

สัปดาห์ที่ 13  
หน่วยที่ 6  
เรื่อง  
วัฏจักรดีเซล

**แผนการจัดการเรียนรู้แบบมุ่งเน้นสมรรถนะอาชีพ  
และบูรณาการตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง  
/ ผล 5 มิติ / นโยบาย 3 D และ 11 ดี 11 เก่ง**

รหัสวิชา 3101-2002

วิชา งานสันดาปภายใน

หน่วยที่ 6

ชื่อหน่วย วัฏจักรดีเซล

ชื่อเรื่อง

จำนวน3 ชั่วโมง

6.3 กระบวนการ 3-4 กระบวนการขยายตัวแบบอะเดียมาติกตามกฎ  $PV^k = C$  ของวัฏจักรดีเซล

6.4 กระบวนการ 4-1 กระบวนการปล่อยหรือคายความร้อนออกในช่วงปริมาตรคงที่ของวัฏจักรดีเซล

### 1. สาระสำคัญ

1. เป็นการขยายตัวแบบอะเดียมาติกตามกฎ  $PV^k = C$  ความดันลดลงจาก  $P_3$  มาเป็น  $P_4$  อุณหภูมิลดลงจาก  $T_3$  มาเป็น  $T_4$  ปริมาตรเพิ่มขึ้นจาก  $V_3$  ไปเป็น  $V_4$  เอนโทรปีคงที่เท่าเดิม  $S_3 = S_4$
2. เป็นการปล่อยหรือคายความร้อนออกในช่วงปริมาตรคงที่ที่ปริมาตรคงที่เท่าเดิมที่  $V_4 = V_1$  ความดันลดลงจาก  $P_4$  มาเป็น  $P_1$  อุณหภูมิลดลงจาก  $T_4$  มาเป็น  $T_1$  เอนโทรปีลดลงจาก  $S_4$  มาเป็น  $S_1$

### 2. สมรรถนะประจำหน่วยการเรียนรู้

1. อธิบายความหมายกระบวนการขยายตัวแบบอะเดียมาติกของวัฏจักรดีเซลได้อย่างถูกต้อง
2. คำนวณหาความร้อนที่ป้อนเข้าระบบของวัฏจักรดีเซลได้อย่างถูกต้อง
3. คำนวณหาความดันสูงสุดของวัฏจักรดีเซลได้อย่างถูกต้อง
4. คำนวณหาอุณหภูมิของวัฏจักรดีเซลได้อย่างถูกต้อง
5. อธิบายความหมายของกระบวนการปล่อยหรือคายความร้อนออกในช่วงปริมาตรคงที่ได้อย่างถูกต้อง
6. คำนวณหาความร้อนที่คายออกจากระบบของวัฏจักรดีเซลได้อย่างถูกต้อง

### 3. จุดประสงค์การเรียนรู้

#### 3.1 จุดประสงค์ทั่วไป

1. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายกระบวนการขยายตัวแบบอะเดียมาติกได้อย่างถูกต้อง
2. นักเรียนสามารถคำนวณหาความร้อนที่ป้อนเข้าระบบของวัฏจักรดีเซลได้อย่างถูกต้อง
3. นักเรียนสามารถหาคำนวณหาความดันสูงสุดของวัฏจักรดีเซลได้อย่างถูกต้อง
4. นักเรียนสามารถคำนวณหาอุณหภูมิของวัฏจักรดีเซลได้อย่างถูกต้อง
5. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของกระบวนการปล่อยหรือคายความร้อนออกในช่วงปริมาตรคงที่ได้อย่างถูกต้อง

### 3.2 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. สามารถคำนวณหาความร้อนที่ป้อนเข้าระบบของวัฏจักรดีเซลได้อย่างถูกต้อง
2. สามารถคำนวณหาความดันสูงสุดของวัฏจักรดีเซลได้อย่างถูกต้อง
3. สามารถคำนวณหาอุณหภูมิของวัฏจักรดีเซลได้ได้อย่างถูกต้อง

### 4. เนื้อหาสาระการสอน/การเรียนรู้

#### 4.1 ด้านความรู้

- กระบวนการสันดาปภายในของวัฏจักรดีเซล

#### 4.2 ด้านทักษะหรือปฏิบัติ

- การคำนวณหาค่างานสุทธิ, ประสิทธิภาพทางความร้อน, ความดันยังผลเฉลี่ย

#### 4.3 ด้านคุณธรรม/จริยธรรม/จรรยาบรรณ/บูรณาการเศรษฐกิจพอเพียง

- ความมีวินัย : การแต่งกาย , การตรงต่อเวลา
- ความรับผิดชอบ : ทำงานเสร็จทันตามเวลาที่ กำหนด
- ความสนใจใฝ่รู้ : มีความสนใจในการหาความรู้เพิ่มเติม , การกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้
- ความมีมนุษยสัมพันธ์ : ยอมรับความคิดเห็นผู้อื่น
- ความอดทน อดกลั้น : มีสติควบคุมอารมณ์ได้ดี
- ความซื่อสัตย์สุจริต : ไม่นำผลงานผู้อื่นมาแอบอ้างเป็นของตน
- การประหยัด : ใช้วัสดุที่เหมาะสมกับงาน , ปิดไฟฟ้า ทุกครั้งที่เลิกใช้
- ความกตัญญูกตเวที : อาสาช่วยเหลือและถือของช่วยครู –อาจารย์

