ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อ บทเรียนเซนเซอร์ทรานสดิวเซอร์บนระบบอินเตอร์เน็ต

Sensors and Transducer Course on Internet

ชื่อนักศึกษา 1. นายไพบูลย์ หนูสุข รหัสประจำตัว 42035376

2. นายเอกพงษ์ พงหาญ รหัสประจำตัว 42035389

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์อมรชัย ชัยชนะ

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์		ลายมือชื่อ
1. อาจารย์ปิยะ	ศุภวราสุวัฒน์	.....
2. อาจารย์อมรชัย	ชัยชนะ	.....
3. อาจารย์โกศล	ตราชู	.....
4. อาจารย์พงษ์เกียรติ	เชษฐพิทักษ์สกุล	.....
5. อาจารย์สุรพงษ์	สิริพงศ์ดี	.....

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันเสาร์ที่ 9 ธันวาคม พ.ศ. 2543 เวลา 16.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.301 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 10 เดือน เมษายน พ.ศ. ๒๕๔๔

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์

บทเรียนทางไกลผ่านอินเตอร์เน็ตวิชาเซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์

COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION ON INTERNET FOR SENSOR AND TRANSDUCER

T040202

นายไพบูลย์ หนูสุข
นายเอกพงษ์ พลหาญ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2543

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 40202
วัน, เดือน, ปี 20 ส.ค. 2544
b.11092465
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง บทเรียนทางไกลผ่านอินเตอร์เน็ทวิชาเซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์
COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION ON INTERNET FOR SENSOR AND TRANSDUCER

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการสร้างโฮมเพจ
2. เพื่อศึกษาการใช้ภาษา HTML, JAVA Script
3. เพื่อศึกษาบทเรียนเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์
4. เพื่อสร้างบทเรียนทางอินเตอร์เน็ต วิชาเซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์
5. เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการสร้างสื่อการสอนบนอินเตอร์เน็ตวิชาอื่น ๆ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รับความรู้ในการเขียนโปรแกรมภาษา HTML และโปรแกรมภาษา JAVA Script
2. ได้สร้างและพัฒนาโปรแกรมช่วยสอนที่สามารถเรียกใช้ผ่านระบบอินเตอร์เน็ต
3. ได้รับความรู้ในเรื่องระบบการติดต่อบนอินเตอร์เน็ต
4. ได้บทเรียนทางไกลบนอินเตอร์เน็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	บทเรียนทางไกลผ่านอินเตอร์เน็ท วิชาเซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์
นักศึกษา	นายไพบูลย์ หนูสุข นายเอกพงษ์ พลหาญ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์สุระชัย พิมพ์สาลี
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2542

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เสนอการสร้างบทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทางไกลผ่านอินเตอร์เน็ท วิชา เซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์ โดยภายในโปรแกรมจะประกอบไปด้วย บทเรียน, แบบทดสอบ และกระดานฝากข้อความ ซึ่งในบทเรียนจะประกอบไปด้วย รูปร่าง ลักษณะ และหลักการทำงานของอุปกรณ์เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ที่ใช้ในกระบวนการผลิต ในงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ โปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้สามารถนำไปใช้เป็นบทเรียนหลักหรือใช้เป็นบทเรียนเสริมของวิชาเซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Computer Assisted Instruction on Internet for Sensor and Transducer
Student	Mr. Paiboon Nusuk
	Mr. Ekkapong Polharn
Advisor	Mr. Piya Supavarasuwat
Co- Advisor	Mr. Surachai Pimsalee
Education Level	Bechelor of Sinence in Industrial Education
Program in	Industrial Instrument Technology
Acadamic Year	2000

ABSTRACT

This thesis present a Computer Assisted Instruction on Internet for Sensors and Transducer. This CAI included of a lesson, tests and web board, .The lesson consists of principle , characteristic, shape and curve of instrument, and learning about important variable for industrial are temperature pressure level and flow .This CAI can be need as either major lesson or supplementary lesson for this subject.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะพระคุณของ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ช่วยเหลือทางด้านทุนการศึกษา และกำลังใจอันมหาศาล ได้รับความอนุเคราะห์จากท่าน อาจารย์สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ และอาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์ครุศาสตร์ทุก ๆ ท่าน ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะแนวทางและวิธีแก้ไขปัญหาในการดำเนินงานรวมถึงสถานที่ และที่ลืมไม่ได้ขอขอบคุณเพื่อนสมาชิกและเพื่อนทุก ๆ ท่าน ที่มีส่วนร่วมและเป็นกำลังใจในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ตลอดมา ซึ่งในโอกาสนี้คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในพระคุณของทุก ๆ ท่าน คณะผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	**I**
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	**II**
กิตติกรรมประกาศ	**III**
สารบัญ	**IV**
สารบัญตาราง	**VIII**
สารบัญภาพ	**IX**
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปริญญานิพนธ์	1
1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน	3
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	**6**
2.1 กล่าวนำ	6
2.2 ความหมายของอินเตอร์เน็ต	6
2.3 พัฒนาการของอินเตอร์เน็ต	7
2.4 อินเตอร์เน็ตกับประเทศไทย	7
2.5 ชื่อเครื่องในอินเตอร์เน็ต	9
2.5.1 ชื่อเครื่อง	9
2.5.2 ที่อยู่ทางอิเล็กทรอนิกส์	10
2.5.3 โดเมน	10
2.5.4 ระบบชื่อโดเมน	11
2.5.5 โดเมนในประเทศไทย	11
2.5.6 เลขที่อยู่ไอพี	12
2.6 ประวัติความเป็นมาของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	12
2.6.1 ความหมายของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	13
2.6.2 การนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปใช้งาน	14
2.6.3 ข้อได้เปรียบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.6.4 ข้อเสียเปรียบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	15
2.6.5 ส่วนประกอบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	16
2.6.6 ลักษณะโครงสร้างของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	16
2.7 คำนิยามที่เกี่ยวข้องกับเวิลด์ไวด์เว็บ (World Wide Web : WWW)	17
2.7.1 แหล่งกำเนิดคำนิยามของเวิลด์ไวด์เว็บ	17
2.7.2 เวิลด์ไวด์เว็บเซิร์ฟเวอร์(WWW Server)	17
2.7.3 เอชทีทีพี (Hyper Text Transfer Protocal : http)	18
2.7.4 เอชทีเอ็มแอล (Hyper Text Markup Language : HTML)	18
2.7.5 ไฮเปอร์เท็กซ์ (Hypertext)	18
2.7.6 ไฮเปอร์ลิงค์ (Hyperlink)	18
2.7.7 ไฮเปอร์มิเดีย (Hypermedia)	19
2.8 ภาษาเอชทีเอ็มแอล (HTML)	19
2.8.1 คำนิยามของเอชทีเอ็มแอล	19
2.8.2 คำสั่งเอชทีเอ็มแอล	19
2.9 JAVA Script	21
2.10 การสื่อสารเพื่อการศึกษา	22
2.10.1 องค์ประกอบของการสื่อสาร	22
2.11 สื่อการสอน (Instruction Media)	24
2.11.1 คุณค่าของสื่อการสอน	24
2.11.2 หลักการเลือกสื่อการสอน	25
2.12 เทคโนโลยีทางการศึกษา (Educational Technology)	26
2.13 เทคโนโลยีการสอน	27
2.14 ระบบการเรียนการสอนทางไกล	28
2.14.1 การสอนทางไกลทิศทางเดียว (One-Way Video Broadcasting)	28
2.14.2 การประชุมทางไกลแบบสองทาง (Video Conferencing System)	29
2.14.3 การเรียนด้วยตนเองและการเรียนเสริม	29
2.15 จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม	30
2.15.1 ความสำคัญของจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.15.2 การเขียนจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม	32
2.15.3 ประโยชน์ของจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	33
2.16 การวางแผนออกข้อทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	34
2.16.1 การทำตารางวิเคราะห์หลักสูตร	34
บทที่ 3 การออแบบและการสร้าง	**36**
3.1 เครื่องมือที่เกี่ยวข้องในการออกแบบและสร้าง	36
3.1.1 ด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware)	36
3.1.2 ด้านซอฟต์แวร์ (Software)	36
3.2 ขั้นตอนการออกแบบโปรแกรม	37
3.2.1 ผังขั้นตอนการสร้างกระดานข่าว	39
3.2.2 ผังขั้นตอนการสร้างบทเรียน	40
3.2.3 ผังการสร้างแบบทดสอบ	41
3.3 วิธีการสร้าง Web page โดยใช้ Dreamweaver	41
3.4 ขั้นตอนการขอกระดานฝากคำถาม	63
บทที่ 4 การทดทดลองและผลการทดลอง	**66**
4.1 เวิลด์ไวด์เว็บเบราเซอร์ที่ใช้	66
4.1.1 Internet Explorer 5.0	66
4.1.2 Netscape Navigator 4.05	66
4.2 คุณสมบัติหลักของโฮมเพจ	66
4.3 ความต้องการของระบบ	67
4.4 วิธีใช้บทเรียนสอนทางไกลผ่านอินเตอร์เน็ต	67
บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางการแก้ไข และพัฒนา	**74**
5.1 บทสรุป	74
5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงาน	74
5.3 แนวทางการแก้ไขปัญหา	74
5.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงงาน	75
5.5 แนวทางการพัฒนาโครงงานและข้อเสนอแนะ	75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
ภาคผนวก ก เนื้อหาวิชาเซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์	76
ภาคผนวก ข แบบทดสอบวิชาเซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์	189
บรรณานุกรม	213
ประวัติผู้แต่ง	214

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 โดเมนเนมในประเทศไทย	11
ตารางที่ 2.1 (ต่อ) โดเมนเนมในประเทศไทย	12
ตารางที่ 2.2 รายชื่อเวิลด์ไวด์เว็บเซิร์ฟเวอร์ที่สำคัญ	17
ตารางที่ 2.3 คำสั่งหัวเรื่องและคำอธิบาย	20
ตารางที่ 2.4 คำสั่งเนื้อความและคำอธิบาย	20
ตารางที่ 2.4 (ต่อ) คำสั่งเนื้อความและคำอธิบาย	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

รูปภาพ

รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 14
รูปที่ 2.2 โครงสร้างคำสั่งของโปรแกรมเอชทีเอ็มแอล 21
รูปที่ 3.1 ผังขั้นตอนการทำงานการทำงานของบทเรียนทางไกลผ่านอินเตอร์เน็ต วิชาเซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์ 37
รูปที่ 3.1 (ต่อ) ผังขั้นตอนการทำงานการทำงานของบทเรียนทางไกลผ่านอินเตอร์เน็ต วิชาเซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์ 38
รูปที่ 3.2 ผังขั้นตอนการสร้างกระดานข่าว 39
รูปที่ 3.3 ผังขั้นตอนการสร้างบทเรียน 40
รูปที่ 3.4 ผังขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบ 41
รูปที่ 3.5 เปิดโปรแกรม Dreamweaver 3.0 41
รูปที่ 3.6 ลักษณะโปรแกรม Dreamweaver 3.0 42
รูปที่ 3.7 แสดงการเลือกภาษา 42
รูปที่ 3.8 แสดงการกำหนดรูปแบบตัวอักษรและการเข้ารหัสของไฟล์เอกสาร 43
รูปที่ 3.9 การเลือก Edit Font List เพื่อทำการกำหนดชุดแบบตัวอักษร 43
รูปที่ 3.10 แสดงไดอะล็อก Object 43
รูปที่ 3.11 แสดง Launcher และ Mini – Launcher 44
รูปที่ 3.12 แสดงการแทรกรูปภาพ 45
รูปที่ 3.13 แสดงการสร้างตารางและการใส่ข้อมูลลงในตาราง 46
รูปที่ 3.14 การใส่ข้อมูลลงในโฮมเพจ 46
รูปที่ 3.15 การตรวจสอบการแสดงผลที่เบราเซอร์ 47
รูปที่ 3.16 แสดงการเชื่อมโยงหน้าเว็บเพจ 47
รูปที่ 3.17 แสดงการบันทึก File ที่สร้างขึ้น 48
รูปที่ 3.18 หน้าโฮมเพจ Thaimail.com 64
รูปที่ 3.19 แสดงการสมัครสมาชิก Thaimail 64
รูปที่ 3.20 แสดงหน้าฝากคำถาม 65
รูปที่ 4.1 Title ของโปรแกรม 67
รูปที่ 4.2 แสดงขอบเขตของเนื้อหาสารบัญภาพ 68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปภาพ **หน้า**

