

วัสดุ - อุปกรณ์

ลำดับ บที่	รายการ	จำนวน
1	ท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว ยาว 100 ซม.	1 เส้น
2	ริเวิร์ด dia 1/8" X 1/4"	1 ท่อ
3	ขดลวดทองแดงอาบน้ำยา เบอร์ 24	1 กิโลกรัม
4	แม่เหล็กถาวร Neodymium magnets 3/4" X 1/8" Disc rare earth N 42	10 ก้อน
5	ไม้อัดกว้าง 10 ซม. X ยาว 10 ซม. Xหนา 1 ซม.	2 แผ่น
6	ไม้อัดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 ซม.หนา 1 ซม.	1 แผ่น
7	ลวดเส้นเล็ก	1 มัด
8	น็อตเบอร์ 12 พร้อมแหวนรอง	1 ท่อ
9	สก็อตเทปดำพันขดลวด	
10	แผ่นพลาสติกหรือแผ่นอะคลิลิกรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส กว้าง 25 ซม. X ยาว 25	1 แผ่น
11	ซม. Xหนา 3 มม.	1 แผ่น
12	แผ่นพลาสติกหรือแผ่นอะคลิลิกรูปวงกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 ซม.หนา	1 แผ่น
13	3 มม.	2 อัน
14	แผ่นพลาสติกหรือแผ่นอะคลิลิกสำหรับทำแพนหาง	3 อัน
15	ท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว พร้อมข้อต่อ 3 ทาง	1 ท่อ
16	ตลับลูกปืน	1 อัน
17	สายรัดพลาสติก	1 เส้น
18	เลื่อย	1 เส้น
19	แผ่นอลูมิเนียม กว้าง 3 ซม. X ยาว 30 ซม. Xหนา 3 มม.	1 แผ่น
20	เพลาลูมิเนียมเส้นผ่านศูนย์กลาง 3/4 นิ้ว ยาว 30 ซม.	1 เส้น
21	แผ่นสังกะสีบาง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 ซม.	1 เครื่อง
22	ท่อเหล็ก 1.5 นิ้ว หนา 3 มม. ยาว 0.5 เมตร ทำโครงและเสากังหัน	1 เครื่อง
23	เครื่องวัดความเร็วลม (vane type)ดิจิตอลมัลติมิเตอร์	1 ชุด
24	ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ ที่ยี่ห้อ สว่านไฟฟ้า ดอกสว่าน ฉากเหล็ก ฟุตเหล็ก ก้อน คีมตัด กรรไกร ประแจ ไขควง ฯลฯ ชุดพันขดลวด	1 ชุด

ผลการออกแบบ

.....

.....

.....

ตารางบันทึกผลการทดสอบ

ความเร็วลม (m/s)	ความเร็วรอบ (rpm)	ความต่างศักย์ไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (mA)
0			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

สรุปผลการทดสอบ

.....

.....

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้
รายวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ 2 ว 40291 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 การทำ
โครงงานวิทยาศาสตร์
เรื่อง การปฏิบัติการโครงงานวิทยาศาสตร์ เวลา 30 ชั่วโมง
โดย
นางนฤมล ธรรมรักษ์เจริญ โรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย
สุนทร สำกำปัง โรงเรียนรัตนภูมิวิทยา

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. เตรียมสถานที่ วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และเตรียมแบบการบันทึกผลถูกต้องครบถ้วน
2. ปฏิบัติการและรวบรวมข้อมูล
3. วิเคราะห์ข้อมูล แปรผล อภิปราย และสรุป ผลการปฏิบัติการ
4. เสนอแนวทางในการทำวิจัย เพื่อขยายผลต่อไป หรือเพื่อนำไปประยุกต์ใช้

แนวความคิดหลัก

การปฏิบัติการทำโครงงานวิทยาศาสตร์เป็นขั้นที่มีความสำคัญที่นักเรียนใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อแก้ไขปัญหาในการค้นหาคำตอบของปัญหาที่สนใจ อาจเริ่มตั้งแต่การสำรวจข้อมูลเพิ่มเติม จัดเตรียมสถานที่ วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และแบบการบันทึกผล เพื่อให้สอดคล้องกับเค้าโครงของโครงงาน สามารถปฏิบัติและรวบรวมข้อมูลอย่างเป็นระบบ นำข้อมูลมาวิเคราะห์ แปรผล อภิปราย และสรุป ผลการปฏิบัติการ เพื่อขยายผลในการทำวิจัยเพิ่มเติม หรือเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ ซึ่งใช้การวิจัยเป็นกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน

กระบวนการจัดการเรียนรู้

1. ขั้นสร้างความสนใจ
ครูสอบถามเกี่ยวกับการเตรียมความพร้อมของโครงงานที่จะลงมือปฏิบัติ เช่น การเตรียม สถานที่ วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และแผนการทดลอง
2. ขั้นสำรวจและค้นหา
 - 2.1 ศึกษาขั้นตอนการดำเนินงานโครงงานวิทยาศาสตร์จากวิดิทัศน์หรือเว็บไซต์
 - 2.2 ปฏิบัติการเบื้องต้น และฝึกเทคนิคปฏิบัติการที่ต้องนำมาใช้ให้เกิดความชำนาญ
 - 2.3 ปฏิบัติการตามแผนปฏิบัติงานและขั้นตอนการดำเนินงานที่ได้ออกแบบไว้และติดตามผล อย่างใกล้ชิด
 - 2.4 บันทึกผลการปฏิบัติการ
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป
 - 3.1 นักเรียนนำเสนอผลการปฏิบัติการ
 - 3.2 อภิปรายและสรุปผลการปฏิบัติการ
4. ขั้นขยายความรู้

- 4.1 นักเรียนค้นคว้าความรู้เพิ่มเติมในสิ่งที่สนใจเพื่อขยายผลจากการวิจัย
- 4.2 นักเรียนระบุปัญหา อุปสรรค และแนวทางในการแก้ปัญหา
- 4.3 นักเรียนร่วมอภิปรายผลทางการปฏิบัติการโครงงาน เพื่อนำไปประยุกต์ใช้
5. **ขั้นประเมินผล**
 - 5.1 ประเมินนักเรียนขณะปฏิบัติโดยดูจากความสนใจ ทักษะการปฏิบัติ และความคิดสร้างสรรค์
 - 5.2 ประเมินนักเรียนจากการทำกิจกรรมโดยดูการนำเสนอหน้าชั้นเรียน
 - 5.3 นักเรียนประเมินตนเอง จากการปฏิบัติงานและการนำเสนอผลงาน

สื่อการเรียนการสอน

1. วัสดุ อุปกรณ์ ตามที่นักเรียนแต่ละคนนำเสนอ
2. วีดิทัศน์เกี่ยวกับขั้นตอนการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ และเทคนิคปฏิบัติการเบื้องต้น
3. แผ่นซีดีบันทึกโปรแกรมเพอร์เวอร์พอยต์ (ประกอบนำเสนอผลงาน)

การวัดผลและประเมินผล

1. **วิธีวัด**
 - 1.1 สังเกตพฤติกรรม
 - 1.2 สังเกตทักษะการใช้เครื่องมือขณะทำการทดลอง
 - 1.3 สังเกตการนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน
2. **เครื่องมือวัด**
 - 2.1 แบบประเมินพฤติกรรม
 - 2.2 แบบประเมินทักษะการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์
 - 2.3 แบบประเมินการรายงานหน้าชั้นเรียน
3. **เกณฑ์การประเมิน**

ได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไปถือว่าผ่านเกณฑ์

แหล่งเรียนรู้

1. ห้องสมุด
2. อินเทอร์เน็ต เช่น เว็บไซต์ www.scienceproject.com, www.google.com

การวิเคราะห์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม ไฟฟ้าเพื่อชีวิต

จัดทำโดย

พรวิทย์ โกศลศิริศักดิ์ โรงเรียนศรีสะเกษ

อรรณพ แก้วพิบูลย์ โรงเรียนธรรมโมสิต

สาระ/มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้
สาระที่ 5 พลังงาน มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	1. สืบค้น อธิบาย ความหมายและความสำคัญของพลังงาน	1. พลังงานคือความสามารถในการทำงานได้ 2. สิ่งมีชีวิตมีความจำเป็นต้องใช้พลังงานในการดำรงชีวิตตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน
	2. สืบค้น อธิบาย เกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้า	1. การใช้พลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่จะใช้ผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้า 2. ค่าของพลังงานไฟฟ้าที่ถูกใช้ไปเรียกว่า กำลังไฟฟ้า 3. การผลิตกระแสไฟฟ้าได้จากแหล่งพลังงานที่หลากหลายเช่นพลังงานจากลม คลื่น แก๊สธรรมชาติ ความร้อนใต้พิภพ
	3. สืบค้นข้อมูล นำเสนอ การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า	1. พลังงานมีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตและพัฒนาการทางด้านวิทยาศาสตร์ จึงจำเป็นต้องใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพที่สุดและมีจิตสำนึกในการอนุรักษ์พลังงาน 2. วิธีการในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานให้มีประสิทธิภาพ ยั่งยืนและต่อเนื่อง ประกอบด้วย การกำหนดนโยบายและเป้าหมาย การจัดตั้งองค์กรด้านการอนุรักษ์พลังงานและกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบ การวิเคราะห์พลังงานเพื่อหาศักยภาพในการอนุรักษ์พลังงาน และการหามาตรการการอนุรักษ์พลังงาน
	4. ศึกษาการใช้งานและบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้า	1. หลักการใช้งานและบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้าแบ่งออกเป็น 1.1 ระบบปรับอากาศ 1.2 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง 1.3 อุปกรณ์สำนักงานในอาคาร

สาระ/มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้
	5. ศึกษาและคำนวณค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า	1. การคำนวณค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า 1.1 อัตราค่าไฟฟ้า 1.2 โครงสร้างพื้นฐานในการเก็บและคำนวณค่าไฟฟ้า 1.3 การคำนวณหาค่าไฟฟ้า
	6. จัดทำโครงการสิ่งประดิษฐ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า	1. นำความรู้ที่ได้รับมาจัดทำเป็นโครงการสิ่งประดิษฐ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า

คำอธิบายรายวิชา

สาระเพิ่มเติมไฟฟ้าเพื่อชีวิต

ศึกษา วิเคราะห์ ความหมาย ความสำคัญของพลังงาน พลังงานไฟฟ้า การอนุรักษ์พลังงาน หลักการใช้และการบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้า การคำนวณค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน นำเสนอโครงการสิ่งประดิษฐ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การวิเคราะห์ข้อมูลการสังเกต การสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย การอภิปราย สรุปและนำเสนอข้อมูลความรู้

เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ ที่ชัดเจนถูกต้อง สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจ นำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

ตัวชี้วัด

1. สืบค้น อธิบาย ความหมายและความสำคัญของพลังงาน
2. สืบค้น อธิบายเกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้า
3. สืบค้นข้อมูล นำเสนอการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า
4. ศึกษาการใช้งานและบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้า
5. ศึกษาและคำนวณค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า
6. จัดทำโครงการสิ่งประดิษฐ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า

หน่วยการเรียนรู้สาระเพิ่มเติม
รายวิชาไฟฟ้าเพื่อชีวิต
เวลา 40 ชั่วโมง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2

หน่วยการเรียนรู้ที่	ชื่อหน่วย	เวลา (ชั่วโมง)
1	ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพลังงาน 1.1 ความหมาย 1.2 ความสำคัญ 1.3 ประเภทของพลังงาน	6
2	พลังงานไฟฟ้า 2.1 แหล่งกำเนิดพลังงาน	4
3	การอนุรักษ์พลังงาน 3.1 จิตสำนึกในการอนุรักษ์พลังงาน 3.2 วิธีดำเนินการด้านการอนุรักษ์พลังงาน	4
4	หลักการใช้งานและบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้า 4.1 ระบบปรับอากาศ 4.2 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง 4.3 อุปกรณ์สำนักงานในอาคาร	10
5	การคำนวณค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า	6
6	โครงการสิ่งประดิษฐ์	6
	สอบกลางภาค	2
	สอบปลายภาค	2
	รวม	40

แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ก๊าซชีวภาพพลังงานครัวเรือนในอนาคต
โดย นางสาวจุรีรัตน์ ช่วยเจริญ
โรงเรียนวัดชุมประดิสร์

1.สาระการเรียนรู้

- อาชีพในท้องถิ่น
- วัสดุเหลือทิ้งในชุมชนเช่น ฟางข้าว มูลโค เศษอาหาร น้ำเสีย อื่นๆ
- ความหมายของก๊าซชีวภาพ
- กระบวนการหมักแบบไร้ออกซิเจน
- กระบวนการเกิดก๊าซมีเทน
- คุณสมบัติหรือparameter ต่าง ๆของระบบหมักก๊าซชีวภาพ
- ประโยชน์/ข้อดีของก๊าซชีวภาพ และการพัฒนา
- การทดลองหมักก๊าซชีวภาพและการศึกษาระบบหมักในชุมชน

2.วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนได้สำรวจอาชีพในท้องถิ่น
2. เพื่อให้นักเรียนสำรวจวัสดุเหลือทิ้งในชุมชน
3. เพื่อให้นักเรียนเข้าใจความหมายของก๊าซชีวภาพ
4. เพื่อให้นักเรียนเรียนรู้การหมักแบบไร้ออกซิเจน
5. เพื่อให้นักเรียนเข้าใจและสามารถอธิบายกระบวนการเกิดก๊าซมีเทน
6. เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้คุณสมบัติหรือ parameter ต่าง ๆของน้ำที่เกิดจากการหมักก๊าซชีวภาพ
7. เพื่อให้นักเรียนทราบถึงประโยชน์/ข้อดีของก๊าซชีวภาพและแนวทางการพัฒนา
8. เพื่อให้นักเรียนได้ทำการทดลองหมักก๊าซชีวภาพเพื่อดูปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นรวมถึง parameter ต่างๆ

3. ระดับและมาตรฐานการเรียนรู้

ระดับที่ 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

มาตรฐานการเรียนรู้ที่ ว 2.1 เข้าใจสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่างๆในระบบนิเวศ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐานการเรียนรู้ที่ ว.2.2 เข้าใจความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้ทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่น ประเทศและโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยา

ศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

4. กิจกรรมการเรียนรู้

คาบที่ 1 เรื่องที่ 1 เพื่อสำรวจอาชีพในท้องถิ่น

ขั้นนำ

- ครูตั้งคำถามกับนักเรียนว่าในชุมชนของพวกเรามีการประกอบอาชีพอะไรบ้าง
- นักเรียนช่วยกันตอบ

ขั้นสอน

- ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนเป็น 5 กลุ่ม โดยใช้การจับฉลาก
- ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันระดมความคิดเกี่ยวกับอาชีพในชุมชนโดยมีหัวข้อดังนี้ อาชีพ ขั้นตอนการประกอบอาชีพ สิ่งที่ได้จากการประกอบอาชีพ วัสดุ ของเสียที่เหลือจากการประกอบอาชีพ
- ครูสุ่มให้ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอ

ขั้นสรุป

- ครูสรุปเนื้อหาที่สอนร่วมกันกับนักเรียน
- ครูมอบหมายให้นักเรียนแต่ละกลุ่มไปสำรวจอาชีพในชุมชนของนักเรียนเพื่อมานำเสนอกลุ่มละ 5 นาทีในคาบต่อไป

คาบที่ 2 เรื่องที่ 2 เพื่อสำรวจวัสดุเหลือทิ้งในชุมชน

ขั้นสอน

- ครูทบทวนเรื่องที่เรียนเมื่อคาบที่ผ่านมา
- ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอข้อมูลที่ได้สำรวจมากลุ่มละประมาณ 5 นาที
- เมื่อนักเรียนนำเสนอข้อมูลเสร็จแล้วครูตั้งคำถามต่อว่าวัสดุเศษเหลือที่เกิดขึ้นจากการประกอบอาชีพยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์อะไรได้อีกบ้าง
- ครูอธิบายต่อว่าวัสดุเศษเหลือ เช่น ฟางข้าว มูลโค เศษอาหาร และอื่นๆ นั้นหากเราไม่จัดการอย่างถูกวิธีก็จะก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมในชุมชนของเรา
- ครูตั้งคำถามว่าวัสดุเศษเหลือเหล่านี้สามารถนำไปทำอะไรได้อีกบ้าง
- นักเรียนช่วยกันตอบ

ขั้นสรุป

- ครูสรุปว่าวัสดุเศษเหลือเหล่านี้สามารถนำไปสร้างให้เกิดประโยชน์ได้อีกมากมาย ตัวอย่างสำคัญคือการนำไปทำก๊าซชีวภาพ และครูจะอธิบายต่อในคาบเรียนต่อไป

คาบที่ 3 เรื่องที่ 3 เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับก๊าซชีวภาพ