## 5. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมครู	ขั้นตอนการเรียนรู้หรือกิจกรรมของผู้เรียน
<p><b>ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (10 นาที)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ครูทบทวนวัฏจักรอัตราโต</li> </ol> <p><b>ขั้นการสอน (60 นาที)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ครูวาดแผนภาพและทบทวนสมการของวัฏจักรดีเซล</li> <li>2. ครูอธิบายความหมายกระบวนการขยายตัวแบบอะเดียมาติกตามกฎ ของวัฏจักรดีเซล</li> <li>3. ครูอธิบายความหมายกระบวนการปล่อยหรือคายความร้อนออกในช่วงปริมาตรคงที่ของวัฏจักรดีเซล</li> <li>4. ครูสาธิตตัวอย่างของวัฏจักรดีเซลจำนวน 1 ข้อ</li> <li>5. ครูเปิดโอกาสให้ซักถามข้อสงสัย</li> </ol> <p><b>ขั้นพยายาม(80 นาที)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ครูให้นักศึกษาฝึกปฏิบัติวาดแผนภาพและเขียนสมการของวัฏจักรดีเซล</li> <li>2. ครูให้ทำแบบฝึกหัดที่ 6.2 จำนวน 1 ข้อ</li> </ol> <p><b>ขั้นสรุป ( 30 นาที )</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ครูให้ส่งฝึกหัด</li> <li>2. ครูเฉลยแบบฝึกหัด</li> <li>3. ครูสรุปเนื้อหาเพิ่มเติม</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ผู้เรียนทั้งชั้น แสดงความคิดเห็นตามหัวข้อที่ครูซักถาม</li> </ol> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ผู้เรียนตั้งใจฟังการบรรยายและจดบันทึกเนื้อหาจากคำบรรยายได้สมบูรณ์</li> <li>2. ผู้เรียนตั้งใจฟังการบรรยายและจดบันทึกเนื้อหาจากคำบรรยายได้สมบูรณ์</li> <li>3. ผู้เรียนตั้งใจฟังการบรรยายและจดบันทึกเนื้อหาจากคำบรรยายได้สมบูรณ์</li> <li>4. ผู้เรียนตั้งใจฟังการบรรยายและจดบันทึก</li> <li>5. ผู้เรียนซักถามข้อสงสัย</li> </ol> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ผู้เรียนฝึกปฏิบัติวาดแผนภาพและเขียนสมการของวัฏจักรดีเซล</li> <li>2. ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดที่ 6.2 จำนวน 1 ข้อ</li> </ol> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ผู้เรียนนำแบบฝึกหัดมาส่ง</li> <li>2. ผู้เรียนทราบเฉลย</li> <li>3. ผู้เรียนทั้งหมดตั้งใจฟัง</li> </ol>

## 6. สื่อการเรียนการสอน/การเรียนรู้

### 6.1 สื่อสิ่งพิมพ์

- หนังสืองานสัปดาห์ภายใน
- เอกสารประกอบการสอน

### 6.2 สื่อโสตทัศน

-

### 6.3 สื่อของจริง

-

## 7. แหล่งการเรียนการสอน/การเรียนรู้

### 7.1 ภายในสถานศึกษา

- ติวเตอร์บริการ
- ห้องสมุดชมรมวิชาชีพช่างยนต์
- ห้อง Internet ช่างยนต์

### 7.2 ภายนอกสถานศึกษา

- ห้องสมุดมหาวิทยาลัยมหาสารคาม
- ห้องสมุดมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
- ร้าน Internet

## 8. งานที่มอบหมาย

### 8.1 ก่อนเรียน

-

### 8.2 ขณะเรียน

- ให้ผู้เรียนจดคำอธิบาย ประกอบการบรรยายของครู
- ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบ

### 8.3 หลังเรียน

- ให้ผู้เรียนเฉลยแบบทดสอบ
- ให้ผู้เรียนไปศึกษา เรื่องวัฏจักรดีเซลมาล่วงหน้า

### 9. ผลงาน/ชิ้นงาน ที่เกิดจากการเรียนรู้ของผู้เรียน

-

### 10. เอกสารอ้างอิง

ชนะชัย กสิภาร. เครื่องยนต์สันดาปภายใน. พิมพ์ครั้งที่8, กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชวนพิมพ์  
มนตรี พิรุณเกษตร.เทอร์โมไดนามิกส์.พิมพ์ครั้งที่2, กรุงเทพฯ:วิทย์พัฒนา  
รุ่งสุรีย์ ใจเขื่อนแก้ว.เครื่องยนต์สันดาปภายในและภายนอก. พิมพ์ครั้งที่7, กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น  
วินิจ นีวาสะบุตร.การวิเคราะห์การสันดาป. พิมพ์ครั้งที่7, กรุงเทพฯ:โรงพิมพ์เจริญธรรม,2527  
ศรีณรงค์ คู่ทองคำ. ค่าคงที่สากลของก๊าซ.พิมพ์ครั้งที่5, กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์พี.เอ็ด,2524

