

APPENDIX A

Interview Protocol Thermodynamics Concept

Interview Protocol_Thermodynamics concept

Part 1. General information

NAME LAST NAME Code

Level ☐ Bachelor degree ☐ Master degree ☐ Doctoral degree Year

Course

Part 2. Questions

Zero law

1. Given the definition of system and surrounding.
2. How many type of system and what is the difference for each system?
3. What is the causing of heat transfer between system and surrounding?
4. What is the factor of rate of heat transfer?
5. How does the direction of heat transfer? Explain. When does the system reach to the equilibrium?
5. Please, answer the following questions.

5.1 Cup A contains 100 grams of water at 0°C but cup B contains 200 grams of water at 50°C . The contents of the two cups are mixed together in an insulated container (no heat transfer occurs). When it reaches thermal equilibrium, what is the final temperature of the water in the container?

- A) Between 0°C and 25°C
- B) 25°C
- C) Between 25°C and 50°C
- D) 50°C
- E) Higher than 50°C

Please indicate the reason:

5.2 Cup A contains 2 liters of water and cup B contains 1 liter of water. The water in both cups was initially at room temperature. Then both cups are placed on a hot plate and heated until the water in the cup is boiling (100°C). Which statement is correct?

- A) Water in both cups has the same heat transfer.
- B) Water in cup A has more heat transfer.
- C) Water in cup B has more heat transfer.
- D) No heat transfer



Please indicate the reason:

5.3 If 100 grams of ice at 0°C and 100 grams of water at 0°C are put into a freezer, which has a temperature below 0°C . After waiting until their temperature equals to the freezer temperature, which one will eventually lose the greatest amount of heat?

- A) The 100 grams of ice.
- B) The 100 grams of water.
- C) They both lose the same amount of heat because their initial temperatures are the same.
- D) There is no answer because ice does not contain any heat.
- E) There is no answer because you cannot get water at a temperature of 0°C .

Please indicate the reason:

5.4 You want to melt ice at 0°C using hot blocks of metal as an energy source. One option is to use one metal block at a temperature of 200°C and a second option is to use two metal blocks each at a temperature of 100°C . All the metal blocks are made from the same material and have the same weight and surface area. Which option will melt more ice?

- A) Both 100°C blocks
- B) The 200°C block
- C) Both option
- D) Not enough information

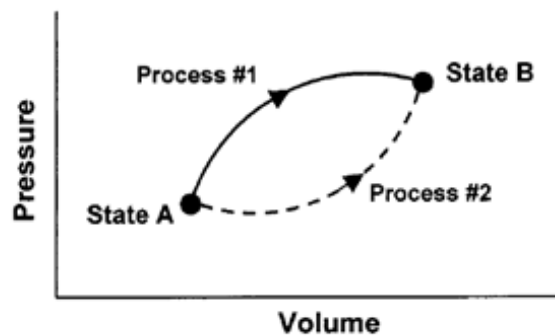
Please indicate the reason:

.....

First law

1. Given the relationship of the parameter in the 1st law of thermodynamics and indicate the sign of parameter.
2. What is the factor that depend on the energy in 1st law of thermodynamics equation?
3. Please, answer the following questions.

3.1 This P-V diagram represents a system consisting of a fixed amount of ideal gas that can undergo two different processes in going from state A to state B through Process #1 and Process #2.



1. Work done by the system in Process # 1 is _____ than Process # 2.

- ☐ greater than
- ☐ less than
- ☐ equal to
- ☐ otherwise

Please indicate the reason:

.....

2. The change in internal energy of all molecules in the system for Process #1 is _____ than Process # 2.

- ☐ greater than
- ☐ less than
- ☐ equal to
- ☐ otherwise

Please indicate the reason:

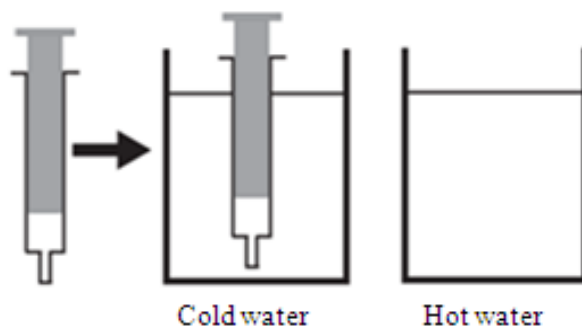
.....

3. Heat transferred into the system in Process # 1 is _____ than Process # 2.

- ☐ greater than
- ☐ less than
- ☐ equal to
- ☐ otherwise

Please indicate the reason:

3.2 A syringe that contains an ideal gas and has a frictionless piston of mass M is moved from a beaker of cold water to a beaker of hot water. Answer the following questions and consider that the syringe reaches thermal equilibrium with hot water.



1. How does the gas temperature change?

- A) Increase
- B) Decrease
- C) No change

Please indicate the reason:

.....

2. How does the gas pressure change?

- A) Increase
- B) Decrease
- C) No change

Please indicate the reason:

.....

3. How does the gas volume change?

- A) Increase
- B) Decrease
- C) No change

Please indicate the reason:

.....

Second law

1. Given the relationship of the parameter in the 2nd law of thermodynamics and indicate the sign of parameter.

2. What is the factor that depend on the change of entropy?

3. Please, answer the following questions.

3.1 Consider a system undergoing a naturally occurring (spontaneous) process. The system can exchange energy with its surrounding

1. During this process, does the entropy of the system (S_{system}) increase, decrease, remain the same or this is not determinable with the given information

- A) Increase
- B) Decrease
- C) No change
- D) Not determinable from the given information

Please indicate the reason:

.....

2. During this process, does the entropy of the surroundings ($S_{\text{surrounding}}$) increase, decrease, remain the same or this is not determinable with the given information

- A) Increase
- B) Decrease
- C) No change
- D) Not determinable from the given information

Please indicate the reason:

.....

3. During this process, does the entropy of the system plus the entropy of the surroundings ($S_{\text{system}} + S_{\text{surrounding}}$) increase, decrease, remain the same or this is not determinable with the given information

- A) Increase
- B) Decrease
- C) No change
- D) Not determinable from the given information

Please indicate the reason:

3.2 Consider an air in the room, the air can exchange energy with each other but can not exchange with the wall.

1. During this process, does the entropy of the object in the room increase, decrease, remain the same or this is not determinable with the given information

- A) Increase
- B) Decrease
- C) No change
- D) Not determinable from the given information

Please indicate the reason:

2. During this process, does the entropy of the air increase, decrease, remain the same or this is not determinable with the given information

- A) Increase
- B) Decrease
- C) No change
- D) Not determinable from the given information

Please indicate the reason:

3. During this process, does the entropy of the object plus the entropy of the air increase, decrease, remain the same or this is not determinable with the given information

- A) Increase
- B) Decrease
- C) No change
- D) Not determinable from the given information

Please indicate the reason:

.....

4. During this process, does the entropy of the universe increase, decrease, remain the same or this is not determinable with the given information

- A) Increase
- B) Decrease
- C) No change
- D) Not determinable from the given information

Please indicate the reason:

.....

3.3 A subsystem A is in thermal contact with its environment B, which together comprises an isolated system. Consider the following situation:

- I.** Entropy of system increases by 5J/K; entropy of the environment decreases by 5 J/K.
- II.** Entropy of system increases by 5J/K; entropy of the environment decreases by 3 J/K.
- III.** Entropy of system increases by 3J/K; entropy of the environment decreases by 5 J/K.
- IV.** Entropy of system decreases by 3J/K; entropy of the environment increases by 5 J/K.

Which of the above four situations can actually occur in the real world

- A) **I** only
- B) **II** only
- C) **III** only
- D) **II** and **IV** only

Please indicate the reason:

.....

3.4 A subsystem A is in thermal contact with its environment B and they together comprise an isolated system that is undergoing an irreversible process. Consider the following situation:

- I. Entropy of system increases by 5 J/K ; entropy of the environment decreases by 5 J/K .
- II. Entropy of system increases by 5 J/K ; entropy of the environment decreases by 3 J/K .
- III. Entropy of system increases by 3 J/K ; entropy of the environment decreases by 5 J/K .
- IV. Entropy of system decreases by 3 J/K ; entropy of the environment increases by 5 J/K .

Which of the above four situations can actually occur

- A) I only
- B) II only
- C) III only
- D) II and IV only

Please indicate the reason:

.....

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

APPENDIX B

Interview Protocol Thermodynamics Concept (Thai version)

Interview Protocol_Thermodynamics concept

ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้ถูกสัมภาษณ์

ชื่อ..... นามสกุล รหัสนักศึกษา

นักศึกษาระดับ ☐ ปริญญาตรี ☐ ปริญญาโท ☐ ปริญญาเอก ชั้นปีที่ ลงทะเบียนเรียนในรายวิชา

ตอนที่ 2 คำถามสัมภาษณ์

กฎข้อที่ศูนย์

1. ให้นักศึกษา บอกนิยามของ คำว่า ระบบ (System) กับ สิ่งแวดล้อม (System)
2. ระบบทั้งหมดมีกี่แบบ แต่ละแบบมีลักษณะแตกต่างกันอย่างไรบ้าง
3. นักศึกษาคิดว่า การถ่ายเทความร้อนระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อม เกิดขึ้นเนื่องจากสาเหตุใด
4. ปัจจัยใดที่มีผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อม
5. การถ่ายเทความร้อนจะมีทิศทางการถ่ายเทเช่นไร ให้อธิบาย และจะอยู่ในสภาวะสมดุลความร้อนเมื่อใด
5. ตอบคำถามต่อไปนี้

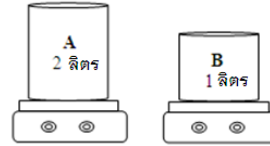
5.1 ถ้ามีแก้ว A บรรจุน้ำ 100 กรัม ที่มีอุณหภูมิ 0°C และแก้ว B บรรจุน้ำ 200 กรัม ที่มีอุณหภูมิ 50°C จากนั้นผสมน้ำจากแก้วทั้งสองใบในภาชนะที่เป็นฉนวนความร้อน (ไม่มีการถ่ายเทความร้อนเข้าหรือออก) รอจนเกิดสมดุลความร้อน อุณหภูมิสุดท้ายของน้ำในภาชนะเป็นเท่าใด และปริมาณใดมีผลต่ออุณหภูมิสุดท้ายของน้ำในภาชนะ

- A) อยู่ระหว่าง 0 ถึง 25°C
- B) 25°C
- C) อยู่ระหว่าง 25 ถึง 50°C
- D) 50°C
- E) มากกว่า 50°C

ให้ระบุ/อธิบาย เหตุผลที่ใช้ตอบ

5.2 ถ้วย A บรรจุน้ำจำนวน 2 ลิตร และถ้วย B บรรจุน้ำจำนวน 1 ลิตร น้ำในถ้วยทั้งสองมีอุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากันที่อุณหภูมิห้อง นำถ้วยทั้งสองไปวางบนเตาไฟฟ้า และให้ความร้อนแก่ถ้วยทั้งสองไปจนน้ำในถ้วยเดือด (100°C) ข้อสรุปใดสรุปได้ถูกต้อง เพราะเหตุใด

- A) น้ำในถ้วยทั้งสองมีการถ่ายเทความร้อนเท่ากัน
- B) น้ำในถ้วย A มีการถ่ายเทความร้อนมากกว่า
- C) น้ำในถ้วย B มีการถ่ายเทความร้อนมากกว่า
- D) น้ำในถ้วยทั้งสองไม่มีการถ่ายเทความร้อน



5.3 ถ้าวางน้ำแข็ง 100 กรัม อุณหภูมิ 0°C และน้ำ 100 กรัม อุณหภูมิ 0°C ในช่องทำน้ำแข็งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0°C รอจนอุณหภูมิเท่ากับช่องทำน้ำแข็ง น้ำหรือน้ำแข็งจะสูญเสียความร้อนมากกว่ากัน

- A) น้ำแข็ง 100 กรัม
- B) น้ำ 100 กรัม
- C) สูญเสียความร้อนเท่ากัน เพราะทั้งสองอุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากัน
- D) ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง เพราะน้ำแข็งไม่สามารถเก็บความร้อนได้
- E) ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง เพราะน้ำไม่สามารถมีอุณหภูมิ 0°C ได้

ให้ระบุ/อธิบาย เหตุผลที่ใช้ตอบ

5.4 เมื่อต้องการหลอมเหลว น้ำแข็งที่ 0°C โดยใช้แท่งโลหะเป็นแหล่งให้พลังงานความร้อน โดยมีแท่งโลหะอยู่ 2 แบบคือ 1) ใช้แท่งโลหะ 1 แท่งที่มีอุณหภูมิ 200°C และแบบที่ 2) ใช้แท่งโลหะจำนวน 2 แท่ง แต่ละแท่งมีอุณหภูมิ 100°C ถ้าแท่งโลหะทุกแท่งทำมาจากวัสดุชนิดเดียวกัน มีน้ำหนักและพื้นที่ผิวเท่ากัน แท่งโลหะแบบไหนที่จะหลอมเหลว น้ำแข็งได้มากกว่ากัน

- A) แท่งโลหะที่ 100°C
- B) แท่งโลหะที่ 200°C
- C) แท่งโลหะทั้งสองสามารถหลอมเหลว น้ำแข็งได้จำนวนเท่ากัน
- D) ไม่สามารถบอกได้จากข้อมูลที่ให้มา

ให้ระบุ/อธิบาย เหตุผลที่ใช้ตอบ

กฎข้อที่หนึ่ง

1. ให้นักศึกษา บอกความสัมพันธ์ของตัวแปรตามกฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์ พร้อมทั้งระบุความหมายของเครื่องหมาย บวก/ลบ ด้วยว่าหมายถึงอะไร
2. นักศึกษาคิดว่า พลังงานในแต่ละส่วนตามกฎข้อที่หนึ่งนั้น มีค่าขึ้นอยู่กับตัวแปรใดในทางเทอร์โมไดนามิกส์บ้าง
3. ตอบคำถามต่อไปนี้

3.1 จากแผนภาพ P-V ดังรูป แสดงถึงระบบที่ประกอบไปด้วยแก๊สอุดมคติที่มีปริมาณคงที่ และสามารถเกิดการเปลี่ยนสถานะ จากสถานะ A ไปสู่สถานะ B ได้โดยผ่านกระบวนการที่ 1 หรือกระบวนการที่ 2



1. งานที่ทำโดยระบบในกระบวนการที่ 1 มีค่า _____ กระบวนการที่ 2

☐ มากกว่า ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากับ ☐ ไม่สามารถสรุปได้

เพราะเหตุใด

2. การเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในของโมเลกุลของแก๊สในกระบวนการที่ 1 มีค่า _____ กระบวนการที่ 2

☐ มากกว่า ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากับ ☐ ไม่สามารถสรุปได้

เพราะเหตุใด

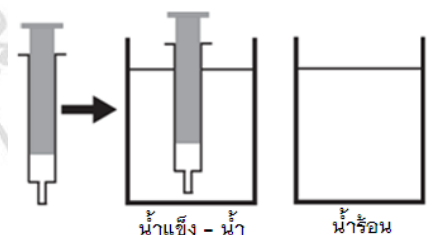
3. การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ระบบในกระบวนการที่ 1 มีค่า _____ กระบวนการที่ 2

☐ มากกว่า ☐ น้อยกว่า ☐ เท่ากับ ☐ ไม่สามารถสรุปได้

เพราะเหตุใด

3.2 กระบอกสูบอันหนึ่งภายในบรรจุแก๊สอุดมคติและลูกสูบไม่มีแรงเสียดทาน

มีมวล M ดังรูป ถูกนำออกจากบิกเกอร์ซึ่งใส่น้ำเย็นไปจุ่มลงในบิกเกอร์
ที่ใส่น้ำร้อนโดยกำหนดให้กระบอกสูบเข้าสู่ภาวะสมดุลความร้อนกับน้ำร้อน



1. อุณหภูมิของแก๊สจะมีการเปลี่ยนแปลงตามข้อใด เพราะเหตุใด

☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง ☐ ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

เพราะเหตุใด

2. ความดันของแก๊สจะมีการเปลี่ยนแปลงตามข้อใด เพราะเหตุใด

☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง ☐ ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

เพราะเหตุใด

3. ปริมาตรของแก๊สจะมีการเปลี่ยนแปลงตามข้อใด เพราะเหตุใด

☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง ☐ ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

เพราะเหตุใด

กฎข้อที่สอง

1. ให้นักศึกษา บอกความสัมพันธ์ของตัวแปรตามกฎข้อที่สองของเทอร์โมไดนามิกส์ พร้อมทั้งระบุความหมายของ
เครื่องหมาย บวก/ลบ ด้วยว่าหมายถึงอะไร

2. นักศึกษาคิดว่า การเปลี่ยนแปลงเอนโทรปี มีค่าขึ้นอยู่กับตัวแปรใดในทางเทอร์โมไดนามิกส์บ้าง

3. ตอบคำถามต่อไปนี้

3.1 เมื่อพิจารณาการดำเนินไปของระบบในกระบวนการตามธรรมชาติระบบสามารถแลกเปลี่ยนพลังงานกับ
สิ่งแวดล้อมได้

1. ในระหว่างกระบวนการที่เกิดขึ้น เอนโทรปีของระบบ จะมีค่า เพิ่มขึ้น, ลดลง, คงเดิม หรือไม่สามารถบอกได้
ด้วยข้อมูลที่ให้มา จงอธิบาย

☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง ☐ คงเดิม ☐ ไม่สามารถบอกได้

เพราะเหตุใด

2. ในระหว่างกระบวนการที่เกิดขึ้น เอนโทรปีของสิ่งแวดล้อม จะมีค่า เพิ่มขึ้น, ลดลง, คงเดิม หรือไม่สามารถบอกได้ด้วยข้อมูลที่ให้มา จงอธิบาย

☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง ☐ คงเดิม ☐ ไม่สามารถบอกได้

เพราะเหตุใด

3. ในระหว่างกระบวนการที่เกิดขึ้น เอนโทรปีของระบบรวมกับเอนโทรปีของสิ่งแวดล้อม จะมีค่า เพิ่มขึ้น, ลดลง, คงเดิม หรือไม่สามารถบอกได้ด้วยข้อมูลที่ให้มา จงอธิบาย

☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง ☐ คงเดิม ☐ ไม่สามารถบอกได้

เพราะเหตุใด

3.2 อากาศภายในห้องมีการแลกเปลี่ยนพลังงานซึ่งกันและกันแต่อากาศภายในห้องไม่สามารถแลกเปลี่ยนพลังงานกับผนังห้องได้

1. ในระหว่างกระบวนการที่เกิดขึ้น เอนโทรปีของวัตถุ จะมีค่า เพิ่มขึ้น, ลดลง, คงเดิม หรือไม่สามารถบอกได้ด้วยข้อมูลที่ให้มา จงอธิบาย

☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง ☐ คงเดิม ☐ ไม่สามารถบอกได้

เพราะเหตุใด

2. ในระหว่างกระบวนการที่เกิดขึ้น เอนโทรปีของอากาศภายในห้อง จะมีค่า เพิ่มขึ้น, ลดลง, คงเดิม หรือไม่สามารถบอกได้ด้วยข้อมูลที่ให้มา จงอธิบาย

☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง ☐ คงเดิม ☐ ไม่สามารถบอกได้

เพราะเหตุใด

3. ในระหว่างกระบวนการที่เกิดขึ้น เอนโทรปีของวัตถุรวมกับเอนโทรปีของอากาศภายในห้อง จะมีค่า เพิ่มขึ้น, ลดลง, คงเดิม หรือไม่สามารถบอกได้ด้วยข้อมูลที่ให้มา จงอธิบาย

☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง ☐ คงเดิม ☐ ไม่สามารถบอกได้

เพราะเหตุใด

4. ในระหว่างกระบวนการที่เกิดขึ้น เอนโทรปีของจักรวาล จะมีค่า เพิ่มขึ้น, ลดลง, คงเดิม หรือไม่สามารถบอกได้ด้วยข้อมูลที่ให้มา จงอธิบาย

☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง ☐ คงเดิม ☐ ไม่สามารถบอกได้

เพราะเหตุใด

3.3 ระบบย่อย A สัมผัสความร้อนกับสิ่งแวดล้อม B ซึ่งภายในประกอบไปด้วยระบบย่อยเดียว พิจารณาสถานการณ์ต่อไปนี้

I. เอนโทรปีของระบบเพิ่มขึ้น 5J/K ; เอนโทรปีของสิ่งแวดล้อมลดลง 5J/K

II. เอนโทรปีของระบบเพิ่มขึ้น 5J/K ; เอนโทรปีของสิ่งแวดล้อมลดลง 3J/K

III. เอนโทรปีของระบบเพิ่มขึ้น 3J/K ; เอนโทรปีของสิ่งแวดล้อมลดลง 5J/K

IV. เอนโทรปีของระบบลดลง 3J/K ; เอนโทรปีของสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น 5J/K

สถานการณ์ใดใน 4 สถานการณ์ด้านบนที่สามารถเกิดขึ้นจริงในโลกความเป็นจริง

- A) I เท่านั้น
- B) II เท่านั้น
- C) III เท่านั้น
- D) II และ III เท่านั้น
- E) II และ IV เท่านั้น

เพราะเหตุใด

3.4 ระบบย่อย A สัมผัสความร้อนกับสิ่งแวดล้อม B ซึ่งภายในประกอบไปด้วยระบบโดยเดี่ยวที่อยู่ภายใต้กระบวนการแบบผันกลับไม่ได้ พิจารณาสถานการณ์ต่อไปนี้

- I. เอนโทรปีของระบบเพิ่มขึ้น $5J/K$; เอนโทรปีของสิ่งแวดล้อมลดลง $5J/K$
- II. เอนโทรปีของระบบเพิ่มขึ้น $5J/K$; เอนโทรปีของสิ่งแวดล้อมลดลง $3J/K$
- III. เอนโทรปีของระบบเพิ่มขึ้น $3J/K$; เอนโทรปีของสิ่งแวดล้อมลดลง $5J/K$
- IV. เอนโทรปีของระบบลดลง $3J/K$; เอนโทรปีของสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น $5J/K$

สถานการณ์ใดใน 4 สถานการณ์ด้านบนที่สามารถเกิดขึ้นจริง

- A) I เท่านั้น
- B) II เท่านั้น
- C) III เท่านั้น
- D) II และ IV เท่านั้น
- E) I, II และ IV เท่านั้น

เพราะเหตุใด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

APPENDIX C

Thermodynamics conceptual survey: TCS

1. Cup A contains 100 grams of water at 0°C but cup B contains 200 grams of water at 50°C . The contents of the two cups are mixed together in an insulated container (no heat transfer occurs). When it reaches thermal equilibrium, what is the final temperature of the water in the container?

- A) Between 0°C and 25°C
- B) 25°C
- C) Between 25°C and 50°C
- D) 50°C
- E) Higher than 50°C

2. Jim believes he must use boiling water to make a cup of tea. He tells his friends that, "I couldn't make tea if I was camping on a high mountain because water doesn't boil at high altitudes." Which statement do you strongly agree with?

- A) Joys says, "Yes it does, because the water boils below 100°C because the pressure decreases."
- B) Tay says, "Jim is incorrect because water always boils at the same temperature."
- C) Lou says, "The boiling point of the water decreases, but the water itself is still at 100°C ."
- D) Mai says, "I agree with Jim. The water never gets to its boiling point."

