
 แนะนำและอบรมวิธีการเหล่านี้แก่ครูให้สามารถนำไปใช้สอนได้

ข. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

1. ควรจะได้มีการศึกษาเปรียบเทียบผลการใช้แบบเรียนโปรแกรมกับการ
 สอนตามปกติในวิชาต่าง ๆ กลุ่มตัวอย่างในทุกระดับการศึกษา โดยใช้เนื้อหาและเวลาการ
 ทดลองให้มากพอสมควร เพื่อให้ได้ผลการทดลองถูกต้องเห็นได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

✓ 2. ควรมีการศึกษาความมีองค์ประกอบอะไรบ้างที่จะช่วยให้การสอนด้วย
 แบบเรียนโปรแกรมได้ผลดี เช่น เทคนิคการเขียนโปรแกรม ลักษณะของวิชา ระยะเวลา
 เวลาที่จะใช้ในแต่ละครั้ง และบทบาทของครูในขณะใช้แบบเรียนโปรแกรม เป็นต้น

✓ 3. ควรศึกษาคุณภาพผลการใช้แบบเรียนโปรแกรมต่อนักเรียนที่มีระดับความ
 สามารถต่าง ๆ เพื่อคว้านักเรียนประเภทใดรับผลจากการสอนแบบนี้มากที่สุด

4. ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบผลการใช้แบบเรียนโปรแกรมกับการสอนด้วยสื่อทัศนวัตถุ อื่น ๆ เช่น ภาพยนต์ โทรทัศน์ สไลด์ ฟิล์มสตริป ฯลฯ ในวิชาต่าง ๆ เพื่อให้ทราบว่าวิธีสอนแบบใดให้ผลการเรียนการสอนดีกว่ากัน

5. ผู้ที่จะทำการวิจัยโดยใช้แบบเรียนโปรแกรม ควรคำนึงถึงประสิทธิภาพของแบบเรียนที่จะใช้ แบบเรียนโปรแกรมที่สร้างขึ้นก่อนที่จะไปทดลองสอนจริง ๆ ควรได้มีการทดสอบความสามารถของแบบเรียนกับนักเรียนที่มีระดับความสามารถต่าง ๆ เพื่อปรับปรุงแก้ไข จนกว่าจะแน่ใจว่าแบบเรียนโปรแกรมที่สร้างขึ้นนี้เป็นแบบเรียนที่มีประสิทธิภาพดีแล้วจึงจะนำไปทดลองใช้จริงได้

6. ควรศึกษาดูว่าผลการใช้วิธีสอนแบบโปรแกรม จะทำให้นักเรียนมีทัศนคติต่อโปรแกรมที่เรียนอย่างไร และมีผลพลอยได้จากการสอนแบบนี้อย่างไรบ้าง

7. น่าจะลองสร้างโปรแกรมแบบสาขา (Branching) ในเรื่องที่ได้ทดลองนี้ แล้วใช้ทดลองสอนเปรียบเทียบกับโปรแกรมแบบตรง (Linear) ที่ได้สร้างขึ้นครั้งนี้

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- จรัส ไกรสินธุ์ การประเมินผลโครงการผลิตอุปกรณ์วิทยาศาสตร์เพื่อการฝึกสอน
ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของนิสิตฝึกสอนระดับปริญญาตรี วิทยาลัยวิชา
การศึกษา ประสานมิตร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2515 ปริญญาโท
 การศึกษามหาบัณฑิต วิทยาลัยวิชาการศึกษา 2516, 86 หน้า.
- ชวาล แพร่สกุล เทคนิคการวัดผล โรงพิมพ์วัฒนาพานิช พ.ศ. 2508, 452 หน้า.
- ชุดี ชัยพิพัฒน์และคณะ วิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ฉบับ คมส. พิมพ์ครั้งที่ 1
 สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช พ.ศ. 2516, 234 หน้า.
- บรรชา รัตนวัย การสร้างและทดลองใช้แบบเรียนโปรแกรมสอนวิชาเคมีในชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 4 ปริญญาโททางการศึกษามหาบัณฑิต วิทยาลัยวิชาการศึกษา
 2516, 68 หน้า.
- ประทุมสุข อาชาวำรุง แบบเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พิมพ์ครั้งที่ 10
 สำนักพิมพ์นิมมวิทยา พ.ศ. 2515, 366 หน้า.
- ประทีป สยามชัย "บทเรียนสำเร็จรูป" ชุดทางวิชาการ รายงานการประชุม
 ทางวิชาการครั้งที่หนึ่ง 1 - 5 สิงหาคม 2510 กรมสามัญศึกษา, 306 หน้า.
- ปรีชา คุณวัชสี การศึกษาเปรียบเทียบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5
โดยใช้แบบเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติ ปริญญาโททางการศึกษามหา
 บัณฑิต วิทยาลัยวิชาการศึกษา 2515, 42 หน้า.
- เป็รื่อง กุญท์ การสร้างแบบเรียนสำเร็จรูป พิมพ์โรเนียว พ.ศ. 2515,
 131 หน้า.
- พิทักษ์ รัชพลเดช นโยบายการศึกษาฝ่ายวิทยาศาสตร์ วิทยาลัยวิชาการศึกษา
 ประสานมิตร พ.ศ. 2513, 74 หน้า.
- ล้วน สายยศ และ อังคณา ทันติรัตนานนท์ สถิติวิทยาทางการศึกษา วัฒนาพานิช
 2515, 276 หน้า.

- วรรณ เจริญพงษ์ การศึกษาเปรียบเทียบการสอนวิชาเลขคณิตชั้นประถมศึกษา
ปีที่ 5 ระหว่างการใช้แบบเรียนสำเร็จรูป (Programmed Textbook)
กับการสอนตามปกติ ปรินูญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต วิทยาลัยวิชาการศึกษา
 2515, 71 หน้า.
- วิจิตร ศรีสะอาด "เทคนิควิทยาทางการศึกษา" ศูนย์ศึกษา 16 : 21 - 36
 กันยายน - ตุลาคม พ.ศ. 2512
- ศึกษาธิการ, กระทรวง กรมวิชาการ คู่มือครูประกอบมัธยมศึกษาตอนต้นวิชาวิทยาศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงพิมพ์ รสพ. พ.ศ. 2505, 161 หน้า.
- ศึกษาธิการ, กระทรวง กรมวิชาการ แบบเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
พิมพ์ครั้งที่ 11 โรงพิมพ์คุรุสภา 2514, 431 หน้า.
- ศึกษาธิการ, กระทรวง กรมวิชาการ ประมวลบทความเกี่ยวกับนวัตกรรมและเทคโนโลยี
โดยีทางการศึกษา โรงพิมพ์คุรุสภา พ.ศ. 2515, 242 หน้า.
- อุดม มุ่งเกษม การทดลองใช้เครื่องสอนประกอบการสอนวิชาภาษาอังกฤษ ใน
ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 7 ปรินูญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต วิทยาลัยวิชา
 การศึกษา 2513, 180 หน้า.
- Austwick, K., editor, Teaching Machines and Programming, Pergamon
 Press, London, 1964, 205 pp.
- Banghart, Frank W., and others, "An Experimental study of
 Programmed Versus Traditional Elementary School Mathe-
 matic." The Arithmetic Teacher, 10 : 199 - 204, April,
 1963.
- Day, Jesse H., "Teaching Machines" J. Chem Educ. 36 : 591 -
 595, No. 12 1959

- Dutton, Sherman Sumpter, "An Experimental Study in the Programming of Science Instruction for the Fourth Grade," Dissertation Abstracts, 24 : 2382 - A, December, 1963.
- Fan, Chung - Teh Item Analysis Table Education Testing Service, Princeton, New Jersey, 1952, 32 pp.
- Francis, George Harold, An Experimental Study of the Effectiveness of Self - Instruction Versus the Lecture - Demonstration Method of Teaching Selected Phase of Electricity, "Dissertation Abstracts, 27 . 3338 - A, April, 1967.
- Fry, Edward B. Teaching Machines and Programmed Instruction, McGraw-Hill Book Company, Inc, New York, 1963, 244 pp.
- Garret, Henry E., Statistics in Psychology and Education, Vakils Feffer and Simons Private Ltd., 1966, 491 pp.
- Guilford, J.P., Fundamental Statistic in Psychology and Education, McGraw-Hill Book Company, Inc, New York, 1965, 565 pp.
- Hartley, J., Strategies for Programmed Instruction : An Educational Technology, Willmer Brothers Limited Birkenhead, 1972, 231 pp.
- Leith, G.O.M., and others, A Handbook of Programmed Learning, Robert Gunningham and Sons Ltd, Alva, Great Britain 1966, 152 pp.
- Moses, John Irvin, " A Comparison of the Results of Achievement with Programmed Learning and Traditional Classroom Techniques in First Year Algebra at Spring Branch Junior High school," Dissertation Abstracts, 25 : 5793 - A, April 1965.

Sacerdote. Luciana " Evaluation of Programmed Instruction",

J. Chem Educ. 39 : 350, No.8, 1962.

Schramm, Wilbur, The Research on Programmed Instruction : An
Annotated Bibliography, U.S. Dept. of Health Education
and Welfare, Washington D.C. 1964, 114 pp. ©

Stolurow, Lawrence M, Teaching by Machine, U.S Government Printing
Office, Washington, 1961, 173 pp.

White Charles Colven, "The Use of Programmed Texts of Remedial
Mathematics Instruction in College", Dissertation Ab -
stracts, 30 : 3373 - A, 1970. •

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

การวิเคราะห์ข้อมูล

ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ

ข้อที่	P _H	P _L	p	r
1	.50	.71	.61	.22
2	.50	.75	.63	.37
3	.08	.38	.21	.42
4	.67	.88	.78	.29
5	.58	.83	.71	.30
6	.42	.96	.73	.65
7	.37	.67	.52	.30
8	.71	.87	.80	.23
9	.46	.67	.57	.22
10	.12	.29	.20	.25
11	.46	.83	.65	.40
12	.12	.79	.44	.66
13	.21	.62	.41	.42
14	.17	.42	.29	.30
15	.12	.62	.35	.54
16	.42	.92	.70	.57
17	.29	.50	.39	.22
18	.37	.58	.47	.21
19	.58	.83	.71	.30
20	.17	.50	.33	.37
21	.17	.42	.29	.30
22	.37	.67	.52	.30
23	.37	.83	.61	.48

ข้อที่	P _H	P _L	p	r
24	.42	.62	.52	.20
25	.58	.96	.80	.55
26	.25	.67	.46	.43
27	.71	.87	.80	.23
28	.12	.79	.44	.66
29	.08	.37	.21	.41
30	.33	.54	.43	.22
31	.62	.92	.79	.42
32	.58	.92	.77	.45
33	.37	.92	.67	.60
34	.17	.33	.25	.21
35	.50	.96	.77	.61
36	.21	.54	.37	.35
37	.17	.42	.29	.30
38	.33	.71	.52	.38
39	.42	.99	.78	.76
40	.12	.58	.33	.51
41	.29	.71	.50	.42
42	.21	.62	.41	.42
43	.17	.58	.36	.44
44	.42	.71	.57	.30
45	.21	.67	.43	.47

การหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบ

นำแบบทดสอบมาหาค่าความเชื่อมั่นโดยวิธีแบ่งครึ่ง (split - half)
 วิธีการก็คือแบ่งแบบทดสอบเป็นชุดคะแนนของข้อ (X) กับชุดคะแนนของข้อ (Y)
 นำมาหาสหสัมพันธ์ (r) แล้วคำนวณหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ (r_H)
 ผลปรากฏว่าได้ค่าต่าง ๆ ดังนี้

	X	Y	X^2	Y^2	XY
Σ	591	519	8187	6467	7097

$$\begin{aligned}
 r &= \frac{N \Sigma XY - \Sigma X \Sigma Y}{\sqrt{\{N \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2\} \{N \Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2\}}} \\
 &= \frac{48 \times 7097 - 591 \times 519}{\sqrt{\{48 \times 8187 - (591)^2\} \{48 \times 6467 - (519)^2\}}} \\
 &= \frac{340656 - 306729}{\sqrt{43695 \times 41055}} \\
 &= \frac{33927}{42354.43571} \\
 &= .803 \\
 r &= \frac{2r}{1 + r} \\
 &= \frac{2 \times .68}{1 + .68} = .8853
 \end{aligned}$$

การเปรียบเทียบคะแนนความรู้พื้นฐานของนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	N	ΣX	ΣX^2	$\bar{X}$	S^2	t
กลุ่มทดลอง	35	706	14578	20.1714	9.9109	0.5581
กลุ่มควบคุม	35	721	15193	20.6000	10.0117	

การคำนวณ

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{N_1} + \frac{S_2^2}{N_2}}} \\
 &= \frac{20.6000 - 20.1714}{\sqrt{\frac{10.0117 + 9.9109}{35}}} \\
 &= \frac{0.4286}{\sqrt{\frac{19.9226}{35}}} \\
 &= \frac{0.4286}{\sqrt{0.5692}} \\
 &= \frac{0.4286}{0.7544} \\
 &= 0.5581
 \end{aligned}$$

ค่า t ไม่นับสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น .05

การเปรียบเทียบคะแนนวัดทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลองก่อนการ เรียนและหลัง การเรียน

การทดสอบ	N	ΣX	ΣX^2	ΣD	ΣD^2	t
Pre-test	35	1410	60708	32	458	1.5232
Post-test	35	1420	61762			

การคำนวณ

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{\Sigma D}{\sqrt{\frac{N \Sigma D^2 - (\Sigma D)^2}{N-1}}} \\
 &= \frac{32}{\sqrt{\frac{35 \times 458 - (32)^2}{35 - 1}}} \\
 &= \frac{32}{\sqrt{\frac{16030 - 1024}{34}}} \\
 &= \frac{32}{\sqrt{441.3529}} \\
 &= \frac{32}{21.0084} \\
 &= 1.5232
 \end{aligned}$$

ค่า t ไม่นับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น .05

หมายเหตุ D = ความแตกต่างของคะแนน (Post-Pre)

การเปรียบเทียบคะแนนทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มควบคุมและหลังการเรียนรู้

การทดสอบ	N	ΣX	ΣX^2	ΣD	ΣD^2	t
Pre - test	35	1519	66667			
Post-test	35	1549	69364	29	461	1.3673

การคำนวณ

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{\Sigma D}{\sqrt{\frac{N \Sigma D^2 - (\Sigma D)^2}{N - 1}}} \\
 &= \frac{29}{\sqrt{\frac{35 \times 461 - (29)^2}{35 - 1}}} \\
 &= \frac{29}{\sqrt{\frac{15294}{34}}} \\
 &= \frac{29}{\sqrt{449.8235}} \\
 &= \frac{29}{21.3428} \\
 &= 1.3673
 \end{aligned}$$

ค่า t ไม่นับนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น .05

หมายเหตุ D = ความแตกต่างของคะแนน (Post - Pre)

ภาคผนวก ข.
แบบเรียนโปรแกรมที่ใช้ทดลอง

แบบเรียนโปรแกรม
วิชาวิทยาศาสตร์ ชั้น ม.ศ. 2
เรื่อง
ไฟและเชื้อเพลิง

คำชี้แจงสำหรับผู้เรียน

แบบเรียนเล่มนี้เรียกว่าแบบเรียนโปรแกรม (Programmed Textbook) เป็นแบบเรียนที่สร้างขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนได้ด้วยตนเองโดยไม่ต้องใจครูสอน แบบเรียนโปรแกรมจะทำหน้าที่เสมือนเป็นผู้สอนประจำตัวผู้เรียน ฉะนั้นผู้เรียนจะต้องปฏิบัติตามคำสั่งของแบบเรียนอย่างเคร่งครัดจึงจะได้ผลดี

รายละเอียดเกี่ยวกับแบบเรียนมีดังนี้

1. แบบเรียนโปรแกรมเล่มนี้เป็นขั้นตามเนื้อหาของวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เฉพาะเนื้อหาเรื่องไฟและเชื้อเพลิง

2. เนื้อหาในบทเรียนนี้แบ่งออกเป็นชั้นเล็ก ๆ เรียกว่า กรอบ เริ่มจากง่ายไปหายากตามลำดับ

3. ในแต่ละชั้นจะมีข้อความรู้ให้นักเรียนอ่าน และมีคำถามนำให้คิด นักเรียนจะเรียนรู้ไปทีละขั้น และสามารถทดสอบความเข้าใจไปพร้อม ๆ กับการเรียนด้วยการตอบคำถามเป็นขั้น ๆ ไป

4. นักเรียนจะทราบทันทีว่าคำตอบของนักเรียนถูกหรือผิด เพราะจะมีการเฉลยคำตอบไว้ด้วย

5. เมื่อนักเรียนเปิดดูคำตอบเฉลยแล้ว ให้เปรียบเทียบกับคำตอบของนักเรียนลำตรงกันหรือเป็นไปในทำนองเดียวกันก็ทำกรอบต่อไป แต่ถ้าผิดหรือไม่เป็นไปในทำนองเดียวกัน ให้กลับไปอ่านและทำความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องราวในกรอบที่แล้ว ๆ มาอีกครั้ง แล้วตอบใหม่

6. ผู้เรียนจะต้องซื่อสัตย์ คือเริ่มจากการอ่านและพยายามทำความเข้าใจในแต่ละชั้นให้ดี ถ้ายังไม่เข้าใจหรือยังไม่เสร็จห้ามเปิดดูคำตอบที่ใต้ไว้ เพราะถ้าเปิดดูคำตอบเสียก่อนก็เท่ากับนักเรียนลอกคำตอบ และจะไม่ได้อะไร

7. ทำทุก ๆ กรอบจากเริ่มต้น อย่าข้ามกรอบใดกรอบหนึ่ง ระลึกไว้เสมอว่าคำถามและคำตอบแต่ละชั้นไม่ใช่ข้อสอบ แต่เป็นบทเรียนที่นักเรียนจะต้องเรียนรู้

8. เมื่อนักเรียนเรียนไปถึงตอนที่มีการทดลองหรือทำแบบฝึกหัด นักเรียนจะต้องทำการทดลองหรือทำแบบฝึกหัดเสียก่อน แล้วจึงกลับมาเรียนในข้อต่อไป

9. ขะที่ทำการทดลองพยายามตั้งใจกระทำอย่างรอบคอบและทำตามวิธีการทดลองที่กำหนดไว้ให้เท่านั้น

10. เมื่อนักเรียนมีปัญหาข้อใจให้ถามผู้ควบคุมห้องทันทีอย่าปล่อยข้ามเป็นอันขาด

แบบเรียนโปรแกรม
เรื่องไฟและเชื้อเพลิง

ประวัติและความหมายของไฟ

๑ นักเรียนรู้จักไฟกันทุกคน รูว่าไฟร้อนและเปล่งแสงสว่างออกมา
บางทีก็มีเปลวไฟ เช่น เปลวเทียนไข บางทีก็ไม่มีเปลวไฟเช่น ไปมูหรี
ไฟเป็นปรากฏการณ์ที่สำคัญสิ่งหนึ่งที่มนุษย์เราจะขาดเสียมิได้
เพราะเป็นบ่อเกิดของพลังงานความร้อนและแสงสว่างตลอดจนพลังงาน
รูปอื่น ๆ

 นั่นคือพลังงานความร้อนและแสงสว่างเราอาจได้จาก _____
ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่รู้จักกันทุกคน

๒ ควยเหตุที่ไฟเป็นแหล่งที่สามารถทำให้เกิดพลังงาน _____
และ _____ ตลอดจนพลังงานรูปอื่น ๆ ดังนั้นไฟจึงมีความสำคัญต่อ
มนุษย์มาก

๓ ทำไมไฟจึงมีความสำคัญต่อมนุษย์ ?

