

	<b>แผนการสอน</b>	รหัสรายวิชา 01-440-308		
		บทเรียนที่ 63		
	โลหะนิกเกิลและนิกเกิลผสม	เวลา	50	นาที

**จุดประสงค์** 631 ระบุสมบัติของนิกเกิลทางด้านต่าง ๆ  
632 จำแนกประเภทของนิกเกิลผสม

**นิกเกิล**

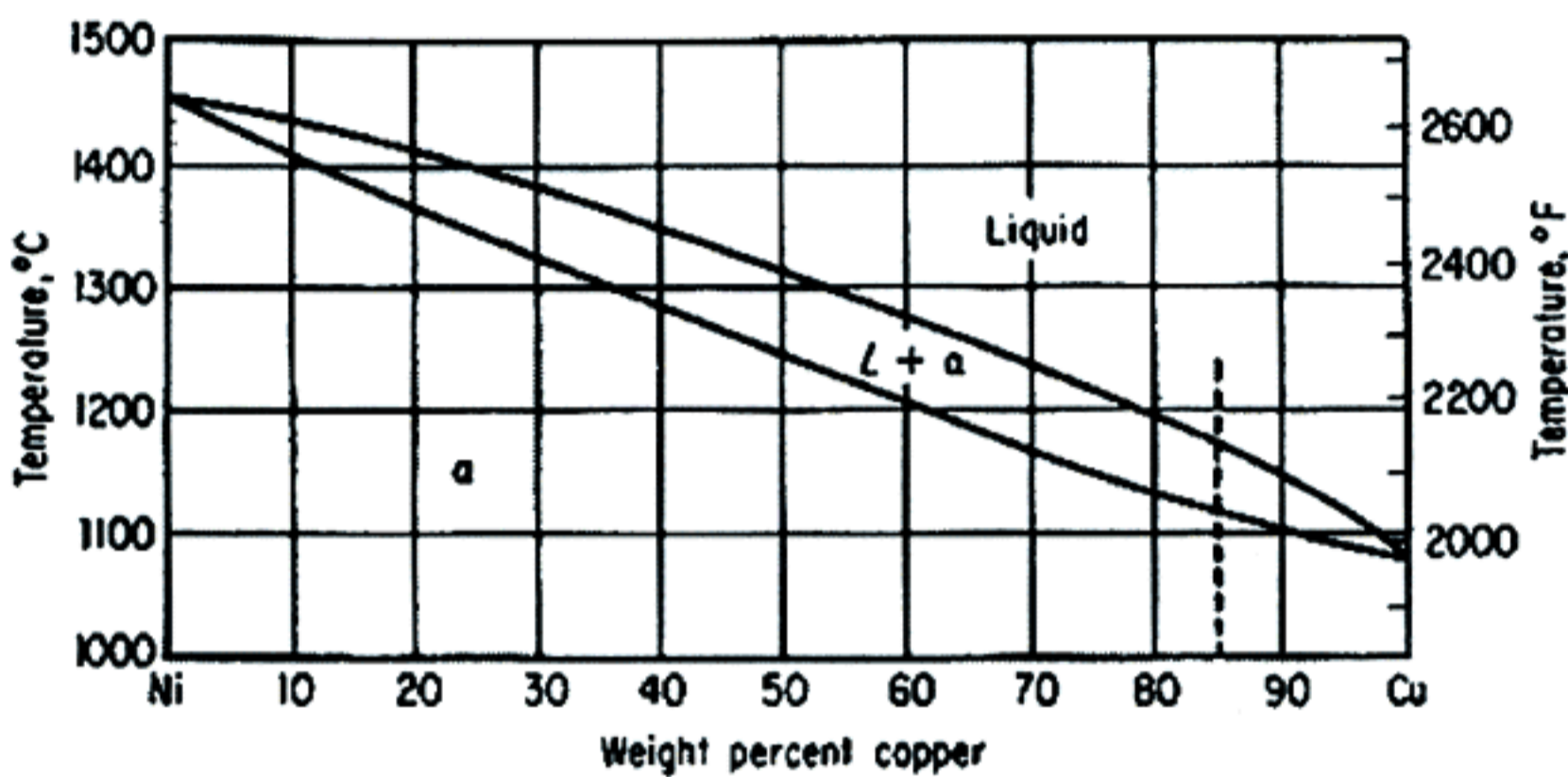
**ตาราง** สมบัติของนิกเกิลที่ค่อนข้างสมบูรณ์