3. Cup A contains 100 grams of water and cup B contains twice as much water. The water in both cups was initially at room temperature. Then the water in cup A was heated to 75°C and the water in cup B was heated to 50°C . When the water in both cups cooled down to room temperature, which cup had more heat transferred from it?



- A) Cup A had more heat transferred out.
 - B) Cup B had more heat transferred out.
 - C) Both cups had the same amount of heat transferred.
 - D) Not enough information is given to determine the answer.
4. If 100 grams of ice at 0°C and 100 grams of water at 0°C are put into a freezer, which has a temperature below 0°C . After waiting until their temperature equals to the freezer temperature, which one will eventually lose the greatest amount of heat?
- A) The 100 grams of ice.
 - B) The 100 grams of water.
 - C) They both lose the same amount of heat because their initial temperatures are the same.
 - D) There is no answer because ice does not contain any heat.
 - E) There is no answer because you cannot get water at a temperature of 0°C .
5. Jan announces that she does not like sitting on the metal chairs in the room because “when touching it, they are colder than the plastic ones.” Which statement do you strongly agree with?

A) Jim agrees and says, “The metal chairs feel colder because metal is naturally colder than plastic.”

B) Kip says, “The metal chairs are not colder because they are at the same temperature.”

C) Lou says, “The metal chairs are not colder, the metal ones just feel colder because they are heavier.”

D) Mai says, “The metal chairs are colder because metal absorbs the heat from body faster.”

6. Kim picks up two rulers, a metal one and a wooden one. He announces that the metal one feels colder than the wooden one. What is your preferred explanation for this situation to Kim?

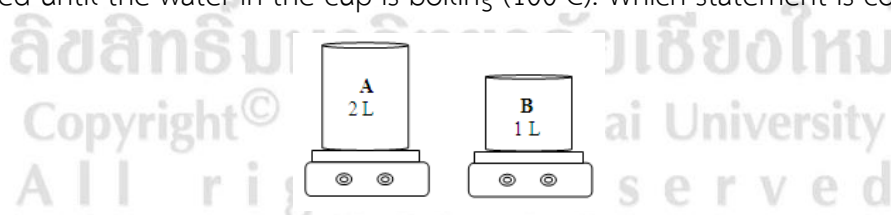
A) Metal conducts heat faster than wood.

B) Wood is naturally a warmer substance than metal.

C) Metals are better heat radiators than wood.

D) Cold flows more readily from a metal.

7. Cup A contains 2 liters of water and cup B contains 1 liter of water. The water in both cups was initially at room temperature. Then both cups are placed on a hot plate and heated until the water in the cup is boiling (100°C). Which statement is correct?



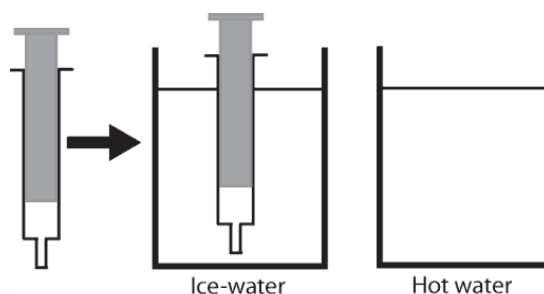
A) Water in both cups has the same heat transfer.

B) Water in cup A has more heat transfer.

C) Water in cup B has more heat transfer.

Please use the following information to answer questions 8-10.

A syringe that contains an ideal gas and has a frictionless piston of mass M is moved from a beaker of cold water to a beaker of hot water. Answer the following questions and consider that the syringe reaches thermal equilibrium with hot water.



8. How does the gas temperature change?

- A) Increase
- B) Decrease
- C) No change

9. How does the gas pressure change?

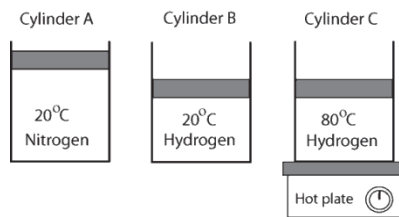
- A) Increase
- B) Decrease
- C) No change

10. How does the gas volume change?

- A) Increase
- B) Decrease
- C) No change

Please use the following information to answer questions 11-12.

Three identical cylinders are filled with unknown quantities of ideal gases. The cylinders are closed with identical frictionless pistons of mass M . Cylinder A and B are in thermal equilibrium with the room at 20°C , and cylinder C is kept at a temperature of 80°C . The piston of each cylinder is in mechanical equilibrium with the environment.



11. How does the pressure of nitrogen gas in cylinder A compare with the pressure of hydrogen gas in cylinder B?

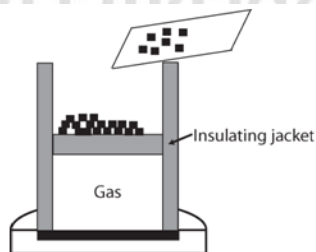
- A) Greater
- B) Less than
- C) Same

12. How does the pressure of hydrogen gas in cylinder B compare with the pressure of hydrogen gas in cylinder C?

- A) Greater
- B) Less than
- C) Same

Please use the following information to answer questions 13-15.

An ideal gas is contained in a cylinder with a tightly-fitting piston so that no gas escapes. Several small masses are on the piston. (Neglect friction between the piston and the cylinder walls.) The cylinder is placed in an insulating jacket. A large number of masses are quickly added to the piston.



13. How does the temperature of the gas change?

- A) Increase
- B) Decrease
- C) Remains unchanged

14. How does the pressure of the gas change?

- A) Increase
- B) Decrease
- C) Remains unchanged

15. How does the volume of the gas change?

- A) Increase
- B) Decrease
- C) Remains unchanged

Please use the following information to answer questions 16-19.

A cylindrical pump contains one mole of an ideal gas. The piston fits tightly so that no gas escapes, and friction is negligible between the piston and the cylinder walls. The piston is quickly pressed inward so the volume of gas reduces instantly.



16. How does the temperature of the gas change?

- A) Increase
- B) Decrease
- C) Remains unchanged

17. How does the total work done by the system (gas) change?

- A) Increase
- B) Decrease
- C) Remains unchanged

18. How does the heat transferred into the system (gas) change?

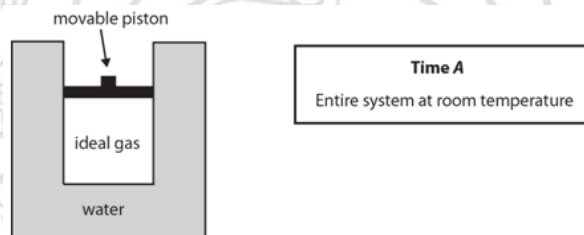
- A) Increase
- B) Decrease
- C) Remains unchanged

19. How does the internal energy of the gas change?

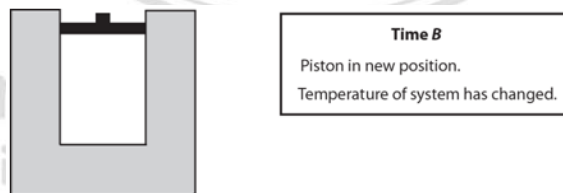
- A) Increase
- B) Decrease
- C) Remains unchanged

Please use the following information to answer questions 20-25.

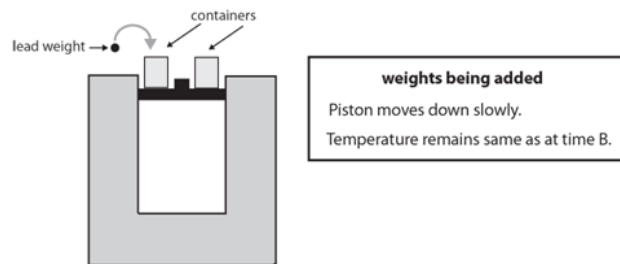
A fixed quantity of ideal gas is contained within a metal cylinder that is sealed with a movable, frictionless, insulating piston. (The piston can move up or down without the slightest resistance from friction, but no gas can enter or leave the cylinder. The piston is heavy, but there can be no heat transfer to or from the piston itself.) The cylinder is surrounded by a large container of water with high walls as shown.



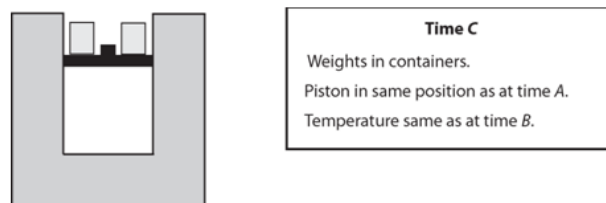
Step 1. Start of Process # 1: The water container is gradually heated, and the piston very slowly moves upward. At time *B* the heating of the water stops, and the piston stops moving when it is in the position shown in the diagram below:



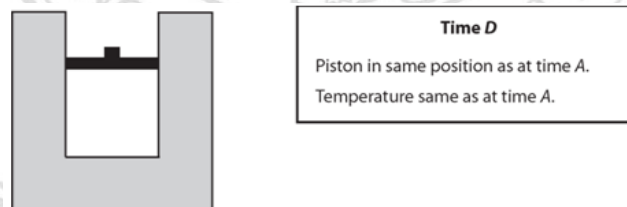
Step 2. Now, empty containers are placed on top of the piston as shown. Small lead weights are gradually placed in the containers, one by one, and the piston is observed to move down slowly. While this happens, the temperature of the water is nearly unchanged, and the gas temperature remains practically constant. (That is, it remains at the temperature it reached at time *B*, after the water had been heated up.)



Step 3. At time *C* we stop adding lead weights to the container and the piston stops moving. (The weights that were added until now are still in the containers.) The piston is now found to be at exactly the same position it was at time *A*.



Step 4. Now, the piston is locked into place so **it cannot move**; the weights are removed from the piston. The system is left to sit in the room for many hours, and eventually the entire system cools back down to the same room temperature it had at time *A*. When this finally happens, it is time *D*.



Step 5. Now let us begin Process # 2. The piston is unlocked so it is again free to move. We start from the same initial situation as shown at time *A* and *D* (i.e., same temperature and position of the piston). Just as before, the water is heated and we watch as the piston rises. However, this time, heat transfers to the water for a longer period of time. As a result, the piston ends up higher than it was at time *B* in Process # 1. The piston then continues from step 2 to step 4 and the final state when the weights are removed occurs at time *E*.

20. During the process that occurs from time A to time B , which following statement about work is true?

- A) Positive work is done on gas by the environment.
- B) Positive work is done by the gas on the environment.
- C) No net work is done on or by the gas.

21. During the process that occurs from time A to time B , the gas absorbs x Joules of energy from the water. What happens to the total kinetic energy of all of the gas molecules?

- A) Increases by more than x Joules.
- B) Increases by x Joules.
- C) Increases, but less than x Joules.
- D) Remains unchanged.
- E) Decreases by less than x Joules.
- F) Decreases by x Joules.
- G) Decreases by more x Joules.

22. During the process that occurs from time B to time C , what happens to the total kinetic energy of all gas molecules?

- A) Increase
- B) Decrease
- C) Remain unchanged

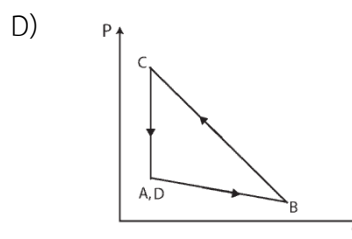
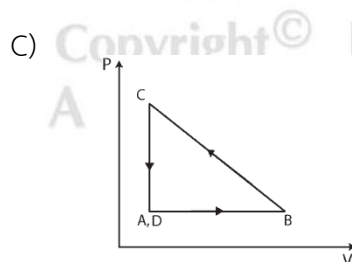
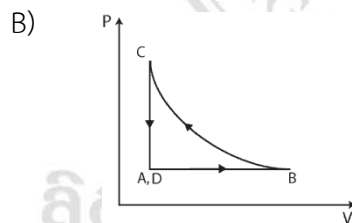
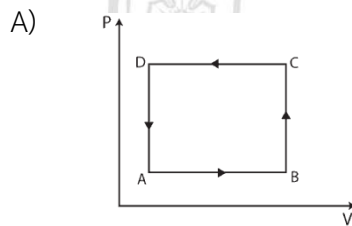
23. During the process that occurs from time B to time C , is there any net heat transferred between the gas and the water?

- A) There is the net heat transferred from gas to water.
- B) There is the net heat transferred from water to gas.
- C) There is no heat transferred.

24. During the process that occurs from time C to time D , y Joules of heat transfer occurs from the gas to the water. What happens to the total kinetic energy of all of the gas molecules?

- A) Increases by more than y Joules.
- B) Increases by y Joules.
- C) Increases, but by less than y Joules.
- D) Remains unchanged.
- E) Decreases by less than y Joules.
- F) Decreases by y Joules.
- G) Decreases by more than y Joules.

25. Which P-V diagram best describes the process that occurs from time A to time D?



For questions 26-28, please consider the process that occurs from time A to time D , and then to time E .

26. What is the net work done by the gas on the environment during that process?

- A) Equal to zero.
- B) Less than zero.
- C) Greater than zero.

27. What is the heat transfer from water to gas during the process?

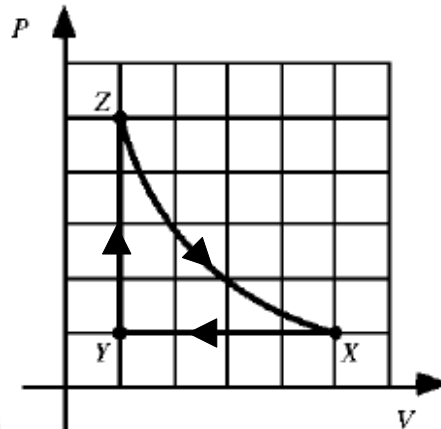
- A) Equal to zero.
- B) Less than zero.
- C) Greater than zero.

28. Consider the total kinetic energy of all the gas molecules at time A , D , and E ; call those KE_A , KE_D , and KE_E . Rank these in order of magnitude of total kinetic energy of the gas molecules at these times.

- A) $KE_A > KE_D > KE_E$
- B) $KE_A < KE_D < KE_E$
- C) $KE_A = KE_D = KE_E$
- D) $KE_A = KE_D < KE_E$

Please use the following information to answer questions 29-31.

A student performs an experiment with an ideal gas that is contained in a cylinder with a piston. The P-V diagram below shows the values of pressure and volume of the gas throughout the experiment, starting at point X , continuing to points Y and Z , and returning to point X . Process $Z \rightarrow X$ is isothermal.



29. What is the total work done by the gas in the entire cycle ($X \rightarrow Y \rightarrow Z \rightarrow X$)?

- A) Positive
- B) Negative
- C) Zero

30. What is the total heat transfer for the entire cycle ($X \rightarrow Y \rightarrow Z \rightarrow X$)?

- A) Positive
- B) Negative
- C) Zero

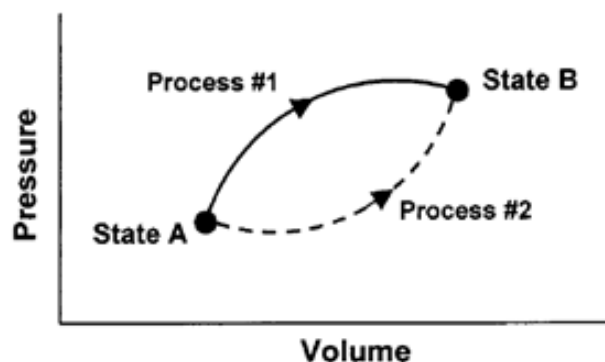
31. What is the change of internal energy of the gas in the entire cycle

($X \rightarrow Y \rightarrow Z \rightarrow X$)?

- A) Positive
- B) Negative
- C) Zero

Please use the following information to answer questions 32-34.

This P-V diagram represents a system consisting of a fixed amount of ideal gas that can undergo two different processes in going from state A to state B through Process #1 and Process #2.



32. Work done by the system in Process # 1 is _____ than Process # 2.

- A) greater than
- B) less than
- C) equal to

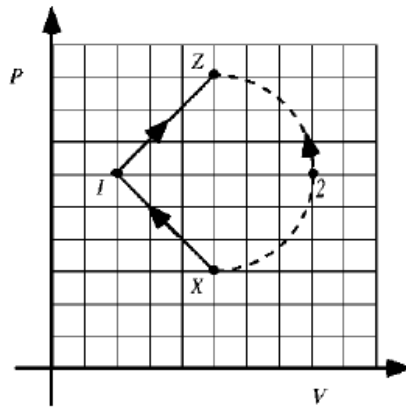
33. The change in internal energy of all molecules in the system for Process #1 is _____ than Process # 2.

- A) greater than
- B) less than
- C) equal to

34. Heat transferred into the system in Process # 1 is _____ than Process # 2.

- A) greater than
- B) less than
- C) equal to

35. A student performs an experiment with an ideal gas that is confined to a cylinder with a piston. The P-V diagram below shows the values of pressure and volume of the gas throughout the experiment, starting at point X and ending at point Z. Compare the absolute value of the work done during process $X \rightarrow 2 \rightarrow Z$ (a dash line) and process $X \rightarrow 1 \rightarrow Z$ (a bold line). Which statement is correct?



- A) $X \rightarrow 2 \rightarrow Z$ is greater than $X \rightarrow 1 \rightarrow Z$.
- B) $X \rightarrow 2 \rightarrow Z$ is less than $X \rightarrow 1 \rightarrow Z$.
- C) $X \rightarrow 2 \rightarrow Z$ is equal to $X \rightarrow 1 \rightarrow Z$.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright© by Chiang Mai University
 All rights reserved

ANSWER SHEET

NAME..... LASTNAME.....

CODE..... Department.....

Faculty DATE

Choice Item	A	B	C	D	Choice Item	A	B	C	D
1					19				
2					20				
3					21				
4					22				
5					23				
6					24				
7					25				
8					26				
9					27				
10					28				
11					29				
12					30				
13					31				
14					32				
15					33				
16					34				
17					35				

APPENDIX D

Thermodynamics conceptual survey: TCS (Thai version)

คำชี้แจง แบบทดสอบฉบับนี้ เป็นแบบทดสอบใช้ในการประเมินความเข้าใจเกี่ยวกับความร้อนและเทอร์โมไดนามิกส์ โดยแบบทดสอบทั้งหมดเป็นแบบปรนัย จำนวน 35 ข้อ ให้นักศึกษาเขียนตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุดและเขียนอธิบายให้เหตุผลประกอบในการตอบคำถามบ้างในบางข้อ ลงในกระดาษคำตอบ เวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบฉบับนี้ 60 นาที

1. แก้ว A บรรจุน้ำ 100 กรัม ที่มีอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส และแก้ว B บรรจุน้ำ 200 กรัม ที่มีอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จากนั้นผสมน้ำจากแก้วทั้งสองใบในภาชนะที่เป็นฉนวนความร้อน (ไม่มีการถ่ายเทความร้อนเข้าหรือออก) รอจนเกิดสมดุลความร้อน อุณหภูมิสุดท้ายของน้ำในภาชนะเป็นเท่าใด

- ก) อยู่ระหว่าง 0 ถึง 25 องศาเซลเซียส
- ข) 25 องศาเซลเซียส
- ค) อยู่ระหว่าง 25 ถึง 50 องศาเซลเซียส
- ง) 50 องศาเซลเซียส
- จ) มากกว่า 50 องศาเซลเซียส

2. จิมเชื่อว่าเขาจะต้องใช้น้ำเดือดในการทำชาเท่านั้น เขาจึงบอกเพื่อนของเขาว่า “ถ้าฉันออกค่ายบนภูเขาสูงฉันไม่สามารถทำน้ำชาได้ เพราะน้ำจะไม่เดือดบนที่สูง” คุณเห็นด้วยกับความเห็นของใครมากที่สุด

- ก) จอยพูดว่า “ใช่ เพราะน้ำจะเดือดต่ำกว่า 100 °C เพราะความดันลดลง”
- ข) เทย์พูดว่า “สิ่งที่จิมพูดไม่ถูกต้อง เพราะน้ำจะต้องเดือดที่อุณหภูมิเท่ากันเสมอ”
- ค) หลุยส์พูดว่า “จุดเดือดของน้ำจะลดลง แต่น้ำยังมีอุณหภูมิ 100 °C อยู่ดี”
- ง) ใหม่พูดว่า “ฉันเห็นด้วยกับจิม เพราะน้ำจะร้อนไม่ถึงจุดเดือด”

3. แก้ว A บรรจุน้ำ 100 กรัม และแก้ว B บรรจุน้ำปริมาณเป็นสองเท่าของแก้ว A น้ำในแก้วทั้งสองใบมีอุณหภูมิเริ่มต้นอยู่ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นน้ำในแก้ว A ถูกทำให้ร้อนขึ้นจนมีอุณหภูมิเป็น 75 องศาเซลเซียส และน้ำในแก้ว B ถูกทำให้ร้อนขึ้นจนมีอุณหภูมิเป็น 50 องศาเซลเซียส เมื่อน้ำแก้วทั้งสองใบมีอุณหภูมิตกลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง แก้วใบใดจะมีความร้อนถ่ายเทออกมากกว่ากัน



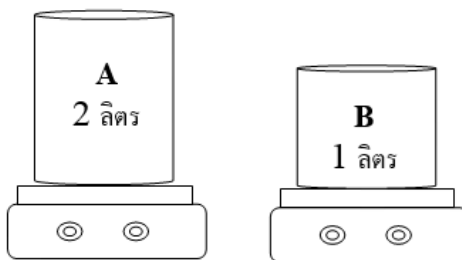
- ก) แก้ว A มีการถ่ายเทความร้อนออกมากกว่า
 - ข) แก้ว B มีการถ่ายเทความร้อนออกมากกว่า
 - ค) แก้วทั้งสองใบมีการถ่ายเทความร้อนออกเท่ากัน
 - ง) ข้อมูลไม่เพียงพอสำหรับการตอบคำถาม
4. ถ้าวางน้ำแข็ง 100 กรัม อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส และน้ำ 100 กรัม อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ในช่องทำน้ำแข็งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส รอจนอุณหภูมิเท่ากับช่องทำน้ำแข็ง น้ำหรือน้ำแข็งจะสูญเสียความร้อนมากกว่ากัน

- ก) น้ำแข็ง 100 กรัม
 - ข) น้ำ 100 กรัม
 - ค) สูญเสียความร้อนเท่ากัน เพราะทั้งสองอุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากัน
 - ง) ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง เพราะน้ำแข็งไม่สามารถเก็บความร้อนได้
 - จ) ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง เพราะน้ำไม่สามารถมีอุณหภูมิ 0 °C ได้
5. ก๊วยบอกล่าวว่าเขาไม่ชอบนั่งบนเก้าอี้โลหะ เพราะเมื่อสัมผัสจะรู้สึกว่เก้าอี้โลหะเย็นกว่าเก้าอี้พลาสติก คุณเห็นด้วยกับความคิดเห็นของใครมากที่สุด
- ก) ก๊วยบอและพูดว่า “เก้าอี้โลหะรู้สึกเย็น เพราะโดยธรรมชาติแล้วโลหะก็จะเย็นกว่าพลาสติก”
 - ข) ก๊วยบอพูดว่า “เก้าอี้โลหะไม่ได้เย็นกว่า เพราะทั้งสองมีอุณหภูมิเท่ากัน”
 - ค) ก๊วยบอพูดว่า “เก้าอี้โลหะไม่ได้เย็นกว่า แต่ที่รู้สึกเย็นเพราะมีน้ำหนักมากกว่า”
 - ง) ใหม่พูดว่า “เก้าอี้โลหะเย็นกว่า เพราะโลหะดึงความร้อนจากร่างกายได้เร็วกว่า”