รูปที่ 4.3 แสดงหน้าวัตถุประสงค์ทั่วไปของรายวิชา 68

รูปที่ 4.4 แสดงหน้าสารบัญหลักของวิชา 69

รูปที่ 4.5 แสดงสารบัญย่อย 70

รูปที่ 4.6 การคลิกหัวข้อ บทที่ 1 มาตราและหลักการวัดอุณหภูมิ 70

รูปที่ 4.7 แสดงตอนท้ายของบทเรียนบทที่ 1 71

รูปที่ 4.8 แสดงข้อสอบหลังจากที่เรียนรู้เนื้อหาของบทแล้ว 71

รูปที่ 4.9 แสดงหน้าของกระดานฝากคำถาม 72

รูปที่ 4.10 แสดงกระดานฝากคำถามเครื่องมือวัด 72

รูปที่ 4.11 แสดงหน้าจอแรกของ Web site บทเรียนทางไกลผ่านอินเตอร์เน็ต เรื่องเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ 73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์

การศึกษาในปัจจุบันมีบทบาทที่สำคัญมาก ไม่ว่าจะเป็นการศึกษาระดับใดก็ตามและยิ่งมีเทคโนโลยีที่อำนวยความสะดวกได้เข้ามามีส่วนในระบบการศึกษาด้วย แล้วจึงทำให้โลกแห่งการศึกษาเปิดกว้างไปทั่วทุกมุมโลก และมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลทางด้านการศึกษาระหว่างสถานศึกษาต่าง ๆ มากมาย โดยการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อประสิทธิภาพทางการเรียนการสอน และมีการแพร่หลายในการศึกษาให้มีรูปแบบที่ดีขึ้นเหมาะกับสังคมในโลกปัจจุบัน

ในปัจจุบันเทคโนโลยีต่าง ๆ พัฒนาไปมาก โดยเฉพาะเทคโนโลยีทางด้านการสื่อสาร (Communication) การตื่นตัวทางด้านการสื่อสาร โดยเฉพาะระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต (Internet) เริ่มเป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายและก็มีผู้คนเข้ามาใช้ระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตเป็นจำนวนมากขึ้นเรื่อย ๆ จากความสามารถในการติดต่อสื่อสารที่มีประสิทธิภาพสูงของระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตจึงเป็นที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน โดยเฉพาะสถานศึกษาระดับอุดมศึกษาต่าง ๆ จะมีระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตเกือบทุกสถานศึกษาแล้ว ทำให้เกิดความคิดที่จะนำเอาความสามารถของระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตมาสร้างเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อใช้ในการศึกษาผ่านระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต CAI (Computer Assisted Instruction) โดยมีสื่อหลาย ๆ ด้าน เช่น ภาพ, เสียง และความสามารถในการโต้ตอบระหว่างผู้เรียนกับผู้สอนได้ ผู้เรียนสามารถประเมินผลตัวเองได้จากแบบทดสอบ ซึ่งจะทำให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นและเป็นการเร้าความสนใจของผู้เรียนอีกทางหนึ่งด้วย

ในปัจจุบันความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีสารสนเทศได้ก่อให้เกิด การเปลี่ยนแปลงในรูปแบบของการศึกษา การเรียนรู้ของมนุษย์เป็นอย่างมาก การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นผลสืบเนื่องมาจากพลังศักยภาพของเทคโนโลยีสารสนเทศในการขจัดข้อจำกัดทางกาลเวลาและระยะทาง ส่งผลให้การแลกเปลี่ยนข่างสารข้อมูลเกิดได้ในทุกเวลา และทุกสถานที่ ซึ่งจากวิวัฒนาการนี้เองได้ก่อให้เกิดรูปแบบการศึกษาทางไกลเกิดขึ้น การนำเครือข่ายสารสนเทศมาใช้งานเพื่อการเรียนการสอนทางไกลเป็นการขยายโอกาสทางการศึกษาไปสู่กลุ่มผู้เรียนที่อยู่ห่างไกล และด้อยโอกาสทางการศึกษาในภาคปกติประกอบกับปัญหาการขาดแคลนครูและอาจารย์ จึงทำให้กาศึกษากระจุกตัวอยู่ในเฉพาะเมืองใหญ่ การเรียนการสอนทางไกลเป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสื่อสาร และเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้าด้วยกัน ทำให้ผู้เรียนและผู้สอนสามารถโต้ตอบสื่อสารกันได้ 2 ทางใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทันทีทันใด ทั้งภาพ เสียงและข้อมูล และรูปแบบการเรียนการสอนจะเป็นลักษณะสถานที่ห้องสอนของอาจารย์และห้องเรียนของนักศึกษาจะอยู่ต่างสถานที่กัน โดยการเรียนการสอนผู้สอนจะยังคงสามารถถ่ายทอดความรู้ และผู้เรียนสามารถเรียนรู้ซักถามกันได้คล้ายกับการเรียนในชั้นเรียนปกติทั่วไป

เทคโนโลยีทางด้านการสื่อสาร และเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มีความสัมพันธ์เกี่ยวโยงกันเกือบทุกแขนงในการประยุกต์ใช้งานแต่ละด้าน สำหรับการประยุกต์ใช้งานทางด้านการศึกษานับเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีทางการศึกษารูปแบบใหม่ที่ช่วยให้เกิด มุมมอง ความเชื่อ ตลอดจนวิธีการถ่ายทอดความรู้ และวิถีทางการศึกษามนุษยชาติแตกต่างออกไปจากที่เคยเป็น รูปแบบในการพัฒนาเทคโนโลยีการสอนทางไกล อาจทำได้หลายระบบซึ่งแต่ละระบบจะมีข้อเด่นและข้อด้อยแตกต่างกัน แต่สิ่งที่เป็นข้อน่าสังเกต คือ การเปลี่ยนแปลงไปของพฤติกรรมการเรียนการสอน และอิทธิพลของความเชื่อในระบบการเรียนการสอนแบบเดิมจะส่งผลต่อการยอมรับของสังคม โดยภาพรวมอย่างมาก

การศึกษานับเป็นหัวใจสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ ขณะที่ประเทศชาติกำลังประสบปัญหาทางด้านเศรษฐกิจ แนวทางหนึ่งที่จะช่วยฟื้นฟูสภาพความอ่อนแอทางเศรษฐกิจได้ก็คือ การเร่งขยายโอกาสทางการศึกษาให้แก่ประชาชนทุกระดับทุกรูปแบบ ที่มีความเป็นไปได้ การแสวงหาแนวทางและรูปแบบการศึกษาด้วยเทคโนโลยีใหม่ ๆ จึงควรได้รับการพิจารณาจากผู้เกี่ยวข้องในทุก ๆ กลุ่มและจากผู้สนใจทุกระดับ ควรน่าจะมีการร่วมมือให้ความสำคัญ และพิจารณาแนวทางการปฏิบัติร่วมกันและคงไม่ใช่เป็นเพียงการทดลอง หรือการศึกษาวิจัยเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ความเข้าใจ ในเทคโนโลยีสมัยใหม่เพียงอย่างเดียว แต่อาจถึงเวลาแล้วที่ผู้เกี่ยวข้องทุกท่านจะเริ่มต้นกำหนดรูปแบบและแนวทางปฏิบัติให้เป็นรูปธรรม และประยุกต์ใช้งานให้เกิดผลเป็นจริงมากขึ้น อันจะส่งผลให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อระบบการศึกษาของไทยต่อไป

โดยทางผู้จัดทำได้ทำการศึกษาค้นคว้าจาก ปริญญานิพนธ์จากปีการศึกษา 2541 เรื่องบทเรียนทางไกลผ่านอินเตอร์เน็ตวิชา ไมโครคอนโทรลเลอร์

ผู้จัดทำจึงเห็นว่าถ้าทำการสร้างบทเรียนช่วยสอนในระบบอินเตอร์เน็ตจะทำให้ผู้ที่สนใจในบทเรียนสามารถเข้ามาศึกษาได้ตลอดเวลา ซึ่งจะเป็นการพัฒนาการเรียนการสอนที่เปิดกว้างขึ้นโดยไม่จำกัด และเวลาเรียนทำให้ผู้ที่ไม่สามารถเรียนโดยตรงได้มีโอกาสเรียนและศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ผู้จัดทำจึงมีแนวความคิดที่ควรจะสร้างโปรแกรมช่วยสอนบนเครือข่ายอินเตอร์เน็ตขึ้น โดยที่วิชาเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์เป็นวิชาที่น่าสนใจมากอีกวิชาหนึ่ง และตัวอุปกรณ์เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ก็เป็นตัวที่น่าสนใจมากด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นผู้จัดทำจึงได้ทำการพัฒนาโปรแกรมช่วยสอน วิชาเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์บนอินเตอร์เน็ตขึ้น

1.2 ขอบเขตของเนื้อหารายวิชา

เครื่องมือวัดเป็นส่วนแรกของงานด้านระบบควบคุมที่ผู้ศึกษาหรือปฏิบัติงานด้านนี้ จะต้องศึกษาเพื่อเป็นพื้นฐาน ในปัจจุบันวิทยาการทางวิทยาศาสตร์หลาย ๆ แขนงได้รับการประยุกต์เพื่อใช้เป็นหลักการวัด เช่น หลักการทางแม่เหล็กไฟฟ้า อัลตราโซนิก การแผ่รังสีของสารกัมมันตภาพ ฯลฯ นักศึกษาและผู้ที่สนใจส่วนใหญ่ มีความจำเป็นอย่างมากที่จะต้องศึกษา พื้นฐาน หลักการทำงาน และตัวอย่างอุปกรณ์ เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ ทางด้านเครื่องมือวัดและควบคุมทาง-อุตสหกรรม เพื่อจะได้เข้าใจในระดับขั้นสูงได้รวดเร็วยิ่งขึ้น ดังนั้นแนวทางในการเรียบเรียงเนื้อหาลงในบทเรียนสอนทางไกลผ่านอินเตอร์เน็ทนี้จึงเน้นให้เข้าใจหลักการทำงาน ของเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งตัวแปรหลักในงานอุตสาหกรรมมีอยู่ 4 อย่าง คือ

1) อุณหภูมิ
2) ความดัน
3) ระดับ
4) อัตราการไหล

ซึ่งมีหลักการในการวัดต่างกัน

บทเรียนสอนทางไกลผ่านอินเตอร์เน็ตนี้จึงเหมาะสำหรับ นักศึกษาระดับชั้น ปวส. สาขาวิชาช่างเครื่องมือวัดและควบคุมทางอุตสาหกรรม, สาขาวิชาช่างไฟฟ้า, สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ และผู้สนใจทั่วไป

1.3 ขีดความสามารถของโครงงาน

โครงงานนี้มีขีดความสามารถดังต่อไปนี้

1. ผู้เรียนสามารถมาศึกษาบทเรียนได้ง่าย
2. ผู้เรียนสามารถฝากข้อความในขณะที่ผู้สอนไม่อยู่ได้
3. ประกอบด้วยเนื้อหาบทเรียนและแบบทดสอบ
4. โครงงานนี้สามารถใช้ได้กับนักศึกษาระดับชั้น ปวส. สาขาวิชาช่างเครื่องมือวัดและควบคุมทางอุตสาหกรรม, สาขาวิชาช่างไฟฟ้า, สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ และผู้สนใจทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมภาษา HTML และ JAVA Script
2. เพื่อสร้างและพัฒนาโปรแกรมช่วยสอน วิชาเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ ที่สามารถเรียกใช้งานผ่านระบบอินเตอร์เน็ตได้
3. เพื่อศึกษาระบบการติดต่อของอินเตอร์เน็ต
4. เพื่อนำความสามารถในระบบอินเตอร์เน็ตมาใช้ในการสอนบนอินเตอร์เน็ต