๔ ไม่มีใครรู้แนวารู้จักไฟตั้งแต่เมื่อใด และควยวิธีใด เพียงแต่
สันนิษฐานว่ามนุษย์รู้จักไฟก่อนที่จะรู้จักก่อไฟ โดยนักวิทยาศาสตร์คาดว่า
คนป่าโบราณจะรู้จักนำไฟที่ติดอยู่ตามมาไขโดยการก่อกองไฟไว้ตลอด
เวลาไม่ให้อับ ต่อมาจึงคนแนววิถีก่อไฟและรู้จักบังคับไฟให้เป็นไปตาม
ความต้องการใด

 ดังนั้นการที่คนป่าโบราณก่อกองไฟตลอดเวลาไม่ให้อับ เป็น
การรู้จักนำ _____ ที่ติดอยู่ตามมาไข

๕ การนำไฟมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ไม่มีใครทราบเหมือนกันว่าเริ่มตั้งแต่เมื่อใด แต่คาดว่าครั้งแรกมนุษย์คงจะใช้ไฟเพื่อให้ความอบอุ่นและต่อมาจึงรู้จักใช้ไฟในการหุงต้มอาหาร นั่นคือมนุษย์รู้จักใช้ไฟให้เป็นประโยชน์ครั้งแรกเพื่อ _____ และ ต่อมาจึงใช้หุงต้มอาหาร	ไฟ
๖ เมื่อมนุษย์รู้จักใช้ไฟในการหุงต้มอาหาร ต่อมาจึงรู้จักใช้ไฟในการหลอมและหล่อโลหะพร้อมทั้งรู้จักใช้ไฟช่วยประหารศัตรูในยามสงคราม จะเห็นว่าในการให้ความอบอุ่น หุงต้มอาหาร การหลอมและหล่อโลหะ สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นวิธีการที่มนุษย์รู้จักใช้ _____ ให้เป็นประโยชน์	ความร้อน แสงสว่าง
๗ มนุษย์รู้จักใช้ไฟให้เป็นประโยชน์อย่างไบบ้าง ๑ ๑. _____ ๒. _____ ๓. _____ ๔. _____	เพราะเป็นแหล่ง ที่ทำให้เกิดพลัง งานความร้อน แสง สว่างและพลังงาน รูปอื่น
๘ เมื่อสองพันปีกว่ามาแล้ว <u>อริสโตเติล</u> (Aristotle) นักวิทยาศาสตร์ชาวกรีกเชื่อว่าไฟเป็นธาตุชนิดหนึ่งซึ่งได้อธิบายไว้ในทฤษฎี<u>ธาตุทั้งสี่</u> โดยสอนว่าโลกนี้มีธาตุอยู่ ๔ อย่างคือ ดิน น้ำ ลม และไฟ นักวิทยาศาสตร์ที่เชื่อว่าไฟเป็นธาตุคือ _____ ชาว _____	ไฟ

๘ ทฤษฎีธาตุทั้งสี่ของอาริสโตเติลสอนว่าในโลกนี้มีธาตุอยู่ ๔ อย่างคือ ----- -----	ให้ความอบอุ่น
๑๐ ดิน น้ำ ลม ไฟเป็นธาตุที่อยู่ในทฤษฎี ----- ของ อาริสโตเติล	ไฟ
๑๑ ต่อมาเมื่อวิทยาศาสตร์เจริญขึ้น ในศตวรรษที่ ๑๘ <u>ลาวัวซีเย (Lavoisier)</u> นักเคมีชาวฝรั่งเศสจึงค้นพบความจริงว่า <u>ไฟไม่ใช่ธาตุ</u> แท้จริงเป็น <u>ปรากฏการณ์ของการเกิดปฏิกิริยาเคมีอย่างรุนแรงรูปแบบหนึ่ง</u> ไฟ ใช้อาตุหรือไม่ ๑ -----	ให้ความอบอุ่น, หตุอาหาร, หตุและหตุโลหะ, ประหารศัตรูยา- สงคราม
๑๒ เราทราบแล้วว่าไฟไม่ใช่ธาตุแต่ที่แท้จริงเป็น ----- ของ การเกิดปฏิกิริยาเคมีอย่างรุนแรงรูปแบบหนึ่ง	อาริสโตเติล กรีก

๑๓ นักวิทยาศาสตร์ค้นพบความจริงที่ว่าไฟไม่ใช่ธาตุคือ ชาวฝรั่งเศส	ดิน น้ำ ลม ไฟ
๑๔ ในปัจจุบันการศึกษาเกี่ยวกับธาตุจะพบว่า จำนวนธาตุที่นักวิทยาศาสตร์ค้นพบ แล้วมีจำนวนน้อยกว่าชนิด ไม่ใช่ธาตุสี่อย่าง อย่างที่อาริสโตเติลเข้าใจ และพบว่า ไฟไม่ใช่ธาตุ แสดงว่าความคิดของอาริสโตเติลถูกต้องหรือไม่ ๑	ธาตุทั้งสี่
๑๕ ในทางวิทยาศาสตร์ถือว่าไฟคือปรากฏการณ์ของการเกิดปฏิกิริยาชนิดหนึ่ง ซึ่งไม่ใช่ เป็นการรวมตัวระหว่างสารกับออกซิเจนอย่างรวดเร็ว ให้ความร้อนและแสงสว่าง ออกมา ฉะนั้นการที่กระดามคิไฟแสดงว่า เป็นปรากฏการณ์ของการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระหว่างกระดามกับ	ไม่ใช่
๑๖ ในขณะที่เทียนไขกำลังติดไฟให้ความร้อนและแสงสว่างออกมา แสดงว่าเทียน ไขเข้าร่วมกับ _____ อย่างรวดเร็ว เราเรียกว่าเกิด _____ ของการเกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้น	ปรากฏการณ์

๑๓ นั่นคือเมื่อมีสารมารวมกันออกซิเจน เกิดปฏิกิริยาเคมีให้ความร้อนและแสงสว่างขึ้น ปฏิกิริยาเคมีนี้จะทำให้เกิด _____ ขึ้น	สารไวไฟ
๑๔ จงให้ความหมายของคำว่า " ไฟ " _____	ไม่ถูกต้อง
๑๕ ถ้ามีวัตถุอย่างหนึ่งอยู่ในที่ที่มีก๊าซออกซิเจน (อากาศ) เมื่อได้รับความร้อนจนมีอุณหภูมิสูงถึงขีดหนึ่งคือ ชีตติคไฟ วัตถุนั้นจะติดไฟลุกเป็นเปลวขึ้น เรียกว่า <u>เกิดการติดไฟ</u> ดังนั้นถ้าเอาถ่านไม้มาเผาไฟจนได้รับความร้อนมีอุณหภูมิถึงขีดติดไฟ ถ่านไม้จะ _____ ลุกเป็นเปลวขึ้น	ออกซิเจน
๒๐ เมื่อนำเทียนไขมาให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิสูงถึงขีดติดไฟในที่ที่มีก๊าซออกซิเจน เทียนไขจะเกิดการ _____ ขึ้น	ออกซิเจน ปรากฏการณ์

๒๑ นั่นคือวัตถุอย่างหนึ่งจะติดไฟได้ต้องอาศัยออกซิเจนและความร้อนจนถึงขีดติดไฟ ดังนั้นถ้าน้ำมันติดไฟได้เพราะมี _____ เข้าช่วยและมี _____ จนถึงขีดติดไฟ	ปฏิกิริยาเคมี
๒๒ ส่วนประกอบอย่างแรกที่จะช่วยให้เชื้อเพลิงติดไฟคือ _____	ปรากฏการณ์ของการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารกับออกซิเจนอย่างรวดเร็วให้ความร้อนและแสงสว่างออกมา
๒๓ การที่กระดาษจะติดไฟได้ต้องอาศัยส่วนประกอบ ๒ อย่างคือ ๑. มี _____ เข้าช่วยในการเผาไหม้ ๒. มี _____ จนถึงขีดติดไฟ	ติดไฟ
๒๔ การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเกิดขึ้นได้อย่างไร ? _____	ติดไฟ

การติดไฟของวัตถุใดก็ตามจะเห็นว่าต้องมีก๊าซออกซิเจนและทำให้วัตถุมีความร้อนจนอุณหภูมิถึงขีดติดไฟ

ต่อไปนี้เป็นการศึกษาทดลอง จุดมุ่งหมายของการทดลองนี้ก็เพื่อให้นักเรียนทราบความจริงบางอย่างเกี่ยวกับสิ่งที่จำเป็นต่อการติดไฟ

(กรอบนี้ไม่ต้องการคำตอบ)

ออกซิเจน
ความร้อน

การทดลองที่ ๑ เพื่อแสดงว่าออกซิเจนจำเป็นต่อการติดไฟ

อุปกรณ์ เทียนไข ๒ เล่ม ขวดปากกว้าง ๒ ใบ ไม้ขีดและแผ่นแก้ว

วิธีทำการทดลอง

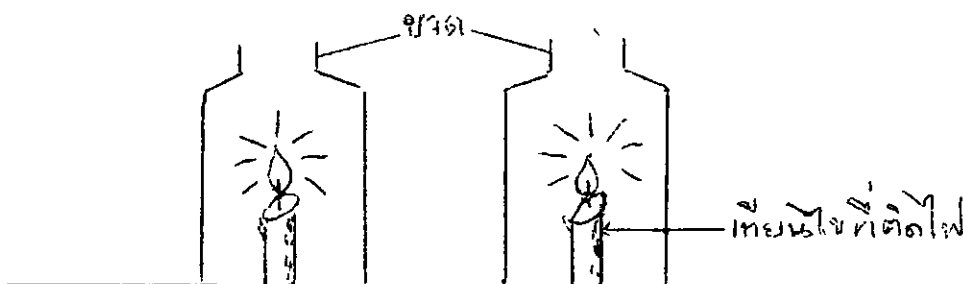
ตอนที่ ๑ ๑. รนกันเทียนไขที่มีขนาดเท่ากันทั้ง ๒ เล่ม และนำมาติดที่ภายในขวดปากกว้าง ขวดละเล่ม

๒. จุดเทียนไขทั้ง ๒ เล่มพร้อมๆกัน

๓. ขณะที่เทียนไขทั้ง ๒ เล่มกำลังติดอยู่ ให้นำแผ่นแก้วปิดปากขวดใบที่ ๑ (ให้ชื่อว่าขวด ก.) ส่วนใบที่ ๒ (ขวด ข.) ไม่ต้องกระทำอย่างใด
บันทึกผลการเปลี่ยนแปลงต่างๆที่เกิดขึ้น

ตอนที่ ๒ ทำการทดลองซ้ำเหมือนตอนที่ ๑ แต่ในขณะที่เทียนไขทั้ง ๒ เล่ม กำลังติดไฟให้นำแผ่นแก้วมาปิดปากขวด ข. แทนขวด ก.

บันทึกผลการเปลี่ยนแปลงต่างๆที่เกิดขึ้น



เกิดขึ้นเมื่อเชื้อเพลิงอยู่ในที่มีออกซิเจนและได้รับความร้อนจนถึงขีดติดไฟ

๒๒

ในการทดลองของนักเรียน เที่ยงโซ่ในขวดที่ปิดแผ่นแก้ว กับในขวดที่ไม่ได้
ปิดแผ่นแก้วจะแตกต่างกันอย่างไร ๑

๒๓

จากการทดลองจะเห็นว่าในขวดที่ปิดแผ่นแก้วเที่ยงโซ่จะค่อยๆ คืบ ในขวดที่
ไม่ได้ปิดแผ่นแก้วเที่ยงโซ่จะติดไฟต่อไปเรื่อยๆ การที่เที่ยงโซ่ในขวดที่ไม่ได้ปิดแผ่น
แก้วติดไฟต่อไป เพราะว่าออกซิเจนในอากาศเข้าไปได้ ส่วนในขวดที่ปิดแผ่นแก้วไฟ
จะดับ แสดงว่าออกซิเจนใน _____ เข้าไปไม่ได้

๒๔

ดังนั้นการที่เที่ยงโซ่ติดไฟอยู่ได้ในขวดที่อากาศเข้าได้ แสดงว่าส่วนที่ช่วยให้
ไฟติดคือ _____

๒๕

นั่นคือการติดไฟต้องการอากาศและส่วนที่ช่วยให้ไฟติดคือ ออกซิเจน ถ้า
ออกซิเจนหมด ไฟก็จะดับ
ฉะนั้นการติดไฟของวัตถุใดๆก็ตามถ้าขาด _____ ไฟจะดับเพราะ
ออกซิเจนเป็นสารที่ช่วยให้ _____

๓๐ ถ้าเราออกกวีเจนไฟจะติดหรือไม่ ๑ ----- -----	ขวดที่ปิดแน่นแก้วไฟดับ ขวดที่ไม่ได้ปิดแน่นแก้วไฟ จะติดต่อไป
๓๑ จากที่กล่าวมาแล้วเราสรุปได้ว่า วัตถุจะติดไฟไ้จะต้องมีก๊าซออกกวีเจนและ ความร้อนที่มีอุณหภูมิถึงขีดติดไฟ นอกจากนี้เราพบต่อไปอีกว่า การติดไฟของวัตถุ ใดก็ตามจะติดไฟในอุณหภูมิที่แตกต่างกันออกไปแล้วแต่นิคมของวัตถุ ซึ่งอุณหภูมิที่วัตถุ ติดลุกเป็นไฟได้นี้ นักวิทยาศาสตร์เรียกว่า <u>จุดชวาล</u> หรือ <u>จุดติดไฟ</u> ฉะนั้นถ้ากระดาษได้รับความร้อนจนมีอุณหภูมิที่ติดไฟได้เราเรียกว่า ----- หรือจุดติดไฟ	อากาศ
๓๒ จุดชวาลเป็นอุณหภูมิที่สารติดลุกเป็นไฟจึงไม่ไ้ความร้อนเพราะจุดชวาลเป็น ----- ที่สารติดไฟ	ออกกวีเจน
๓๓ จุดชวาลถือว่าเป็นความร้อนหรือไม่ ๑ -----	ออกกวีเจน , ไฟติด

๓๐ ถ้าเราออกวีเจนไฟจะติดหรือไม่ ? ----- -----	ชวคที่ปักแผ่นแก้วไฟคัย ชวคที่ไม่ได้ปักแผ่นแก้วไฟ จะติดต่อไป
๓๑ จากที่กล่าวมาแล้วเราสรุปได้ว่า วัตถุจะติดไฟไ้จะต้องมีการออกวีเจนและ ความร้อนที่มีอุณหภูมิถึงขีดติดไฟ นอกจากนี้เราพบต่อไปอีกว่า การติดไฟของวัตถุ ใ้ทุกก็ตามจะติดไฟในอุณหภูมิที่แตกต่างกันออกไปแล้วแตชนิดของวัตถุ ซึ่งอุณหภูมิที่วัตถุ ติดลุกเป็นไฟได้นี้ นักวิทยาศาสตร์เรียกว่า <u>จุดชวาล</u> หรือ <u>จุดติดไฟ</u> ฉะนั้นถ้ากระดาษได้รับความร้อนจนมีอุณหภูมิที่ติดไฟได้เราเรียกว่า หรือจุดติดไฟ	อากาศ
๓๒ จุดชวาลเป็นอุณหภูมิที่สารติดลุกเป็นไฟซึ่งไม่ใช่ความร้อนเพราะจุดชวาลเป็น ----- ----- ที่สารติดไฟ	ออกวีเจน
๓๓ จุดชวาลถือว่าเป็นความร้อนหรือไม่ ? ----- -----	ออกวีเจน , ไฟติด

จุดชวาลคืออะไร ๑

๖

ไม่คิด

ในการทดลองต่อไปนี้ ต้องการให้นักเรียนทราบความจริงเกี่ยวกับ การติดไฟ
ของวัตถุ ว่าวัตถุแต่ละชนิดจะติดไฟพร้อมกันหรือไม่

การทดลอง เพื่อแสดงว่าสารต่างๆติดไฟในอุณหภูมิที่ต่างกัน

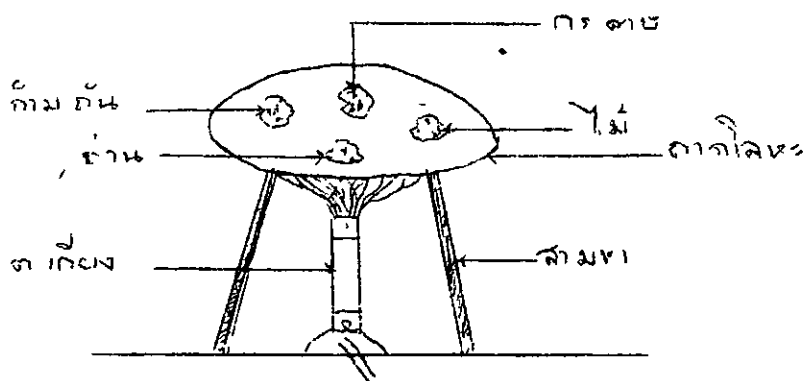
อุปกรณ์ ฝาหรือถาดโลหะแบน สามขา ตะเกียง

วิธีทำการทดลอง ๑. นำฝาหรือถาดโลหะแบนขนาดใหญ่มากพอสมควรตั้งบนสามขา
คิงภาพ

๒. วางก้อนกำมะถัน กระดาษ ไม้ และถ่านไว้บนฝาหรือ
โลหะแบน (ควรกะขนาดของวัตถุให้เท่าๆกันโดยประมาณ)

๓. จ่อเปลวตะเกียงอัลกอฮอล์หรือตะเกียงเบนเซนเข้าที่
ถาดโลหะตรงกลางพอดี

คอยสังเกตดูว่า อะไรติดไฟก่อนหรือหลังอย่างไร



จุดชวาล

อุณหภูมิ

ไม่เป็น

จากการทดลองของนักเรียน ปรากฏว่าสารที่ติดไฟก่อนคือ _____
ต่อมาได้แก่ _____ และ _____ ตามลำดับ

๓๖

เมื่อทดลองพบว่ากำมะถันจะติดไฟก่อน ต่อมาคือ กระดาษ ถ่าน และไม้
 ชามล่าดับ ฉะนั้นการที่กำมะถันติดลูกเป็นไฟก่อน แสดงว่ากำมะถันมีอุณหภูมิถึง
 ----- ก่อนกระดาษ ถ่าน และไม้

๓๗

นั่นคือในการทดลองกำมะถัน กระดาษ ถ่าน และไม้ ติดลูกเป็นไฟ
 ใน ----- ที่ต่างกันและต่างก็จะติดเป็นไฟ ณ. อุณหภูมิจำกัด
 ประจำตัวเสมอ เช่นกำมะถันจะติดลูกเป็นไฟในอุณหภูมิ 114°C เป็นต้น

๓๘

พบว่ากำมะถันติดลูกเป็นไฟที่อุณหภูมิ 114°C เสมอ ซึ่งจะเป็น
 ----- จำกัดประจำตัวของสารเสมอ

	กำมะถัน กระดาษ
	ถ่าน ไม้

๓๙

นั่นคือการที่วัตถุจะติดไฟได้นอกจากต้องอาศัยออกซิเจนเข้าช่วยในการเผาไหม้
 แล้วจะต้องได้รับความร้อนจนอุณหภูมิถึง ----- ของมันด้วย

๕๐

และเมื่อสารใดได้รับความร้อนยังไม่ถึงจุดชวาลของมัน ก็จะไม่ติดไฟเราจะต้อง
ให้ความร้อนจนกระทั่งมี _____ สูงถึงจุดชวาลถึงจะติดไฟ จึงถามแต่ละ
วัตถุจะติดไฟในอุณหภูมิที่ _____ ออกไป แล้วแต่ละวัตถุของสารนั้น

จุดชวาล

การทดลอง เพื่อแสดงว่าวัตถุจะไม่ติดไฟเป็นไฟเมื่ออุณหภูมิไม่ถึงจุดชวาล

อุปกรณ์ กระดาษ น้ำ ตะเกียง ตะแกรงลวด สามขา

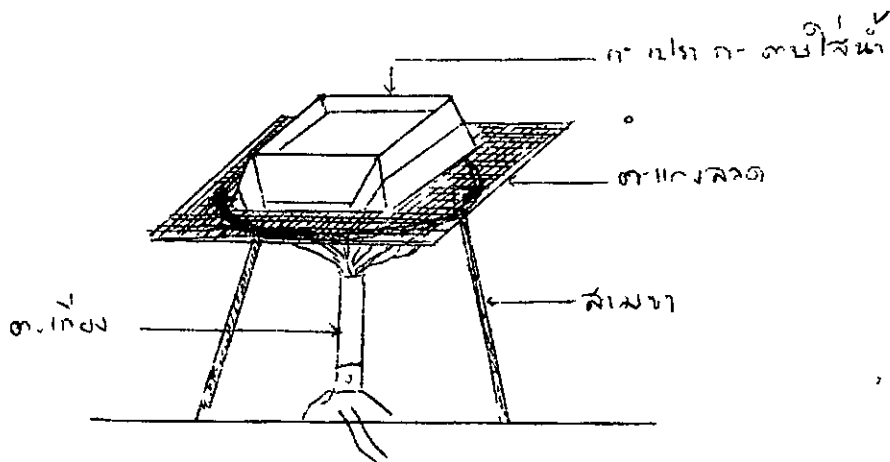
วิธีทำการทดลอง พับกระดาษให้เป็นกระเปาะ แล้วใส่น้ำประมาณครึ่งหนึ่ง

วางบนตะแกรงลวดที่ตั้งไว้บนสามขาอีกทีหนึ่ง (ดังรูป) นำ

ตะเกียงที่มีเปลวไฟลงใต้กระเปาะกระดาษ

สังเกตการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

อุณหภูมิ



อุณหภูมิ

๕๑

ขณะที่นักเรียนต้มน้ำด้วยกระดาษน้ำจะเดือดหรือไม่

และกระดาษเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไรใด ?

