

สัปดาห์ที่ 10  
หน่วยที่ 7  
เรื่อง  
วัฏจักรอัตราดอกเบี้ย

**แผนการจัดการเรียนรู้ แบบมุ่งเน้นสมรรถนะอาชีพ  
และบูรณาการตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง**

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

รหัสวิชา 3101-2002

วิชา งานสันดาปภายใน

หน่วยที่ 7

ชื่อหน่วย วัฏจักรออตโต

ชื่อเรื่อง

จำนวน 3 ชั่วโมง

7.3 กระบวนการขยายตัวแบบอะเดียบาติก

7.4 กระบวนการคายความร้อนแบบปริมาตรคงที่

### 1. สาระสำคัญ

1. กระบวนการขยายตัวแบบอะเดียบาติกเป็นการวัดก๊าซตามกฎ  $p v^k = c$  ความดันลดลงจาก  $p_3$  ไปเป็น  $p_4$  ปริมาตรเพิ่มจาก  $v_3$  มาเป็น  $v_4$  อุณหภูมิลดลงจาก  $T_3$  ไปเป็น  $T_4$  เอนโทรปีคงที่เท่าเดิมที่  $S_3 = S_4$

2. กระบวนการคายความร้อนในแบบปริมาตรคงที่ ณ ปริมาตรคงที่ปริมาตรคงที่เท่าเดิมที่  $v_4 = v_1$  ความดันลดลงจาก  $P_4$  ไปเป็น  $P_1$  อุณหภูมิลดลงจาก  $T_4$  ไปเป็น  $T_1$  เอนโทรปีลดลงจาก  $S_4$  ไปเป็น  $S_1$

### 2. สมรรถนะประจำหน่วยการเรียนรู้

- 1.อธิบายกระบวนการขยายตัวแบบอะเดียบาติกของวัฏจักรออตโต ได้อย่างถูกต้อง
- 2.อธิบายกระบวนการคายความร้อนในแบบปริมาตรคงที่ของวัฏจักรออตโต ได้อย่างถูกต้อง
- 3.สามารถคำนวณหาค่าความร้อนของวัฏจักรได้อย่างถูกต้อง
- 4.สามารถคำนวณหาค่างานของวัฏจักรได้อย่างถูกต้อง
- 5.สามารถคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของวัฏจักรได้อย่างถูกต้อง
- 6.มีความรับผิดชอบ ตามงานที่มอบหมาย (บูรณาการปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง)

### 3. จุดประสงค์การเรียนรู้

#### 3.1 จุดประสงค์ทั่วไป

- 1.อธิบายกระบวนการขยายตัวแบบอะเดียบาติกของวัฏจักรออตโต ได้อย่างถูกต้อง
- 2.อธิบายกระบวนการคายความร้อนในแบบปริมาตรคงที่ของวัฏจักรออตโต ได้อย่างถูกต้อง
- 3.สามารถคำนวณหาค่าความร้อนของวัฏจักรได้อย่างถูกต้อง
- 4.สามารถคำนวณหาค่างานของวัฏจักรได้อย่างถูกต้อง
- 5.สามารถคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของวัฏจักรได้อย่างถูกต้อง
- 6.มีความรับผิดชอบ ตามงานที่มอบหมาย (บูรณาการปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง)

### 3.2 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

- 1.สามารถคำนวณหาความร้อนถ่ายเทเข้าของวัฏจักรออตโตได้อย่างถูกต้อง
- 2.สามารถคำนวณหาค่าของงานของวัฏจักรออตโตได้อย่างถูกต้อง
- 3.สามารถคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของวัฏจักรได้อย่างถูกต้อง
- 4.สามารถคำนวณหาอัตราส่วนการอัดของวัฏจักรออตโตได้อย่างถูกต้อง
- 5.มีความรับผิดชอบ ตามงานที่มอบหมาย (บูรณาการปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง)