### 11. การบูรณาการ/ความสัมพันธ์กับรายวิชาอื่น

วิชา เทอร์โมไดนามิกส์

### 12. หลักการประเมินผลการเรียน

#### 12.1 ก่อนเรียน

- สังเกตจากคำถาม ของผู้เรียน

#### 12.2 ขณะเรียน

- สังเกตจากคำถาม ของผู้เรียน

#### 12.3 หลังเรียน

- แบบทดสอบ

### 13. รายละเอียดการประเมินผลการเรียน

#### 13.1 คะแนนระหว่างภาคเรียน ร้อยละ 80 ได้จาก


- แบบทดสอบหลังเรียน ร้อยละ 20
- ใบงาน ร้อยละ 20
- การปฏิบัติงานกลุ่ม ร้อยละ 30
- แบบฝึกหัด ร้อยละ 10

#### 13.2 คะแนนคุณธรรมและ จริยธรรม ร้อยละ 20 ได้จาก

- ความตรงต่อเวลา ร้อยละ 5
- ความมีระเบียบ วินัย ร้อยละ 5
- ความรับผิดชอบ ร้อยละ 5
- ความซื่อสัตย์ ร้อยละ 5

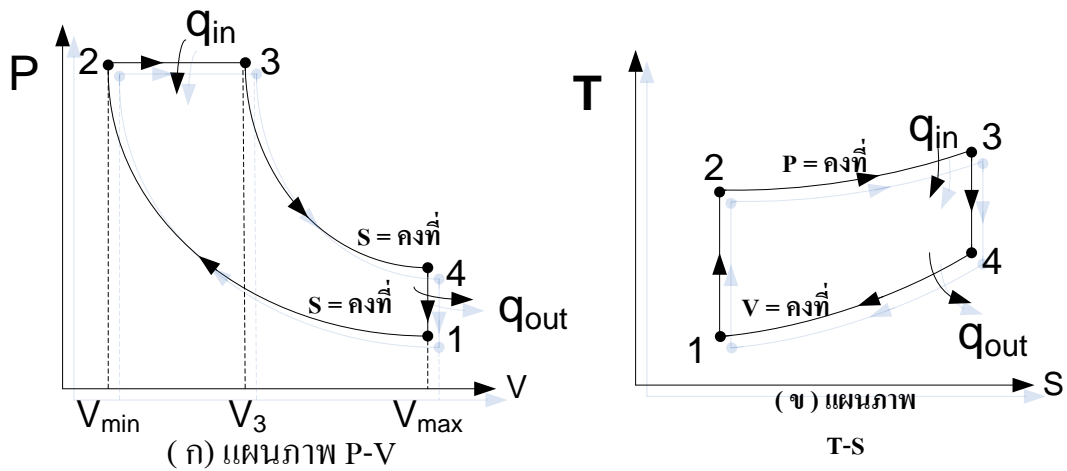
การประเมินผล นำคะแนนที่ได้จากการวัดผลมาประเมิน โดยยึดหลักเกณฑ์การประเมินผลของวิทยาลัยเทคนิคมหาสารคาม ซึ่งกำหนดดังนี้

อัตราคะแนน	ระดับคะแนน
80 – 100	4.0
75 – 79	3.5
70 – 74	3.0
65 – 69	2.5
60 – 64	2.0
55 – 59	1.5
50 – 54	1.0
0 – 49	0

	<b>แผนการสอน</b>	หน่วยที่ 6	หน้าที่ 1
	วิชา งานเครื่องยนต์สันดาปภายใน	สอนครั้งที่ 13	
	ชื่อหน่วยวัฏจักรดีเซล	จำนวน 3 ชั่วโมง	


**วัฏจักรดีเซล (Diesel cycle)**


วัฏจักรนี้ตั้งเพื่อชื่อตามนักประดิษฐ์ ชื่อ Rudolph Diesel (ค.ศ. 1858 – 1913) ซึ่งได้จดทะเบียนสิทธิบัตรไว้ในเยอรมัน เราได้ประดิษฐ์ระบบการทำงานของเครื่องยนต์แบบใช้หัวฉีดสำหรับฉีดน้ำเชื้อเพลิง โดยครั้งแรกใช้ถ่านหินเผาไหม้ภายในกระบอกสูบ แต่ในที่สุดได้เกี่ยวมาใช้เชื้อเพลิงเหลว ซึ่งเรียกกันทั่วไปว่า เครื่องยนต์ดีเซล วัฏจักรนี้ดำเนินไปดังนี้



- กระบวนการ 1 – 2**      จัดเตรียมอะเดียบาตริก ตามกฎ  $PV^k = C$   
 ความดันเนื่องจาก  $P_1$  ไปเป็น  $P_2$   
 อุณหภูมิเริ่มจาก  $T_1$  ไปเป็น  $T_2$   
 ปริมาตรลดลงจาก  $V_1$  มาเป็น  
 เอนโทรปีเพิ่มขึ้นจาก  $S_1 = S_2$
- กระบวนการ 2 – 3**      รับความร้อนโดยความดันคงที่  
 ความดันคงที่เท่าเดิมที่  $P_2 = P_3$   
 อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก  $T_2$  ไปเป็น  $T_3$   
 ปริมาตรเพิ่มขึ้นจาก  $V_2$  ไปเป็น  $V_3$   
 เอนโทรปีเพิ่มขึ้นจาก  $S_2 = S_3$