คุณสมบัติของนิกเกิล	มีค่า
หมายเลขอะตอม	28
น้ำหนักอะตอม	58.69
วาเลนซ์	2, 3
โครงสร้างผลึก	fcc
ความหนาแน่นที่ 25° C g/cm <sup>3</sup>	8.9
จุดหลอมเหลว ° C	1453
จุดเดือด ° C	2730
ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว cal/g	73.8
ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ cal/g	1490
ความร้อนจำเพาะที่ 100° C cal/g ° C	0.1125
ความร้อนจำเพาะที่ 500° C cal/g ° C	0.1260
สัมประสิทธิ์การขยายตัวช่วง 25-100 ° C (ต่อ ° C)	$13.2 \times 10^{-6}$
การนำความร้อน cal/sec.cm <sup>2</sup> .° C/cm	0.22 ที่ 25° C
ความต้านทานไฟฟ้า ไมโครโอห์ม-ซม.	6.84 ที่ 20° C
การนำไฟฟ้า % IACS	25.2
การสะท้อนแสงที่ 5500 ° A (%)	64
สี	เขียวเหลือง

นิกเกิลเป็นโลหะที่มีความสำคัญมากทางวิศวกรรม เนื่องจากว่ามันสามารถต้านทานการกัดกร่อน และมีการออกซิเดชันที่อุณหภูมิค่อนข้างสูง นิกเกิลเป็นโลหะสีเขียวแกมเหลือง มีโครงสร้างแบบ fcc เหมาะสำหรับการใช้งานที่อุณหภูมิสูง เพราะว่ายังคงความแข็งแรงไว้ได้ ถึงแม้โลหะจะร้อน แต่ข้อเสียก็มีเหมือนกันคือค่อนข้างแพง

### นิเกิลที่ใช้ในการค้าและโลหะผสมโมเนล

นิเกิลบริสุทธิ์ยังมีการนำไฟฟ้าไม่สูงเหมือนกับทองแดงและอลูมิเนียม แต่ก็ยังใช้ได้ จึงได้นำไปใช้ในงานเกี่ยวกับอิเล็กทรอนิกส์ และเนื่องจากมันทนการกัดกร่อนได้อย่างดีจึงจึงมักนำไปใช้ในกระบวนการผลิตอาหาร นิเกิล และทองแดงสามารถละลายได้อย่างสมบูรณ์ ทั้งในของเหลวและของแข็ง โลหะผสมโมเนล 400 ที่มีทองแดงผสมอยู่ 32% มีกำลังวัสดุค่อนข้างสูง, ความสามารถในการเชื่อมดี และต้านทานต่อการกัดกร่อนได้อย่างยอดเยี่ยมในทุกสภาวะแวดล้อม เมื่อเพิ่มอลูมิเนียม 3% และไททาเนียม 0.6% จะเพิ่มความแข็งแรงของวัสดุของโมเนล (66% Ni - 30% Cu) โดยการชุบแข็งได้อย่างดี กำลังมาจากผลึกของ  $Ni_3Al$  และ  $Ni_3Ti$



