

## ผู้เปิดเผย “เนื้อแท้” ของโลหะ

เราไม่สามารถสืบค้นกลับไปได้ว่าใครเป็นคนที่เป็นผู้ริเริ่มการนำโลหะมาใช้งานเป็นบุคคลแรก ต่างจากการประดิษฐ์คิดค้นสิ่งของเครื่องใช้ต่างๆ ในระยะไม่นานมานี้ เช่น หลอดไฟ โทรศัพท เครื่องบิน ฯลฯ ซึ่งแม้ว่าจะมีผู้พยายามคิดค้นหลายต่อหลายคน แข่งขันกัน แต่มักจะปรากฏว่ามีคนเพียงคนเดียว หรือไม่กี่คนที่ได้รับการจารึกชื่ออยู่ในประวัติศาสตร์ของโลกเลยทีเดียว

ในช่วงรุ่งอรุณแห่งอารยธรรมมนุษย์ อาจแบ่งเป็นยุคใหญ่ๆ ได้ 2 ยุคด้วยกัน คือ ยุคหินและยุคโลหะ โดยในยุคหินซึ่งมนุษย์รู้จักการนำหินมาใช้ทำเป็นเครื่องมือเครื่องใช้ยังแบ่งย่อยออกเป็นยุคหินเก่า หินกลาง และหินใหม่ ดังนี้

■ ยุคหินเก่า มีอายุระหว่าง 500,000-10,000 ปีมาแล้ว มนุษย์ในยุคนี้ใช้เครื่องมือที่ทำมาจากหินหายๆ

■ ยุคหินกลาง มีอายุระหว่าง 10,000-7,000 ปีมาแล้ว มนุษย์ยุคนี้รู้จักปรับปรุงเครื่องมือให้มีความประณีตมากขึ้นกว่ายุคหินเก่า นอกจากนี้ยังนำกระดูกสัตว์และเปลือกหอยมาใช้ในการประดิษฐ์เครื่องมือเครื่องใช้ในยุคนี้ด้วย รวมถึงการทำภาชนะเครื่องปั้นดินเผาต่างๆ เช่น หม้อ งาน ชาม เป็นต้น

■ ยุคหินใหม่ มีอายุระหว่าง 7,000-3,000 ปีมาแล้ว มนุษย์ในยุคนี้รู้จักนำเครื่องมือเครื่องใช้มาขัดให้เรียบขึ้น นอกจากนี้ยังนำหินมาทำเป็นอาวุธต่างๆ เช่น ขวาน กระสุนดินเผา เป็นต้น

ส่วนยุคโลหะเป็นยุคที่มนุษย์รู้จักการนำโลหะบางชนิดมาใช้เป็นเครื่องมือเครื่องใช้แทนที่จะเป็นการใช้หินแบบในยุคก่อน ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ยุคใหญ่ๆ ได้แก่ ยุคสำริด และยุคเหล็ก โดยที่

■ ยุคสำริด มนุษย์รู้จักการนำเอาโลหะประเภททองแดงและดีบุกมาใช้งานในรูปโลหะผสมที่เราเรียกกันว่า สำริด (อาจเขียนว่า สัมฤทธิ์)

เพื่อใช้ทำเป็นเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ เช่น ขวาน หอก กำไล และกลอง เป็นต้น

■ ยุคเหล็ก เป็นยุคที่มนุษย์มีวิวัฒนาการรู้จักการนำแร่เหล็กมาถลุงโดยการเผาพร้อมกับถ่าน เพื่อให้ได้โลหะเหล็กที่มีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น สำหรับใช้ผลิตเป็นอาวุธต่างๆ เช่น หอก มีดดาบ และขวาน เป็นต้น

ในยุคต่างๆ ที่กล่าวมานี้ เราไม่สามารถสืบค้นกลับไปได้ว่าใครเป็นคนที่เป็นผู้ริเริ่มการนำโลหะมาใช้งานเป็นบุคคลแรก ต่างจากการประดิษฐ์คิดค้นสิ่งของเครื่องใช้ต่างๆ ในระยะไม่นานมานี้ เช่น หลอดไฟ โทรศัพท เครื่องบิน ฯลฯ ซึ่งแม้ว่าจะมีผู้พยายามคิดค้นหลายต่อหลายคน แข่งขันกัน แต่มักจะปรากฏว่ามีคนเพียงคนเดียว หรือไม่กี่คนที่ได้รับการจารึกชื่ออยู่ในประวัติศาสตร์ของโลกเลยทีเดียว