ขั้นนำ

- ครูตั้งคำถามกับนักเรียนว่าใครมีความรู้เกี่ยวกับ ก๊าซชีวภาพ บ้าง
- นักเรียนช่วยกันตอบ

ขั้นสอน

- ครูให้นักเรียนจับคู่กัน 2 คน และตั้งคำถามกับนักเรียนว่าร่างกายเราผายลมได้อย่างไร และเกิดกลิ่นได้อย่างไร ให้นักเรียนช่วยกันคิดหาคำตอบ
- ครูสุ่มเรียกนักเรียนให้ตอบคำถาม
- ครูอธิบายเรื่องการผายลมให้นักเรียนฟัง
- ครูอธิบายเปรียบเทียบการผายลมกับการเกิดก๊าซชีวภาพ
- ครูอธิบายการเกิดก๊าซชีวภาพให้นักเรียนฟัง(เอกสารประกอบ)

ขั้นสรุป

- ครูสรุปเรื่องการเกิดก๊าซชีวภาพร่วมกับนักเรียน

คาบที่ 4 เรื่อง 4 กระบวนการหมักแบบไร้อากาศ

ขั้นนำ

- ครูตั้งคำถามกับนักเรียนเกี่ยวกับการผายลมว่าเกิดขึ้นอย่างไร และมีอะไรเกิดขึ้นบ้าง
- นักเรียนช่วยกันตอบความรู้เดิมที่เรียนมาแล้ว

ขั้นสอน

- ครูอธิบายเกี่ยวกับการผายลมให้นักเรียนฟังอีกครั้งหนึ่ง
- ครูอธิบายกระบวนการหมักแบบไร้ออกซิเจน ซึ่งก่อให้เกิดก๊าซมีเทน ซึ่งสามารถนำก๊าซนั้นมาใช้ได้อย่างไรโดยให้ดูรูปประกอบ(อาจเป็นเอกสาร หรือ Power point จากการที่มามาทำวิจัย)
- ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัยเกี่ยวกับกระบวนการหมักแบบไร้อากาศ

ขั้นสรุป

- ครูสุ่มเรียกนักเรียนให้สรุปเรื่องกระบวนการหมักแบบไร้อากาศให้เพื่อนๆฟัง โดยมีครูเป็นผู้ช่วย

คาบที่ 5 เรื่องที่ 5 การเกิดก๊าซมีเทน

ขั้นนำ

- ครูตั้งคำถามกับนักเรียนว่าวันนี้ใครผลิตก๊าซชีวภาพแล้วบ้างแล้วก๊าซชีวภาพนั้นเกิดจากส่วนผสมใดบ้าง

ขั้นสอน

- ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มเป็นกลุ่มละ 5-6 คน โดยใช้การจับฉลาก
- ครูให้นักเรียนร่วมกันศึกษาข้อมูลในหนังสือและเชื่อมโยงความรู้จากคาบเรียนที่ผ่านมาถึงกระบวนการเกิดก๊าซมีเทน และส่งตัวแทนออกมานำเสนอกลุ่มละ 1 คน
- ครูให้นักเรียนดูภาพระบบหมักก๊าซชีวภาพ และอธิบายการเกิดก๊าซชีวภาพ

ขั้นสรุป

- ครูร่วมกันสรุปเรื่องการเกิดก๊าซมีเทนกับนักเรียน

คาบที่ 6 เรื่องที่ 6 เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้คุณสมบัติหรือ parameter ต่างๆของน้ำที่
เกิดจากการหมักก๊าซชีวภาพ

ขั้นนำ

- ครูตั้งคำถามกับนักเรียนว่า นักเรียนทราบหรือไม่ว่าการหมักก๊าซชีวภาพนั้นเราจะต้องมีการทดสอบหรือสังเกตอะไรได้บ้าง
- นักเรียนช่วยกันตอบ

ขั้นสอน

- ครูสุ่มเรียกนักเรียน 2 คน แล้วตั้งคำถามคนละคำถาม ดังนี้
 1. นักเรียนทราบได้อย่างไรว่าน้ำที่ดื่มั้นสะอาด
 2. หากเราจะพิจารณาว่าสิ่งใดว่าดีหรือไม่ดีนั้น เรามีเกณฑ์ในการพิจารณาอย่างไรบ้าง(ให้นักเรียนยกตัวอย่างสิ่งที่พิจารณาเอง)
- นักเรียนตอบตามความคิดเห็นของตัวเอง
- เมื่อนักเรียนตอบแล้ว ครูเชื่อมโยงไปยังเรื่องก๊าซชีวภาพ ว่า ในส่วนของการพิจารณาประสิทธิภาพหรือคุณสมบัติของการหมักก๊าซชีวภาพก็เช่นกันต้องมีการพิจารณาคุณสมบัติต่างๆซึ่งได้แก่ pH ค่าอัลคาไลน์ดี ค่า TS ค่า VS และครูอธิบายให้นักเรียนรู้จักค่าต่างๆ เหล่านี้
- ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มเป็นกลุ่มละ 5-6 คน โดยไม่ซ้ำกับกลุ่มเดิม(2 ครั้งที่ผ่านมา)และให้ช่วยกันเลือกวัสดุที่จะนำมาหมักก๊าซชีวภาพในอีก 2 สัปดาห์ข้างหน้า และให้ส่งรายชื่อพร้อมรายละเอียดเกี่ยวกับวัสดุหมักในคาบต่อไป

ขั้นสรุป

- ครูสรุปเรื่องคุณสมบัติของการหมักก๊าซชีวภาพให้นักเรียนฟังและสั่งให้แต่ละกลุ่มหาข้อมูลเกี่ยวกับประโยชน์ของก๊าซชีวภาพเพื่อนำมาแลกเปลี่ยนกันในคาบถัดไป

คาบที่ 7 เรื่องที่ 7 ประโยชน์/ข้อดีของก๊าซชีวภาพและการพัฒนา

ขั้นสอน

- ครูให้ตัวแทนกลุ่มละ 1 คนนำเสนอข้อมูลที่ได้ไปศึกษาค้นคว้ามา
- ครูอธิบายเพิ่มเติมให้นักเรียนทราบถึงประโยชน์/ข้อดีของก๊าซชีวภาพ
- ครูให้นักเรียนส่งรายชื่อและแจ้งให้นักเรียนเตรียมหาวัสดุหมักทำก๊าซชีวภาพ เพื่อนำมาในคาบเรียนถัดไป

ขั้นสรุป

- ครูสรุปเนื้อหาให้นักเรียนฟังอีกครั้งหนึ่ง

คาบที่ 8-10 เรื่องที่ 8 การทดลองหมักก๊าซชีวภาพและการศึกษาระบบหมักในชุมชน

ขั้นนำ

- ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันเตรียมอุปกรณ์เพื่อทำการทดลองหมักก๊าซชีวภาพ

ขั้นสอน

- ครูอธิบายขั้นตอนการหมักก๊าซชีวภาพโดยใช้อุปกรณ์ต่างๆ
- นักเรียนสร้างระบบหมักก๊าซชีวภาพของแต่ละกลุ่ม

-ครูมอบหมายให้นักเรียนแต่ละกลุ่มวัดปริมาณก๊าซของระบบหมักในทุกๆวัน เป็นเวลาประมาณ 2 สัปดาห์

- ครูตรวจข้อมูลของแต่ละกลุ่มในอีก 2 สัปดาห์ที่เหลือ

ขั้นสรุป

-ครูสรุปเรื่องการหมักก๊าซชีวภาพในภาพรวมตั้งแต่คาบที่ 1 จนถึงคาบสุดท้าย

แผนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

เรื่องสารในชีวิตประจำวัน

โดย นางกาญจนา มณีรัศยากร

สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว. 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว. 3.2 เข้าใจหลักการของธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงลักษณะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยาเคมี มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น

1. สำรวจ ตรวจสอบ วิเคราะห์ เปรียบเทียบ และอธิบายสมบัติต่าง ๆ ของสารเป็นกลุ่มโดยใช้สถานะหรือเกณฑ์อื่นที่กำหนด
2. สำรวจ ตรวจสอบ อภิปรายจัดจำแนกประเภทของสารต่าง ๆ ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน สมบัติและการนำสารแต่ละประเภทไปใช้ประโยชน์ สามารถเลือกใช้สารเหล่านี้ ได้อย่างถูกต้อง และปลอดภัย
3. สำรวจ ตรวจสอบ อภิปรายและอธิบายวิธีการแยกสารบางชนิดที่ผสมกันโดยการร่อน การตกตะกอน การกรอง การระเหิด หรือการระเหยแห้ง
4. สังเกต สำรวจ ตรวจสอบ อภิปรายสมบัติของสาร เมื่อสารเกิดการเปลี่ยนแปลง เป็นสารละลาย เปลี่ยนสถานะและเกิดสารใหม่ วิเคราะห์และอธิบายได้ว่า การเปลี่ยนแปลงใดทำให้สมบัติของสารเปลี่ยนแปลง รวมทั้งตระหนักว่าการทำให้สารเกิดการเปลี่ยนแปลง อาจก่อให้เกิดผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

1. ทดลอง วิเคราะห์ เปรียบเทียบ และอธิบายสมบัติของสาร ในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊ส (ว.3.1.2)
2. จำแนกประเภทของสาร โดยใช้สถานะหรือเกณฑ์อื่น (ว.3.1.2)
3. ทดสอบและอธิบายการแยกสาร ด้วยวิธีการร่อน การกรอง การทำให้ตกตะกอน การระเหิด หรือการระเหยแห้ง (ว.3.1.3)

4. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และจัดประเภทของสารต่าง ๆ ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ตามสมบัติ และการนำไปใช้ประโยชน์(ว.3.1.4)
5. สืบค้นข้อมูล อธิบายและเลือกใช้สารในชีวิตประจำวันอย่างถูกต้อง และปลอดภัย(ว.3.1.4)
6. ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับสมบัติของสาร เมื่อสารเปลี่ยนแปลงสถานะเกิดการละลาย และเกิดสารใหม่(ว.3.2.1)
7. วิเคราะห์และอธิบาย สิ่งที่ทำให้เกิดสมบัติของสารเกิดการเปลี่ยน (ว.3.2.1)
8. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ และเสนอแนะการป้องกันอันตรายที่เกิด จากการเปลี่ยนแปลงของสารที่มีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม (ว.3.2.1)

สาระการเรียนรู้

1. การสังเกต การทดลอง และการอภิปรายสมบัติของสารในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊ส
2. การเปรียบเทียบ และการจำแนกประเภทของสารโดยใช้สถานะหรือเกณฑ์อื่นๆ
3. การทดลอง และการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการแยกสารด้วยวิธีการร่อน การตกตะกอน การระเหิด หรือการระเหยแห้ง
4. การสืบค้นข้อมูลและการอภิปรายประเภทของสารที่ใช้ในชีวิตประจำวันตามสมบัติ และการนำไปใช้ประโยชน์
5. การอภิปรายวิธีการเลือกใช้สารในชีวิตประจำวันอย่างถูกต้องและปลอดภัย
6. การทดลองเกี่ยวกับสมบัติของสาร เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลง เกิดการละลาย และเกิดเป็นสารใหม่
7. การอภิปรายการเปลี่ยนแปลงของสาร และการป้องกันอันตราย ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของสารต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม

แผนการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
เรื่อง ก๊าซชีวภาพ เวลา 10 ชั่วโมง

เนื้อหาสาระ	จุดประสงค์การเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	วัดผลประเมินผล	สื่อการเรียนรู้	เวลา ชม.
น้ำเสียในชุมชน	เพื่อสำรวจและ จำแนกสารที่อยู่ รอบๆ ตัวเรา	1.จัดกลุ่มนักเรียน กลุ่มละ 3-4 คนระดม ความคิด 2.สำรวจแหล่งน้ำเสีย ที่มีอยู่ในชุมชน บันทึกผลการสำรวจ และเก็บตัวอย่างน้ำ เสีย 3.นำผลการสำรวจมา อภิปรายถึงผลที่ได้รับ จากน้ำเสียและ สรุปผลร่วมกันในชั้น เรียน	1. กระบวนการ ปฏิบัติงาน 1.1 ทักษะการ สังเกตและการ สำรวจ 1.2 การตอบ คำถาม 1.3 บันทึกผลการ สำรวจ 2. ผลงาน 2.1 ความถูกต้อง ของข้อมูลที่สำรวจ ได้ 2.2 รายงานผล การสำรวจ	แหล่งน้ำเสียใน ชุมชน	2
ก๊าซชีวภาพจาก ไบโกลัม -หมักชีเสจาก ไบโกลัม, กากน้ำตาล -ไบโอแก๊สจาก ชีเสขังตัน	1.เพื่อให้นักเรียน ออกแบบ ทดลอง การผลิตก๊าซ ชีวภาพโดยการ หมักชีเส	1.ร่วมกันอภิปรายผล ที่ได้จากการผลิตก๊าซ ชีวภาพระหว่างไบ โกลัมสดกับการหมัก ชีเส โดย กากน้ำตาล 2.ให้นักเรียนได้ทำ การหมักชีเสไบ โกลัมและกากน้ำตาล หมักไว้เป็นเวลา 2 สัปดาห์เพื่อ เปรียบเทียบผลการ ผลิตก๊าซชีวภาพ ต่อไป	1.กระบวนการ ปฏิบัติงาน 1.1ทักษะการ สังเกต ทดลอง 1.2ตอบคำถาม 1.3การบันทึก 2.ผลงาน 2.1ความถูกต้อง ของผลการทดลอง 2.2รายงานผลการ ทดลอง	1.ไบโกลัม 2.กากน้ำตาล 3.น้ำกลั่น 4.ถุงพลาสติก	1

เนื้อหาสาระ	จุดประสงค์การเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	วัดผล ประเมินผล	สื่อการเรียนรู้	เวลา ชม.
การผลิตก๊าซชีวภาพ -จากไบโपाल์มสด -ไซเลสไบโपाल์ม -เศษอาหาร -มันสำปะหลัง -ข้าวโพด	1.เพื่อศึกษาวิเคราะห์หรืออธิบายสิ่งที่ทำให้เกิดก๊าซ 2.เพื่อออกแบบการทดลองการหมักแบบไร้อากาศ 3.เพื่อศึกษาความแตกต่างของวัสดุต่างๆ ที่สามารถใช้ในการผลิตก๊าซ	1.ให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงของเสียและวัสดุในท้องถิ่นที่จะนำมาผลิตก๊าซชีวภาพ โดยศึกษาข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต แล้วนำมาวิเคราะห์ถึงความเหมาะสม 2.แบ่งกลุ่มนักเรียน กลุ่ม กลุ่มละ 3-4 คน เพื่อทำการผลิตก๊าซชีวภาพ จากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น -ไบโपाल์ม -มันสำปะหลัง -มูลสุกร -เศษอาหาร 3.ให้แต่ละกลุ่มศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลและออกแบบการทดลอง	1.กระบวนการปฏิบัติงาน 1.1ทักษะการสังเกตและการทดลอง 1.2การตอบคำถาม 1.3บันทึกผลการทดลอง 2.ผล 2.1ความถูกต้องผลการทดลอง 2.2รายงานผลการทดลอง	1.เศษวัสดุทางการเกษตร ไบโपाल์ม กากน้ำตาล และมูลสุกร 2.ถุงพลาสติก ขนาด 10×12 นิ้ว 3.ผืนผ้าใบ 4.มีดสับ 5.ขวดน้ำเกลือ ขนาด 1 ลิตร 6.พลาฟิล์ม 7.สายยางซิลิโคน 8.เข็มฉีดยา 9.จุกคออร์ก 10.กระดาด ลิสมีส 11.ถังพลาสติก 12.กรวย	7

เนื้อหาสาระ	จุดประสงค์การเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	วัดผล ประเมินผล	สื่อการเรียนรู้	เวลา ชม.
		4.ทำการทดลองผลิตก๊าซชีวภาพด้วยระบบไร้อากาศโดยใช้ -เศษอาหาร -มันสำปะหลัง -ข้าวโพด -ไบปาล์มหมักไซเลส -ไบปาล์มสด ซึ่งในการหมักจะใช้มูลสุกรเป็นตัวร่วมเร่งให้เกิดก๊าซในอัตรา 1:1 น้ำ 3ส่วน โดยให้มีความเป็นด่างคงที่ ตัวอย่างละ 2 ชั่วโมง 5.ทำการวัดปริมาณโดยการแทนที่ของน้ำเป็นเวลา 2 สัปดาห์ เพื่อหาก๊าซที่เกิดขึ้นของตัวอย่างแต่ละตัวและหาค่าเฉลี่ย 6.สรุปผลการทดลองเพื่อหาคุณภาพของวัสดุที่จะทำให้เกิดก๊าซมากที่สุด และเหมาะสมที่สุด			