## 4. เนื้อหาสาระการสอน/การเรียนรู้

### 4.1 ด้านความรู้

- กระบวนการสันดาปภายในของวัฏจักรออตโต

### 4.2 ด้านทักษะหรือปฏิบัติ

- การคำนวณกระบวนการสันดาปภายในของวัฏจักรออตโต

### 4.3 ด้านคุณธรรม/จริยธรรม/จรรยาบรรณ/บูรณาการปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

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

## 5. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมครู	ขั้นตอนการเรียนรู้หรือกิจกรรมของผู้เรียน
<p><b>ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (10 นาที)</b></p>	
<p>1. นักเรียนรู้จักการสันดาปภายในหรือไม่</p>	<p>1. ผู้เรียนทั้งชั้น แสดงความคิดเห็นตามหัวข้อที่ครูซักถาม</p>
<p><b>ขั้นการสอน (60 นาที)</b></p>	
<p>1. ครูอธิบายกระบวนการอัดตัวแบบอะเดียบาติกอยู่ในจังหวะอัดของวัฏจักรออตโต</p>	<p>1. ผู้เรียนตั้งใจฟังการบรรยายและจดบันทึกเนื้อหาจากคำบรรยายใส่สมุด</p>
<p>2. ครูอธิบายกระบวนการให้ความร้อนในแบบปริมาตรคงที่เป็นการเพิ่มความร้อนของวัฏจักรออตโต</p>	<p>2. ผู้เรียนตั้งใจฟังการบรรยายและจดบันทึกเนื้อหาจากคำบรรยายใส่สมุด</p>
<p>3. ครูเขียนสมการกระบวนการอัดตัวแบบอะเดียบาติก และกระบวนการให้ความร้อนในแบบปริมาตรคงที่เป็นการเพิ่มความร้อนของวัฏจักรออตโต</p>	<p>3. ผู้เรียนตั้งใจฟังการบรรยายและจดบันทึกเนื้อหาจากคำบรรยายใส่สมุด</p>
<p>4. ครูสาธิตตัวอย่างกระบวนการแบบอะเดียบาติก และแบบปริมาตรคงที่เป็นการเพิ่มความร้อนของวัฏจักรออตโต จำนวน 1 ข้อ</p>	<p>4. ผู้เรียนตั้งใจฟังการบรรยายและจดบันทึก</p>
<p>5. ครูเปิดโอกาสให้ซักถามข้อสงสัย</p>	<p>5. ผู้เรียนซักถามข้อสงสัย</p>
<p><b>ขั้นพยายาม (80 นาที)</b></p>	
<p>1. ครูให้นักศึกษาฝึกเขียนสมการและวาดแผนภาพของวัฏจักรออตโต</p>	<p>1. ผู้เรียนฝึกเขียนสมการและวาดแผนภาพของวัฏจักรออตโต</p>
<p>2. ครูให้ทำแบบฝึกหัดที่ 7.1 จำนวน 1 ข้อ</p>	<p>2. ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดที่ 7.1 จำนวน 1 ข้อ</p>
<p><b>ขั้นสรุป (30 นาที)</b></p>	
<p>1. ครูให้ส่งฝึกหัด</p>	<p>1. ผู้เรียนนำแบบฝึกหัดมาส่ง</p>
<p>2. ครูเฉลยแบบฝึกหัด</p>	<p>2. ผู้เรียนทราบเฉลย</p>
<p>3. ครูสรุปเนื้อหาเพิ่มเติม</p>	<p>3. ผู้เรียนทั้งหมดตั้งใจฟัง</p>

## 6. สื่อการเรียนการสอน/การเรียนรู้

### 6.1 สื่อสิ่งพิมพ์

- หนังสืองานสัปดาห์ภายใน
- เอกสารประกอบการสอน
- แบบฝึกหัด 1 ข้อ
- แบบทดสอบ 1 ข้อ

### 6.2 สื่อโสตทัศน

-

### 6.3 สื่อของจริง

-

## 7. แหล่งการเรียนการสอน/การเรียนรู้

### 7.1 ภายในสถานศึกษา

- ทีวีวิทยบริการ
- 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 เรื่องวัตถุอัดโต มาล่วงหน้า

### 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 นิวาสะบุตร. การวิเคราะห์การสันดาป. พิมพ์ครั้งที่7, กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์เจริญธรรม, 2527 ศรีณรงค์ ตู้อทองคำ. 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

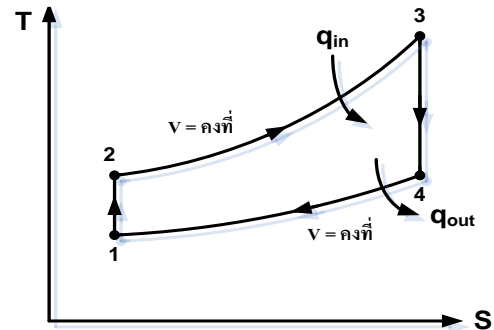
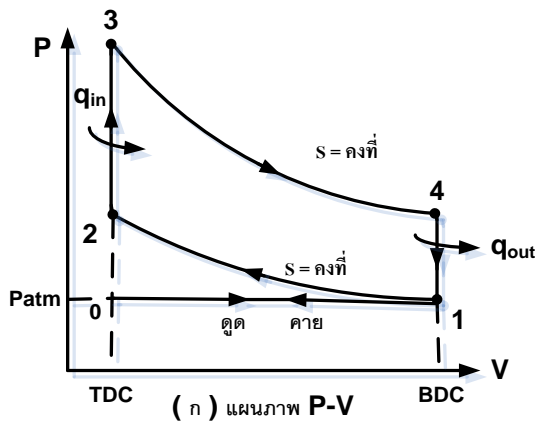
	<b>แผนการสอน</b>	หน่วยที่ 7	หน้าที่ 1
	วิชา งานเครื่องยนต์สันดาปภายใน	สอนครั้งที่ 9	
	ชื่อหน่วย วัฏจักรออตโต	จำนวน 3 ชั่วโมง	