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รับความรู้ในการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา HTML, JAVA Script และโปรแกรมช่วยสร้างภาพต่าง ๆ
2. ได้รับความรู้ในเรื่องการติดต่อบนอินเตอร์เน็ต
3. ได้บทเรียนการสอนทางไกลบนอินเตอร์เน็ต
4. ได้สร้างและพัฒนาโปรแกรมช่วยสอนที่สามารถเรียกใช้งานผ่านระบบอินเตอร์เน็ต
5. ได้รับความรู้ในการใช้โปรแกรม Dreamweaver

1.6 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ กล่าวเนื้อหาในส่วนของการใช้งาน โปรแกรมภาษาต่าง ๆ การออกแบบโครงงานทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงงานนี้ การทดสอบโครงงาน และทำการสรุปปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำโครงงาน และกล่าวถึงแนวทางแก้ไขรวมถึงการพัฒนาโปรแกรม สามารถแบ่งออกเป็นบทต่าง ๆ เพื่อความสะดวกต่อการศึกษาและทำความเข้าใจในแต่ละ บทจะประกอบด้วยเนื้อหาที่สำคัญดังนี้

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ กล่าวถึงเนื้อหาในทางทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างโครงงาน ประกอบด้วย ประวัติความเป็นมาของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ความหมายของเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ประเภทการใช้งานภาษา HTML และ Java Script ข้อดีและข้อเสียของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และระบบการเรียนการสอนทางไกล การใช้สื่อการสอน เทคโนโลยีทางการศึกษา เทคโนโลยีทางการสอน การเขียน วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ซึ่งจะทำให้ผู้อ่านได้มีความรู้ความเข้าใจในตัวโปรแกรม และการสอน ที่ใช้งานจริงต่อไป

บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง โดยกล่าวถึงการสร้างที่มีลำดับขั้น การศึกษาโปรแกรมต่าง ๆ, ขั้นการทำงาน และขั้นการออกแบบโดยใช้ภาษา HTML, JAVA Script และโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dreamweaver การเขียนวัตถุประสงค์ทั่วไปและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม รวมถึงหลักการทำงานในส่วนต่าง ๆ ซึ่งจะทำให้ผู้อ่านมีความเข้าใจการทำงานโดยรวมของโครงงานนี้

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง กล่าวถึงขั้นตอนการทดลอง และการทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของโปรแกรมในโครงงานนี้ เพื่อตรวจสอบว่า โครงงานนี้สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ หรือไม่ และให้ผู้ที่สนใจได้ทำการทดลองใช้โปรแกรมนี้

บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา เป็นการสรุปผลการทำปริญญานิพนธ์ ปัญหาที่เกิดขึ้นตั้งแต่เริ่มทำปริญญานิพนธ์ และได้เสนอแนะแนวทางในการพัฒนาให้โปรแกรมมีประสิทธิภาพ รวมถึงการใช้งานอย่างกว้างขวางมากขึ้น

ในภาคผนวกนี้จะแสดงรายละเอียดของโปรแกรม ที่ใช้จัดทำในโครงงานดังนี้

ภาคผนวก ก เนื้อหาวิชาเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์

ภาคผนวก ข แบบทดสอบบทเรียนสอนทางไกลผ่านอินเตอร์เน็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 กล่าวนำ

ในปัจจุบันการสื่อสารผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์เริ่มเป็นที่รู้จัก และมีการใช้งานมากขึ้นเป็นลำดับ โดยเฉพาะเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่รู้จักกันในชื่อของ **"อินเตอร์เน็ต"** ซึ่งระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ชนิดนี้ช่วยให้แลกเปลี่ยนข่าวสารระหว่างกันได้โดยง่าย และเชื่อมโยงไปทั่วทุกมุมโลก ผู้ใช้ซีกโลกหนึ่งสามารถติดต่อกับผู้ใช้อีกซีกโลกหนึ่งได้อย่างรวดเร็ว จากความสามารถในการติดต่อสื่อสารที่มีประสิทธิภาพสูงของระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตนี้ ทำให้เกิดความคิดที่จะนำเอาความสามารถของระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตมาสร้างเป็น โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อใช้เป็นสื่อในการเรียนการสอนในการศึกษาผ่านระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต โดยเฉพาะระบบการเรียนการสอนทางไกลที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้ทำการเชื่อมต่อระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ไปยังวิทยาเขตที่จังหวัดชุมพร เพื่อทำการเรียนการสอผ่านระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตได้โดยสะดวก

2.2 ความหมายของอินเตอร์เน็ต

อินเตอร์เน็ต คือ "เครือข่ายคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ ที่เชื่อมต่อกันทั่วโลกโดยมีมาตรฐานการรับส่งข้อมูลระหว่างกันเป็นหนึ่งเดียว ซึ่งคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องสามารถรับส่งข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ตัวอักษร ภาพและเสียงได้ รวมทั้งสามรถค้นหาข้อมูลได้จากที่ต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็ว" จากความหมายดังที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า อินเตอร์เน็ตประกอบด้วยองค์ประกอบ 2 ส่วน คือ
เครือข่ายที่เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์เข้าด้วยกัน
ข้อมูลที่คอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องเก็บไว้

สิ่งที่สำคัญอีกอย่างหนึ่ง คือ อินเตอร์เน็ตมีมาตรฐานการรับส่งข้อมูลที่ชัดเจนและเป็นหนึ่งเดียวทำให้การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ต่างชนิดกันเป็นไปได้โดยง่าย ซึ่งโดยทั่วไปแล้วคอมพิวเตอร์ที่ประกอบเข้ากันเป็นเครือข่ายหลักของอินเตอร์เน็ต มักจะเป็นระบบเครือข่ายของมินิคอมพิวเตอร์หรือระบบเครือข่ายท้องถิ่น (Local Area Network : LAN) และเครือข่ายของเมนเฟรมคอมพิวเตอร์ บางคนจึงเรียกอินเตอร์เน็ตว่า "เครือข่ายของเครือข่ายคอมพิวเตอร์" (Network of Network) แต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลนั้นมักจะไม่ต่ออยู่กับระบบอินเตอร์เน็ตตลอดเวลา เพียงแต่เชื่อมต่อเข้าไปเป็นบางครั้งตามความต้องการเท่านั้น

2.3 พัฒนาการของอินเตอร์เน็ต

อินเตอร์เน็ตเป็นเครือข่ายที่ประกอบด้วยเครือข่ายจำนวนมาก ซึ่งกระจายอยู่เกือบทั่วทุกมุมโลก เครือข่ายนี้เติบโตมาจากเครือข่าย อาร์พาเน็ต (Advanced Research Project Agency Network : ARPANET) เครือข่ายอาร์พาเน็ต ก่อตั้งขึ้นภายใต้โครงการความร่วมมือกันระหว่างกระทรวงกลาโหมของสหรัฐอเมริกาและมหาวิทยาลัยในมลรัฐแคลิฟอร์เนีย เมื่อปี พ.ศ. 2512 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลด้านการศึกษาและวิจัย ในเวลาต่อมาได้มีมหาวิทยาลัยต่าง ๆ ในสหรัฐอเมริกาได้ให้ความสนใจในโครงการอาร์พาเน็ต และขอเข้าร่วมโครงการโดยเชื่อมต่อระบบคอมพิวเตอร์ของตนเข้ากับเครือข่ายอาร์พาเน็ตเพื่อประโยชน์ในทางการศึกษาและวิจัยดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ซึ่งโครงการอาร์พาเน็ตได้เริ่มโครงการวิจัยในเดือนมกราคม พ.ศ. 2512 โดยทีมวิจัยโครงการอาร์พาเน็ตประกอบด้วย บริษัท บีบีเอ็น (Bolt Beranek and Newman Inc. : BBN) และนักวิจัยจากมหาวิทยาลัยต่าง ๆ โดยเฉพาะจากมหาวิทยาลัย 4 แห่ง คือ มหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนียแห่งลอสแองเจอลิส, สถาบันวิจัยสแตนฟอร์ด, มหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนียแห่งซานตาบาบาร่า, และมหาวิทยาลัยยูทาร์ นักวิจัยจากมหาวิทยาลัยทั้งสี่แห่งนี้ส่วนใหญ่เป็นนักศึกษาปริญญาโทและภายหลังได้ใช้ชื่อเรียกกลุ่มนักวิจัยนี้ว่า Network Working Group (NWG)

จนกระทั่งในปี พ.ศ. 2525 ได้มีมาตรฐานใหม่ออกมาเรียกว่า ทีซีพี/ไอพี (Transmission Control Protocol/Internet Protocol : TCP/IP) มาตรฐานการรับส่งข้อมูลแบบ ทีซีพี/ไอพี นี้สามารถทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์ต่างชนิดกันสามารถรับส่งข้อมูลไปมาระหว่างกันได้ และนับว่าเป็นส่วนสำคัญของอินเตอร์เน็ตเลยที่เดียว และในปีเดียวกันนี้เองอาร์พาเน็ตได้เปิดตัวสู่สาธารณชนเป็นทางการครั้งแรกในงาน ICCC (International Conference on Computers and Communication) ซึ่งจัดตั้งขึ้นในกรุงวอชิงตันดีซี เมื่อเดือนตุลาคม พ.ศ. 2525 ภายในงานได้มีการจัดเตรียมเทอร์มินัลเชื่อมเข้าสู่เครือข่ายและสาธิตการเข้าใช้คอมพิวเตอร์ในจุดต่าง ๆ ของอาร์พาเน็ตให้ผู้ชมกว่าหนึ่งพันคน การเปิดตัวของอาร์พาเน็ต สร้างความตื่นตัวให้นักวิจัยจำนวนมากเริ่มโครงการพัฒนาเครือข่ายคอมพิวเตอร์ของตนเองขึ้น

2.4 อินเตอร์เน็ตกับประเทศไทย

การเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตเข้าสู่ประเทศไทยมีจุดกำเนิดมาจากเครือข่ายคอมพิวเตอร์ระหว่างมหาวิทยาลัย หรือที่เรียกว่าแคมปัสเน็ตเวอร์ก (Campus Network) เครือข่ายดังกล่าวได้รับการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สนับสนุนจาก ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์แลคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (National Electronics and Computer Technology Center : NECTEC) ซึ่งต่อไปจะเรียกว่า "เนคเทค" จนกระทั่งได้เชื่อมเข้าสู่อินเตอร์เน็ตโดยสมบูรณ์ในเดือนสิงหาคมปี พ.ศ. 2535

ประเทศไทยได้เริ่มติดต่อกับอินเตอร์เน็ตโดยใช้จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530 โดยเริ่มที่มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์วิทยาเขตหาดใหญ่ และสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเซีย (Asian Institute of Technology : AIT) ภายใต้โครงการความร่วมมือระหว่างไทยและออสเตรเลีย โดยใช้สายโทรศัพท์ติดต่อรับส่งข้อมูลกันผ่านทางโมเด็ม ซึ่งทางออสเตรเลียจะเป็นผู้ออกค่าใช้จ่ายในการโทรทางไกลเข้ามารับส่งข้อมูลกับมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเซีย วันละสี่ครั้ง โดยแบ่งเป็นการติดต่อเข้ามาสถาบันละสองครั้ง ซึ่งในขณะนั้นใช้โมเด็มความเร็วเพียง 2,400 บิตต่อวินาทีเท่านั้น

ในปีต่อมาเนคเทคซึ่งสังกัดอยู่ในกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน (ชื่อเดิมในขณะนั้น) ได้จัดสรรค์ทุนดำเนินงานเครือข่ายคอมพิวเตอร์ของสถาบันอุดมศึกษา โดยแบ่งโครงการออกเป็น 2 ระยะ การดำเนินงานในระยะแรกเป็นการเชื่อมโยง 4 หน่วยงาน ได้แก่ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, และสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ระยะที่สองเป็นการเชื่อมต่อสถาบันอุดมศึกษาที่เหลือ คือ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,มหาวิทยาลัยมหิดล, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์วิทยาเขตหาดใหญ่