กล่าวโดยจำเพาะในแวดวงทางด้านโลหะวิทยาซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของวัสดุศาสตร์นี้ ได้มีบุคคลสำคัญที่มีผลงานโดดเด่นและมีชื่อเสียงหลายท่าน ยกตัวอย่างเช่น ศาสตราจารย์เฮนรี คลิฟตัน ซอร์บี (Henry Clifton Sorby) แห่งมหาวิทยาลัยเซฟฟีลด์ (The University of Sheffield) ประเทศอังกฤษ ซึ่งได้รับการยกย่องให้เป็นบิดาแห่งศาสตร์ของการศึกษาโครงสร้างจุลภาคของโลหะ (Father of Metallography) และอีกท่านหนึ่งซึ่งเป็นบุคคลสำคัญในแวดวงของโลหะวิทยาเช่นกัน ถึงขนาดที่ชื่อของท่านถูกนำมาตั้งเป็นชื่อโครงสร้างจุลภาคชนิดหนึ่งของโลหะเลยทีเดียว

ได้แก่ ออดอล์ฟ มาร์เทินส์ (Adolf Martens) ซึ่งเป็นนักโลหะวิทยาชาวเยอรมัน โดยในที่นี้ผมขอนำประวัติและผลงานของบุคคลทั้งสองท่านมากล่าวถึงพอสังเขปดังนี้

ศาสตราจารย์เฮนรี คลิฟตัน ซอร์บี เกิดเมื่อวันที่ 10 พฤษภาคม ค.ศ. 1826 ที่วูดบัวร์น (Woodbourne) ใกล้กับเมืองเชฟฟีลด์ ในประเทศอังกฤษ เขามีความสนใจด้านวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษาโครงสร้างทางกายภาพของสิ่งต่างๆ ผ่านทางกล้องจุลทรรศน์

ในช่วงของการเริ่มต้นเขาได้ทำการศึกษาโครงสร้างทางกายภาพของหินหรือแร่ธาตุต่างๆ และมีเอกสารทางวิชาการตีพิมพ์ในระดับนานาชาติ อาทิเช่น เอกสารเรื่อง "On the Microscopical Structure of Crystals" หรือ "บทความว่าด้วยโครงสร้างระดับจุลภาคของผลึก" ในปี ค.ศ. 1858 และ ผลงานการบุกเบิกในด้านการศึกษาลักษณะทางกายภาพของชั้นหินที่มีปิโตรเลียม จนได้รับรางวัล Wollaston Medal โดยสมาคมธรณีวิทยาแห่งลอนดอน (Geological Society of London) ในปี ค.ศ. 1869

นอกจากผลงานที่กล่าวถึงแล้วยังมีผลงานต่างๆ อีกมากมายที่ทำชื่อเสียงให้กับเขา แต่ผลงานส่วนใหญ่ล้วนแล้วแต่เป็นผลงานในด้านการศึกษาลักษณะทางกายภาพผ่านทางกล้องจุลทรรศน์แทบทั้งสิ้น จนเมื่อเขาได้เข้ามาปฏิบัติงาน

ศึกษาด้านโครงสร้างจุลภาคของโลหะ โดยเริ่มต้นจากโลหะที่เป็นเหล็กหล่อ (cast iron) และเหล็กกล้า (steel) จึงเป็นที่มาของชื่อเสียงและเป็นที่รู้จักกันในวงกว้างของแวดวงโลหะวิทยา ทำให้ได้รับการยกย่องว่าเป็นผู้บุกเบิกแนวทางในด้านนี้ภายใต้ชื่อแขนงวิชาว่า เมทัลโลกราฟี (metallography) เมื่อโลหะชนิดต่างๆ สามารถถูกตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคได้ การศึกษาวิชาโลหะวิทยาของโลกจึงได้พัฒนามาอย่างก้าวกระโดดมาจนถึงในปัจจุบัน