**วัฏจักรปริมาตรคงที่ (COHSTAIT VOLUME CYCLE)**

วัฏจักรนี้บางทีเรียกว่า วัฏจักรออตโต (otto cycle) ซึ่งเรียกตามชื่อ นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันชื่อ Flikdauc August Otto เป็นผู้นำวัฏจักรหรือกลวัตรนี้มาประยุกต์กับเครื่องยนต์สันดาปภายในจนเป็นผลสำเร็จในปี ค.ศ. 1876 วัฏจักรนี้เดิมชาวฝรั่งเศสชื่อ Beau de Rochss เป็นผู้คิดขึ้นในปี ค.ศ. 1862

แผนภาพความดัน - ปริมาตร

แผนภาพอุณหภูมิ - เอนโทรปี





กลวัตรนี้จะประกอบด้วยกระบวนการไม่ไหล 4 กระบวนการ คือ

**กระบวนการ 1-2** เป็นการอัดก๊าซตามกฎ  $p v^\gamma = c$   
 ความดันเพิ่มจาก  $p_1$  ไปเป็น  $p_2$   
 ปริมาตรลดจาก  $v_1$  มาเป็น  $v_2$   
 อุณหภูมิเพิ่มจาก  $T_1$  ไปเป็น  $T_2$   
 เอนโทรปีคงที่เท่าเดิมที่  $S_1 = S_2$

**กระบวนการ 2-3** เป็นการเพิ่มความร้อน ณ ปริมาตรคงที่  
 ปริมาตรคงที่เท่าเดิมที่  $v_2 = v_3$   
 ความดันเพิ่มจาก  $P_2$  ไปเป็น  $P_3$   
 อุณหภูมิเพิ่มจาก  $T_2$  ไปเป็น  $T_3$   
 เอนโทรปีเพิ่มจาก  $S_2$  ไปเป็น  $S_3$



	<b>แผนการสอน</b>	หน่วยที่ 7	หน้าที่ 2
	วิชา งานเครื่องยนต์สันดาปภายใน	สอนครั้งที่ 9	
	ชื่อหน่วย วัฏจักรออตโต	จำนวน 3 ชั่วโมง	
<p><b>กระบวนการ 3-4</b> เป็นกระบวนการขยายตัวของก๊าซตามกฎ <math>PV^\gamma = C</math>          ความดันลดลงจาก <math>P_3</math> มาเป็น <math>P_4</math>          ปริมาตรเพิ่มจาก <math>V_3</math> ไปเป็น <math>V_4</math>          อุณหภูมิลดจาก <math>T_3</math> มาเป็น <math>T_4</math>          เอนโทรปีคงที่เท่าเดิมที่ <math>S_3 = S_4</math></p> <p><b>กระบวนการ 4-1</b> เป็นการปล่อยหรือคายความร้อนออกในช่วงปริมาตรคงที่          ปริมาตรคงที่เท่าเดิมที่ <math>V_4 = V_1</math>          ความดันลดลงจาก <math>P_4</math> มาเป็น <math>P_1</math>          อุณหภูมิลดจาก <math>T_4</math> มาเป็น <math>T_1</math>          เอนโทรปีลดจาก <math>S_4</math> มาเป็น <math>S_1</math></p> <p>กระบวนการนี้เป็นการครบรอบ 1 กลวัตรพอดีซึ่งก๊าซจะกลับมาอยู่ในสถานะเดิมที่เริ่มต้นที่จุด 1 อีกอันหนึ่งและเครื่องจะทำงานซ้ำๆ ต่อเนื่องกันไปตลอดเวลา ต่อไปนี้จะเป็นการวิเคราะห์คุณสมบัติของ P,V และ T ที่จุด 1,2,3 และ 4 โดยสมมุติว่า <math>P_1, V_1, T_1</math> เป็นตัวที่ทราบค่าแล้ว คือ</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ทราบค่า <math>P_1, V_1, T_1</math> แล้ว</li> <li>2. สมมุติว่าทราบอัตราส่วนปริมาตร <math>\frac{V_1}{V_2}</math> ในที่นี้เป็นกลวัตรตามทฤษฎีของเครื่องยนต์</li> </ol> <p>เบนซินหรือก๊าซ อัตราส่วน <math>\frac{V_1}{V_2}</math> สำหรับเครื่องยนต์เบนซินหรือก๊าซนิวม เรียกว่า <u>อัตราส่วนการอัด</u> (Compression ratio) ของเครื่องยนต์ ขอให้สังเกตว่าอัตราส่วน <math>\frac{V_1}{V_2}</math> เป็นอัตราส่วน <u>ปริมาตร</u></p> $\frac{T_1}{T_2} = \left( \frac{V_1^{k-1}}{V_2} \right)$ $T_2 = T_1 \left( \frac{V_1^{k-1}}{V_2} \right) = T_1 (rv)^{k-1} \dots\dots\dots 1$ <p>เมื่อ <math>rv = \left( \frac{V_1}{V_2} \right)</math> = การอัดตามอะเดียบาติก (อัตราส่วนปริมาตร)</p> $= \left( \frac{V_3}{V_4} \right)$ = การขยายตัวตามอะเดียบาติก (อัตราส่วนปริมาตร)			