หน่วยการเรียนรู้การเกิดก๊าซชีวภาพ

กลุ่มสาระการเรียนรู้ที่นำมาบูรณาการร่วมกัน

โดยนางสาวอัฟเสาะ หลีกกันชะ

โรงเรียนบ้านม่วงงาม

1. กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
2. กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา

สาระการเรียนรู้

1. สิ่งแวดล้อม
2. พลังงานทดแทน
3. การเรียนรู้ชุดทดลองการเกิดก๊าซชีวภาพ
 - องค์ประกอบก๊าซชีวภาพ
 - ความหมาย ความสำคัญ
 - การเกิดก๊าซชีวภาพ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนรู้จักสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อชีวิตมนุษย์และเห็นคุณค่าของสิ่งแวดล้อมเพื่อนำไปสู่การอนุรักษ์และให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืนต่อไป
2. เพื่อให้นักเรียนเห็นคุณค่าของพลังงานทดแทนและสามารถนำความรู้ไปวิเคราะห์สังเคราะห์ได้
3. เพื่อให้นักเรียนสามารถเข้าใจและเรียนรู้ปฏิบัติการการเกิดก๊าซชีวภาพ
4. เพื่อให้นักเรียนสามารถต่อยอดการสร้างองค์ความรู้เกี่ยวกับพลังงานทดแทนได้

การจัดแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการเรียนรู้เรื่อง การเกิดก๊าซชีวภาพ

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ชั้น ประถมศึกษาปีที่ 3

ภาคเรียนที่ 1

เวลา ชั่วโมง

โรงเรียนบ้านม่วงงาม

มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

มาตรฐานการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

มาตรฐาน ว ๒. ๑ เข้าใจสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และจิตวิทยาศาสตร์สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว ๒.๒ เข้าใจความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้ทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลกนำความรู้ไปใช้ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

มาตรฐาน ว ๕. ๑ เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา

มาตรฐาน ส.๓.๑ เข้าใจและสามารถบริหารจัดการทรัพยากรในการผลิตและการบริโภคการใช้ ทรัพยากรที่มีอยู่จำกัดได้อย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่า รวมทั้งเข้าใจ หลักการของเศรษฐกิจพอเพียง เพื่อการดำรงชีวิตอย่างมีดุลยภาพ

มาตรฐาน ส ๕.๒ เข้าใจปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับสภาพแวดล้อมทางกายภาพที่ ก่อให้เกิดการสร้างสรรค์วัฒนธรรม มีจิตสำนึก และมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน

ตัวชี้วัด

1. สำรวจสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นของตนและอธิบายความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิต กับสิ่งแวดล้อม
2. สำรวจทรัพยากรธรรมชาติ และอธิบายการใช้ทรัพยากร ธรรมชาติในท้องถิ่น
3. ระบุการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ที่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม ในท้องถิ่น
4. อภิปรายและนำเสนอการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ อย่างประหยัด คุ้มค่า และมีส่วนร่วม ในการปฏิบัติ
5. บอกแหล่งพลังงานธรรมชาติที่ใช้ผลิตไฟฟ้าและเชื้อเพลิง
6. อธิบายความสำคัญของพลังงานและ เสนอวิธีการใช้อย่างประหยัดและปลอดภัย

สาระการเรียนรู้

- สิ่งแวดล้อมหมายถึง สิ่งที่อยู่รอบ ๆ ตัวเรามีทั้งสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต สิ่งมีชีวิตมีความสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมทั้งกับสิ่งมีชีวิตด้วยกันและกับสิ่งไม่มีชีวิต
- มนุษย์ใช้ทรัพยากรธรรมชาติในท้องถิ่นเพื่อ ประโยชน์ต่อการดำรงชีวิต
- มนุษย์นำทรัพยากรธรรมชาติมาใช้อย่างมากมายจึงส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น
- มนุษย์ต้องช่วยกันดูแลและรู้จักใช้ ทรัพยากรธรรมชาติอย่างประหยัดและคุ้มค่า เพื่อให้มีการใช้ได้นานและยั่งยืน
- การผลิตไฟฟ้าใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานธรรมชาติ ซึ่งบางแหล่งเป็นแหล่งพลังงานที่มีจำกัด เช่น น้ำมัน แก๊สธรรมชาติ บางแหล่งเป็นแหล่งพลังงานที่หมุนเวียน เช่น น้ำ ลม
- พลังงานทดแทน
- ก๊าซชีวภาพเป็นพลังงานเชื้อเพลิง
- การเกิดก๊าซชีวภาพ
- วัสดุที่ทำให้เกิดก๊าซชีวภาพ
- เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของก๊าซชีวภาพ

ทักษะกระบวนการ

- กระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- การสืบเสาะหาความรู้
- ทักษะกระบวนการคิด
- กระบวนการกลุ่ม

ชิ้นงานและภาระงาน

1. สำรวจสิ่งแวดล้อมที่โรงเรียนและชุมชน
2. วาดภาพระบายสีสิ่งแวดล้อมจากการสำรวจ
3. ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับพลังงานธรรมชาติ พลังงานทดแทน
4. ศึกษาชุดการทดลองการเกิดก๊าซชีวภาพ
 - บันทึกผลการทดลอง
 - สรุปความรู้ที่ได้
 - เสนอแนะแนวทางการนำไปใช้ประโยชน์

กิจกรรม

กิจกรรมที่ 1 ให้นักเรียนสังเกตสิ่งแวดล้อมบริเวณโรงเรียนและชุมชน บันทึกผลการสังเกต

กิจกรรมที่ 2 นักเรียนแยกสิ่งแวดล้อมที่สำรวจมาแล้วได้ว่าสิ่งใดเป็นสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่มนุษย์สร้างขึ้น บันทึกผลการสำรวจ ด้วยการวาดภาพระบายสี

กิจกรรมที่ 3 ศึกษาเกี่ยวกับพลังงานธรรมชาติ พลังงานทดแทน โดยการค้นคว้า สอบถามหรือพูดคุยจากแหล่งการเรียนรู้ที่ครูเสนอแนะไว้ให้

กิจกรรมที่ 4 เสนอแนวทางในการศึกษาการเกิดก๊าซชีวภาพจากชุดทดลอง โดยให้นักเรียนเป็นผู้ร่วมคิดออกแบบในการทำชุดทดลองเพื่อใช้ศึกษา โดยครูนำรูปแบบที่มีความหลากหลายมาให้นักเรียนดูเป็นตัวอย่าง

กิจกรรมที่ 5 นักเรียนศึกษาการเกิดก๊าซชีวภาพจากชุดทดลอง ทำการบันทึกผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง

กิจกรรมที่ 6 นำเสนอความรู้ที่ได้จากการสรุปเพื่อต่อยอดความรู้ไปสู่การนำไปใช้ประโยชน์

การประเมินผล

1. ประเมินตามสภาพจริง
 - 1.1 สังเกตการณ์ทำกิจกรรมของนักเรียน
 - 1.2 รายงานผลการทำกิจกรรมของนักเรียน
2. ตรวจผลงาน
3. ตรวจแบบฝึกหัด

สื่อการเรียนรู้

1. สิ่งแวดล้อมที่โรงเรียนและชุมชน
2. สื่อสิ่งพิมพ์
3. แหล่งเรียนรู้ด้านพลังงาน
4. ชุดการทดลองการเกิดก๊าซชีวภาพ
5. แบบบันทึกผลการทดลอง
6. เอกสารประกอบการเรียนการสอน

การออกแบบหน่วยการเรียนรู้
โดย นางตรุณี นวลศรี
โรงเรียนบ้านบางโหนด

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
 ชื่อหน่วยการเรียนรู้ ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

ชั้น ประถมศึกษาปีที่ 2
 เวลา 2 ชั่วโมง

1. สาระ ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

2. มาตรฐานการเรียนรู้

ว 2.2 : เข้าใจความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิต และดูแลสิ่งมีชีวิตของตนเอง

3. มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น

มาตรฐาน ว 2.2

1. สืบค้นข้อมูล อภิปรายและอธิบายการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ปัญหาของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น

2. อภิปรายและนำเสนอวิธีการต่าง ๆ ในการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างประหยัด คุ่มค่า และมีส่วนร่วมในการปฏิบัติ

4. เป้าหมายการเรียนรู้ (Learning Goals)

4.1 ความเข้าใจที่คงทนหรือคำถามรวบยอด

สำรวจ สืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับทรัพยากรธรรมชาติในท้องถิ่น สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นให้ยั่งยืนได้อย่างไร

4.2 ความรู้และทักษะเครื่องมือวิชา (สาระ)

4.2.1 ทักษะกระบวนการคิดและจินตนาการ

4.2.2 ทักษะกระบวนการกลุ่ม

4.2.3 ทักษะการสืบเสาะหาความรู้

4.2.4 ทักษะการพูด

4.2.5 ทักษะการเขียน

4.3 ความรู้และทักษะเฉพาะวิชา (สาระ)

- ความสัมพันธ์ของสิ่งแวดล้อม

จุดประสงค์การเรียนรู้ : บอกความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อมได้

- ทรัพยากรธรรมชาติ

จุดประสงค์การเรียนรู้ : บอกปัญหาการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ และการทำลาย
สิ่งแวดล้อมและเสนอแนะวิธีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างประหยัดได้

- ประโยชน์ของทรัพยากรธรรมชาติ

จุดประสงค์การเรียนรู้ : บอกประโยชน์ของทรัพยากรและอนุรักษ์
ทรัพยากรธรรมชาติได้

- ปัญหาทรัพยากรธรรมชาติ

จุดประสงค์การเรียนรู้ : บอกการกระทำที่เป็นสาเหตุของการทำลาย
ทรัพยากรธรรมชาติและผลที่เกิดจากการทำลายทรัพยากรธรรมชาติได้

- การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ

จุดประสงค์การเรียนรู้ : อธิบายวิธีการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติได้

4.4 จิตพิสัย

4.1 การมีความสุขในการเรียนรู้

4.2 มีความรับผิดชอบต่องานและส่วนรวม

4.3 มีจิตวิทยาศาสตร์

สาระการเรียนรู้กลุ่มไบโอดีเซล
การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบที่บรวมน้ำมันด้วยปฏิกิริยา 2 ขั้นตอน
นางสุธิภา หมีนชนะ โรงเรียนการเคหะท่าทราย เขตหลักสี่ จังหวัดกรุงเทพมหานคร
นางสาวบุเรียม พรหมปลัด ครูชำนาญการ โรงเรียนงหราพิชากร อำเภอกงหรา จังหวัดพัทลุง

โครงการเกี่ยวกับพลังงานทดแทน

1. ความรู้ที่เกี่ยวข้อง

ส่วนที่ไม่ใช่วิทยาศาสตร์ ความหมาย ประเภท การจำแนกชนิด และ ประโยชน์ของเชื้อเพลิง พลังงานทดแทนที่เกี่ยวข้อง การผลิตเชื้อเพลิงด้วยภูมิปัญญาชาวบ้าน

ส่วนที่เป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล คำอธิบายแต่ละขั้นตอนว่า ประกอบด้วยอะไรบ้าง ปฏิริยาเคมีที่เกี่ยวข้อง คุณสมบัติ การตรวจสอบคุณภาพน้ำมันไบโอดีเซล

2. อยากให้เรียนรู้อะไร

2.1 วัตถุประสงค์การเรียนรู้ ให้รู้จักความหมาย ประเภท ชนิด และประโยชน์ของไบโอดีเซล ที่มีความสำคัญต่อชุมชน

2.2 วัตถุประสงค์การเรียนรู้ กระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล คุณสมบัติ และการตรวจสอบคุณภาพของน้ำมันไบโอดีเซล

3. ช่วงชั้นและสาระการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับกรณีนี้ สาระที่ 3 มาตรฐาน ว 3.2

4. กิจกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ข้อ

4.1 ค้นหาความรู้จากแหล่งเอกสาร อินเทอร์เน็ต และภูมิปัญญา

4.2 การทดลองผลิตน้ำมันไบโอดีเซลด้วยกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล

- ขั้นตอนการผลิต
 - วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต เช่น น้ำมันปาล์มดิบ น้ำมันมะพร้าว น้ำมันพืชที่ใช้แล้ว สบู่ดำ ไขมันวัว หรือ วัตถุดิบที่สามารถผลิตน้ำมันไบโอดีเซล ที่มีอยู่ในท้องถิ่น

- ปฏิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน ปฏิริยาที่เกี่ยวข้องอื่นๆ ที่เหมาะสม
 - ปรับเปลี่ยนตัวแปรหาสภาวะที่เหมาะสม เช่น ปริมาณแอลกอฮอล์ ชนิดและปริมาณของตัวเร่งปฏิริยา อุณหภูมิ ระยะเวลาและการล้างไบโอดีเซล

- ทดสอบคุณสมบัติ และคุณภาพของน้ำมันไบโอดีเซล เช่น ความหนาแน่น ค่ากรดไขมันอิสระ (FFA) pH ปริมาณน้ำและตะกอน จุดวาบไฟ เป็นต้น

- คำนวณหาร้อยละผลได้ของน้ำมันไบโอดีเซลเทียบกับปริมาณน้ำมันที่ใช้

4.3 อภิปรายและสรุปผล

จากผลการทดลองอภิปรายได้ว่า กระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล มีขั้นตอนการผลิตที่สำคัญอะไรบ้าง ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล คุณสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลที่ผลิตได้เทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของกรมธุรกิจพลังงาน ให้ผลเหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร เพราะเหตุใด

5. เอกสารชุดการเรียนรู้หรือกิจกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้อง

เอกสารประกอบการสอน เรื่อง การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบที่บรวมน้ำมันด้วยปฏิกิริยา 2 ขั้นตอน

เอกสารประกอบการเรียนการสอน เรื่องก๊าซชีวมูล

จัดทำโดย

นายณัฏฐ์ วงศ์ยุพล โรงเรียนห้วยห้าง

นางอุไร สายวาริ โรงเรียนตันหยงมัส

นางสาวพิกุล เอกวงศ์ษา โรงเรียนภูพานวิทยา

นางสาวฮามิตะ มูเก็ม โรงเรียนกักตักศึกษามูลนิธิ

ความหมายของชีวมูล

ชีวมูล (Biomass) คือ สารอินทรีย์ที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติและสามารถนำมาใช้ผลิตพลังงานได้ สารอินทรีย์เหล่านี้ได้มาจากพืชและสัตว์ต่างๆ เช่น เศษไม้ ขยะ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร การใช้งานชีวมูลเพื่อให้ได้พลังงานอาจจะทำได้โดย นำมาเผาไหม้เพื่อนำพลังงานความร้อนที่ได้ไปใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าทดแทน พลังงานจากฟอสซิล (เช่น น้ำมัน) ซึ่งมีอยู่อย่างจำกัดและอาจหมดลงได้ ชีวมูลเหล่านี้มีแหล่งที่มาต่างๆ กัน เช่น พืชผลทางการเกษตร (agricultural crops) เศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร (agricultural residues) ไม้และเศษไม้ (wood and woodresidues) หรือของเหลือจากอุตสาหกรรมและชุมชน

ตัวอย่างวัสดุทางการเกษตรที่สามารถนำมาใช้ในการผลิตพลังงาน



- แกลบ ได้จากการสีข้าวเปลือก
- ชานอ้อย ได้จากการผลิตน้ำตาลทราย
- ชังข้าวโพดได้จากการสีข้าวโพด



- เศษไม้ ได้จากการแปรรูปไม้ยางพารา
- กากปาล์ม ได้จากการสกัดน้ำมันปาล์มดิบออกจากผลปาล์มสด



- กาบและกะลามะพร้าว ได้จากการนำมะพร้าวมาปอกเปลือกออกเพื่อนำเนื้อมะพร้าวไปผลิตกะทิและน้ำมันมะพร้าว

พลังงานชีวมวล (Bio-energy) หมายถึง พลังงานที่ได้จากชีวมวลชนิดต่างๆ โดยกระบวนการแปรรูปชีวมวลไปเป็นพลังงานรูปแบบต่างๆ คือ

1.การเผาไหม้โดยตรง (combustion) เมื่อนำชีวมวลมาเผา จะได้รับความร้อนออกมาตามค่าความร้อนของชนิดชีวมวล ความร้อนที่ได้จากการเผาสามารถนำไปใช้ในการผลิตไอน้ำที่มีอุณหภูมิ และความดันสูงไอน้ำนี้ จะถูกนำไปขับเคลื่อนไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าต่อไป ตัวอย่างชีวมวลประเภทนี้คือ เศษวัสดุทางการเกษตร และเศษไม้

