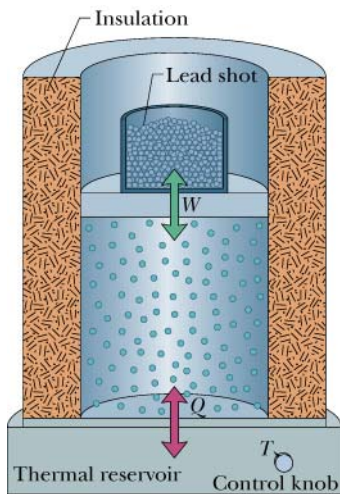


อุณหพลศาสตร์



Thermodynamics process

ในบทนี้เราจะศึกษาการถ่ายเทพลังงานระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างเช่น ระบบในรูปเป็นระบบ (system) ของก๊าซในกระบอกสูบ ซึ่งต่อกับแหล่งความร้อนภายนอก (Thermal reservoir) ซึ่งมีอุณหภูมิคงที่ T



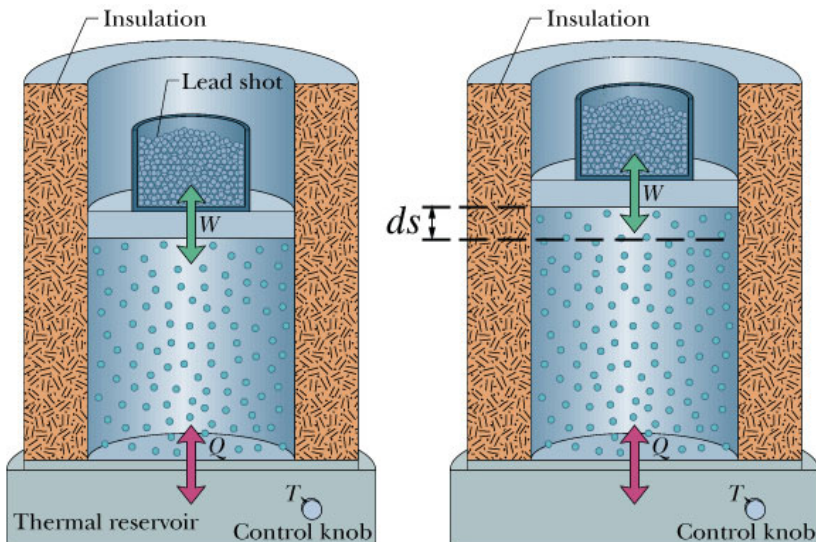
เราจะพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของระบบจากสถานะเริ่มต้น หรือ initial state ซึ่งมีความดัน ปริมาตร และอุณหภูมิเป็น P_i , V_i และ T_i ไปยังสถานะสุดท้าย หรือ final state ซึ่งมีความดัน ปริมาตร และอุณหภูมิเป็น P_f , V_f และ T_f ตามลำดับ

$$(P_i, V_i, T_i) \rightarrow (P_f, V_f, T_f)$$

กระบวนการที่ระบบเปลี่ยนแปลงจากสถานะเริ่มต้น ไปยังสถานะสุดท้ายนี้เราเรียกว่า กระบวนการทางอุณหพลศาสตร์ หรือ **Thermodynamics process**

งานในการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของก๊าซ

พิจารณาระบบของก๊าซในกระบอกสูบ ถ้าเรานำลูกตะกั่วที่ถ่วงบนกระบอกสูบออก เล็กน้อย ลูกสูบจะเคลื่อนที่ขึ้นด้านบนจนสมดุลที่ตำแหน่งใหม่ ด้วยแรงดันจากด้านล่างของลูกสูบ \vec{F} ถ้าการเคลื่อนที่ของลูกสูบ $d\vec{s}$ มีค่าน้อยๆ เราอาจประมาณได้ว่า แรงดัน \vec{F} มีขนาดคงที่ตลอดการเคลื่อนที่ ซึ่งมีค่าเท่ากับ PA เมื่อ P คือความดันของก๊าซ ส่วน A คือพื้นที่หน้าตัดของกระบอกสูบ งานที่ทำโดยก๊าซจากการเคลื่อนที่ตำแหน่งของกระบอกสูบคือ



$$dW = \vec{F} \cdot d\vec{s} = (PA)(ds) = P(Ads)$$

หรือ

$$dW = PdV$$

เมื่อ dV คือปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงไปของกระบอกสูบ

ถ้าเราเอาลูกตะกั่วที่ถ่วงออกไปมากพอ ปริมาตรของลูกสูบจะขยายจาก V_i ไปเป็น V_f ซึ่งงานที่ทำโดยก๊าซจะหาได้จาก

$$W = \int dW = \int_{V_i}^{V_f} PdV$$

ในกรณีทั่วไปเมื่อปริมาตรของระบบมีการเปลี่ยนแปลง ความดันและอุณหภูมิของระบบอาจมีการเปลี่ยนแปลงด้วย ดังนั้นในการที่จะคำนวณหางานที่ก๊าซกระทำ เราจึงต้องทราบว่าความดันมีการเปลี่ยนแปลงที่ขึ้นกับปริมาตรอย่างไรตลอดกระบวนการนั้น

Note นิสิตควรจะสังเกตว่าในที่นี้เรานิยาม “งานที่ก๊าซกระทำ” ซึ่งจะแตกต่างจากงานที่นิยามในหนังสือฟิสิกส์ 1 ที่นิยามงานที่กระทำให้กับก๊าซ ซึ่งจะมีค่าเป็น “บวก” ถ้ามีงานจากภายนอกเข้าสู่ระบบและจะเป็น “ลบ” เมื่อก๊าซ (หรือระบบ) ทำงานให้กับสิ่งแวดล้อมภายนอก ดังนั้นในหนังสือฟิสิกส์หนึ่งจะนิยามงานในการเปลี่ยนปริมาตรของก๊าซเป็น

$$W = - \int_{V_i}^{V_f} PdV$$

เวลาสอบใช้นิยามตาม Lecture

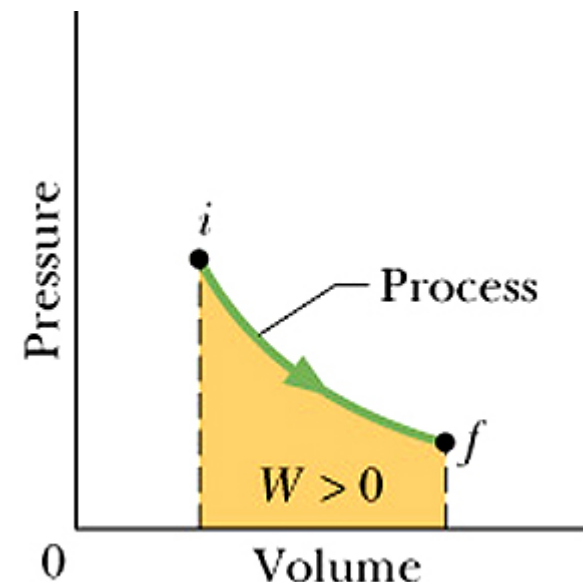
กราฟแสดง Thermodynamics process

โดยทั่วไปแล้วมีหลายวิธีการที่จะทำให้ระบบที่มีสถานะตั้งต้น i เปลี่ยนแปลงไปเป็นสถานะสุดท้าย f วิธีหนึ่งซึ่งอาจจะทำได้แสดงในกราฟระหว่าง P กับ V ดังรูป

เส้นกราฟแสดงให้เห็นว่าในกระบวนการที่พิจารณา ความดันมีค่าลดลงในขณะที่ปริมาตรเพิ่มขึ้น โดยงานที่ระบบ(ก๊าซ)ทำคำนวณได้โดย