6. เอกชัยหยิบไม้บรรทัด 2 อันขึ้นมาพร้อมๆ กัน อันแรกทำด้วยโลหะและอีกอันหนึ่งทำด้วยไม้ เอกชัยบอกว่าไม้บรรทัดที่ทำจากโลหะเย็นกว่าไม้บรรทัดที่ทำด้วยไม้ จะอธิบายสาเหตุของเหตุการณ์นี้ให้เอกชัยเข้าใจได้อย่างไร

- ก) โลหะจะนำความร้อนได้เร็วกว่าไม้
- ข) โดยปกติไม้เป็นสสารที่อุ่นมากกว่าโลหะ
- ค) ไม้ดูดกลืนความร้อนได้ดีกว่าโลหะ
- ง) โลหะจะแผ่ความร้อนได้ดีกว่าไม้
- จ) ความเย็นไหลมาจากโลหะได้ดีกว่า

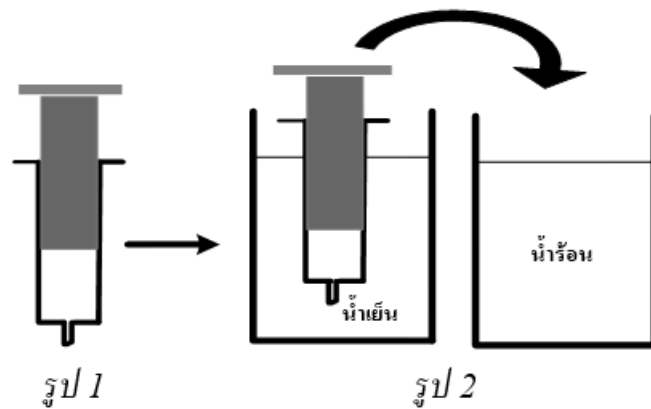
7. ถ้วย A บรรจุน้ำจำนวน 2 ลิตร และถ้วย B บรรจุน้ำจำนวน 1 ลิตร น้ำในถ้วยทั้งสองมีอุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากันนำถ้วยทั้งสองไปวางบนเตาไฟฟ้า และให้ความร้อนแก่ถ้วยทั้งสองใบจนน้ำในถ้วยเริ่มเดือด (100°C) สรุปได้ตามข้อใด พร้อมทั้งให้เหตุผล



- ก) น้ำภายในถ้วยทั้งสองใบได้รับความร้อนเท่ากัน
- ข) น้ำในถ้วย A ได้รับความร้อนมากกว่า
- ค) น้ำในถ้วย B ได้รับความร้อนมากกว่า

จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อที่ 8-10

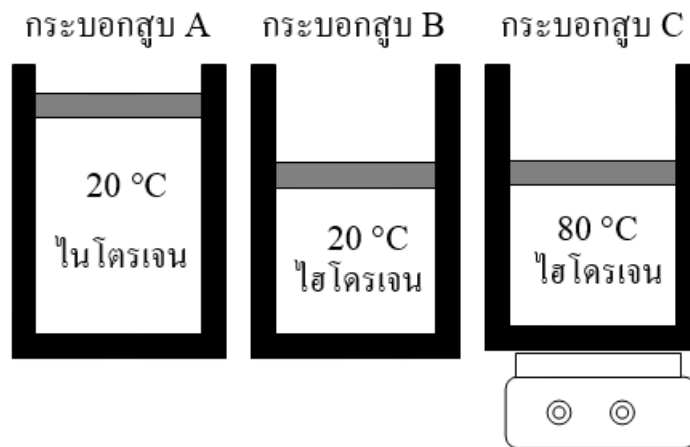
กระบอกสูบอันหนึ่งมีลูกสูบมวล M ภายในบรรจุแก๊สอุดมคติ ดังรูป 1 เริ่มต้นกระบอกสูบจุ่มอยู่ในน้ำเย็น จากนั้นนำกระบอกสูบไปจุ่มลงในน้ำร้อน ดังรูป 2 จงตอบคำถามต่อไปนี้ เมื่อกระบอกสูบเข้าสู่ภาวะสมดุลความร้อนกับน้ำร้อน



8. อุณหภูมิของแก๊สจะมีการเปลี่ยนแปลงตามข้อใด พร้อมให้เหตุผลประกอบ
- เพิ่มขึ้น
 - ลดลง
 - ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
9. ความดันของแก๊สจะมีการเปลี่ยนแปลงตามข้อใด พร้อมให้เหตุผลประกอบ
- เพิ่มขึ้น
 - ลดลง
 - ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
10. ปริมาตรของแก๊สจะมีการเปลี่ยนแปลงตามข้อใด พร้อมให้เหตุผลประกอบ
- เพิ่มขึ้น
 - ลดลง
 - ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อที่ 11-12

กระบอกสูบที่เหมือนกันทุกประการปิดด้วยลูกสูบที่ไม่มีความเสียดทาน M บรรจุแก๊สอุดมคติที่ไม่ทราบปริมาณดังรูป กระบอกสูบ A และ B อยู่ในภาวะสมดุลความร้อนกับอุณหภูมิห้องที่ 20°C และกระบอกสูบ C ถูกทำให้อยู่ที่อุณหภูมิคงที่ 80°C ซึ่งลูกสูบของกระบอกสูบทั้งสามอยู่ในสมดุลกับสิ่งแวดล้อมในขณะนั้น



11. ความดันของแก๊สไนโตรเจนในกระบอกสูบ A มีค่าตามข้อใด เมื่อเปรียบเทียบกับความดันของแก๊สไฮโดรเจนในกระบอกสูบ B พร้อมทั้งบอกเหตุผล

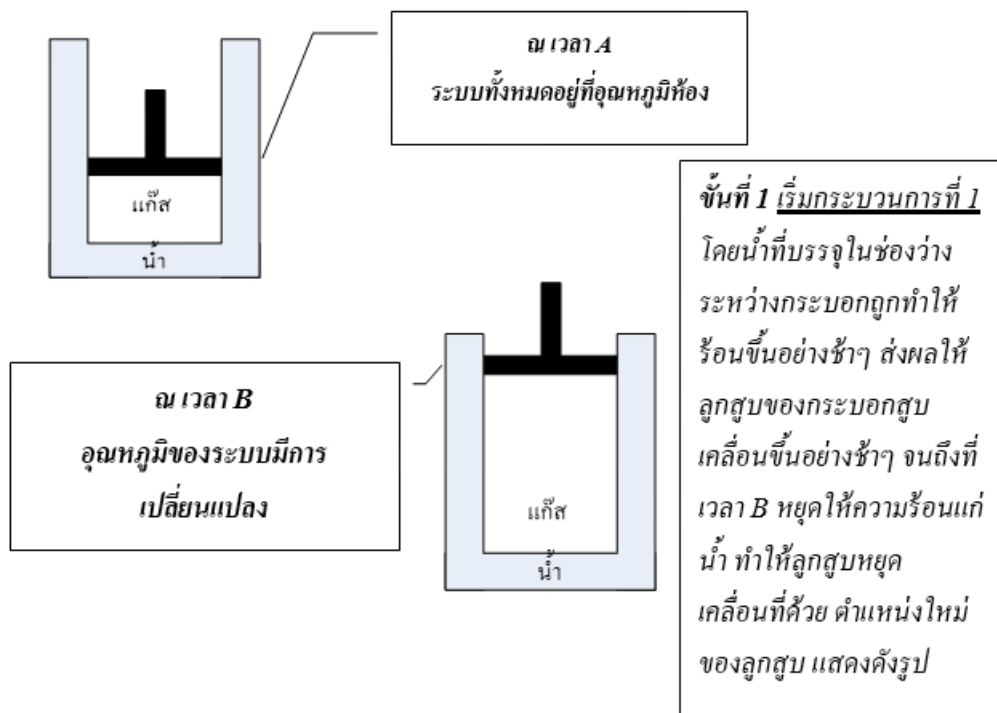
- ก) มากกว่า
- ข) น้อยกว่า
- ค) เท่ากัน

12. ความดันของแก๊สไฮโดรเจนในกระบอกสูบ B มีค่าตามข้อใด เมื่อเปรียบเทียบกับความดันของแก๊สไฮโดรเจนในกระบอกสูบ C พร้อมทั้งบอกเหตุผล

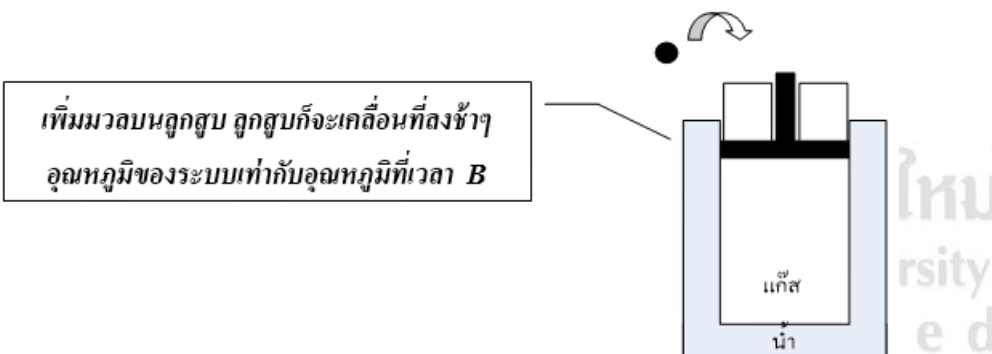
- ก) มากกว่า
- ข) น้อยกว่า
- ค) เท่ากัน

จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อที่ 13-21

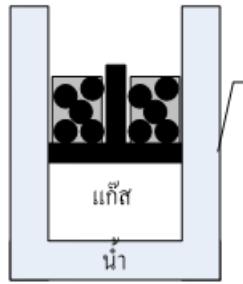
แก๊สอุดมคติบรรจุในกระบอกสูบโลหะที่ปิดด้วยลูกสูบที่เป็นฉนวนและไม่มีรอยรั่ว ลูกสูบป้องกันไม่ให้แก๊สไหลออกนอกกระบอกสูบได้ และไม่มีการถ่ายเทความร้อนเข้าหรือออกผ่านลูกสูบ กระบอกสูบถูกล้อมรอบด้วยน้ำ แสดงดังรูป ณ เวลา A



ขั้นที่ 2 วางกล่องเปล่าบนลูกสูบ ดังรูป แล้วค่อยๆ เพิ่มมวลเล็กๆ ทีละชิ้นลงบนกล่องเปล่า แล้วสังเกตการเคลื่อนที่ของลูกสูบที่เคลื่อนที่ลงอย่างช้าๆ ขณะที่เกิดการเคลื่อนที่ลงอย่างช้าๆ ของลูกสูบ น้ำแทบไม่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและแก๊สมีอุณหภูมิถือว่าคงที่ (มีอุณหภูมิเท่ากับที่เวลา B)

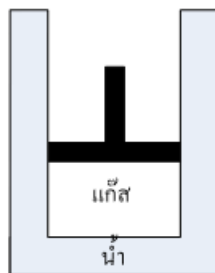


ขั้นที่ 3 ที่เวลา C หยุดการเพิ่มมวลให้กับกล่องเปล่า (มวลที่เพิ่มเข้าไปแล้วยังคงอยู่บนลูกสูบ) ลูกสูบก็จะหยุดเคลื่อนที่ พบว่าลูกสูบในขณะเวลานั้นจะอยู่ตำแหน่งเดียวกับขณะเวลา A



ณ เวลา C
กล่องเปล่าและมวลยังคงอยู่บนลูกสูบ
ลูกสูบอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกับที่เวลา A
อุณหภูมิของระบบเท่ากับอุณหภูมิที่
เวลา B

ขั้นที่ 4 ขณะที่ลูกสูบถูกล็อกไม่ให้เคลื่อนที่เป็นเวลานาน ทำให้ระบบเข้าสู่สมดุลกับอุณหภูมิห้อง เมื่อหยิบมวลและกล่องเปล่าที่วางบนลูกสูบออกอย่างช้าๆ ปรากฏว่าลูกสูบไม่มีการเคลื่อนที่ อยู่ที่เวลา D (ตำแหน่งเดียวกับที่ เวลา A)



ณ เวลา D
ลูกสูบอยู่ตำแหน่งเดียวกัน ณ เวลา A
อุณหภูมิมิมีค่าเท่ากับที่เวลา A

ขั้นที่ 5 เริ่มกระบวนการที่ 2 โดยทำซ้ำตามกระบวนการที่ 1 (จากตำแหน่งที่เวลา A ถึงตำแหน่งที่เวลา D) แต่ให้ความร้อนแก่น้ำนานกว่าในกระบวนการที่ 1 ส่งผลให้ลูกสูบเคลื่อนที่ได้สูงกว่าที่ตำแหน่งที่เวลา B ในกระบวนการที่ 1 และเวลาที่ตำแหน่งสุดท้ายเมื่อหยิบมวลออกแล้วเป็นเวลา E

13. ในระหว่างกระบวนการที่ลูกสูบเคลื่อนที่จากเวลา A ไปสู่เวลา B ข้อใดที่เป็นจริงเกี่ยวกับงาน

- ก) งานที่มีค่าเป็นบวกคืองานที่กระทำกับแก๊สโดยสิ่งแวดล้อม
- ข) งานที่มีค่าเป็นบวกคืองานที่กระทำกับสิ่งแวดล้อมโดยแก๊ส
- ค) ไม่มีงานสุทธิที่ทำโดยแก๊สหรือบนแก๊ส

14. ในระหว่างกระบวนการที่ลูกสูบเคลื่อนที่จากเวลา A ไปสู่เวลา B ถ้าแก๊สดูดกลืนความร้อนจากน้ำ x จูล ข้อใดที่เป็นจริงเกี่ยวกับพลังงานจลน์ทั้งหมดของโมเลกุลของแก๊ส

- ก) เพิ่มขึ้น มากกว่า x จูล
- ข) เพิ่มขึ้น เท่ากับ x จูล
- ค) เพิ่มขึ้น น้อยกว่า x จูล
- ง) พลังงานจลน์เท่าเดิม
- จ) น้อยลง มากกว่า x จูล
- ฉ) น้อยลง เท่ากับ x จูล
- ช) น้อยลง น้อยกว่า x จูล

15. ในระหว่างกระบวนการที่ลูกสูบเคลื่อนที่จากเวลา B ไปสู่เวลา C พลังงานจลน์รวมของโมเลกุลของแก๊สจะเป็นไปตามข้อใด

- ก) เพิ่มขึ้น
- ข) ลดลง
- ค) ยังคงเท่าเดิม

16. ในระหว่างกระบวนการที่ลูกสูบเคลื่อนที่จากเวลา B ไปสู่เวลา C จะมีการถ่ายเทพลังงานสุทธิระหว่างแก๊สกับน้ำตามข้อใด อธิบายเหตุผลประกอบ

- ก) มีการถ่ายเทพลังงานจากแก๊สไปสู่ น้ำ
- ข) มีการถ่ายเทพลังงานจากน้ำไปสู่แก๊ส
- ค) ไม่มีการถ่ายเทพลังงาน

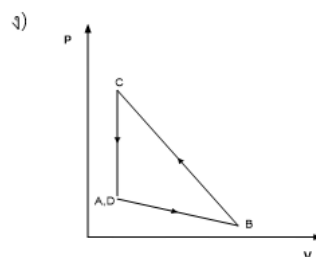
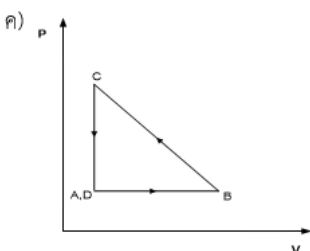
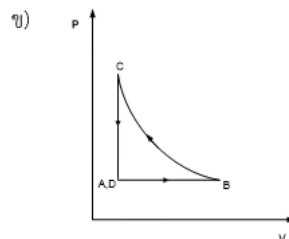
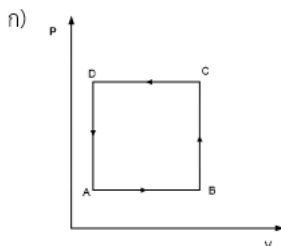
17. ในระหว่างกระบวนการที่ลูกสูบเคลื่อนที่จากเวลา C ไปสู่เวลา D ถ้าน้ำดูดกลืนพลังงานจากแก๊ส y จูล พลังงานจลน์ทั้งหมดของโมเลกุลของแก๊สจะเป็นไปตามข้อใด

- ก) เพิ่มขึ้น มากกว่า y จูล
- ข) เพิ่มขึ้น เท่ากับ y จูล
- ค) เพิ่มขึ้น น้อยกว่า y จูล
- ง) พลังงานจลน์เท่าเดิม
- จ) ลดลง น้อยกว่า y จูล

ฉ) ลดลง เท่ากับ y จูล

ช) ลดลง มากกว่า y จูล

18. แผนภาพ P-V ของกระบวนการทั้งหมดจากเวลา A จนถึงเวลา D เป็นไปตามข้อใด



สำหรับข้อ 19-20 ให้พิจารณากระบวนการทั้งหมดจากเวลา A จนถึงเวลา D

19. งานทั้งหมดที่แก๊สกระทำกับสิ่งแวดล้อมในระหว่างกระบวนการจะมีค่าเท่าไร

ก) เท่ากับศูนย์

ข) น้อยกว่าศูนย์

ค) มากกว่าศูนย์

20. ความร้อนทั้งหมดที่น้ำถ่ายโอนให้แก๊สในระหว่างกระบวนการจะมีค่าเท่าไร

ก) เท่ากับศูนย์

ข) น้อยกว่าศูนย์

ค) มากกว่าศูนย์

21. พิจารณาพลังงานจลน์ทั้งหมดของโมเลกุลของแก๊สที่เวลา A, D และ E โดยใช้สัญลักษณ์ E_A , E_D และ E_E ตามลำดับ จงเรียงลำดับขนาดของพลังงานจลน์ทั้งหมดของโมเลกุลของแก๊สที่เวลาเหล่านี้

ก) $E_A > E_D > E_E$

ข) $E_A < E_D < E_E$

ค) $E_A = E_D = E_E$

ง) $E_A = E_D < E_E$

จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อที่ 22-30

กระบอกสูบบรรจุแก๊สอุดมคติ 1 โมล ลูกสูบมีขนาดพอดีกับกระบอกสูบทำให้แก๊สไม่สามารถไหลออกได้ แต่ไม่ต้องพิจารณาแรงเสียดทานระหว่างลูกสูบและผนังของกระบอกสูบ ดังรูป เมื่ออัดลูกสูบให้ปริมาตรของแก๊สลดลงอย่างรวดเร็ว จงตอบคำถามต่อไปนี้

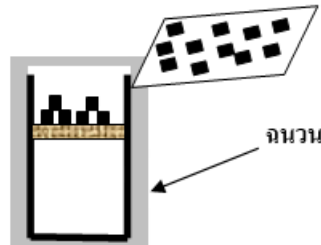


22. งานที่ลูกสูบกระทำกับแก๊สจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร พร้อมทั้งบอกเหตุผลประกอบ
- ก) เพิ่มขึ้น
 - ข) ลดลง
 - ค) ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
23. ความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่ระบบ (แก๊ส) มีเปลี่ยนแปลงอย่างไร พร้อมทั้งบอกเหตุผลประกอบ
- ก) เพิ่มขึ้น
 - ข) ลดลง
 - ค) ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
24. พลังงานภายในของแก๊สจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร พร้อมทั้งบอกเหตุผลประกอบ
- ก) เพิ่มขึ้น
 - ข) ลดลง
 - ค) ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
25. อุณหภูมิของแก๊สจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร พร้อมทั้งบอกเหตุผลประกอบ
- ก) เพิ่มขึ้น
 - ข) ลดลง
 - ค) ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อที่ 26-28

แก๊สอุดมคติบรรจุอยู่ในกระบอกสูบที่มีลูกสูบขนาดพอดีกับกระบอกทำให้แก๊สไม่สามารถไหลออกได้ มีมวลจำนวนหนึ่งวางอยู่บนลูกสูบ (ไม่ต้องพิจารณาแรงเสียดทานระหว่างลูกสูบและผนังของกระบอกสูบ)

กระบอกสูบที่หุ้มด้วยฉนวนกันความร้อน ดังรูป ถ้าเพิ่มมวลจำนวนมากๆ ลงบนลูกสูบอย่างรวดเร็ว จงตอบคำถามต่อไปนี้



26. อุณหภูมิของแก๊สจะมีการเปลี่ยนแปลงตามข้อใด พร้อมให้เหตุผลประกอบ

- ก) เพิ่มขึ้น
- ข) ลดลง
- ค) ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

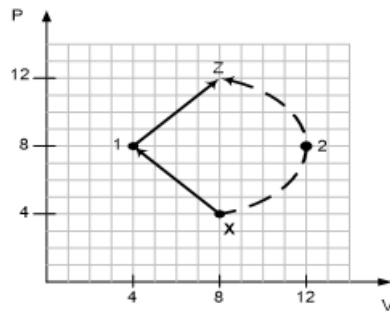
27. ความดันของแก๊สจะมีการเปลี่ยนแปลงตามข้อใด พร้อมให้เหตุผลประกอบ

- ก) เพิ่มขึ้น
- ข) ลดลง
- ค) ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

28. ปริมาตรของแก๊สจะมีการเปลี่ยนแปลงตามข้อใด พร้อมให้เหตุผลประกอบ

- ก) เพิ่มขึ้น
- ข) ลดลง
- ค) ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

29. นักศึกษาคนหนึ่งทำการทดลองเกี่ยวกับแก๊สอุดมคติที่อยู่ในกระบอกสูบ แผนภาพ P-V ด้านล่าง แสดงความดันและปริมาตรของแก๊สตลอดการทดลอง โดยเริ่มจากจุด X และสิ้นสุดที่จุด Z เปรียบเทียบงานสัมบูรณ์ (ไม่คิดเครื่องหมาย) ที่ทำระหว่างกระบวนการ $X \rightarrow 2 \rightarrow Z$ (เส้นประ) และ $X \rightarrow 1 \rightarrow Z$ (เส้นทึบ) เป็นไปตามข้อใด พร้อมทั้งให้เหตุผล



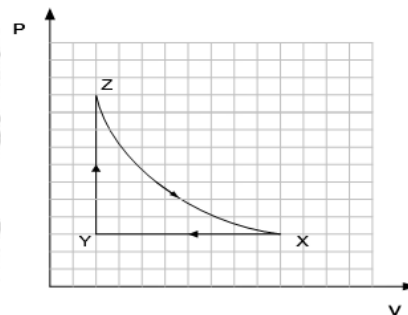
ก) $X \rightarrow 2 \rightarrow Z$ มากกว่า $X \rightarrow 1 \rightarrow Z$

ข) $X \rightarrow 2 \rightarrow Z$ น้อยกว่า $X \rightarrow 1 \rightarrow Z$

ค) $X \rightarrow 2 \rightarrow Z$ เท่ากับ $X \rightarrow 1 \rightarrow Z$

จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อที่ 30-35

นักศึกษาคนหนึ่งทำการทดลองเกี่ยวกับแก๊สอุดมคติที่อยู่ในกระบอกสูบ แผนภาพ P-V ด้านล่างแสดงความดันและปริมาตรของแก๊สตลอดการทดลอง โดยเริ่มจากจุด X ต่อเนื่องไปยังจุด Y และจุด Z แล้วย้อนกลับไปยังจุด X กระบวนการ $Z \rightarrow X$ เป็นกระบวนการแบบอุณหภูมิคงที่ (Isothermal) จงตอบคำถามต่อไปนี้



30. งานทั้งหมดที่กระทำกับแก๊สตลอดวัฏจักร ($X \rightarrow Y \rightarrow Z \rightarrow X$) เป็นไปตามข้อใด พร้อมให้เหตุผลประกอบ

ก) มีค่าเป็นบวก

ข) มีค่าเป็นลบ

ค) เท่ากับศูนย์

31. ความร้อนของแก๊สในกระบอกสูบที่ถ่ายเทตลอดวัฏจักร ($X \rightarrow Y \rightarrow Z \rightarrow X$) เป็นไปตามข้อใด พร้อมให้เหตุผลประกอบ

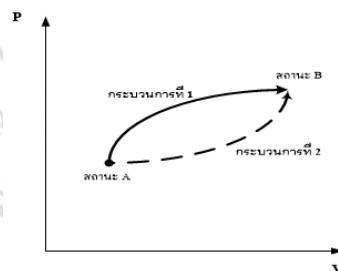
- ก) มีค่าเป็นบวก
- ข) มีค่าเป็นลบ
- ค) เท่ากับศูนย์

32. การเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในของแก๊สตลอดวัฏจักร ($X \rightarrow Y \rightarrow Z \rightarrow X$) เป็นไปตามข้อใด พร้อมให้เหตุผลประกอบ

- ก) มีค่าเป็นบวก
- ข) มีค่าเป็นลบ
- ค) เท่ากับศูนย์

จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อที่ 33-35

แผนภาพ P-V ดังรูป แสดงถึงระบบที่ประกอบไปด้วยแก๊สอุดมคติที่มีปริมาณคงที่ และสามารถเกิดการเปลี่ยนสถานะ จากสถานะ A ไปสู่สถานะ B ได้โดยผ่านกระบวนการที่ 1 หรือกระบวนการที่ 2



33. งานที่ทำโดยระบบในกระบวนการที่ 1 มีค่า _____ กระบวนการที่ 2 พร้อมให้เหตุผลประกอบ

- ก) มากกว่า
- ข) น้อยกว่า
- ค) เท่ากับ

34. การเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในของโมเลกุลของแก๊สในกระบวนการที่ 1 มีค่า _____ กระบวนการที่ 2 พร้อมให้เหตุผลประกอบ

- ก) มากกว่า
- ข) น้อยกว่า
- ค) เท่ากับ

35. ความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่ระบบในกระบวนการที่ 1 มีค่า _____ กระบวนการที่ 2 พร้อมให้
เหตุผลประกอบ

- ก) มากกว่า
- ข) น้อยกว่า
- ค) เท่ากับ



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กระดาษคำตอบ

ชื่อ.....นามสกุล.....