2.การผลิตก๊าซ (gasification) เป็นกระบวนการเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งหรือชีวมวลให้เป็นแก๊สเชื้อเพลิง เรียกว่าแก๊สชีวภาพ (biogas) มีองค์ประกอบของแก๊สมีเทน แก๊สไฮโดรเจน แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ สามารถนำไปใช้สำหรับกังหันแก๊ส(gasturbine)

3.การหมัก (fermentation) เป็นการนำชีวมวลมาหมักด้วยแบคทีเรียในสภาวะไร้อากาศ ชีวมวลจะถูกย่อยสลายและแตกตัว เกิดแก๊สชีวภาพ(biogas) ที่มีองค์ประกอบของแก๊สมีเทนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สมีเทนใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์สำหรับผลิตไฟฟ้า นอกจากนี้สามารถใช้ขยะอินทรีย์ชุมชน มูลสัตว์ น้ำเสียจากชุมชนหรืออุตสาหกรรมเกษตรเป็นแหล่งวัตถุดิบชีวมวลได้

4.การผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากพืช มีกระบวนการที่ใช้ผลิตดังนี้

4.1 กระบวนการทางชีวภาพ ทำการย่อยสลายแป้ง น้ำตาล และเซลลูโลสจากพืชทางการเกษตร เช่น อ้อย มันสำปะหลัง ให้เป็นเอทานอล เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงเหลวในเครื่องยนต์เบนซิน

4.2 กระบวนการทางฟิสิกส์และเคมี โดยสกัดน้ำมันออกจากพืชน้ำมัน จากนั้น นำน้ำมันที่ได้ไปผ่านกระบวนการ transesterification เพื่อผลิตเป็นไบโอดีเซล

4.3 กระบวนการใช้ความร้อนสูง เช่นกระบวนการไพโรไลซิส เมื่อวัสดุทางการเกษตรได้รับความร้อนสูงในสภาพไร้ออกซิเจน จะเกิดการสลายตัว เกิดเป็นเชื้อเพลิงในรูปของเหลวและแก๊สผสมกัน

เชื้อเพลิงที่ใช้ผลิตก๊าซชีวมวล

- แกลบ

แกลบ คือ เปลือกของข้าว เป็นวัตถุดิบที่ได้เหลือใช้จากการสีข้าว

ประโยชน์ของแกลบ

- **ด้านการเกษตร**
 - o ใช้ผสมเพื่อปรับสภาพดิน
 - o ใช้ทำปุ๋ยหมัก
 - o ใช้กันความชื้นในคอกสัตว์
 - o ใช้เป็นส่วนผสมการผลิตซีเมนต์
- **ด้านการก่อสร้าง**
 - o เป็นส่วนผสมในการทำอิฐ
 - o เมื่อเผาเป็นถ่านแล้วเพิ่มสารเคมีบางประเภทใช้เป็นวัสดุถมในงานถนน
- **ด้านพลังงานและอุตสาหกรรม**

- o ใช้เป็นเชื้อเพลิง
- o เผาเป็นถ่านขาว จนมีคุณสมบัติเป็นต่าง ใช้เป็นส่วนผสมของสบู่ ยาสระผม และน้ำยาล้างจาน เป็นต้น
- o ใช้ทำแท่งถ่านอัดซีถ้าแอลบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิง
- o ใช้ดูดซับก๊าซจากกระบวนการผลิตทางด้านอุตสาหกรรม

- ฟางข้าว

ลักษณะทั่วไป ขนาดเล็กยาวแต่กลวง ได้มาหลังการเกี่ยวข้าว

แหล่งที่มา ถ้าเกี่ยวข้าวด้วยแรงคน ฟางข้าวจะกองอยู่บริเวณลานตากข้าวตามหมู่บ้าน ถ้าเกี่ยวข้าวด้วยเครื่องจักร ฟางข้าวจะถูกทิ้งไว้ในนาข้าว

การนำไปใช้งาน ฟางข้าวมีประโยชน์หลายอย่าง เช่น เป็นอาหารสัตว์ คลุมดิน เพาะเห็ดฟาง ทำโครงพวงหรีด ดอกไม้ และใช้ในอุตสาหกรรมทำกระดาษ เป็นต้น แต่ยังมีฟางข้าวอีกมากที่ไม่ได้นำไปใช้ คาดว่าประมาณ 1 ใน 3 ของส่วนที่เหลือถูกเผาทิ้ง

จุดเด่น ยังมีฟางข้าวอีกมากที่ไม่ได้นำไปใช้ให้เป็นประโยชน์

จุดด้อย รวบรวมได้ยากถ้าใช้แรงคน เพราะอยู่กระจัดกระจาย ต้อง ใช้เครื่องทุ่นแรง (Straw baler) มาช่วยในการรวบรวม

- เศษไม้ยางพารา

ลักษณะทั่วไป ไม้ยางพาราเมื่อมีอายุถึง 20 -25 ปีจะถูกตัด เพื่อปลูกใหม่ ไม้ยางพาราที่ถูกตัดจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ รากหรือตอไม้ ปลายไม้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้วลงมา และไม้ท่อนมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้วขึ้นไป ไม้ท่อนจะถูกตัดให้ได้ความยาว 1.05 ม. เพื่อส่งโรงเลื่อย และโรงงานเฟอร์นิเจอร์ซึ่งจะได้เศษไม้หลายแบบคือ ปีกไม้ ตาไม้(ส่วนที่มีตำหนิ) ขี้เลื่อย และขี้กบ

แหล่ง ปีกไม้และขี้เลื่อย จะหาได้จากโรงเลื่อยไม้ยางพารา ตาไม้และขี้กบ จะหาได้จากโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา ปลายไม้และรากไม้ จะหาได้จากสวนยางพารา

การนำไปใช้งาน ในส่วนของขี้เลื่อยจะนำไปเพาะเห็ด ทำรูป ใช้คลุมเผาถ่าน เศษไม้อื่นๆจะนำไปเป็นเชื้อเพลิง สำหรับโรงบ่มยางพารา เผาถ่าน ใช้ในขบวนการผลิต ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับ ไม้อัดยางพารา (Plywood) Medium density board และ Chip board นอกจากนี้ยังนำไปใช้ในงานก่อสร้าง เช่นเสาเข็ม ใช้ทำเป็นพาเลท ลังไม้ เป็นต้น

จุดเด่น เศษไม้ยางพารา คือ รากไม้ และกิ่งไม้ เหลืออีกมากที่ยังไม่ได้นำไปใช้งาน

จุดด้อย มีขนาดใหญ่ และถ้าเป็นเศษไม้สดจะมีความชื้นค่อนข้างสูง ประมาณ 50 % ประสิทธิภาพในการเผาไหม้ จึงไม่ค่อยสมบูรณ์ ดังนั้นอาจจะต้องเพิ่มขบวนการย่อยและลดความชื้นก่อนนำไปเผา

- กากอ้อย

ลักษณะทั่วไป มีลักษณะเป็นขุย ได้จากการผลิตน้ำตาลดิบ โดยนำอ้อยมาคั้นน้ำออก ส่วนที่เป็นน้ำนำไปผลิตเป็นน้ำตาลดิบ ส่วนที่เหลือคือกากอ้อย

แหล่ง โรงงานน้ำตาล ซึ่งมีอยู่ประมาณ 46 โรง

การนำไปใช้งาน ส่วนใหญ่ใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิต น้ำตาลดิบประมาณ 80 % ส่วนที่เหลืออีก 20 % นำไปเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตกระดาษ และ MDF Board

จุดเด่น ยังมีกากอ้อยเหลืออีกส่วนหนึ่งที่ยังไม่ได้นำไปใช้งาน

จุดด้อย น้ำหนักเบา และความชื้นสูง

-กากปาล์ม

ลักษณะทั่วไป กากปาล์มเป็นเศษเหลือจากการ สกัดน้ำมันปาล์มดิบจากทะลายปาล์มสด มี 3 แบบคือ ไฟเบอร์มีลักษณะเป็นขุย กะลามีลักษณะเป็นคล้ายกะลามะพร้าวแต่มีขนาดเล็กกว่ามาก โตประมาณ 1-2 ซม. และทะลายปาล์มเปล่า

แหล่ง จะได้จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบมาตรฐาน อย่างไรก็ตามยังโรงงานสกัดอีกประเภทหนึ่งคือ นำเฉพาะผลปาล์มสดไม่รวมทะลายมาสกัด เศษที่ได้จะนำมาเป็นอาหารสัตว์

การนำไปใช้งาน ไฟเบอร์นำมาเป็นเชื้อเพลิง ในขบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบ จึงมีเหลือไม่มาก ส่วนทะลายเปล่านำไปเพาะเห็ด

จุดเด่น กะลาปาล์มมีค่าความร้อนสูงสุด เหมาะนำมาเป็นเชื้อเพลิง แต่ต้องระวังเศษ น้ำมันที่ตกค้างอยู่ ส่วนทะลายปาล์มเปล่ามีเหลืออีกมากที่ยังไม่ได้นำมาใช้ และถ้านำมาเผา จะได้ซีเถ้าที่มีแร่ธาตุโปตัสเซียมสูงมาก

จุดด้อย การที่จะนำทะลายปาล์มเปล่ามา เป็นเชื้อเพลิง ต้องนำมาผ่านขบวนการย่อย หรือตัดก่อน เพราะมีขนาดใหญ่ นอกจากนี้ ยังมีสารประกอบอัลคาไลน์สูง จะทำให้ท่อไอน้ำหม้อน้ำมียางเหนียวเกาะติดได้ง่าย

ปฏิกิริยาเคมีที่สำคัญที่เกิดขึ้นในแต่ละชั้นของเตาผลิตก๊าซ

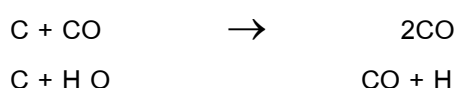
ในเตาผลิตก๊าซทั่วไปสามารถถูกแบ่งออกเป็นชั้นที่สำคัญๆ ได้ 4 ชั้น โดยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ปฏิกิริยาและผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละชั้น (รัตนชัย ไพรินทร์ และคณะ. 2541) ในความเป็นจริงแต่ละชั้นอาจจะเหลื่อมล้ำ (Overlap) กันอยู่ก็ได้

1.ชั้นเผาไหม้ (Combustion or Hearth Zone)

ในบริเวณนี้คาร์บอนจะเผาไหม้กับออกซิเจนที่มีอยู่ในอากาศในปริมาณจำกัดด้วยปฏิกิริยาดังต่อไปนี้ ปฏิกิริยาในชั้นเผาไหม้เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน อุณหภูมิในชั้นนี้อยู่ระหว่าง 900 – 1200 C ความร้อนที่เกิดขึ้นในชั้นนี้ถูกนำไปใช้ในปฏิกิริยาแบบดูดความร้อนในชั้นรีดักชันและชั้นกลั่นสลายผลผลิตหลักที่ได้จากการทำปฏิกิริยาในชั้นเผาไหม้คือ ความร้อน เถ้าถ่าน

2.ชั้นรีดักชัน (Reduction Zone)

ก๊าซ CO ที่ได้จากการเผาไหม้ในชั้นเผาไหม้ เมื่อไหลเข้าสู่ชั้นรีดักชันก็จะเกิดปฏิกิริยาที่เปลี่ยนก๊าซ CO ให้เป็นก๊าซเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ โดยก๊าซ CO จะไหลผ่านคาร์บอนที่ร้อนและเกิด CO ดังสมการที่ (1.2)

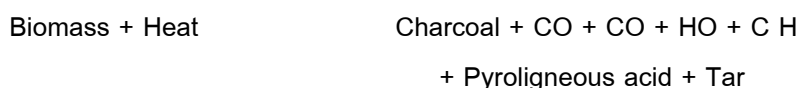


ปฏิกิริยาในสมการที่ (1.2) เรียกว่า Boudouard Reaction ซึ่งเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน (Endothermic Reaction) ในกรณีที่ต้องการเพิ่มปริมาณของ CO สามารถทำได้โดยฉีดไอน้ำร้อนเข้าไปซึ่งไอน้ำจะไปทำปฏิกิริยากับคาร์บอนดังสมการที่ (1.3) ได้ก๊าซ CO และ H₂ เพิ่มขึ้น ซึ่งเรียกปฏิกิริยานี้ว่า Watergas Reaction ซึ่งเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน

ร้อนและจะเกิดได้ดีที่อุณหภูมิสูงกว่า 800 C ภายใต้ความดันสูง H อาจจะไปรวมตัวกับคาร์บอนและผลิต CH₄ ออกมาได้ซึ่งเรียกปฏิกิริยานี้ว่า Methane Reaction โดยจะเกิดขึ้นได้ดีที่ความดันสูงๆ และอุณหภูมิไม่สูงมากนัก

3. ชั้นกลั่นสลาย (Pyrolysis Zone)

ในชั้นนี้เชื้อเพลิงได้รับความร้อนจากชั้นเผาไหม้ เพื่อสลายสารอินทรีย์ในเชื้อเพลิงทำ ให้ได้สารระเหย (Volatile Matter) ต่างๆ ออกมา ซึ่งประกอบไปด้วยเมทานอล กรดน้ำส้ม น้ำมันดิบ ก๊าซที่เผาไหม้ได้และไม่ได้ อุณหภูมิของชั้นนี้จะประมาณ 135 – 600 C ของแข็งที่เหลืออยู่หลังกระบวนการนี้คือคาร์บอนในรูปถ่าน (Fixed Carbon) ดังสมการที่ (1.4)



4. ชั้นลดความชื้น (Drying Zone)

ชั้นนี้อุณหภูมิไม่สูงพอที่จะทำให้เกิดการสลายตัวของสารระเหยต่างๆ ความร้อนที่ได้รับมาจากชั้นกลั่นสลาย จะระเหยความชื้นที่มีอยู่ในชีวมวลให้ออกมาในรูปของไอน้ำ อุณหภูมิในชั้นนี้จะอยู่ประมาณ 100 – 135 C

ชนิดของเตาผลิตก๊าซชีวมวล (Type of Gasifier)

สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดใหญ่ๆ ตามชนิดของการไหลของโปรดิวเซอร์แก๊สและการจัดเรียงตัวของชั้นต่างๆ ภายในเตาผลิตก๊าซ

1. เตาผลิตก๊าซชีวมวลแบบอากาศไหลขึ้น (Updraft Gasifier)

เตาผลิตก๊าซแบบนี้เป็นแบบง่ายที่สุด ชั้นล่างสุดจะเป็นชั้นเผาไหม้ ชั้นรีดักชัน ชั้นกลั่นสลายและชั้นลดความชื้น เชื้อเพลิงถูกป้อนเข้าสู่ส่วนบนของเตาและอากาศถูกส่งเข้ามาทางด้านล่าง การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเกิดขึ้นที่จุดแรกของการสัมผัสกับอากาศ CO ที่เกิดขึ้นในชั้นเผาไหม้จะผ่านขึ้นไปยังชั้นรีดักชันซึ่งมีคาร์บอนที่ร้อนอยู่มาก CO ทำปฏิกิริยากับคาร์บอนได้เป็น CO₂ จุดเด่นของเตาแบบนี้คือสามารถเพิ่มปริมาณโปรดิวเซอร์แก๊สได้โดยใช้ไอน้ำเข้าช่วย นอกจากนั้นยังสามารถใช้กับชีวมวลที่มีความชื้นสูง อาจสูงได้ถึง 50% อุณหภูมิเฉลี่ยของเตาจะค่อนข้างต่ำคือประมาณ 120 – 150 C แต่ปัญหาที่สำคัญคือสารระเหยที่ออกมาพร้อมกับโปรดิวเซอร์แก๊ส Pan, et al. (1999: 1703 – 1709) ได้ศึกษาการกำจัดน้ำมันดินออกโดยใช้อากาศทุติยภูมิในเตา ฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิเฉลี่ย 840 – 880 C สำหรับเศษไม้ (Forest waste) ใช้อัตราส่วนอากาศทุติยภูมิต่ออากาศปฐมภูมิที่ 10% ปริมาตรต่อปริมาตร จะสามารถลดน้ำมันดินได้มากที่สุดจากปริมาณน้ำมันดินมากกว่า 2.52 g/m³ เหลือ 0.8 g/m³ สำหรับลิกไนต์ (Escatron lignite) ใช้อัตราส่วนอากาศทุติยภูมิต่ออากาศปฐมภูมิที่ 20% ปริมาตรต่อปริมาตร ให้ค่าพลังงานความร้อน 4800 kJ/m³ จะสามารถลดน้ำมันดินได้มากที่สุดจากปริมาณน้ำมันดินมากกว่า 3.70 g/m³ เหลือ 0.42 g/m³ ให้ค่าพลังงานความร้อน 3770 kJ/m³ ซึ่งปัญหาจากสารระเหยจะเป็นอุปสรรคที่สำคัญมากในการนำไปเดินเครื่องยนต์สันดาปภายในเพราะจะทำให้เกิดการอุดตันและทำความเสียหายให้แก่เครื่องยนต์ได้ นิรมล ชูลีเลิศวิทยาภรณ์ (2537) ได้หาสภาวะการทำงานที่ดีที่สุดของเครื่องผลิตก๊าซชีวมวลแบบไหลขึ้นโดยมีไม้ยูคาลิปตัสเป็นวัตถุดิบ การหาภาวะที่ดีที่สุดจะใช้วิธีการค้นหาแบบ Simplex โดยใช้ผลการทดลองในแต่ละครั้งเป็นแนวทางในการกำหนดภาวะการทดลองต่อไป จากการศึกษาดังมี 3 ตัวแปรคือความยาวของไม้ อัตราการไหลของอากาศและของ CO พบว่าภาวะที่ดีที่สุดคือ ไม้ยาว 4 cm อากาศไหลด้วยความเร็ว 0.18 kg/min และใช้ CO 4.49 x 10 kg/min ได้ก๊าซชีวมวลที่ประกอบด้วย CO 21.35%