ภาพ เฟสไดอะแกรมของทองแดงกับนิเกิล

ตาราง คุณสมบัติของนิเกิลผสมทองแดง

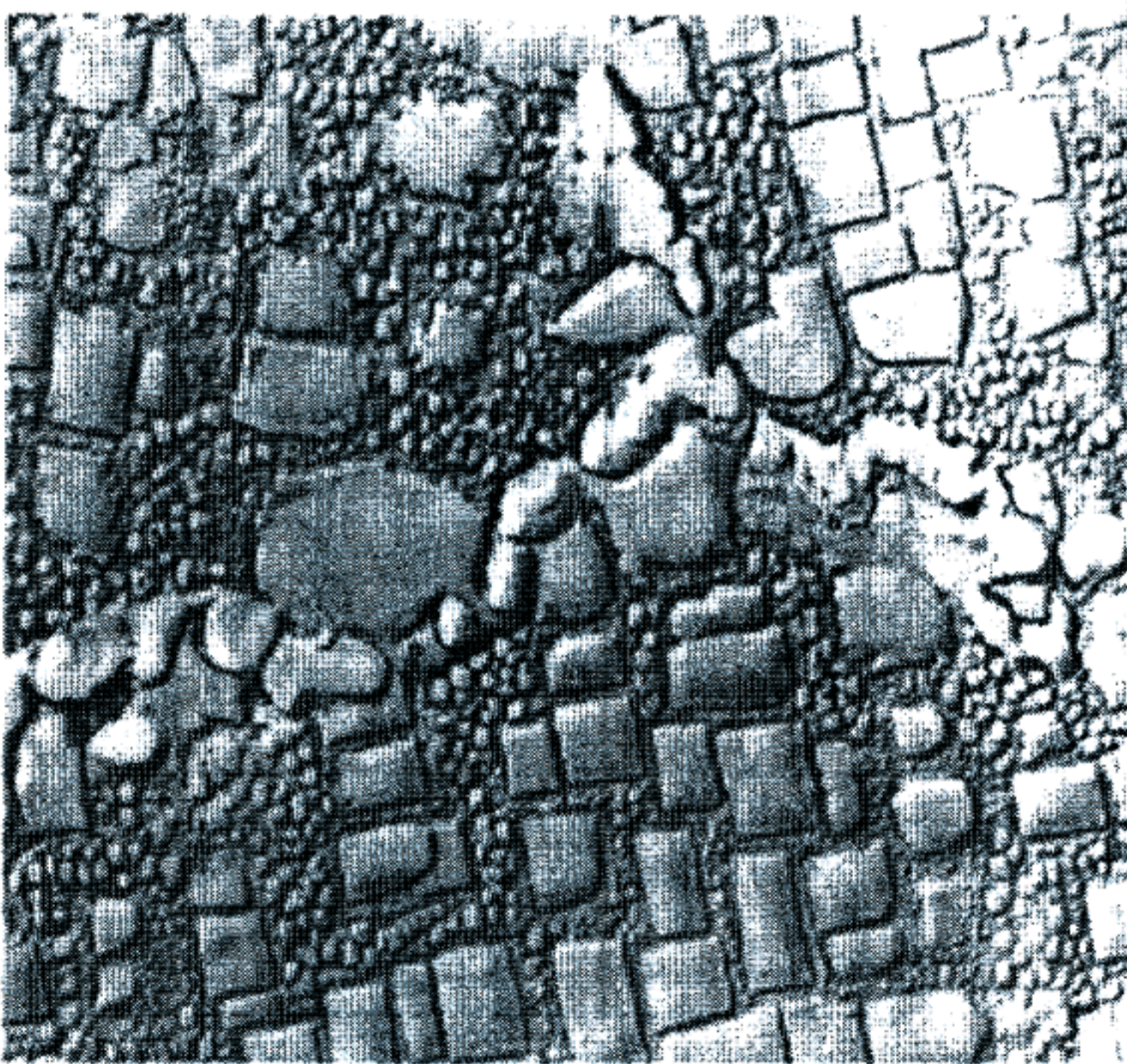
COMPOSITION % NICKEL	TENSILE STRENGTH PSI	ELONGATION, % IN 2 IN	BHN, 10 MM, 500 KG	LATTICE PARAMETER, $10^{-8}$ CM	ELECTRICAL RESISTIVITY MICROHMS PER CU CM
0	30,000	53	36	3.6073	1.7
10	35,000	47	51	3.5975	14
20	39,000	43	58	3.5871	27
30	44,000	40	67	3.5770	38
40	48,000	39	70	3.5679	46
50	50,000	41	73	3.5593	51
60	53,000	41	74	3.5510	50
70	53,000	42	73	3.5432	40
80	50,000	43	68	3.5350	30
90	48,000	45	61	3.5265	19
100	43,000	48	54	3.5170	6.8