จุดชวาล

๕๒

เมื่อทดลองจะพบว่าขณะที่ให้ความร้อนไปเรื่อย ๆ น้ำและกระดาษจะร้อนขึ้น
จนน้ำที่อยู่ในกระดาษจะเดือดแต่ _____ จะไม่ติดไฟ

๔๓ การที่น้ำเดือดแต่กระทะไม่ติดไฟ แสดงว่ายังร้อนไม่ถึง ที่เป็นจุดชวาลของกระทะ ๐	อุณหภูมิ แตกต่างกัน
๔๔ นั้นคือสารเมื่อได้รับความร้อน ถ้ายังมีอุณหภูมิไม่ถึง สารนั้นจะไม่ติดไฟ	ไม่เดือด ไม่เปลี่ยนแปลง
๔๕ เมื่อเราต้มน้ำให้เดือด ด้วย กระทะ ขณะน้ำเดือด ทำไมกระทะ จึงไม่ติดไฟ ? -----	
<u>การทดลอง</u> เพื่อแสดงว่าการติดไฟต้องการเชื้อเพลิง <u>อุปกรณ์</u> กระทะ ไม่ขีด <u>วิธีทำการทดลอง</u> นำกระทะมา ๒ แผ่น ๆ หนึ่งเล็ก อีกแผ่นหนึ่งใหญ่ ขยุมกระทะทั้ง ๒ แผ่น แล้วมวนให้มีลักษณะ ยาว ๆ จุดไฟหอรอมกัน สังเกตการเปลี่ยนแปลงว่ากระทะ แผ่นไหนจะดับไฟก่อนและหลังอย่างไร	กระทะ

๔๖ จากกรทดลองปรากฏว่ากระดาม้วนเล็ก จะไหม้ไฟหมดก่อน แล้วไฟก็ดับ ส่วนกระดาม้วนใหญ่จะ ----- หอไปจนกระทั่งกระดามหคไฟจึงดับ	อุณหภูมิ
๔๗ การที่กระดาม้วนเป็นไฟได้แสดงว่ากระดาม้วนเป็น ----- หรือสารติดไฟ	จุดชวาล
๔๘ เมื่อนำกระดาม้วน ๒ แผ่น โดยแผ่นหนึ่งใหญ่อีกแผ่นหนึ่งเล็กมาจุดไฟจะพบ ว่ากระดาม้วนเล็กจะดับก่อนแผ่นใหญ่ นั่นคือไฟจะดับเมื่อ ----- คือกระดาม้วนไหม้ไฟหมดนั่นเอง	เพราะยังร้อนไม่ถึงจุด ชวาลของกระดาม
๔๙ แสดงว่าในการลุกเป็นไฟจะต้องมีวัตถุที่ใช้ในการติดไฟซึ่งเรียกว่า <u>เชื้อเพลิง</u> หรือสารติดไฟ ฉะนั้นเมื่อเราเอา <u>เชือกไม้</u> ลงไฟ จะเกิดการติดไฟ นั่นคือเชือกไม้เป็น ----- หรือสารติดไฟ	

๕๐ นักเรียนทุกคนคงจะทราบว่าสารบางพวกได้แก่ หิน แก้ว ดิน อิฐ เหล่านี้ จะไม่ติดไฟ ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์จึงแบ่งสารต่าง ๆ ออกเป็น ๒ จำพวก คือ <u>สารติดไฟ (Inflammable Substance)</u> และ <u>พวกสารไม่ติดไฟ (Incombustible Substance)</u> ฉะนั้นถ้าต้องการติดไฟหรือไม่แล้วเราจะแบ่งสารต่างๆ ออกได้ ๒ พวก ใหญ่ ๆ คือ ----- และ -----	ติดไฟ
๕๑ ต่อไปนี้สิ่งใดคือสารติดไฟ หิน กระดาษ ฟีน แก้ว ดิน ถ่านไม้ กำยานหิน อิฐ แอลกอฮอล์ ๑ -----	เชื้อเพลิง
๕๒ จากกรอบที่ ๕๑ สิ่งใดคือสารไม่ติดไฟ ๑ -----	เชื้อเพลิง
๕๓ สารบางชนิดนอกจากจะพบว่ามีคุณสมบัติติดไฟได้แล้ว ยังติดไฟได้รวดเร็ว และง่ายคาย เนื่องจากสารพวกนี้มีจุดหลอมต่ำ เมื่อได้รับความร้อนพออุณหภูมิ สูงขึ้นเพียงเล็กน้อยก็ติดไฟได้รวดเร็ว และขณะติดไฟจะคายความร้อนออกมา มากพอที่เราจะนำไปใช้ประโยชน์ได้สารติดไฟ ประเภทนี้เรียกว่า <u>เชื้อเพลิง</u> การที่เชื้อเพลิงติดไฟได้รวดเร็ว เนื่องจากเชื้อเพลิงมี -----	เชื้อเพลิง

๕๔ เมื่อเชื่อเพลิงติดไฟจะคาย _____ ออกมาพอที่จะนำไปใช้ เป็นประโยชน์ได้	สารติดไฟ สารไม่ติดไฟ
๕๕ เชื่อเพลิงหมายถึงอะไร ? _____ _____	กระดาษ ฟืน ถ่านไม้ กาชถ่านหิน แอลกอฮอล์
๕๖ ฉะนั้นเราอาจสรุปได้ว่าการก่อไฟนั้นจะต้องเริ่มต้นด้วยวัสดุที่เบา และติดไฟได้จำนวนน้อยๆ ก่อน เช่นกระดาษ หรือ เชื้อฟืน แล้วจึงเอา ถ่านหรือไม้ก้อนโต ๆ วางทับบนเชื่อเพลิงให้โปร่ง เพื่อให้ _____ ในอากาศ เข้าได้ทั่วถึง และ ในการติดไฟเชื่อเพลิง จะต้องได้รับความ ร้อนจนอุณหภูมิสูงถึง _____ เสียก่อนไฟจึงติด	หิน แก้ว กิน ดิน
๕๗ นั่นคือ ตามข้อเท็จจริงจากการทดลอง และการเรียนรู้ของนักเรียน ทั้งกล่าวมาแล้วข้างต้นเราสามารถสรุปได้ว่าการติดไฟนั้นจะต้องประกอบ ด้วยสิ่งจำเป็น ๓ ประการ คือ ๑. _____ หรือสารติดไฟ ๒. _____ ๓. _____	จุดชวาล

การสันดาป (Combustion)

๕๘ ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างสารต่าง ๆ กับออกซิเจนทำให้เกิดความร้อนและแสงสว่างขึ้นเรียกว่า<u>การสันดาป</u> ดังนั้นการที่ถ่านกัมมันต์ไหม้แสดงว่าถ่านเข้ารวมกับออกซิเจน จึงจัดเป็น.....ชนิดหนึ่ง	ความร้อน
๕๙ ถ้าเราจุดไม้ขีดไฟจุดที่กระดาษทำให้กระดาษติดไฟแสดงว่าเกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้นให้แสงสว่างและรู้สึกร้อนเมื่ออยู่ใกล้ นั่นคือ เกิด.....ขึ้นโดยกระดาษเข้ารวมกับ.....ในอากาศและสะสมความร้อนจนถึงจุดติดไฟ	สารที่มีจุดขีดต่ำ เมื่อติดไฟจะคายความร้อนออกมา นำไปใช้ประโยชน์ได้
๖๐ ขณะที่เทียนไขติดไฟก็จัดว่าเป็นการ.....ชนิดหนึ่ง เพราะเกิดจากเทียนไขเข้ารวมกับออกซิเจนให้.....และแสงสว่างออกมา	ออกซิเจน จุดขีด เชื้อเพลิง ออกซิเจน จุดขีด

๒๑

นั่นคือลักษณะที่สารเข้าร่วมกับออกซิเจนและสะสมความร้อนได้เร็วมากจนถึงจุดติดไฟเกิดความร้อนและแสงสว่างขึ้น เรียกว่าการสันดาป ฉะนั้นการติดลูกเป็นไฟหรือไหม้ไฟของวัตถุต่าง ๆ ที่เราเห็นอยู่รอบ ๆ ตัวจึงจัดเป็น -----
อย่างหนึ่ง

การสันดาป

๒๒

ในทัศนะของนักวิทยาศาสตร์การสันดาปมีความหมายกว้างกว่าการติดลูกเป็นไฟ ดังที่พวกเราเห็นอยู่ เนื่องจากสารบางอย่างรวมตัวกับออกซิเจน แม้จะเกิดความร้อนขึ้น แต่ถ่ายเทความร้อนให้แก่อากาศที่อยู่รอบ ๆ เป็นการนำความร้อนออก ทำให้สารนั้นไม่ร้อนถึงจุดติดไฟ จึงไม่ติดไฟ และไม่เกิดแสงสว่างขึ้น ก็จัดว่าเป็นการสันดาปชนิดหนึ่ง แต่เรียกว่า การสันดาปช้า เพราะ เกิดจากสารรวมตัวกัน -----
เหมือนกัน

การสันดาป
ออกซิเจน

๒๓

ดังนั้นการสันดาปช้าก็คือปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างสารกับ -----
มีความร้อนเกิดขึ้น แต่เกิดขึ้นน้อยมาก ไม่ร้อนถึงจุดติดไฟและไม่เกิดแสงสว่าง

การสันดาป , ความร้อน

๖๔

พบว่ามนุษย์เราตามปกติจะหายใจเอาอากาศเข้าไปประมาณวันละ ๑๕๐๐ แกลลอน และใช้ออกซิเจนประมาณ ๑๕๖ แกลลอน ต่อวัน สำหรับเผาผลาญอาหารที่รับประทานเข้าไป เพื่อให้ความร้อนแก่ร่างกาย ร่างกายคนจึงอบอุ่นอยู่เสมอ การที่อาหารทำปฏิกิริยากับ _____ ที่หายใจเข้าไปก็เหมือนกับเชื้อเพลิงทำปฏิกิริยาเคมีกับออกซิเจน เมื่อไหม้ไฟ ดังนั้น นักวิทยาศาสตร์จึงถือว่าการเผาผลาญอาหารภายในร่างกายเราเป็นการ _____ ควบคู่ไปกับการสันดาปประเภท _____

การสันดาป

๖๕

นักเรียนคงเคยสังเกตเห็นว่า เหล็กที่ทิ้งไว้เฉย ๆ ในอากาศจะเกิดเป็นสนิม การเกิดสนิมก็คือเหล็กทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ โดยมีความร้อนเกิดขึ้นด้วย แต่ความร้อนที่เกิดขึ้นน้อยมาก เราจึงไม่รู้สึก ดังนั้นการเกิดสนิมของเหล็กก็จัดว่าเป็น _____ ด้วย เพราะเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างสาร _____ แต่เป็นการสันดาปช้า

ออกซิเจน

๖๖

จะเห็นได้ว่าการเผาผลาญอาหารภายในร่างกายและการเกิดสนิมของเหล็กก็จัดเป็นการสันดาป แต่เป็น _____ ดังนั้น การติดลูกปืนไฟ หรือการไหม้ไฟของวัตถุต่าง ๆ ควรเรียกการสันดาปชนิดนี้ว่า _____

ออกซิเจน

๖๓

ต่อไปนี่สิ่งใดเป็นการสันดาปเร็ว ?

การเผาผลาญอาหารของร่างกาย การติดไฟของเทียนไข การเกิดสนิมของเหล็ก
เศษไม้ติดไฟ

ออกซิเจน

การสันดาป
สันดาปช้า

๖๔

จากกรอบที่ ๖๓ สิ่งใดเป็นการสันดาปช้า ?



การสันดาป
ออกซิเจน

๖๕

ยังมีการสันดาปอีกชนิดหนึ่งเรียกว่า การสันดาปเอง คือเกิดจากสารบางอย่าง
เข้ารวมกับออกซิเจนอย่างช้า ๆ โดยค่อย ๆ สะสมความร้อนทีละเล็กละน้อยเมื่อถึง
เวลานานเข้าจึงร้อนมากถึงจุดติดไฟ

ดังนั้น การที่ไฟไหม้ป่า เนื่องจากความร้อนจากการเสียดสีของกิ่งไม้หรือจาก
อากาศที่อบอ้าวมาก ๆ สะสมอยู่ทำให้วัตถุที่มีจุดชวาลต่ำติดลุกเป็นไฟได้ควรเรียกว่า

สันดาปช้า

สันดาปเร็ว

๗๐

นักเรียนคงจะเคยได้ยินข่าวบ่อย ๆ ว่า ถังน้ำมันระเบิดทำให้ไฟไหม้ มีครั้ง
หนึ่งที่โรงเก็บน้ำมันคลองเตยของบริษัทเชลล์มีถังน้ำมันถังหนึ่ง น้ำมันหมดแล้ว คน
งานจึงลงไปทำความสะอาดปรากฏว่าไฟลุกไหม้พริบมาทันที เพราะไอของมันก็
มีค้างอยู่เราเรียกว่า น้ำมันมีคุณสมบัติไวไฟ มีจุดชวาลต่ำติดลุกเป็นไฟได้เองว่า
และการติดลุกเป็นไฟโดยวิธีนี้จึงเรียกว่า

๗๑

เกี่ยวกับการสันดาปเองที่เกิดขึ้นนั้นจะเริ่มตนจากกัรสันดาปช้าก่อนโดย
ทำให้ความร้อนเกิดขึ้นทีละเล็กละน้อยเมื่อสะสมความร้อนมากขึ้นถึงจุดชวาล
ของสาร สารนั้นก็จะติดไฟรุนแรงขึ้น เกิดเป็นการสันดาปเร็ว

ดังนั้น กองฟางแห้งหรือหญ้าแห้งที่สะสมทิ้งไว้นาน ๆ เข้าอาจจะพบว่าติดไฟขึ้น
เองได้ แสดงว่ากองฟางแห้งหรือหญ้าแห้งเขารวกับ _____
อย่างช้า ๆ โดยสะสมความร้อนทีละเล็กละน้อยกินเวลานานเข้าจึงร้อนมากถึง
จุดติดไฟเร็วกว่า _____

การติดไฟของเทียนไข
เศษไม้ติดไฟ

๗๒

นั่นคือการสันดาปเองจะเกิดขึ้นจาก _____ ก่อนแล้ว
จึงเปลี่ยนเป็นการสันดาปเร็ว เกิดการติดลุกลเป็นไฟขึ้น

การเผาผลาญอาหาร -
ของร่างกาย
การเกิดสนิมของเหล็ก

๗๓

จงอธิบายการเกิดสันดาปเองพอเข้าใจ ?

๗๔

เมื่อนักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับการสันดาปแล้วจะเห็นได้ว่า การสันดาป-
เร็ว สันดาปช้า ตลอดจนสันดาปเอง ถือว่าเป็นการสันดาปทั้งสิ้น เพราะเกิด
ปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารต่าง ๆ กับ _____ เหมือนกัน

สันดาปเอง

เชื้อเพลิง
สันดาปเอง

๗๕

เมื่อเป็นเช่นนี้จะเห็นได้ว่าความหมายของการสันดาปจะคล้ายกับความ
หมายของไฟนั่นเอง เพียงแต่เมื่อเรากล่าวถึงไฟเรามักเน้นถึงลักษณะที่เป็น
ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น แต่เมื่อกล่าวถึง การสันดาป เรามักเน้นถึง การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

ดังนั้น ถ้าเราเน้นถึงลักษณะที่เป็น _____ ที่เกิดขึ้น
จะเป็นความหมายของไฟ

ออกฉีเจน
สันดาปเอง

๗๖

แต่ถ้าเราเน้นถึงการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเป็นความหมายของ _____

สันดาปช้า

๗๗

นักเรียนจงให้ความหมายของคำว่า "สันดาป" และ "ไฟ" ๑

เริ่มจากการสันดาปช้า
โดยสะสมความร้อนทีละ
เล็กละน้อยแล้วเปลี่ยนเป็น
สันดาปเร็วเกิดการติดไฟขึ้น

ออกฉีเจน

สำหรับในการคิดไปของวัตถุ นักเรียนลงทราบถึงความบางที่ที่มี
เปลวไฟ เช่น เปลวเทียนไข บางทีก็ไม่มีเปลวไฟ เช่น ไฟนุหรี่ แต่
โดยทั่วไปพบว่าเมื่อวัตถุติดไฟมันจะมีเปลวไฟ เกิดขึ้น ซึ่งเปลวไฟที่เกิดขึ้น
ก็คือก่อนการ หรือไอที่กำลังลุกไหม้

ต่อไปนี้เป็นทดลอง เพื่อต้องการให้นักเรียนทราบความ
จริงเกี่ยวกับการเกิดเปลวไฟของวัตถุว่า เปลวไฟ ที่เกิดขึ้นขณะหัววัตถุ
ติดไฟคือก่อนการ หรือไอที่กำลังลุกไหม้

การทดลอง เมื่อแสดงว่าเปลวไฟคือก่อนการ หรือไอที่กำลังลุกไหม้
อุปกรณ์ เทียนไข ไม้ขีด

วิธีทำการทดลอง) นำเทียนไขมาหนึ่งเล่ม จุดไม้ขีดให้ติดไฟแล้วมา
จ่อที่เทียนไขให้ติดไฟ ระวัง!
ดับเปลวเทียนไข แล้วนำเปลวไฟของไม้ขีดไฟ
ไปรอใกล้ ๆ ไม้เทียนที่ดับไหม้ ๆ ต่างประมาณ
1 นิ้ว (จุดไม้ขีดไฟและดับไม้เทียนก่อนนำไม้ขีดไฟ
ไปติดแกว ๆ ที่หลาย)

สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

ปรากฏการณ์

การสันดาป

อันความหมายถึง
ปฏิกิริยาเคมีที่
เกิดขึ้นระหว่าง
สารกับออกซิเจน
โดยหมายถึงปฏา-
กิริยาของการ
เกิดปฏิกิริยาเคมี
ระหว่างสารกับ
ออกซิเจนอย่าง
รวดเร็วและความ
ร้อนและแสงสว่าง

เช่น

เมื่อทดลองนำไม้ขีดที่มีไฟติดแกว ๆ ที่ปลายไปรอใกล้ ๆ
ไม้เทียนที่ดับไหม้ ๆ ปรากฏว่า

๗๘

จากการทดลองจะพบว่าขณะที่ใส่เทียนที่คัมใหม่มีก้านไม้ขีดที่ติดไฟไปอยู่ใกล้ๆ จะติดไฟขึ้นใหม่ได้อีก เพราะเปลวไฟที่เกิดจากไอเทียนไข สะบักไปติดใส่เทียนทำ ให้เทียนไข ----- ตามเดิม

๘๐

การที่เปลวไฟที่เกิดจากไอเทียนไขสะบักไปติดใส่เทียนทำให้เทียนไข ติดไฟตามเดิม แสดงว่า ----- ติดไฟ ไม่ใช่เทียนไข

๘๑

ฉะนั้นในการจุดเทียนไขให้ติดไฟนั้น เราต้องจุดที่ใส่เทียนก่อน เมื่อใส่เทียนได้รับความร้อนจนถึงจุดขวาลก็ติดลุกเป็นไฟ ขณะที่ใส่ เทียนติดไฟจะให้ความร้อนทำให้ไขเทียนละลายคือเทียนไขเปลี่ยน จากของแข็งเป็นของเหลว แล้วกลายเป็นก๊าซ หรือ ไอน้ำมัน เทียนไขเมื่อไอน้ำมันถูกความร้อนจะติดไฟไปเรื่อย ๆ

นั่นคือ การที่เทียนไขติดไฟไม่ดับนั้นคือ -----

ติดไฟ

เทียนไขจะติดไฟ

๘๒

ส่วนการจุดตะเกียงน้ำมัน พบว่าน้ำมันจะซึมขึ้นไปตามไส้ตะเกียง
เมื่อน้ำมันได้รับความร้อนจะกลายเป็นไอ พอไอถูกความร้อนจะติดลุก
เป็นเปลว แสดงว่าส่วนที่ลุกเป็นเปลวไฟคือ

ติดไฟ

๘๓

ดังนั้นเปลวไฟ คือ ก้อนก๊าซหรือ ที่กำลังลุกไหม้

ไอethylene

๘๔

นั่นคือเราสรุปได้ว่าวัตถุใดก็ตามจะติดไฟลุกเป็นเปลวขึ้นได้นั้นจะต้อง
ได้รับ จนกระทั่งเปลี่ยนสถานะเป็นก๊าซหรือ
..... ก่อน

๘๕

ตามข้อเท็จจริงจากการทดลองและที่เรียนมาให้นักวิทยาศาสตร์
พบว่าเมื่อเชื้อเพลิงติดลุกเป็นเปลวไฟนี้ ต้องกลายเป็นก๊าซหรือไอโดย
ผสมธาตุออกซิเจน เช่น ถ่าน พบว่า เมื่อได้รับความร้อนจะผสมกับ
..... เป็น คาร์บอนมอนนอกไซด์ (ก๊าซ) แล้วการ
คาร์บอนมอนนอกไซด์จึงติดไฟกลายเป็น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ไอethylene

๔๖ ถ้าเมื่อรวมกับออกซิเจนได้รับความร้อนจะกลายเป็นก๊าซ.....ซึ่งติดไฟได้	ไอน้ำมัน
๔๗ ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ เป็นก๊าซที่เกิดจากถ่านกับออกซิเจน เมื่อติดไฟจะกลายสภาพเป็นก๊าซ.....	ไอน้ำ
๔๘ ระหว่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ก๊าซชนิดใดที่ ก๊าซชนิดใดที่ติดไฟได้ ๑	ความร้อน , ไอน้ำ
๔๙ ดังนั้น เมื่อเชื้อเพลิงติดไฟเช่น ถ่าน เราสามารถเขียนเป็น สมการได้ดังนี้ ถ่าน + = คาร์บอนมอนนอกไซด์(ติดไฟได้) + ออกซิเจน = คาร์บอนไดออกไซด์	ออกซิเจน