เดือนธันวาคม พ.ศ. 2534 คณะทำงานของเนคเทคร่วมกลุ่มอาจารย์และนักวิจัยของสถาบันอุดมศึกษาได้จัดตั้งกลุ่ม NEW group (NECTEC E-mail Working Group) เพื่อประสานงานและแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารด้านอิเล็กทรอนิกส์ โดยยังคงอาศัยสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเซียเป็นทางออกสู่อินเตอร์เน็ตผ่านทางออสเตรเลียเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2535 สำนักวิทยบริการจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยได้เช่าวงจรสื่อสารด้วยความเร็ว 9,600 บิตต่อวินาที จากการสื่อสารแห่งประเทศไทยเพื่อเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตที่บริษัทยูเน็ตเทคโนโลยี ประเทศสหรัฐอเมริกา ภายใต้ข้อตกลงกับเนคเทคในการพัฒนาเครือข่ายอินเตอร์เน็ตของสถาบันอุดมศึกษาเพื่อร่วมใช้วงจรสื่อสาร จนกระทั่งเดือนธันวาคมปีเดียวกันมีหน่วยงาน 6 แห่งที่เชื่อมต่อแบบออนไลน์โดยสมบูรณ์แบบ ได้แก่ เนคเทค, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเซีย, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เครือข่ายที่ก่อตั้งนี้เรียกว่า **ไทยสาร** (Thai Social/Sientific Academic and Research Network : Thaisarn) หรือ ไทยสารอินเตอร์เน็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปี พ.ศ. 2536 เครือข่ายของไทยสารก็ขยายขอบเขตบริการเข้าเชื่อมต่อกับสถาบันการศึกษาและหน่วยงานต่าง ๆ ของรัฐบาลเพิ่มขึ้นจากเดิมเป็น 19 แห่ง เมื่อมีผู้ใช้บริการมากขึ้นทางเนคเทค จึงได้เช่าวงจรสื่อสารความเร็ว 64 กิโลบิตต่อวินาทีจากการสื่อสารแห่งประเทศไทย เพื่อเพิ่มความสามารถในการรับส่งข้อมูล ทำให้ประเทศไทยมีวงจรสื่อสารระหว่างประเทศที่ให้บริการแก่ผู้ใช้ไทยสารอินเตอร์เน็ต 2 วงจรในปัจจุบันวงจรเชื่อมต่อไปยังต่างประเทศที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและเนคเทคได้ทำการปรับปรุงให้มีความเร็วสูงขึ้นตามลำดับ

นับตั้งแต่นั้นมาเครือข่ายไทยสารได้ขยายตัวกว้างขวาง และมีหน่วยงานอื่นเชื่อมต่อเข้ากับไทยสารอีกหลายแห่ง ในช่วงต่อมากลุ่มสถาบันอุดมศึกษาประกอบด้วย สำนักวิทยาการของอัสสัมชัญ ได้รวมตัวกันเพื่อแบ่งส่วนค่าใช้จ่ายวงจรสื่อสารโดยเรียกชื่อกลุ่มว่า ไทยเน็ต (Thailand Access to the Internet : THAInet)

สมาชิกส่วนใหญ่ของไทยสาร คือ สถาบันอุดมศึกษากับหน่วยงานราชการบางหน่วยงานและเนคเทคยังเปิด โอกาสให้บุคลากรของหน่วยงานที่ยังไม่มีเครือข่ายภายในเป็นของตนเองมาใช้บริการได้ แต่ทว่ายังมีกลุ่มผู้ต้องการใช้บริการอินเตอร์เน็ตอีกเป็นจำนวนมากทั้งบริษัทเอกชน และบุคคลทั่ว ๆ ไป ซึ่งไม่สามารถใช้บริการจากไทยสารอินเตอร์เน็ตได้ ทั้งนี้เพราะไทยสารอินเตอร์เน็ตเป็นเครือข่ายเพื่อการศึกษา และวิจัยที่ใช้งบประมาณอุดหนุนจากรัฐบาล และการเช่าวงจรระหว่างประเทศจากการสื่อสารแห่งประเทศไทยนั้น มีเงื่อนไขอยู่ว่าจะนำไปให้ผู้อื่นเช่าบริการต่อไม่ได้ดังนั้นบุคคลทั่วไปและบริษัทต่าง ๆ จึงเชื่อมต่อเข้าใช้บริการอินเตอร์เน็ตจากไทยสารอินเตอร์เน็ตไม่ได้

2.5 ชื่อเครื่องในอินเตอร์เน็ต

อินเตอร์เน็ตประกอบไปด้วยเครือข่ายย่อยจำนวนมากต่อเชื่อมเข้าด้วยกันจนกลายเป็นเครือข่ายขนาดใหญ่ เครือข่ายย่อยในอินเตอร์เน็ตมักเป็นเครือข่ายเฉพาะบริเวณ ที่อาจใช้เทคโนโลยีทางฮาร์ดแวร์ในเครือข่ายแตกต่างกันไป แต่ซอฟต์แวร์ในเครือข่ายจะทำงานภายใต้หลักสากลที่ให้ทุกเครือข่ายสามารถเปลี่ยนแปลงและส่งผ่านข้อมูลระหว่างกันได้

2.5.1 ชื่อเครื่อง

ในอินเตอร์เน็ตมีคอมพิวเตอร์ต่อเชื่อมอยู่นับล้านเครื่อง ผู้เริ่มใช้อินเตอร์เน็ตมักสงสัยว่าข้อความในจดหมายอิเล็กทรอนิกส์จะเดินทางไปยังปลายทางได้อย่างไรว่าเป็นเครื่องใด คำตอบคือภายในอินเตอร์เน็ตมีวิธีแยกแยะเครื่องแต่ละเครื่องโดยกำหนดชื่อเรียก คอมพิวเตอร์ทุกเครื่องที่ต่ออยู่ในอินเตอร์เน็ตจะต้องมีชื่อที่ไม่ซ้ำกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อเครื่องหรือเรียกว่า **ชื่อโฮสต์** (HostName) ในอินเตอร์เน็ตมีวิธีเขียนเป็นมาตรฐาน เช่น nucluse.nectec.or.th เป็นเครื่อง nucluse ที่เนคเทค หรือ chaokhun.kmitl.ac.th เป็นเครื่อง chaokhun ที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งจะแบ่งออกเป็นส่วน ๆ และบอกถึงองค์กรที่สังกัดโดยใช้เครื่องหมายจุดเป็นตัวแบ่ง

2.5.2 ที่อยู่ทางอิเล็กทรอนิกส์

หากนำชื่อเครื่องมาประกอบกับรหัสประจำตัวของผู้ใช้ ซึ่งอาจเรียกว่า ชื่อบัญชี (Account Name) ก็จะกลายเป็นที่อยู่ประจำตัวของผู้ใช้อินเตอร์เน็ต ซึ่งใช้สำหรับการรับส่งจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ได้ ที่อยู่ประจำตัวของผู้ใช้อินเตอร์เน็ตจะใช้ชื่อบัญชีคั่นด้วยเครื่องหมาย "@" และต่อท้ายด้วยชื่อคอมพิวเตอร์ เช่น ผู้ใช้ที่มีบัญชีชื่อ dittapol บนเครื่อง chaokhun.kmitl.ac.th จะมีที่อยู่ในอินเตอร์เน็ตดังนี้ คือ

dittapol@chaokhun.kmitl.ac.th

ขอให้สังเกตว่าที่อยู่จะเขียนแบบต่อเนื่องกันไปโดยไม่มีช่องว่างแทรก ที่อยู่ข้างต้นจะเป็นที่อยู่ประจำตัวของ dittapol เราสามารถส่งจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ไปยัง dittapol ได้โดยใช้คำสั่ง

mail dittapol@chaokhun.kmitl.ac.th

2.5.3 โดเมน

ส่วนหลังของสัญลักษณ์ @ ซึ่งเป็นชื่อเครื่องนั้นเรานิยมเรียกโดยทั่วไปว่า โดเมน (Domain) ที่อยู่ทางอิเล็กทรอนิกส์ประจำตัวผู้ใช้ทุกคนจะมีรูปแบบดังนี้

ชื่อบัญชีผู้ใช้ @โดเมน

ที่อยู่ตามแบบนี้เรียกว่า FQDN (Fully-Qualified Domain Name) และเขียนด้วยอักษรตัวเล็กหรือตัวใหญ่ก็ได้ โดยถือว่าไม่มีความแตกต่างกัน เช่นชื่อต่อไปนี้ถือว่าเหมือนกัน

dittapol@chaokhun.kmitl.ac.th
dittapol@CHAOKHON.KMITL.AC.TH
Dittapol@Chaokhun.Kmitl.AC.Th
DITTAPOL@CHAOKHON.KMITL.AC.TH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4 ระบบชื่อโดเมน

จากตัวอย่างที่ผ่านมาเราทราบว่า dittapol เป็นชื่อบัญชีผู้ใช้ และ chaokhun.kmitl.ac.th เป็นชื่อเครื่องหรือโดเมนซึ่งแบ่งเป็นส่วนๆ ด้วยเครื่องหมายจุด การตั้งชื่อโดเมนในอินเตอร์มีหลักเกณฑ์สากลเรียกว่า ระบบชื่อโดเมน (Domain Name System) ซึ่งเป็นระบบแบ่งแยกเครือข่ายเป็นลำดับชั้น เช่น ภายในบริษัทอาจแบ่งออกเป็นแผนกย่อย ๆ แผนก แต่ละแผนกอาจแบ่งย่อยอีหลายฝ่าย แต่ละส่วนย่อยเรียกว่า โดเมนย่อย (Sub-domain)

ตัวอย่างเช่น chaokhun.kmitl.ac.th ประกอบด้วยโดเมน 4 ชั้นชื่อโดเมนชั้นบนสุดคือ **th** หมายถึง **ประเทศไทย** โดเมนย่อยลำดับถัดมาคือ **ac** ย่อมาจาก **academic** หมายถึง **โดเมนที่ครอบคลุมเครือข่ายสถาบันการศึกษา** โดเมนถัดมาคือ **kmitl** หมายถึง **สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง** และโดเมนย่อยสุดท้ายคือ **chaokhun** เป็น **ชื่อเครื่องคอมพิวเตอร์** หากส่งจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ด้วยคำสั่ง mail dittapol@chaokhun.kmitl.ac.th หมายถึง การส่งจดหมายไปยัง dittapol ที่เครื่องคอมพิวเตอร์ chaokhun ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังซึ่งสังกัดสถาบันการศึกษาในประทศไทย

2.5.5 โดเมนในประเทศไทย

ประเทศไทยใช้ th เป็นโดเมนประจำประเทศ ในระยะแรกมีโดเมนย่อย 3 โดเมน ได้แก่ or (กลุ่มองค์กร), ac (สถาบันการศึกษา), และ go (หน่วยงานของรัฐ) ต่อมาเมื่อเครือข่ายขยายตัวขึ้นได้มีการจัดตั้งโดเมนขึ้นอีก 2 โดเมนรวมทั้งหมดเป็น 5 โดเมน ได้แก่ co (ภาคเอกชน) และ net (หน่วยบริการเครือข่าย) ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 โดเมนในระเทศไทย

โดเมน	กลุ่ม	ตัวอย่าง
Ac	สถาบันการศึกษา (Academic)	Kmitl.ac.th
Co	ภาคเอกชน (Commercial)	Inet.co.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) โดเมนในระเทศไทย

โดเมน	กลุ่ม	ตัวอย่าง
Go	หน่วยราชการ (Government)	Mua.go.th
Or	องค์กรที่ไม่แสวงหาผลกำไร (Organization)	Nectec.or.th.
Net	องค์กรที่ให้บริการเครือข่าย (Network)	ksc.net.th