จากภาพแสดงการเย็นตัวของ 85Cu-15Ni ของแข็งชุดแรกที่เย็นตัวลงจะประกอบด้วย Ni มากกว่า Cu เนื่องจากการเย็นตัวเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว สัดส่วนของ Ni ที่ประกอบอยู่ในของแข็งชั้นนอกตามร่องของแกน และส่วนที่เกิดขึ้นเป็นเคนไครท์จะแตกต่างกันอย่างมาก

### ซูเปอร์อัลลอยด์กลุ่มนิเกิล

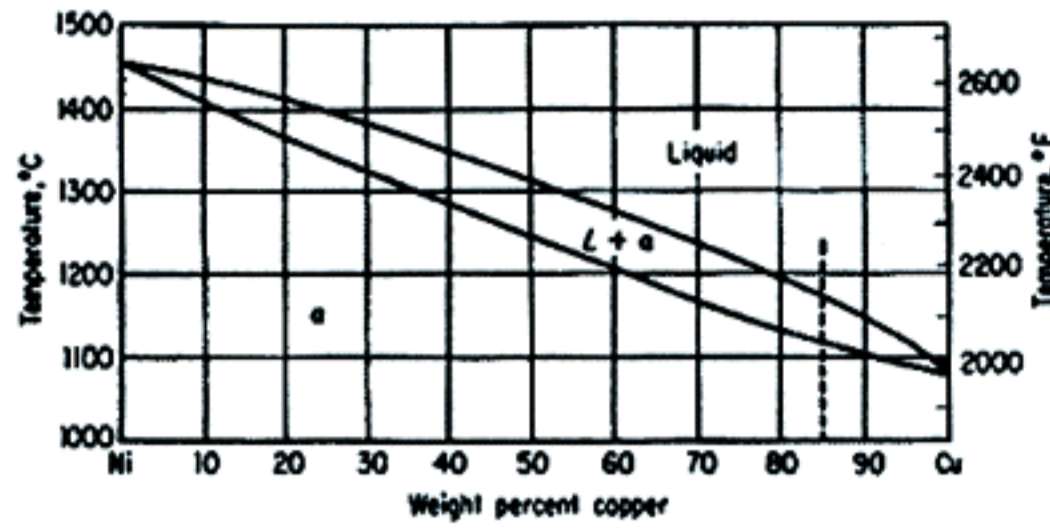
ซูเปอร์อัลลอยด์ หมายถึง กลุ่มโลหะที่สามารถคงความแข็งแรงได้จนถึงอุณหภูมิสูงถึงประมาณ 1000°C พวกนี้มีหลายกลุ่ม ในที่นี้เราจะพูดถึงซูเปอร์อัลลอยด์กลุ่มนิเกิลเท่านั้น