2. เตาผลิตก๊าซชีวมวลแบบอากาศไหลลง (Downdraft Gasifier)

เตาแบบนี้จะเป็นแบบที่ใช้ทำการวิจัยและใช้งานจริงกันอย่างแพร่หลายทั่วไปมากที่สุด ชั้นล่างสุดจะเป็นชั้นรีดักชันตามด้วยชั้นเผาไหม้ ชั้นกลั่นสลายและชั้นลดความชื้นจะอยู่บนสุดอากาศจะถูกส่งให้ไหลสู่ชั้นเผาไหม้และไหลลงไปสู่ชั้นรีดักชันซึ่งอยู่ด้านล่าง สารระเหยจากชั้นกลั่นสลายที่อยู่เหนือชั้นเผาไหม้ก็จะถูกดูดผ่านชั้นเผาไหม้ที่มีอุณหภูมิ 900 – 1,200 C สารระเหยต่างๆ จะถูกเผาไป ทำให้ Producer Gas ที่ผลิตออกมาได้นั้นปราศจากสารระเหยจึงเหมาะที่จะนำไปใช้กับเครื่องยนต์สันดาปภายใน ข้อเสียเปรียบของเตาชนิดนี้คือจะเกิดการเผาไหม้อย่างรุนแรงในชั้นเผาไหม้จึงต้องใช้วัสดุที่ทนความร้อนสูง อุณหภูมิเฉลี่ยของโปรดิวเซอร์แก๊สที่ออกมาจากเตาจะค่อนข้างสูงประมาณ 450 – 550 C ดังนั้นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนขนาดใหญ่จึงมีความจำเป็น

3.เตาผลิตก๊าซชีวมวลแบบอากาศไหลตามขวาง (Cross draft Gasifier)

เตาแบบนี้จะเป็นแบบที่เล็กและเบาที่สุดใน 3 แบบ ทิศทางการไหลของอากาศจะตั้งฉากกับแนวแกนของเตาอากาศจะถูกส่งตรงไปชั้นเผาไหม้ และต่อไปยังชั้นรีดักชันซึ่งทั้ง 2 ชั้นนี้ จะเป็นชั้นเล็ก ๆ วางเรียงกันตามแนวนอน อุณหภูมิเฉลี่ยของโปรดิวเซอร์แก๊สที่ออกมาจากเตาจะไม่สูงมากเหมือนเตาแบบไหลลง ชีวมวลจะถูกป้อนจากทางด้านบนของเตาเช่นเดียวกันกับเตาทั้งสองแบบที่กล่าวมา ข้อดีของเตาแบบนี้คือ สามารถผลิตโปรดิวเซอร์แก๊สได้เร็วกว่าเตาอีกสองแบบ และอุณหภูมิในเตาจะไม่สูงนัก

การใช้พลังงานจากเตาผลิตก๊าซ

การนำก๊าซชีวมวลที่ผลิตได้จาก Gasifier ไปใช้นั้นแบ่งออกได้ 2 แบบใหญ่ๆ คือ

การนำไปใช้งานโดยตรง (Direct Use)

ได้แก่การอบผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ซึ่งจุดเด่นที่สำคัญในการใช้พลังงานความร้อนที่ได้รับจากก๊าซชีวมวล ไปใช้ที่สำคัญคือ สามารถทำการอบแห้งได้อย่างต่อเนื่องสามารถควบคุมอุณหภูมิที่จะใช้ในการอบให้คงที่ตลอดการอบให้คงที่ตลอดการอบแห้ง หรือปรับอุณหภูมิให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่จะให้อบได้ ซึ่งพลังงานแสงอาทิตย์ไม่สามารถทำได้เช่น ในการอบแห้งพริกโดยใช้ความร้อนจากก๊าซชีวมวล (ชนากานต์ อาษาสุจริต, 2538) ซึ่งมีค่าความร้อนประมาณ 17,319 kJ/m ระบบอบแห้งนี้มีการไหลของอากาศภายในห้องอบแห้งเป็นระบบบังคับ โดยใช้พัดลมขนาด 760 W มีระบบควบคุมอัตราการไหลของอากาศภายในห้องอบแห้งตามต้องการได้ และระบบอบแห้งนี้สามารถทำงานได้ 24 ชั่วโมง ตู้บรรจุผลิตภัณฑ์อบแห้งมีความกว้าง 0.6 m ยาว 1 m สามารถวางถาดบรรจุผลิตภัณฑ์ได้ 8 ถาดในการทดลองนี้สามารถควบคุมคุณภาพของพริกชี้ฟ้าได้ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะปราศจากสิ่งปนเปื้อนและฝุ่นละออง โดยตัวแปรที่มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ คือ ระยะเวลาในการอบแห้ง อัตราการไหลอากาศ ส่วนการอบแห้งเนื้อวัว ธีรพงษ์ ภาระบุญ (2538) ได้ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับก๊าซชีวมวลนั้นสามารถประหยัดพลังงานไปได้ถึง 49% การนำพลังงานจาก Producer Gas ไปขับเคลื่อนเครื่องยนต์สันดาปภายนอก (External Combustion Engine) (दनัย อร่ามธรรมพร, 2539) จากการทดสอบการขับเคลื่อนเครื่องยนต์สเตอร์ลิงสามารถให้กำลังแรงม้าสูงสุดทางทฤษฎี 3.92 แรงม้า ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ 2200 rpm และสามารถนำไปใช้ในการขับเคลื่อนปั๊มสุบน้ำได้โดยมี Head Pump = 23.8 m ที่ความเร็วรอบ 1300 rpm

การนำไปใช้ทางอ้อม (Indirect Use)

ในกรณีนี้จะมุ่งนำไปใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine) ซึ่งสามารถใช้เดินเครื่องยนต์ได้ทั้งเครื่องยนต์เบนซิน และเครื่องยนต์ดีเซล โดยมีการปรับเครื่องยนต์เพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยเฉพาะตอนเริ่มติดเครื่องยนต์จะใช้เชื้อเพลิงดีเซลไปก่อนและหลังจากนั้นจึงเปลี่ยนมาเป็น โปรดิวเซอร์แก๊ส

แทน พลังงานที่ได้รับออกมานั้นสามารถนำไปใช้เดินปั๊มน้ำหรือนำไปขับเคลื่อนเครื่องปั่นไฟได้ เพื่อนำไปผลิตกระแสไฟฟ้าก็ได้

การนำก๊าซชีววมวลไปใช้ประโยชน์

-องค์ประกอบของชีววมวลที่มีผลต่อการผลิตไฟฟ้า

ชีววมวลแต่ละชนิดมีคุณสมบัติเฉพาะอย่าง คุณสมบัติบางอย่างถือเป็นจุดเด่น คุณสมบัติบางอย่างถือเป็นจุดด้อย เช่น

- การกระจายตัวของแหล่งชีววมวล
- ขนาด
- ความชื้น
- สิ่งเจือปน
- ปริมาณขี้เถ้า

ดังนั้น ถ้าจะนำชีววมวลใดมาผลิตไฟฟ้า ต้องออกแบบเครื่องจักรให้เหมาะสมกับชีววมวลนั้นๆ เพื่อประสิทธิภาพโดยรวมที่ดีที่สุด อย่างไรก็ตาม คุณสมบัติอย่างหนึ่งของชีววมวลที่เหมือนกันคือ มีน้ำหนักเบา เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ โรงไฟฟ้าชีววมวลจึงควรอยู่ใกล้กับแหล่งผลิตชีววมวลเพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านการขนส่งให้มากที่สุด

การกระจายตัวของแหล่งชีววมวล

รูปแบบการกระจายตัวของแหล่งชีววมวล มี 2 ลักษณะคืออยู่รวมเป็นกลุ่ม และอยู่กระจัดกระจาย ชีววมวลที่อยู่รวมเป็นกลุ่มคือเศษชีววมวลจากกระบวนการแปรรูป ณ ที่ใดที่หนึ่ง เช่น โรงสีข้าว, โรงงานผลิตน้ำตาลทราย, โรงงานแปรงไม้สำหรับแปรง, โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม และโรงงานแปรรูปไม้ยางพารา เป็นต้น ที่อยู่กระจัดกระจายตามพื้นที่เพาะปลูกหรือไม่มีการรวบรวม เช่น การสีข้าวโพดโดยอาศัยอุปกรณ์สีข้าวโพดที่เคลื่อนที่ได้ และเศษไม้-ปลายไม้จากสวนป่ายางพารา เป็นต้น ส่วนการนำชีววมวลที่อยู่กระจัดกระจายมา เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตไฟฟ้า จะมีข้อเสียเปรียบคือเสียค่าใช้จ่ายในการรวบรวมเพิ่มขึ้น

ขนาด

ขนาดของชีววมวล เป็นอีกองค์ประกอบหนึ่งที่ต้อง พิจารณา ถ้าชีววมวลมีขนาดใหญ่ เช่น เศษไม้หรือปลายไม้จากสวนป่ายางพารา และปีกไม้ที่ได้จากโรงเลื่อยไม้ยางพารา เป็นต้น จะมีขนาดใหญ่เกินไปจึงไม่เหมาะที่จะนำมาเผาไหม้เป็น เชื้อเพลิงโดยตรง เพราะประสิทธิภาพการเผาไหม้จะต่ำ ดังนั้นควรจะนำมาย่อยให้เป็นชิ้นเล็กๆ จะทำให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ดีขึ้น แต่ก็มีค่าใช้จ่ายในการย่อยเพิ่มขึ้นเช่นกัน

ความชื้น

ความชื้นของชีววมวลเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการนำมาเป็นเชื้อเพลิง ถ้าชีววมวลมีความชื้นสูงมาก เช่น กากมันสำปะหลังหรือส่าเหล้า ซึ่งมีความชื้นประมาณ 80-90% ไม่เหมาะที่จะนำมาเผาไหม้ แต่อาจจะนำมาผ่านกระบวนการบีบอัด(Dewatering)เพื่อลดความชื้นก่อนนำไปเผา หรือนำมาผ่านกระบวนการบำบัดแบบไร้อากาศเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ ซึ่งสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตไฟฟ้าได้เช่นกัน ในกรณีของเศษไม้ มีความชื้นประมาณ 50-60% ถ้า

นำมาเก็บไว้ล่วงหน้าระยะหนึ่ง ความชื้นจะลดลงโดยธรรมชาติ แต่มีข้อเสียคือ เสียพื้นที่ในการจัดเก็บ และถ้าเก็บไว้นานไปไม่มีโอกาสใช้ได้

สิ่งเจือปน

สิ่งเจือปนในชีวมวลมีหลายอย่างเช่น เศษดิน หิน กรวดทราย และคราบน้ำมันปาล์ม เป็นต้น สิ่งเจือปนที่ต้องระมัดระวังให้มากคือ สารอัลคาไลน์ในทะลายปาล์ม เพราะเมื่อถูกความร้อนที่อุณหภูมิระดับหนึ่งจะกลายเป็นยางเหนียวเกาะติดท่อในห้องเผาไหม้ ทำให้ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำลดลง ดังนั้นในการออกแบบห้องเผาไหม้ต้องพิจารณาจุดนี้เป็นพิเศษ

ปริมาณขี้เถ้า

ปริมาณขี้เถ้าของชีวมวล มีผลต่อการเผาไหม้เช่นกัน โดยเฉพาะแกลบจะมีปริมาณขี้เถ้า 16% โดยน้ำหนัก ดังนั้นการออกแบบห้องเผาไหม้จะต้องพิจารณาถึงการรวบรวมขี้เถ้าออกจากห้องเผาไหม้อย่างมีประสิทธิภาพ

การวัดค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวล

มีวิธีการวัด 3 แบบคือ

1. ค่าความร้อนต่ำ หรือ Lower Heating Value (LHV) หมายถึงการนำชีวมวลหนัก 1 กิโลกรัม มาหาค่าความร้อน ค่าที่วัดได้คือ ค่าความร้อนต่ำ (LHV) ต่อ กิโลกรัม
2. ค่าความร้อนสูง หรือ Higher Heating Value (HHV) หมายถึงการนำชีวมวลหนัก 1 กิโลกรัม มาลดความชื้นหรือกำจัดน้ำออกให้หมด จากนั้นนำมาหาค่าความร้อน ค่าที่วัดได้คือ ค่าความร้อนสูง (HHV) ต่อ กิโลกรัมและมีความสัมพันธ์กับค่าความร้อนต่ำดังนี้

$$\text{HHV} = \text{LHV} + 5.72(9H + M) \text{ kcal/kg หรือ}$$

$$\text{HHV} = \text{LHV} + 23.95(9H + M) \text{ kJ/kg}$$

เมื่อ H เท่ากับปริมาณเปอร์เซ็นต์ของธาตุไฮโดรเจนในชีวมวล และเมื่อ M เท่ากับปริมาณเปอร์เซ็นต์ของความชื้นในชีวมวล

3. ค่าความร้อนแห้ง หรือ Dry Heating Value หมายถึงการนำชีวมวลจำนวนหนึ่งมาลดความชื้นหรือ

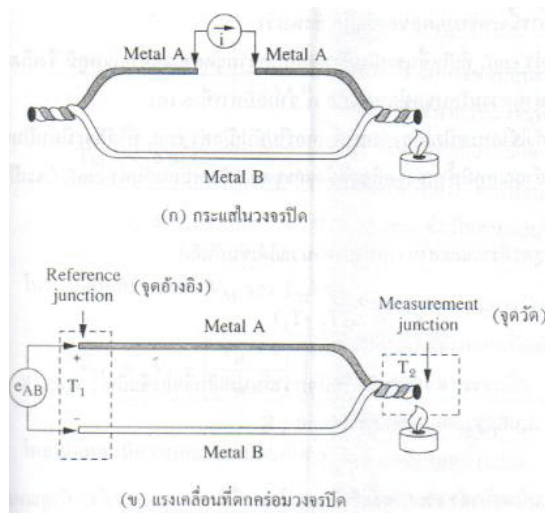
กำจัดน้ำออกให้หมด จากนั้นแบ่งมา 1 กิโลกรัม เพื่อนำมาหาค่าความร้อน ค่าที่วัดได้คือ ค่าความร้อนแห้ง ต่อ กิโลกรัม และมีความสัมพันธ์กับค่าความร้อนสูงดังนี้

$$\text{Dry Heating Value} = \text{HHV} / (1-M/100)$$

เมื่อ M เท่ากับปริมาณเปอร์เซ็นต์ของความชื้นในชีวมวล

เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)

เทอร์โมคัปเปิล คืออุปกรณ์วัดอุณหภูมิโดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือความร้อนเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า (emf) เทอร์โมคัปเปิลทำมาจากโลหะตัวนำที่ต่างชนิดกัน 2 ตัว (แตกต่างกันทางโครงสร้างของอะตอม) นำมาเชื่อมต่อปลายทั้งสองเข้าด้วยกันที่ปลายด้านหนึ่ง เรียกว่าจุดวัดอุณหภูมิ ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งปล่อยเปิดไว้ เรียกว่าจุดอ้างอิง หากจุดวัดอุณหภูมิและจุดอ้างอิงมีอุณหภูมิต่างกันก็จะทำให้เกิดการนำกระแสในวงจร เทอร์โมคัปเปิลทั้งสองข้าง ปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้ค้นพบโดย Thomas Seebeck นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันในปี ค.ศ.1821 ในรูปที่2 เป็นวงจรที่ใช้อธิบายผลของซีเบ็คดังกล่าว



รูปที่2 แสดงผลของซีแบ็ค

ผลของแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากความร้อน (Termoelectric Effect)