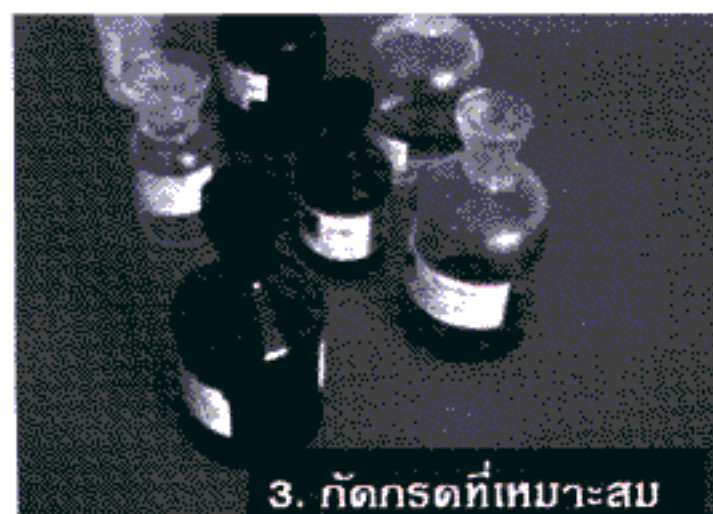
ศาสตราจารย์เฮนรี คลิฟตัน ซอร์บี (Henry Clifton Sorby)  
ผู้ให้กำเนิดวิชาเมทัลโลกราฟี



1. ตัดชิ้นงานและชิ้นเรือนในเรซิน



2. ชัดผิวหน้าชิ้นงานให้เรียบเป็นมัน



3. กัดกรดที่เหมาะสม



4. ถ่ายภาพโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงาน

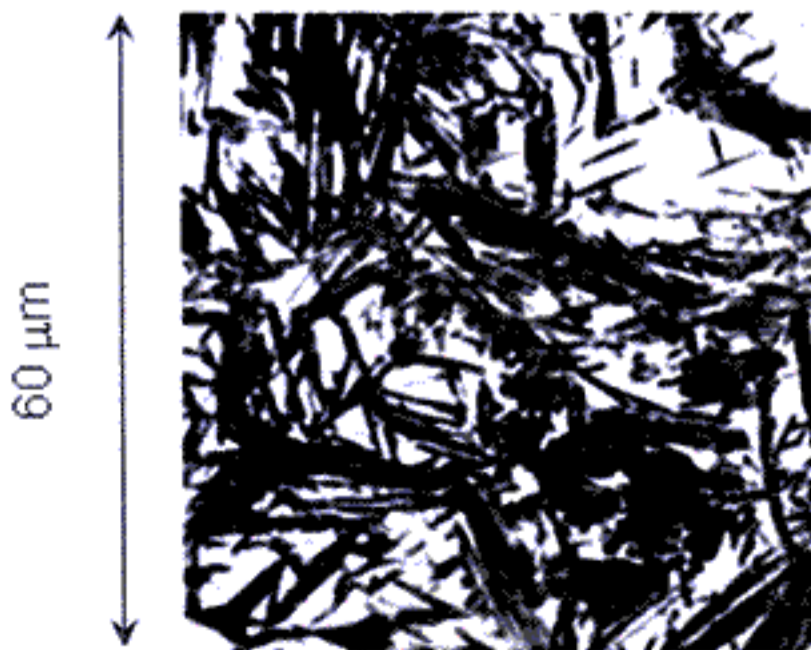
ขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานสำหรับการศึกษาโครงสร้างจุลภาคของโลหะอย่างสังเขป

บุคคลสำคัญอีกท่านหนึ่งที่น่าจะรู้จักก็คือ ชาวเยอรมันที่มีชื่อว่า ออดอล์ฟ มาร์เทินส์ (Adolf Martens) (ประมาณปี ค.ศ. 1890) นักโลหะวิทยาท่านนี้ได้นำวิธีการศึกษาโครงสร้างจุลภาคของศาสตราจารย์เฮนรี คลิฟตัน ซอร์บี มาต่อยอด โดยผลงานโดดเด่นซึ่งสร้างชื่อเสียงให้กับเขาอย่างมากก็คือ การค้นพบโครงสร้างมาร์เทนไซต์ (martensitic structure) ในเหล็กกล้าที่มีความแข็งสูง



อดอล์ฟ มาร์เทินส์ (Adolf Martens)