การคิดไฟของไม้ขีด

๕๐ นักเรียนต้องทราบเสียก่อนว่าไม้ขีดทำด้วยก้านไม้คั่นที่นักเรียนเห็นอยู่โดยปลายข้างหนึ่งขุดลงในภา ที่ผสมด้วยผงแกวสารฟอสฟอรัส(มีจุดขวาลดำ) และแมงกานีสไดออกไซด์ (ให้ออกซิเจน) ซึ่งสารประกอบเหล่านี้จะติดอยู่ที่ปลายเป็นหัวไม้ขีด เมื่อเราขีดหัวไม้ขีดนั้นหัวไม้ขีดจะเกิดการขีดส้อย่างรวดเร็วและแรงทำให้เกิดความร้อนขึ้นทำให้สารฟอสฟอรัสซึ่งถือว่าเป็นเชื้อไฟเริ่มต้นนี้เองจากจุดขวาลดำมากเมื่อได้รับความร้อนจากการขีดสี้เพียงเล็กน้อยก็จะติดลุกเป็นไฟขึ้น ส่วนประกอบของไม้ขีดที่ทำให้เกิดออกซิเจนคือ _____ _____	คาร์บอนมอนนอกไซด์
	คาร์บอนไดออกไซด์
	คาร์บอนไดออกไซด์
๕๑ สารที่เป็นเชื้อไฟเริ่มต้นที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในไม้ขีดคือ _____ _____	ออกซิเจน คาร์บอนมอนนอกไซด์
๕๒ การที่ผสมผงแกวลงในหัวไม้ขีดด้วยก็เพื่อช่วยในการขีดสี้ให้เกิดแรงเสียดทานมากขึ้นซึ่งจะทำให้เกิด _____ ส่วนการจะช่วยยึกสารต่าง ๆ ให้เกาะติดกันอยู่ที่หัวไม้ขีด และป้องกันไม่ให้สารฟอสฟอรัสถูกกับออกซิเจนในอากาศด้วย	

๘๓ ในการทำไม้ซี้ดเราใช้การช่วยในการบดสารต่าง ๆ ให้เกาะกันและป้องกันไม่ให้ _____ ถูกออกซิเจนในอากาศ	แมงกานีสไดออกไซด์
๘๔ ส่วนประกอบของไม้ซี้ดมีอะไรบ้าง ? _____ _____	ฟอสฟอรัส
๘๕ ไม้ซี้ดจะประกอบด้วยกาวยผสมผงแกวสารฟอสฟอรัสและแมงกานีสไดออกไซด์ จงอธิบายการลุกเป็นไฟของไม้ซี้ด ๑ _____ _____	
๘๖ ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดชุดที่ ๑ ในหน้าต่อไป	ความร้อน

แบบฝึกหัดชุดที่ ๑

- ๑) ไฟคืออะไร เมื่อเกิดไฟจะวามมีเปลวไฟเกิดขึ้นด้วยเสมอไปหรือไม่ จงอธิบายพร้อมทั้งยกตัวอย่างประกอบ ?
- ๒) มนุษย์โบราณ รู้จักไฟและนำไปมาใช้ด้วยวิธีใด ?
- ๓) สิ่งที่เป็นต่อการติดไฟมีอะไรบ้าง ?
- ๔) ไม่ติดไฟด้วยอะไร ? และทำอย่างไร ?
- ๕) ทำไมกระดาษจึงทำภาชนะตมน้ำได้ ?
- ๖) การหายใจช่วยให้มีการสันดาปภายในร่างกายอย่างไร ?
- ๗) การสันดาปเอง, สันดาปช้า และสันดาปเร็ว เหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร ? จงอธิบายพร้อมทั้งยกตัวอย่างประกอบ ?
- ๘) จงเติมข้อความลงในช่องว่างให้มีความสมบูรณ์
 - ๘.๑) จุดชนวนคือ _____
 - ๘.๒) ธาตุทั้งสี่ตามทฤษฎีของอาริสโตเติลได้แก่ _____
 - ๘.๓) บุคคลพบความจริง ว่าไม่ใช่ว่า _____
 - ๘.๔) สารที่ติดไฟแล้วให้ความร้อน และแสงสว่างพอที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้เรียกว่า _____
 - ๘.๕) สารที่ช่วยให้อัตตาติดไฟคือ _____
 - ๘.๖) บริเวณที่การหรือไอของเชื้อเพลิงกำลังลุกไหม้เรียกว่า _____
 - ๘.๗) เมื่อเกิดการสันดาปของเชื้อเพลิง จะเกิดการ _____ ขึ้นเสมอ
 - ๘.๘) การสันดาปคือ _____
- ๙) จงสรุปผลการทดลองต่อไปนี้
 - ๙.๑) จุดเทียนไขไว้ในขวดโหล ๒ ใบ ใบหนึ่งเปิดฝา ใบหนึ่งปิดฝา สักครู่หนึ่งเทียนไขในขวดโหลที่ปิดฝาจะดับแสดงว่า _____
 - ๙.๒) วางก้อนกำมะถัน กระดาษ ถ่านและไม้ ปริมาณเท่า ๆ กัน ไว้บนฝาหรือจากโลหะแบนทั้งบนสามขา ลนไฟข้างใต้ตรงกลางถาด กำมะถัน กระดาษ ถ่านไม้ จะติดไฟได้แต่ไม่พร้อมกันแสดงว่า _____
 - ๙.๓) พับกระดาษให้เป็นกระเปาะใส่สำประมานครึ่งหนึ่ง วางบนตะแกรงลวดที่ตั้งไว้บนสามขา อีกทีหนึ่ง ใส่น้ำมันใส่ตะเกียงน้ำจะเดือดได้แต่กระดาษไม่ไหม้ไฟ ถ้าใช้กระดาษเปล่า ๆ ทำการทดลองอย่างเดียวกัน กระดาษจะไหม้ไฟแสดงว่า _____

๕ นั่นคือเมื่อเราแบ่งเชื้อเพลิงออกตาม ----- จะได้ ----- สถานะ คือ ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ	ความร้อน
๖ จากตัวอย่างของเชื้อเพลิงในกรอบที่ ๕ จะมี ๓ สถานะ เราสามารถแบ่งออกได้ดังนี้ เชื้อเพลิงที่เป็นของแข็งได้แก่ ----- -----	เชื้อเพลิง
๗ จากกรอบที่ ๕ เชื้อเพลิงที่เป็นของเหลวได้แก่ ----- -----	ความร้อน
๘ จากกรอบที่ ๕ เชื้อเพลิงเป็นก๊าซได้แก่ ----- -----	๓

เชื้อเพลิง

๑ นักเรียนคงเข้าใจคำว่า "<u>เชื้อเพลิง</u>" แล้วหมายถึงสารที่มีจุดชวาลต่ำ เมื่อได้รับความร้อนเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเล็กน้อยจะติดไฟและขณะติดไฟจะคาย _____ ออกมานำไปใช้ประโยชน์ได้	ฟอสฟอรัส
๒ ฉะนั้นเมื่อถ่านไม่ติดไฟ แล้วคายความร้อนนำไปใช้ประโยชน์แสดงว่าถ่านเป็น _____	ผงแก้ว ฟอสฟอรัส แมงกานีสไดออกไซด์ ขาว
๓ นั่นคือสารที่เป็นเชื้อเพลิง เมื่อติดไฟจะคาย _____ ออกมามากพอที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้	เมื่อขีดหัวไม้ขีดเกิดการขีด สีให้ความร้อนทำให้สาร ฟอสฟอรัสซึ่งเป็นเชื้อไฟ เริ่มลุกเป็นไฟขึ้นโดยมีออกซิ เจนจากแมงกานีสไดออกไซด์
๔ เราจะพบว่าเชื้อเพลิงมีหลายชนิด เช่น ถ่านหิน น้ำมันก๊าด ถ่านไม้ ก๊าซถ่านหิน อัลกอฮอล์ ไม้ฟืน น้ำมันปิโตรเลียม ก๊าซอะเซทีน ฯลฯ จากตัวอย่างเหล่านี้ จะเห็น ว่าสารที่เป็นเชื้อเพลิงมีทั้งเชื้อเพลิงที่เป็น <u>ของแข็ง</u> <u>ของเหลว</u> และ <u>ก๊าซ</u> เมื่อเป็น เช่นนี้แสดงว่าเราสามารถแบ่งเชื้อเพลิงออกตามสถานะตามปกติได้ _____ สถานะ=	ช่วย

สถานะ , ๓

สถานะ คือ

๑. เชื้อเพลิงที่เป็นของแข็งได้แก่ ถ่านหิน ถ่านไม้ ไม้ฟืน เป็นต้น
๒. เชื้อเพลิงที่เป็นของเหลว ได้แก่ น้ำมันปิโตรเลียม อัดกลั่นอัด
เป็นต้น
๓. ----- ที่เป็นก๊าซ ได้แก่ ก๊าซอะเซทิลีน ก๊าซถ่านหิน
เป็นต้น

๑. ถ่านหิน
 ๒. ถ่านไม้
 ๓. ไม้ฟืน

ภณิกของเซอเพลิ่ง

น้ำมันปิโตรเลียม
อัลกอฮอล์
น้ำมันภาค

ในประเทศไทยเชื้อเพลิงที่ส่วนใหญ่คือ ไม้ผืน ถ่านหินลิกไนต์
อิลิกออด น้ำมันก๊าด น้ำมันเบนซิน ฯลฯ โดยถ่านไม้และถ่านหินลิกไนต์
เป็นของที่มีอยู่ในประเทศเป็นจำนวนมาก ส่วนน้ำมันต่าง ๆ เรายังต้อง
ซื้อจากต่างประเทศ

เชื้อเพลิงฟอสซิลในประเทศไทยเป็นจำนวนมากคือ _____

๓
กาชอะเมตดิน

๑๑

ชื่อเพลงที่ท่องจำจากต่างประเทศคือ

สถานะ

๓

ชื่อเพลง

๑

๑๒

ชื่อเพลงชนิดต่าง ๆ ดังกล่าวมาแล้วนี้ ถ้าจำแนกตามลักษณะการเกิด
จะแยกได้ ๒ ประเภทคือ ชื่อเพลงธรรมชาติ และชื่อเพลงประดิษฐ์
ตามลักษณะการเกิดของชื่อเพลง เราแยกได้ ๒ ประเภท คือ

ถ่านไม้

ถ่านหินลิกไนต์

๑๓

การที่แยกชื่อเพลงออก ๒ ประเภท คือ ชื่อเพลงประดิษฐ์ และ
ชื่อเพลง ธรรมชาติ เราจำแนกตาม

๑๔

ชื่อเพลงต่อไปนี้นักเรียนคิดว่าสิ่งใดเป็นชื่อเพลงธรรมชาติ
ไม้ฟัน, ถ่านไม้, อีลกออด, น้ำมัน, ถ่านหิน, ถ่านโคลก, ถ่านธรรมชาติ,
ถ่านถ่านหิน

๑๕

จากกรอบที่ ๑๔ เชื้อเพลิง ชนิดใดเป็นเชื้อเพลิงประเภทรู ?

น้ำมัน

๑๖

เชื้อเพลิงธรรมชาติ หมายถึง เชื้อเพลิงที่มีอยู่ตามธรรมชาติไม่ต้องนำมาดัดแปลงหรือประเภทรูให้เป็นเชื้อเพลิง เพราะหาใช้ได้ก็อยู่แล้ว เช่น ไม้ฟืน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ ฯลฯ

เชื้อเพลิงธรรมชาติ
เชื้อเพลิงประเภทรู

ดังนั้นเชื้อเพลิงที่ไม่ต้องนำมาดัดแปลงหรือประเภทรูให้เป็นเชื้อเพลิงใหม่ มีอยู่ตามธรรมชาติ เรียกว่า _____

๑๗

เมื่อนักเรียนเข้าใจความหมายของเชื้อเพลิงธรรมชาติแล้ว ต่อไปจะขอกล่าวชนิดของเชื้อเพลิงธรรมชาติที่สำคัญบางชนิดให้นักเรียนทราบต่อไป (กรอบนี้ไม่ต้องการคำตอบ)

ลักษณะการเกิด

๑๘

ไม้ฟืน เป็นเชื้อเพลิงธรรมชาติที่ใช้นานมาแต่โบราณกาลในปัจจุบันก็ยังใช้กันอยู่อย่างแพร่หลายแม้แต่ประเทศที่เจริญแล้วเช่น ประเทศอเมริกาก็ยังใช้สำหรับประเทศไทยใช้ไม้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงมากที่สุด เพราะเรามีป่าไม้มาก ซึ่งถ้าเราใช้โดยไม่ระมัดระวังให้ดี ป่าไม้ของเราจะหมดไปในไม่ช้า

ไม้ฟืน , ถ่านหิน ,
ก๊าซธรรมชาติ

เชื้อเพลิงที่ประเทศไทยใช้มากที่สุดคือ _____

๑๙ ประเทศไทยใช้ไม้เป็นเชื้อเพลิงมากที่สุดเพราะอะไร ?	ถ่านไม้, น้ำมัน อัลกอฮอล์, ถ่านโลก, กาซถ่านหิน
๒๐ การที่เราใช้ไม้เป็นเชื้อเพลิงมากที่สุดเนื่องจากเรามีป่าไม้ มากซึ่งถ้าไม้หมดกระวังให้ดี ----- ของเราก็จะหมดไปใน ไม่ช้าใด	เชื้อเพลิงธรรมชาติ
๒๑ ถ่านหิน (Coal) เป็นเชื้อเพลิงธรรมชาติที่มีองค์ประ กอบส่วนมากเป็น<u>ถ่าน</u> นอกจากถ่านก็มีแบริ่งชนิดและสารอินทรีย์ปน อยู่เล็กน้อย ถ่านหินเกิดเองตามธรรมชาติมีหลายชนิดด้วยกัน คือ ถ่านลิกไนท์ ไม้พูนิน และแบริ่งราไฟต์ องค์ประกอบของแร่ถ่านหินส่วนใหญ่คือ ----- ซึ่งนอกจากถ่านหินก็จะมีแบริ่งชนิดและ ----- ปนอยู่เล็กน้อย	
๒๒ เชื้อเพลิงที่มีถ่านเป็นองค์ประกอบสำคัญ และมีแบริ่ง ชนิดกับสารอินทรีย์ปนอยู่เล็กน้อย คือ -----	ไม้

๒๓ ถ่านหินพบว่ามีหลายชนิดคือ พีท ลิกไนท์ ----- และ -----	มีป่าไม้มาก
๒๔ การที่นักวิทยาศาสตร์แบ่งถ่านหินออกเป็น พีท ลิกไนท์ ไบโทมินัส และแอนทราไซต์ก็เพราะอาศัย <u>องค์ประกอบ</u> และ <u>จำนวนความร้อน</u> ที่คายออกเมื่อติดไฟต่างกันเป็นเกณฑ์ในการแบ่ง ซึ่งถ่านหินเหล่านี้ นิยมใช้เป็เชื้อเพลิงมากที่สุดคือ ถ่านหิน ไบโทมินัส (Bituminous) และถ่านหินแอนทราไซต์ (Anthracite) เราใช้อะไร เป็นเกณฑ์ในการแบ่งถ่านหินออกเป็นชนิดต่าง ๆ ๑ ----- -----	ป่าไม้ ถ่าน สารอินทรีย์
๒๕ ถ่านหินที่นิยมใช้เป็นเชื้อเพลิงมากที่สุดคือถ่านหิน ----- และ -----	ถ่านหิน

๒๖ การใช้ถ่านหินไบโอมินัส เป็นเชื้อเพลิง พบว่ามีข้อเสียหลายอย่างคือ เพราะ และป่นเป็นผงดำนไถง่าย ทำให้ค่าสกปรก ติดไฟได้รวดเร็วซึ่งต้องคอยระวังเติม อยู่เรื่อย ๆ และเมื่อติดไฟให้เขม่าควันมาก แต่เนื่องจากราคาถูก จึงนิยมใช้กัน ในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป เหตุที่ถ่านหินไบโอมินัสนิยมใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรมเนื่องจาก -----	ไบโอมินัส แอนทราไซต์
๒๗ ถ่านหินไบโอมินัสมีข้อเสียอย่างไร ? -----	องค์ประกอบและจำนวน ความร้อนที่คายออก
๒๘ ส่วนถ่านหินแอนทราไซต์เมื่อนำมาเป็นเชื้อเพลิงจะดีกว่าถ่านหินไบโอมินัส เพราะให้เขม่าควันน้อย ไม่ค้อนมีเปลวไฟ และติดไฟช้าค่อย ๆ หมกไม่ทอง เต็มบ่อย ๆ แต่เนื่องจากราคาถูกมาก จึงใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมน้อย การใช้ถ่านหินแอนทราไซต์ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมน้อย เนื่องจาก -----	
๒๙ ถ่านหินแอนทราไซต์ดีกว่าไบโอมินัสเพราะอะไร ? ----- -----	ไบโอมินัส แอนทราไซต์

๓๐ ทั้งถ่านฟอส ฟอสไฟท์ ไบโอมินัส และถ่านตราไก่ ต่างก็ค่อ งเกิดเองตามธรรมชาติ	ราคาถูก
๓๑ ถ่านหินมีอะไรเป็นองค์ประกอบบ้าง ?	เปราะป่นเป็นผงถ่านง่าย ทำให้ค่าสกปรก ติดไฟให้ เขม่าควันมากและหมกเ
๓๒ <u>ก๊าซธรรมชาติ</u> (Natural gas) เป็นก๊าซที่เก็บได้จากบ่อน้ำมันหรือ บ่อก๊าซเชื้อเพลิง เป็นก๊าซที่มีราคาถูกและคุณภาพดีพอ ๆ กับเชื้อเพลิงอื่น ๆ ก๊าซที่พบตามบ่อน้ำมันหรือตามบ่อเชื้อเพลิงได้แก่	ราคาแพง
๓๓ ก๊าซธรรมชาติเราสามารถเก็บได้จาก หรือ	ใช้เขม่าควันน้อย ไม่ค มีเปลวไฟ ติดไฟหมดคร ไม่ต้องเติมบ่อย

๓๔ ชนิดของเชื้อเพลิงตามที่กล่าวมาจะเห็นว่า ไม้ฟืน ถ่านหิน และถ่านหินต่างก็เป็นเชื้อเพลิง -----	ถ่านหิน
๓๕ เชื้อเพลิงธรรมชาติหมายถึงอะไร และได้แก่อะไรบ้าง ? ----- -----	ส่วนใหญ่ประกอบด้วย ถ่านและมีแร่บางชนิด กับสารอินทรีย์ปนอยู่เล็กน้อย
๓๖ เมื่อนักเรียนเรียนรู้เกี่ยวกับลักษณะและชนิดของเชื้อเพลิงธรรมชาติ บางชนิดเข้าใจแล้วต่อไปก็เรียนเกี่ยวกับลักษณะและชนิดของเชื้อเพลิง - ประดิษฐ์บางชนิดกล่าวคือ <u>เชื้อเพลิงประดิษฐ์</u> หมายถึง เชื้อเพลิงที่นักวิทยาศาสตร์ประดิษฐ์ขึ้นจากเชื้อเพลิงธรรมชาติ เพื่อให้มีคุณภาพสูงและตรงกับความต้องการของมนุษย์ไม่ได้อยู่ในธรรมชาติ เช่น ถ่านไม้, ถ่านโค้ก, น้ำมัน, ก๊าซธรรมชาติและ อีล็กอฮอล เป็นต้น ถ่านไม้ น้ำมัน อีล็กอฮอล ต่างเป็นตัวอย่างของ ----- -----	ก๊าซธรรมชาติ น้ำมัน เชื้อเพลิง

๓๓ เชื่อเพลิงประภีษฐ์หมายถึงอะไร ? ----- -----	ธรรมชาติ
๓๔ เมื่อเรานำไม้มาเผาไหม้โดยกันไม้ให้ออกซิเจนเข้าออกและไม่ให้ คัดไฟไหม้ไฟพบว่าจะทำให้พวกสารอินทรีย์ที่อยู่ในไม้ระเหยหรือแปรธาตุเป็นก๊าซ ออกไปหมดเหลือกากสีดำไว้ ซึ่งกากสีดำที่ได้นี้เรียกว่า <u>ถ่านไม้</u> ซึ่งถ่านไม้ที่ได้ นี้ส่วนใหญ่จะมี<u>ธาตุคาร์บอน</u> เป็นองค์ประกอบเกือบทั้งหมด ผลที่ได้จากการเผาไหม้โดยกันไม้ให้ออกซิเจนเข้าออกและไปให้คัด ไฟไหม้หรือ -----	เชื่อเพลิงธรรมชาติ หมายถึงเชื่อเพลิง ที่มีอยู่ตามธรรมชาติ ไม้ของมาประภีษฐ์ขึ้นใน ไม้พื้น , ถ่านหิน , ก๊าซถ่านหิน
๓๕ องค์ประกอบของถ่านไม้ส่วนใหญ่ ได้แก่ ธาตุ ----- -----	เชื่อเพลิงประภีษฐ์

๔๐ ถ่านไม้เป็นเชื้อเพลิงประดิษฐ์ที่คิดหนึ่ง เพราะคิดไฟแล้วไม่มีเปลวและ ควันมาก เมื่อเผาไหม้หมดจะเหลือขี้เถ้าสีขาวแข็งเล็กน้อย พบว่าส่วนใหญ่ใช้ เป็นเชื้อเพลิงที่ให้ความร้อนในการหุงต้มอาหาร นอกจากนี้ยังใช้เป็นเชื้อเพลิง ตามโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงทำไฟฟ้า รถจักร และใช้สำหรับรถยนต์ แท่นน้ำมันรถยนต์ได้อีกด้วย ในสงครามโลกครั้งที่ ๒ พบว่าบางประเทศใน ทวีปยุโรป และเอเชียรวมทั้งประเทศไทย ยังต้องใช้รถยนต์ถ่านเพราะน้ำมัน ขาดแคลน (กรอบนี้ไม่ต้องการคำตอบ)	เชื้อเพลิงที่นักวิทยาศาสตร์ ประดิษฐ์ขึ้นจากเชื้อเพลิง ธรรมชาติเพื่อให้มีคุณภาพ สูงตรงกับความต้องการ
๔๑ ถ่านไม้ใช้ประโยชน์อะไรได้บ้าง ? ----- -----	ถ่านไม้
๔๒ ทำไมถ่านไม้จึงเป็นเชื้อเพลิงที่ดีชนิดหนึ่ง ? ----- -----	คาร์บอน

๘๗

ถ่านโค้กมีคุณสมบัติอย่างไร ?