รหัสนักศึกษา.....สาขาวิชา.....ภาควิชา.....

คณะ.....วันที่ทำแบบทดสอบ.....

ตัวเลือก ข้อ	ก	ข	ค	ง	ตัวเลือก ข้อ	ก	ข	ค	ง
1					19				
2					20				
3					21				
4					22				
5					23				
6					24				
7					25				
8					26				
9					27				
10					28				
11					29				
12					30				
13					31				
14					32				
15					33				
16					34				
17					35				

APPENDIX E

Thermodynamics diagnostic test: TDT

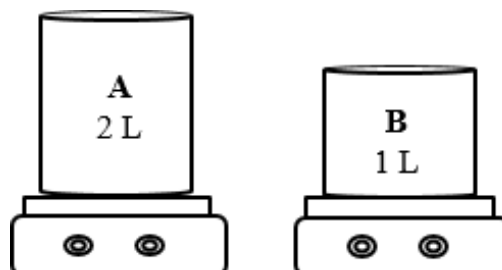
1. Cup A contains 100 grams of water at 0°C but cup B contains 200 grams of water at 50°C . The contents of the two cups are mixed together in an insulated container (no heat transfer occurs). When it reaches thermal equilibrium, what is the final temperature of the water in the container?

- A) Between 0°C and 25°C
- B) 25°C
- C) Between 25°C and 50°C
- D) 50°C

Please indicate your reasoning:

- E) From calculation $Q_{\text{lost}} = Q_{\text{gain}}$
- F) From finding an average of temperature
- G) Water at temperature 50°C has more volume
- H) Water at temperature 0°C has less volume

2. Cup A contains 2 liters of water and cup B contains 1 liter of water. The water in both cups was initially at room temperature. Then both cups are placed on a hot plate and heated until the water in the cup is boiling (100°C). Which statement is correct?



- A) Water in both cups has the same heat transfer
- B) Water in cup A has more heat transfer
- C) Water in cup B has more heat transfer
- D) No heat transfer between cup A and cup B

Please indicate your reasoning:

E) From equation $Q = mc\Delta t$, we find that cup A has more heat transfer than cup B

- F) Cup A has more mass than cup B
- G) Cup A has a bigger volume than cup B
- H) Cup A and cup B contain the same substance, water

3. If 100 grams of ice at 0°C and 100 grams of water at 0°C are put into a freezer which has a temperature below 0°C . After waiting until their temperature equals the freezer temperature, which one will eventually lose the greatest amount of heat?

- A) The 100 grams of ice
- B) The 100 grams of water
- C) They both lose the same amount of heat
- D) There is no answer

Please indicate your reasoning:

- E) Water must change to ice before it changes temperature
- F) Both of them (water and ice) have the same initial temperature (0°C)
- G) Ice does not contain any heat
- H) Water cannot reach 0°C

4. Cup A contains 100 grams of water and cup B contains twice as much water. The water in both cups was initially at room temperature. Then the water in cup A was heated to 75°C and the water in cup B was heated to 50°C . When the water in both cups cooled down to room temperature, which cup had more heat transferred from it?

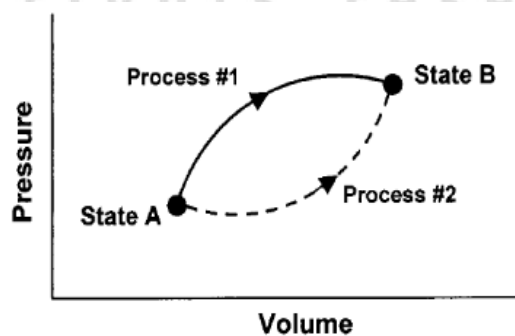


- A) Cup A had more heat transferred out.
- B) Cup B had more heat transferred out.
- C) Both cups had the same amount of heat transferred.
- D) Not enough information is given to determine the answer.

Please indicate your reasoning:

- E) Heat transfer depend on the mass of water
- F) Heat transfer depend on the initial temperature of water
- G) Heat transfer depend on the mass and the initial temperature of water
- H) It must be known the heat capacity of water

This P-V diagram represents a system consisting of a fixed amount of ideal gas that can undergo two different processes in going from state A to state B through Process #1 and Process #2.



5. Work done by the system in Process # 1 is _____ than Process # 2.

- A) greater than
- B) less than
- C) equal to
- D) None of the above

Please indicate your reasoning:

- E) Work can be calculated from the area under the P-V curve
- F) Work does not depend on the path between the initial and final state
- G) Considering the state functions between the initial and final point, if the initial and final points of two processes are the same then the work done has to be the same.
- H) More pressure is used in one process

6. The change in internal energy of all molecules in the system for Process #1 is _____ than Process # 2.

- A) greater than
- B) less than
- C) equal to
- D) None of the above

Please indicate your reasoning:

- E) The initial and final point of the two paths are identical
- F) The internal energy depends on temperature only
- G) The temperature of process #1 is greater than process # 2
- H) Because $U = \frac{3}{2}nRT$

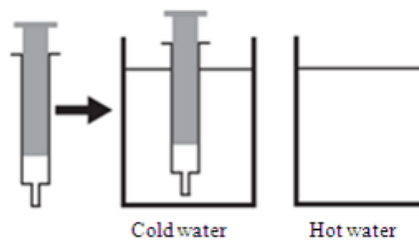
7. Heat transferred into the system in Process # 1 is _____ than Process # 2.

- A) greater than
- B) less than
- C) equal to
- D) None of the above

Please indicate your reasoning:

- E) $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$ when $\Delta U = 0$ (from equation 6), so $\Delta Q = \Delta W$
- F) The initial and final points of the two paths are identical
- G) Heat transfer does not depend on pressure or volume
- H) Pressure is increasing

A syringe that contains an ideal gas and has a frictionless piston of mass M is moved from a beaker of cold water to a beaker of hot water. Answer the following questions and consider that the syringe reaches thermal equilibrium with the hot water.



8. How does the gas temperature change?

- A) Increase
- B) Decrease
- C) No change
- D) Not enough information

Please indicate your reasoning:

- E) Energy is exchanged to reach the equilibrium
- F) The heat is transferred from the cylinder to the gas
- G) The heat is transferred from the gas to the cylinder
- H) At thermal equilibrium, temperature does not change

9. How does the gas pressure change?

- A) Increase
- B) Decrease
- C) No change
- D) Not enough information

Please indicate your reasoning:

- E) Temperature does not affect the pressure
- F) According to the equation $T_2 / T_1 = [P_2 / P_1]^{(\gamma-1)/\gamma}$
- G) Pressure is directly proportional to temperature
- H) Heat makes volume increase but pressure is stable

10. How does the gas volume change?

- A) Increase
- B) Decrease
- C) No change
- D) Not enough information

Please indicate your reasoning:

- E) Heat causes the gas to expand
- F) According to the equation $[P_2 / P_1]^{(\gamma-1)/\gamma} = [V_1 / V_2]^{(\gamma-1)/\gamma}$
- G) Temperature causes the gas to expand
- H) Pressure causes the gas to expand

For each of the following questions, consider a system undergoing a naturally occurring (spontaneous) process. The system can exchange energy with its surroundings

11. During this process, does the entropy of the system (S_{system}) increase, decrease, remain the same or this is not determinable with the given information

- A) Increase
- B) Decrease
- C) Remain the same
- D) Not determinable from the given information

Please indicate your reasoning:

- E) System can exchange energy with its surroundings
- F) No information is provided about the entropy change of the surroundings
- G) No information is provided of energy transfer between system and surroundings increasing or decreasing
- H) Temperature is increasing

12. During this process, does the entropy of the surroundings ($S_{\text{surrounding}}$) increase, decrease, remain the same or this is not determinable with the given information

- A) Increase
- B) Decrease
- C) No change
- D) Not determinable from the given information

Please indicate your reasoning:

- E) Temperature is decreasing
- F) No information is provided of energy transfer between system and surroundings increasing or decreasing
- G) There is heat transfer to the surroundings

H) The entropy of the surrounding may increase or decrease

13. During this process, does the entropy of the system plus the entropy of the surroundings ($S_{\text{system}} + S_{\text{surrounding}}$) increase, decrease, remain the same or this is not determinable with the given information

A) Increase

B) Decrease

C) No change

D) Not determinable from the given information

Please indicate your reasoning:

E) The entropy of the surrounding may increase or decrease

F) The sum of entropy must be zero

G) According to the law of conservation of energy

H) It is in thermal equilibrium

14. A subsystem A is in thermal contact with its surroundings B, which together comprises an isolated system. Consider the following situation:

I. Entropy of system increases by 5J/K; entropy of the surroundings decreases by 5 J/K.

II. Entropy of system increases by 5J/K; entropy of the surroundings t decreases by 3J/K.

III. Entropy of system increases by 3J/K; entropy of the surroundings decreases by 5J/K.

IV. Entropy of system decreases by 3J/K; entropy of the surroundings increases by 5J/K.

Which of the above four situations can actually occur in the real world?

A) I only

B) II only

C) III only

D) II and IV only

Please indicate your reasoning:

- E) The sum of entropy must be zero
- F) The sum of entropy is more than 2J/K
- G) The sum of entropy is less than 2J/K
- H) The entropy of system is higher than the entropy of the surroundings

15. A subsystem A is in thermal contact with its surroundings B and they together comprise an isolated system that is undergoing an irreversible process. Consider the following situation:

- I. Entropy of system increases by 5J/K ; entropy of the surroundings decreases by 5J/K .
- II. Entropy of system increases by 5J/K ; entropy of the surroundings decreases by 3J/K .
- III. Entropy of system increases by 3J/K ; entropy of the surroundings decreases by 5J/K .
- IV. Entropy of system decreases by 3J/K ; entropy of the surroundings increases by 5J/K .

Which of the above four situations can actually occur?

- A) I only
- B) II only
- C) III only
- D) II and IV only

Please indicate your reasoning:

- E) The sum of entropy must be zero
- F) The sum of entropy is more than 2J/K
- G) The sum of entropy is less than 2J/K
- H) The entropy of system is higher than the entropy of the surroundings

ANSWER SHEET

NAME..... LASTNAME.....

CODE..... Department.....

Faculty DATE

Choice	Content				Reasoning			
Item	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								

APPENDIX F

Thermodynamics diagnostic test: TDT (Thai version)

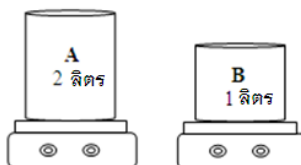
1. แก้ว A บรรจุน้ำ 100 กรัม ที่มีอุณหภูมิ 0°C และแก้ว B บรรจุน้ำ 200 กรัม ที่มีอุณหภูมิ 50°C จากนั้นผสมน้ำจากแก้วทั้งสองใบในภาชนะที่เป็นฉนวนความร้อน (ไม่มีการถ่ายเทความร้อนเข้าหรือออก) รอจนเกิดสมดุลความร้อน อุณหภูมิสุดท้ายของน้ำในภาชนะเป็นเท่าใด

- A) อยู่ระหว่าง 0 ถึง 25°C
- B) 25°C
- C) อยู่ระหว่าง 25 ถึง 50°C
- D) 50°C

เหตุผลเพราะอะไร

- E) จากการคำนวณ $Q_{\text{ลด}} = Q_{\text{เพิ่ม}}$
- F) จากการหาค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ
- G) น้ำที่มีอุณหภูมิ 50°C มีปริมาณมากกว่า
- H) น้ำที่มีอุณหภูมิ 25°C มีปริมาณน้อยกว่า

2. ถ้วย A บรรจุน้ำจำนวน 2 ลิตร และถ้วย B บรรจุน้ำจำนวน 1 ลิตร น้ำในถ้วยทั้งสองมีอุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากันที่อุณหภูมิห้อง นำถ้วยทั้งสองไปวางบนเตาไฟฟ้า และให้ความร้อนแก่ถ้วยทั้งสองใบจนน้ำในถ้วยเดือด (100°C) ข้อสรุปใดสรุปได้ถูกต้อง



- A) น้ำในถ้วยทั้งสองใบมีการถ่ายเทความร้อนเท่ากัน
- B) น้ำในถ้วย A มีการถ่ายเทความร้อนมากกว่า
- C) น้ำในถ้วย B มีการถ่ายเทความร้อนมากกว่า
- D) ไม่มีการถ่ายเทความร้อนทั้งถ้วย A และ ถ้วย B

เพราะเหตุใด

- E) พิจารณาจากสมการ $Q = mc\Delta t$ จะเห็นว่า A มีปริมาณความร้อนมากกว่า B
- F) น้ำ A มีมวลมากกว่า น้ำ B
- G) น้ำ A มีปริมาตรมากกว่า น้ำ B
- H) ถ้วย A และถ้วย B บรรจุของเหลวชนิดเดียวกันคือน้ำ

3. ถ้าวางน้ำแข็ง 100 กรัม อุณหภูมิ 0°C และน้ำ 100 กรัม อุณหภูมิ 0°C ในช่องทำน้ำแข็งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0°C รอจนอุณหภูมิเท่ากับช่องทำน้ำแข็ง น้ำหรือน้ำแข็งจะสูญเสียความร้อนมากกว่ากัน

- A) น้ำแข็ง 100 กรัม
- B) น้ำ 100 กรัม
- C) สูญเสียความร้อนเท่ากัน เพราะทั้งสองอุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากัน
- D) ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง เพราะน้ำแข็งไม่สามารถเก็บความร้อนได้

เพราะเหตุใด

- E) น้ำต้องเปลี่ยนสถานะไปเป็นน้ำแข็งก่อน
- F) เพราะทั้งน้ำและน้ำแข็งมีอุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากันคือ 0°C
- G) น้ำแข็งไม่สามารถเก็บความร้อนได้
- H) น้ำไม่สามารถมีอุณหภูมิ 0°C ได้

4. แก้วน้ำ A มีน้ำอยู่จำนวน 100 กรัม ส่วนแก้วน้ำ B มีน้ำอยู่จำนวน 200 กรัม เมื่อตอนเริ่มต้นน้ำในแก้วน้ำทั้งสองมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง เมื่อน้ำในแก้วน้ำ A ถูกทำให้ร้อนขึ้นจนมีอุณหภูมิเป็น 75°C และน้ำในแก้วน้ำ B ถูกทำให้ร้อนขึ้นจนมีอุณหภูมิเป็น 50°C เมื่อปล่อยให้ น้ำในแก้วน้ำทั้งสองเย็นลงจนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง น้ำในแก้วน้ำใดที่มีการถ่ายเทความร้อนมากกว่ากัน

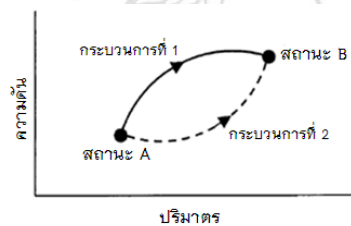


- A) แก๊วน้ำ A
- B) แก๊วน้ำ B
- C) แก๊วน้ำทั้งสองใบมีการถ่ายเทความร้อนเท่ากัน
- D) ไม่สามารถบอกได้จากข้อมูลที่ให้มา

เพราะเหตุใด

- E) ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทขึ้นกับมวลของน้ำในแก้ว
- F) ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทขึ้นกับอุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำในแก้ว
- G) ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทขึ้นกับมวลและอุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำในแก้ว
- H) ต้องทราบค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำจึงจะสามารถคำนวณได้

จากแผนภาพ P-V ดังรูป แสดงถึงระบบที่ประกอบไปด้วยแก๊สอุดมคติที่มีปริมาณคงที่ และสามารถเกิดการเปลี่ยนสถานะ จากสถานะ A ไปสู่สถานะ B ได้โดยผ่านกระบวนการที่ 1 หรือกระบวนการที่ 2



5. งานที่ทำโดยระบบในกระบวนการที่ 1 มีค่า _____ กระบวนการที่ 2

- A) มากกว่า
- B) น้อยกว่า
- C) เท่ากับ
- D) อื่น ๆ

เหตุผลเพราะอะไร

- E) งานหาได้จากพื้นที่ใต้กราฟ
- F) งานไม่ขึ้นกับเส้นทาง
- G) พิจารณาจาก State function (ฟังก์ชันสถานะ) ระหว่างจุดเริ่มต้นกับจุดสุดท้ายเท่านั้น ถ้าเป็นจุดเริ่มต้นกับสุดท้ายเป็นจุดเดียวกันก็เข้าใจว่างานเท่ากัน
- H) ต้องใช้ความดันมากกว่า

6. การเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในของโมเลกุลของแก๊สในกระบวนการที่ 1 มีค่า _____ กระบวนการที่ 2

- A) มากกว่า
- B) น้อยกว่า
- C) เท่ากับ
- D) อื่น ๆ

เหตุผลเพราะอะไร

- E) จุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายของทั้งสองเส้นทางเป็นจุดเดียวกัน
- F) พลังงานภายในขึ้นกับอุณหภูมิ
- G) อุณหภูมิของกระบวนการที่ 1 สูงกว่ากระบวนการที่ 2
- H) เพราะ $U = \frac{3}{2}nRT$

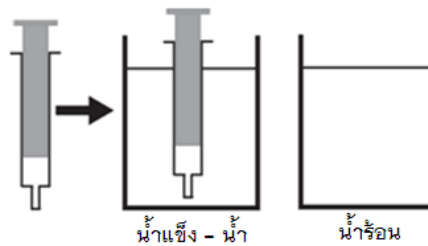
7. การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ระบบในกระบวนการที่ 1 มีค่า _____ กระบวนการที่ 2

- A) มากกว่า
- B) น้อยกว่า
- C) เท่ากับ
- D) อื่น ๆ

เหตุผลเพราะอะไร

- E) $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$ เมื่อ $\Delta U = 0$ (จากคำถามข้อ 6) ดังนั้น $\Delta Q = \Delta W$
- F) จุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายของทั้งสองเส้นทางเป็นจุดเดียวกัน
- G) การถ่ายเทความร้อนไม่ขึ้นกับความดันและปริมาตร
- H) ความดันเพิ่มขึ้น

กระบอกสูบอันหนึ่งภายในบรรจุแก๊สอุดมคติและลูกสูบไม่มีแรงเสียดทานมีมวล M ดังรูป ถูกนำออกจากบิกเกอร์ซึ่งใส่น้ำเย็นไปจุ่มลงในบิกเกอร์ที่ใส่น้ำร้อนโดยกำหนดให้กระบอกสูบเข้าสู่ภาวะสมดุลความร้อนกับน้ำร้อน



8. อุณหภูมิของแก๊สจะมีการเปลี่ยนแปลงตามข้อใด เพราะเหตุใด

- A) เพิ่มขึ้น
- B) ลดลง
- C) ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
- D) ไม่สามารถสรุปได้

เหตุผลเพราะอะไร

- E) เกิดการแลกเปลี่ยนพลังงานเพื่อให้เข้าสู่สภาวะสมดุล
- F) ได้รับความร้อนจากกระบอกสูบ
- G) มีการคายความร้อนจากแก๊สไปสู่กระบอกสูบ
- H) อยู่ในสภาวะสมดุลไม่มีการเปลี่ยนแปลง

9. ความดันของแก๊สจะมีการเปลี่ยนแปลงตามข้อใด เพราะเหตุใด

- A) เพิ่มขึ้น
- B) ลดลง
- C) ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
- D) ไม่สามารถสรุปได้

เหตุผลเพราะอะไร

- E) อุณหภูมิไม่มีผลต่อความดัน

F) เป็นไปตามสมการ
$$\frac{T_2}{T_1} = \left[\frac{P_2}{P_1} \right]^{\frac{(\gamma-1)}{\gamma}}$$

- G) ความดันแปรผันตรงกับอุณหภูมิ

- H) ความร้อนทำให้ปริมาตรเพิ่มขึ้นแต่ความดันเท่าเดิม

10. ปริมาตรของแก๊สจะมีการเปลี่ยนแปลงตามข้อใด เพราะเหตุใด

- A) เพิ่มขึ้น
- B) ลดลง
- C) ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
- D) ไม่สามารถสรุปได้

เหตุผลเพราะอะไร

- E) ความร้อนทำให้เกิดการขยายตัว
- F) เป็นไปตามสมการ $\left[\frac{P_2}{P_1} \right]^{\frac{(\gamma-1)}{\gamma}} = \left[\frac{V_1}{V_2} \right]^{(\gamma-1)}$
- G) อุณหภูมิทำให้เกิดการขยายตัว
- H) ความดันทำให้เกิดการขยายตัว

เมื่อพิจารณาการดำเนินไปของระบบในกระบวนการตามธรรมชาติระบบสามารถแลกเปลี่ยนพลังงานกับสิ่งแวดล้อมได้