โครงสร้างมาร์เทนไซต์เกิดจากการทำให้โครงสร้างออสเทนไนต์ (austenitic structure) ที่อุณหภูมิสูงเกิดการเย็นตัวอย่างรวดเร็ว (เช่น ชุบลงในน้ำหรือน้ำเกลือ) ซึ่งต่อมาชื่อโครงสร้างดังกล่าวนี้ได้รับการขนานนามตามชื่อของเขาเพื่อเป็นเกียรติ (น่ารู้ด้วยว่า ในสมัยโบราณจะนำเหล็กร้อนที่ผลิตเป็นมีดดาบจุ่มลงในน้ำ หรือแม้แต่เลือด เพื่อทำให้อาวุธแข็งแรงขึ้น แต่ยังไม่สามารถหาเหตุผลอธิบายได้)



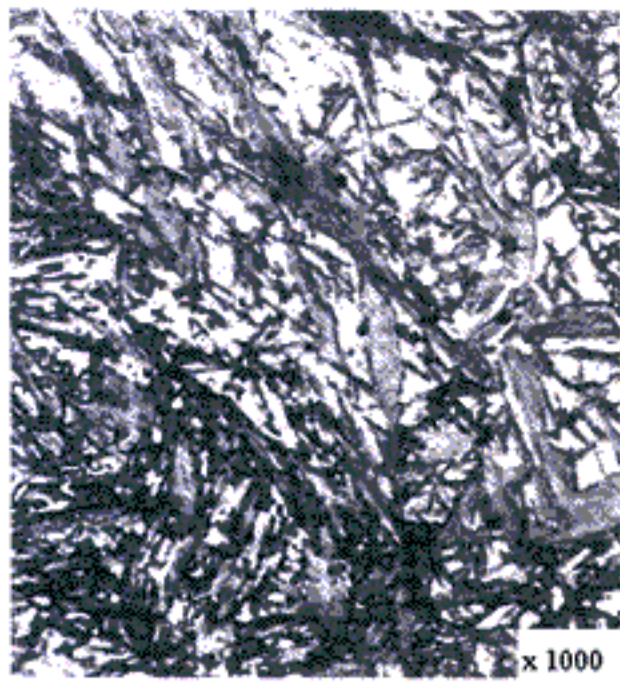
โครงสร้างมาร์เทนไซต์ (สีเข้ม)  
บนพื้นโครงสร้างออสเทนไนต์ (สีอ่อน)

โครงสร้างมาร์เทนไซต์มีความสำคัญมากสำหรับงานโลหะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งโลหะกลุ่มเหล็ก (ferrous metals) เนื่องจากโครงสร้างดังกล่าวเป็นโครงสร้างที่มีความแข็งแรงสูง จึงได้รับการนำมาใช้งานอย่างกว้างขวางนับตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน จึงน่าจะเข้าใจโครงสร้างมาร์เทนไซต์นี้ในบางแง่มุมที่สำคัญสักเล็กน้อย