	<b>แผนการสอน</b>	หน่วยที่ 7	หน้าที่ 3
	วิชา งานเครื่องยนต์สันดาปภายใน	สอนครั้งที่ 9	
	ชื่อหน่วย วัฏจักรออตโต	จำนวน 3 ชั่วโมง	

และจากสูตร  $P_1.V_1^k = P_2.V_2^k$

$$P_2 = P_1 \left( \frac{V_1^k}{V_2} \right) = P_1 \cdot r^{k-1} \dots\dots\dots 2$$

$V_3 = V_2$  เพราะว่าปริมาตรคงที่เท่าเดิม  $\frac{P_3}{T_3} = \frac{P_2}{T_2}$

$$T_3 = T_2 \frac{P_3}{P_2} = \frac{P_3}{P_2} \cdot T_1 \cdot r^{k-1} \dots\dots\dots 3$$

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

$$T_4 = \left( \frac{T_3}{r^{k-1}} \right) = \frac{P_3}{P_2} \cdot T_1 \frac{r^{k-1}}{r^{k-1}} = \frac{P_3}{P_2} \cdot T_1 \dots\dots\dots 4$$

$$P_4V_4^k = P_3V_3^k$$


$$P_4 = P_3 \frac{V_3^k}{V_4} = \frac{P_3}{r^{k-1}} \dots\dots\dots 5$$

และจากกระบวนการความดันคงที่ 1-4  $\frac{P_4}{T_4} = \frac{P_1}{T_1}$

$$T_4 = \frac{P_4}{P_1} \cdot T_1 = \frac{P_3}{P_2} \cdot T_1 \dots\dots\dots 6$$

ซึ่งจะได้ว่า  $\frac{P_4}{P_1} = \frac{P_3}{P_2}$

สำหรับงานที่ทำในรอบ 1 กลวัตรอาจหาได้ดังนี้  
 กระบวนการ 3-4 เป็นการขยายตัวซึ่งได้งาน +  
 กระบวนการ 1-2 เป็นการอัดตัวซึ่งได้งาน -  
 งานสุทธิ คือผลบวกของทั้งสองนี้

	<b>แผนการสอน</b>	หน่วยที่ 7	หน้าที่ 4
	วิชา งานเครื่องยนต์สันดาปภายใน	สอนครั้งที่ 9	
	ชื่อหน่วย วัฏจักรออตโต	จำนวน 3 ชั่วโมง	

งานสุทธิ  $W =$  พื้นที่ใต้เส้น 3-4 ลบ พื้นที่ใต้เส้น 1-2  
 $=$  พื้นที่ 1 2 3 4  
 $=$  พื้นที่ของแผนภาพ

$$W = \frac{P_3V_3 - P_4V_4}{k - 1} = \frac{P_2V_2 - P_1V_1}{k - 1}$$

$$= \frac{mR}{k - 1} (T_3 - T_4) - (T_2 - T_1) \dots\dots\dots 7$$

ในกลวัตรนี้ ความร้อนที่ได้รับและคายออก อยู่ในระหว่างการปริมาตรคงที่เท่านั้น จึงเรียกว่ากลวัตรปริมาตรคงที่