ซูเปอร์อัลลอยด์ ในงานวิศวกรรมแต่ละตัวมีชื่อทางการค้าหลายชื่อ ซึ่งเรียกตามชื่อที่ผู้ผลิตได้ตั้งไว้ สังเกตว่า ซูเปอร์อัลลอยด์มีธาตุต่าง ๆ ผสมอยู่มาก ตัวที่สำคัญมากคือโครเมียม ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ออกซิไดซ์ที่อุณหภูมิสูง ๆ ธาตุอื่น ๆ ได้แก่ C, Co, Al, Ti, Mo, B, Zn และ Nb ซูเปอร์อัลลอยด์ตัวหนึ่งที่นิยมใช้มี Ni 50-60% โครเมียม 15 ถึง 20% และโคบอลต์ 15-20% อลูมิเนียมประมาณ 1 ถึง 4% และไททาเนียม 2 ถึง 4% ถูกเพิ่มเข้าไปเพื่อช่วยให้แข็งขึ้น ซูเปอร์อัลลอยด์ประกอบด้วยเฟสใหญ่ 3 เฟส คือ 1. Gamma austenite 2. Ni<sub>3</sub>Al และ Ni<sub>3</sub>Ti เรียกว่า gamma prime และ 3. อนุภาคคาร์ไบด์ gamma prime ให้กำลังวัสดุสูงที่อุณหภูมิสูงๆ และคาร์ไบด์ทำให้ขอบเกรนคงตัวที่อุณหภูมิสูงๆ รูปถ่ายแสดงถึงซูเปอร์อัลลอยด์กลุ่มนิเกิลหลังจากผ่านกรรมวิธีทางความร้อน จะเห็น gamma prime และ อนุภาคคาร์ไบด์ชัดเจนทีเดียว



ภาพ ซูเปอร์อัลลอยด์กลุ่มนิเกิล เห็น gamma prime และอนุภาคคาร์ไบด์ได้ชัดเจน

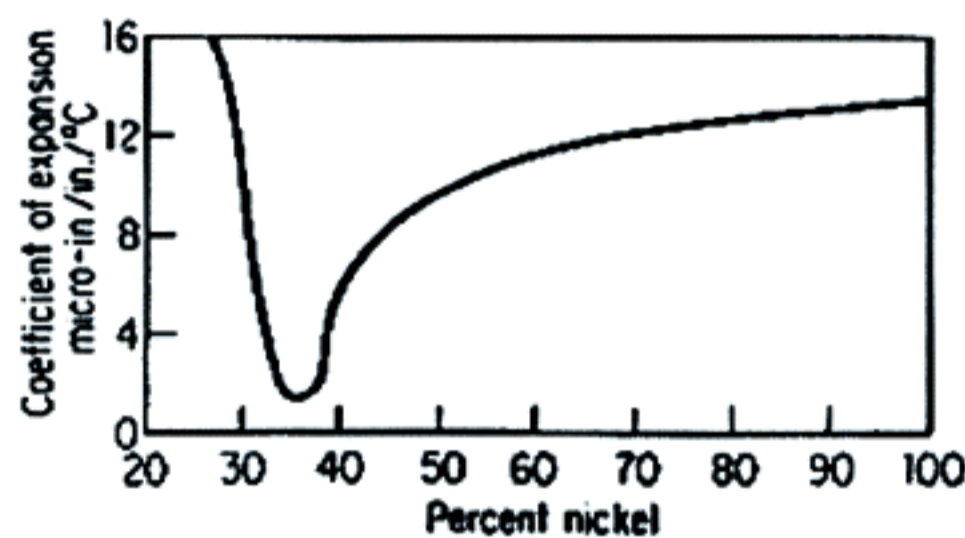
## โลหะผสมนิกเกิลกับเหล็ก



ภาพ เฟสไดอะแกรมของนิกเกิลกับเหล็ก

นิกเกิลกับเหล็กละลายได้อย่างสมบูรณ์ในสภาพของเหลว แต่เมื่อเป็นของแข็งนิกเกิลจะละลายอยู่ในเหล็กในรูปของ  $\gamma$  และ  $\alpha$  โลหะผสมที่มีนิกเกิลอยู่ 6% จะได้โครงสร้างเป็น Ferritic แต่ถ้า 6 ถึง 30% จะมีโครงสร้างเป็น Martensitic โลหะผสมของนิกเกิลและเหล็กที่มีนิกเกิลอยู่ระหว่าง 20-90% นำไปใช้อย่างกว้างขวาง เพราะมีคุณสมบัติการขยายตัวทางความร้อนและแม่เหล็ก