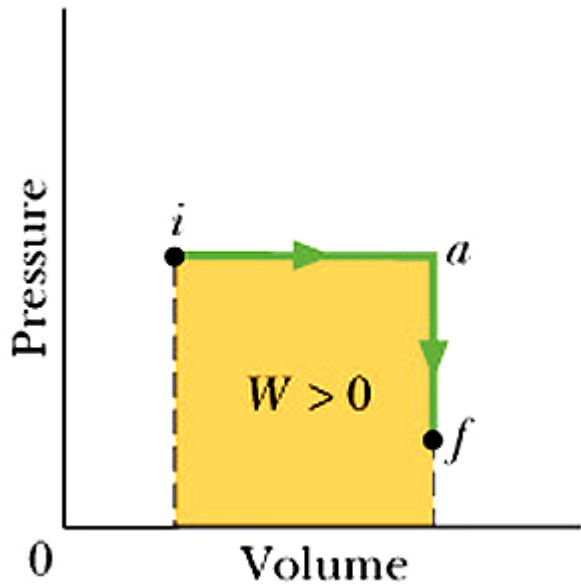
$$W = \int_{V_i}^{V_f} P dV > 0$$

ซึ่งจะมีค่าเท่ากับพื้นที่ใต้กราฟของกราฟระหว่าง P กับ V งานที่ได้จะมีค่าเป็นบวก



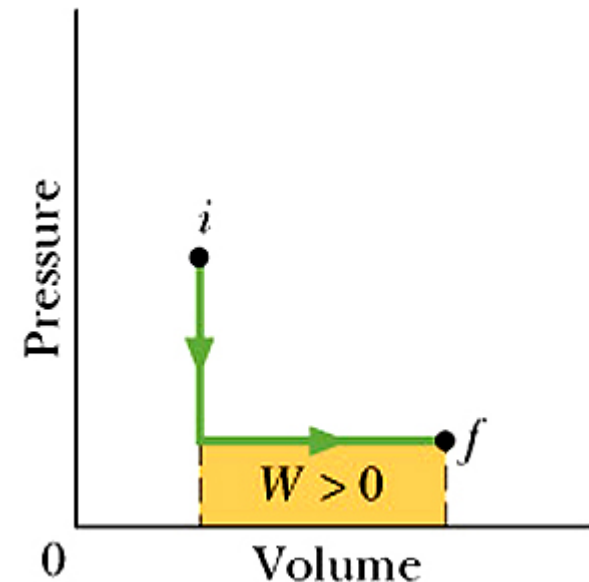
Note สำหรับระบบทั่วไป P มีค่าเป็นบวก งานที่ระบบทำจะเป็นบวกถ้า dV เป็นบวก

อีกวิธีที่จะทำให้ระบบเปลี่ยนจากสถานะ i ไปเป็นสถานะ f อาจทำได้โดยกระบวนการที่แสดงในกราฟทางด้านซ้าย