ความร้อนที่ได้จากกระบวนการ 2-3

$${}_2Q_3 = mc_v (T_3 - T_2) \dots\dots\dots 8$$

ความร้อนที่คายออกจากระบวนการ 4-1

$${}_4Q_1 = mc_v (T_4 - T_1) \dots\dots\dots 9$$

ดังนั้นงานที่ทำ/หนึ่งกลวัตร อาจหาได้อีกวิธีหนึ่งดังนี้ โดยสมการ  $W = Q$  หรือ งาน/กลวัตร = ความร้อนที่ได้รับ - ความร้อนที่คายออก

$$W = mc_v (T_3 - T_2) - mc_v (T_4 - T_1)$$

$$W = mc_v (T_3 - T_2) - (T_4 - T_1) \dots\dots\dots 10$$


การคำนวณหางานทำได้อีกวิธีหนึ่ง คือ

$$\eta_{th} = \frac{\text{ความร้อนที่ได้รับ} - \text{ความร้อนที่คายออก}}{\text{ความร้อนที่ได้รับ}}$$

ความร้อนที่ได้รับ - ความร้อนที่คายออก = ความร้อนที่ได้รับ  $\times \eta_{th}$

$$W = \text{ความร้อนที่ได้รับ} \times \eta_{th}$$

$$W = mc_v (T_3 - T_2) \times \eta_{th} \dots\dots\dots 11$$

	<b>แผนการสอน</b>	หน่วยที่ 7	หน้าที่ 5
	วิชา งานเครื่องยนต์สันดาปภายใน	สอนครั้งที่ 9	
	ชื่อหน่วย วัฏจักรออตโต	จำนวน 3 ชั่วโมง	

ประสิทธิภาพทางความร้อนของกลวัตร

$$\eta_{th} = \frac{\text{ความร้อนที่ได้รับ} - \text{ความร้อนที่คายออก}}{\text{ความร้อนที่ได้รับ}}$$

$$\eta_{th} = 1 - \frac{\text{ความร้อนที่คายออก}}{\text{ความร้อนที่ได้รับ}}$$

$$\eta_{th} = 1 - \frac{m c_v (T_4 - T_1)}{m c_v (T_3 - T_2)} = \frac{1(u_4 - u_1)}{(u_3 - u_2)}$$

สมมุติว่าค่า Cv ของอากาศมีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ ดังนั้น

$$\eta_{th} = 1 - \frac{(T_4 - T_1)}{(T_3 - T_2)} \dots\dots\dots 12$$

แทนค่า T2, T3 และ T4 ในแหลมของ T1 ลงในสมการ จะได้

$$\eta_{th} = 1 - \frac{\left(\frac{P_3}{P_2}\right) T_1 - T_2}{\left(\frac{P_3}{P_2}\right) T_1 r - T_1 r v^{k-1}}$$

$$= 1 - \frac{1}{r v^{k-1}} \dots\dots\dots 13$$

พิจารณากระบวนการอะเดียบาติก 1-2 และ 3-4

$$T_2/T_1 = (V_1/V_2)^k v^{k-1}$$

$$\text{และ } T_3/T_4 = (V_4/V_3)^k v^{k-1}$$


$$\text{แต่ } V_1/V_2 = V_4/V_3 = r v^{k-1}$$

$$T_1/T_2 = T_3/T_4 = r v^{k-1}$$

$$\text{หรือ } T_1/T_2 = T_4/T_3 = \frac{1^{k-1}}{r v}$$

ดังนั้น สมการที่ 5 จะเป็นดังนี้

$$\eta_{th} = 1 - T_1/T_2 \text{ หรือ } 1 - T_4/T_3 \dots\dots\dots 14$$

	<b>แผนการสอน</b>	หน่วยที่ 7	หน้าที่ 6
	วิชา งานเครื่องยนต์สันดาปภายใน	สอนครั้งที่ 9	
	ชื่อหน่วย วัฏจักรออตโต	จำนวน 3 ชั่วโมง	

ตัวอย่าง วัฏจักรออตโตมาตรฐานอากาศมีอากาศเป็นของไหลทำงาน โดยมีอัตราส่วนการอัด  $r_v = 10 : 1$  ก่อนเริ่มกระบวนการอัดอากาศอยู่ที่ 95 KPa และ 26.8 °C ภายใต้กระบวนการรับความร้อนที่ปริมาตรคงที่นั้น ป้อนความร้อนให้อากาศปริมาณ 800 KJ/Kg กำหนดให้อากาศมีค่าความจุความร้อนจำเพาะคงที่ที่ 300 K จงหา

- ก) ความดันสูงสุดของวัฏจักร
- ข) งานสุทธิของวัฏจักร
- ค) ประสิทธิภาพทางความร้อนของวัฏจักร
- ง) ความดันยังผลเฉลี่ยของวัฏจักร