ประติรูปโดยนำไม้มาเผา
ให้ร้อน กันไม่ให้ออกซิเจน
เข้าออกและไม่ให้ติดไหม้
ไฟ

๘๘

จงอธิบายวิธีทำถ่านโค้ก

ถ่านโค้ก

๘๙

น้ำมัน (Oil) จัดเป็นเชื้อเพลิงสมัยใหม่ ประติรูปขึ้นจากการกลั่น
น้ำมันปิโตรเลียมที่ขุดได้จากบ่อน้ำมัน ใช้ประโยชน์มากใน เรือ รถไฟ เครื่องยนต์
และเครื่องจักรใหม่ ๆ ซึ่งนับว่ามนุษย์เราจะใช้น้ำมันกันมากขึ้น เพราะใช้ง่ายสะดวก
และสะอาด

แคนาดา สหรัฐอเมริกา

เชื้อเพลิงที่เกิดจากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม คือ

๙๐

เหตุที่มนุษย์เรานับวันจะใช้น้ำมันกันมากขึ้นเพราะ

ถลุงโลหะ

๕๑ น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงที่ได้จากการกลั่น จึงสามารถขุดได้จากขอน้ำมัน	เป็นของแข็งสีเทา เมื่อติดไฟให้ความร้อน สูง ไม่ค่อยมีเปลว
๕๒ <u>การถ่านหิน</u> เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นจากการเผาถ่านหินใบพูนินส์โดยไม่ให้ออกซิเจนหรืออากาศเข้าไป ถ่านหินใบพูนินส์จะคายแก๊สออกซิเจนออกมา ดังนั้น เมื่อเอาถ่านหินใบพูนินส์ มาเผาถ่านโดยไม่ให้อากาศเข้าไป จะให้แก๊สอะไร ? ----- -----	นำถ่านหินมาเผาให้ร้อน โดยกันไม่ให้ออกซิเจน เข้าออกและไม่ให้ติด ไหม้ไฟ น้ำมัน
๕๓ การถ่านหินส่วนมากใช้ตามบ้านเพื่อหุงต้มอาหาร แต่ในการใช้ของ ระวังเพราะมีการคาร์บอนมอนอกไซด์ คายด้วยกัน ซึ่งการนี้เป็นการพิษ อาจทำให้คนตายได้ การที่ปนอยู่ในแก๊สถ่านหิน ซึ่งเป็นแก๊สพิษทำให้คนตายได้คือ ----- -----	ก๊าซไซยาไนด์และสภาวะ

๕๔ ก๊าซถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงที่เกิดจากการเผาถ่านหิน ----- ส่วนใหญ่ใช้ประโยชน์ในการ ----- -----	ปิโตรเลียม
๕๕ จะเห็นว่าในการเผาถ่านหินจะได้สารที่มีประโยชน์ต่าง ๆ คือ ถ่านโค้ก, ก๊าซถ่านหิน นอกจากสารบางชนิดนี้แล้วพบว่ายังได้สารชนิดอื่นอีกคือ น้ำมันถ่านหิน และ อิมโมเนีย นั่นคือ ถ่านโค้ก, ก๊าซถ่านหิน, น้ำมันถ่านหิน และอิมโมเนีย เกิดขึ้นเนื่องจาก ----- -----	ก๊าซถ่านหิน
๕๖ <u>อัสฟัลต์</u> เป็นเชื้อเพลิงที่เกิดจากการหมักของน้ำตาลและเมล็ดพืช มีลักษณะเป็นของเหลวสีราว เหมาะสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงในที่ ๆ ไม่ต้องการการเผา เชื้อเพลิงมากนัก และต้องการความสะดวกสบาย เชื้อเพลิงที่เกิดจากการหมักน้ำตาลและเมล็ดพืชคือ ----- -----	คาร์บอนเหลวจากไคล

๕๗

อัลกอธอล เหมาะสำหรับเป็นเชื้อเพลิงที่ไม่ต้องการเชื้อเพลิงมากนัก
และต้องการ.....

ไบโอมินัส
หุงต้มอาหาร

๕๘

เราจะเตรียมอัลกอธอลได้อย่างไร ?

การเผาถ่านหิน

๕๙

จากที่กล่าวมาจะเห็นว่าไม้ฟัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง
..... ส่วน ถ่านไม้ กะถุนโคก น้ำมัน ก๊าซถ่านหิน
และอัลกอธอลเป็น.....

๖๐

เชื้อเพลิงหมายกั.....

อัลกอธอล

๖๑

ถ้าเราจะแบ่งเชื้อเพลิงออกตามสถานะจะแบ่งได้กี่สถานะ อะไรบ้าง
(ยกตัวอย่างประกอบ)

ความสะดวกสบาย

๖๒

ถ้าเราแบ่งเชื้อเพลิงตามลักษณะการเกิดจะได้อะไรบ้าง
(ยกตัวอย่างประกอบ)

น้ำตาลและเมล็ดพืช
มาหมัก

๐

๖๓

เชื้อเพลิงจะมีคุณภาพสูงหรือต่ำนั้น เราตัดสินใจได้จากลักษณะ และสมบัติต่าง ๆ ดังนี้คือ

ธรรมชาติ เชื้อเพลิง
บริสุทธิ์

๑. ให้จำนวนความร้อนสูง
๒. ติดไฟได้ง่ายหรือเร็วกว่าที่มีติดไฟต่ำ
๓. หาได้ง่ายราคาถูกสมควร
๔. ไม่ค่อยมีเขม่าควัน

เชื้อเพลิงที่มีคุณภาพสูงจะมีคุณสมบัติครบหรือเกือบครบทั้ง ๔ ประการ
ดังกล่าวนี้นี้ บางชนิดอาจจะหย่อนในคุณภาพ แต่ก็เด่นในประการอื่น ๆ
เราจึงเลือกใช้เชื้อเพลิงนั้น มาความเหมาะสมกับสิ่งแวดล้อมและลักษณะ
ของงาน

สารที่มีจุลชีวาลต่ำ ขณะ
ติดไฟจะคายความร้อน
ออกมาใช้ประโยชน์ได้

เชื้อเพลิงที่ดีมากจะมี _____ กรบหรือเกือบ
ครบตามที่กล่าวมาทั้ง ๔ ข้อ

๒๔ คุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่กล่าวมาพบว่าในด้านการให้ <u>ความร้อน</u> ถือว่าเป็นสิ่งสำคัญที่สุด เพราะถ้าเชื้อเพลิงใดเมื่อติดไฟแล้วให้ความร้อนจำนวนมาก ทำให้เปลวไฟที่มีอุณหภูมิสูงก็จัดว่าเป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพดี เนื่องจากสิ่งที่เราต้องการจากเชื้อเพลิงคือพลังงาน -----	๓ สถานะ ๑ ของแข็ง เช่นถ่านไม้ ๒. ของเหลว เช่น อัลกอฮอล์ ๓. ก๊าซ เช่น ก๊าซถ่านหิน
๒๕ นั่นคือเชื้อเพลิงจะมีคุณภาพสูงหรือต่ำ เราตัดสินคุณสมบัติในด้าน ----- เป็นสิ่งสำคัญที่สุด	๒ ประเภท ๑. เชื้อเพลิงธรรมชาติ เช่น ไม้ฟืน ๒. เชื้อเพลิงประดิษฐ์ เช่น ถ่านไม้
๒๖ เชื้อเพลิงที่ติดไฟแล้วให้ความร้อนจำนวนมากจัดเป็นเชื้อเพลิงที่ดี ----- ก็ เพราะสิ่งที่เราต้องการคือ -----	
๒๗ การที่เชื้อเพลิงมีคุณภาพดีหรือไม่เรากำลังถึงการให้ความร้อนเป็นสิ่งสำคัญดังนั้น เราจึงกำหนด <u>ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง</u> ขึ้นใช้กันซึ่งหมายถึง ความร้อน ที่เชื้อเพลิงจำนวนหนัก ๑ กรัม คายออกมา มีหน่วยเป็นแคลอรี ความร้อนที่เชื้อเพลิงจำนวน ๑ กรัม คายออกเรียกว่า -----	คุณสมบัติ

๖๘	ตัวอย่างเตาไปไฟมีค่าความร้อนเท่ากับ ๕๐๐๐ กิโลจูลต่อกรัม หมายความว่า ถ้าเอาไม้หนึ่งหนัก ๑ กรัม มาติดไฟ จะให้ความร้อนจำนวน ๕๐๐๐ กิโลจูล ดังนั้นถ้าการะคายมีค่าความร้อน ๔๑๕๐ กิโลจูลต่อกรัม หมายความว่า	ความร้อน
๖๙	เมื่อเอาถ่านลิกไนต์ หนัก ๑ กรัม มาติดไฟ จะให้ความร้อนจำนวน ๖๕๐๐ กิโลจูล นั่นคือการที่ถ่านลิกไนต์มี ----- เท่ากับ ๖๕๐๐ กิโลจูล	การให้ความร้อน
๗๐	นักเรียนลองสังเกตค่าความร้อนของเชื้อเพลิงไม้ที่ติดไปนี้ น้ำตาล มีความร้อน ๓๓๐๐ กิโลจูลต่อกรัม การะคาย " ๔๑๕๐ " ไม้ใน " ๕๐๐๐ " ถ่านหินพีท " ๖๕๐๐ " ถ่านลิกไนต์ " ๖๕๐๐ " ถ่านหินบิทูมินัส " ๘๒๐๐ " ถ่านหินแอนทราไซต์ " ๘๘๐๐ " จากค่าความร้อนข้างบนนี้ เชื้อเพลิงชนิดใดให้ความร้อนมากที่สุด	คุณภาพดี ความร้อน ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

๗๑

จากกรอบที่ ๗๐ แสดงว่าเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพสูงคือ _____
และคุณภาพต่ำ คือ _____

กระดาษ ๑ กรัม
ติดไฟจะคายความร้อน
จำนวน ๔๑๕๐ คาลอรี

๗๒

สำหรับการคุณภาพของเชื้อเพลิงในด้านการติดไฟ จะเห็นว่า
เชื้อเพลิงติดไฟไถง่ายยากไม่เหมือนกัน บางอย่างติดไฟง่ายและมีจุด
ชวาลสูง ทำให้ไม่สะดวก ฉะนั้นเชื้อเพลิงที่ดี ต้องติดไฟไถง่าย หรือ
เรียกว่า มีจุดชวาลต่ำ
ถ้าดูการติดไฟ เชื้อเพลิงคุณภาพดีควรจะต้อง _____
หรือเรียกว่า _____

ค่าความร้อน

๗๓

เมื่อพิจารณาในด้านการให้เขม่าควัน พบว่าเชื้อเพลิงส่วนมากมี
องค์ประกอบเป็นถ่าน เมื่อติดไฟก็มีเขม่าควัน นักเรียนอาจเคยเห็น
เขม่าควัน แล้วว่ามีสีดำสกปรกมากน้อยเพียงใด ฉะนั้นเชื้อเพลิงชนิด
ที่ให้เขม่าควันมากจึงไม่ดี ทำให้สกปรก เชื้อเพลิงที่ดีจะต้องไม่ค่อย
มี _____ หรือไม่มีเลยก็ยิ่งดี

ถ่านหินแอนทราไซต์

๗๔

องค์ประกอบของเชื้อเพลิงส่วนมากคือ _____ และเมื่อ
ติดไฟมันมี _____ เกิดขึ้น ซึ่งเชื้อเพลิงที่ดีจะต้อง _____
เขม่าควัน

กัมมันแอนทราไซด์
น้ำตาล

๗๕

ส่วนใหญ่ในด้านราคานั้น เชื้อเพลิงที่ดีต้องมี ราคาพอสมควร
การใช้ไม่ตองลงทุนมากนัก การขนส่งและการหาสะดวก มีจำนวน
มากให้ใช้อยู่ได้นานไม่หมดไป เพราะการลงทุนสร้างเครื่องยนต์
และเตาไฟตองคำนึงถึงลักษณะของเชื้อเพลิงด้วย
การตัดสินใจเชื้อเพลิงในเก้านราคานั้น เชื้อเพลิงที่ดีต้อง _____

ติดไฟง่าย
จุกชวาลต่ำ

๗๖

นั่นคือเราสรุปได้ว่า เชื้อเพลิงจะมีคุณภาพดีหรือไม่ดีนี้
เราเลือกใช้เชื้อเพลิงที่มีคุณสมบัติหรือลักษณะที่ดีดังต่อไปนี้คือ
๑. _____
๒. _____
๓. _____
๔. _____

เขม่าควัน

องค์ประกอบของเจ้าหญิง

๗๗

เรื่องหญิงทุกชนิดนี้คงประกอบทางเคมีส่วนใหญ่เป็น ธาตุคาร์บอน หรือ ไฮโดรเจน คืออาจอยู่ในรูปที่เป็นธาตุคาร์บอนแท้ ๆ หรือสารประกอบจำพวก ไฮโดรคาร์บอน ซึ่งสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่เราเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า สารอินทรีย์

(กรอบนี้ไม่ต้องกรอกคำตอบ)

ถ่าน
เขม่าควัน
ไม่ค่อ

๗๘

ตัวอย่างเช่นในถ่านหิน, ถ่านโค้ก และถ่านไม้ มีเนื้อเป็นธาตุคาร์บอนเป็นส่วนใหญ่ ส่วนน้ำมันจะมีสารประกอบพวกไฮโดรคาร์บอนหรือเรียกว่า

ราคาพอสมควร

๗๙

นี่คือเจ้าหญิงส่วนใหญ่ประกอบด้วยธาตุ

และ

๑. ให้ความร้อนสูง
๒. ติดไฟได้ง่าย
๓. หาได้ง่าย ราคาพอสมควร
๔. ไม่ค่อมีเขม่าควัน

๘๐

นักวิทยาศาสตร์ค้นพบว่า เมื่อเชื้อเพลิงติดไฟหรือไหม้ไฟนั้นก็คือเชื้อเพลิงทำปฏิกิริยาทางเคมีกับออกซิเจนในอากาศ ผลที่ได้จะเกิดน้ำและการคาร์บอนไดออกไซด์ ดังสมการ

เชื้อเพลิง + ออกซิเจนในอากาศ = น้ำ + คาร์บอนไดออกไซด์

ดังนั้นถ่านไม้ติดไฟแสดงว่า ถ่านไม้ทำปฏิกิริยาเคมีกับ

๘๑

เมื่อถ่านไม้ไหม้ไฟผลสุดท้ายจะเกิดอะไร ?

คาร์บอน

ไฮโดรเจน

๘๒

นั่นคือเมื่อเชื้อเพลิงไหม้ไฟ จะเกิดสมการดังนี้

เชื้อเพลิง + ----- = น้ำ + -----

เขม่าและควันไฟ

๔๓ ในขณะที่เชื้อเพลิงไหม้ไฟพบว่าจะมีเขม่าและควันเกิดขึ้นเสมอ ซึ่งเขม่าและควันนี้เป็นอนุภาคของถ่านที่ไหม้ไฟไม่หมดผสมกับผลซี้้ถ้ำที่เกิดขึ้น นั่นคืออนุภาคของถ่านที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงไม่หมดผสมกับซี้้ถ้ำ เรียกว่า _____	ออกซิเจน
๔๔ อนุภาคของถ่านที่เกิดขึ้นนี้ไหม้ไฟได้แต่ซี้้ถ้ำไหม้ไฟไม่ได้เพราะซี้้ถ้ำหมายถึงสารที่เหลืออยู่ภายหลังการเผาไหม้ หรือสันดาปอย่างสมบูรณ์ซึ่งถ้ำเชื้อเพลิงเกิดการสันดาปอย่างสมบูรณ์ คือหมายความว่าเกิดการเผาไหม้จนอนุภาคของถ่านไหม้ไฟหมดพบว่า ควันไฟจะเป็นสีเทาขาว เพราะมีแต่ซี้้ถ้ำ แต่ถ้ำควันไฟเป็นสีดำ แสดงว่าถ่านไหม้ไฟไม่หมดคงเหลือเป็นเขม่าปนออกมาด้วย (กรอบนี้ไม่ต้องกราคำตอบ)	น้ำและการบ่อนไคออกไซ
๔๕ การที่เชื้อเพลิงเกิดการเผาไหม้จนอนุภาคของถ่านไหม้ไฟหมด เราเรียกว่า _____	ออกซิเจน การบ่อนไคออกไซค์
๔๖ อนุภาคของถ่านสามารถไหม้ไฟได้ _____ (ได้ / ไม่ได้) ส่วนซี้้ถ้ำไหม้ไฟ _____ (ได้ / ไม่ได้)	

๘๗

ถ้าเชื้อเพลิงเกิดการสันดาปอย่างสมบูรณ์แล้ว _____
จะมีลักษณะเป็นสีเทาขาว เพราะมีแต่ขี้เถ้า

๘๘

แต่ถ้าเชื้อเพลิงเกิดการสันดาปไม่สมบูรณ์ คืออนุภาคของถ่านไหม้ไฟ
ไม่หมดพบว่า _____ จะเป็นสีดำโดยมีเขม่าปนออกมาด้วย

๘๙

สำหรับการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงพบว่าถ้าเราเผาเชื้อเพลิงแล้ว
มีควันดำเกิดขึ้นก็หมายความว่า เราไม่ได้ใช้เชื้อเพลิงนั้นเต็มที่ เพราะเชื้อเพลิง
เสียถ่านให้เป็นเขม่าไปโดยไร้ประโยชน์ นอกจากนั้นเขม่าสีดำยังทำให้บรรยากาศ
สกปรกอีกด้วย

การสันดาปอย่างสมบูรณ์

นั่นคือถ่านถ่านไม้มาเผาไหม้ แล้วมีควันดำเกิดขึ้นก็หมายความว่า
เราไม่ได้ใช้ _____ เต็มที่

๙๐

เนื่องจากเขม่าและควันเป็นโทษแก่นมนุษย์ ดังนั้นตามบ้านและโรงงาน
อุตสาหกรรมจึงมีปล่องไฟเพื่อปล่อย _____ ขึ้นอากาศ

ได้

ไม่ได้

๕๑ ในการกำจัด เหม่าและครันวิธีที่ดีที่สุดคือการให้อนุภาคของถ่านไม้ไฟให้หมดในเตา โดยเตาที่ใช้กันอยู่ในเวลานี้ ส่วนใหญ่จะออกแบบเป็นพิเศษ คือให้ออกซิเจนเข้าได้มากขึ้น เพื่อเผาอนุภาคของถ่านให้หมดจริง ๆ วิธีนี้พบว่านอกจากจะช่วยให้ไม่มีเหม่าครันแล้วยังช่วยให้ไถ่จำนวนความร้อนจากเชื้อเพลิงสูงขึ้นด้วย (กรอบนี้ไม่ต้องกรอกคำตอบ)	ครันไฟ
๕๒ วิธีที่ดีที่สุดในในการกำจัด เหม่าและครันไฟคือการให้อนุภาคของ _____ ไหมไฟเสียให้หมดในเตา โดยเตาออกแบบพิเศษเพื่อให้ _____ เข้าได้มากขึ้น	ครันไฟ
๕๓ การให้อนุภาคของถ่านไม้ไฟให้หมดในเตานอกจากจะช่วยให้ไม่มีเหม่าครันแล้วยังช่วยให้ไถ่จำนวน _____ จากเชื้อเพลิงสูงขึ้นด้วย	ถ่านไม้
๕๔ จงให้ความหมายของคำว่า "เหม่า และครันไฟ" ----- -----	เหม่าและครันไฟ

ประโยชน์และโทษของเชื้อเพลิง

๕๕

เชื้อเพลิงมีประโยชน์แก่โลกมาก เป็นสิ่งที่ช่วยให้เกิดความร้อน, แสงสว่าง และพลังงานต่าง ๆ ที่มีความจำเป็นต่อมนุษย์ เช่นในการหุงต้มอาหาร, ริดเลื้อผ้า ให้ความอบอุ่น เป็นต้น

การใช้ความร้อนหุงต้มอาหาร, ริดเลื้อผ้า, ให้ความอบอุ่น ต่างเป็นตัวอย่าง ของ _____

ถ่าน

ออกซิเจน

๕๖

ประโยชน์ของเชื้อเพลิงพบว่ามีส่วนช่วยในการทำให้โลกเจริญก้าวหน้าอยู่ใน ปัจจุบันมาก เพราะถ้าไม่มีเชื้อเพลิงเราคงไม่มีเครื่องจักร, เครื่องยนต์ และ ความสะดวกสบายต่าง ๆ

นั่นคือ เครื่องจักร เครื่องยนต์ เป็นผลมาจากการใช้ _____ ของเชื้อเพลิง

ความร้อน

๕๗

จะเห็นได้ว่าประโยชน์ของเชื้อเพลิงมีมากมาย เช่นในการให้ความอบอุ่น, หุงต้มอาหาร ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะต้องใช้ _____ จากเชื้อเพลิง ดังนั้น ประเทศที่อุดมด้วยทรัพยากรธรรมชาติที่เป็นพวก _____ จะเป็น ประเทศที่ร่ำรวยและมีเศรษฐกิจมั่นคง