2.5.6 เลขที่อยู่ไอพี

ชื่อเครื่องในรูปแบบของโดเมนช่วยให้ผู้ใช้จดจำ และเรียกใช้งานได้สะดวก หากแต่ในการติดต่อสื่อสารที่เกิดขึ้นจริงคอมพิวเตอร์จำเป็นต้องใช้เลขที่อยู่ประจำตัวเครื่องในรูป ของรหัสตัวเลขโฮสต์ทุกเครื่องที่ติดเชื่อมเข้ากับอินเตอร์เน็ตจึงต้องมีหมายเลขประจำตัวที่ไม่ซ้ำกับเครื่องอื่นใด ตัวอย่างเช่น โฮสต์ chaokhun.kmitl.ac.th มีหมายเลขประจำตัวเครื่องคือ 161.246.10.21 เลขที่อยู่ในรูปตัวเลขนี้เรียกว่า เลขที่อยู่ไอพี (IP Address) หรือ เลขที่อยู่อินเตอร์เน็ต (Internet Address)

เลขที่อยู่ประจำคอมพิวเตอร์ในอินเตอร์เน็ตทุกเครื่องมีขนาด 32 บิต การเขียนเลขที่อยู่นิยมเขียนแยกออกเป็นตัวเลข 4 ส่วนๆ ละ 8 บิต แต่ละส่วนจึงมีค่าไม่เกิน 255 และเขียนเรียงต่อกันไปโดยใช้เครื่องหมายจุดขั้นระหว่างตัวเลข

การเขียนเลขที่อยู่ไอพีมีความหมายคล้ายคลึงกับชื่อโดเมนเนื่องจากมีเครื่องหมายจุดเป็นตัวแยกแต่ว่าชื่อโดเมนก็ไม่มีความเกี่ยวของกับเลขที่อยู่ไอพี ชื่อ โดเมนโดยปกติจะมีจำนวนมากน้อยขึ้นอยู่กับโครงสร้างของเครือข่าย แต่ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยโดเมน 3 ถึง 5 ระดับ แต่ส่วนของตัวเลขไอพีจะเขียนด้วยตัวเลขฐานสิบ 4 ตัวเสมอ

2.6 ประวัติความเป็นมาของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

วิวัฒนาการของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีลำดับดังนี้

ปี ค.ศ. 1950 ศูนย์วิจัยของ IBM ได้เริ่มนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อใช้กับงานวิจัยด้านจิตวิทยา นับว่าเป็นการบุกเบิกด้านนี้เป็นแห่งแรก

ปี ค.ศ. 1958 มหาวิทยาลัย Forida ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อใช้ทบทวนวิชาฟิสิกส์และสถิติ พร้อมๆ กับมหาวิทยาลัย Stanford ได้นำคอมพิวเตอร์มาช่วยสอนภาษาอังกฤษและคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปี ค.ศ. 1960 มหาวิทยาลัย Illinois ได้จัดทำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในวิชาจิตวิทยาการศึกษา และด้านวิศวกรรมศาสตร์โดยตั้งชื่อว่า PLATO CAI (Programmed Learnning for Automated Teaching Operation CAI)

ต่อมาเมื่อคอมพิวเตอร์แพร่หลายมากขึ้น ได้ส่งเสริมพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมากขึ้น ในปี ค.ศ. 1967 มีบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจำหน่ายมากกว่า 1,500 เรื่อง

ในปี ค.ศ. 1970 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้เริ่มแพร่หลายในทวีปยุโรป องค์การ French Nation Experiment in Education Computing ของฝรั่งเศส ได้เริ่มพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสำหรับผู้สอนในระดับมัธยมศึกษาพร้อม ๆ กับประเทศอังกฤษได้ริเริ่มโครงการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมากกว่า 35 โครงการ

ปี ค.ศ. 1971 มหาวิทยาลัย Brigcam Young ร่วมกับมหาวิทยาลัย Texas ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสำหรับมินิคอมพิวเตอร์โดยผสมผสานคอมพิวเตอร์กับโทรทัศน์เพื่อช่วยสอนวิชาภาษาอังกฤษและคณิตศาสตร์ ตั้งชื่อ TICCIT (Time Shared Interactive Computer Controlled Information Television)

พัฒนาการของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ นับตั้งแต่ต้นมา จะประสบความสำเร็จในระดับหนึ่งเท่านั้น ต่อมาเมื่อไมโครคอมพิวเตอร์เริ่มเข้ามามีบทบาทในสถานศึกษามากขึ้น จึงมีการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกันอย่างจริงจัง เช่น มหาวิทยาลัย Osaka ในประเทศญี่ปุ่น เป็นต้น

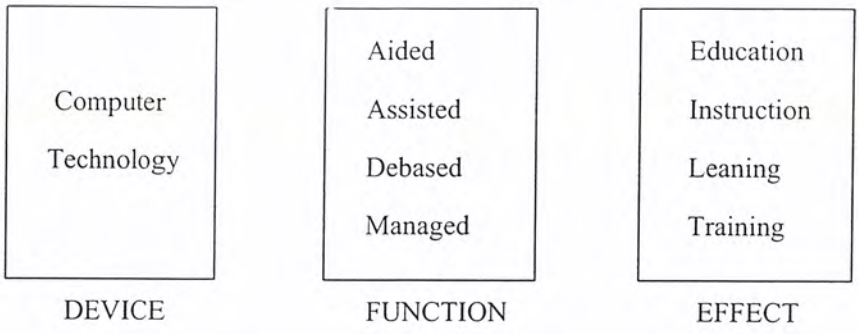
ปัจจุบันบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ได้มีบทบาทสำคัญต่อการเรียนการสอนทั้งในห้องเรียนและการฝึกอบรมในสถานประกอบการ โดยเฉพาะเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันสามารถประยุกต์ใช้งานได้ทั้งภาพ, เสียง และการโต้ตอบ ในลักษณะสื่อประสม (Multimedia) ทำให้แนวโน้มของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ได้แสดงบทบาทในการประยุกต์ใช้งานได้อย่างเต็มที่

2.6.1 ความหมายของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer Assisted Instruction : CAI) เป็นคำศัพท์เดิมที่นิยมใช้ในสหรัฐอเมริกามีความหมายว่า การสอนโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องช่วยสอน แต่ปัจจุบันมีผู้นิยมใช้ คำว่า CBI (Computer Based Teaching หรือ Computer Based Training) มากกว่าความหมายก็คือ การสอนและการฝึกอบรมโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นหลัก

นอกจากนี้ยังมีคำอื่น ๆ ที่กำหนดขึ้นมาอีก ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ เครื่องมือ (Device), หน้าที่ (Function), และผลที่เกิด (Effect) ซึ่งสรุปได้ดังรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ความหมายของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จึงตรงกับคำต่อไปนี้

(Computer Assisted Instruction หรือ Computer Aided Instruction : CAI)

(Computer Based Teaching หรือ Computer Based Training : CBI)

(Computer Based Education : CBE)

(Computer Managed Instruction : CMI)

(Computer Managed Learning : CML)

สำหรับประเทศไทยนั้นจะคุ้นเคยกับคำว่า CAI มากกว่าคำอื่น ๆ ส่วนภาษาไทยนั้น จะใช้คำว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน, บทเรียนช่วยสอนด้านคอมพิวเตอร์, บทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์, บทเรียนสำเร็จรูปด้วยคอมพิวเตอร์, หรืออื่น ๆ

ความหมายของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนคือ บทเรียนสำเร็จรูปที่นำเสนอเนื้อหา สื่อ กิจกรรม การตรวจปรับการประเมินผล และกระบวนการเกี่ยวกับการเรียนรู้อื่น ๆ ด้วยคอมพิวเตอร์

2.6.2 การนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปใช้งาน

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เป็นการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษาในรูปของบทเรียนสำเร็จรูป เพื่อสนับสนุนการเรียนการสอนรายบุคคลทั้งในห้องเรียนของสถาบันการศึกษาและการฝึกอบรมในสถานประกอบการ การนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปใช้งานจึงเหมาะสมกับสถานการณ์ต่อไปนี้

1)ใช้เพื่อสอนแทนผู้สอนทั้งในและนอกห้องเรียน เช่น การสอนแทนผู้สอนโดยตรง การสอนทบทวน การสอนเสริม เป็นต้น

2) ใช้เพื่อการศึกษาทางไกลผ่านสื่อโทรคมนาคม เช่น การเรียนการสอนทางไกล (Distance Learning)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ใช้เพื่อการศึกษาทางไกลผ่านสื่อโทรคมนาคม เช่น การเรียนการสอนทางไกล (Distance Learning)
3) ใช้กับเนื้อหาการสอนที่ซับซ้อน ไม่สามารถศึกษาได้จากของจริงโดยตรง เช่น การเปลี่ยนแปลงภายในโมเลกุล
4) ใช้กับลักษณะงานที่อันตราย มีความเสี่ยงต่อความเสียหายสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการฝึกอบรม เช่น การจำลองระบบการบิน (Fligt Simulator)
5) ใช้กับสาระเนื้อหาที่ต้องการแสดงให้เห็นลำดับขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงทีละขั้น ๆ โดยการจำลองจากเหตุการณ์จริงที่เกิดขึ้นเร็วเกินไปหรือช้าเกินไป
6) ใช้ในการฝึกอบรมพนักงานใหม่ โดยไม่ต้องเสียเวลาเริ่มงานเหมือนกับ การอบรมแบบปกติ
7) ใช้เพื่อคงความเป็นมาตรฐาน ทั้งหลักสูตรการสอน และการฝึกอบรมให้เหมือนกับทุกแห่งที่ใช้หลักสูตรเดียวกัน

2.6.3 ข้อได้เปรียบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

จากผลการวิจัยในการใช้งานของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน สรุปได้ว่า

1) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับการสอนในห้องเรียน
2) ลดเวลาเรียนลง เมื่อเปรียบเทียบกับการสอนในห้องเรียน
3) ผู้เรียนสนใจการเรียนมากขึ้นเมื่อเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
4) ผู้เรียนจะไม่ปฏิสัมพันธ์ (Intertive) กับบทเรียนอย่างแท้จริง โดยมีการโต้ตอบซึ่งกันและกัน ทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างลึกซึ้ง
5) ผู้เรียนเป็นผู้ควบคุมบทเรียนด้วยตนเอง นับตั้งแต่การจัดการบทเรียนเลือกเรียนกิจกรรมที่ตนถนัด จนถึงการประเมินผลการเรียนด้วยตนเอง
6) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เสนอเนื้อหาได้รวดเร็วฉับไว, เก็บเนื้อหาไว้ได้มากกว่า เสนอรูปภาพที่เคลื่อนไหวซับซ้อน และมีเสียงประกอบด้วย
7) สามารถนำติดตัวไปเรียนในสถานที่ต่าง ๆ โดยไม่มีข้อจำกัดด้านเวลาและสถานที่

2.6.4 ข้อเสียเปรียบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ข้อเสียเปรียบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เมื่อเปรียบเทียบกับการเรียนการสอนปกติ จำแนกออกเป็น 4 ประเด็นได้ดังนี้

1) ค่าใช้จ่ายการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จำเป็นต้องลงทุนค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงทั้งทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ผู้เชี่ยวชาญ ต้องจัดเตรียมผู้เชี่ยวชาญในทุก ๆ ด้านมาระดมความคิดในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ทั้งด้านหลักสูตร, การเรียนการสอน, สื่อการสอน, การวัดและการประเมินผล, และด้านการโปรแกรมคอมพิวเตอร์

3) ระยะเวลาการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จะต้องใช้เวลามากสำหรับ การพัฒนา การทดสอบ และการปรับปรุงบทเรียน

4) ความยากในการออกแบบ เนื่องจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะต้องออกแบบให้ยืดหยุนต่อการใช้งาน มีทางเลือกที่เหมาะสมกับผู้เรียนที่มีความถนัดแตกต่างกันจึงเป็นการยากที่จะออกแบบเนื้อหา ให้สอดคล้องกับกลุ่มเป้าหมายที่มีความแตกต่างกันออกไป