วิธีทำ

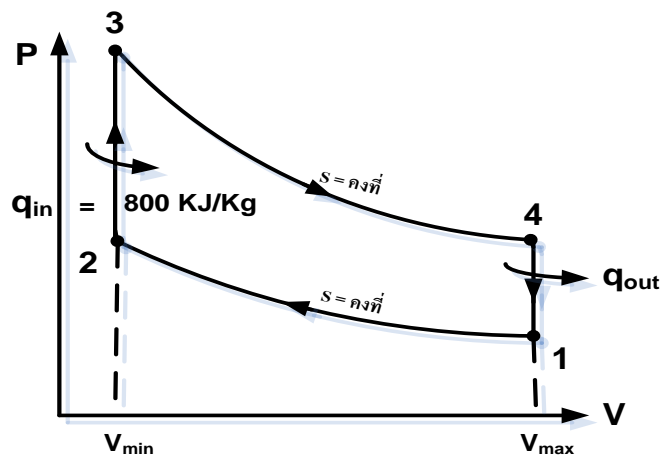
- ก) ความดันสูงสุดของวัฏจักร

กำหนดให้ค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศที่อุณหภูมิ 300 K

$$C_p = 1.0035 \text{ KJ/Kg.K} , C_v = 0.7165 \text{ KJ/Kg.K}$$

$$R = 0.285 \text{ KJ/Kg.K} \text{ และ } k = 1.4$$

โดยที่  $P_1 = 95 \text{ KPa} , T_1 = 273.2 + 26.8 = 300 \text{ K} , r_v = 10 , q_{in} = 800 \text{ KJ/Kg}$





แผนภาพ P-V ของวัฏจักรออตโตมาตรฐานอากาศ


กระบวนการ (1-2) เป็นกระบวนการอัดตัวแบบไอเซนทรอปิก

$$\begin{aligned}
 T_2 &= T_1 \frac{V_1^{k-1}}{V_2} = T_1 (r_v)^{k-1} \\
 &= 300(10)^{0.4} \\
 &= 753.57 \text{ K}
 \end{aligned}$$

ตอบ

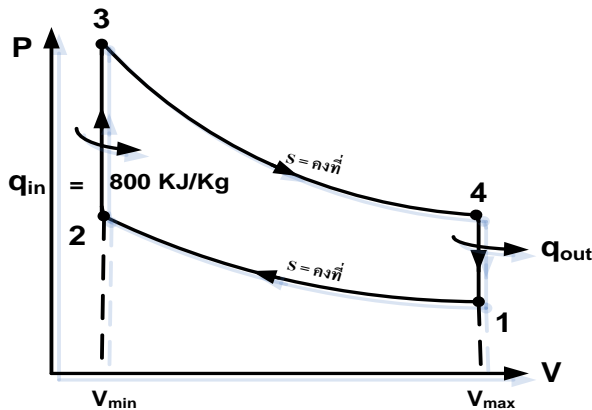
	<b>แผนการสอน</b>	หน่วยที่ 7	หน้าที่ 7
	วิชา งานเครื่องยนต์สันดาปภายใน	สอนครั้งที่ 9	
	ชื่อหน่วย วัฏจักรออตโต	จำนวน 3 ชั่วโมง	
สำหรับก๊าซอุดมคติ			
	$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_1 V_1}{P_1}$		
แทนค่า $P_2$	$= \left(\frac{V_1}{V_2}\right) \left(\frac{T_2}{T_1}\right) P_1$		
	$= (10) \left(\frac{753.57}{300}\right) (95)$		
$P_2$	= 2386.3 KPa (2.386 MPa)	<b>ตอบ</b>	
กระบวนการ (2-3) เป็นกระบวนการรับความร้อนภายใต้ปริมาตรคงที่ ( $V_2$ - $V_3$ )			
	$Q_{in} = \Delta u = C_{v0} (T_3 - T_2)$		
แทนค่า 800	$= 0.7165 (T_3 - 753.57)$		
$T_3$	$= \left(\frac{800}{0.7165}\right) + 753.57$		
$T_3$	= 1870.1 K	<b>ตอบ</b>	
สำหรับก๊าซอุดมคติ			
	$\frac{P_3 V_3}{T_3} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$		
$P_3$	$= \left(\frac{V_2}{V_3}\right) \left(\frac{T_3}{T_2}\right) P_2$		
	$= (1) \left(\frac{1870.1}{753.57}\right) (2386.3)$		
$P_3$	= 5922 KPa (5.922 MPa)	<b>ตอบ</b>	