11. ในระหว่างกระบวนการที่เกิดขึ้น เอนโทรปีของระบบ จะมีค่า เพิ่มขึ้น, ลดลง, คงเดิม หรือไม่ สามารถบอกได้ด้วยข้อมูลที่ให้มา

- A) เพิ่มขึ้น
- B) ลดลง
- C) คงเดิม
- D) ไม่สามารถบอกได้ด้วยข้อมูลที่ให้มา

เหตุผลเพราะอะไร

- E) มีการแลกเปลี่ยนพลังงานให้สิ่งแวดล้อม
- F) ไม่ทราบการเปลี่ยนแปลงเอนโทรปีของสิ่งแวดล้อม
- G) ไม่ทราบข้อมูลว่าพลังงานที่มีการถ่ายเทระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อมมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลง
- H) อุณหภูมิเพิ่มขึ้น

12. ในระหว่างกระบวนการที่เกิดขึ้น เอนโทรปีของสิ่งแวดล้อม จะมีค่า เพิ่มขึ้น, ลดลง, คงเดิม หรือไม่สามารถบอกได้ด้วยข้อมูลที่ให้มา

- A) เพิ่มขึ้น
- B) ลดลง
- C) คงเดิม
- D) ไม่สามารถบอกได้ด้วยข้อมูลที่ให้มา

เหตุผลเพราะอะไร

- E) อุณหภูมิลดลง
- F) ไม่ทราบข้อมูลว่าพลังงานที่มีการถ่ายเทระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อมมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลง
- G) มีการถ่ายเทพลังงานสู่สิ่งแวดล้อม
- H) อาจเพิ่มหรือลดก็ได้

13. ในระหว่างกระบวนการที่เกิดขึ้น เอนโทรปีของระบบรวมกับเอนโทรปีของสิ่งแวดล้อม จะมีค่า เพิ่มขึ้น, ลดลง, คงเดิม หรือไม่สามารถบอกได้ด้วยข้อมูลที่ให้มา

- A) เพิ่มขึ้น
- B) ลดลง
- C) คงเดิม
- D) ไม่สามารถบอกได้

เหตุผลเพราะอะไร

- E) อาจเพิ่มหรือลดก็ได้
- F) เพราะเอนโทรปีรวมต้องมีค่าเท่ากับศูนย์
- G) เป็นไปตามกฎทรงพลังงาน
- H) เกิดสมดุลความร้อน

14. ระบบย่อย A สัมผัสความร้อนกับสิ่งแวดล้อม B ซึ่งภายในประกอบไปด้วยระบบโดยเดียว
พิจารณาสถานการณ์ต่อไปนี้

- I. เอนโทรปีของระบบเพิ่มขึ้น $5J/K$; เอนโทรปีของสิ่งแวดล้อมลดลง $5J/K$
- II. เอนโทรปีของระบบเพิ่มขึ้น $5J/K$; เอนโทรปีของสิ่งแวดล้อมลดลง $3J/K$
- III. เอนโทรปีของระบบเพิ่มขึ้น $3J/K$; เอนโทรปีของสิ่งแวดล้อมลดลง $5J/K$
- IV. เอนโทรปีของระบบลดลง $3J/K$; เอนโทรปีของสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น $5J/K$

สถานการณ์ใดใน 4 สถานการณ์ด้านบนที่สามารถเกิดขึ้นจริงในโลกความเป็นจริง

- A) IV เท่านั้น
- B) II เท่านั้น
- C) III เท่านั้น
- D) II และ IV เท่านั้น

เหตุผลเพราะอะไร

- E) เอนโทรปีรวมมีค่าเท่ากับศูนย์
- F) เอนโทรปีรวมมีค่ามากกว่า $2J/K$
- G) เอนโทรปีรวมมีค่าน้อยกว่า $2J/K$
- H) เอนโทรปีของระบบมีค่ามากกว่าสิ่งแวดล้อม

15. ระบบย่อย A สัมผัสความร้อนกับสิ่งแวดล้อม B ซึ่งภายในประกอบไปด้วยระบบโดยเดียวที่อยู่
ภายใต้กระบวนการแบบผันกลับไม่ได้ พิจารณาสถานการณ์ต่อไปนี้

- I. เอนโทรปีของระบบเพิ่มขึ้น $5J/K$; เอนโทรปีของสิ่งแวดล้อมลดลง $5J/K$
- II. เอนโทรปีของระบบเพิ่มขึ้น $5J/K$; เอนโทรปีของสิ่งแวดล้อมลดลง $3J/K$
- III. เอนโทรปีของระบบเพิ่มขึ้น $3J/K$; เอนโทรปีของสิ่งแวดล้อมลดลง $5J/K$
- IV. เอนโทรปีของระบบลดลง $3J/K$; เอนโทรปีของสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น $5J/K$

สถานการณ์ใดใน 4 สถานการณ์ด้านบนที่สามารถเกิดขึ้นจริง

- A) I เท่านั้น
- B) II เท่านั้น
- C) III เท่านั้น
- D) II และ IV เท่านั้น

เหตุผลเพราะอะไร

- E) เอนโทรปีรวมมีค่าเท่ากับศูนย์
- F) เอนโทรปีรวมมีค่ามากกว่า $2J/K$
- G) เอนโทรปีรวมมีค่าน้อยกว่า $2J/K$
- H) เอนโทรปีของระบบมีค่ามากกว่าสิ่งแวดล้อม



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กระดาษคำตอบ

ชื่อ.....นามสกุล.....

รหัสนักศึกษา.....สาขาวิชา.....ภาควิชา.....

คณะ..... วันที่ทำแบบทดสอบ.....

ตัวเลือก คำตอบ	A	B	C	D	ตัวเลือก เหตุผล	E	F	G	H
1					1				
2					2				
3					3				
4					4				
5					5				
6					6				
7					7				
8					8				
9					9				
10					10				
11					11				
12					12				
13					13				
15					15				

APPENDIX G

Thermoelectric devices worksheet

NAME..... LASTNAME.....

CODE..... Department.....

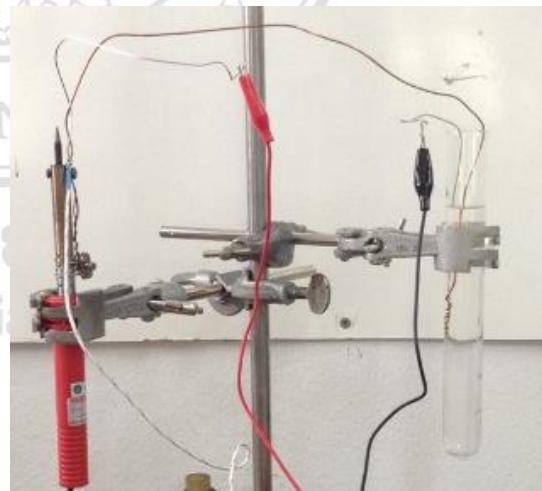
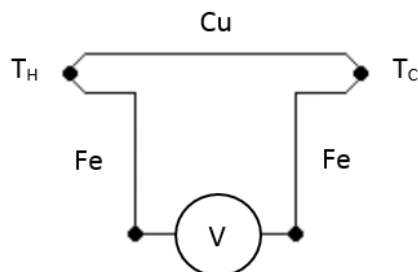
Faculty DATE

Instruction: 1. Please write down Name, Last name, Code

2. Fill the information completely

3. 20 minutes for this demonstration

Part 1 Demonstration: Connect the 25 cm of copper wire and Iron wire with No.16 (1.625 mm of diameter) as shown in the figure. The one end of connection was submerge in the ice and water and the other one was connect with the soldering iron. Measure the temperature of the end of connections and collect the electric potential (ΔV) between the end of the iron wire.



Prediction: Electric potential (ΔV)

is ☐ greater than ☐ equal to ☐ less than 0 (mV)

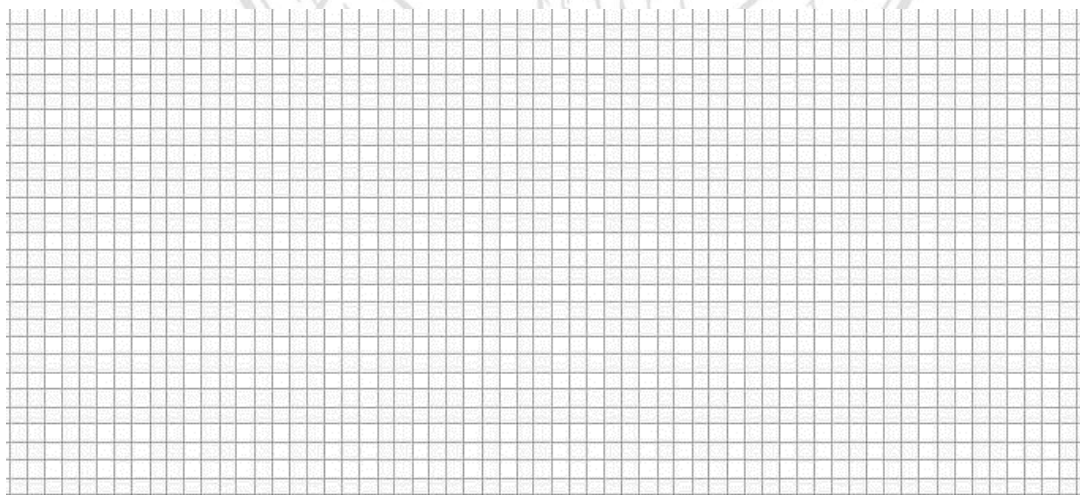
Demonstration: Electric potential (ΔV)

is ☐ greater than ☐ equal to ☐ less than 0 (mV)

Collecting Data: Electric potential (ΔV), hot side temperature (T_H) and cold side temperature (T_C) for every 1 minute

Time (min)	$T_H(^{\circ}\text{C})$	$T_C(^{\circ}\text{C})$	ΔT (K)	ΔV (mV)	$S = \frac{\Delta V}{\Delta T}$
0.0					
1.0					
2.0					
3.0					
4.0					
5.0					
6.0					
7.0					
8.0					

Graph between electric potential (ΔV) and temperature difference (ΔT)



Discuss of result:

- 1) From the graph, indicate the linear equation and calculate the slope of the graph

- 2) What are the factors that concerning the result of demonstration? How to improve the result of this demonstration?

- 3) If you change the size of the wire (bigger or smaller), what is the result of the demonstration?

- 4) From the results of two sizes of electric wire, 1.625 mm (No.16) and 1.061 mm (No.19) in the table. Calculated the Seebeck effect coefficient and drawing a graph of electric potential (ΔV) and temperature difference (ΔT). Find the linear equation and calculate the slope of the graph.

Time (min)	No.16					No.19				
	T_H (°C)	T_C (°C)	ΔT (K)	ΔV (mV)	$S = \frac{\Delta V}{\Delta T}$	T_H (°C)	T_C (°C)	ΔT (K)	ΔV (mV)	$S = \frac{\Delta V}{\Delta T}$
0.0	28			0.3		28			0.3	
1.0	47			0.5		52			1.9	
2.0	79			0.8		67			2.2	
3.0	122			1.1		94			3.4	
4.0	132			1.2		122			4.2	
5.0	138			1.2		142			4.7	
6.0	173			1.3		157			5.2	
7.0	175			1.4		163			5.5	
8.0	180			1.5		170			5.8	

Part 2

1: General information of thermoelectric Devices (TEC)

Parameter	Performance value
Hot Side Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	80
ΔT_{max} ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 64
Q_{max} (w)	≥ 71.4
I_{max} (A)	8
V_{max} (VDC)	15.4
R_{max} (Ω)	
Resistance at ambient temperature 25°C (ohm)	1.5 ± 0.2
Width of the module (mm)	
Length of the module (mm)	
Thickness of the module (mm)	

2: Thermoelectric heating and cooling of Thermoelectric Devices (TEC)

Fill the temperature of thermoelectric devices in the table

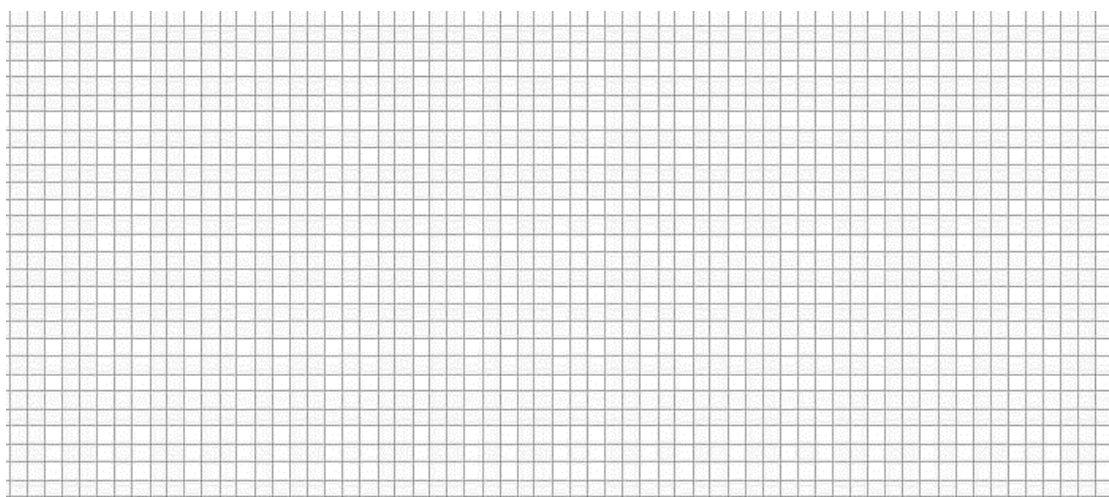
Time (min)	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
T_c ($^{\circ}\text{C}$)											
T_H ($^{\circ}\text{C}$)											

Explain the answer:

3 : The Seebeck effect of the module of Thermoelectric Devices (TEC)

From the information in the table. Draw a graph Voltage (Volt) generated by the thermoelectric module versus the temperature difference and calculate the Seebeck effect coefficient

ΔT (K)	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0
V_{av} (mV)	0.0	14.9	29.8	44.7	59.9	74.8	89.7	104.7	119.5	134.5	149.5



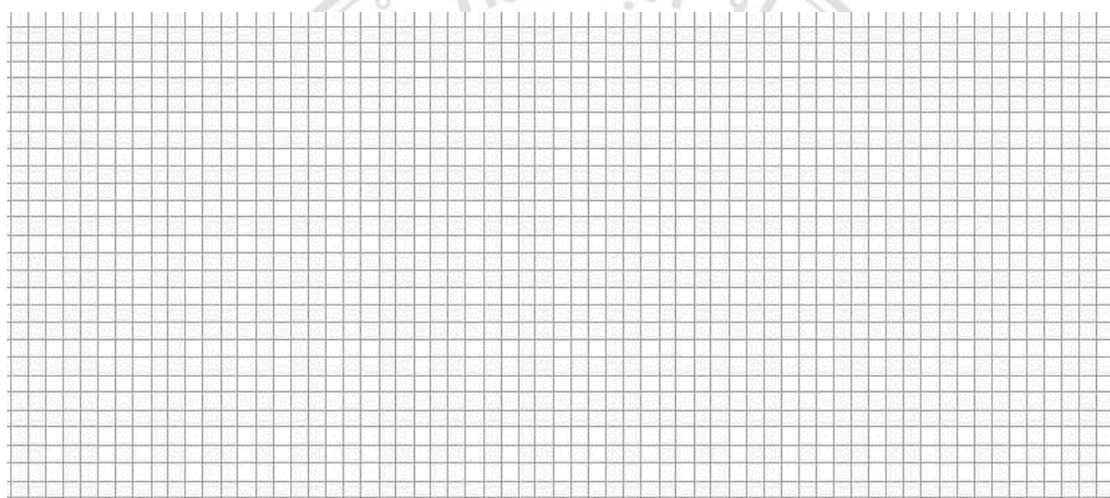
Calculated the Seebeck effect coefficient

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4: The Peltier coefficient of Thermoelectric Devices (TEC)

From the information in the table. Draw a graph between temperature difference versus the electric current and

ΔT (K)	0.00	17.93	20.54	26.72	30.48	32.70	33.60	34.63	35.57	39.40	40.02
I (A)	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0



Calculated the Peltier coefficient

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5: Find the efficiency and the figure of merit [Z] of Thermoelectric Devices (TEC)

APPENDIX H

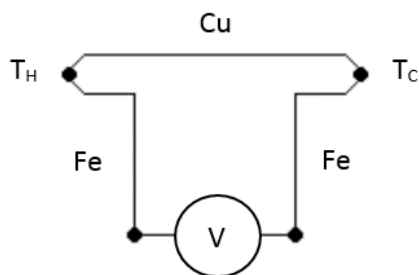
Thermoelectric devices worksheet (Thai version)

ชื่อ.....นามสกุล..... รหัสนักศึกษา.....
สาขาวิชา.....ภาควิชา.....คณะ.....
วันที่ทำการสาธิต

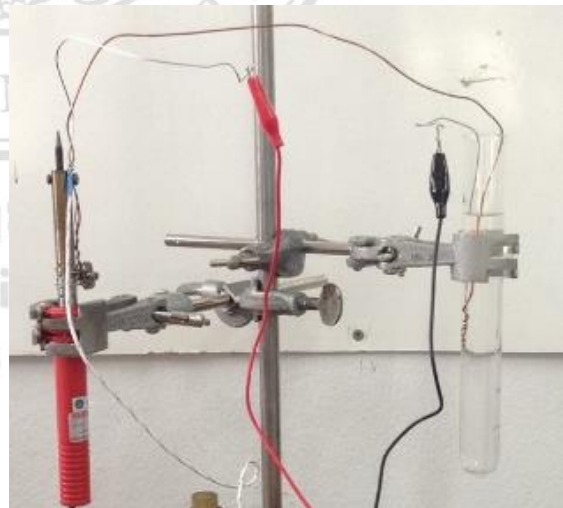
- คำชี้แจง: 1. ให้นักศึกษาเขียน ชื่อ-นามสกุล รหัสนักศึกษา พร้อมทั้งรายละเอียดอื่นๆ ให้ชัดเจน
2. ให้นักศึกษากรอกข้อมูลในใบกิจกรรมให้ครบทุกข้อ
3. นักศึกษามีเวลาในการทำใบกิจกรรม จำนวน 20 นาที ผู้สอนจะเก็บใบกิจกรรม หลังจากการสาธิต

ตอนที่ 1

การสาธิต: ต่อเส้นลวดทองแดง (Cu) และลวดเหล็ก (Fe) สองเส้นที่มีความยาว 25 cm เท่ากัน ขนาดเบอร์ 16 (เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.625 mm) ดังรูป โดยปลายด้านหนึ่ง จุ่มลงในน้ำผสมน้ำแข็ง และ ปลายด้านหนึ่ง ต่อกับ หัวแรงแบตเตอรี่ เพื่อให้ความร้อน ทำการวัดอุณหภูมิที่ปลายทั้งสองด้านของเส้นลวด และค่าความต่างศักย์ (ΔV) ระหว่างปลายของเส้นลวดเหล็ก



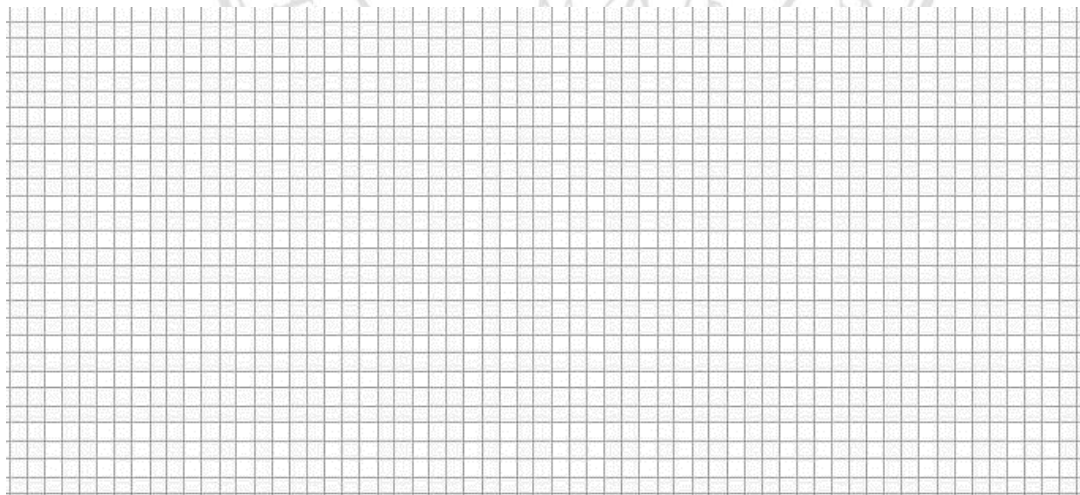
ทำนายผล: ค่าความต่างศักย์ (ΔV) ที่ได้
มีค่า (☐ มากกว่า ☐ เท่ากับ ☐ น้อยกว่า) ศูนย์ (mV)
ผลการสาธิต: ค่าความต่างศักย์ (ΔV) ที่ได้
มีค่า (☐ มากกว่า ☐ เท่ากับ ☐ น้อยกว่า) ศูนย์ (mV)



บันทึกผล: ค่าความต่างศักย์ (ΔV) อุณหภูมิเส้นลวดด้านร้อน (T_H) และอุณหภูมิเส้นลวดด้านเย็น (T_C) ทุกๆ 1 นาที

เวลา (นาที)	$T_H (^{\circ}\text{C})$	$T_C (^{\circ}\text{C})$	$\Delta T \text{ (K)}$	$\Delta V \text{ (mV)}$	$S = \frac{\Delta V}{\Delta T}$
0.0					
1.0					
2.0					
3.0					
4.0					
5.0					
6.0					
7.0					
8.0					

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์ (ΔV) และผลต่างอุณหภูมิเส้นลวด ΔT



อภิปรายผลการสาธิต:

1) จากกราฟความสัมพันธ์ ให้นักศึกษา เขียนสมการความสัมพันธ์ของกราฟ ในรูปแบบของกราฟเส้นตรง แล้ว บอกค่าความชันที่ได้จากสมการ

2) นักศึกษาคิดว่า ปัจจัยใดที่มีผลต่อผลการสาธิตที่ได้ และ หากต้องการปรับปรุงผลการสาธิต ให้ดีขึ้น ควรทำอย่างไร

3) หากเปลี่ยนขนาดของเส้นลวด ให้มีขนาดใหญ่ ขึ้น หรือ เล็กลง ผลการทดลองที่ได้ ควรเป็นอย่างไร

4) จากผลการทดลอง สำหรับเส้นลวด 2 ขนาด คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.625 mm (ลวดเบอร์ 16) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.061 mm (ลวดเบอร์ 19) ที่กำหนดให้ ในตารางด้านล่าง ให้นักศึกษา คำนวณหาค่า Seebeck effect coefficient พร้อมทั้งเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์ (ΔV) และผลต่างอุณหภูมิเส้นลวด ΔT และ เขียนสมการความสัมพันธ์ของกราฟ ในรูปแบบของกราฟเส้นตรง แล้ว บอกค่าความชันที่ได้จากสมการ