2.6.5 ส่วนประกอบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ประกอบด้วย

1) ฮาร์แวร์ ได้แก่ ตัวเครื่องและอุปกรณ์ที่ใช้เป็นทางผ่านของบทเรียน ประกอบด้วย จอภาพ แป้นพิมพ์ เครื่องขับแผ่นดิสก์ เครื่องอ่าน CD-ROM ลำโพง และอื่น ๆ

2) ซอฟต์แวร์ ได้แก่ โปรแกรมที่ใช้ในการจัดการและนำเสนอที่เรียกกันว่า Authoring System เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่ออกแบบมาเพื่อการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยตรง เช่น Authorware, Icon Author, Tencor หรืออาจใช้ภาษาคอมพิวเตอร์ช่วยพัฒนาบทเรียนก็ได้

2.6.6 ลักษณะโครงสร้างของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เป็นการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการเรียนการสอน การทบทวนบทเรียน การทำแบบฝึกหัด หรือการวัดผล ผู้เรียนแต่ละคนจะนั่งอยู่หน้าเครื่องคอมพิวเตอร์เรียกโปรแกรมบทเรียนที่เตรียมไว้สำหรับการสอนวิชานั้น ๆ ขึ้นมาแสดงบทหน้าจอภาพและอ่านทำความเข้าใจโต้ตอบกับบทเรียนตามการจัดการของบทเรียน จนจบบทเรียน

ลักษณะสำคัญของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบทเรียนหนึ่ง ๆ จะประกอบด้วย สาระสำคัญ ๆ 5 ประการดังนี้

1) การสนับสนุนการเรียนการสอนรายบุคคล

2) การโต้ตอบระหว่างผู้เรียนกับบทเรียน

3) รูปแบบการนำเสนอบทเรียน

4) การจัดการบทเรียน

5) ประสิทธิภาพในการใช้งานของบทเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.7 คำนิยามที่เกี่ยวข้องกับเวิลด์ไวด์เว็บ (World Wide Web : WWW)

เวิลด์ไวด์เว็บ เป็นระบบสืบค้นข้อมูลแบบใยแมงมุม (web) โดยการเชื่อมโยงและโอนย้ายข้อมูลจากแหล่งข้อมูลเวิลด์ไวด์เว็บที่เรียกว่า เวิลด์ไวด์เว็บเซิร์ฟเวอร์ (WWW Server) ข้อมูลเวิลด์ไวด์เว็บเป็นข้อมูลชนิด ข้อความ รูปภาพและเสียง ดังนั้นระบบเวิลด์ไวด์เว็บจึงประกอบด้วยนิยามต่าง ๆ ดังอธิบายเอาไว้ดังหัวข้อต่อไปนี้

2.7.1 แหล่งกำเนิดคำนิยามของเวิลด์ไวด์เว็บ

ระบบเวิลด์ไวด์เว็บเป็นระบบสืบค้นหาข้อมูลที่ได้รับการประดิษฐ์คิดค้นขึ้น เมื่อปี 2533 โดย ทิม เบิร์นเนอร์ส-ลี (Tim Berners-Lee) และ โรเบิร์ต ไกล์เลีย (Robert-Caillau) สองนักวิทยาศาสตร์ของสถาบัน เซิร์น (CERN) ซึ่งเป็นห้องปฏิบัติการทางฟิสิกส์แห่งยุโรปที่ตั้งอยู่ที่ นครเจนีวา ประเทศสวิสเซอร์แลนด์ การเริ่มประดิษฐ์โปรแกรมสำหรับแสดงข้อมูลในเวิลด์ไวด์เว็บ โดยมีจุดประสงค์เพื่อการสื่อสารข้อมูลคอมพิวเตอร์ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต โดยสามารถสื่อสารข้อมูลได้หลายแบบ ได้แก่ข้อมูลกราฟฟิกซึ่งเป็นได้ทั้งรูปภาพ และข้อความไฟล์ข้อมูลเสียงและไฟล์ข้อมูลวิดีโอ เป็นต้น

2.7.2 เวิลด์ไวด์เว็บเซิร์ฟเวอร์ (WWW Server)

เป็นแหล่งข้อมูลในระบบเวิลด์ไวด์เว็บหรือ หมายถึง คอมพิวเตอร์ของศูนย์คอมพิวเตอร์ในเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ซึ่งเป็นเซิร์ฟเวอร์ของข้อมูลชนิดที่เลือกว่า ข้อมูลเอชทีเอ็มแอล ตัวอย่างรายชื่อของเซิร์ฟเวอร์ได้แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่2.2 รายชื่อเวิลด์ไวด์เว็บเซิร์ฟเวอร์ที่สำคัญ

เวิล์ดไวด์เว็บเซิร์ฟเวอร์	สถานที่
www.law.cornell.edu	**สถาบันกฎหมายคอร์เนลล์ ประเทศสหรัฐอเมริกา**
www.nssa.uiuc.edu	ศูนย์คอมพิวเตอร์ประยุกต์แห่งชาติ ประเทศสหรัฐอเมริกา
www.uiuc.edu	มหาวิทยาลัยอิลินอยส์ ประเทศสหรัฐอเมริกา
www.info.cern.ch	สถาบันเซิร์น ประเทศสวิสเซอร์แลนด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
40202

2.7.3 เอชทีทีพี (Hyper Text Transfer Protocal : http)

เอชทีทีพี เป็นระบบสื่อสารเชื่อมโยงเพื่อโอนย้ายข้อมูลเอชที่เอ็มแอล ซึ่งเป็นข้อมูลที่ใช้ในระบบเวิลด์ไวด์เว็บ ดังนั้นการเชื่อมโยงเพื่อโอนย้ายไฟล์ในระบบเวิลด์ไวด์เว็บจึงต้องระบุรูปแบบของรหัสการสืบค้นข้อมูลด้วยการเชื่อมโยงโดยรหัสสืบค้นข้อมูลตามเอชทีทีพีดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

2.7.4 เอชทีเอ็มแอล (Hyper Text markup Language : HTML)

เอชทีเอ็มแอล เป็นโปรแกรมสำหรับเขียนไฟล์ข้อมูลแบบไฮเปอร์เท็กซ์ ซึ่งเป็นไฟล์ข้อมูลที่ใช้ในระบบเวิลด์ไวด์เว็บ ดังนั้นจึงเรียกข้อมูลชนิดนี้ว่า ข้อมูลเอชทีเอ็มแอล ข้อมูลชนิดนี้ประกอบด้วยข้อมูลหลาย ๆ แบบ เช่น ข้อมูลภาพ ข้อมูลเสียง เป็นต้น ตัวอย่างข้อมูลภาพได้แก่ ภาพ *.gif ซึ่งฝังตัวอยู่บนไฟล์ข้อมูลแบบเอชทีเอ็มแอล ในการโอนย้ายข้อมูลเอชทีเอ็มแอล เป็นการโอนย้ายข้อมูล ชนิดข้อความเป็นอันดับแรก และตามด้วยการโอนย้ายข้อมูลภาพ *.gif หรือข้อมูลภาพอื่น ๆ เนื่องจากข้อมูลภาพโดยมากเป็นข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ เมื่อเทียบกับไฟล์ข้อความ ดังนั้นหากผู้ใช้ต้องการความรวดเร็วของการโอนย้ายข้อมูลแบบข้อความ อย่างไรก็ตามผู้ใช้สามารถที่จะกำหนดการโอนย้ายไฟล์ข้อมูลเอชทีเอ็มแอลโดยไม่มีการโอนย้ายข้อมูลภาพ โดยการกำหนดผ่านโปรแกรมเวิลด์ไวด์เว็บบราวเซอร์ สำหรับชื่อไฟล์เอชทีเอ็มแอลถูกกำหนดให้มีชื่อขยายเป็น html ภายใต้ระบบปฏิบัติการยูนิกซ์หรือ htm ภายใต้ระบบปฏิบัติการดอส สำหรับการโอนย้ายข้อมูลเอชทีเอ็มแอลเป็นการเชื่อมโยงที่ เรียกว่า ไฮเปอร์ลิงค์ เนื่องจากข้อมูลเอชทีเอ็มแอลเป็นข้อมูลที่ประกอบด้วยข้อมูลพิเศษต่าง ๆ ได้แก่ ข้อมูลไฮเปอร์เท็กซ์ ข้อมูลภาพ *.gif และข้อมูลไฮเปอร์มิเดีย ตัวอย่างของไฟล์ข้อมูลเอชทีเอ็มแอล ได้แก่ ข้อมูลโฮมเพจ (homepage) หรือโปรแกรมที่ปรากฏอยู่บนเวิลด์ไวด์เว็บเซิร์ฟเวอร์ทั่วไป

2.7.5 ไฮเปอร์เท็กซ์ (Hypertext)

ไฮเปอร์เท็กซ์ เป็นคำหรือข้อความพิเศษในไฟล์ข้อมูลเอชทีเอ็มแอล ซึ่งสามารถสื่อสารโดยการเชื่อมโยงแหล่งข้อมูลได้ด้วย เมาส์คลิกไปยังคำสั่งพิเศษนั้น การเชื่อมโยงข้อมูลภายใต้ไฮเปอร์เท็กซ์ มีความหมายตรงกับการเชื่อมโยงข้อมูลเอชทีเอ็มแอล จากแหล่งข้อมูลที่เป็นเวิลด์ไวด์เว็บเซิร์ฟเวอร์ โดยผ่านรหัสสืบค้นยูอาร์แอล ซึ่งการเชื่อมโยงเช่นนี้ถูกเรียกว่า ไฮเปอร์ลิงค์ ดังนั้นไฮเปอร์เท็กซ์จึงเปรียบเสมือนเป็นเมนูที่นำไปสู่การเชื่อมโยงข้อมูล เพื่อโอนย้ายข้อมูลดังกล่าวมายังคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้พร้อมแสดงข้อมูลทางจอภาพภายใต้เวิลด์ไวด์เว็บบราวเซอร์

2.7.6 ไฮเปอร์ลิงค์ (Hyperlink)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฮเปอร์ลิงค์ เป็นการเชื่อมโยงโอนย้ายข้อมูลเวิลด์ไวด์เว็บเซิร์ฟเวอร์มายังคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้นั้น โดยผ่านโฮมเพจ หรือระบบข้อมูลเอชทีเอ็มแอล การเชื่อมโยงแบบไฮเปอร์ลิงค์ทำได้โดยการใช้เมาส์คลิกไปยังขิอความที่กำหนดให้มีการเชื่อมโยงโดยรหัสสืบค้นยูอาร์แอล หรืออาจกล่าวสรุปว่า ไฮเปอร์ลิงค์เป็นการเชื่อมโยงผ่านไฮเปอร์เท็กซ์ วัตถุประสงค์ของการเชื่อมโยงไฮเปอร์ลิงค์ คือ ความต้องการในการโอนย้ายข้อมูลเอชทีเอ็มแอลจากเวิลด์ไวด์เว็บเซิร์ฟเวอร์

2.7.7 ไฮเปอร์มิเดีย (Hypermedia)

ไฮเปอร์มิเดียมีความหมาย เช่นเดียวกับ ไฮเปอร์เท็กซ์ กล่าวคือ ไฮเปอร์มิเดียเป็นข้อความพิเศษบนข้อมูลเอชทีเอ็มแอล ซึ่งสามารถสื่อสารโดยการเชื่อมโยงแหล่งข้อมูลโดยการใช้เมาส์คลิกไปยังข้อความพิเศษนั้น ซึ่งการกระทำเช่นนี้เป็นการเชื่อมโยงที่เรียกว่า ไฮเปอร์ลิงค์ โดยทำให้เกิดผลของการเชื่อมโอนย้ายข้อมูลเอชทีเอ็มแอลซึ่งเป็นข้อมูลที่ประกอบด้วยข้อมูลหลายสื่อ อันได้แก่ ข้อมูลภาพ ข้อมูลเสียง และข้อมูลวีดีโอ เป็นต้น ดังนั้นจึงเรียกการเชื่อมโยงเช่นนี้ว่า ไฮเปอร์มิเดีย

2.8 ภาษาเอชทีเอ็มแอล (HTML)