	<b>แผนการสอน</b>	หน่วยที่ 6	หน้าที่ 2
	วิชา งานเครื่องยนต์สันดาปภายใน	สอนครั้งที่ 13	
	ชื่อหน่วยวัฏจักรดีเซล	จำนวน 3 ชั่วโมง	
<p><b>กระบวนการ 3-4</b></p> <p>ขยายตัวแบบจะเดียมาติดคามกฎ <math>PV^k = C</math></p> <p>ความดันลดลงจาก <math>P_3</math> มาเป็น <math>P_4</math></p> <p>อุณหภูมิลดลงจาก <math>T_3</math> มาเป็น <math>T_4</math></p> <p>ปริมาตรเพิ่มขึ้นจาก <math>V_3</math> ไปเป็น <math>V_4</math></p> <p>เอนโทรปีคงที่เท่าเดิม <math>S_3 = S_4</math></p> <p><b>กระบวนการ 4-1</b></p> <p>เป็นการปล่อยหรือคายความร้อนออกในช่วงปริมาตรคงที่</p> <p>ปริมาตรคงที่เท่าเดิมที่ <math>V_4 = V_1</math></p> <p>ความดันลดลงจาก <math>P_4</math> มาเป็น <math>P_1</math></p> <p>อุณหภูมิลดจาก <math>T_4</math> มาเป็น <math>T_1</math></p> <p>เอนโทรปีลดลงจาก <math>S_4</math> มาเป็น <math>S_1</math></p>	<p>กระบวนการจัดครบรอบวัฏจักรซึ่งกายกลับมาอยู่ในสภาวะเดิมจากรูป ถ้าไม่จัดการขยายตัวแก่สภาวะ 4 โดยปล่อยให้การขยายตัวอย่างสมบูรณ์ถึงสภาวะ 5 แล้วการจะกลับมาที่สภาวะ 1 ได้ก็ต่อเมื่อระบายความร้อนออกไป ณ ความดันคงที่จาก 5 มา 1 กระบวนการนี้แสดงไว้ในรูปด้วยเส้นประ จากจุด 1 2 3 5 คือวัฏจักรความดันคงที่และเมื่อตัดส่วน 1 4 5 ออกเสียจะได้เป็นวัฏจักรดีเซล</p> <p>เมื่อจำเอาวัฏจักร 1 2 3 4 มาวิเคราะห์โดยสมมติว่า <math>P_1, V_1</math> และ <math>T_1</math> เป็นตัวที่ทราบค่าแล้ว จะได้ดังนี้</p> <p><b>สภาวะ 1</b> จุดนี้ทราบว่า <math>P_1, V_1</math> และ <math>T_1</math> แล้ว</p> <p><b>สภาวะ 2</b> สมมติว่าทราบอัตราส่วนปริมาตร <math>\frac{V_1}{V_2}</math></p> <p>หา <math>T_2</math></p> $\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{k-1}$ $T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{k-1} = T_1 r_v^{k-1} \dots\dots\dots 1$		

	<b>แผนการสอน</b>	หน่วยที่ 6	หน้าที่ 3
	วิชา งานเครื่องยนต์สันดาปภายใน	สอนครั้งที่ 13	
	ชื่อหน่วยวิฤจักรดีเซล	จำนวน 3 ชั่วโมง	

เมื่อ  $r_v = \frac{V_1}{V_2}$  อัตราส่วนปริมาตร

$$P_2 = P_1 \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^k \dots\dots\dots 2$$

**สภาวะ 3** เมื่อ  $P_3 = P_2$  เพราะว่าการความดันคงที่เท่าเดิม

หา  $T_3$

$$\frac{V_3}{T_3} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$T_3 = T_2 \frac{V_3}{V_2} = \frac{V_3}{V_2} T_1 r_v^{k-1}$$

$$T_3 = r_c T_1 r_v^{k-1} \dots\dots\dots 3$$

เมื่อให้  $r_c = \frac{V_3}{V_2}$  ซึ่งเป็น Cut-off ratio

**สภาวะ 4**

$$\frac{T_4}{T_3} = \left( \frac{V_3}{V_4} \right)^{k-1}$$
  

แต่  $\frac{V_3}{V_4} = \frac{V_3^{T_4}}{V_1}$  เพราะว่า  $V_4 = V_1$  จะได้ว่า


$$\frac{V_3}{V_1} = \frac{V_3}{V_2} \frac{V_2}{V_1} = \frac{rc}{r_{v-1}}$$


ดังนั้น  $T_4 V_4^k = T_3 \left( \frac{rc}{r_v} \right)^k = T_1 r_c r_v^{k-1} \frac{rc^{k-1}}{r_v^{k-1}}$