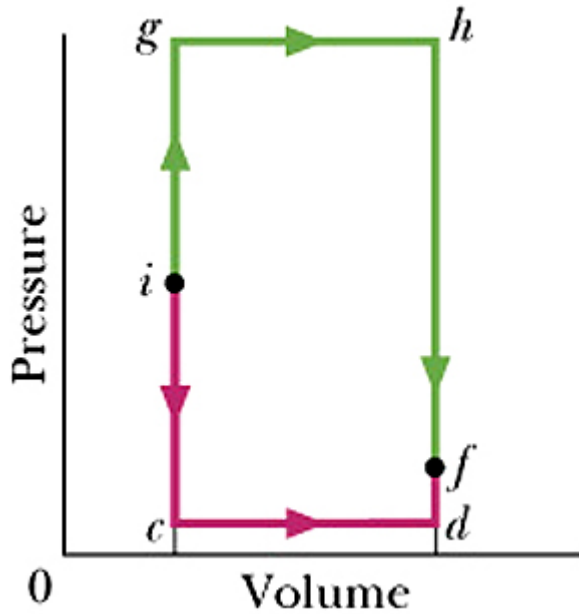


กระบวนการ $i \rightarrow a$ ระบบขยายปริมาตรด้วยความดันคงที่ ทำได้โดยเพิ่มอุณหภูมิของระบบ ในกรณีนี้ความร้อนจะไหลเข้าสู่ระบบ และงานที่ระบบทำมีค่าเป็นบวก ส่วนในกระบวนการสุดท้าย $a \rightarrow f$ ระบบลดความดันลงโดยปริมาตรคงที่ ในกรณีนี้พลังงานความร้อนบางส่วนจะหนีออกจากระบบ (อธิบายเพิ่มเมื่อพิจารณากฎข้อที่ ๑ ของเทอร์โมไดนามิก) เนื่องจากไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาตร งานจึงมีค่าเป็นศูนย์

ส่วนกระบวนการที่แสดงดังกราฟรูปขวามือ เราเริ่มลดความดันของระบบโดยรักษาปริมาตรให้คงที่ก่อน (โดยการเอาความร้อนออกจากระบบ) จากนั้นจึงขยายปริมาตรโดยให้ความดันคงที่ (เพิ่มความร้อนให้ระบบ)

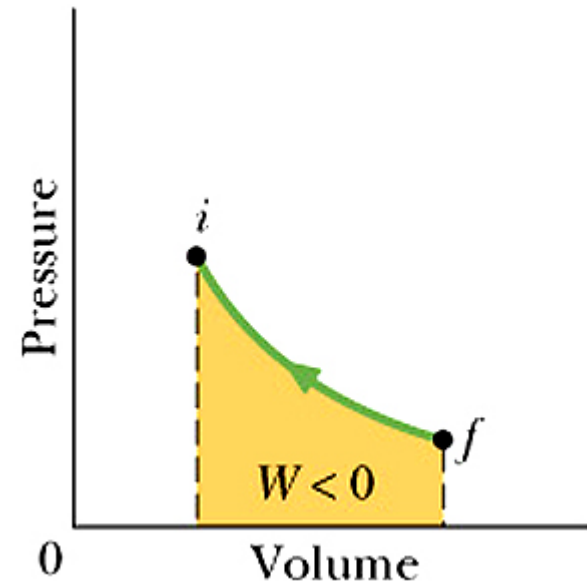


จะสังเกตว่าพื้นที่ใต้กราฟของทั้งสองกรณีมีค่าไม่เท่ากัน นั่นคือ งานที่ก๊าซทำขึ้นอยู่กับเส้นทาง หรือ Process



จะเห็นว่างานที่ก๊าซกระทำนั้นขึ้นอยู่กับเส้นทางบนระนาบ $P-V$ นั่นคือขึ้นกับกระบวนการ ไม่ได้ขึ้นกับสถานะเริ่มต้นและสถานะสุดท้าย รูปด้านซ้ายแสดงเส้นทางสองแบบ ซึ่งเส้นสีแดงสามารถที่จะให้งานที่ก๊าซกระทำมีค่าน้อย ส่วนเส้นสีเขียวงานที่ก๊าซกระทำมีค่ามาก

รูปด้านขวาแสดงกระบวนการที่งานที่ก๊าซทำมีค่าเป็น “ลบ” จะเห็นว่าปริมาตรของระบบหดตัวลง เนื่องจากมีแรงภายนอกมาบีบให้ลูกสูบหดตัว