ทฤษฎีพื้นฐานของผลจากเทอร์โมอิเล็กทริก เกิดจากการส่งผ่านทางไฟฟ้าและทางความร้อนของโลหะที่ต่างกันจึงทำให้เกิดความต่างศักย์ทางไฟฟ้าตกคร่อมที่โลหะนั้น ความต่างศักย์นี้จะสัมพันธ์กับความจริงที่ว่า อิเล็กตรอนในปลายด้านร้อนของโลหะจะมีพลังงานความร้อนมากกว่าปลายทางด้านเย็น จึงทำให้อิเล็กตรอนมีความเร็วไปหาปลายด้านเย็น ที่อุณหภูมิเดียวกันนี้การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจะแปรเปลี่ยนไปตามโลหะที่ต่างชนิดกันด้วย ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่า โลหะที่ต่างกันจะมีการนำความร้อนที่ต่างกันนั่นเอง

1.ผลของซีแบ็ค (Seebeck Effect) โดยใช้ทฤษฎีโซลิตสเตด เราสามารถวิเคราะห์ค่าได้จากสมการอินทิเกรตค่าจากย่านของอุณหภูมิดังกล่าว นั่นคือ

$$\varepsilon = \int_{T_1}^{T_2} (Q_A - Q_B) dT$$

สมการนี้จะอธิบายผลของซีแบ็ค ซึ่งพบว่า

- 1.ค่า emf. ที่เกิดจะเป็นสัดส่วนกับความแตกต่างของอุณหภูมิ จึงเกิดความแตกต่างของ ค่าคงที่ในการส่งผ่านความร้อนของโลหะ
2. ถ้าใช้โลหะชนิดเดียวกันมาทำเทอร์โมคัปเปิลค่า emf. ที่ได้ก็จะมีค่าเป็นศูนย์
3. ถ้าอุณหภูมิทั้งสองจุดคือจุดวัดและจุดอ้างอิงเหมือนกันค่า emf. ก็จะเป็นศูนย์

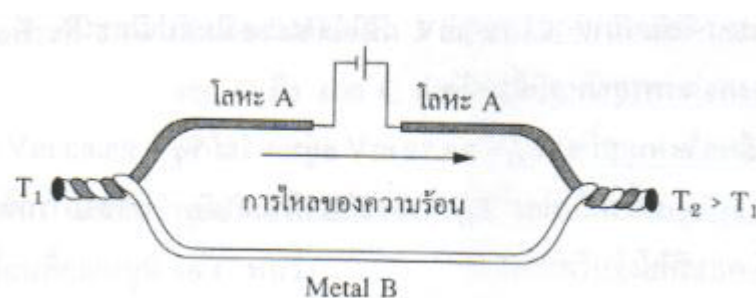
โดยสูตรที่ง่ายและสามารถนำมาคำนวณได้เช่นกันคือ

$$\varepsilon = \alpha(T_2 - T_1)$$

เมื่อ α = ค่าคงที่หรือเรียกว่าสัมประสิทธิ์ของซีแบ็ค ; volts/K

T_1, T_2 = อุณหภูมิที่จุดต่อ ; K

2.ผลของเพลเทียร์ (Peltier Effects) หากคิดย้อนกลับจากผลของซีแบ็ค นั่นคือใช้โลหะที่แตกต่างกันสองชนิดมาเชื่อมต่อทั้งสองเข้าด้วยกันแล้วจ่ายพลังงานจากภายนอกเข้าไป ก็จะเป็นเหตุให้เกิดกระแสไหลในวงจร เพราะจากคุณสมบัติในการส่งไฟฟ้าและความร้อนของโลหะ พบว่าข้อหนึ่งจะเกิดความร้อน (T_2) และอีกข้อหนึ่งจะเกิดความเย็น (T_1) ขึ้น โดยผลดังกล่าวเรียกว่า “ผลของเพลเทียร์” (Peltier effect) และถูกนำไปใช้งานพิเศษสำหรับการทำความเย็นกับส่วนของระบบอิเล็กทรอนิกส์ หรือแม้กระทั่งเครื่องทำความเย็นขนาดเล็ก



รูปที่ 3 แสดงผลของเพลเทียร์

ตารางแสดงแรงเคลื่อนของเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple Table)

ตารางเทอร์โมคัปเปิลจะให้แรงเคลื่อนสำหรับเทอร์โมคัปเปิลแต่ละชนิด เมื่ออ้างอิงกับจุดอ้างอิงที่กำหนด (0°C) ณ อุณหภูมิที่จุดวัดต่าง ๆ พบว่าที่อุณหภูมิ 210°C เทอร์โมคัปเปิลชนิด j เมื่ออ้างอิงที่ 0°C จะมีแรงเคลื่อนเป็น

$$V(210^{\circ}\text{C}) = 11.3 \text{ mV (ชนิด } j, 0^{\circ}\text{C ref.)}$$

ในทางกลับกัน ถ้าเราวัดแรงเคลื่อนได้ 4.768 mV กับชนิด s และอุณหภูมิอ้างอิงที่ 0°C เราพบว่า

$$T(4.768 \text{ mv}) = 555^{\circ}\text{C (ชนิด } s, 0^{\circ}\text{C ref.)}$$

แต่บางกรณี แรงเคลื่อนที่วัดได้จะไม่ตรงกับค่าในตาราง จึงจำเป็นต้องมีการแบ่งสเกล (interpolate) ระหว่างค่าในตาราง ซึ่งหาได้จากสมการการแบ่งสเกลดังนี้

$$T_M = T_L + \left[\frac{T_H - T_L}{V_H - V_L} \right] (V_M - V_L)$$

เมื่อ V_M = คือแรงเคลื่อนที่วัดได้จากมิเตอร์

V_H และ V_L = ค่าแรงเคลื่อนของ T_H และ T_L อ่านได้จากตารางโดย V_H อยู่สูง

กว่า V_M และ V_L ต่ำกว่า V_M

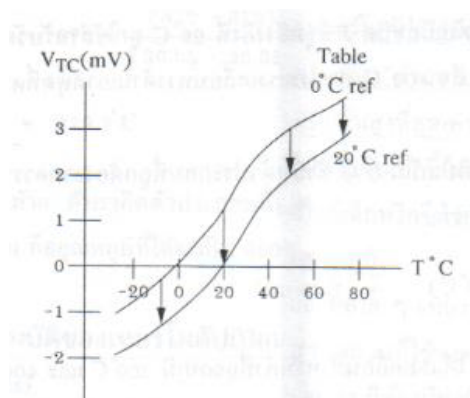
T_H และ T_L = ค่าอุณหภูมิที่ตรงกับค่าแรงเคลื่อน V_H และ V_L ตามลำดับ

การเปลี่ยนจุดอ้างอิงของตาราง (Change of Table Reference)

หากอุณหภูมิอ้างอิงแตกต่างจากตารางเทอร์โมคัปเปิลที่กำหนดไว้ เรายังสามารถใช้ค่าจากตารางนี้เป็นฐานในการคำนวณได้ ข้อควรจำคือเมื่อวัดอุณหภูมิเดียวกันแต่เปลี่ยนไปใช้จุดอ้างอิงที่สูงกว่าจะทำให้แรงเคลื่อนทางเข้าที่พุดถูกกดให้ต่ำลง ดังรูปที่ 4

เช่นนำเทอร์โมคัปเปิลชนิด j ซึ่งมีจุดอ้างอิงที่ 30°C ไปวัดที่ 400°C วิธีการหาแรงเคลื่อนใหม่ที่ได้คือ ขั้นตอนแรกหาแรงเคลื่อน ณ อุณหภูมิที่ต้องการอ้างอิงใหม่จากตาราง ไหนที่นี้คือ 30°C ณ จุดอ้างอิง 0°C จากภาพผนวก

ข. พบว่ามีแรงเคลื่อน 1.54 mV (เรียกค่าที่หาได้นี้ว่าตัวประกอบ) หลังจากนั้นก็นำค่านี้ไปลบออกจากแรงเคลื่อนที่จุดวัดที่ 400 °C เมื่อจุดอ้างอิงเป็น 0 °C หรือเขียนเป็นขั้นตอนได้ดังนี้



รูปที่ 4 แสดงการเปลี่ยนจุดอ้างอิงจาก 0 ถึง 200C ซึ่งจะสมมูลกับ

การเลื่อนลงของเส้นโค้งแรงเคลื่อนเทอร์โมคัปเปิล

$$V(30^{\circ}\text{C}) = 1.54 \text{ mV (ชนิด J , } 0^{\circ}\text{C ref.) ชั้นแรก}$$

และ $V(400^{\circ}\text{C}) = 21.85 \text{ mV (ชนิด J , } 0^{\circ}\text{C ref.) ชั้นที่สอง}$

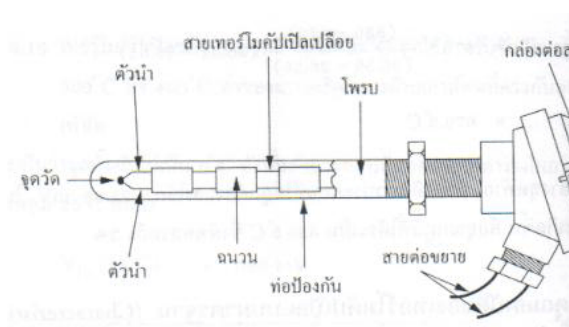
นำค่า (ตัวประกอบ) ที่ได้จากชั้นที่สองมาลบออกจากชั้นแรก ทำให้ได้แรงเคลื่อนซึ่งขึ้นอยู่กับความแตกต่างนี้เป็น

$$V(400^{\circ}\text{C}) = 20.31 \text{ mV (ชนิด J , } 30^{\circ}\text{C ref.)}$$

เพื่อหลีกเลี่ยงความสับสนของจุดอ้างอิงจะเขียนในแบบใหม่ เช่น V_{j_0} จะหมายถึงแรงเคลื่อนของเทอร์โมคัปเปิลชนิด J อ้างอิงที่ 0 °C และ $V_{j_{30}}$ หมายถึงของชนิด J อ้างอิงที่ 30 °C

คุณสมบัติของเทอร์โมคัปเปิลแบบมาตรฐาน(Characteristic of Standard Thermocouples)

1.ความไว (Sensitivity) จากตารางแรงเคลื่อนของ NBS แสดงว่าย่านของแรงเคลื่อนจากเทอร์โมคัปเปิลจะมีค่าน้อยกว่า 100 mV แต่ความไวที่แท้จริงในการใช้งานจะขึ้นอยู่กับการใช้งานจริงปรับสภาพสัญญาณและตัวเทอร์โมคัปเปิลเอง



รูปที่5 แสดงโครงสร้างของเทอร์โมคัปเปิล

2.โครงสร้าง (Construction) โครงสร้างของเทอร์โมคัปเปิลมีลักษณะดังรูปที่5 โดยต้องมีลักษณะดังนี้คือ: มีความต้านทานต่ำ ให้สัมประสิทธิ์อุณหภูมิสูง ต้านทานต่อการเกิดออกไซด์ที่อุณหภูมิสูงๆ ทนต่อสภาวะแวดล้อมที่นำไปใช้วัดค่า และเป็นเชิงเส้นสูงที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ตัวฝักหรือท่อป้องกันส่วนมากจะทำจากสแตนเลส ความไวของเทอร์โมคัปเปิลขึ้นอยู่กับความหนาของท่อป้องกันทั้งเยอร์มันเนียมและซิลิคอนจะทำให้คุณสมบัติการเกิดเทอร์โมอิเล็กทริกจึงใช้กันมากในอุปกรณ์ทำความเย็น (peltier element) มากกว่าที่จะใช้เป็นเทอร์โมคัปเปิลวัดอุณหภูมิ

ขนาดของสายเทอร์โมคัปเปิลกำหนดได้จากการใช้งานแต่ละอย่าง และมีขนาดจาก #10 ในสภาวะแวดล้อมที่ไม่คงที่ จนถึงขนาด # 30 หรือแม้กระทั่ง 0.02 mm ซึ่งเป็นสายแบบไมโครไวร์(microwire) ที่ใช้กับการวัดอุณหภูมิการกลั่นในงานทางชีววิทยา

3.ย่านการใช้งาน (Range) ย่านอุณหภูมิการใช้งานและความไวในการวัดของเทอร์โมคัปเปิล แต่ละตัว จะแตกต่างกันตามแต่ละสมาคมจะกำหนด ในส่วนที่สำคัญคือค่าแรงเคลื่อนที่ออกมาจากแต่ละอุณหภูมิ จะต้องอ้างอิงกับตารางค่ามาตรฐานของแต่ละสมาคมที่ใช้ให้ถูกต้องเป็นเอกภาพเดียวกันหมดทั้งระบบ

4. เวลาตอบสนอง (Time Response) เวลาตอบสนองของเทอร์โมคัปเปิลขึ้นอยู่กับขนาดของสายและวัสดุที่นำมาทำท่อป้องกันตัวเทอร์โมคัปเปิล

5.การปรับสภาพสัญญาณ (Signal Conditioning) ปกติแรงเคลื่อนของเทอร์โมคัปเปิลจะมีขนาดเล็กน้อยมากจึงจำเป็นต้องมีการขยายสัญญาณโดยใช้โอปแอมป์ขยายความแตกต่างที่มีอัตราขยายสูงๆ

การใช้งานเทอร์โมคัปเปิลมาตรฐาน (Characteristic in Application of Thermocouple Standard Type)

ในปัจจุบัน พบว่ามีเทอร์โมคัปเปิลมาตรฐานอยู่ 7 ชนิดตามมาตรฐานของ ANSI และ ASTM โดยการจัดแนกตามประเภทของวัสดุที่ใช้ทำได้แก่

1.เทอร์โมคัปเปิลแบบ S ประดิษฐ์โดยนาย Le Chatelier ในปี 1886

ข้อดีของแบบ S

- เหมาะกับการใช้งานในสภาวะที่เกิดปฏิกิริยาเคมีแบบออกซิไดซิง(oxidizing)
- เหมาะกับการใช้งานในสภาวะงานเฉื่อย (inert) คืองานที่ไม่เปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาใดๆ ได้ง่าย ๆ
- นิยมใช้กับงานวัดตัวแปรที่มีอุณหภูมิสูง เช่น เตาหลอมเหล็ก
- วัดอุณหภูมิต่อเนื่องได้จากช่วง 0 ถึง 1550⁰c และอุณหภูมิช่วงสั้นได้จากช่วงประมาณ -50ถึงประมาณ 1700⁰c
- หากอยู่ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมจะให้ความเที่ยงตรงสูงที่สุด
- ใช้ในการสอบเทียบ ตั้งแต่จุดแข็งตัวของแอนติโมนี (630.74⁰c) จนถึงจุดแข็งตัวของทองแดง (1064.43⁰c) ตามมาตรฐาน IPTS 68

ข้อเสียของแบบ s

- ต้องใช้ท่อป้องกันในทุกสภาวะบรรยากาศ
- ไม่เหมาะกับงานที่มีปฏิกิริยาแบบรีดิวซิง (reduzing)

- ไม่เหมาะกับงานที่เป็นสุญญากาศ(vacuum)
- ไม่เหมาะกับงานที่มีไอโลหะ เช่น สังกะสี ตะกั่ว
- ไม่เหมาะกับงานที่มีไอของโลหะ เช่น จำพวก อาเซนิก ซัลเฟอร์ ฟอสฟอรัส เพราะจะมีอายุการใช้งานสั้นลง

2.เทอร์โมคัปเปิลแบบ R เป็นแบบที่เหมาะสมกับการวัดอุณหภูมิสูง ๆ

ข้อดีของแบบ R

- ให้แรงเคลื่อนทางต้านเอาต์พุตสูงกว่าแบบ S
- วัดอุณหภูมิต่อเนื่องได้จากช่วง 0 ถึง 1600°C
- วัดอุณหภูมิช่วงสั้นได้จากช่วง -50 ถึงประมาณ 1700°C
- เหมาะกับการวัดอุณหภูมิสูง ๆ เช่น ในเตาหลอมเหล็ก อุตสาหกรรมแก้ว
- ทนทานต่อการกัดกร่อน และให้เสถียรภาพของอุณหภูมิที่ดี
ส่วนลักษณะข้อเสียเช่นเดียวกับแบบ S แต่ส่วนที่เพิ่มเติมคือ ให้ความเป็นเชิงเส้นต่ำเพิ่มอุณหภูมิต่ำกว่า 540°C

3.เทอร์โมคัปเปิลแบบ B ผลิตครั้งแรกเมื่อปี 1954 ในประเทศเยอรมัน

ข้อดีของแบบ B

- วัดอุณหภูมิต่อเนื่องได้จากช่วงประมาณ 100 ถึงประมาณ 1600°C
- วัดอุณหภูมิช่วงสั้นได้จากช่วงประมาณ 50 ถึงประมาณ 1750°C
- แข็งแรงกว่าแบบ S และแบบ R
- เหมาะกับการใช้งานในสภาวะที่มีปฏิกิริยาแบบออกซิไดซิงและสภาวะเฉื่อย ให้ความเป็นเชิงเส้นของสัญญาณ (linearity) ดี