จาก  $P_4 V_4^k = P_3 V_3^k$

$$P_4 = P_3 \left( \frac{V_3}{V_4} \right)^k$$

$$P_4 = P_3 \left( \frac{rc}{r_v} \right)^k$$

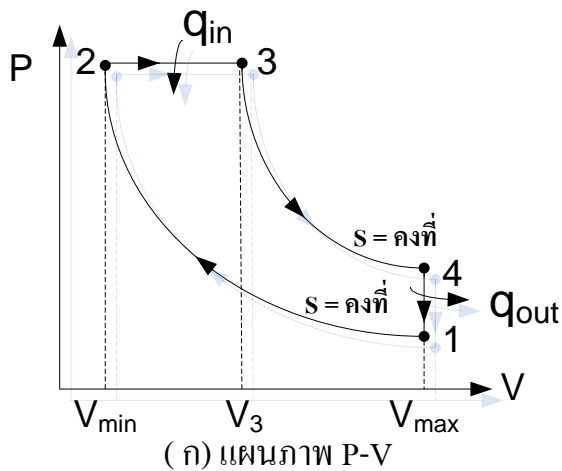
	<b>แผนการสอน</b>	หน่วยที่ 6	หน้าที่ 4
	วิชา งานเครื่องยนต์สันดาปภายใน	สอนครั้งที่ 13	
	ชื่อหน่วยวิจักรดีเซล	จำนวน 3 ชั่วโมง	
<p>งานที่ทำในหนึ่งรอบวิจักรคำนวณได้ดังนี้</p> <p>กระบวนการ 2-3 และ 3-4 เป็นการขยายตัว งานที่ได้เป็น +          กระบวนการ 1-2 เป็นการอัดตัว งานที่เกิดขึ้น -</p> <p>งานสุทธิใน 1 วิจักร = ผลบวกของงานที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการ</p> $W_{net} = \text{พื้นที่ใต้เส้น } 2-3 + \text{พื้นที่ใต้เส้น } 3-4 - \text{พื้นที่ใต้เส้น } 1-2$ $= P_2 (V_3 - V_2) + \frac{P_3 V_3 - P_4 V_4}{\gamma - 1} - \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{\gamma - 1}$ $W_{net} = P_2 (V_3 - V_2) + \frac{(P_3 V_3 - P_4 V_4) - (P_2 V_2 - P_1 V_1)}{r^\gamma - 1}$ $= m R (T_3 - T_2) + \frac{mR}{r^\gamma - 1} [(T_3 - T_4) - (T_2 - T_1)]$ $W_{net} = m R (T_3 - T_2) + \frac{(T_3 - T_4) - (T_2 - T_1)}{r^\gamma - 1}$ <p>หรือจะหางานได้จาก</p> <p>งานที่ทำ = ความร้อนที่ได้รับ - ความร้อนภายนอก</p> <p>ความร้อนที่ได้รับเกิดในกระบวนการ 2-3</p> $q_{in} = C_p (T_3 - T_2)$ <p>ดังนั้น</p> $W_{net} = m C_p (T_3 - T_2) - m C_v (T_4 - T_1) \quad \text{----- 3}$ <p>หรือจะหางานได้อีกวิธีหนึ่ง คือ</p> <p>ประสิทธิภาพเชิงความร้อน <math>\eta_{th} = \frac{W_{net}}{q_{in}}</math></p> $W_{net} = \text{ความร้อนที่ได้รับ} \times \eta_{th}$ $W_{net} = m C_p (T_3 - T_2) \times \eta_{th} \quad \text{----- 4}$			

	<b>แผนการสอน</b>	หน่วยที่ 6	หน้าที่ 5
	วิชา งานเครื่องยนต์สันดาปภายใน	สอนครั้งที่ 13	
	ชื่อหน่วยวิฤจักรดีเซล	จำนวน 3 ชั่วโมง	
<p><b>การหาประสิทธิภาพเชิงความร้อน</b></p> $\eta_{th} = 1 - \frac{\text{ความร้อนที่ ระบายออก}}{\text{ความร้อนที่ ำได้รับ}}$ $= 1 - \frac{mC_v (T_4 - T_1)}{mC_p (T_3 - T_2)}$ $\eta_{th} = 1 - \frac{(T_4 - T_1)}{r^\gamma (T_3 - T_2)} \quad \text{----- 5}$ <p>ซึ่งเป็นค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนในเทอมอุณหภูมิ แทนค่าอุณหภูมิเหล่านี้ในเทอมของอุณหภูมิ ลงในสมการ 5 จะได้</p> $\eta_{th} = 1 - \frac{\beta^{r\gamma} \cdot T_1 - T_1}{r^\gamma (\beta T_1 r_v^{r\gamma-1} - T_1 r_v^{r\gamma-1})}$ $= 1 - \frac{T_1 (\beta^{r\gamma} - 1)}{r^\gamma T_1 r_v^{r\gamma-1} (\beta - 1)}$ $\eta_{th} = 1 - \frac{\beta^{\gamma-1}}{r^\gamma r_v^{r\gamma-1} (\beta - 1)} \quad \text{----- 6}$ <p>สำหรับช่วง Constant pressure process 2 – 3</p> $q_{in} = h_3 - h_2$ <p>สำหรับในช่วง Constraint Volume procure 4 – 1</p> $q_{out} = U_4 - U_1$			

	<b>แผนการสอน</b>	หน่วยที่ 6	หน้าที่ 6
	วิชา งานเครื่องยนต์สันดาปภายใน	สอนครั้งที่ 13	
	ชื่อหน่วยปฏิบัติการพิเศษ	จำนวน 3 ชั่วโมง	

ตัวอย่างที่ 6.2 เครื่องยนต์ดีเซลมาตรฐานอากาศมีอัตราส่วนการอัดเท่ากับ 18 : 1 และอัตราส่วนคัตออฟ 2:1 กำหนดให้ที่จุดเริ่มต้นจังหวะอัดอากาศมีอุณหภูมิ 26.8 °C และความดันเท่ากับ 93 kpa