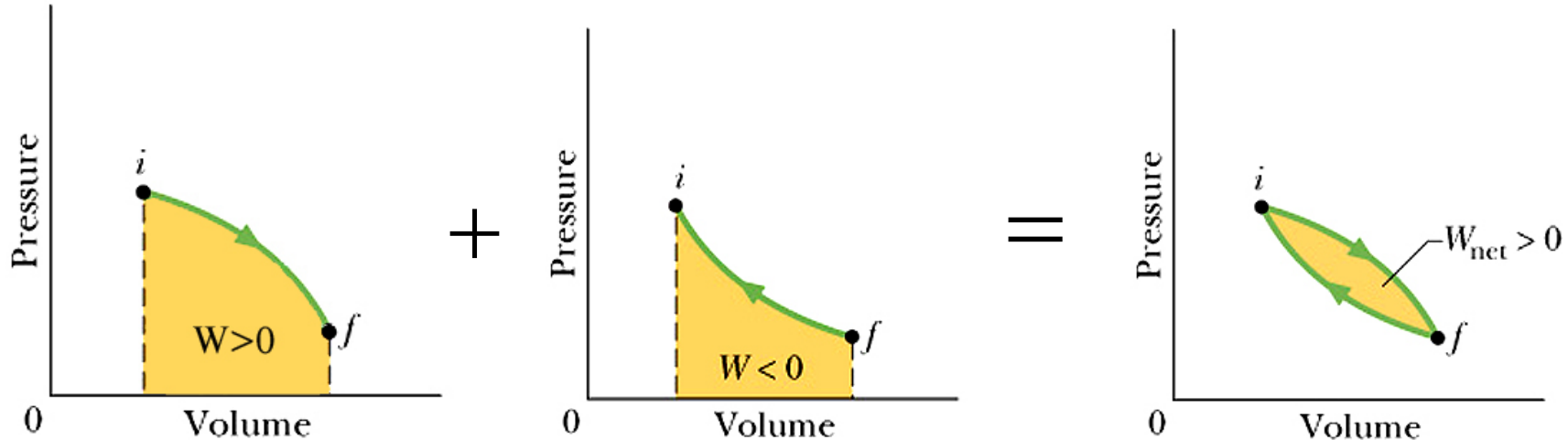


Note ระบบเปลี่ยนแปลงจากสถานะเริ่มต้นไปยังสถานะสุดท้ายโดยสามารถที่จะมีกระบวนการ (process) ระหว่างทางได้อย่างไม่จำกัด ความร้อนจากภายนอกอาจจะเข้ามามีส่วนด้วยหรือไม่ก็ได้ และโดยทั่วไปงานที่ก๊าซกระทำ W และความร้อนที่ไหลเข้าระบบ Q จะแตกต่างกันไป ขึ้นกับชนิดของกระบวนการ W และ Q เป็น Path-dependent quantities

Thermodynamic cycle

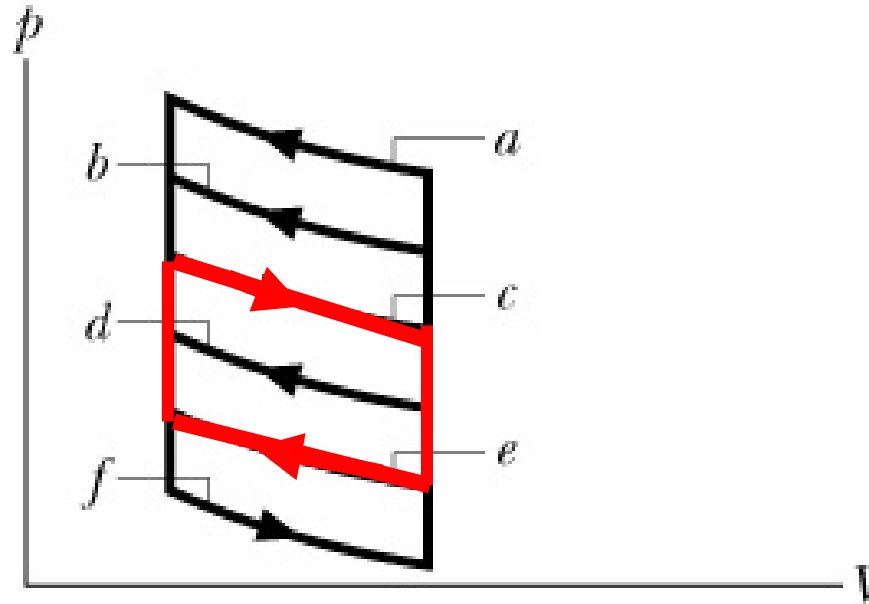
รูปข้างล่างแสดงวัฏจักรทางอุณหพลศาสตร์หรือ Thermodynamic cycle ระบบเปลี่ยนแปลงจากสถานะ i ไปยังสถานะ f แล้วเปลี่ยนแปลงกลับจากสถานะ f ไปยังสถานะ i อย่างเต็มงานรวมที่ระบบก๊าซทำในการเปลี่ยนแปลงจาก $i \rightarrow f \rightarrow i$ คือ