เวลา (นาท.)	ลวดเบอร์ 16					ลวดเบอร์ 19				
	T_H (°C)	T_C (°C)	ΔT (K)	ΔV (mV)	$S = \frac{\Delta V}{\Delta T}$	T_H (°C)	T_C (°C)	ΔT (K)	ΔV (mV)	$S = \frac{\Delta V}{\Delta T}$
0.0	28			0.3		28			0.3	
1.0	47			0.5		52			1.9	
2.0	79			0.8		67			2.2	
3.0	122			1.1		94			3.4	
4.0	132			1.2		122			4.2	
5.0	138			1.2		142			4.7	
6.0	173			1.3		157			5.2	
7.0	175			1.4		163			5.5	
8.0	180			1.5		170			5.8	

ตอนที่ 2

1: ข้อมูลทั่วไปของ thermoelectric Devices (TEC)

คุณสมบัติ	ค่าที่แสดง
Hot Side Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	80
ΔT_{max} ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 64
Q_{max} (w)	≥ 71.4
I_{max} (A)	8
V_{max} (VDC)	15.4
R_{max} (Ω)	
Resistance at ambient temperature 25°C (ohm)	1.5 ± 0.2
Width of the module (mm)	
Length of the module (mm)	
Thickness of the module (mm)	

2: Thermoelectric heating and cooling of Thermoelectric Devices (TEC)

ให้นักศึกษาเติมข้อมูลจากการสาธิตลงในตารางที่กำหนดให้

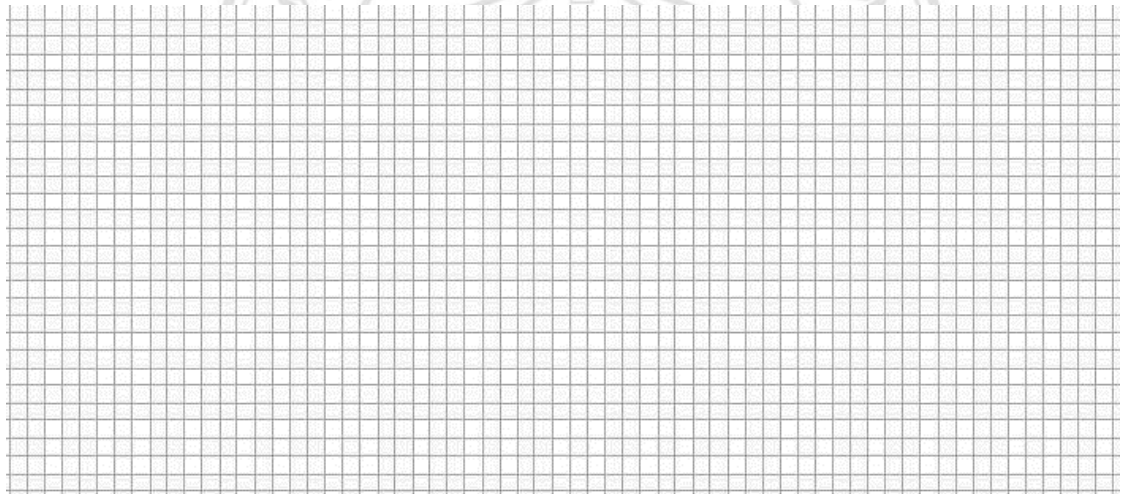
Time (min)	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
T_c ($^{\circ}\text{C}$)											
T_H ($^{\circ}\text{C}$)											

เขียนอธิบาย ผลที่ได้จากการสังเกต:

3 : The Seebeck effect of the module of Thermoelectric Devices (TEC)

จากข้อมูลที่กำหนดให้ในตาราง ให้เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความต่างศักย์ (mV) ที่เกิดจาก thermoelectric module และอุณหภูมิที่แตกต่างกัน (K) และคำนวณหาค่า Seebeck effect coefficient

ΔT (K)	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0
V_{av} (mV)	0.0	14.9	29.8	44.7	59.9	74.8	89.7	104.7	119.5	134.5	149.5



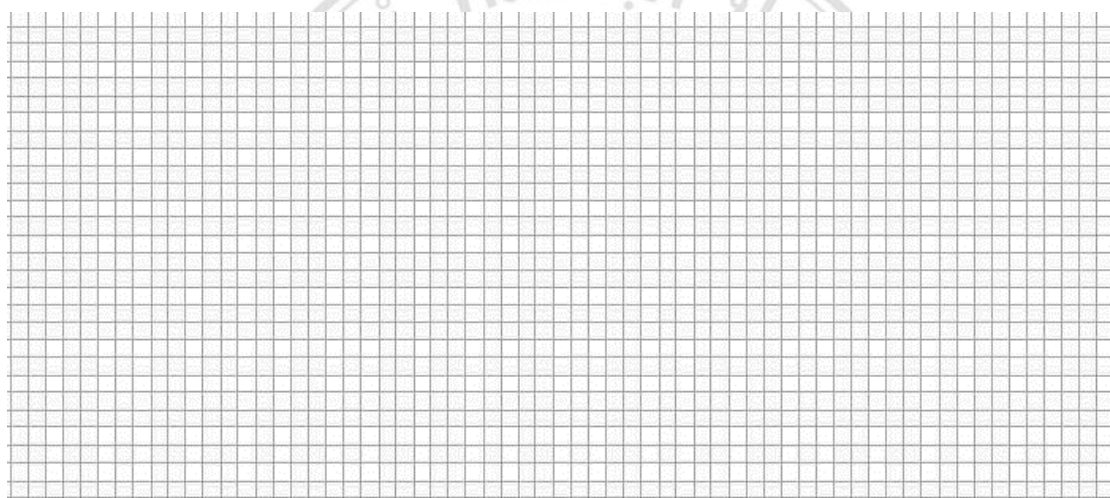
คำนวณหาค่า Seebeck effect coefficient

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4: The Peltier coefficient of Thermoelectric Devices (TEC)

จากข้อมูลที่กำหนดไว้ในตาราง ให้เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิที่แตกต่างกัน (K) กับ กระแสไฟฟ้า
ที่ได้ (A) และคำนวณหาค่า Peltier effect coefficient

ΔT (K)	0.00	17.93	20.54	26.72	30.48	32.70	33.60	34.63	35.57	39.40	40.02
I (A)	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0



คำนวณหาค่า Peltier coefficient

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5: คำนวณหาค่าประสิทธิภาพ และ figure of merit [Z] ของ TEC

APPENDIX I

Thermoelectric devices conceptual test

ชื่อ.....นามสกุล..... รหัสนักศึกษา.....
สาขาวิชา.....ภาควิชา.....คณะ.....
วันที่ทำการสาริต

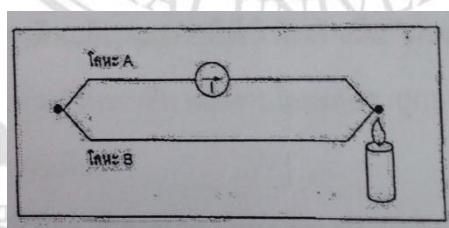
คำชี้แจง: 1. แบบทดสอบนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินความเข้าใจ ของนักศึกษาเกี่ยวกับสมบัติทางความร้อนและไฟฟ้าของวัสดุซึ่งเป็นพื้นฐานในการเรียนสาขาวิชาวัสดุศาสตร์

2. ให้นักศึกษาตอบคำถามให้ครบทุกข้อ ข้อมูลที่ได้จากการทำแบบทดสอบความเข้าใจของนักศึกษาจะไม่ถูกเปิดเผย

3. แบบทดสอบความเข้าใจทั้งหมด 20 ข้อ ใช้เวลา 20 นาที ผู้

4. ให้เขียนคำตอบลงในกระดาษคำตอบที่เตรียมไว้นั้น

1. เมื่อวัสดุมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น จะเกิดการนำความร้อนโดยอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความร้อนหรืออุณหภูมิสูงไปสู่บริเวณที่มีความร้อนหรืออุณหภูมิต่ำกว่า ทั้งนี้ ถ้าพิจารณาการทดลองดังรูป จะพบว่า ทองแดง (โลหะ A) หรือ อะลูมิเนียม (โลหะ B) ที่จะมีอุณหภูมิสูงกว่ากัน



1) ทองแดง

2) อะลูมิเนียม

3) ทองแดงและอะลูมิเนียมจะมีอุณหภูมิเท่ากัน

4) ไม่สามารถบอกได้ เนื่องจากข้อมูลไม่เพียงพอ

2. จากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ทำให้พลังงานในการสั่นของอะตอมเพิ่มขึ้น วัสดุเกิดการขยายตัวเนื่องจากความร้อน ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของระยะห่างระหว่างอะตอมเพิ่มขึ้น ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความต่างศักย์ ถ้าเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ (แกน y) และ ระยะห่างระหว่างอะตอม (แกน x) จะได้กราฟที่มีลักษณะใด

1) รูปประจันคว่ำ

2) รูปประจันหงาย

3) รูปกรวยคว่ำ

4) รูปกรวยหงาย

3. เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น อะตอมเกิดการสั่นเนื่องจากพลังงานภายในเพิ่มขึ้น ทำให้อิเล็กตรอนเกิดการเคลื่อนที่แบบใด

- | | |
|--|---|
| 1) อิเล็กตรอนเคลื่อนที่แบบเป็นระเบียบมากขึ้น | 2) อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ในทิศทางเดียวกัน |
| 3) อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ในทิศทางตรงกันข้าม | 4) อิเล็กตรอนเคลื่อนที่แบบกระจาย |

4. เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น อิเล็กตรอนที่เป็นอิสระมีโอกาสจะเกิดการชนกับอะตอมที่สั่นเพิ่มขึ้น ทำให้วิถีเสรีเฉลี่ย (mean free path) ลดลง ส่งผลให้การเคลื่อนที่ (mobility) ของอิเล็กตรอนลดลงด้วย ดังนั้น ค่าความต้านทานไฟฟ้าจะเป็นอย่างไร

- | | |
|--------------|---------------------------------------|
| 1) เพิ่มขึ้น | 2) ลดลง |
| 3) คงที่ | 4) อาจเป็นไปได้ทั้งข้อ 1) , 2) และ 3) |

5. หลังจากที่ทำวัสดุทำจากโลหะได้รับความร้อนจากการเผาปลาญด้านหนึ่ง ทำให้เกิดความต่างของอุณหภูมิระหว่างปลายทั้งสองข้าง จากความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างรอยต่อด้านร้อนและด้านเย็นของวัสดุ มีผลให้กลุ่มอิเล็กตรอนในวัสดุด้านร้อนมีพลังงานจลน์สูงกว่าและเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าด้านเย็น ทำให้เกิดความแตกต่างของปริมาณประจุและเกิดการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้าจึงเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นทำให้สามารถวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าได้ปรากฏการณ์นี้เรียกว่าอะไร

- | | |
|-------------------|-----------------------------|
| 1) Seebeck effect | 2) Peltier effect |
| 3) Thomson effect | 4) ถูกทั้งข้อ 1), 2) และ 3) |

6. หากมีการลดอุณหภูมิลง ค่ากระแสหรือความต่างศักย์จะมีค่าลดลง เนื่องจากสาเหตุต่อไปนี้ ยกเว้นข้อใด

- 1) อิเล็กตรอนถูกกระตุ้นน้อยลง
- 2) การสั่นสะเทือนของอะตอมลดลง ทำให้พลังงานจลน์และความเร็วในการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนลดลง
- 3) มีความแตกต่างของปริมาณประจุลดลงและความเหนี่ยวนำทางไฟฟ้าลดลงเช่นกัน
- 4) อิเล็กตรอนมีการชนกันน้อยทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานมากขึ้น ทำให้ค่ากระแสหรือความต่างศักย์จะมีค่าลดลง

7. ในเซรามิก หากมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว จะทำให้เกิดความเค้นเนื่องจากความร้อนและเกิดการฉีกเพราะวัสดุเซรามิก มีความเปราะ จึงค่อนข้างอ่อนไหว เหตุการณ์ดังกล่าวจะทำให้วัสดุเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างอย่างไร

- | | |
|--------------------------------|---------------------------------|
| 1) บิดงอ แต่สามารถคืนรูปได้ | 2) อ่อนตัวลง และสามารถคืนรูปได้ |
| 3) แตกหัก หรือเสียรูปอย่างถาวร | 4) เกิดการยืดหยุ่นมากขึ้น |

8. วัสดุในข้อใดมีการเปลี่ยนแปลงขนาดตามอุณหภูมิน้อยที่สุด และส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์เนื่องจากการขยายตัวทางความร้อนน้อยที่สุด

- | | |
|--------------|--------------------|
| 1) โลหะ | 2) เซรามิก |
| 3) พอลิเมอร์ | 4) วัสดุเชิงประกอบ |

9. วัสดุในข้อใดต่อไปนี้ สามารถนำความร้อนได้ดีที่สุด

- 1) โลหะ > พอลิเมอร์ > วัสดุเชิงประกอบ > เซรามิก 2) เซรามิก > พอลิเมอร์ > วัสดุเชิงประกอบ > โลหะ
- 3) พอลิเมอร์ > โลหะ > วัสดุเชิงประกอบ > เซรามิก 4) วัสดุเชิงประกอบ > โลหะ > พอลิเมอร์ > เซรามิก

10. วัสดุใดต่อไปนี้ที่มีความสามารถนำความร้อนได้ดี และเหมาะสำหรับนำมาเป็นตัวนำความร้อนได้ดีที่สุด

- 1) เหล็กกล้าไร้สนิม 2) อะลูมิเนียม
- 3) พลาสติก 4) กระฉก

11. จากการทดลองปรากฏการณ์เพลเทียร์ (Peltier effect) ในช่วงแรกอุณหภูมิมีการลดลงอย่างรวดเร็วและเริ่มลดลงอย่างช้า ๆ ในช่วงหลัง เนื่องมาจากสาเหตุใด

- A. เมื่อให้แรงดันไฟฟ้า ทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีพลังงานศักย์ต่ำไปยังบริเวณที่มีพลังงานศักย์สูง
- B. เมื่อให้แรงดันไฟฟ้า ทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีพลังงานศักย์สูงไปยังบริเวณที่มีพลังงานศักย์ต่ำ
- C. อิเล็กตรอนจะมีความเร่งเนื่องจากสนามไฟฟ้า จึงทำให้มีความเร็วเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว
- D. เมื่ออิเล็กตรอนเริ่มชนกับอิเล็กตรอนตัวอื่นๆ จะทำให้มันความเร็วลดลง

ข้อใดเรียงลำดับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้ถูกต้อง

- 1) A→B→C→D 2) B→D→C
- 3) B→C→D 4) A→C→D

12. เมื่ออิเล็กตรอนถูกกระตุ้นเข้าไปอยู่ในแถบตัวนำ จะเกิดหลุมของอิเล็กตรอนขึ้นในแถบเวเลนซ์ เรียกว่า

- 1) n-type 2) p-type
- 3) band gap 4) hole

13. สารกึ่งตัวนำแบบใด ที่เป็นประจุหลักพาหะและมีระดับพลังงานสูงกว่า กระแสจะไหลผ่านสารกึ่งตัวนำชนิดนี้ จากขวาไปซ้าย ซึ่งอิเล็กตรอนส่วนใหญ่จะสามารถเอาชนะตัวกีดขวางพลังงาน (Energy Barrier) ได้ และจะข้ามไปอยู่ในแถบการนำทำให้ไม่มีอิเล็กตรอนเหลืออยู่ในด้านขวามาก พลังงานโดยรอบจะถูกถ่ายโอนจากขวามาซ้าย ทำให้มีพลังงานสูง และ จะมีอุณหภูมิโดยรอบสูงกว่าแผ่นที่เย็น

- 1) n-type 2) p-type
- 3) p-n-type 4) สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์

14. ข้อใดคือระดับพลังงานสูงสุดที่อิเล็กตรอนอยู่ ณ อุณหภูมิศูนย์องศาสัมบูรณ์ (0 K) หรือพลังงานต่ำสุดที่อิเล็กตรอนจะมีเพื่อที่จะสามารถเปลี่ยนจากแถบเวเลนซ์ (Valence Band) ไปยังแถบการนำไฟฟ้า (Conduction Band) ได้

- 1) ตัวกีดขวางพลังงาน (Energy Barrier) 2) ระดับพลังงานเฟอร์มิ (Fermi Energy)
- 3) พลังงานสูงสุดในแถบการนำไฟฟ้า 4) พลังงานสูงสุดในแถบเวเลนซ์

15. สารกึ่งตัวนำแบบใด มีการเคลื่อนที่ของประจุพาหะ โดย hole ซึ่งมีการเคลื่อนที่ จากซ้ายไปขวาในแถบเวเลนซ์ และสามารถเอาชนะตัวกีดขวางพลังงานเฟอร์มิและระดับพลังงานสูงสุดของอิเล็กตรอนแถบเวเลนซ์ ได้ ทำให้ประจุหมดไปจากด้านซ้าย และมีอุณหภูมิโดยรอบต่ำกว่าที่แผ่นทางด้านขวา

- | | |
|-------------|--------------------------|
| 1) n-type | 2) p-type |
| 3) p-n-type | 4) สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ |

16. เพราะเหตุใด จึงมีการเปลี่ยนมาให้สารกึ่งโลหะแทนโลหะ ในการทดลองปรากฏการณ์ Seebeck และปรากฏการณ์ Peltier

- 1) สารกึ่งโลหะ มีราคาถูกกว่าโลหะ
- 2) กำลังไฟฟ้าหรือประสิทธิภาพของเครื่องมือที่ได้จากสารกึ่งโลหะมีค่ามากกว่าโลหะ
- 3) สารกึ่งโลหะมีอิเล็กตรอนและ hole น้อยกว่าโลหะ ทำให้เกิดการนำไฟฟ้าได้ดีกว่า
- 4) ถูกทั้งข้อ 1), 2) และ 3)

17. ปรากฏการณ์ Peltier effect สามารถประยุกต์ใช้ในหลายด้าน ยกเว้นข้อใด

- 1) ใช้ในด้านการทำความเย็น เช่น ตู้เย็น ตู้แช่เย็น เครื่องทำความเย็น
- 2) ด้านร้อน ที่เกิดขึ้นในขณะที่ทำความเย็น จะถูกระบายทิ้งให้กับสิ่งแวดล้อม
- 3) CPU ของเครื่องคอมพิวเตอร์
- 4) พัดลมระบายความร้อนของคอมพิวเตอร์

18. วัสดุในข้อใดต่อไปนี้ ที่มีช่องว่างของแถบพลังงาน (Energy band gap) กว้างที่สุด

- | | |
|-------------------------|---------------------------------|
| 1) สารตัวนำ (Conductor) | 2) สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) |
| 3) ฉนวน (Insulator) | 4) ข้อ 1), 2) และ 3) ผิด |

19. ข้อใดอธิบายโครงสร้างอิเล็กทรอนิกส์ของสารกึ่งตัวนำไฟฟ้า (Semiconductor) ได้ถูกต้องที่สุด

- 1) โครงสร้างของสารที่มีอิเล็กตรอนไม่เต็มแถบเวเลนซ์ (Valence band)
- 2) โครงสร้างของสารที่มีระดับพลังงานของแถบการนำไฟฟ้า (Conduction band) ซ้อนอยู่กับแถบพลังงานของแถบเวเลนซ์ (Valence band)

3) โครงสร้างของสารที่มีอิเล็กตรอนเต็มแถบเวเลนซ์ (Valence band) แต่ช่องว่างระหว่างแถบเวเลนซ์ (Valence band) และแถบการนำไฟฟ้า (Conduction band) ห่างกันไม่มากนัก

4) โครงสร้างของสารที่มีอิเล็กตรอนเต็มแถบเวเลนซ์ (Valence band) แต่ช่องว่างระหว่างแถบเวเลนซ์ (Valence band) และแถบการนำไฟฟ้า (Conduction band) ห่างกันมากนัก

20. ข้อใดกล่าวถึงโครงสร้างของสารตัวนำไฟฟ้าได้ถูกต้องที่สุด

- 1) โครงสร้างของสารที่มีอิเล็กตรอนไม่เต็มแถบเวเลนซ์ (Valence band)
- 2) โครงสร้างของสารที่มีระดับพลังงานของแถบการนำไฟฟ้า (Conduction band) ซ้อนอยู่กับแถบพลังงานของแถบเวเลนซ์ (Valence band)

- 3) ถูกทั้งข้อ 1) และ 2)
- 4) ข้อ 1), 2) และ 3) ผิด

กระดาษคำตอบ

ชื่อ.....นามสกุล..... รหัสนักศึกษา..... สาขาวิชา.....ภาควิชา.....คณะ..... วันที่ทำการสาริต
--

ให้นักศึกษา ทำเครื่องหมายกากบาท ตรงข้อที่ถูกที่สุดเพียง 1 คำตอบ

ตัวเลือก ข้อ	1)	2)	3)	4)	ตัวเลือก ข้อ	1)	2)	3)	4)
1					11				
2					12				
3					13				
4					14				
5					15				
6					16				
7					17				
8					18				
9					19				
10					20				

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright© by Chiang Mai University
 All rights reserved

APPENDIX J

Rubber band demonstration worksheet

NAME.....	LASTNAME.....	CODE
Department	Faculty	DATE

Part 1: Hysteresis of Rubber Bands

Objective of this experiment:

- 1) To observe the effect of force that concerning the elongation of rubber band
- 2) To analyze and calculate the energy of rubber band
- 3) To analyze and calculate the error of force and elongation measurement

Equipment of the experiment

- 1) The three sizes of rubber band with 3 difference lengths
 - 1.1) Cross section area $0.92 \times 0.18 \text{ cm}^2$ length 15 cm 3 bands
 - 1.2) Cross section area $0.92 \times 0.18 \text{ cm}^2$ length 30 cm 3 bands
 - 1.3) Cross section area $0.92 \times 0.18 \text{ cm}^2$ length 35 cm 3 bands
 - 1.4) Cross section area $0.45 \times 0.18 \text{ cm}^2$ length 25 cm 3 bands
 - 1.5) Cross section area $0.45 \times 0.18 \text{ cm}^2$ length 30 cm 3 bands
 - 1.6) Cross section area $0.45 \times 0.18 \text{ cm}^2$ length 35 cm 3 bands
 - 1.7) Cross section area $0.285 \times 0.18 \text{ cm}^2$ length 25 cm 3 bands
 - 1.8) Cross section area $0.285 \times 0.18 \text{ cm}^2$ length 30 cm 3 bands
 - 1.9) Cross section area $0.285 \times 0.18 \text{ cm}^2$ length 35 cm 3 bands

For total 27 bands

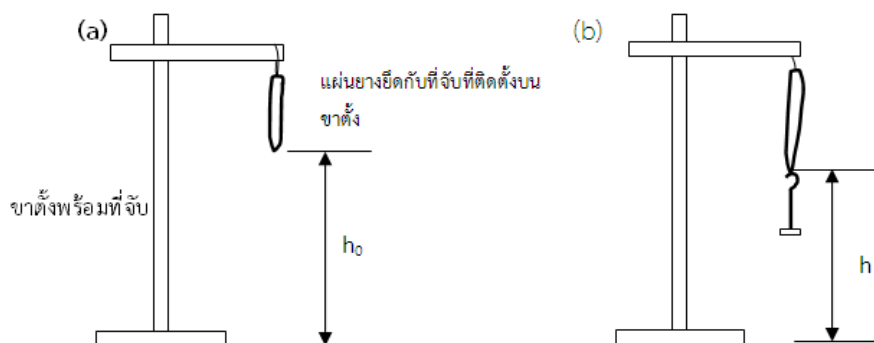
- 2) The stand and holder with meter scale
- 3) Several mass of metal 50g, 100g, 200g, 500g

Experimental set up

- 1) The rubber band was hung at the top of stand and a hook was hung at the bottom for allowed additional mass to be suspended from the rubber band.