	<b>แผนการสอน</b>	หน่วยที่ 7	หน้าที่ 8
	วิชา งานเครื่องยนต์สันดาปภายใน	สอนครั้งที่ 7	
	ชื่อหน่วย วัฏจักรออตโต	จำนวน 3 ชั่วโมง	
แบบฝึกหัด			
<p>1 วัฏจักรออตโตมาตรฐานอากาศทำงานอยู่ระหว่างอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ <math>1200^{\circ}\text{C}</math> และ <math>20^{\circ}\text{C}</math> กำหนดปริมาณความร้อนป้อนเข้าวัฏจักรเท่ากับ <math>700\text{ kJ/kg.K}</math> ความดันเริ่มต้น <math>95\text{ kpa}</math> จงคำนวณหา</p> <p>ก. อัตราส่วนการอัดของเครื่องยนต์ออตโตนี้</p> <p>ข. ความดันสูงสุดต่อความดันต่ำสุดของวัฏจักร</p>			

	<b>แผนการสอน</b>	หน่วยที่ 7	หน้าที่ 9
	วิชา งานเครื่องยนต์สันดาปภายใน	สอนครั้งที่ 9	
	ชื่อหน่วย วัฏจักรออตโต	จำนวน 3 ชั่วโมง	

เฉลยแบบฝึกหัด

- 2 วัฏจักรออตโตมาตรฐานอากาศทำงานอยู่ระหว่างอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 1200 ° และ 20 °C กำหนดปริมาณความร้อนป้อนเข้าวัฏจักรเท่ากับ 700 kJ/kg.K ความดันเริ่มต้น 95 kpa จงคำนวณหา
- ก) อัตราส่วนการอัดของเครื่องยนต์ออตโตนี้
  - ข) ความดันสูงสุดต่อความดันต่ำสุดของวัฏจักร



$$T_3 = 1200 + 273.2 = 1473.2 \text{ K}$$

$$T_1 = 20 + 273.2 = 293.2 \text{ K}$$

$$q_{in} = 700 \text{ kJ/kg.K}$$

$$P_1 = 95 \text{ kpa}$$

แผนภาพ P-V ของวัฏจักรออตโตมาตรฐานอากาศ

$$q_{in} = C_v (T_3 - T_2)$$

$$T_2 = T_3 - \left[ \frac{q_{in}}{C_v} \right]$$

$$T_2 = 1473.2 \text{ K} - \left[ \frac{700 \frac{\text{kJ}}{\text{kg.K}}}{0.7165 \frac{\text{kJ}}{\text{kg.K}}} \right]$$

$$T_2 = 496.2 \text{ K}$$

- ก. อัตราส่วนการอัดของเครื่องยนต์ออตโตนี้

$$\frac{T_2}{T_1} = \left[ \frac{V_1^{k-1}}{V_2} \right]$$


$$\frac{T_2}{T_1} = r_V^{k-1}$$


$$r_V = \left[ \frac{T_2^{\frac{1}{k-1}}}{T_1} \right]$$


$$r_V = \left[ \frac{496.2^{\frac{1}{1.4-1}}}{293.2 \text{ K}} \right]$$

$$r_V = 3.725$$



	<b>แผนการสอน</b>	หน่วยที่ 7	หน้าที่ 10
	วิชา งานเครื่องยนต์สันดาปภายใน	สอนครั้งที่ 9	
	ชื่อหน่วย วัฏจักรออตโต	จำนวน 3 ชั่วโมง	
<p>ข. ความดันสูงสุดต่อความดันต่ำสุดของวัฏจักร</p> $\left[ \frac{P_2^{\frac{k-1}{k}}}{P_1} \right] = \left[ \frac{V_1^{k-1}}{V_2} \right]$ $\frac{P_2}{P_1} = \left[ \frac{V_1^{\frac{k-1 \cdot k}{k-1}}}{V_2} \right]$ $P_2 = P_1 \left[ \frac{V_1^k}{V_2} \right]$ $P_2 = P_1 (rv^k)$ $P_2 = 95 \text{ kPa } (3.725^{1.4})$ $P_2 = 598.88 \text{ kPa}$ $\frac{P_2}{T_2} = \frac{P_3}{T_3}$ $P_3 = \frac{P_2 T_3}{T_2}$ $P_3 = \frac{598.88 \text{ kPa} \times 1473.2 \text{ K}}{496.2 \text{ K}}$ $P_3 = 1778.05 \text{ kPa}$			