$$W_{i \rightarrow f \rightarrow i} = W_{i \rightarrow f} + W_{f \rightarrow i}$$



Process วนตามเข็มนาฬิกา งานที่ก๊าซทำมีค่าเป็นบวก ถ้าววนทวนเข็มนาฬิกาที่ทำได้จะมีค่าเป็นลบ

ทดสอบความเข้าใจ



จากกราฟ แสดงเส้นทาง 6 เส้นทาง ต่อเชื่อมอยู่กับเส้นทางตามแนวตั้งที่จุดปลายทั้งสอง

ก) จงเลือกเส้นทางคู่ที่ทำให้งานที่ก๊าซในระบบกระทำมีค่าเป็นบวกมากที่สุด

ตอบ c และ e

ข) เลือกเส้นทางที่ทำให้งานที่ก๊าซทำเป็นลบมากที่สุด

ตอบ a และ f

The First Law of Thermodynamics

แม้ว่างานที่ก๊าซกระทำ W และพลังงานความร้อน Q ที่ไหลเข้าออกระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อม จะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับเส้นทางบนกราฟ $P-V$ แต่จากการทดลอง ปริมาณ $Q-W$ จะมีค่าคงที่เสมอในทุกๆกราฟ และจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งเริ่มต้นและตำแหน่งสุดท้าย ไม่ขึ้นกับเส้นทาง ปริมาณ $Q-W$ แสดงการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติภายในของระบบ ซึ่งเราเรียกคุณสมบัตินี้ว่า พลังงานภายในของระบบ U โดย

$$\Delta U = U_f - U_i = Q - W$$

หรือสำหรับการเปลี่ยนแปลงน้อยๆจะได้ว่า

$$dU = dQ - dW$$

พลังงานภายใน U ของระบบ มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นด้วยเมื่อความร้อนไหลเข้าสู่ระบบ $dQ > 0$ และมีแนวโน้มจะลดลงเมื่อระบบทำงานให้กับสิ่งแวดล้อม $dW > 0$

กฎการอนุรักษ์พลังงานและกฎข้อที่ ๑ ของเทอร์โมไดนามิก

ในช่วงก่อน Midterm เราเรียนกฎการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งกล่าวว่าพลังงานภายในระบบที่แยกตัวอิสระ (Isolate system) จะมีค่าคงที่ ไม่มีการถ่ายเทพลังงานเข้าหรือออกจากระบบ กฎข้อที่ ๑ ของอุณหพลศาสตร์เป็นการปรับปรุงกฎการอนุรักษ์พลังงานในกรณีที่ระบบไม่ได้แยกตัวเป็นอิสระ แต่มีการถ่ายเทพลังงานระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อม

ก่อนสอบมิดเทอมเราพิจารณางานที่แรงภายนอกกระทำต่อระบบ หรือ work done on the system แต่ในที่นี้ W เป็นงานที่ระบบทำ หรือ Work done by the system งานที่แรงภายนอกกระทำต่อระบบ W_{on} จะมีค่าเป็นลบของที่ระบบกระทำเสมอ ในหนังสือฟิสิกส์หนึ่งจะนิยามกฎข้อที่ ๑ ในเทอมของงานที่แรงภายนอกกระทำต่อระบบ

$$\Delta U = Q + W_{on} \quad , \quad W_{on} = -W$$

พลังงานภายในมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีงานเนื่องจากแรงภายนอกที่เป็นบวกกระทำกับระบบ