ถ้าให้นิกเกิลเพิ่มขึ้นมากกว่า 25% จะทำให้การขยายตัวทางความร้อนลดลงเกือบจะไม่เปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะช่วงปกติที่ 36% Ni ซึ่งจะได้ค่าต่ำสุด แต่ถ้าหากเพิ่มการขยายตัวทางความร้อนก็เพิ่มขึ้น



ภาพ สัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนเชิงเส้นของโลหะผสมนิกเกิลกับเหล็กที่อุณหภูมิห้อง

เรามักเรียกโลหะผสมนิกเกิลกับเหล็กที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือขยายตัวทางความร้อนว่า อินวาร์ (Invar) โดยทั่วไปนำไปทำไม้บรรทัดวัดขนาดมาตรฐาน , เทปวัด และเครื่องมือทดลอง

วิธีสอนและกิจกรรม	บรรยายและซักถาม	
สื่อการสอน	หนังสืออ้างอิง	11, 18, 20
	เอกสารประกอบ	เอกสาร โรเนียว
	วัสดุโสตทัศน	แผ่นใส
งานที่มอบหมาย	ค้นหาชิ้นงานตัวอย่างที่ทำจากนิกเกิลผสมต่าง ๆ	
การวัดผล	ตรวจสอบความถูกต้อง	

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์	
ฟิสิกส์ 1(ภาคกลศาสตร์(	ฟิสิกส์ 1 (ความร้อน)
ฟิสิกส์ 2	กลศาสตร์เวกเตอร์
โลหะวิทยาฟิสิกส์	เอกสารคำสอนฟิสิกส์ 1
ฟิสิกส์ 2 (บรรยาย(	แก้ปัญหาฟิสิกส์ด้วยภาษา C
ฟิสิกส์พิศวง	สอนฟิสิกส์ผ่านทางอินเทอร์เน็ต
ทดสอบออนไลน์	วิดีโอการเรียนการสอน
หน้าแรกในอดีต	แผ่นใสการเรียนการสอน
เอกสารการสอน PDF	กิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์
แบบฝึกหัดออนไลน์	สุดยอดสิ่งประดิษฐ์
การทดลองเสมือน	
บทความพิเศษ	ตารางธาตุไทย1) 2 (Eng)
พจนานุกรมฟิสิกส์	ลับสมองกับปัญหาฟิสิกส์
ธรรมชาติมหัศจรรย์	สูตรพื้นฐานฟิสิกส์
การทดลองมหัศจรรย์	ดาราศาสตร์ราชมงคล
แบบฝึกหัดกลาง	
แบบฝึกหัดโลหะวิทยา	แบบทดสอบ
ความรู้รอบตัวทั่วไป	อะไรเอ่ย ?
ทดสอบ)เกมเศรษฐี(	คดีปริศนา
ข้อสอบเอนทรานซ์	เฉลยกลศาสตร์เวกเตอร์
คำศัพท์ประจำสัปดาห์	
ความรู้รอบตัว	
การประดิษฐ์ของโลก	ผู้ได้รับโนเบลสาขาฟิสิกส์
นักวิทยาศาสตร์เทศ	นักวิทยาศาสตร์ไทย
ดาราศาสตร์พิศวง	การทำงานของอุปกรณ์ทางฟิสิกส์
การทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ	

 <b>การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 1 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต</b> 	
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
 <b>การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 2 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต</b> 	
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
 <b>การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ทั่วไป ผ่านทางอินเทอร์เน็ต</b> 	
1. จลศาสตร์ (kinematic)	2. จลพลศาสตร์ (kinetics)
3. งานและโมเมนตัม	4. ซิมเปิลฮาร์โมนิก คลื่น และเสียง
5. ของไหลกับความร้อน	6. ไฟฟ้าสถิตกับกระแสไฟฟ้า
7. แม่เหล็กไฟฟ้า	8. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับแสง
9. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ อะตอม และนิวเคลียร์	