- ก. อุณหภูมิสูงสุด
- ข. ความร้อนป้อนเข้า




$$r_v = 18, r_c = 2, T_1 = 26.8 + 273.2 = 300 \text{ K}, P_1 = 93 \text{ kpa}$$


กระบวนการ (1-2) เป็นกระบวนการอัดตัวแบบไอเซนทรอปิก


$$\begin{aligned}
 T_2 &= T_1 \frac{V_1^{k-1}}{V_2} = T_1 (r_v)^{k-1} \\
 &= 293.2 \text{ K} (20)^{0.4} \\
 &= 971.7 \text{ K} - 273 \\
 &= 698.5 \text{ } ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

**ตอบ**


$$\begin{aligned}
 \frac{P_2}{P_1} &= r_v^k \\
 P_2 &= P_1 (r_v)^k \\
 &= 93 \text{ kpa} (18)^{1.4} \\
 &= 5319.42 \text{ kpa หรือ } 5.319 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

	<b>แผนการสอน</b>	หน่วยที่ 6	หน้าที่ 7
	วิชา งานเครื่องยนต์สันดาปภายใน	สอนครั้งที่ 13	
	ชื่อหน่วยปฏิบัติการพิเศษ	จำนวน 3 ชั่วโมง	
<p><b>กระบวนการ (2-3) เป็นกระบวนการรับความร้อนภายใต้ความดันคงที่</b></p> $\frac{P_2V_2}{T_2} = \frac{P_3V_3}{T_3}$ $\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3}$ $T_3 = \frac{V_3T_2}{V_2}$ $= 2 (953.2 \text{ K})$ $= 1906.4 \text{ K} - 273.2$ $= 1633.2 \text{ } ^\circ\text{C}$ $q_{in} = C_p (T_3 - T_2)$ $= 1.0035 \text{ kJ/kg.K} (1633.2 - 953.3) \text{ K}$ $= 682.279 \text{ kJ/kg} \quad \text{ตอบ}$ <p><b>กระบวนการ (3-4) เป็นกระบวนการขยายตัวแบบไอเซนทรอปิก</b></p> $T_4 = T_3 \left( \frac{rc^{k-1}}{rv} \right)$ $= 1906.4 \text{ K} \left( \frac{2^{0.4}}{18} \right)$ $= 791.6 \text{ K} - 273$ $= 518.42 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \text{ตอบ}$ <p><b>กระบวนการ (4-1) เป็นกระบวนการถ่ายความร้อนที่ภายใต้ปริมาตรคงที่</b></p> $q_{out} = C_v (T_4 - T_1)$ $= 0.7165 \text{ kJ/kg.K} (791.6 - 300) \text{ K}$ $= 352.22 \text{ kJ/kg} \quad \text{ตอบ}$ <p><b>งานสุทธิของวัฏจักร</b></p> $W_{net} = q_{in} - q_{out}$ $= 682.27 - 352.22 \text{ kJ/kg}$ $= 330.05 \text{ kJ/kg} \quad \text{ตอบ}$			

	<b>แผนการสอน</b>	หน่วยที่ 6	หน้าที่ 8
	วิชา งานเครื่องยนต์สันดาปภายใน	สอนครั้งที่ 13	
	ชื่อหน่วยปฏิบัติการพิเศษ	จำนวน 3 ชั่วโมง	
ประสิทธิภาพทางความร้อนของวัฏจักร			
	$\eta_{th, Otto} = \frac{W_{net}}{Q_{in}}$ $= \frac{330.05 \text{ kJ/kg}}{682.27 \text{ kJ/kg}}$ $= 0.483 \text{ (48.3 \%)} \quad \text{ตอบ}$		
ความดันขั้วผลเฉลี่ยของวัฏจักร			
	$V_1 = \frac{RT_1}{P_1}$ $= \frac{(0.287 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}})(300 \text{ K})}{93 \text{ kPa}} = 0.925 \text{ m}^3/\text{kg} \quad \text{ตอบ}$		
	$V_2 = \frac{V_1}{r_v}$ $= \frac{0.925 \text{ m}^3/\text{kg}}{18} = 0.051 \text{ m}^3/\text{kg} \quad \text{ตอบ}$		
	$mep = \frac{W_{net}}{V_1 - V_2}$ $= \frac{330.05 \text{ kJ/kg}}{0.925 - 0.051 \text{ m}^3/\text{kg}}$ $= 377.63 \text{ kPa} \quad \text{ตอบ}$		

	<b>แผนการสอน</b>	หน่วยที่ 6	หน้าที่ 9
	วิชา งานเครื่องยนต์สันดาปภายใน	สอนครั้งที่ 13	
	ชื่อหน่วยวิชจักรดีเซล	จำนวน 3 ชั่วโมง	
แบบฝึกหัด			
<p>วิชจักรดีเซลมาตรฐานอากาศ มีอัตราส่วนการอัดเท่า 20:1 อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 1500 °C กับ 20 °C และ ความดันสูงสุดของวิชจักรเท่ากับ 50 bar</p> <p>ก. ความร้อนที่ป้อนเข้าของวิชจักร</p> <p>ข. ความร้อนที่คายออกของวิชจักร</p> <p>ค. ประสิทธิภาพทางความร้อนของวิชจักร</p> <p>ง. ความดันยังผลเฉลี่ยของวิชจักร</p>			