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์	
ฟิสิกส์ 1(ภาคกลศาสตร์(ฟิสิกส์ 1 (ความร้อน)
ฟิสิกส์ 2	กลศาสตร์เวกเตอร์
โลหะวิทยาฟิสิกส์	เอกสารคำสอนฟิสิกส์ 1
ฟิสิกส์ 2 (บรรยาย(แก้ปัญหาฟิสิกส์ด้วยภาษา C
ฟิสิกส์พิศวง	สอนฟิสิกส์ผ่านทางอินเตอร์เน็ต
ทดสอบออนไลน์	วิดีโอการเรียนการสอน
หน้าแรกในอดีต	แผ่นใสการเรียนการสอน
เอกสารการสอน PDF	กิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์
แบบฝึกหัดออนไลน์	สุดยอดสิ่งประดิษฐ์
การทดลองเสมือน	
บทความพิเศษ	ตารางธาตุ(ไทย1) 2 (Eng)
พจนานุกรมฟิสิกส์	ลับสมองกับปัญหาฟิสิกส์
ธรรมชาติมหัศจรรย์	สูตรพื้นฐานฟิสิกส์
การทดลองมหัศจรรย์	ดาราศาสตร์ราชมงคล
แบบฝึกหัดกลาง	
แบบฝึกหัดโลหะวิทยา	แบบทดสอบ
ความรู้รอบตัวทั่วไป	อะไรเอ่ย ?
ทดสอบ)เกมเศรษฐี(คติปริศนา
ข้อสอบเอนทรานซ์	เฉลยกลศาสตร์เวกเตอร์
คำศัพท์ประจำสัปดาห์	
ความรู้รอบตัว	
การประดิษฐ์ของโลก	ผู้ได้รับโนเบลสาขาฟิสิกส์
นักวิทยาศาสตร์เทศ	นักวิทยาศาสตร์ไทย
ดาราศาสตร์พิศวง	การทำงานของอุปกรณ์ทางฟิสิกส์
การทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ	

 การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 1 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต 	
1. การวัด	2. เวกเตอร์
3. การเคลื่อนที่แบบหนึ่งมิติ	4. การเคลื่อนที่บนระนาบ
5. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	6. การประยุกต์กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน
7. งานและพลังงาน	8. การดลและโมเมนตัม
9. การหมุน	10. สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง
11. การเคลื่อนที่แบบคาบ	12. ความยืดหยุ่น
13. กลศาสตร์ของไหล	14. ปริมาณความร้อน และ กลไกการถ่ายโอนความร้อน
15. กฎข้อที่หนึ่งและสองของเทอร์โมไดนามิก	16. คุณสมบัติเชิงโมเลกุลของสสาร
17. คลื่น	18. การสั่น และคลื่นเสียง
 การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 2 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต 	
1. ไฟฟ้าสถิต	2. สนามไฟฟ้า
3. ความกว้างของสายฟ้า	4. ตัวเก็บประจุและการต่อตัวต้านทาน
5. ศักย์ไฟฟ้า	6. กระแสไฟฟ้า
7. สนามแม่เหล็ก	8. การเหนี่ยวนำ
9. ไฟฟ้ากระแสสลับ	10. ทรานซิสเตอร์
11. สนามแม่เหล็กไฟฟ้าและเสาอากาศ	12. แสงและการมองเห็น
13. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ	14. กลศาสตร์ควอนตัม
15. โครงสร้างของอะตอม	16. นิวเคลียร์
 การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ทั่วไป ผ่านทางอินเทอร์เน็ต 	
1. จลศาสตร์ (kinematic)	2. จลพลศาสตร์ (kinetics)
3. งานและโมเมนตัม	4. ซิมเปิลฮาร์โมนิก คลื่น และเสียง
5. ของไหลกับความร้อน	6. ไฟฟ้าสถิตกับกระแสไฟฟ้า
7. แม่เหล็กไฟฟ้า	8. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับแสง
9. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ อะตอม และนิวเคลียร์	