อนุภาคของถ่าน
ไหม้ไฟไม่หมด
ผสมกับผงซีเมนต์
ที่เกิดขึ้น

๘๘ จงบอกประโยชน์ของเชื้อเพลิงมาเท่าที่ทราบ ๑ ----- -----	ประโยชน์ของ เชื้อเพลิง
๘๘ เมื่อเชื้อเพลิงให้ประโยชน์แก่มนุษย์มากมาย ทั้งนี้ในทางตรงกันข้าม ก็จะให้โทษมหันต์เช่นกัน เช่น ก่อให้เกิดอัคคีภัย เพราะเมื่อเกิดไฟไหม้บ้านเรือน ได้ทำลายทรัพย์สินสมบัติของมนุษย์มาเป็นจำนวนนับไม่ถ้วน การเกิดอัคคีภัยเป็นตัวอย่างของ -----	ประโยชน์
๑๐๐ โทษของเชื้อเพลิงนอกจากจะก่อให้เกิดอัคคีภัยแล้วยังมีโทษอีกหลายประการ เช่น ๑. เมื่อเกิดการเผาไหม้แล้วเกิดการสันดาปไม่สมบูรณ์จะมีเขม่าและควันมาก ซึ่งเป็นที่รบกวนสุขภาพและอนามัย ๒. เชื้อเพลิงบางชนิดเป็นก๊าซพิษอยู่ในตัว หรือเผาไหม้ไม่เต็มที่ก็เกิดก๊าซพิษ คือก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ ซึ่งเมื่อหายใจเข้าไปแล้วจะทำให้เกิดอันตรายถึงตายได้ นั่นคือเขม่าและควันและก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ ต่างก็เป็นตัวอย่างของ ----- -----	ความรื้อน เชื้อเพลิง

๑๐๑ ถ้าเชื้อเพลิงเกิดการเผาไหม้ไม่เต็มที่ที่จะเกิดก๊าซ _____ _____ ซึ่งเป็นก๊าซพิษหายใจเข้าไปแล้วทำให้เกิดอันตรายถึงตายได้	หุงต้มอาหาร รีดเสื้อผ้า ให้ความอบอุ่น ใช้ในเครื่องจักร- เครื่องยนต์ต่าง ๆ
๑๐๒ จงกล่าวถึงโทษของเชื้อเพลิงมาเท่าที่ทราบ ๑ _____	โทษของเชื้อเพลิง
<u>การดับไฟ</u> ๑ นักเรียนคงทราบแล้วว่าการเกิดไฟจะต้องมีสิ่งจำเป็น ๓ ประการ คือ เชื้อเพลิง, _____ และอุณหภูมิถึงจุดชวาล ถ้าขาด สิ่งใดสิ่งหนึ่งในสามสิ่งนี้เสียแล้วไฟก็จะดับ ฉะนั้นหลักในการดับไฟคือ เราต้องกำจัด _____ ในสามสิ่งนี้ให้หมดไป	
๒ หลักการดับไฟเราต้องกำจัดสิ่งใดสิ่งหนึ่งในสามสิ่งนี้ให้หมดไปคือ ๑. ทำให้เชื้อเพลิงหมดสิ้นลง ๒. กันไม่ให้ _____ เข้าออกได้ ๓. ลดอุณหภูมิความร้อนลงต่ำกว่า _____ ของเชื้อเพลิง	โทษของเชื้อเพลิง

๓ ในขณะที่ไฟไหม้บ้านเรือน ถ้าเราทำลายบ้านหรืออาคารที่จะก่อเชื้อเพลิงที่กำลังไหม้ จากที่หนึ่งไม่ให้ไปติดถึงบ้านอื่นถือว่าเป็นการกำจัด ----- -----	คาร์บอนมอนนอกไซด์
๔ การที่ชาวบ้านรู้จักดับไฟโดยใช้น้ำราด กลบด้วยทรายหรือกลบด้วยผ้าหนา ๆ แล้วไฟก็จะดับลง การทำเช่นนี้อธิบายด้วยหลักวิทยาศาสตร์ใดดังนี้ การใช้น้ำราด น้ำจะทำให้อุณหภูมิความร้อนลดต่ำลงกว่า ----- เพราะเมื่อเชื้อเพลิงเปียกน้ำก็จะถึงความร้อนจากเชื้อเพลิง ทำให้อุณหภูมิต่ำลง ส่วนการกลบด้วยทรายและคลุมด้วยผ้าหนา ๆ เป็นการตัดไม่ให้ออกซิเจนเข้าถึงกองไฟได้ไฟจึงดับ	เกิดสคีลิม เกิดเขม่าและควันทำให้- รบกวนสุขภาพ เกิดการสคาร์บอนมอนนอกไซด์
๕ น้ำทำให้ไฟดับได้เพราะอะไร ? -----	ออกซิเจน สิ่งใดสิ่งหนึ่ง
๖ การดับไฟด้วยการกลบด้วยทรายและคลุมผ้าหนา ๆ ทำให้ไฟดับได้ เพราะว่าทรายและผ้ากันไม่ให้ ----- เข้าถึงกองไฟ	ออกซิเจน จุลชีว

๓ จะเห็นได้ว่าหลักในการตีพิมพ์นั้น เราจะต้องกำจัดสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ในสามสิ่งนี้คือ ๑. _____ ๒. _____ ๓. _____	เชื้อเพลิง จุลชีวาล
๔ นั่นคือการกำจัด เชื้อเพลิง หรือออกซิเจน หรืออุณหภูมิ ไม่ให้ถึง จุลชีวาล อย่างใดอย่างหนึ่งถือว่าเป็น _____ ในการตีพิมพ์	น้ำทำให้อุณหภูมิของ— เชื้อเพลิงลดต่ำลงกว่า— จุลชีวาล
๕ สำหรับเครื่องตีพิมพ์ที่ประดิษฐ์ขึ้นใช้ในการตีพิมพ์อยู่หลายชนิด และมี แบบแตกต่างกันออกไป ชนิดที่ควรทราบในขั้นนี้คือ ๑. แบบใช้กรด และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (แบบกรด-โซดา) ๒. แบบใช้คาร์บอนเตตระคลอไรด์ นั่นคือการใช้กรดและโซเดียมไฮดรอกไซด์ คาร์บอนเตตระคลอไรด์ เป็นตัวอย่างของ _____	ออกซิเจน

๑๐ เครื่องดับไฟแบบใช้กรดและโซเดียมไบคาร์บอเนต เป็นแบบธรรมดาที่สุด และใช้กันอย่างแพร่หลาย มีลักษณะเป็นกระป๋องสีแดงรูปทรงกระบอก โดยตัวกระป๋องเป็นโลหะมักทำด้วยทองแดง (ทองแดงเป็นโลหะที่ไม่ละลายในกรดซัลฟิวริก) ภายในตัวกระป๋องบรรจุสารละลายอิมัลชันโซเดียมไบคาร์บอเนต หรือเรียกว่าโซดาทำขนมและมีขวดบรรจุกรดกำมะถันเข้มข้น ซึ่งมีข้อท้วงติงว่า กรดซัลฟิวริก - โดยที่ปากขวดนี้มีจุดตะกั่ว วางปิดไว้เฉย ๆ ไม่ได้ติดแน่นหรือขันเกลียว ส่วนตัวเครื่องดับไฟซึ่งเป็นกระป๋องมีฝาโลหะปิดชั้นสกรูแน่น และมีท่อต่อออกมาข้าง ๆ เพื่อให้ก๊าซไหลออกมา น้ำโซดาทำขนมมีข้อท้วงติงว่า -----	เชื้อเพลิง ออกซิเจน อุณหภูมิถึงจุดชวาล
๑๑ เครื่องดับไฟแบบใช้กรด-โซดา ภายในบรรจุโซเดียมไบคาร์บอเนต และกรดกำมะถัน ซึ่งมีข้อท้วงติงว่า -----	หลัก
๑๒ เมื่อเวลาใช้เครื่องดับไฟชนิดนี้จะต้องกลับหัวเครื่องดับไฟลงเพื่อที่จะให้จุดตะกั่วเปิดออกเพื่อให้กรดซัลฟิวริกไหลออกมาพบกับโซเดียมไบคาร์บอเนต และทำปฏิกิริยาเคมีกัน จะเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นและดันออกมาทางปลายท่อข้าง ๆ ซึ่งอาจจะมีน้ำตามก๊าซออกมาด้วย ปฏิกิริยาเคมีเขียนเป็นสมการได้ดังนี้ กรดซัลฟิวริก + โซเดียมไบคาร์บอเนต = โซเดียมซัลเฟต + น้ำ + -----	เครื่องดับไฟ

๑๓ การที่เครื่องดับไฟชนิดนี้ดับไฟได้เพราะเมื่อสกรทำปฏิกิริยาเคมีกัน จะเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ โดยน้ำจะช่วยลดอุณหภูมิของเชื้อเพลิง ให้ต่ำกว่าจุดชวาล ส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีคุณสมบัติไม่ติดไฟ ไม่ช่วย ให้ไฟติดหนักกว่าอากาศ และไม่พุ่งกระจายง่าย ก็จะคลุมไฟไว้ไม่ให้สัมผัสกับ ออกซิเจน จึงทำให้ไฟดับ (กรอบนี้ไม่ต้องกรณาคำตอบ)	โซเดียมไบคาร์บอเนต
๑๔ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับไฟได้ เพราะก๊าซจะไปหุ้มไฟทัวให้ ----- เข้าไม่ถึงไฟ	
๑๕ เครื่องดับไฟแบบใช้กรรและโซเดียมไบคาร์บอเนตดับไฟได้เพราะอะไร จงอธิบายหลักการทำงานของเครื่องมือพอเข้าใจ ๑ -----	กรรชัลฟูริก
๑๖ ส่วนเครื่องดับไฟแบบใช้คาร์บอนเตตระคลอไรด์ นั้นพบว่าคาร์บอนเตตระ คลอไรด์ เป็นของเหลวใสไม่มีสี มีคุณสมบัติระเหยไ้ง่าย ไม่ช่วยให้ไฟติด ไม่ติดไฟ เมื่อเป็นไอหนักกว่าอากาศ ฉะนั้นไอจะปกคลุมกองไฟทำให้ ----- เข้าไม่ถึงไฟ ไฟจึงดับ	คาร์บอนไดออกไซด์

๑๙ คาร์บอนเตตระคลอไรด์มีคุณสมบัติอย่างไร ? -----	
๑๘ เครื่องดับไฟแบบนี้ทำโดยใช้ภาชนะแก้วหรือโลหะภายในบรรจุคาร์บอนเตตระคลอไรด์ให้เต็มปิดให้สนิท แล้วเขว่นทิ้งไว้ในที่สำคัญต่าง ๆ เมื่อเกิดไฟไหม้ก็หยิบภาชนะนี้ขว้างไปที่กองไฟให้มันแตก ของเหลวภายในจะระเหยออกซึ่งสามารถทำให้ไฟดับได้ คาร์บอนเตตระคลอไรด์ดับไฟได้เพราะอะไร ?	ออกซิเจน
๑๘ โดยทั่วไปเครื่องดับไฟแบบนี้มักทำด้วยแก้วรูปแปลก ๆ ใส่สีให้ของเหลวเป็นสีต่าง ๆ ดึงไว้ตามข้างฝาเป็นเครื่องประดับอย่างหนึ่งด้วย โดยเครื่องดับไฟชนิดนี้ใช้ไก้มลทินที่โล่ง เพราะความร้อนจะทำให้คาร์บอนเตตระคลอไรด์สลายตัวกลายเป็นก๊าซคลอรีนซึ่งเป็นก๊าซพิษ ฟุ้งกระจายอยู่ในอาคาร ทำให้ผู้คนเป็นอันตรายได้ ฉะนั้นเครื่องดับไฟแบบนี้ใช้คาร์บอนเตตระคลอไรด์ ควรดับไฟซึ่งเกิดในที่ -----	เมื่อกลับหัวเครื่องดับไฟจะทำให้กรดซัลฟิวริกไหลมาทำปฏิกิริยากับโซเดียมไบคาร์บอเนต จะเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้น ซึ่งก๊าซนี้จะไปปกคลุมไฟทำให้ออกซิเจนเขาไม่ถึงไฟ
๒๐ เครื่องดับไฟแบบคาร์บอนเตตระคลอไรด์ ไม่เหมาะที่จะใช้ดับไฟในอาคารเพราะทำให้ ----- ซึ่ง เป็นก๊าซพิษ สลายตัวออกจาก -----	ออกซิเจน

๒๑ ในการดับไฟที่เกิดจากน้ำมันพบว่าแบบคาร์บอนเตตระคลอไรด์ใช้ดับไฟ ได้ผลดี โดยใช้น้ำผสมด้วย นั่นคือการใช้น้ำผสมกับคาร์บอนเตตระคลอไรด์ช่วยในการดับไฟที่ เกิดจาก _____ ไตล์ดี	เป็นของเหลวใสไม่มีสี ระเหยได้ง่ายไม่ช่วยให้ ไฟติดและไม่ติดไฟเมื่อ เป็นไอหนักกว่าอากาศ
๒๒ จงอธิบายหลักการดับไฟของเครื่องแบบคาร์บอนเตตระคลอไรด์ มาพอเข้าใจ ๑ _____	คาร์บอนเตตระคลอไรด์ จะระเหยกลายเป็นไอ ปกคลุมกองไฟทำให้ ออกซิเจนเข้าไม่ถึงไฟ
๒๓ เครื่องดับไฟที่นักเรียนควรทราบ คือ ๑. _____ ๒. _____	โล่ง
๒๔ ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดชุดที่ ๒ ในหน้าต่อไป	ก๊าซคลอรีน คาร์บอนเตตระคลอไรด์

แบบฝึกหัดชุดที่ ๒

- ๑) เชื้อเพลิงที่สำคัญมีอะไรบ้าง ?
- ๒) ถ่านไม้ ถ่านโค้ก เป็นเชื้อเพลิงธรรมชาติ หรือเชื้อเพลิงประดิษฐ์ จงเล่าถึงวิธีการที่เราจะได้ถ่านไม้ และถ่านโค้กมาใช้ ?
- ๓) ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงคืออะไร จงอธิบายข้อความต่อไปนี้ว่าหมายความว่าอย่างไร ?
ค่าความร้อนของถ่านหินบิทูมินัส ๔,๐๐๐ แคลอรี ต่อกกรัม
- ๔) เหมะและควันคืออะไร ?
- ๕) จงบอกประโยชน์และโทษของเชื้อเพลิงเป็นข้อ ๆ ?
- ๖) องค์ประกอบที่สำคัญของการเกิดไฟหรือเพลิงไหม้มีอะไรบ้าง หลักทั่ว ๆ ไปของการดับเพลิงมีว่าอย่างไร ?
- ๗) นักเรียนรู้จักถ่านหินกี่ชนิด ? บอกชื่อ และอธิบายลักษณะ ?
- ๘) จงยกตัวอย่างเชื้อเพลิงที่สำคัญของประเทศไทยมา ๑ ชนิด อธิบายว่ามีลักษณะและใช้ได้อย่างไร ?
- ๙) เราคุณภาพของเชื้อเพลิงจากอะไร ?
- ๑๐) จงเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาของเครื่องต้มน้ำแบบกรกและโซเดียมไบคาร์บอเนต ?
- ๑๑) ทำไมวิธีการเหล่านี้จึงใช้ดับไฟได้
 - ก. การฉีดหรือพ่นน้ำเข้าไป ยังวัตถุที่กำลังติดไฟ
 - ข. การฉีดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปยังวัตถุที่กำลังติดไฟ
- ๑๒) สารที่ได้จากการกลั่นถ่านหินมีอะไรบ้าง แต่ละอย่างมีประโยชน์อย่างไร ?
- ๑๓) เชื้อเพลิงส่วนใหญ่มีองค์ประกอบอย่างไร ?
- ๑๔) เมื่อเชื้อเพลิงเกิดการเผาไหม้จะมีอะไรเกิดขึ้นบ้าง ?

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

๑ เมื่อเชื้อเพลิง เกิดการเผาไหม้ผลสุดท้ายจะเกิดน้ำและ ----- -----	น้ำมัน
๒ การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจะเกิดน้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งก๊าซนี้เห็นได้จาก ฟองก๊าซที่พุ่งขึ้นจากน้ำโซดา โดยปรกติมีปนอยู่ในอากาศ ประมาณ ๐.๓ โดยปริมาตร ฉะนั้นเมื่อเรานำขวดโซดาที่มีน้ำมาเปิดดูจะเห็นฟองก๊าซเกิดขึ้น ก๊าซนี้คือ -----	เมื่อเกิดเพลิงไหม้ก็หยิบ เครื่องมือนี้ข้างไปที่ กองไฟให้แตก ของเหลว ภายในจะระเหยออกมา ปกคลุมกองไฟทำให้ไฟ ดับได้
ก๊าซที่ปนอยู่ในอากาศประมาณ ๐.๓ โดยปริมาตร คือ ----- -----	แบบกรด-โซเดียมไบ- คาร์บอเนต แบบใช้คาร์บอนเตตระ คลอไรด์
๔ คาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซที่หนักกว่าอากาศเล็กน้อย ฉะนั้นก๊าซนี้จึง ลอยต่ำลงมาอยู่บนพื้นโลก ซึ่งเราจะพบว่ามีอยู่เป็นจำนวนมาก ตามบ่อน้ำ และภายในต้นไม้เล็ก ๆ บนพื้นโลกจะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาก เพราะเป็นก๊าซที่ ----- ----- อากาศเล็กน้อย	

๕ ในอากาศจะได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง การหายใจออกของคนและสิ่งมีชีวิต และจากการเน่าเปื่อยผุพังของสารทุกชนิด นักวิทยาศาสตร์คำนวณว่า คนล้านคน จะหายใจเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ออกมาประมาณ ๒๕ ล้านตันต่อชั่วโมง พบว่าคนและสิ่งมีชีวิตจะหายใจเอาก๊าซ _____ ออกมา	คาร์บอนไดออกไซด์
๖ นอกจากการหายใจของคนและสิ่งมีชีวิตแล้ว คาร์บอนไดออกไซด์ที่อากาศ ได้รับจะได้จาก _____ และ _____	คาร์บอนไดออกไซด์
๗ คน ๑ ล้านคนจะหายใจเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาประมาณ _____ ตัน ต่อชั่วโมง	คาร์บอนไดออกไซด์
๘ อากาศได้รับคาร์บอนไดออกไซด์จากอะไรบ้าง ? ๑. _____ ๒. _____ ๓. _____	หนักกว่า

๕ สำหรับในห้องปฏิบัติการเตรียมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นได้ โดยปกติ มักใช้หินอ่อนหรือโซดาซักผ้าซึ่งจัดเป็นสารพวกเกลือคาร์บอเนตทำปฏิกิริยากับกรด นั่นคือ กรดทำปฏิกิริยากับเกลือคาร์บอเนตจะเกิดก๊าซ -----	คาร์บอนไดออกไซด์
๑๐ หินอ่อนหรือโซดาซักผ้าจัดเป็นสารพวก ----- -----	การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง การเน่าเปื่อยบูดพังของสาร
๑๑ เมื่อกรดทำปฏิกิริยากับเกลือคาร์บอเนตจะได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, เกลือและน้ำเกิดขึ้น เราเขียนสมการการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ดังนี้ ----- + เกลือคาร์บอเนต = เกลือ + ----- + น้ำ	๒๒ การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง การหายใจของคนและ— สิ่งมีชีวิต การเน่าเปื่อยบูดพังของสาร

ต่อไปนี้เป็น การทดลอง จดหมายเหตุของการทดลอง เพื่อให้ นักเรียนทราบวิธี
การเตรียมและคุณสมบัติของ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การบั่นไดออกไซด์

การทดลอง เพื่อเตรียมและศึกษาสมบัติของ การบั่นไดออกไซด์

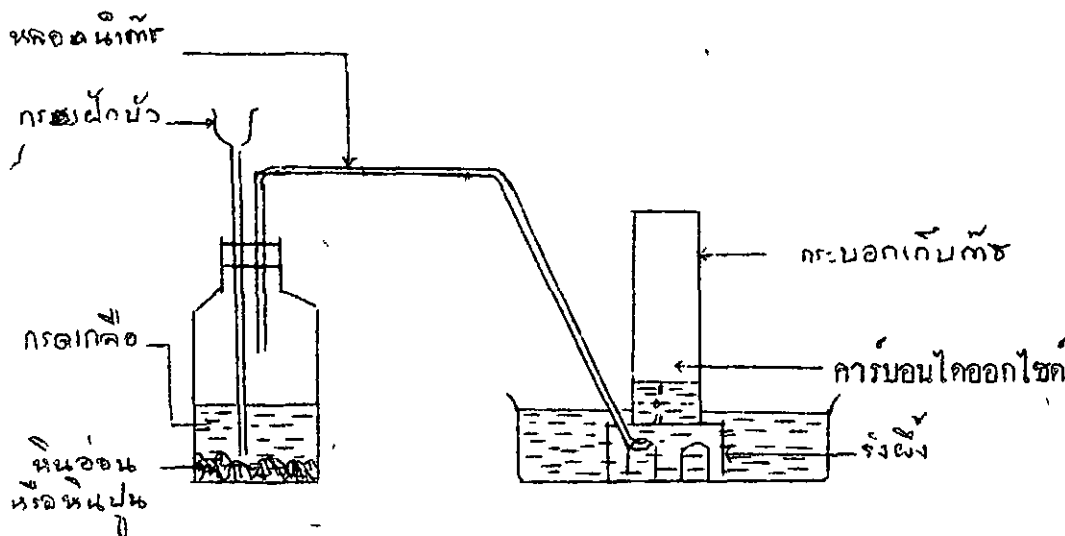
อุปกรณ์และสารเคมี คนโทแก้ว, กรวยผัดบัว, หลอดนำก๊าซ
รังผึ้ง, อ่างน้ำ, กระจกเก็บก๊าซ
หินปูนหรือหินอ่อน