ข้อเสียของแบบ B

- ให้แรงเคลื่อนของไฟฟ้าน้อยกว่าแบบอื่น ๆ เมื่อวัดอุณหภูมิที่เงื่อนไขเดียวกัน
- ไม่เหมาะกับสภาวะที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาแบบรีดิวซิง
- ไม่เหมาะกับสภาวะที่เป็นสุญญากาศ
- ไม่เหมาะกับสภาพงานที่มีไอของโลหะและโลหะเช่นเดียวกับแบบ R และ S
- ให้ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าสองค่า (double value region) จากอุณหภูมิในช่วง $0-42^{\circ}\text{C}$ (ดังรูปตัวอย่างด้านล่าง) ทำให้ไม่สามารถทราบได้ว่าที่แรงเคลื่อนไฟฟ้านั้นมีอุณหภูมิเป็นเท่าใด เช่นที่อุณหภูมิ 0°C จะแรงเคลื่อนไฟฟ้าเท่ากับ 42°C
- ให้ความชัน(การเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนต่ออุณหภูมิ) ของสัญญาณต่ำกว่าแบบอื่น ๆ

4.เทอร์โมคัปเปิลแบบ J พบว่าหากใช้แพลทินัมมาทำเป็นเทอร์โมคัปเปิลความคุ้มทุนก็ลดลงไป ดังนั้นเพื่อที่จะทำให้เทอร์โมคัปเปิลราคาถูกลง จึงใช้วัสดุธาตุอื่นที่มีราคาถูกกว่ามาทดแทนแพลทินัม โดยรหัสสีตามมาตรฐาน BS มีดังนี้ ถ้าขั้วบวก จะเป็นสีดำ ขั้วลบจะเป็นสีขาว ทั้งตัวจะเป็นสีดำ

ความแน่นอนตามมาตรฐาน BS 1797 Part 30 , 1993 ได้แก่

1. Class 1 = -40°C ถึง $+750^{\circ}\text{C} \pm 0.004 \times t$ หรือ $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$

2. Class 2 = -40°C ถึง $+750^{\circ}\text{C} \pm 0.0075 \times t$ หรือ $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$

เมื่อ t คือ อุณหภูมิจริง

ข้อดีของแบบ J

- ให้อัตราการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่ออุณหภูมิได้ดี
- มีราคาถูกกว่าแบบที่ทำจากธาตุบริสุทธิ์
- ตามมาตรฐาน BS 7937 Part 30 สามารถวัดอุณหภูมิได้ต่อเนื่องจากช่วงประมาณ -210 ถึง 1200°C
- เหมาะกับสภาพงานที่เป็นสภาวะทางงานที่งานที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิไดซิง และงานที่อยู่ในสภาพเฉื่อย เมื่ออุณหภูมิไม่เกิน 760°C
- นิยมใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติก
- เป็นแบบที่นิยมใช้ ราคาไม่แพง

ข้อเสียของแบบ J

- วัดอุณหภูมิได้ต่ำกว่าแบบ T
- ไม่เหมาะสมมากนักกับงานที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0°C
- หากวัดที่อุณหภูมิสูงกว่า 538°C จะเกิดปฏิกิริยาออกซิไดซิงที่สายซึ่งทำจากเหล็กด้วยอัตราสูง
- หากใช้งานนานเกินช่วง 20 ปี ส่วนผสมทางเคมี คือ แมงกานีสในเหล็กจะเพิ่มขึ้น 0.5% ทำให้คุณสมบัติของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

5.เทอร์โมคัปเปิลแบบ K ธาตุหนึ่งที่เป็นฐานสำหรับการสร้างคือ นิกเกิล เทอร์โมคัปเปิลชนิดนี้เริ่มผลิตให้เป็นมาตรฐานตั้งแต่ปี ค.ศ. 1916 โดยพื้นฐานการผลิต ขั้วหนึ่งจะเป็นนิกเกิลที่เจือปนด้วยอะลูมิเนียมส่วนอีกด้านที่เจือปนด้วยโครเมียม เพราะว่าในปี ค.ศ. 1916 ยังไม่สามารถสร้าง

นิกเกิลบริสุทธิ์ได้จึงได้เติมสารไม่บริสุทธิ์ต่าง ๆ ในส่วนผสมของวัสดุชนิด K แต่ในปัจจุบันได้มีการระมัดระวังส่วนผสมที่จะทำให้เกิดความไม่บริสุทธิ์ดังกล่าวเพื่อเหตุผลในการบำรุงรักษาและสอบเทียบ

ด้วยเหตุนี้เทอร์โมคัปเปิลชนิด K ที่กำหนดเป็นค่ามาตรฐานจะไม่ใช้โลหะผสมแต่โดยทั่วไปจะผสมธาตุพิเศษเข้าไปเพื่อปรับปรุงคุณภาพของแรงเคลื่อน/อุณหภูมิของจุดหลอมละลายที่กำหนดไว้ข้อควรระวังในการใช้งานของชนิด K มีดังนี้

1. ขั้วลบของเทอร์โมคัปเปิลจะเป็นวัสดุเฟอร์โรแมกเนติก (เหล็กที่เป็นสารแม่เหล็ก) ที่อุณหภูมิห้อง แต่ที่จุดคิวรีของมัน (curie point คืออุณหภูมิที่มันเปลี่ยนจากคุณสมบัติเหล็กไปเป็นแม่เหล็ก) อยู่ในช่วงที่ใช้งานพอดี ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนทางเอาต์พุตอย่างทันทีทันใด ยิ่งไปกว่านั้นพบว่าจุดคิวรีดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของโลหะผสม จุดคิวรีนี้จะเปลี่ยนคุณสมบัติจากเทอร์โมคัปเปิลตัวหนึ่งให้เป็นเทอร์โมคัปเปิลอีกตัวหนึ่ง ดังนั้นจึงต้องทดลองหาการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนที่ไม่ทราบค่า ณ อุณหภูมิที่เราไม่ทราบค่านี้
2. ที่อุณหภูมิสูง ๆ (ช่วง 200°C ถึง 600°C) เทอร์โมคัปเปิลชนิด K จะมีผลของฮีสเทอรีซิสเกิดขึ้นขณะที่มันอ่านค่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นและในช่วงที่อุณหภูมิลดลง ซึ่งเป็นช่วงที่ไม่สามารถจะคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนได้
3. ที่อุณหภูมิ 1000°C ขั้วของเทอร์โมคัปเปิลชนิด K จะเกิดออกไซด์ เป็นเหตุให้มีการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อน

4. การใช้โคบอลต์เป็นโลหะผสมสำหรับเทอร์โมคัปเปิลชนิด K จะทำให้เกิดปัญหาในอุตสาหกรรมนิวเคลียร์ หรือในพื้นที่อื่น ๆ ที่มีฟลักซ์นิวตรอนสูง ๆ ธาตุบางตัวจะรับเอาการปลดปล่อยนิวเคลียร์ จึงทำให้เปลี่ยนแปลงแรง เคลื่อนทางด้านเอาต์พุต

ย่านการทำงานและความแน่นอนของเทอร์โมคัปเปิลในงานอุตสาหกรรม ที่กำหนดโดยมาตรฐาน IEC 584 (รหัสสำหรับการวัดอุณหภูมิโดยใช้เทอร์โมคัปเปิล) ช่วงการวัดอุณหภูมิต่อเนื่องของเทอร์โมคัปเปิลแบบนี้จะเป็น -270°C ถึง $+1,370^{\circ}\text{C}$

โดยมีระดับความแน่นอนซึ่งกำหนดโดยมาตรฐาน IEC 584 (ตารางอ้างอิงสำหรับเทอร์โมคัปเปิลนานาชาติ เป็นดังนี้

1. Class 1 = -40°C ถึง $+1,000^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.004 \times t$ หรือ $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$

2. Class 2 = -40°C ถึง $+1,200^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.0075 \times t$ หรือ $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$

3. Class 1 = -200°C ถึง $+40^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.015 \times t$ หรือ $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$

เมื่อ t อุณหภูมิจริงที่ทำการวัด

รหัสสำหรับสายเทอร์โมคัปเปิลกำหนดโดยมาตรฐาน BS 4937 part 30 ,1993

(รหัสสีตามมาตรฐานอังกฤษสำหรับสายชุดเซตแบบคู่ของเทอร์โมคัปเปิล) สำหรับชนิด K ขั้วบวกจะเป็นสี เขียว ขั้วลบจะเป็นสีขาว ถ้าตลอดทั้งตัวจะเป็นสีเขียว ส่วนสายชุดเซตสัญญาณ (ชนิด vx) ก็เหมือนกับสีด้านบนที่ กล่าวมา โดยสรุป

ข้อดีของแบบ K

- เป็นแบบที่นิยมใช้แพร่หลายมากที่สุด
- สำหรับการวัดอุณหภูมิช่วงสั้น ๆ จะวัดได้จาก -180°C ถึงประมาณ $1,350^{\circ}\text{C}$
- สามารถใช้วัดในงานที่มีปฏิกิริยาออกซิไดซิง หรือสภาวะแบบเฉื่อย(inert) ได้ดีกว่าแบบอื่น ๆ
- สามารถใช้กับสภาพงานที่มีการแผ่รังสีความร้อนได้ดี
- ให้อัตราการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่ออุณหภูมิดีกว่าแบบอื่น ๆ (ความชันเกือบเป็น 1) และมีความเป็นเชิงเส้นมากที่สุดในบรรดาเทอร์โมคัปเปิลด้วยกัน

ข้อเสียของแบบ K

- ไม่เหมาะกับการวัดที่ต้องสัมผัสกับปฏิกิริยารีดิวซิงและออกซิไดซิงโดยตรง
- ไม่เหมาะกับงานที่มีไอของซัลเฟอร์
- ไม่เหมาะกับสภาพงานที่เป็นสุญญากาศ (ยกเว้นจะใช้ในช่วงเวลาสั้น ๆ)
- หลังการใช้งานไป 30 ปี ทำให้ส่วนผสมทางเคมีเปลี่ยนไป เป็นผลทำให้คุณสมบัติของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเปลี่ยนไป

6.เทอร์โมคัปเปิลแบบ T

ข้อดีของแบบ T

- ดีกว่าแบบ K ตรงที่สามารถวัดอุณหภูมิได้ต่ำกว่า นั่นคือเหมาะกับการวัดอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ เช่นในห้องเย็น ตู้แช่แข็ง
- ให้ความแน่นอนในการวัดดีกว่าแบบ K (ช่วงที่ต่ำกว่า 100°C ความแน่นอนจะเป็น $\pm 1\%$)

- มีเสถียรภาพในการวัดอุณหภูมิดี
- การวัดสภาพงานที่เป็นสุญญากาศงานที่มีปฏิกิริยาแบบออกซิไดซิงรีดิวซิงและงานที่มีปฏิกิริยาแบบเฉื่อยจะทำได้ดี
- วัดอุณหภูมิอย่างต่อเนื่องได้จากช่วง -185 ถึง 300°C และวัดอุณหภูมิแบบช่วงสั้น ๆ ได้จากช่วง -250 ถึง 400°C
- ทนต่อบรรยากาศที่มีการกัดกร่อนได้ดี

ข้อเสียของแบบ T

- เป็นแบบที่วัดอุณหภูมิช่วงบวกได้น้อยกว่าแบบอื่นๆ
- หากใช้วัดอุณหภูมิที่สูงกว่า 370°C จะทำให้เกิดออกไซด์มาก
- ไม่เหมาะกับการวัดอุณหภูมิที่สัมผัสกับการแผ่รังสีความร้อนโดยตรง (ทำให้ส่วนผสมของวัสดุที่ใช้ทำเปลี่ยนไป คุณสมบัติทางไฟฟ้าเปลี่ยนไปด้วย)
- เมื่อใช้งานไปนาน ๆ ในช่วง 20 ปี ส่วนผสมของนิเกิลและสังกะสี จะเพิ่มประมาณ 10% ทำให้คุณสมบัติทางไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน
- คุณสมบัติของแรงเคลื่อนต่ออุณหภูมิไม่เป็นเชิงเส้น (แต่ก็ปรับปรุงได้จากวงจรปรับสภาพสัญญาณ)

7.เทอร์โมคัปเปิลชนิด E

ข้อดีของแบบ E

- ให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงสุดเมื่อวัดอุณหภูมิเทียบกับแบบอื่น ๆ ในสภาวะเดียวกัน
- วัดอุณหภูมิต่อเนื่องได้จากช่วง 0 ถึง 800°C
- คุณสมบัติอื่น ๆ คล้ายกับแบบ K

การแก้ไขให้ระบบวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปิลให้ทำงานได้ดีขึ้น ต้องปฏิบัติดังนี้

1. ใช้สายเทอร์โมคัปเปิลขนาดใหญ่ที่สุดที่จะเป็นไปได้ เพราะมันจะไม่พวงเอาความร้อนออกจากพื้นที่การวัดเข้ามา
2. ถ้าต้องการใช้สายขนาดเล็ก ๆ ให้ใช้เฉพาะในขอบเขตที่ทำการวัด และใช้สายขยาย (extension wire) ในขอบเขตที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกลางสาย
3. หลีกเลี่ยงความเค้นทางกลและการสั่นสะเทือนที่มีผลให้เกิดความเครียดในสาย
4. เมื่อใช้สายเทอร์โมคัปเปิลยาว ๆ ให้ต่อชิลด์ที่สายไปยังขั้วต่อสายของดิจิตอลโวลต์ มิเตอร์ และใช้สายขยายสัญญาณแบบบิตเกลียว
5. หลีกเลี่ยงบริเวณที่เต็มไปด้วยการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิกลางสาย
6. พยายามเลือกสายเทอร์โมคัปเปิลในพิสัยอุณหภูมิของมัน
7. ป้องกันวงจรแปลง integrate A/D จากการรบกวน
8. ใช้สายขยายเฉพาะที่อุณหภูมิต่ำ ๆ และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกลางสายน้อย ๆ
9. ทดสอบและเก็บค่าความต้านทานของเทอร์โมคัปเปิลเก่า ๆ ไว้ พร้อมกับวัดค่าความต้านทานของเทอร์โมคัปเปิลเก็บไว้เป็นช่วง ๆ

ระบบท่อ ปัม เครื่องอัดอากาศและเครื่องระบายอากาศ

ท่อแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆคือ

- ท่อโลหะ
- เหล็กกล้า เหล็กหล่อ อลูมิเนียม ทองแดง หรือทองแดงผสม
- ท่อพลาสติก
- ชนิดเทอร์โมพลาสติก (thermoplastic) เป็นเรซินที่อ่อนตัวเมื่อได้รับความร้อน และแข็งตัวเมื่อได้รับความเย็นสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ ได้แก่ โพลีไวนิลคลอไรด์ (PVC) คลอรีเนตโพลีไวนิลคลอไรด์ (CPVC) โพลีเอทิลีน (PE) โพรลีน (PP) อะครีโลไนไตรล์บิวตาไดอีนสไตรีน (ABS) ฟลูออโรคาร์บอนต่างๆ
- ชนิดเทอร์โมเซต (thermoset) เป็นพลาสติกแข็งที่มีความแข็งแรงไม่สามารถยืดหยุ่นได้ และเมื่อบ่มตัวเสร็จแล้วหลังการผลิตไม่สามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้อีก ใช้ประโยชน์ในด้านเสริมความแข็งแรง

หน้าที่ของวาล์ว

- การเริ่มการไหลแล้วหยุดการไหล เกทวาล์ว บอลวาล์ว และปลั๊กวาล์ว
- การปรับระดับการไหล วายวาล์ว โกลบวาล์ว วาล์วผีเสื้อ แองเกิลวาล์ว นีดเดิลวาล์วรวมถึงไดอะแฟรมวาล์ว
- การป้องกันการไหลย้อนกลับ หรือตรวจสอบการไหล เช็ควาล์ว สวิงเช็ควาล์ว
- การปรับลดความดัน
- การระบายความดัน วาล์วนิรภัย วาล์วระบายความดัน
- วาล์วเปลี่ยนทิศทางการไหล ได้แก่ วาล์วสามทาง

ประเภทและลักษณะการทำงานของปั๊ม

1. ปั๊มแบบลูกสูบชัก

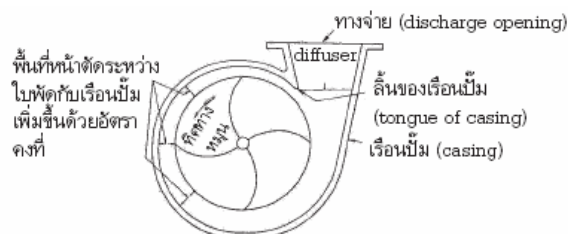
2. ปั๊มโรตารี- ปั๊มโรตารีแบบเฟือง (gear pump) นิยมมากโครงสร้างที่ง่าย ราคาถูก สร้างความดันได้สูง