2.8.1 คำนิยามของเอชทีเอ็มแอล

เอชทีเอ็มแอลมีความหมายได้หลายอย่างขึ้นอยู่กับการกล่าวอ้าง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเอชทีเอ็มแอลหมายถึงการสื่อสารในระบบเวิลด์ไวด์เว็บภายใต้รูปกราฟฟิค โดยที่มีความหมายเจาะจงดังนี้

1) เอชทีเอ็มแอลเป็นไฟล์ข้อมูลชนิดพิเศษซึ่งเป็นไฟล์แสดงการฟฟิคในระบบเวิลด์ไวด์เว็บที่มีชื่อภายใต้ระบบยูนิกซ์ เป็น *.html หรือที่เป็น *.htm ภายใต้ระบบการจัดการของดอส
2) เอชทีเอ็มแอลเป็นภาษาที่ใช้เขียนไฟล์ข้อมูลในระบบเวิลด์ไวด์เว็บซึ่งเรียกว่า ภาษาเอชทีเอ็มแอล ดังนั้นเอชทีเอ็มแอลจึงเป็นหัวใจของระบบเวิลด์ไวด์เว็บและโดยทั่วไป ระบบเวิลด์ไวด์เว็บ หมายถึง การแสดงข่างสารในรูปกราฟฟิค ฉะนั้นการกล่าวถึงเวิลด์ไวด์เว็บจึงหมาถึงการแสดงข้อมูลเอชทีเอ็มแอลภายใต้รูปแบบการฟฟิคเป็นหลัก

2.8.2 คำสั่งเอชทีเอ็มแอล

คำสั่งของเอชทีเอ็มแอลประกอบด้วยสองส่วน คือ คำสั่งหัวเรื่อง (head) และคำสั่งเนื้อความ (body) คำสั่งหัวเรื่องเป็นคำสั่งเพื่อแสดงข้อความ เพื่ออธิบายสถานที่ที่เป็นเวิลด์ไวด์เว็บบราวเซอร์ หรือ เป็นโปรแกรมโฮมเพจนั่นเอง โดยชื่อของโปรแกรมดังกล่าวจะไปปรากฏบนเมนูของโปรแกรมเวิลด์ไวด์เว็บถูกเชื่อมโยงแบบ ไฮเปอร์เท็กซ์ ดังนั้นหัวเรื่องจึงหมายถึงข้อความของโฮมเพจ เพราะเนื่องจากโปรแกรมเอชทีเอ็มแอลเป็นโปรแกรมของโฮมเพจ ส่วนคำสั่งเนื้อนความเป็นคำสั่งแสดงข้อความบนโฮมเพจ ซึ่งประกอบด้วยคำสั่งแสดงแบบตัวอักษรของคำที่ใช้ในการอธิบาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่งการจัดวางหน้าของข้อความ คำสั่งเพื่อเชื่อมโยงแบบไฮเปอร์ลิงค์ และคำสั่งเชื่อมโยงรูปภาพ เป็นต้น สำหรับคำสั่งหัวเรื่องและคำสั่งเนื้อความได้แสดงเอาไว้ในตารางที่ 2.5 และ 2.6 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.3 คำสั่งหัวเรื่องและคำอธิบาย

คำสั่งหัวเรื่อง	คำอธิบาย
<TITLE>...</TITLE>	เพื่อแสดงชื่อไฟล์เอกสารหรือโฮมเพจ
<ISINDEX>	เพื่อแสดงว่าไฟล์เอกสารเป็นชนิดที่สืบค้นได้
<NEXTID>	เพื่อแสดงเขลประจำตัวของไฟล์เอกสาร
<LINK>	เพื่อกำหนดความสัมพันธ์ระหว่าไฟล์เอกสารฉบับนี้กับไฟเอกสารเฉพาะอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง
<BASE>	เพื่อกำหนดการอ้างอิงรหัสสืบค้นยูอาร์แอล

ตารางที่ 2.4 คำสั่งเนื้อความและคำอธิบาย

คำสั่งเนื้อหา	คำอธิบาย
<H1>...</H1>	เพื่อกำหนดแบบหัวข้อให้เป็นตัวอักษรขนาดใหญ่ที่สุด
<H2>...</H2>	เพื่อกำหนดแบบหัวข้อให้เป็นตัวอักษรขนาดยักษ์
<H3>...</H3>	เพื่อกำหนดแบบหัวข้อให้เป็นตัวอักษรขนาดใหญ่
<H4>...</H4>	เพื่อกำหนดแบบหัวข้อให้เป็นตัวอักษรขนาดกลาง
<H5>...</H5>	เพื่อกำหนดแบบหัวข้อให้เป็นตัวอักษรขนาดเล็ก
<H6>...</H6>	เพื่อกำหนดแบบหัวข้อให้เป็นตัวอักษรขนาดเล็กที่สุด
<A>...<A/>	เพื่อสร้างไฮเปอร์เท็กซ์สำหรับการเชื่อมโยง
<P>	เพื่อกำหนดย่อหน้าข้อความ
 	เพื่อเว้นบรรทัดเมื่อจบข้อความ
<HR>	เพื่อขีดเส้นกราฟฟิกส์ในแนวนอน
<PRE>...</PRE>	เพื่อกำหนดแบบตัวอักษรของข้อความ
<UL>...</UL>	เพื่อแสดงรายการโดยไม่ต้องเรียงลำดับ
<OL>...</OL>	เพื่อแสดงรายการโดยต้องเรียงลำดับ

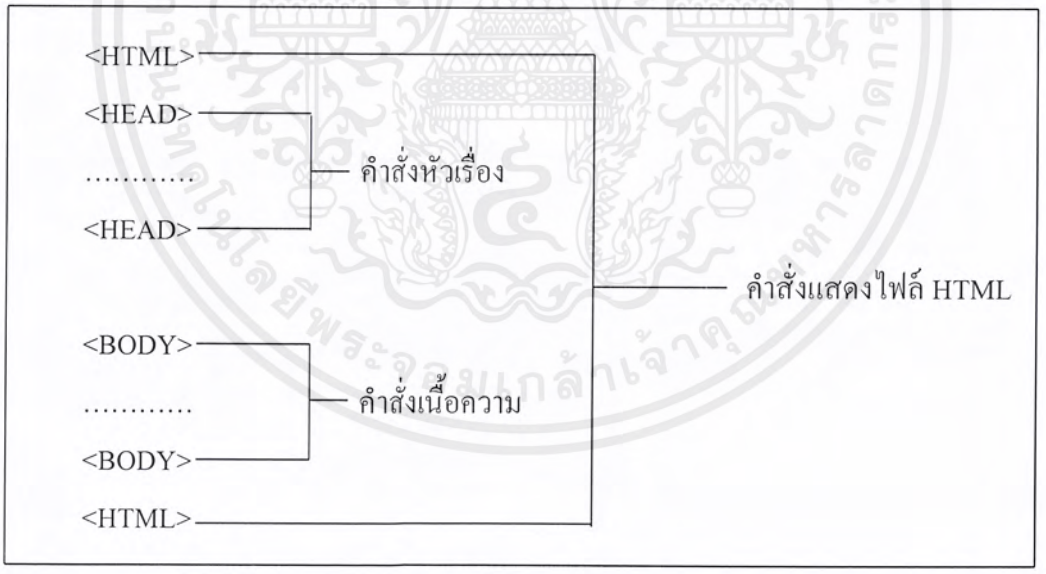
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<LI>	เพื่อแสดงข้อความแต่ละบรรทัดตามคำสั่ง<UL> และ <OL>
<DL>…</DL>	เพื่อแสดงการอธิบายรายการ
<DT>	เพื่อแสดงคำที่ต้องอธิบายภาพใต้คำสั่ง <DL>

ตารางที่2.4 (ต่อ) คำสั่งเนื้อความและคำอธิบาย

คำสั่งเนื้อหา	คำอธิบาย
<DO>	เพื่อแสดงข้อความอธิบายคำสั่งที่กำหนดโดย <DT>
<IMG>	เพื่อแสดงภาพจากการเชื่อมโยง

โครงสร้างของคำสั่งในโปรแกรมเอชทีเอ็มแอล ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ประกอบด้วย คำสั่ง <HTML>…</HTML> ซึ่งเป็นคำสั่งพิเศษที่ใช้แสดงข้อความเป็นโปรแกรมเอชทีเอ็มแอล ในคำสั่งหัวเรื่อง <HEAD>…</HEAD> โดยทั่วไปมักใช้คำสั่ง <TITLE>…</TITLE> เพื่อใช้แสดงชื่อเอชทีเอ็มแอลในขณะที่ไฟล์ข้อมูลถูกเชื่อมต่อแบบไฮเปอร์เท็กซ์



รูปที่ 2.2 โครงสร้างคำสั่งของโปรแกรมเอชทีเอ็มแอล

2.9 JAVA Script

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

JAVA Script เป็นภาษาสคริปต์แบบใหม่ที่พัฒนาโดย Netscape เราสามารถสร้าง web-page ที่มีการโต้ตอบกับผู้ใช้ได้อย่างง่ายดาย บทเรียนนี้จะแสดงให้เห็นว่า JAVA Script ง่ายเพียงใด JAVAScript ไม่เกี่ยวกับ JAVA เลย ต้องมีเบราเซอร์ที่สามารถใช้ JAVAScript ได้ เช่น Netscape Navigator (ตั้งแต่เวอร์ชั่น 2.0) หรือ Microsoft Internet Explorer (MSIE ตั้งแต่เวอร์ชั่น 3.0) ซึ่งเป็นที่นิยมโดยทั่วไป JAVA Script สามารถทำงานบน เบราเซอร์ ทั้งสองได้

2.10 การสื่อสารเพื่อการศึกษา

2.10.1 องค์ประกอบของการสื่อสาร

1) แหล่งสาร หรือผู้ส่ง (Source or Sander)
2) ข่าวสาร (Massage)
3) ช่องทางการส่ง (Channel)
4) ผู้รับ (Receiver)

1) แหล่งสาร หรือผู้ส่ง (Source or Sander)

ในกระบวนการติดต่อสื่อสาร คือ ผู้ส่งสาร ผู้ส่งสารจะต้องมีลักษณะอย่างน้อย 4 ประการ จึงจะช่วยให้การติดต่อสื่อสารมีประสิทธิผล คุณลักษณะทั้ง 4 ประการ จะเป็นบทบาทของผู้รับสารด้วย

1.1) ทักษะในการสื่อสาร (Communication Skills) เช่น การมีความสามารถในการพูด การเขียน การฟัง และการหาเหตุผล การพูดและการเขียนนั้นเป็นทักษะในการเข้ารหัส (Encoding Skills) การอ่านและการฟัง เป็นทักษะในการถอดรหัส (Decoding Skills) ส่วนการหาเหตุผลนั้น เป็นทักษะทั้งการเข้ารหัสและการถอดรหัส

1.2) เจตคติ (Attitude) ต้องมีเจตคติที่ดีต่อตนเองคือ เป็นคนที่มีความมั่นใจในตนเอง มีเจตคติที่ดีต่อเรื่องที่ที่จะสื่อสาร และมีเจตคติที่ดีต่อผู้รับ

1.3) ระดับความรู้ (Knowledge) เป็นเรื่องของความรู้ความสามารถของผู้ส่งและผู้รับในเนื้อหาเรื่องราว (content) ที่จะสื่อสารกัน หากมีความรู้ดีในเรื่องที่สื่อสารกัน การสื่อสารย่อมจะประสบความสำเร็จได้ง่ายและรวดเร็ว

1.4) ระบบสังคม (Social System) ในการสื่อสารกล่าวได้ว่า ไม่มีผู้ใดไม่ว่าจะเป็นผู้ส่งสารและผู้รับสารก็ตาม จะต้องอยู่ในระบบสังคม ซึ่งมีระบบแตกต่างกันมากมายหลายระบบ แนวทางในการปฏิบัติย่อมแตกต่างกัน บทบาทในสังคมต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กัน ดังนั้น จะต้องพิจารณาปัญหาความแตกต่างดังกล่าว ถ้าลืมความแตกต่างในข้อนี้อาจสื่อความหมายกันได้ยาก ลำบากและล้มเหลวได้