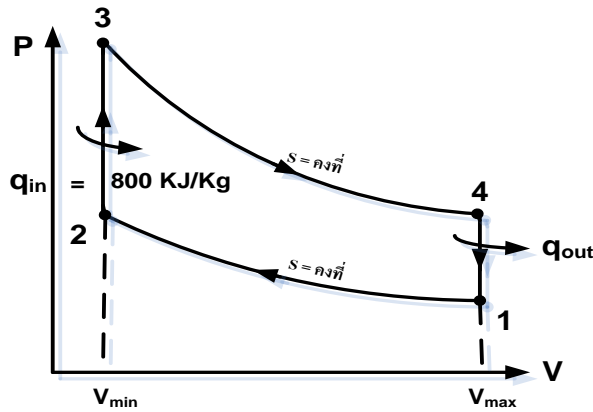
	<b>แผนการสอน</b>	หน่วยที่ 7	หน้าที่ 11
	วิชา งานเครื่องยนต์สันดาปภายใน	สอนครั้งที่ 9	
	ชื่อหน่วย วัฏจักรออตโต	จำนวน 3 ชั่วโมง	
<b>แบบทดสอบ</b>			
<p>1. เครื่องยนต์เครื่องหนึ่งทำงานตามวัฏจักรออตโต โดยเริ่มอัดอากาศที่ความดัน 103 kpa อุณหภูมิ 37 °C มีอัตราส่วนปริมาตรเท่ากับ 6 : 1 ความร้อนที่ระบบได้รับเท่ากับ 900 kJ/kg จงหา</p> <p>ก. อุณหภูมิสูงสุด</p> <p>ข. งานสุทธิ</p> <p>ค. ประสิทธิภาพทางความร้อน</p>			

	<b>แผนการสอน</b>	หน่วยที่ 7	หน้าที่ 12
	วิชา งานเครื่องยนต์สันดาปภายใน	สอนครั้งที่ 9	
	ชื่อหน่วย วัฏจักรออตโต	จำนวน 3 ชั่วโมง	

**เฉลยแบบทดสอบ**

1. เครื่องยนต์เครื่องหนึ่งทำงานตามวัฏจักรออตโตโดยเริ่มอัดอากาศที่ความดัน 103 kpa อุณหภูมิ 37 °C มีอัตราส่วนปริมาตรเท่ากับ 6 : 1 ความร้อนที่ระบบได้รับเท่ากับ 900 kJ/kg จงหา

- ก. อุณหภูมิสูงสุด  $P_1 = 103 \text{ kpa}$
- ข. งานสุทธิ  $T_1 = 37 + 273.2 = 310.2 \text{ K}$
- ค. ประสิทธิภาพทางความร้อน  $rv = 6$   
 $q_{in} = 900 \text{ kJ/kg}$



แผนภาพ P-V ของวัฏจักรออตโตมาตรฐานอากาศ

ก. อุณหภูมิสูงสุด

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{k-1}$$

$$T_2 = T_1 (rv)^{(k-1)}$$

$$= 310.2 \text{ K} \times (6)^{0.4}$$


$$T_2 = 635.18 \text{ K}$$

$$q_{in} = C_v (T_3 - T_2)$$

$$T_3 = \left(\frac{q_{in}}{C_v}\right) + T_2$$

$$= \left(\frac{900 \text{ kJ kg.K}}{0.7165 \text{ kg kJ}}\right) + 635.18 \text{ K}$$

$$T_3 = 1891.28 \text{ K}$$

	<b>แผนการสอน</b>	หน่วยที่ 7	หน้าที่ 13
	วิชา งานเครื่องยนต์สันดาปภายใน	สอนครั้งที่ 9	
	ชื่อหน่วย วัฏจักรออตโต	จำนวน 3 ชั่วโมง	
<p><b>ข. งานสุทธิ</b></p> $T_4 = T_3 \left( \frac{1}{rv} \right)^{k-1}$ $= 1891.18 \text{ K} \times \left( \frac{1}{6} \right)^{0.4}$ $T_4 = 923.62 \text{ K}$ $q_{\text{out}} = C_v (T_4 - T_1)$ $= 0.7165 \text{ kJ/kg.K} \times (923.62 - 310.2) \text{ K}$ $q_{\text{out}} = 439.51 \text{ kJ/kg}$ $W_{\text{net}} = q_{\text{in}} - q_{\text{out}}$ $= 900 - 439.51 \text{ kJ/kg}$ $W_{\text{net}} = 460.49 \text{ kJ/kg}$ <p><b>ค. ประสิทธิภาพทางความร้อน</b></p> $\eta_{\text{th}} = \frac{W_{\text{net}}}{q_{\text{in}}}$ $= \frac{460.49 \text{ kJ/kg}}{900 \text{ kJ/kg}}$ $\eta_{\text{th}} = 0.51 \text{ หรือ } 51.16 \%$			

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				

### บันทึกหลังสอน ปัญหา และแนวทางแก้ปัญหา

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

ลงชื่อ ..... ครูผู้สอน

(.....)

ตำแหน่ง .....

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