ปั๊มแบบสกรู (Screw pump) ลักษณะของโรเตอร์จะเป็นสกรูเมื่อสกรูหมุนของเหลวจะถูกพาให้เคลื่อนตัว

ไปตามร่องเกลียวของสกรูจนถึงทางออก

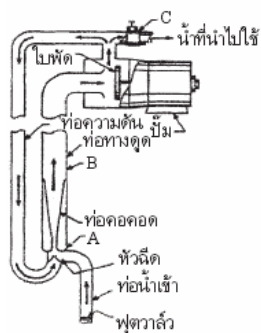
ปั๊มแบบอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (centrifugal pump)

จะอาศัยการหมุนของใบพัดหรืออิมเพลอร์ทำให้คลิ๊ปใบพัดผลักดันของเหลวที่อยู่รอบๆ ทำให้เกิดการไหลแนวสัมผัสกับเส้นรอบวง

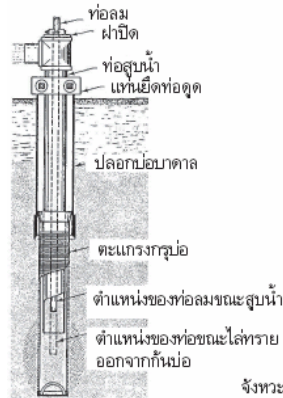


ภาพที่ 8.20 ลักษณะทั่วไปและการไหลของของเหลวขณะออกจากใบพัดของปั๊ม

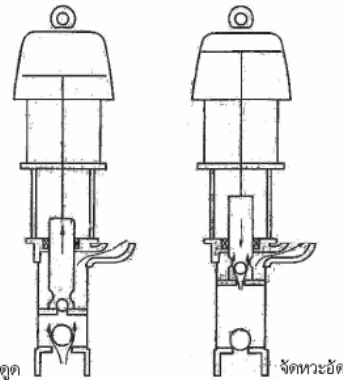
ปั๊มลักษณะพิเศษ (special pump) ออกแบบมาเพื่อวัตถุประสงค์การใช้งานอย่างใดอย่างหนึ่งโดยเฉพาะเท่านั้น



ภาพที่ 8.28 ปั๊มแบบพ่น

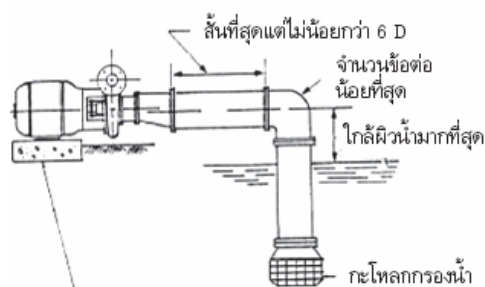


ก. ผ่านท่อ



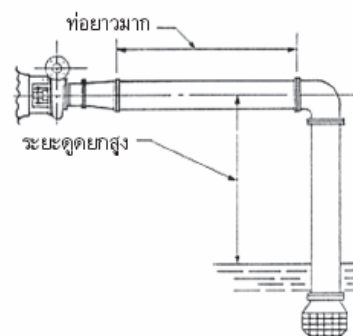
ข. ดันลูกสูบ

ภาพที่ 8.29 ปั๊มแบบอัดอากาศ



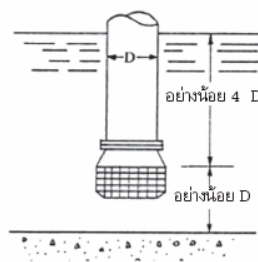
ตั้งอยู่บนแท่นที่มั่นคงแข็งแรง

ก. การติดตั้งที่ถูกต้อง

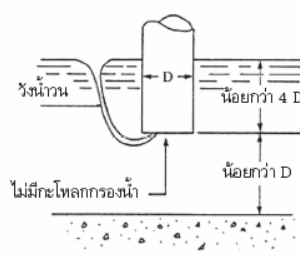


ข. การติดตั้งที่ผิด

ภาพที่ 8.37 แสดงลักษณะการติดตั้งที่ควรใช้และไม่ควรใช้



ก. การติดตั้งที่ถูกต้อง

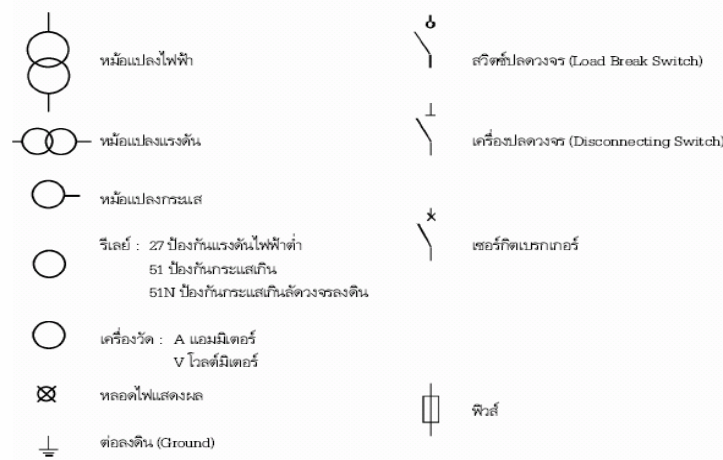


ข. การติดตั้งที่ผิด

ภาพที่ 8.40 แสดงอุปกรณ์และความลึกของปลายท่อจากผิวหน้า

1. สัญลักษณ์ทางไฟฟ้าตามมาตรฐานสากล

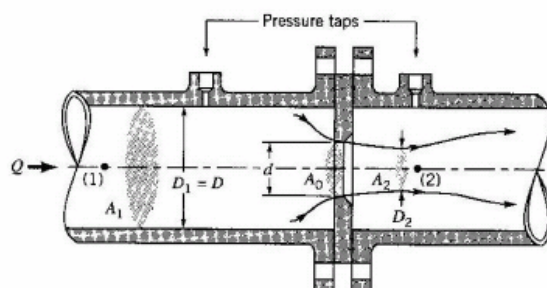
สัญลักษณ์ส่วนใหญ่จะใช้มาตรฐานอเมริกา หรือตามมาตรฐาน IEC ตามมาตรฐาน IEC



การสร้างเครื่องวัดค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับเตาชีวมวล

การสร้าง orifice เพื่อวัดอัตราการไหลของอากาศ

1.1 ออร์ิฟิซมิเตอร์ (orifice meter) สร้างขึ้นจากการแทรกแผ่นเรียบที่มีรูเจาะตรงกลาง เข้าไปในระหว่างสองหน้าแปลนของท่อ ดังแสดงในภาพที่ 7.32



ภาพที่ 7.32 ออร์ิฟิซมิเตอร์ (orifice meter)

ที่มา: Munson B.R., Young D.F., and Okishi T.H., *Fundamentals of Fluid Mechanics*. 2002. p.530.

สมการที่ใช้ในการคำนวณอัตราการไหลคือ

$$Q = C_0 Q_{ideal} = C_0 A_0 \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho(1 - \beta^4)}}$$

วัสดุ/อุปกรณ์

1. ท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว ยาวประมาณ 10 เซนติเมตร
2. แผ่นเหล็กบาง
3. สายยาง
4. น็อตเกลียว
5. กาวตราช้าง

วิธีการสร้างเครื่องมือ

1. นำข้อต่อ ท่อพีวีซี ยาวประมาณ 10 เซนติเมตร มาเจาะรูบนท่อพีวีซี 2 จุด ให้ทั้งสองจุดห่างจากจุดกึ่งกลางท่อในระยะที่เท่ากัน
2. นำแผ่นเหล็กมาเจาะรู ใส่ลงตรงกลางของท่อพีวีซีพร้อมทากาว
3. ต่อท่อเกลียวกับมานอมิเตอร์



การสร้างมานอมิเตอร์ เพื่อวัดความดันของ ของไหล (ของเหลวและก๊าซ)

มานอมิเตอร์ (manometer) ซึ่งเป็นหลอดรูปตัว U ที่มีของเหลวบรรจุอยู่ (โดยมากจะเป็นปรอท) ปลายด้านหนึ่งต่อเข้ากับภาชนะซึ่งมีความดัน P_2 ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งเปิดให้อากาศเข้า ซึ่งจะมีความดันเป็น $P_1 = P_{atm}$ ถ้า $P_2 > P_1$ จะทำให้ของเหลวในด้านปลายเปิดสูงกว่าด้านปลายปิด ถ้าจุด B เป็นจุดบนผิวของของเหลวที่อยู่ในด้านปลายเปิด และ จุด A เป็นจุดที่อยู่ในแนวระดับเดียวกับจุด B (ดังนั้น $P_A = P_B$) เราจะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$\begin{aligned} P_A &= P_B \\ P_1 + \rho gh &= P_2 \\ P_{atm} + \rho gh &= P_2 \\ \therefore P_2 - P_{atm} &= \rho gh \end{aligned}$$

ความสูง h จะมีค่าเป็นสัดส่วนกับ $P_2 - P_{atm}$ ซึ่งค่า ρgh นี้เราเรียกว่า ความดันเกจ (gauge pressure) ส่วนค่า P_2 ซึ่งเป็นค่าความดันเกจบวกกับความดันบรรยากาศ เราเรียกว่า ความดันสัมบูรณ์

วัสดุ/อุปกรณ์

1. สายดัลบีเมตร ยาว 150 เซนติเมตร
2. แผ่นไม้
3. สายยาง ยาว 5 เมตร
4. แท่งเหล็กสำหรับสร้างฐาน
5. ตะปู และห่วงเหล็กยึดสายยาง

วิธีการสร้างเครื่องมือ

1. นำสายวัดจากดัลบีเมตรไปติดไว้กับแผ่นไม้ ยึดด้วยตะปูขนาดเล็ก
2. วางสายยางให้เป็นรูปตัวยู ล้อมรอบสายวัด ยึดสายยางกับห่วงเหล็กและตะปู
3. นำแท่งเหล็กมาสร้างฐาน เพื่อยึดกับแผ่นไม้



การสร้างเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger)

วัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อนหรือแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างของไหลสองชนิดที่เป็นของไหลร้อนและของไหลเย็น

ชนิดของการแลกเปลี่ยนความร้อน

การแบ่งประเภทของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม สามารถกระทำได้ 2 วิธี คือ แบ่งตามสภาวะของของไหลที่ใช้ และแบ่งตามลักษณะการใช้งาน ดังนี้คือ

การแบ่งตามสภาวะของไหลที่ใช้

1. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างของเหลว-ของเหลว เป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนประเภทที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสภาวะของของไหลทั้ง 2 ชนิด เช่น น้ำมันกันหอกลับและน้ำมันดิบที่ป้อนเข้าหอกลับ เป็นต้น
2. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างของเหลว-ของเหลว ชนิดที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาวะของของไหลทั้ง 2 ชนิด โดยของเหลวชนิดหนึ่งจะเปลี่ยนสภาวะเป็นก๊าซหรือระเหยเป็นไอในระหว่างแลกเปลี่ยนความร้อน เช่น เครื่องต้มซ้ำ (Reboiler) ของหอกลับน้ำมัน ซึ่งใช้น้ำมันอุณหภูมิสูงเป็นแหล่งความร้อน
3. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างก๊าซ-ก๊าซ ชนิดไม่มีการเปลี่ยนแปลงสภาวะ ไม่เกิดการควบแน่นเป็นของเหลว เช่น เครื่องอุ่นอากาศที่ใช้ก๊าซทิ้งเป็นแหล่งความร้อน
4. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างก๊าซ-ก๊าซ ชนิดที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาวะ โดยชนิดหนึ่งจะมีการควบแน่นเป็นของเหลว เช่น เครื่องกระจายความร้อน (Radiator) สำหรับทำความอบอุ่นในห้อง โดยทำอากาศให้อุ่นด้วยไอน้ำ
5. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างก๊าซ-ของเหลว ชนิดไม่มีการเปลี่ยนแปลงสภาวะ โดยชนิดหนึ่งเป็นก๊าซและอีกชนิดหนึ่งเป็นของเหลว เช่น เครื่องอุ่นน้ำป้อน ที่ใช้ก๊าซทิ้งจากหม้อไอน้ำเป็นแหล่งความร้อน
6. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างก๊าซ-ของเหลว ชนิดที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาวะ เช่น หม้อไอน้ำแบบท่อ ซึ่งระเหยน้ำให้เป็นไอน้ำด้วยก๊าซสันดาป และเครื่องควบแน่น ซึ่งควบแน่นไอให้เป็นของเหลวด้วยน้ำระบายความร้อน

การแบ่งประเภทตามจุดประสงค์การใช้งาน

อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสามารถแบ่งตามประเภทจุดประสงค์การใช้งานหรือลักษณะการใช้งานนั้น ได้แก่

1. เครื่องระเหย(Evaporator)หรือหม้อเดี่ยว(Concentrator)การใช้งานคือการระเหยของเหลวให้เป็นไอเพื่อใช้ไอน้ำที่เกิดขึ้นให้เป็นประโยชน์หรือเพื่อให้ได้ของเหลวที่เข้มข้นขึ้น
2. เครื่องอุ่น หรือเครื่องทำให้ร้อนล่วงหน้า (Preheater) จุดประสงค์ก็เพื่อทำให้ของไหลร้อนล่วงหน้า ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของกระบวนการ โดยทั่วไปมักจะเรียกชื่อตามตำแหน่งข้างหน้าของการใช้งาน

หรือตามประเภทของของไหลที่ถูกอุ่นให้ร้อน เช่น เครื่องอุ่นน้ำป้อนหม้อไอน้ำ (Boiler Feed Water Preheater) เป็นต้น

3. เครื่องทำให้อุ่น (Heater) จุดประสงค์ก็เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้กับของไหลให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น
4. เครื่องทำให้อุ่นยิ่งยวด (Superheat-heater) เครื่องนี้จะทำหน้าที่เพิ่มความร้อนให้กับของไหลที่ถูกทำให้อุ่นมาแล้ว เพื่อที่จะทำให้อยู่ในสภาพร้อนยิ่งยวด เช่น เครื่องดงไอ (Steam Superheater)
5. เครื่องต้มซ้ำ (Reboiler) เครื่องนี้ทำหน้าที่ให้ความร้อนให้กับของเหลวเพื่อที่จะระเหยให้เป็นไออีกครั้ง
6. เครื่องควบแน่น (Condenser) จุดประสงค์ที่สำคัญก็เพื่อควบไอให้กลายเป็นของเหลว เช่น เครื่องควบแน่นไอน้ำ
7. เครื่องควบแน่นหมด (Total Condenser) เครื่องนี้เป็นเครื่องควบแน่นชนิดหนึ่งที่ใช้กับหม้อกลั่นได้รับการออกแบบให้สามารถควบแน่นไอที่ออกมาจากยอดหม้อกลั่นได้ทั้งหมด
8. เครื่องควบแน่นบางส่วน (Partian Condenser) เครื่องควบแน่นประเภทผลิตขึ้นใช้กับหม้อกลั่น มีจุดประสงค์เพื่อควบแน่นบางส่วนให้กลายเป็นของเหลว
9. เครื่องระบายความร้อน (Cooler) เครื่องนี้ทำหน้าที่ระบายความร้อนให้กับของไหลเพื่อลดอุณหภูมิของของไหล
10. เครื่องทำให้เย็นจัด (Chillier) ทำหน้าที่ลดอุณหภูมิของของไหลให้ต่ำลงมาก โดยใช้สารทำความเย็น (Refrigeration) เช่น ฟรอน แอมโมเนีย เป็นต้น

วัสดุ/อุปกรณ์

1. ท่อเหล็กเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร ยาว 20 เซนติเมตร
2. ท่อทองแดงขนาดเล็ก เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ยาว 150 เซนติเมตร
3. สายยาง ยาว 5 เมตร
4. กาวตราช้าง
5. ลวด

วิธีการสร้างเครื่องมือ

1. นำท่อทองแดงขนาดเล็ก มาขดให้เป็นทรงกรวยให้ได้ขนาด สามารถนำไปใส่ในท่อได้
2. เจาะรูท่อเหล็ก ด้านบน 1 รู ด้านล่าง 1 รู ให้ท่อทองแดงขนาดเล็กสามารถลอดผ่านรูได้
3. นำสายยางมาต่อกับท่อทองแดงทั้งสองด้าน อัดการรอยต่อให้แน่น



ภาคผนวก ฉ
ภาพกิจกรรมครูวิจัยพลังงาน

กลุ่มไบโอดีเซล



กลุ่มก๊าซชีวภาพ



กลุ่มก๊าซชีววมวลและเชื้อเพลิงแข็ง



กลุ่มลม



กลุ่มอนุรักษ์



กลุ่มอบแห้ง



กลุ่มพลังงานน้ำ



นำเสนอผลงานในวันที่ 29 เม.ย. 52