	<b>แผนการสอน</b>	หน่วยที่ 6	หน้าที่ 10
	วิชา งานเครื่องยนต์สันดาปภายใน	สอนครั้งที่ 12	
	ชื่อหน่วยวัฏจักรดีเซล	จำนวน 3 ชั่วโมง	

**เฉลยแบบฝึกหัด**

วัฏจักรดีเซลมาตรฐานอากาศ มีอัตราส่วนการอัดเท่า 20:1 อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 1500 °C กับ 20 °C และ ความดันสูงสุดของวัฏจักรเท่ากับ 50 bar

ก. ความร้อนที่ป้อนเข้าของวัฏจักร

ข. ความร้อนที่คายออกของวัฏจักร

ค. ประสิทธิภาพทางความร้อนของวัฏจักร

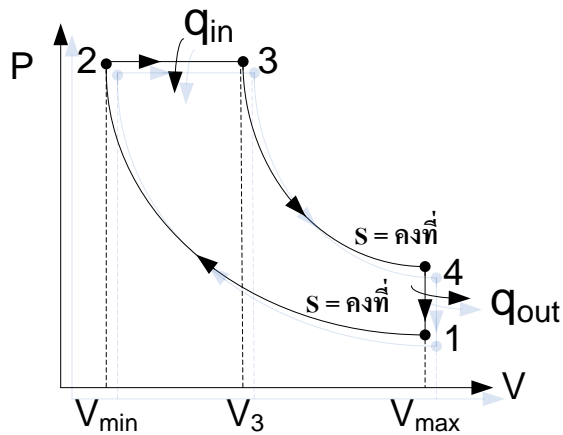
ง. ความดันยังผลเฉลี่ยของวัฏจักร

ก) ความร้อนที่ป้อนเข้าของวัฏจักร

$$C_p = 1.0035 \text{ kJ/kg.K} , C_v = 0.7165 \text{ kJ/kg.K}$$

$$R = 0.285 \text{ kJ/kg.K และ } K = 1.4$$

โดยที่  $P_2 = P_3 = 50 \text{ bar}$  ,  $T_1 = 20 + 273.2 = 293.2 \text{ K}$  ,  $T_3 = 1500 + 273.2 = 1773.2 \text{ K}$  ,  $r_v = 20$





( ก ) แผนภาพ P-V

กระบวนการ (1-2) เป็นกระบวนการอัดตัวแบบไอเซนทรอปิก

$$\begin{aligned}
 T_2 &= T_1 \frac{V_1^{k-1}}{V_2} = T_1 (rv)^{k-1} \\
 &= 293.2 \text{ K } (20)^{0.4} \\
 &= 971.7 \text{ K} - 273 \\
 &= 698.5 \text{ } ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

**ตอบ**

	<b>แผนการสอน</b>	หน่วยที่ 6	หน้าที่ 11
	วิชา งานเครื่องยนต์สันดาปภายใน	สอนครั้งที่ 13	
	ชื่อหน่วยปฏิบัติการพิเศษ	จำนวน 3 ชั่วโมง	
<p><b>กระบวนการ (2-3) เป็นกระบวนการรับความร้อนภายใต้ความดันคงที่</b></p> $  \begin{aligned}  q_{in} &= C_p (T_3 - T_2) \\  &= 1.0035 \text{ kJ/kg.K } (1773.2 - 971.7) \text{ K} \\  &= 804.21 \text{ kJ/kg} \quad \text{ตอบ}  \end{aligned}  $			
<p><b>กระบวนการ (3-4) เป็นกระบวนการขยายตัวแบบไอเซนทรอปิก</b></p> $  \begin{aligned}  r_c &= \frac{V_3}{V_2} = \frac{T_3}{T_2} \\  &= \frac{1773.2 \text{ K}}{971.7 \text{ K}} \\  &= 1.82 \\  T_4 &= T_3 \left( \frac{r_c^{k-1}}{r_v} \right) \\  &= 1773.2 \text{ K} \left( \frac{1.82^{0.4}}{20} \right) \\  &= 679.7 \text{ K} - 273 \\  &= 406.5 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \text{ตอบ}  \end{aligned}  $			
<p><b>กระบวนการ (4-1) เป็นกระบวนการถ่ายความร้อนทิ้งภายใต้ปริมาตรคงที่</b></p> $  \begin{aligned}  q_{out} &= C_v (T_4 - T_1) \\  &= 0.7165 \text{ kJ/kg.K } (679.7 - 293.2) \text{ K} \\  &= 276.9 \text{ kJ/kg} \quad \text{ตอบ}  \end{aligned}  $			
<p><b>งานสุทธิของวัฏจักร</b></p> $  \begin{aligned}  W_{net} &= q_{in} - q_{out} \\  &= 804.21 - 276.98 \text{ kJ/kg} \\  &= 527.23 \text{ kJ/kg} \quad \text{ตอบ}  \end{aligned}  $			
<p><b>ประสิทธิภาพทางความร้อนของวัฏจักร</b></p> $  \begin{aligned}  \eta_{th, Otto} &= \frac{W_{net}}{q_{in}} \\  &= \frac{527.23 \text{ kJ/kg}}{804.21 \text{ kJ/kg}} \\  &= 0.655 \text{ (65.55 \%)} \quad \text{ตอบ}  \end{aligned}  $			