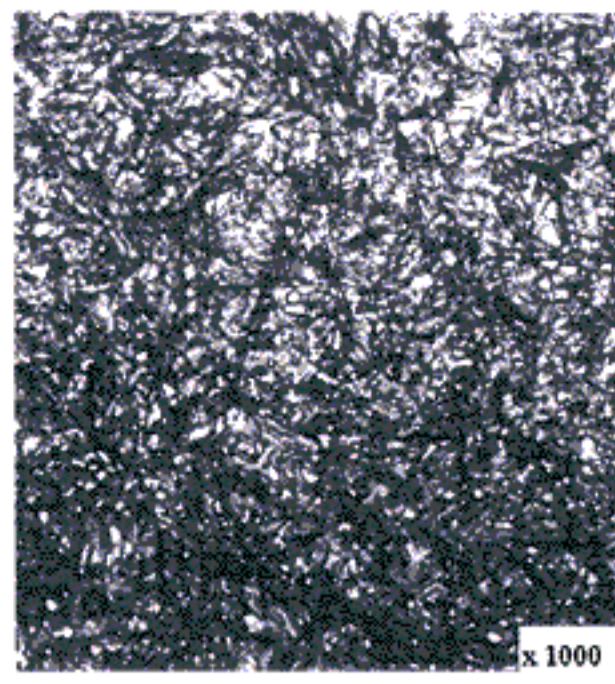
โครงสร้างมาร์เทนไซต์ หรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า โครงสร้างชุบแข็ง เป็นโครงสร้างที่ได้จากการทำให้เหล็กเกิดการเย็นตัวอย่างรวดเร็วจากอุณหภูมิสูงซึ่งที่อุณหภูมิสูงนั้นเหล็กจะมีโครงสร้างออสเทนไนต์ (ระบบผลึก FCC หรือ Face-Centered Cubic) เมื่อเหล็กเกิดการเย็นตัวจนถึงอุณหภูมิห้องอย่างรวดเร็ว เช่น โดยการจุ่มลงในน้ำ น้ำมัน หรือน้ำเกลือ ก็จะทำให้ธาตุคาร์บอน (C) ที่ละลายเข้าไปอยู่ในโครงสร้างออสเทนไนต์อย่างสม่ำเสมอขณะร้อน ไม่สามารถแพร่ออกจากโครงสร้างผลึกออสเทนไนต์ได้ทัน ส่งผลให้โครงสร้างของเหล็กที่อุณหภูมิห้องเกิดการบิดเบี้ยวของผลึก (เปลี่ยนเป็นระบบผลึก BCT หรือ Body-Centered Tetragonal) ผลก็คือ เหล็กมีความแข็งและความแข็งแรงเพิ่มสูงขึ้น แต่ก็มีคามเหนียวของเหล็กลดลงด้วย (มีความเปราะมากขึ้น) ดังนั้น จึงต้องทำการอบคืนตัว (tempering) เพื่อเพิ่มความเหนียวอีกครั้งก่อนการนำไปใช้งาน ซึ่งหลักการดังกล่าวเป็นหลักการโดยทั่วไปของการชุบแข็งซึ่งเป็นที่รู้จักกันเป็นอย่างดีในวงกว้าง

อย่างไรก็ดีในวัสดุศาสตร์ที่สำคัญประการหนึ่งของเรื่องนี้ก็คือ การควบคุมขนาดของโครงสร้างมาร์เทนไซต์ให้มีขนาดเล็กละเอียด ซึ่งจะทำให้ชิ้นงานมีความทนทานต่อการรับแรงการยืดตัว การเสียดสี ฯลฯ ได้มากกว่าชิ้นงานที่มีขนาดของโครงสร้างมาร์เทนไซต์ขนาดใหญ่ได้ ยกตัวอย่างเช่น ชิ้นส่วนเครื่องจักรบางชิ้นที่ผ่านการชุบแข็งรูป และทำการชุบแข็งและอบคืนตัวทั้งชิ้น เพื่อให้ได้ความแข็งที่ค่าหนึ่งสำหรับการใช้งาน ปรากฏว่าชิ้นส่วนแบบเดียวกันจากบริษัทผู้ผลิต 4 รายที่มีรายละเอียดแบบเดียวกัน กล่าวคือ รูปทรงเดียวกัน วัสดุชนิดเดียวกัน ความแข็งสุดท้ายเท่ากัน แต่การใช้งานแตกต่างกันมาก ซึ่งความแตกต่างที่สำคัญในกรณีเช่นนี้ก็ คือ การควบคุมขนาดของโครงสร้างชุบแข็งให้มีขนาดเล็กละเอียดนั่นเอง

ทั้งนี้ การควบคุมดังกล่าวอาจมีได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับว่าจะใช้วิธีการอย่างไร เช่น การปรับขนาดของเกรนของเหล็กให้เล็กละเอียด ก่อนการนำไปชุบแข็งโดยวิธีการอบปกติ (normalizing) หรือ การผสมธาตุบางตัวเพื่อควบคุมของเกรนเหล็กปกติให้มีขนาดเล็ก เป็นต้น



x 1000



x 1000

โครงสร้างมาร์เทนไซต์ที่ผ่านการอบคืนตัวแล้ว ทั้งโครงสร้างแบบหยาบและแบบละเอียด ที่กำลังขยายเดียวกัน