วิธีทำการทดลอง ใส่หินปูนหรือหินอ่อนซึ่งมีเนื้อส่วนมากหรือเกือบทั้งหมด
เป็นแคลเซียมคาร์บอเนต ไว้ในขวดที่มีกรวยผัดบัวและหลอดนำก๊าซเสียบอยู่
ตั้งรูป รินกรดไฮโดรคลอริก หรือเรียกง่าย ๆ ว่ากรดเค็อย่างเจือจาง
(กรดเข้มข้น ๑ ส่วน : น้ำ ๑ ส่วน) ลงไปในขวดให้ระดับน้ำกรดอยู่สูงกว่า
ปลายล่างของกรวย จะเกิดฟองก๊าซขึ้น ให้เก็บก๊าซขึ้นโดยการแทนที่น้ำ
(ดูรูปประกอบการศึกษาถึงเครื่องมือ)

เกลือคาร์บอเนต

เก็บก๊าซที่ได้ไว้ศึกษาสมบัติ ๓ กระบอก

รูปแสดงการเตรียมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์



การทดสอบคุณสมบัติ

๑. สังเกตสีและมวลของก๊าซที่เก็บได้
๒. นำไม้จิ้มจุ่มให้เป็นเปลวไฟที่ แฉวคอย ๆ หย่อนไม้จิ้มลงในกระบอกเก็บก๊าซในที่หนึ่ง สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น
๓. เทน้ำปูนใสลงในกระบอกเก็บก๊าซในที่สอง สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

๑๒

จากการทดลอง เมื่อกรดไฮโดรคลอริกทำปฏิกิริยากับคัลเซียมคาร์บอเนต จะเห็นฟองก๊าซเกิดขึ้น ฟองก๊าซนี้ คือ _____

๑๓

เราสามารถเขียนสมการการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ดังนี้
คัลเซียมคาร์บอเนต + _____ = คัลเซียมคลอไรด์ + _____
+ น้ำ

๑๔

เมื่อเรานำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เก็บได้จากการทดลองมาทดสอบคุณสมบัติโดยสังเกตสีและกลิ่นปรากฏว่า _____

๑๕ เมื่อหย่อนไม้ขีดไฟที่กำลังจุดเป็นเปลวลงไปในกระบอกเก็บก๊าซ ผลปรากฏว่า _____	
๑๖ นั่นคือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ _____ ให้ฟีดิกและ ตัวเองก็ไม่ติดไฟ	คาร์บอนไดออกไซด์
๑๗ เมื่อเทน้ำปูนใสลงในกระบอกเก็บก๊าซปรากฏว่า _____ _____	กรดไฮโดรคลอริก คาร์บอนไดออกไซด์
๑๘ นั่นคือเมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทำปฏิกิริยากับน้ำปูนใส จะได้ ตะกอนสีขาว ซึ่งน้ำปูนใสคือสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ และตะกอน สีขาวที่เกิดขึ้น คือ แคลเซียมคาร์บอเนต ซึ่งเป็นสารที่มีสมบัติไม่ละลายในน้ำ เราเขียนเป็นสมการเคมีได้ดังนี้ _____ + แคลเซียมไฮดรอกไซด์ = แคลเซียมคาร์บอเนต + น้ำ	ไม่มีสีและกลิ่น

๑๙ โดยทั่วไปในการทดสอบว่าก๊าซที่เกิดขึ้นจะใช่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือไม่นั้น เขาทดลองโดยการผ่านลงในน้ำปูนใสถ้า _____ เกิดตะกอนขึ้นขาว แสดงว่าคือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	ใช่ครับ
๒๐ จากการทดสอบคุณสมบัติ และที่เรียนมาจะพบว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นก๊าซที่ปราศจากกลิ่นและสี, ไม่ช่วยให้ไฟติด, ทำให้น้ำปูนใสขึ้นขาวได้ และหนักกว่าอากาศเล็กน้อย โดยมีสูตรเคมี CO_2 CO_2 เป็นสูตรเคมีของ _____	ไม่ช่วย
๒๑ เมื่อนักเรียนมีก๊าซชนิดหนึ่งจะทราบได้อย่างไรว่าเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์? _____	น้ำปูนใสขึ้น
๒๒ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีคุณสมบัติอย่างไร ? ๑. _____ ๒. _____ ๓. _____ ๔. _____	คาร์บอนไดออกไซด์

พบว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศที่ได้จากการเผาผลาญอาหารในร่างกายของพืชและสัตว์จะไม่มีพิษ แต่ถ้าคนอยู่ในที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะตายได้ เช่นเดียวกับคนจมน้ำเพราะไม่มีออกซิเจนหายใจ ไม่ใช่ตายเพราะพิษก๊าซนี้
ทำไมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จึงทำให้คนตายได้ ?

น้ำปูนใส

คาร์บอนไดออกไซด์

ต่อไปนี้เป็นการทดลอง เพื่อแสดงว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีอยู่ในลมหายใจ

อุปกรณ์และสารเคมี

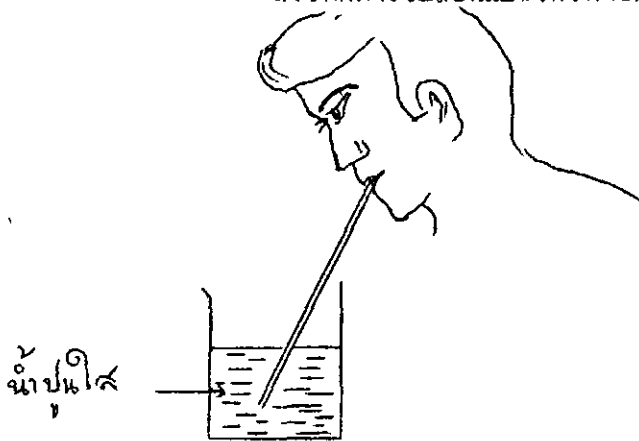
ถ้วยแก้ว หลอดกาแฟ น้ำปูนใส

วิธีทำการทดลอง

เอาน้ำปูนใสใส่ถ้วยแก้วประมาณครึ่งแก้ว แล้วเอาหลอดกาแฟ

มาเป่าลงจากปากลงในน้ำปูนใส ประมาณ ๑ นาที

สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น



น้ำก๊าซที่ส่งผ่านลงในน้ำปูนใสถ้าเกิดตะกอน ขุ่นขาวแสดงว่าคือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ปราศจากกลิ่นสี

หนักกว่าอากาศ

ไม่ช่วยให้ไฟติดและ

ไม่ติดไฟ

ทำให้ น้ำปูนใสขุ่น

จากการทดลอง เมื่อนักเรียนใช้หลอดกาแฟเป่าลมจากปากลงในน้ำปูนใส จะปรากฏว่า _____

๒๕ เมื่อเป่าลมลงในน้ำปูนใสจะเห็นน้ำปูนใสขึ้น แสดงว่าลมหายใจออก ของเรามีก๊าซ -----	ทำให้ไม่มีออกซิเจน หายใจ
๒๖ ในการทดลองนี้ใช้ทดสอบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ฉะนั้นถ้าเราต้องการ ทราบว่ามีการคาร์บอนไดออกไซด์หรือไม่ก็ดูก๊าซที่ส่งสลับลงใน ----- ถ้าเกิดตะกอนขึ้นขาวแสดงว่ามีก๊าซ -----	
๒๗ ในการปรุงอาหารของพืชสีเขียวพบว่าใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ช่วยในการ ปรุงอาหาร แต่ในขณะที่เดียวกันจะคายก๊าซออกซิเจนออกสู่อากาศ ฉะนั้นพืชจึง เป็นสิ่งสำคัญในการผลิตก๊าซ -----	น้ำปูนใสขึ้น
๒๘ นั่นคือพืชสีเขียวใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้เป็นประโยชน์ในการ ----- ----- และจะคายก๊าซ ----- ออกสู่อากาศ	

๒๘ การปรุงอาหารของพืชคือการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร่วมกับน้ำ จะได้น้ำตาลและก๊าซออกซิเจนเกิดขึ้น ซึ่งเราเขียนสับการการเกิดปฏิกิริยา เคมีได้ดังนี้ ----- + น้ำ = น้ำตาล + -----	คาร์บอนไดออกไซด์
๓๐ ถ้านี้โลกเราไม่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โลกจะไม่มีหญ้า ผัก และต้นไม้สีเขียว ทั้งที่เราเห็นอยู่เพราะไม่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ช่วย ในการ -----	น้ำฝนใน คาร์บอนไดออกไซด์
๓๑ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีประโยชน์และโทษอย่างไร ? จงกล่าวนมาเท่าที่ทราบ	ออกซิเจน
<u>อัญรูปของคาร์บอน</u>	ปรุงอาหาร ออกซิเจน
๓๒ การที่ธาตุอย่างหนึ่งมีลักษณะปรากฏได้หลายรูปนักวิทยาศาสตร์เรียกว่า อัญรูป เช่น คาร์บอนเป็นธาตุที่มีลักษณะปรากฏไว้ ๓ รูป คือ ถ่าน เพชร และแกรไฟต์ รูปหนึ่ง ๆ คือ ----- ของคาร์บอน	

๓๓ อัญรูปหมายถึง _____	การบอนไคออกไซค์ ออกซิเจน
๓๔ อัญรูปของการบอนมี ๓ รูป คือ ๑. _____ ๒. _____ ๓. _____	ปรุงอาหาร
๓๕ ต่อไปนี้จะพูดถึงอัญรูปของการบอนแต่ละชนิดให้ทราบคือ <u>ถ่าน</u> (coal) มีสีดำ เพราะร่วงเป็นผง ดังที่เราเห็นอยู่ทั่วไป เป็นอัญรูปหนึ่งของการบอนเป็นรูปธรรมชาติที่ไม่เป็นผลึก อัญรูปของการบอนที่ไม่เป็นผลึก คือ _____ _____	ประโยชน์คือช่วยในการ ปรุงอาหารของพืช โทษคือทำให้คนเสีย- ชีวิตได้
๓๖ ถ่านมีลักษณะอย่างไร ? _____	อัญรูป

๓๗ <u>เพชร</u> (Diamond) เป็นอัญมณีหนึ่งของคาร์บอนที่เป็นธาตุคาร์บอนบริสุทธิ์ แข็ง เนื่อแน่น เป็นผลึก ความถ่วงจำเพาะสูงถึง ๓.๕ มีสมบัติในการหักเหแสงสว่างไ้มากจึงส่องแสงแวววาวเมื่อเจียรระโนเป็นเหลี่ยม อัญมณีของคาร์บอนที่เป็นผลึกและเป็นธาตุคาร์บอนบริสุทธิ์ คือ -----	ธาตุที่มีลักษณะปรากฏ ได้หลายรูป
๓๘ เพชรมีความถ่วงจำเพาะเท่ากับ ----- และมีสมบัติในการ ----- ส่องสว่างได้ดี จึงส่องแสงแวววาว	ถ่าน เพชร แกรไฟต์
๓๙ นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าเพชรเกิดจากคาร์บอนตกผลึก เมื่อได้รับความร้อนและความดันสูงมาก ในปี ค.ศ. ๑๘๘๓ นักเคมีชาวฝรั่งเศส ชื่อ มัวซอง ได้ทำเพชรเป็นผลสำเร็จ นักวิทยาศาสตร์ที่หาเพชรเป็นผลสำเร็จ คือ -----	ถ่าน
๔๐ เมื่อคาร์บอนได้รับความร้อนและความกดดันสูงจะเกิดการตกผลึกกลายเป็น -----	ไม่เป็นผลึกมีสีดำ เพราะรวมเป็นผง

๔๑ เพชรเกิดจากอะไร และมีลักษณะอย่างไร ? -----	เพชร
๔๒ <u>แกรไฟต์</u> (Graphite) เป็นอัญรูปหนึ่งของคาร์บอนที่เป็นผลึก มีความอ่อนและมัน เป็นสารทนไฟมาก และนำไฟฟ้าได้ ชั่วไฟฟ้าที่ทำด้วยถ่านคือถ่านแกรไฟต์นั่นเอง ถ่านที่เราใช้ทำดินสอด่ทำมาจากแกรไฟต์ แกรไฟต์ใช้ทำอะไรประโยชน์อะไรบางอย่าง ? -----	๓.๕ หักเห
๔๓ ในธรรมชาติพบว่ามีแกรไฟต์ปนอยู่กับหิน มีมากที่ลังกา รัสเซีย และเชกโกสโลวาเกีย ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ประดิษฐ์แกรไฟต์ได้โดยการผ่านถ่านหินแอนทราไต์ หรือถ่านโค้ก เข้าไปในเตาไฟฟ้าที่มีอากาศเข้าออกไม่ได้ โดยเผาให้อุณหภูมิสูงถึง ๓๕๐๐ องศาเซนเซียส และเป็นเวลานาน ๒๔ ถึง ๓๐ ชั่วโมง แกรไฟต์มีมากในประเทศ -----	มัวซอง
๔๔ แกรไฟต์เตรียมได้โดยการผ่านถ่านหิน ----- หรือ ----- ----- เข้าไปในเตาไฟฟ้าที่มีอากาศเข้าออกไม่ได้ที่อุณหภูมิ ----- องศาเซนเซียส เป็นเวลานาน ๒๔ ถึง ๓๐ ชั่วโมง	เพชร

๔๕

แกรไฟต์มีลักษณะอย่างไร ?

เกิดจากการตกผลึก
ของการบ่อนในที่มี
ความร้อนและความ
กดดันสูงมาก ๆ

๔๖

นักวิทยาศาสตร์ได้ศึกษาพบว่า ถ่านกัมมันต์ เพชรกัมมันต์ และแกรไฟต์กัมมันต์
ถึงแม้จะมีลักษณะที่ปรากฏภายนอกให้เห็นต่างกัน แต่เนื้อแท้ของมันเป็นธาตุคาร์บอน
ด้วยกันทั้งสามชนิด เพราะเมื่อเอาถ่าน เพชร และแกรไฟต์ มาเผาไฟ
ได้ผลอย่างเดียวกัน คือมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นเท่านั้น ไม่มีธาตุหรือ
สารอื่น ๆ อีก จึงเชื่อว่าเป็นธาตุอย่างเดียวกัน แต่อยู่คนละรูป
(กรอบนี้ไม่ต้องกรอกคำตอบ)

ทำให้กินสอคำ
ข้าวไฟฟ้า

๔๗

ถ่าน เพชร และแกรไฟต์ เนื้อแท้ของมันเป็นธาตุ -----
ทั้ง ๓ ชนิด

ลังกา, รุสเซีย
เชโกสโลวาเกีย

๔๘

เมื่อเอาถ่าน เพชร และแกรไฟต์ มาเผาไฟจะได้ผลอย่างเดียวกัน
คือมี ----- เกิดขึ้น

แอนทราไซต์
ถ่านโค้ก

๓๕๐๐

๔๘ การที่เชื่อว่า ถ่าน เพชร และแกรไฟต์ เป็นธาตุอย่างเดียวกัน แต่อยู่คนละรูปนั้น เราทราบได้อย่างไร ๖	เป็นผลที่มีความอ่อน และมัน เป็นสารที่ทนไฟและนำไฟฟ้าได้
<u>สารทนไฟ</u>	
๕๐ เนื่องจากไฟไหม้เป็นภัยอันตรายอย่างใหญ่หลวง นักวิทยาศาสตร์จึงพยายามหาวิธีป้องกันไฟไหม้เป็นเหตุให้ ค้นพบ<u>สารทนไฟ</u> หลายชนิด และประดิษฐ์ขึ้นใช้ในโอกาสต่าง ๆ ตามความเหมาะสม เช่น ไบทิน กระเบื้องยาง อีฐทนไฟ ไบทิน กระเบื้องยาง และอีฐทนไฟ เป็นตัวอย่างของ _____ _____	การบ่ม
๕๑ นอกจากนี้ยังมีสีทาบ้าน และยาทนไฟที่เป็นสารทนไฟอีกด้วย สารทนไฟเหล่านี้มี คุณสมบัติพิเศษกว่าสารอื่น ๆ คือ เป็นสารที่ไม่ติดไฟ เพราะไม่ทำปฏิกิริยากับ _____ ในอากาศ หรือมีจุดหลอมสูง	การบ่มไดออกไซด์

๕๒ คุณสมบัติพิเศษของสารทนไฟคือ ๑. _____ ๒. _____	ทราบโดยนำเพชรแกรไฟต์ และถ่านมาเผาไฟจะเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เหมือนกัน
๕๓ <u>ใยหิน</u> (Asbestos) เป็นเส้นใยสีขาว ใบริตไฟ ใช้ทำภาชนะทนไฟต่าง ๆ เช่นกระเบื้องมุงหลังคา กระเบื้องปูโต๊ะ ฯลฯ กระเบื้องมุงหลังคา กระเบื้องปูโต๊ะทำจาก _____	สารทนไฟ
๕๔ ใยหินมีลักษณะอย่างไร ? _____	ออกซิเจน
๕๕ <u>กระเบื้องยาง</u> (Asphast tile) เป็นกระเบื้องที่ติดไฟยาก ปัจจุบันมักใช้ปูพื้นแทนไม้ กระเบื้องยางปัจจุบันใช้ประโยชน์อย่างไร ? _____	

๕๖

อิฐทนไฟ โรงงานปูนซีเมนต์ในประเทศไทยประดิษฐ์อิฐทนไฟขาย
เพื่อใช้ก่อตึกหรือทำผนังครัวใกล้เคียงเตาไฟ

จากสิ่งที่กล่าวมานี้จะเห็นว่า การที่เราใช้สารทนไฟใช้ ก็เป็นส่วนช่วยให้
บ้านเมืองเราปลอดภัยยิ่งขึ้นกว่าเดิมมาก และเป็นผลงานที่เด่นชัดของวิทยาศาสตร์
อย่างหนึ่ง

(กรอบนี้ไม่ต้องกรอกคำตอบ)

เป็นสารไม่ติดไฟ

มีราคาถูกสูง

โยหิน

๕๗

จงยกตัวอย่างสารทนไฟมาเท่าที่ทราบ ?

เป็นเส้นใยสีขาว
ไม่ติดไฟ

๕๘

ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดชุดที่ ๓ ในหน้าต่อไป

ใช้พื้นที่แทนไม้

แบบฝึกหัดชุดที่ ๓

- ๑) จงเติมข้อความลงในช่องว่างให้ได้ความสมบูรณ์
- ๑.๑) ในอากาศมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ _____ โดยปริมาตร
 - ๑.๒) เมื่อผ่านการคาร์บอนไดออกไซด์ลงใน _____ จะเกิดตะกอนสีขาว
 - ๑.๓) สารทนไฟ มีสีขาว _____
 - ๑.๔) สูตรเคมีของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์คือ _____
 - ๑.๕) อัญรูปของธาตุคือ _____
- ๒) สารทนไฟคืออะไร มีอะไรบ้าง ?
- ๓) คาร์บอนไดออกไซด์มีสมบัติอย่างไร ?
- ๔) อัญรูปของคาร์บอนมีอะไรบ้าง จงอธิบายถึงสมบัติและประโยชน์มาให้พอเข้าใจ ?
- ๕) พิธีรีเขียวใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อย่างไร ?
- ๖) ในห้องปฏิบัติการสามารถเตรียมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้อย่างไร ?
- ๗) จงบอกการทดลอง เพื่อแสดงว่าคาร์บอนไดออกไซด์ไม่ช่วยให้ไฟติดและไม่ดับไฟ ?
- ๘) อากาศใดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บ้างไหน ?

ภาคผนวก ค.

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์

และ

แบบทดสอบทักษะศตวรรษที่ 21 วิชาวิทยาศาสตร์

แบบทดสอบความสัมฤทธิ์ผลทางการเรียนวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง วิธีทำข้อสอบวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟ และ เชื้อเพลิง

๑. ข้อสอบฉบับนี้มี ๔๕ ข้อ ให้เวลาทำ ๔๐ นาที ห้ามขีดเขียนข้อความและเครื่องหมายใด ๆ ลงในปึกคำถามนี้

๒. คำถามแต่ละข้อมีคำตอบให้เลือก ๕ คำตอบตามหัวข้อ ก.ข.ค.ง.และ จ. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด เพียงคำตอบเดียว เมื่อเลือกได้คำตอบใดก็ให้ขีดเส้นหนา ๆ (~~==~~) ข้างตัวอักษรในกระดาษคำตอบ

ตัวอย่าง

(๐) ก๊าซชนิดใดที่อยู่ในอากาศมากที่สุด ?