2) Measured the distance between the hook to the base of stand then recorded to h_0 as shown in the figure (a)

3) Mass was add to the rubber band and recorded to h as shown in the figure (b)



3) Mass was add to the rubber band in increment 50g and collect the length h in the table 1.1

4) Unloaded mass for every 50g and collect the length h in the table 1.2

Result

No.	Mass: $m(\text{Kg})$	Weight: $F=mg \text{ (N)}$	Elongation of rubber band	
			Load (m)	Unload (m)
1	0×10^{-3}	0.00		
2	50×10^{-3}	0.49		
3	100×10^{-3}	0.98		
4	150×10^{-3}	1.47		
5	200×10^{-3}	1.96		
6	250×10^{-3}	2.45		
7	300×10^{-3}	2.94		

For this experiment: $g = 9.8 \text{ m/s}^2$

Analyze

1) From the result of this experiment. Use the force (N) and the elongation of rubber band (m) to draw a graph

2) Calculated the error from measure the force and the elongation of rubber band

Force: $10 \times [0.005 / (\Sigma \text{mass}/n)] = \dots\dots\dots\%$

Elongation: $0.0005 / (\Sigma \text{stretch}/n) = \dots\dots\dots\%$

3) Find the equation $y = ax^3 + bx^2 + cx + d$

Experiment	Equation	Constant			
		a	b	c	d
Load					
Unload					

Use the spreads sheet program to fit the equation of the graph

4) Integrated the equation to find the area under the graph for represent the work in the rubber band

Load Work _____ J

Unload Work _____ J

The work difference in the rubber band _____ J

Conclusion

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Part 2: Thermodynamics of Rubber Band

Objective of this experiment:

- 1) To observe the temperature that concerned the force in the rubber band
- 2) To observe the length of rubber band that concerned the force in the rubber band
- 3) To analyze and calculated the relationship between the change of force and length of rubber band $(\partial \tau / \partial T)_L$, the change of Helmholtz free energy (ΔF), the change of entropy (ΔS) and the change of internal energy (ΔU)

Equipment of the experiment

- 1) The four sizes of rubber band with 3 difference lengths
 - 1.1) Cross section area $0.62 \times 0.36 \text{ cm}^2$ length 25 cm 3 bands
 - 1.2) Cross section area $0.62 \times 0.36 \text{ cm}^2$ length 30 cm 3 bands
 - 1.3) Cross section area $0.62 \times 0.36 \text{ cm}^2$ length 35 cm 3 bands
 - 1.4) Cross section area $0.92 \times 0.18 \text{ cm}^2$ length 25 cm 3 bands
 - 1.5) Cross section area $0.92 \times 0.18 \text{ cm}^2$ length 30 cm 3 bands
 - 1.6) Cross section area $0.92 \times 0.18 \text{ cm}^2$ length 35 cm 3 bands
 - 1.7) Cross section area $0.45 \times 0.18 \text{ cm}^2$ length 25 cm 3 bands
 - 1.8) Cross section area $0.45 \times 0.18 \text{ cm}^2$ length 30 cm 3 bands
 - 1.9) Cross section area $0.45 \times 0.18 \text{ cm}^2$ length 35 cm 3 bands
 - 1.10) Cross section area $0.28 \times 0.18 \text{ cm}^2$ length 25 cm 3 bands
 - 1.11) Cross section area $0.28 \times 0.18 \text{ cm}^2$ length 30 cm 3 bands
 - 1.12) Cross section area $0.28 \times 0.18 \text{ cm}^2$ length 35 cm 3 bandsFor total 36 bands
- 2) Acrylic tube with a stopper and water with difference temperature: 5°C , 15°C , 25°C , 35°C , 45°C and 55°C
- 3) Force sensor
- 4) Thermometer, IR thermometer
- 5) Stand with holder
- 6) Ice, Hot water and Room temperature water
- 7) 100 ml Beaker

Experimental set up

- 1) Stretched a rubber band from a hook in a stopper at the bottom of acrylic tube to a chain connected to a force sensor at the top of the tube
- 2) This setup allows the rubber band to be completely submerged when the tube is filled with water
- 3) Collected the tension from the force sensor
- 4) Analyzed the data from force sensor with respect to the relation between tension and temperature $(\partial \tau / \partial T)_L$, the change of helmholtz free energy (ΔF) , the change of entropy (ΔS) and the change of internal energy (ΔU)

Result

Cross section area m ²							Cross section area m ²						
Average tension (N)							Average tension (N)						
Temp (°C)	5	15	25	35	45	55	Temp (°C)	5	15	25	35	45	55
Length (m)							Length (m)						
25cm							25cm						
30cm							30cm						
35cm							35cm						

Analyze

- 1) Plot the graph between tension(τ) and elongation(L)
- 2) Find the equation between tension(τ)and elongation(L)
- 3) Integrated the tension with respect to elongation to find the change of helmholtz free energy (ΔF) by the equation

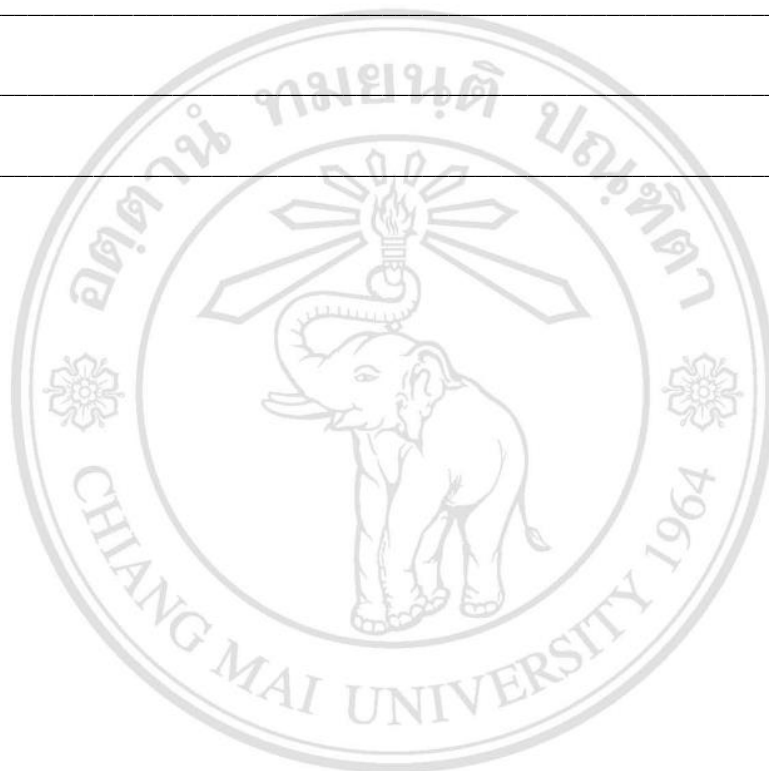
$$\Delta F \Big|_T = \int \tau dL$$

- 4) Plot the graph between tension (τ) and temperature (°C)
- 5) Find the slope of the graph by Maxwell equation $(\partial S / \partial L)_T$
- 6) Integrated Maxwell equation $(\partial S / \partial L)_T$ with respect to the length (dL) to find the change of entropy (ΔS) by the equation

$$\Delta S \Big|_T = \int \left(\frac{\partial S}{\partial L} \right)_T dL$$

7) Calculated the change of internal energy (ΔU) by the equation $\Delta F = \Delta U - T\Delta S$

Conclusion



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright© by Chiang Mai University
 All rights reserved

APPENDIX K

Rubber band demonstration worksheet (Thai version)

ชื่อ.....นามสกุล..... รหัสนักศึกษา.....
สาขาวิชา.....ภาควิชา.....คณะ.....
วันที่ทำการสาธิต

Part 1: Hysteresis of Rubber Bands

จุดประสงค์การทดลอง:

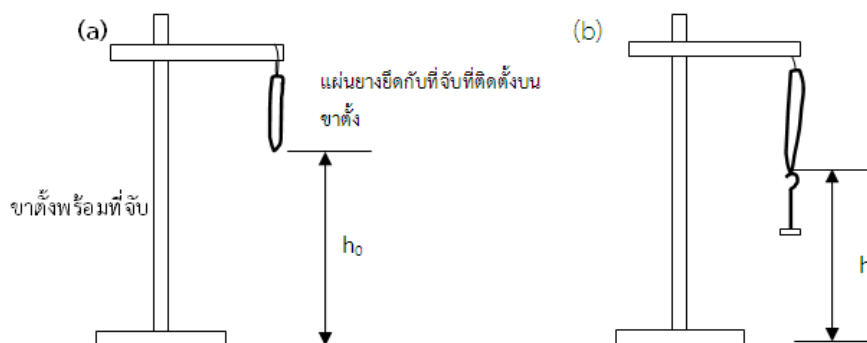
- 1) เพื่อสังเกตผลของแรงที่มีต่อการยืดตัวของแผ่นยาง
- 2) วิเคราะห์และคำนวณหาค่าพลังงานที่สูญเสียไปในแผ่นยาง
- 3) วิเคราะห์และคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดแรงและระยะยืดของแผ่นยาง

อุปกรณ์การทดลอง

- 1) แผ่นยางจำนวน 3 ขนาด ขนาดละ 3 ความยาว ความยาวละ 3 เส้น คือ
 - 1.1) ขนาดพื้นที่หน้าตัด $0.92 \times 0.18 \text{ cm}^2$ ความยาว 15 cm จำนวน 3 เส้น
 - 1.2) ขนาดพื้นที่หน้าตัด $0.92 \times 0.18 \text{ cm}^2$ ความยาว 30 cm จำนวน 3 เส้น
 - 1.3) ขนาดพื้นที่หน้าตัด $0.92 \times 0.18 \text{ cm}^2$ ความยาว 35 cm จำนวน 3 เส้น
 - 1.4) ขนาดพื้นที่หน้าตัด $0.45 \times 0.18 \text{ cm}^2$ ความยาว 25 cm จำนวน 3 เส้น
 - 1.5) ขนาดพื้นที่หน้าตัด $0.45 \times 0.18 \text{ cm}^2$ ความยาว 30 cm จำนวน 3 เส้น
 - 1.6) ขนาดพื้นที่หน้าตัด $0.45 \times 0.18 \text{ cm}^2$ ความยาว 35 cm จำนวน 3 เส้น
 - 1.7) ขนาดพื้นที่หน้าตัด $0.28 \times 0.18 \text{ cm}^2$ ความยาว 25 cm จำนวน 3 เส้น
 - 1.8) ขนาดพื้นที่หน้าตัด $0.28 \times 0.18 \text{ cm}^2$ ความยาว 30 cm จำนวน 3 เส้น
 - 1.9) ขนาดพื้นที่หน้าตัด $0.28 \times 0.18 \text{ cm}^2$ ความยาว 35 cm จำนวน 3 เส้นรวมทั้งหมด 27 เส้น
- 2) ขาตั้งพร้อมที่จับ
- 3) มวลสำหรับถ่วงแผ่นยางขนาด 50g, 100g, 200g, 500g
- 4) ไม้บรรทัดสำหรับวัดระยะ

วิธีทำการทดลอง

- 1) นำแผ่นยางติดกับที่จับที่ติดตั้งบนขาตั้งแล้วทำการวัดค่า h_0 จากไม้บรรทัดดังรูป (a)
- 2) นำมวลมาถ่วงกับแผ่นยางแล้วทำการวัดค่า h จากไม้บรรทัดดังรูป (b)



- 3) ทำการเปลี่ยนแปลงขนาดของมวล โดยการเพิ่มมวล ที่นำมาถ่วงกับแผ่นยางแล้วทำการวัดค่า h จากไม้บรรทัดในแต่ละค่ามวลแล้วบันทึกผลลงในตาราง 1.1
- 4) ทำการเปลี่ยนแปลงขนาดของมวล โดยการลดมวล ที่นำมาถ่วงกับแผ่นยางแล้วทำการวัดค่า h จากไม้บรรทัดในแต่ละค่ามวลแล้วบันทึกผลลงในตาราง 1.2

ผลการทดลอง

ครั้งที่	มวล: $m(\text{Kg})$	น้ำหนักถ่วง: $F=mg \text{ (N)}$	ระยะยืดตัวของแผ่นยาง	
			เพิ่มมวล (m)	ลดมวล(m)
1	0×10^{-3}	0.00		
2	50×10^{-3}	0.49		
3	100×10^{-3}	0.98		
4	150×10^{-3}	1.47		
5	200×10^{-3}	1.96		
6	250×10^{-3}	2.45		
7	300×10^{-3}	2.94		

สำหรับการทดลองนี้กำหนดให้ใช้ค่า $g = 9.8 \text{ m/s}^2$

การวิเคราะห์ผล

- 1) จากผลการทดลองได้นำค่าของแรงที่กระทำต่อแผ่นยางมาเขียนกราฟความสัมพันธ์กับระยะยืดของแผ่นยางโดยแรงใช้หน่วย นิวตัน และ ระยะยืดของแผ่นยางใช้หน่วย เมตร

2) คำนวณค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดแรงและความคลาดเคลื่อนที่จากการวัดระยะยืดหดของแผ่นยาง

แรง : $10 \times [0.005 / (\sum \text{mass} / n)] = \dots\dots\dots\%$

ระยะยืด : $0.0005 / (\sum \text{stretch} / n) = \dots\dots\dots\%$

3) นำข้อมูลจากตารางมาพิทกราฟกำลังสามเพื่อหาความสัมพันธ์ตามสมการ $y = ax^3 + bx^2 + cx + d$

การทดลอง	รูปแบบสมการ	ค่าคงที่ในสมการ			
		a	b	c	d
เพิ่มมวล					
ลดมวล					

ใช้โปรแกรม plot กราฟสำเร็จรูปในการพิทกราฟหาค่าคงที่ในสมการกำลังสาม

4) ทำการอินทิเกรตสมการเพื่อหาค่าพื้นที่ใต้กราฟ เพื่อแสดงถึงงานที่สูญเสียไปในแผ่นยางขณะทำการเพิ่มมวลหรือลดมวล

การอินทิเกรตเส้นกราฟขณะเพิ่มมวล ได้ค่างานเท่ากับ _____ จูล

การอินทิเกรตเส้นกราฟขณะลดมวล ได้ค่างานเท่ากับ _____ จูล

ส่วนต่างของงานที่แสดงถึงพลังงานที่สูญเสียไปในแผ่นยาง ได้ค่างานเท่ากับ _____ จูล

สรุปผลการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Part 2: Thermodynamics of Rubber Band

จุดประสงค์การทดลอง:

- 1) เพื่อสังเกตผลของอุณหภูมิที่มีต่อแรงตึงในแผ่นยาง
- 2) เพื่อสังเกตผลของความยาวของแผ่นยางที่มีต่อแรงตึงในแผ่นยาง
- 3) วิเคราะห์และคำนวณหาค่าการเปลี่ยนแปลงของแรงตึงในแผ่นยางในรูปแบบความสัมพันธ์กับความยาวของแผ่นยาง $(\partial \tau / \partial T)_L$, การเปลี่ยนแปลง Helmholtz free energy ΔF , การเปลี่ยนแปลงเอนโทรปี ΔS , การเปลี่ยนแปลงพลังงานภายใน ΔU

อุปกรณ์การทดลอง

- 1) แผ่นยางจำนวน 4 ขนาด ขนาดละ 3 ความยาว ความยาวละ 3 เส้น คือ
 - 1.1) ขนาดพื้นที่หน้าตัด $0.62 \times 0.36 \text{ cm}^2$ ความยาว 25 cm จำนวน 3 เส้น
 - 1.2) ขนาดพื้นที่หน้าตัด $0.62 \times 0.36 \text{ cm}^2$ ความยาว 30 cm จำนวน 3 เส้น
 - 1.3) ขนาดพื้นที่หน้าตัด $0.62 \times 0.36 \text{ cm}^2$ ความยาว 35 cm จำนวน 3 เส้น
 - 1.4) ขนาดพื้นที่หน้าตัด $0.92 \times 0.18 \text{ cm}^2$ ความยาว 25 cm จำนวน 3 เส้น
 - 1.5) ขนาดพื้นที่หน้าตัด $0.92 \times 0.18 \text{ cm}^2$ ความยาว 30 cm จำนวน 3 เส้น
 - 1.6) ขนาดพื้นที่หน้าตัด $0.92 \times 0.18 \text{ cm}^2$ ความยาว 35 cm จำนวน 3 เส้น
 - 1.7) ขนาดพื้นที่หน้าตัด $0.45 \times 0.18 \text{ cm}^2$ ความยาว 25 cm จำนวน 3 เส้น
 - 1.8) ขนาดพื้นที่หน้าตัด $0.45 \times 0.18 \text{ cm}^2$ ความยาว 30 cm จำนวน 3 เส้น
 - 1.9) ขนาดพื้นที่หน้าตัด $0.45 \times 0.18 \text{ cm}^2$ ความยาว 35 cm จำนวน 3 เส้น
 - 1.10) ขนาดพื้นที่หน้าตัด $0.28 \times 0.18 \text{ cm}^2$ ความยาว 25 cm จำนวน 3 เส้น
 - 1.11) ขนาดพื้นที่หน้าตัด $0.28 \times 0.18 \text{ cm}^2$ ความยาว 30 cm จำนวน 3 เส้น
 - 1.12) ขนาดพื้นที่หน้าตัด $0.28 \times 0.18 \text{ cm}^2$ ความยาว 35 cm จำนวน 3 เส้นรวมทั้งหมด 36 เส้น
- 2) ท่ออะคริลิกใสพร้อมจุกยางปิดท่อ สำหรับบรรจุน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ กันคือ 5°C , 15°C , 25°C , 35°C , 45°C และ 55°C
- 3) Force sensor
- 4) เทอร์โมมิเตอร์ธรรมดา, IR thermometer
- 5) ขาตั้งพร้อมที่จับ
- 6) น้ำแข็ง, น้ำร้อน และ น้ำอุณหภูมิห้อง
- 7) บีกเกอร์ขนาด 100 ml จำนวน 2 อัน

วิธีทำการทดลอง

- 1) จัดชุดอุปกรณ์ทดลองโดยต่อแผ่นยางเข้ากับ Force sensor และปลายด้านล่างของแผ่นยางต่อกับจุกยางที่ปิดท่อไว้
- 2) ทำการเติมน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ กัน เข้าไปในท่อและต้องตรวจสอบให้แน่ใจว่าแผ่นยางอยู่ในน้ำทั่วทั้งอัน และต้องควบคุมอุณหภูมิของน้ำที่อยู่ในท่อให้คงที่ขณะทำการทดลอง
- 3) บันทึกผลขนาดของแรงตึงจาก Force sensor
- 4) วิเคราะห์ผลจากข้อมูลที่ได้จาก Force sensor นำมาคำนวณหาค่าการเปลี่ยนแปลงของแรงตึงในแผ่นยางในรูปแบบความสัมพันธ์กับความยาวของแผ่นยาง $(\partial \tau / \partial T)_L$, การเปลี่ยนแปลง Helmholtz free energy ΔF , การเปลี่ยนแปลงเอนโทรปี ΔS
การเปลี่ยนแปลงพลังงานภายใน ΔU

ผลการทดลอง

แผ่นยางขนาดพื้นที่หน้าตัด m ²							แผ่นยางขนาดพื้นที่หน้าตัด m ²						
ขนาดของแรงเฉลี่ย (N)							ขนาดของแรงเฉลี่ย (N)						
อุณหภูมิ (°C)	5	15	25	35	45	55	อุณหภูมิ (°C)	5	15	25	35	45	55
ขนาดความยาว (m)							ขนาดความยาว (m)						
25cm							25cm						
30cm							30cm						
35cm							35cm						

การวิเคราะห์ผล

- 1) Plot กราฟระหว่างแรงตึง (τ) กับระยะยืด (L)
- 2) สร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่าง แรงตึง (τ) กับระยะยืด (L) #ใช้โปรแกรม fit กราฟ
- 3) ทำการอินทิเกรตแรงตึงกับระยะยืด ตามสมการเพื่อหาค่าการเปลี่ยนแปลง Helmholtz free energy ΔF ตามสมการ

$$\Delta F \Big|_T = \int \tau dL$$

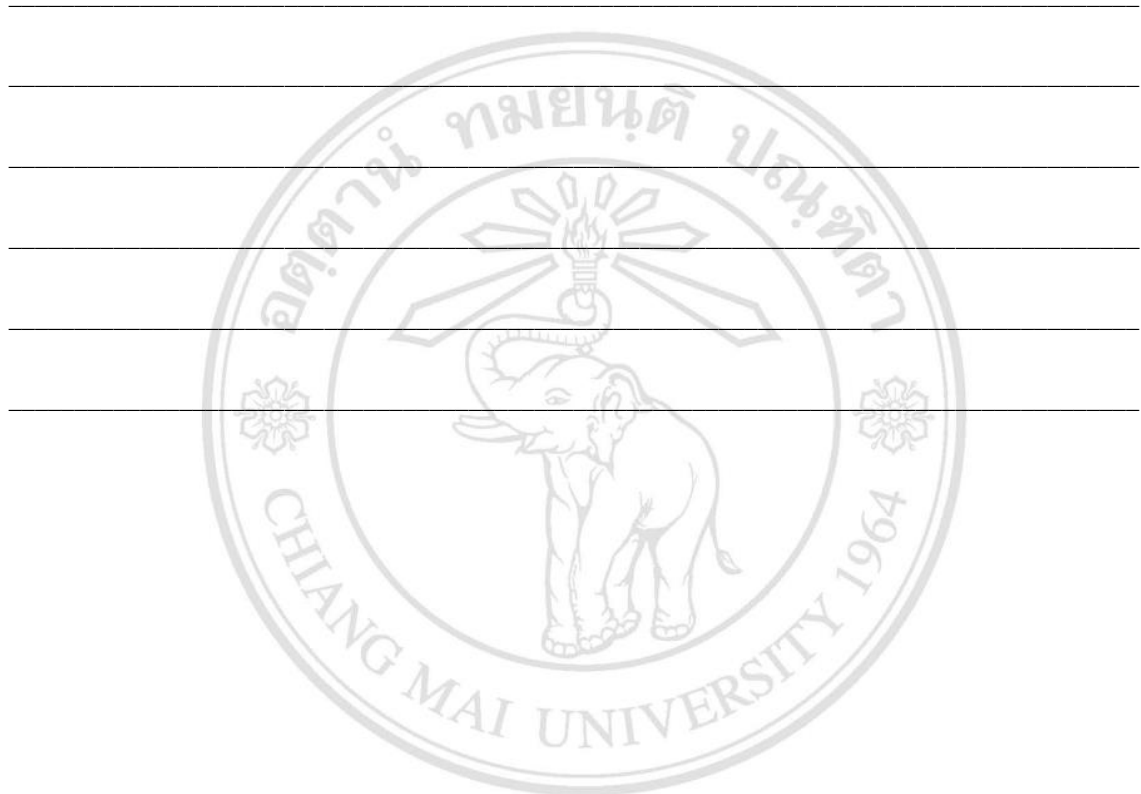
- 4) Plot กราฟระหว่างแรงตึง (τ) กับอุณหภูมิ (°C)
- 5) หาความชันของกราฟแต่ละเส้นโดยสมการของ Maxwell คือ $(\partial S / \partial L)_T$
- 6) ทำการอินทิเกรตสมการของ Maxwell คือ $(\partial S / \partial L)_T$ กับความยาว dL ซึ่งสามารถนำไปคำนวณหาการเปลี่ยนแปลงเอนโทรปี ΔS

ได้จากสมการ

$$\Delta S \Big|_T = \int \left(\frac{\partial S}{\partial L} \right)_T dL$$

7) คำนวณหาค่าการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายใน ΔU จากสมการ $\Delta F = \Delta U - T\Delta S$

สรุปผลการทดลอง



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

APPENDIX L

Fog in the bottle demonstration worksheet

NAME.....	LASTNAME.....	CODE
Department	Faculty	DATE

Prediction

The plastic bottom filled inside with a few of water and closed the bottom with rubber stopper and connected to the mini air pump. Please answer the following question.