	<b>แผนการสอน</b>	หน่วยที่ 6	หน้าที่ 12
	วิชา งานเครื่องยนต์สันดาปภายใน	สอนครั้งที่ 13	
	ชื่อหน่วยปฏิบัติการพิเศษ	จำนวน 3 ชั่วโมง	
<p>ความดันยังผลเฉลี่ยของวัฏจักร</p> $\frac{P_2}{P_1} = r_v^k$ $P_1 = \frac{P_2}{r_v^{1.4}}$ $= \frac{50}{20^{1.4}}$ $= 0.754 \text{ bar}$ $V_1 = \frac{RT_1}{P_1}$ $= \frac{(0.287 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}) (293.2 \text{ K})}{50 \times 10^2 \text{ kPa}} = 1.116 \text{ m}^3/\text{kg} \text{ ตอบ}$ $V_2 = \frac{V_1}{r_v}$ $= \frac{1.116 \text{ m}^3/\text{kg}}{20} = 0.055 \text{ m}^3/\text{kg} \text{ ตอบ}$ $\text{mep} = \frac{W_{\text{net}}}{V_1 - V_2}$ $= \frac{527.23 \text{ kJ/kg}}{1.116 - 0.055 \text{ m}^3/\text{kg}}$ $= 504.52 \text{ kPa} \quad \text{ตอบ}$			

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้แบบมุ่งเน้นสมรรถนะอาชีพและบูรณาการตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง/  
ผล 5 มิติ / นโยบาย 3 D และ 11 ดี 11 เก่ง

รายการ	ระดับการปฏิบัติ				
	5	4	3	2	1
<b>ด้านการเตรียมการสอน</b>					
1. จัดหน่วยการเรียนรู้ได้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้					
2. กำหนดเกณฑ์การประเมินครอบคลุมทั้งด้านความรู้ ด้านทักษะ และด้านจิตพิสัย					
3. เตรียมวัสดุ-อุปกรณ์ สื่อ นวัตกรรม กิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ก่อนเข้าสอน					
<b>ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้</b>					
4. มีวิธีการนำเข้าสู่บทเรียนที่น่าสนใจ					
5. มีกิจกรรมที่หลากหลาย เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ความเข้าใจ					
6. จัดกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนค้นคว้าเพื่อหาคำตอบด้วยตนเอง					
7. นักเรียนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้					
8. จัดกิจกรรมที่เน้นกระบวนการคิด ( คิววิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ )					
9. กระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นอย่างเสรี					
10. จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงโดยนำภูมิปัญญา/บูรณาการเข้ามามีส่วนร่วม					
11. จัดกิจกรรมโดยสอดคล้องคุณธรรม จริยธรรม					
12. มีการเสริมแรงเมื่อนักเรียนปฏิบัติ หรือตอบถูกต้อง					
13. มอบหมายงานให้เหมาะสมตามศักยภาพของผู้เรียน					
14. เอาใจใส่ดูแลผู้เรียน อย่างทั่วถึง					
15. ใช้เวลาสอนเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด					
<b>ด้านสื่อ นวัตกรรม แหล่งการเรียนรู้</b>					
16. ใช้สื่อที่เหมาะสมกับกิจกรรมและศักยภาพของผู้เรียน					
17. ใช้สื่อ แหล่งการเรียนรู้อย่างหลากหลาย เช่น บุคคล สถานที่ ของจริง เอกสาร สื่ออิเล็กทรอนิกส์ และอินเทอร์เน็ต เป็นต้น					
<b>ด้านการวัดและประเมินผล</b>					
18. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการกำหนดเกณฑ์การวัดและประเมินผล					
19. ประเมินผลอย่างหลากหลายและครบทั้งด้านความรู้ ทักษะ และจิตพิสัย					
20. ครู ผู้เรียน ผู้ปกครอง หรือ ผู้ที่เกี่ยวข้องมีส่วนร่วม ในการประเมิน					
หมายเหตุ ระดับการปฏิบัติ 5= ปฏิบัติดีเยี่ยม 4= ปฏิบัติดี 3= ปฏิบัติพอใช้ 2 = ควรปรับปรุง 1 = ไม่มีการปฏิบัติ	รวม				
	ค่าเฉลี่ย				

**บันทึกหลังสอนปัญหา และแนวทางแก้ปัญหา**

ปัญหาที่พบ	แนวทางแก้ปัญหา
<b>ด้านการเตรียมการสอน</b> ..... ..... ..... .....	..... ..... ..... .....
<b>ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้</b> ..... ..... ..... .....	..... ..... ..... .....
<b>ด้านสื่อ นวัตกรรม แหล่งการเรียนรู้</b> ..... ..... ..... .....	..... ..... ..... .....
<b>ด้านการวัดและประเมินผล</b> ..... ..... ..... .....	..... ..... ..... .....
<b>ด้านอื่นๆ (โปรดระบุเป็นข้อๆ)</b> ..... ..... .....	..... ..... .....

ลงชื่อ .....ครูผู้สอน

(.....)

ตำแหน่ง .....

...../...../.....