ก. ฮีเลียม

ข. ออกซิเจน

ค. ไนโตรเจน

ง. ไฮโดรเจน

จ. คาร์บอนไดออกไซด์

ข้อนี้ต้องตอบข้อ ข. จึงขีดในกระดาษคำตอบ ดังนี้

(๐) ก. ~~==~~ ข. ~~==~~ ค. ~~==~~ ง. ~~==~~ จ. ~~==~~

๓. ในแต่ละข้อคำถามให้ขีดคำตอบเดียว ถ้าต้องการเปลี่ยนข้อคำตอบให้ขีดกากบาท (*) ในข้อที่ไม่ต้องการเช่นเปลี่ยนจาก ข. เป็น ค. ทำดังนี้

(๐) ก. ~~==~~ ข. * ค. ~~==~~ ง. ~~==~~ จ. ~~==~~

๔. ข้อใดคิดไม่ไหวควรข้ามไปทำข้ออื่นก่อน และย้อนกลับมาทำเมื่อมีเวลาเหลือ

๕. จงพยายามทำให้เสร็จภายใน ๔๐ นาที

ขอให้ทุกคนโชคดีในการสอบ.

อรรรณพ บุญถนอม

นิสิตปริญญาโทสาขาคุณศึกษา ม.ศ.ว.ประสานมิตร

๑. ไฟคืออะไร ?

- ก. พลังงาน
- ข. ปฏิกิริยาเคมี
- ค. สสาร
- ง. สมบัติของสสาร
- จ. สถานะของสสาร

๒. ผู้ค้นพบไฟไม่ใช่ธาตุคือใคร ?

- ก. มิวของ
- ข. กาลิเลโอ
- ค. ลาวัวซิเย
- ง. อาริสโตเติล
- จ. หลุยส์ปาสเตอร์

๓. สารที่มีพลังงานมากที่สุดเมื่อนำมาลนไฟได้แก่สารชนิดใด ?

- ก. สารที่เป็นขี้เถ้าที่สุด
- ข. สารที่เป็นตัวนำที่ดีที่สุด
- ค. สารที่มีมวลมากที่สุด
- ง. สารที่มีแคลอรีมากที่สุด
- จ. สารที่ละลายในน้ำได้ดีที่สุด

๔. อุณหภูมิที่ต่ำสุดที่ติดไฟเรียกว่าอะไร ?

- ก. จุดสลายตัว
- ข. จุดชวาล
- ค. จุดความร้อน
- ง. จุดหลอมเหลว
- จ. จุดเดือด

๕. ถ้านำกระดาษ ถ่าน และไม้มาลนไฟจะพบว่ากระดาษจะติดไฟก่อน ถ่านและไม้จึงจะติดไฟตามลำดับ ลักษณะเช่นนี้แสดงว่าอะไร ?

- ก. สารติดไฟได้ไม่เท่ากัน
- ข. สารบางชนิดติดไฟช้า
- ค. สารรับความร้อนได้ไม่เท่ากัน
- ง. สารติดไฟได้ต้องใช้ความร้อนมาก ๆ
- จ. สารติดไฟที่อุณหภูมิต่างกัน

๖. ข้อใดเป็นสาเหตุทำให้เหล็กเกิดสนิม ?

- ก. คาร์บอนมอนอกไซด์
- ข. คาร์บอนไดออกไซด์
- ค. ไฮโดรเจน
- ง. ไนโตรเจน
- จ. ออกซิเจน

๗. ขณะที่เทียนไข ๒ เล่มกำลังติดไฟเมื่อเอาถ้วยแก้วไปครอบเทียนไขเล่มหนึ่งปรากฏว่าไฟจะดับ ส่วนอีกเล่มหนึ่งไฟจะยังคงติดดังเดิม การทดลองนี้แสดงว่าอะไร ?

- ก. การติดไฟต้องการออกซิเจน
- ข. การติดไฟต้องการเชื้อเพลิง
- ค. สารติดไฟในที่แตกต่างกัน
- ง. อากาศมีออกซิเจนไม่มากพอ
- จ. สารติดไฟได้ไม่เท่ากัน

๘. ตั้งแก๊สน้ำบูไนสไว้ใ้ในอากาศ ผิวหน้าของ
น้ำบูไนสจะเป็นฝ้าเนื่องจากอะไร ?

- ก. ออกซิเจน
- ข. ไฮโดรเจน
- ค. คาร์บอนเตตระคลอไรด์
- ง. คาร์บอนไดออกไซด์
- จ. คาร์บอนมอนอกไซด์

๙. ออกซิเจนเป็นสารประเภทใด ?

- ก. เชื้อเพลิง
- ข. สารพิษไฟ
- ค. สารไม่ช่วยใหไฟติด
- ง. สารติดไฟ
- จ. สารช่วยใหไฟติด

๑๐. ขบวนการใดที่ไม่เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ ?

- ก. การปรุงอาหาร
- ข. การหายใจของสัตว์
- ค. การหายใจของพืช
- ง. การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง
- จ. การเน่าเปื่อยของพืชของสาร

๑๑. ถ้าขาดคาร์บอนไดออกไซด์จะมีเหตุการณ์
อะไรเกิดขึ้น ?

- ก. คนขาดอาหาร
- ข. สัตว์ขาดอาหาร
- ค. พืชขาดอาหาร
- ง. ไฟจะติดตลอดไป
- จ. คนและสัตว์มีชีวิตอยู่ได้

๑๒. ข้อใดสามารถใช้ดับไฟได้ ?

- ก. ไฮโดรเจน
- ข. คาร์บอนเตตระคลอไรด์
- ค. ไนโตรเจน
- ง. ออกซิเจน
- จ. คาร์บอนมอนอกไซด์

๑๓. ข้อใดจัดเป็นสารพิษไฟ ?

- ก. แก้ว
- ข. ยาง
- ค. อิฐ
- ง. เหล็ก
- จ. ดิน

๑๔. เพราะเหตุใดคาร์บอนไดออกไซด์จึง
ทำให้ไฟดับได้ ?

- ก. ไม่ช่วยใหไฟติด
- ข. ทำให้เชื้อเพลิงมีจุดชวาลต่ำ
- ค. ทำลายเชื้อเพลิงให้ขาดตอน
- ง. ทำให้ออกซิเจนเข้าไปไม่ถึงไฟ
- จ. ทำให้เชื้อเพลิงมีจุดชวาลสูง

๑๕. ถ้าขาดคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้คนเสียชีวิต
ได้เพราะอะไร ?

- ก. เป็นก๊าซพิษ
- ข. ทำให้ไม่มีออกซิเจนหายใจ
- ค. เป็นสารไม่ติดไฟ
- ง. ทำให้ออกซิเจนเข้าไปไม่ถึง
- จ. เป็นก๊าซที่หนักกว่าอากาศ

๑๖. ข้อใดเป็นอันตรายของสารเดียวกัน ?

ก. ถ่านหิน ถ่านโค้ก ถ่านไม้

ข. เพชร แกรไฟต์ ถ่าน

ค. น้ำ น้ำแข็ง ไอน้ำ

ง. ก๊าซธรรมชาติ ก๊าซถ่านหิน
วอเตอราก๊าซ

จ. ไยหิน กระเบื้องยาง อิฐทนไฟ

๑๗. ข้อใดไม่ใช่เป็นถ่านหิน ?

ก. แกรไฟต์

ข. แอนทราไซต์

ค. ลิกไนท์

ง. พีท

จ. ไบโอมินัส

๑๘. เปลวไฟเป็นสิ่งใดใน ๕ ข้อนี้ ?

ก. สสาร

ข. พลังงาน

ค. ก๊าซที่กำลังลุกไหม้

ง. การลุกไหม้ของสสาร

จ. ความร้อน

๑๙. ข้อความใดมีความหมายตรงที่สุดกับคำว่า
เชื้อเพลิง ?

ก. สารติดไฟได้

ข. สารติดไฟได้และให้ความร้อน

ค. สารติดไฟได้ให้ความร้อนและแสงสว่าง

ง. สารติดไฟได้ให้ความร้อนแสงสว่าง
และเปลวไฟ

จ. สารติดไฟและให้ความร้อนที่จะนำไป
ใช้ประโยชน์ได้

๒๐. เชื้อเพลิงแบ่งตามสถานะได้กี่ประเภท ?

ก. ๑

ข. ๒

ค. ๓

ง. ๔

จ. ๕

๒๑. เมื่อต้มน้ำด้วยกระดามน้ำจะเดือดแต่

กระดามยังไม่ติดไฟเพราะเหตุใด

ก. อากาศมีออกซิเจนไม่มากพอ

ข. ยังร้อนไม่ถึงอุณหภูมิที่เป็นจุดชวาล

ค. น้ำช่วยให้ไม่ติดไฟ

ง. กระดามมีจุดชวาลสูงกว่าน้ำ

จ. อากาศไม่ช่วยให้ไฟติด

๒๒. สารใดที่ใช้ทำหัวไม้ขีด ?

ก. ฟอสฟอรัสเพนตะคลอไรด์

ข. แมงกานีสคลอไรด์

ค. ฟอสฟอรัสเพนตะออกไซด์

ง. คาร์บอนเตตระคลอไรด์

จ. แมงกานีสไดออกไซด์

๒๓. ข้อใดใช้เตรียมคาร์บอนไดออกไซด์
ในห้องทดลอง ?

ก. กรด - เหล็กซัลเฟต

ข. กรด - เหล็กคลอไรด์

ค. กรด - เหล็กไนเตรต

ง. กรด - เหล็กคาร์บอเนต

จ. กรด - เหล็กฟอสเฟต

๒๔. ผลที่ได้จากการปรุงอาหารของพืชคืออะไร?

- ก. ไฮโดรเจน
- ข. ไนโตรเจน
- ค. ออกซิเจน
- ง. คาร์บอนมอนนอกไซด์
- จ. คาร์บอนไดออกไซด์

๒๕. กัมมะถันมีหลายรูปเช่นกัมมะถันรอมบิก, กัมมะถันปริสมติค เป็นต้น แต่ละรูปควรเรียกว่าอะไร ?

- ก. ผลึกของสาร
- ข. ของแข็ง
- ค. ลักษณะของสาร
- ง. รูปของสาร
- จ. ธาตุรูป

๒๖. เมื่อท่านมีก๊าซชนิดหนึ่งท่านจะทราบอย่างไรว่าก๊าซนี้คือคาร์บอนไดออกไซด์ ?

- ก. สังเกตสี
- ข. ทดกลิ่น
- ค. ทดการติดไฟ
- ง. ผ่านลงในน้ำปูนใส
- จ. ผ่านลงในออกซิเจน

๒๗. เมาไม่ในอากาศแต่ยังไม่ติดไฟแสดงว่าอะไร?

- ก. ไม่เป็นสารไม่ติดไฟ
- ข. ยังเมาร้อนไม่ถึงจุดชวาล
- ค. อากาศมีออกซิเจนไม่มากพอ
- ง. อากาศไม่ช่วยให้ติดไฟ
- จ. ไม่ไม่ใช่เชื้อเพลิง

คำชี้แจง จงใช้ตัวเลือกตั้งแต่ข้อ ก - จ

มาพิจารณาตอบคำถามข้อ ๒๔ - ๒๕

- ก. ถ่านโค้ก
- ข. ถ่านหิน
- ค. อัลกอลฮอล
- ง. ก๊าซถ่านหิน
- จ. น้ำมัน

๒๘. ข้อใดเป็นเชื้อเพลิงธรรมชาติ ?

๒๙. เชื้อเพลิงที่ได้จากการหมักน้ำตาลและเมล็ดพืช ?

๓๐. อัลกอลฮอลที่ติดไฟอย่างสมบูรณ์ทำให้เกิดอะไรขึ้น ?

- ก. คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ
- ข. เหม่าและไอน้ำ
- ค. คาร์บอนไดออกไซด์และเหม่า
- ง. คาร์บอนมอนนอกไซด์และไอน้ำ
- จ. คาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอนมอนนอกไซด์

๓๑. น้ำดับไฟได้เพราะอะไร ?

- ก. น้ำทำให้เชื้อเพลิงไม่ติดไฟ
- ข. น้ำทำลายสารติดไฟให้ขาดตอน
- ค. น้ำทำให้อุณหภูมิต่ำกว่าจุดชวาล
- ง. น้ำทำให้อุณหภูมิสูงกว่าจุดชวาล
- จ. น้ำกับออกซิเจนไม่ให้เข้าถึงกองไฟ

๔๐. เทียนไขลูกใหม่มีเปลวไฟเกิดขึ้นคือ
ส่วนไหนติดไฟ ?

- ก. ไส้เทียนไข
- ข. เทียนแข็ง
- ค. ไขเทียนไข
- ง. ออกซิเจน
- จ. คาร์บอนไดออกไซด์

๔๑. ไยหินและกระเบื้องยางเหมือนกันในข้อใด ?

- ก. เป็นสารติดไฟได้
- ข. เป็นผลึก
- ค. เป็นสารที่มีจุดหลอมสูง
- ง. เป็นสารที่ประกอบด้วยคาร์บอน
- จ. นำไฟฟ้าได้

๔๒. ก๊าซที่อยู่ในขวดน้ำอัดลมคืออะไร ?

- ก. ไฮโดรเจน
- ข. ไนโตรเจน
- ค. ออกซิเจน
- ง. คาร์บอนมอนอกไซด์
- จ. คาร์บอนไดออกไซด์

๔๓. อีฐทนไฟจัดเป็นสารทนไฟเพราะเหตุใด ?

- ก. ไม่เป็นเชื้อเพลิง
- ข. ไม่มีจุดหลอม
- ค. ไม่ช่วยให้ไฟติด
- ง. ไม่ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ
- จ. ไม่ละลายเมื่อถูกความร้อน

๔๔. ดินสอทำมาจากอะไร ?

- ก. ถ่านหิน
- ข. แกรไฟต์
- ค. ถ่านโค้ก
- ง. ถ่านไม้
- จ. แอนทราไซต์

๔๕. เมื่อเชื้อเพลิงเกิดการสันดาปไม่สมบูรณ์
จะเกิดอะไรขึ้น ?

- ก. ไฮโดรเจน
- ข. ไฮโดรคาร์บอน
- ค. คาร์บอนมอนอกไซด์
- ง. คาร์บอนไดออกไซด์
- จ. ไนโตรเจน

แบบทดสอบทัศนคติทางวิทยาศาสตร์

รายละเอียดเกี่ยวกับตัวนักเรียน

ชื่อ เลขที่ ชั้น

เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

โรงเรียน

อำเภอ จังหวัด

วิชาที่ชอบมากที่สุด

วิชาที่ชอบน้อยที่สุด

ผลการสอบวิทยาศาสตร์ประจำภาคต้น คะแนนเต็ม คะแนนสอบได้ คะแนน

ผลการสอบวิทยาศาสตร์ประจำภาคกลาง คะแนนเต็ม คะแนนสอบได้ คะแนน

คำชี้แจง

ในแบบสอบถามแต่ละข้อจะมี ☐ อยู่ข้างหน้าคำว่า เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย เฉย ๆ หรือไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง หรืออาจมีข้อความอื่นที่มีลักษณะคล้าย ๆ กัน เช่น มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด

โปรดอ่านข้อความในแบบสอบถามแต่ละข้อ แล้วพิจารณาความรู้สึกที่แท้จริงของนักเรียนเอง เขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในกรอบ ☐ ที่ตรงกับความรู้สึกของนักเรียนเพียงข้อละ ๑ คำตอบ

ตัวอย่างเช่น

๐๐. การกินน้ำสกปรกอาจเป็นเหตุหนึ่ง

ที่ทำให้เกิดโรคได้

☒ ก. เห็นด้วยอย่างยิ่ง

☐ ข. เห็นด้วย

☐ ค. ไม่แน่ใจ

☐ ง. ไม่เห็นด้วย

☐ จ. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

๐๐. นักเรียนชอบการทดลองวิทยาศาสตร์

☐ ก. มากที่สุด

☐ ข. มาก

☒ ค. ปานกลาง

☐ ง. น้อย

☐ จ. น้อยที่สุด

๑. นักเรียนอยากรู้เกี่ยวกับการทำรังของ
ปลวกมากน้อยแค่ไหน

- ☐ ก. อยากรู้มากที่สุด
- ☐ ข. อยากรู้ค่อนข้างมาก
- ☐ ค. อยากรู้พอสมควร
- ☐ ง. ไม่ค่อยอยากรู้
- ☐ จ. ไม่อยากรู้เลย

๒. ถ้าเราสงสัยสิ่งใดเราจะต้องหาคำตอบให้ได้

- ☐ ก. เห็นควยอย่างยิ่ง
- ☐ ข. เห็นควย
- ☐ ค. เฉย ๆ
- ☐ ง. ไม่เห็นควย
- ☐ จ. ไม่เห็นควยอย่างยิ่ง

๓. ทุกสิ่งทุกอย่างรอบตัวเราน่าศึกษา

- ☐ ก. มากที่สุด
- ☐ ข. มาก
- ☐ ค. ปานกลาง
- ☐ ง. น้อย
- ☐ จ. น้อยที่สุด

๔. ปกติไฟฟ้ามีอันตรายถึงตายได้ แต่ถ้าไม่มีสื่อ
ระหว่างตัวเรากับสายไฟฟ้าก็ไม่เป็นไร

- ☐ ก. เห็นควยอย่างยิ่ง
- ☐ ข. เห็นควย
- ☐ ค. ไม่แน่ใจ
- ☐ ง. ไม่เห็นควย
- ☐ จ. ไม่เห็นควยอย่างยิ่ง

๕. ถ้าพิสูจน์ได้ว่าไสยศาสตร์เป็นเรื่องจริง
นักเรียนจะเชื่อเพียงใด

- ☐ ก. เชื่อมากที่สุด
- ☐ ข. เชื่อมาก
- ☐ ค. เชื่อครึ่งไม่เชื่อครึ่ง
- ☐ ง. เชื่อบ้างเล็กน้อย
- ☐ จ. ไม่เชื่อเลย

๖. เราเชื่อกันว่าดาวเคราะห์มี ๙ ดวง แต่ถ้า
นักวิทยาศาสตร์ค้นพบอีก ๒ ดวง รวมเป็น

๑๑ ดวง นักเรียนเชื่อเพียงใด

- ☐ ก. เชื่อมากที่สุด
- ☐ ข. เชื่อมาก
- ☐ ค. เชื่อครึ่งไม่เชื่อครึ่ง
- ☐ ง. เชื่อบ้างเล็กน้อย
- ☐ จ. ไม่เชื่อเลย

๗. ปกติน้ำเดือดที่ 100° นักเรียนคนไหนสงสัยให้
ดูว่าน้ำเดือดที่ 50° นักเรียนเชื่อหรือไม่

- ☐ ก. เชื่อมากที่สุด
- ☐ ข. เชื่อมาก
- ☐ ค. เชื่อครึ่งไม่เชื่อครึ่ง
- ☐ ง. เชื่อบ้างเล็กน้อย
- ☐ จ. ไม่เชื่อเลย

๘. น้ำประปาเป็นน้ำที่สะอาด ถ้าในระยะหนึ่ง

กรมอนามัยประกาศว่า อย่าดื่มน้ำประปา
จะเป็นอันตราย นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่

- ☐ ก. เห็นด้วยอย่างยิ่ง
- ☐ ข. เห็นด้วย
- ☐ ค. ไม่แน่ใจ
- ☐ ง. ไม่เห็นด้วย
- ☐ จ. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

๙. ถ้าครูบอกว่าผิดจริง ครูเคยถูกผิดออก
มาแล้ว นักเรียนเชื่อหรือไม่

- ☐ ก. ไม่เชื่อเลย
- ☐ ข. เชื่อบ้างเล็กน้อย
- ☐ ค. เชื่อครึ่งไม่เชื่อครึ่ง
- ☐ ง. เชื่อมาก
- ☐ จ. เชื่อมากที่สุด

๑๐. เครื่องรางของขลังจะช่วยป้องกันอันตราย
ในยามคับขันได้ นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่

- ☐ ก. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
- ☐ ข. ไม่เห็นด้วย
- ☐ ค. ไม่แน่ใจ
- ☐ ง. เห็นด้วย
- ☐ จ. เห็นด้วยอย่างยิ่ง

๑๑. ชีวิตของคนจะดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับ

"ดวง" ของคนคนนั้น

- ☐ ก. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
- ☐ ข. ไม่เห็นด้วย
- ☐ ค. ไม่แน่ใจ
- ☐ ง. เห็นด้วย
- ☐ จ. เห็นด้วยอย่างยิ่ง

๑๒. เวทมนต์คาถาสามารถรักษาโรคได้
หลาย ๆ ชนิด

- ☐ ก. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
- ☐ ข. ไม่เห็นด้วย
- ☐ ค. ไม่แน่ใจ
- ☐ ง. เห็นด้วย
- ☐ จ. เห็นด้วยอย่างยิ่ง

๑๓. ถ้านักเรียนทดลองพบว่า น้ำเค็มที่ ๔๐°
ซึ่งโดยปกติแล้วน้ำจะเค็มที่ ๑๐๐°
อย่างนี้แสดงว่าการทดลองของนักเรียน
เชื่อถือไม่ได้

- ☐ ก. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
- ☐ ข. ไม่เห็นด้วย
- ☐ ค. ไม่แน่ใจ
- ☐ ง. เห็นด้วย
- ☐ จ. เห็นด้วยอย่างยิ่ง