การควบคุมสมบัติของวัสดุ เช่น เหล็กที่ทำการอบชุบ ดึงที่ได้ยกตัวอย่างมาก่อนข้างละเอียดนี้จะไม่ได้เลย หาก นักโลหะวิทยาไม่สามารถตรวจสอบและควบคุมโครงสร้าง จุลภาคของวัสดุได้ ทั้งนี้ เนื่องจากหัวใจของวิชาวัสดุศาสตร์ ก็คือความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้าง-สมบัติ-กระบวนการผลิต-การใช้งาน (structure-properties-processing-application relationship) โดยในกรณีของโลหะนั้น โครงสร้างที่สำคัญ อย่างยิ่งยวดก็คือ โครงสร้างจุลภาค นี้เอง

เมื่อใดก็ตามที่นักโลหะวิทยาทำการตัด-ขัด-กัด

(cutting, grinding & polishing and etching) เพื่อ ศึกษาโครงสร้างจุลภาคของวัสดุในระหว่างการแก้ไขปัญหา ในเนื้อวัสดุหรือกระบวนการผลิต หรือระหว่างการพัฒนา สร้างสรรค์วัสดุชนิดใหม่ ก็เป็นที่แน่นอนว่าเขา (หรือเธอ) กำลังใช้ความรู้อันเป็นมรดกที่ตกทอดมาจากนักคิด-นัก ปฏิบัติรุ่นบุกเบิกเหล่านี้

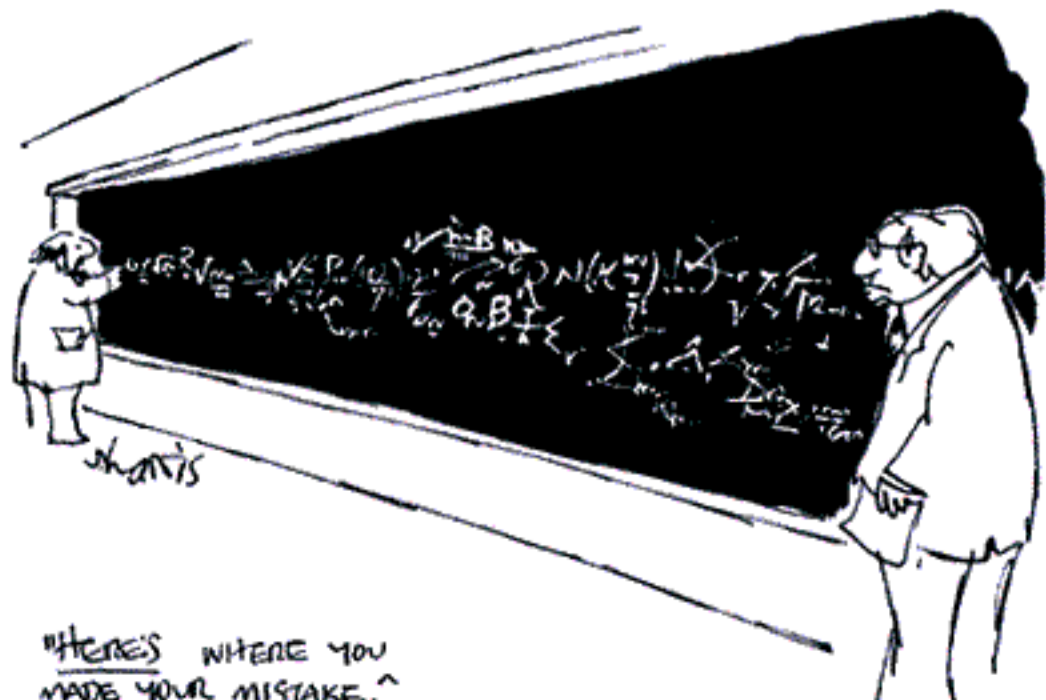
ผู้บุกเบิกซึ่งสมควรได้รับการยกย่องเกียรติอย่างสูง ในฐานะที่ได้สร้างสรรค์ "เครื่องมืออันทรงพลัง" ไว้ให้คนรุ่น หลังไว้ใช้งานนั่นเอง

**เอกสารและข้อมูลอ้างอิง**

1. <http://www.sorby.org.uk>
2. <http://www.lassp.cornell.edu>




AFTER ANTOINE LAVOISIER DISCOVERED OXYGEN, HIS WHOLE FAMILY WOULD BREATHE IT REGULARLY AS A SHOW OF SUPPORT



"HERE'S WHERE YOU MADE YOUR MISTAKE."

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(	คติปริศนา
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	