1. The bottom was pumped for many times until the stopper suddenly expose from the bottom. What is happen in side the bottom? Please explain your answer.

2. When we pumped the bottom for many times, what is the change of gas volume inside the bottom?

☐ Increase ☐ Decrease ☐ Remain the same Please explain your answer

3. When we pumped the bottom for many times, what is the change of gas pressure inside the bottom?

☐ Increase ☐ Decrease ☐ Remain the same Please explain your answer

4. When we pumped the bottom for many times, what is the change of gas temperature inside the bottom?

☐ Increase ☐ Decrease ☐ Remain the same Please explain your answer

5. What is the thermodynamics process does occurred in side the bottom?

Process.....

What is the characteristic of this process?.....

Collecting Data

6. From the observation, we indicated that the system of this experiment is the gas in side the bottom. Collect the state variable in the table.

State variable	Initial State	Final State	The change of state variable
Volume: V	$V_i =$	$V_f =$	☐ Increase ☐ Decrease ☐ Remain the same
Temperature: T	$T_i =$	$T_f =$	☐ Increase ☐ Decrease ☐ Remain the same
Pressure: P	$P_i =$	$P_f =$	☐ Increase ☐ Decrease ☐ Remain the same

$P_a \approx 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$

7. Please explain the result and indicate the cause of this experiment

8. When we pumped the bottom for many times, what is the change of gas volume inside the bottom?

☐ Increase ☐ Decrease ☐ Remain the same Please explain your answer

9. When we pumped the bottom for many times, what is the change of gas pressure inside the bottom?

☐ Increase ☐ Decrease ☐ Remain the same Please explain your answer

10. When we pumped the bottom for many times, what is the change of gas temperature inside the bottom?

☐ Increase ☐ Decrease ☐ Remain the same Please explain your answer

Demonstration/Results

11. Consider the initial state (System = gas inside the bottle) The number of mole (n) can

calculated by $n = \frac{P_i V_i}{RT_i}$ when $R = 8.314 \text{ J/mol.K}$

n = mol

12. Consider an reversible adiabatic Process, the final temperature and the final volume can calculated by

12.1) Final temperature

$$T_f' = T_i \left(\frac{P_i}{P_f} \right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} \quad \text{When } \gamma = 1.4$$

12.2) Final volume

$$V_f' = V_i \left(\frac{P_i}{P_f} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \quad \text{When } \gamma = 1.4$$

12.3) Work done on system

$$W_{Re} = \frac{P_f V_f - P_i V_i}{\gamma - 1} \quad \text{When } \gamma = 1.4$$

13. Consider an irreversible adiabatic Process, the final temperature and the final pressure can be calculated by

13.1) Final temperature

$$T_f'' = T_i \left(\frac{V_i}{V_f} \right)^{\gamma-1} \quad \text{When } \gamma = 1.4$$

13.2) Final pressure

$$P_f'' = P_i \left(\frac{V_i}{V_f} \right)^{\gamma} \quad \text{When } \gamma = 1.4$$

13.3) Work done on system

$$W_{Ir} = P\Delta V$$

14. When consider the final temperature (T_f) from reversible and irreversible process, how is the temperature change ?

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

APPENDIX M

Fog in the bottle demonstration worksheet (Thai version)

ชื่อ.....นามสกุล..... รหัสนักศึกษา.....
สาขาวิชา.....ภาควิชา.....คณะ.....
วันที่ทำการสาธิต

การทำนายก่อนการสาธิต

ขวดน้ำพลาสติกใสภายในบรรจุน้ำเล็กน้อย ใช้จุกยางต่อขวดน้ำพลาสติกเข้ากับที่ปั๊มลม จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. เมื่ออัดลมหลายๆ ครั้ง จนกระทั่งจุกยางหลุดออกจากปากขวดน้ำพลาสติก คุณคิดว่าจะเกิดอะไรขึ้นบ้างที่ปากขวดและภายในขวด จงอธิบายเหตุผล

2. เมื่ออัดลมหลายๆ ครั้ง ปริมาตรของอากาศในขวดน้ำพลาสติกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง ☐ เท่าเดิม จงอธิบายเหตุผล

3. เมื่ออัดลมหลายๆ ครั้ง ความดันของอากาศในขวดน้ำพลาสติกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง ☐ เท่าเดิม จงอธิบายเหตุผล

4. เมื่ออัดลมหลายๆ ครั้ง อุณหภูมิของอากาศในขวดน้ำพลาสติกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง ☐ เท่าเดิม จงอธิบายเหตุผล

กระบวนการนี้มีลักษณะคือ.....

บันทึกผลระหว่างการสาธิต

6. จากการสังเกต กำหนดให้ระบบคือ แก๊ส (อากาศในขวดน้ำพลาสติก) สามารถบันทึก ตัวแปรสถานะของระบบ ได้ว่า

ตัวแปรสถานะ	เริ่มต้น	สุดท้าย	สรุปผลการเปลี่ยนแปลง
ปริมาตร : V	$V_i =$	$V_f =$	☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง ☐ เท่าเดิม
อุณหภูมิ : T	$T_i =$	$T_f =$	☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง ☐ เท่าเดิม
ความดัน : P	$P_i =$	$P_f =$	☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง ☐ เท่าเดิม

กำหนดให้ความดันอากาศ $P_a \approx 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$

7. จงเขียนผลการสาธิตที่คุณสังเกตเห็น พร้อมทั้งอธิบายสาเหตุการเกิดที่น่าจะเป็นไปได้

8. เมื่ออัดลมหลายๆ ครั้ง ปริมาตรของอากาศในขวดน้ำพลาสติก (เพิ่มขึ้น/ลดลง/เท่าเดิม) จงอธิบายเหตุผล

9. เมื่ออัดลมหลายๆ ครั้ง ความดันของอากาศในขวดน้ำพลาสติก (เพิ่มขึ้น/ลดลง/เท่าเดิม) จงอธิบายเหตุผล

10. เมื่ออัดลมหลายๆ ครั้ง อุณหภูมิของอากาศในขวดน้ำพลาสติก (เพิ่มขึ้น/ลดลง/เท่าเดิม) จงอธิบายเหตุผล

การคำนวณหลังการสัณฐาน

11. พิจารณาระบบตอนเริ่มต้น (กำหนดให้ระบบคือแก๊สอุดมคติ) สามารถหาจำนวนโมลของแก๊ส (n) ในระบบ

ตอนเริ่มต้นได้จาก $n = \frac{P_i V_i}{RT_i}$ กำหนดค่าคงที่ของแก๊ส $R = 8.314 \text{ J/mol.K}$

แสดงวิธีการคำนวณ

เพราะฉะนั้น ได้ $n = \dots\dots\dots \text{ mol}$

12. เมื่อพิจารณาระบบเป็นกระบวนการที่ไม่มีการถ่ายเทความร้อน (Adiabatic Process) ผันกลับได้ (Reversible process) สามารถคำนวณหาอุณหภูมิและปริมาตร ได้จากสูตร

12.1) คำนวณหา อุณหภูมิ จากสมการ

$$T_f' = T_i \left(\frac{P_i}{P_f} \right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} \quad \text{โดย } \gamma = 1.4$$

แสดงวิธีการคำนวณ

12.2) คำนวณหา ปริมาตร จากสมการ

$$V_f' = V_i \left(\frac{P_i}{P_f} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \quad \text{โดย } \gamma = 1.4$$

แสดงวิธีการคำนวณ

12.3) คำนวณหา งาน จากสมการ

$$W_{Re} = \frac{P_f V_f - P_i V_i}{\gamma - 1} \quad \text{โดย } \gamma = 1.4$$

แสดงวิธีการคำนวณ

13. เมื่อพิจารณาระบบเป็นกระบวนการที่ไม่มีการถ่ายเทความร้อน (Adiabatic Process) ผันกลับไม่ได้ (Irreversible process) สามารถคำนวณหาอุณหภูมิและความดัน ได้จากสูตร

13.1) คำนวณหา อุณหภูมิ

$$T_f'' = T_i \left(\frac{V_i}{V_f} \right)^{\gamma-1} \quad \text{โดย } \gamma = 1.4$$

แสดงวิธีการคำนวณ

13.2) คำนวณหา ความดัน

$$P_f'' = P_i \left(\frac{V_i}{V_f} \right)^{\gamma} \quad \text{โดย } \gamma = 1.4$$

แสดงวิธีการคำนวณ

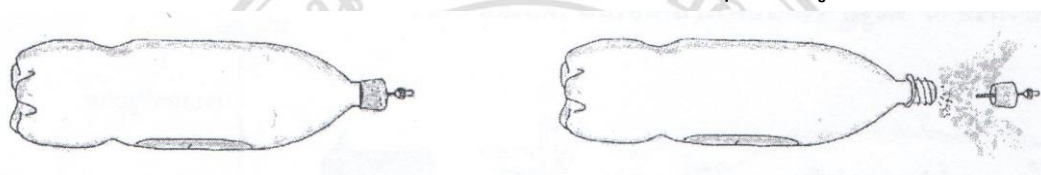
13.3) คำนวณหา งาน จากสมการ

$$W_{Ir} = P\Delta V$$

แสดงวิธีการคำนวณ

14. เมื่อพิจารณา อุณหภูมิสุดท้าย (T_f) จากการคำนวณทั้งแบบผันกลับได้ แบบผันกลับไม่ได้ และอุณหภูมิจากการสังเกต มีค่าเท่ากันหรือไม่ เพราะเหตุใด จงอธิบาย

ข้อมูลสำหรับคำถามข้อ 15 – 17 กำหนดให้ระบบ คือ อากาศที่อยู่ในขวดน้ำพลาสติก และระบบมีสถานะเริ่มต้น คือ สถานะของระบบก่อนจุกยางกระเด็นออกเพียงไม่กี่วินาที และสถานะสุดท้าย คือ สถานะของระบบหลังจุกยางกระเด็นออกไม่กี่วินาที พิจารณาการเปลี่ยนแปลงจากสถานะเริ่มต้นไปสถานะสุดท้ายดังรูปด้านล่าง



สถานะเริ่มต้น

สถานะสุดท้าย

15. คุณคิดว่ามีงานเกิดขึ้นหรือไม่ ถ้ามี งานนั้นเป็นงานที่ระบบกระทำต่อสิ่งแวดล้อมหรือเป็นงานที่สิ่งแวดล้อมกระทำต่อระบบ จงอธิบายเหตุผล

ม

ร้อน หรือ การดูดความร้อน จงอธิบายเหตุผล

17. คุณคิดว่า พลังงานภายในมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ ถ้ามี จะมีค่าเป็นบวกหรือลบ จงอธิบายเหตุผล

APPENDIX N

Pee-pee boys demonstration worksheet

NAME.....	LASTNAME.....	CODE
Department		Faculty
		DATE

1. There are 4 Pee-Pee boys which set up with difference condition. How about the level of water ejected from the Pee-Pee boys. Write down your prediction in the table below. Explain your answer.

Pee-Pee boys	Condition		Predict	Reasoning
A	At room temperature	Pour hot water into it.		
B	At room temperature	Pour water at room temperature into it.		
C	At cold water	Pour hot water into it.		
D	At cold water	Pour water at room temperature into it.		

2. There are 4 Pee-Pee boys which set up with difference condition. How about the level of water ejected from the Pee-Pee boys. Write down your observation in the table below.

Explain your answer.

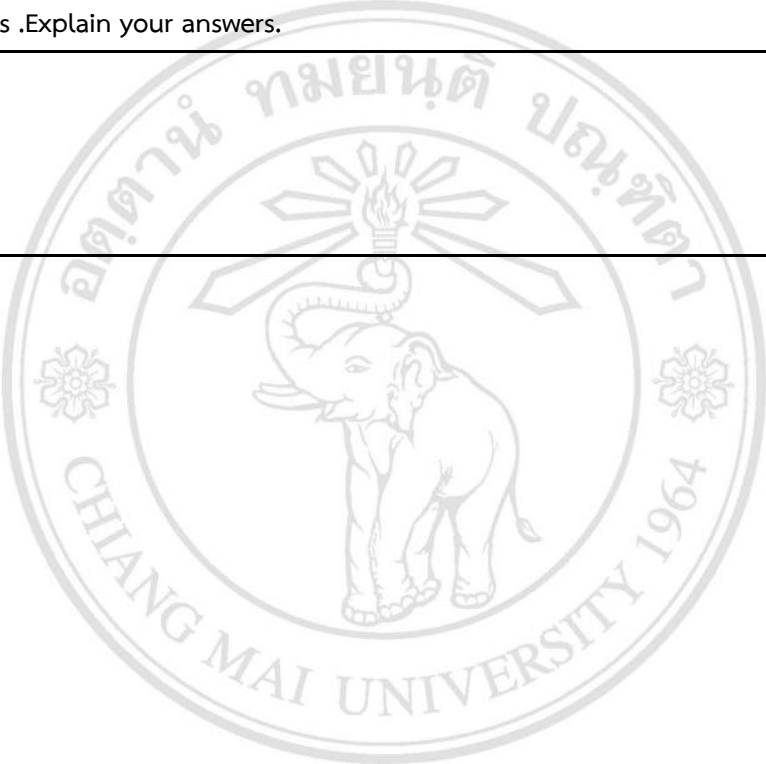
Pee-Pee boys	Condition		Predict	Reasoning
A	At room temperature	Pour hot water into it.		
B	At room temperature	Pour water at room temperature into it.		
C	At cold water	Pour hot water into it.		
D	At cold water	Pour water at room temperature into it.		

3. The water shot out of the Pee-Pee boy. Do you think work happen or not? If work occurred. The system is doing to the environment or the environment acting on the system.

4. The water shot out of the Pee-Pee boy. Do you think heat is transferred between systems on the environment or not? If yes it is Exothermic or endothermic process. Explain your answers.

5. The water shot out of the Pee-Pee boy. Do you think the internal energy of system be changed or not? If yes it is Increase or decrease. Explain your answers.

6. The water shot out of the Pee-Pee boy. How do you write the equation of 1st law of thermodynamics .Explain your answers.



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

APPENDIX O

Fog in the bottle demonstration worksheet (Thai version)

ชื่อ.....	นามสกุล.....	รหัสนักศึกษา.....
สาขาวิชา.....	ภาควิชา.....	คณะ.....
วันที่ทำการสาธิต		

1. ตึกตาเซรามิกทั้งหมด 4 ตัว ถูกเตรียมให้อยู่ในสภาวะที่แตกต่างกัน ให้เขียนระดับน้ำที่พุ่งออกมาจากตึกตาเซรามิกทั้งสี่ตัว พร้อมทั้งอธิบายเหตุผล

ตึกตาฉี	สภาวะ		ผลการทำนาย	เหตุผล
A	ณ อุณหภูมิห้อง	เทน้ำร้อนบนตัวตึกตา		
B	ณ อุณหภูมิห้อง	เทน้ำที่อุณหภูมิห้องบนตัวตึกตา		
C	ณ อุณหภูมิของน้ำเย็น	เทน้ำร้อนบนตัวตึกตา		
D	ณ อุณหภูมิของน้ำเย็น	เทน้ำที่อุณหภูมิห้องบนตัวตึกตา		

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. ตุ๊กตาเซรามิกทั้งหมด 4 ตัว ถูกเตรียมให้อยู่ในสภาวะที่แตกต่างกัน ให้เขียนระดับน้ำที่พุ่งออกมาจากตุ๊กตาเซรามิกทั้งสี่ตัว พร้อมทั้งอธิบายเหตุผล

ตุ๊กตา	สภาวะ		ผลการทำนาย	เหตุผล
A	ณ อุณหภูมิห้อง	เทน้ำร้อนบนตัวตุ๊กตา		
B	ณ อุณหภูมิห้อง	เทน้ำที่อุณหภูมิห้องบนตัวตุ๊กตา		
C	ณ อุณหภูมิของน้ำเย็น	เทน้ำร้อนบนตัวตุ๊กตา		
D	ณ อุณหภูมิของน้ำเย็น	เทน้ำที่อุณหภูมิห้องบนตัวตุ๊กตา		

ข้อมูลเพิ่มเติมสำหรับข้อ 3 – 6 ตุ๊กตาเซรามิกจะมีน้ำบรรจุอยู่เป็นส่วนใหญ่ แต่ยังมีอากาศเหลืออยู่ภายในตัวตุ๊กตาบางส่วน ต่อไปนี้จะให้ **ระบบที่พิจารณาคือ อากาศที่บรรจุอยู่ในตัวตุ๊กตา**

3. ขณะที่น้ำพุ่งออกมาจากตัวตุ๊กตา ท่านคิดว่ามีงานเกิดขึ้นหรือไม่ ถ้ามีงานนั้นเป็นงานที่ระบบกระทำต่อสิ่งแวดล้อมหรือเป็นงานที่สิ่งแวดล้อมกระทำต่อระบบ จงอธิบายเหตุผล

4. ขณะที่น้ำพุ่งออกมาจากตัวตุ๊กตา ท่านคิดว่ามีความร้อนถูกถ่ายเทระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อมหรือไม่ ถ้ามีจะเป็นการถ่ายเทแบบการคายความร้อนหรือการดูดความร้อน จงอธิบายเหตุผล

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. ขณะที่น้ำพุ่งออกมาจากตัวตุ๊กตา ท่านคิดว่าพลังงานภายในของระบบมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ ถ้ามีพลังงานภายในจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง จงอธิบายเหตุผล

6. ขณะที่น้ำพุ่งออกมาจากตัวตุ๊กตา ท่านคิดว่า จะสามารถเขียนสมการของกฎข้อที่หนึ่งทางเทอร์โมไดนามิกส์ได้อย่างไร จงอธิบายเหตุผล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

APPENDIX P

Thermoelectric effect satisfaction questionnaire

Part 1: General information

Department ☐ Physics ☐ Materials science Class ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4

Sex ☐ Male ☐ Female age _____ years

Part 2: Give the ✓ in the blank which you satisfy

5 Very interested 4 Somewhat interested
3 Neutral 2 Not very interested
1 Not at all interested

No.	Details	satisfaction				
		5	4	3	2	1
1	The difficult level of the thermoelectric effect ILDs is suitable.					
2	After this activity, the thermoelectric effect ILDs helps me understand the thermal properties and electrical properties.					
3	The question in the worksheet helps me understand the Seebeck effect phenomena.					
4	This activity makes me become enthusiastic and interested in physics and materials science.					
5	I can exchange an opinion with friends and learn to work as a group.					
6	Time spent in finishing the thermoelectric effect ILDs is suitable.					
7	Thermoelectric effect ILD is interesting and challenging.					
8	Thermoelectric effect ILD is related to the lecture.					
9	Thermoelectric effect ILD helps me understand and apply physics and materials concepts to explain the Seebeck effect phenomena.					
10	Overall, I satisfy with learning from this thermoelectric effect ILDs.					

Part 3: Suggestion

Thermoelectric effect satisfaction questionnaire (Thai version)

ตอนที่ 1: ข้อมูลทั่วไปของนักศึกษา

สาขาวิชา ☐ ฟิสิกส์ ☐ วัสดุศาสตร์ ☐ วิศวกรรมศาสตร์ ☐ อื่นๆ _____
 เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง ☐ อื่นๆ _____
 อายุ _____ ปี

ตอนที่ 2: สำหรับความพึงพอใจต่อกิจกรรมการทดลองปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริก ให้นักศึกษาเลือกระดับความพึงพอใจที่มีในแต่ละข้อความ โดยทำเครื่องหมาย ✓ ที่ตรงกับระดับความพึงพอใจ

5 พึงพอใจมากที่สุด 4 พึงพอใจมาก
 3 พึงพอใจปานกลาง 2 พึงพอใจน้อย
 1 พึงพอใจน้อยที่สุด

ข้อ	รายการ	ระดับความพึงพอใจ				
		5	4	3	2	1
1	เนื้อหาฟิสิกส์และวัสดุศาสตร์ของกิจกรรมมีความเหมาะสม					
2	หลังทำกิจกรรมมีความเข้าใจหลักการฟิสิกส์เกี่ยวกับสมบัติทางความร้อนและทางไฟฟ้าของวัสดุมากขึ้น					
3	จากคำถามในใบกิจกรรมทำให้เข้าใจปรากฏการณ์ Seebeck effect มากขึ้น					
4	กิจกรรมทำให้เข้าใจหลักการทางฟิสิกส์และวัสดุศาสตร์ได้ง่ายขึ้น					
5	การมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม					
6	เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม					
7	การทดลองมีความน่าสนใจและท้าทายต่อการเรียนรู้					
8	การทดลองมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับเนื้อหาที่เรียนรู้จากการบรรยาย					
9	มีความเข้าใจแนวทางการประยุกต์ใช้หลักการทางฟิสิกส์และวัสดุศาสตร์จากปรากฏการณ์ Seebeck effect					
10	ความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมโดยรวม					

ตอนที่ 3: ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

CURRICULUM VITAE

Author's Name	Mr. Chanwit Kamcharean
Date of Birth	23 January 1979
Place of Birth	Phayao Province, Thailand
Education	2001 B.Sc. Degree in Physics at Department of Physics and Materials Science, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai Thailand 2007 M.Sc. Degree in Teaching Physics at Department of Physics and Materials Science, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai Thailand 2015 Ph.D. Degree in Applies Physics at Department of Physics and Materials Science, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai Thailand
Publications	Kamcharean, C., & Wattanakasiwich, P. (2012). Students' understanding of isobaric process. Paper presented at the ASEAN Plus three graduate research congress Chiang Mai, Thailand. Kamcharean, C., & Wattanakasiwich, P. (2012). A review of selected literature on students' misconceptions of thermodynamics. Poster presented at Siam Physics Congress (SPC2012), Ayutthaya, Thailand. Kamcharean, C., & Wattanakasiwich, P. (2013). Model analysis in identifying thermodynamics conceptions. Paper presented at the

38th Congress on Science and Technology of Thailand, Chiang Mai, Thailand.

Kamcharean, C., & Wattanakasiwich, P. (2013). Model analysis in identifying thermodynamics conceptions. Paper presented at the 38th Congress on Science and Technology of Thailand, Chiang Mai, Thailand.

Kamcharean, C., & Wattanakasiwich, P. (2013). A two-tier multiple choice questions to diagnose thermodynamics misconception of Thai and Laos students. Paper presented at the 12th Asia Pacific Physics Conference (APPC12), Soga, Japan.

Experience

2001 – 2002 Scientist , TPI Polene Public Company Limited,
Rayong, Thailand

2002 – 2010 Teacher, The prince royal's college,
Chiang Mai, Thailand

2011 – 2013 Special Lecturer, Chiangmai Rajabhat University,
Chiang Mai, Thailand