1.5) วัฒนธรรม (Culture) แต่ละกลุ่มในสังคมมีความเชื่อและดำเนินชีวิตในวิถีทางที่ต่างกัน ผู้ส่งสารจำเป็นที่จะต้องศึกษา และทำความเข้าใจวัฒนธรรมของผู้รับสารเพื่อความสะดวกในการสื่อความหมาย

2) สาร (Message)

ข่าวสารในกระบวนการติดต่อสื่อสาร มีองค์ประกอบ 3 ประการ คือ

2.1) รหัสของสาร (Message Code) คือข่าวสารจะแปลออกมาเป็นรหัส เพื่อสะดวกในการส่ง การรับ และการตีความหมาย

2.2) เนื้อหาของสาร (Message content) คือสาระเนื้อหาที่จะส่งให้ผู้รับ

2.3) การจัดการสาร (Message Treatment) คือการจัดการกับเนื้อหาที่จะใช้ในกระบวนการติดต่อสื่อสาร เช่น การรวบรวม เรียบเรียง จัดลำดับเนื้อหา เพื่อให้สะดวกต่อการสื่อความหมาย

องค์ประกอบทั้ง 3 นี้ จะต้องคำนึงถึง 2 สิ่งควบคู่กันไป คือ ส่วนประกอบ (Element) และโครงสร้าง (Structure) ทั้งนี้เพราะถ้าจัดกระทำข่าวสารไม่เหมาะสมไม่เป็นไปตามขั้นตอนหรือสับ-สน มีส่วนประกอบและโครงสร้างไม่ดี ไม่มีระเบียบ สับสน จะทำให้การสื่อสารเป็นไปอย่างไม่สะดวกอาจจะไม่บรรลุผลตามความมุ่งหวัง

แชรม (Schram) ได้เสนอลักษณะของสารที่ดีไว้ 4 ประการ คือ

1. สารนั้นจะต้องออกแบบและส่งไป ให้สามารถดึงความตั้งใจของจุดหมายปลายทางได้
2. สารนั้นจะต้องใช้เครื่องหมายซึ่งทั้งผู้ส่งและผู้รับเพื่อให้ความหมายเข้าใจตรงกันได้
3. สารนั้นจะต้องกระตุ้นความต้องการทางบุคลิกภาพของผู้รับ และเสนอแนะแนวทางในการตอบสนองความต้องการนั้น
4. สารนั้นจะต้องเสนอแนะวิธี ซึ่งจะสนองความต้องการ ซึ่งจะทำได้ในภาวะทางสังคมขณะนั้น

3) ช่องทาง (Channel)

ช่องทางการสื่อสารโดยทั่วไปมีอยู่ 2 อย่าง คือ

3.1) ช่องทางประสาทสัมผัส (Snsory) ได้แก่ การมองเห็น การได้ยินเสียง กายสัมผัส และนาสิกสัมผัส

3.2) การใช้ตัวกลางที่มนุษย์จัดสร้างขึ้น ได้แก่ สิ่งพิมพ์ และสื่ออิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไปสารส่วนใหญ่ที่ส่งออกไป มักใช้ช่องทางประเภทที่ 2 เพราะสามารถครอบคลุมช่องทางประเภทแรกด้วย แต่ทั้งนี้จะต้องพิจารณาด้วยว่า

1. ช่องทางที่ผู้ส่งสารสามารถจะใช้นั้นมีอะไรบ้าง
2. ช่องทางใดที่ผู้รับคุ้นเคยหรือมีความเชื่อถือ
3. ช่องทางใดทำหน้าที่ได้ดีกว่าช่องทางอื่น
4. ช่องทางใดที่จะสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการสื่อสารได้ดีที่สุด
5. จะมีช่องทางใดเสริมกันได้บ้าง

4) ผู้รับ (Receiver)

การสื่อสารจะได้ผลดีเพียงใดนั้น ผู้รับเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่ง ผู้รับจะต้องมีทักษะในการสื่อสาร จะต้องมีเจตคติที่ดีต่อตนเอง ต่อผู้สื่อสาร และต่อเรื่องที่จะสื่อสาร วัตถุประสงค์ของการสื่อสารจะสำเร็จได้ อยู่ที่การยอมรับสารของผู้รับ ความตั้งใจและความเข้าใจ ถือว่าเป็นสิ่งสำคัญในการทำให้ผู้รับสารยอมรับสารนั้น

ปัจจัยอีกประการหนึ่งที่สำคัญ คือ การย้อนกลับ (Feedback) เมื่อผู้ส่งสารออกไป ผู้รับสารรับสารแล้วจะมีปฏิกริยาตอบสนองย้อนกลับมาเพื่อผู้ส่งสารรับแล้วปรับสาร

2.11 สื่อการสอน (Instruction Media)

สื่อการสอน หมายถึง ตัวกลางที่ช่วยนำและถ่ายทอดข้อมูลความรู้จากผู้สอนหรือจากแหล่งความรู้จากผู้สอนหรือจากแหล่งความรู้ไปยังผู้เรียน เป็นสิ่งช่วยอธิบายและขยายเนื้อหาบทเรียนให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจเนื้อหา, ได้ง่ายขึ้นเพื่อบรรลุวัตถุถึงประสงค์การเรียนที่ตั้งใจ (กิดานันท์ มลิทอง, 2536)

2.11.1 คุณค่าของสื่อการสอน

สื่อการสอนสามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งกับผู้เรียนและผู้สอนดังต่อไปนี้

1) สื่อกับผู้เรียน

1.1) เป็นสิ่งที่ช่วยให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาบทเรียนที่ยุ่งยากซับซ้อนได้ง่าย ในระยะเวลาอันสั้น และสามารถช่วยให้เกิดความคิดรวบยอดในเรื่องนั้นได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

1.2) สื่อจะช่วยกระตุ้นและสร้างความสนใจให้กับผู้เรียน ทำให้เกิดความสนุกและไม่รู้สึกเบื่อหน่ายการเรียน

1.3) การใช้สื่อทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจตรงกัน และเกิดประสบการณ์ร่วมกันในวิชาที่เรียนนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4) ช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนมากขึ้น ทำให้เกิดมนุษย-สัมพันธ์อันดีในระหว่างผู้เรียนด้วยกันเองและกับผู้สอนด้วย

1.5) ช่วยสร้างเสริมลักษณะที่ดีในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์จากการใช้สื่อเหล่านั้น

1.6) ช่วยแก้ไขปัญหาเรื่องความแตกต่างระหว่างบุคคลโดยการจัดทำให้มีการใช้สื่อในการศึกษารายบุคคล เช่น คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI)

2) สื่อกับผู้สอน

2.1) การใช้สื่อวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ประกอบการเรียนการสอน เป็นการช่วยให้บรรยากาศในการสอนน่าสนใจยิ่งขึ้น ทำให้ผู้เรียนมีความสนุกสนานในการสอนมากกว่าวิธีที่เคยใช้การบรรยายแต่เพียงอย่างเดียว และเป็นการสร้างความเชื่อมั่นในตัวเองให้เพิ่มขึ้นด้วย

2.2) สื่อจะช่วยแบ่งเบาภาระผู้สอนในด้านการเตรียมเนื้อหา เพราะบางครั้งอาจให้ผู้เรียนศึกษาเนื้อหาจากสื่อได้เอง

2.3) เป็นการกระตุ้นให้ผู้สอนตื่นตัวอยู่เสมอ ในการเตรียมและผลิตวัสดุใหม่ ๆ เพื่อใช้เป็นสื่อการสอน ตลอดจนคิดค้นเทคนิควิธีการต่าง ๆ เพื่อให้การเรียนรู้น่าสนใจยิ่งขึ้น

อย่างไรก็ตาม สื่อการสอนจะมีคุณค่าก็ต่อเมื่อผู้สอน ได้นำไปใช้อย่างเหมาะสมและถูกวิธี ดังนั้น ก่อนที่จะนำสื่อแต่ละอย่างไปใช้ ผู้สอนจึงควรจะได้ศึกษาถึงลักษณะและคุณสมบัติของสื่อการสอน ข้อดีและข้อจำกัดอันเกี่ยวเนื่องกับตัวสื่อ และการใช้สื่อแต่ละอย่างตลอดจนการผลิตและการใช้สื่ออย่างเหมาะสมกับสภาพการเรียนการสอนด้วย ทั้งนี้เพื่อให้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนบรรลุผลตามจุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ที่วางไว้

2.11.2 หลักการเลือกสื่อการสอน

การเลือกสื่อการสอนเพื่อนำมาใช้ประกอบการสอนเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นเป็นสิ่งสำคัญยิ่ง โดยการเลือกสื่อการสอนผู้สอนจะต้องตั้งวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมในการเรียนให้แน่นอนเสียก่อน เพื่อใช้วัตถุประสงค์นั้นเป็นตัวชี้นำในการเลือกสื่อการสอนที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังมีหลักการอื่น ๆ เพื่อประกอบการพิจารณา (Davies 1981 : 192) คือ

1) สื่อนั้นต้องสัมพันธ์กับเนื้อหาบทเรียนและจุดมุ่งหมายที่จะสอน

2) เลือกสื่อที่มีเนื้อหาถูกต้อง ทันสมัย น่าสนใจ และเป็นสื่อที่จะให้ผลต่อการเรียนการสอนมากที่สุด ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาวิชานั้นได้ดีเป็นลำดับขั้นตอน

3) เป็นสื่อที่เหมาะสมกับวัย ระดับชั้น ความรู้ และประสบการณ์ของผู้เรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) สื่อนั้นต้องสะดวกในการใช้ มีวิธีใช้ไม่ยุ่งยากซับซ้อนจนเกินไป

5) ต้องเป็นสื่อที่มีคุณภาพเทคนิคการผลิตที่ดี มีความชัดเจนและเป็นจริง

6) มีราคาไม่แพงจนเกินไป หรือถ้าผลิตเองได้ควรคุ้มค่ากับเวลาและการลงทุน

จากหลักการนี้สรุปได้ว่า การจะเลือกสื่อมาใช้ในการเรียนการสอนอย่างมีประสิทธิภาพนั้นผู้สอนจะต้องมีความรู้ความสามารถและทักษะในเรื่องต่าง ๆ ดังนี้

1) วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและจุดมุ่งหมายในการเรียนการสอน

2) จุดมุ่งหมายในการนำสื่อมาใช้ประกอบหรือร่วมใน กิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อให้นำบทเรียนใช้การประกอบคำอธิบาย ใช้เพื่อเพิ่มพูนประสบการณ์แก่ผู้เรียนหรือใช้เพื่อสรุปบทเรียน

3) ต้องเข้าใจลักษณะเฉพาะของสื่อต่าง ๆ แต่ละชนิดว่า สามารถเร้าความสนใจและให้ความหมายต่อประสบการณ์การเรียนรู้แก่ผู้เรียน ได้อย่างไรบ้าง เช่น หนังสือเรียนและสิ่งพิมพ์อื่น ๆ ใช้เพื่อเป็นความรู้พื้นฐานและอ้างอิง ของจริงและของจำลองใช้เพื่อให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรง แผนภูมิ แผนภาพ และแผนสถิติ ใช้เพื่อต้องการเน้นหรือเพื่อแสดงให้เห็นส่วนประกอบหรือเปรียบเทียบข้อมูล สไลด์และฟิล์มสทริปใช้เพื่อเสนอภาพนิ่งขนาดใหญ่ให้ผู้เรียนเห็นทั้งชั้นหรือใช้เพื่อการเรียนรายบุคคลก็ได้ เหล่านี้เป็นต้น

4) ต้องมีความรู้เกี่ยวกับแหล่งของสื่อการเรียนการสอน ทั้งภายในและภายนอกสถาบันการศึกษา สื่อบางอย่างจะคุ้มค่าในการผลิตเองหรือไม่ หรืออาจหายืมที่ไหนได้บ้าง

2.12 เทคโนโลยีทางการศึกษา (Educational Technology)

เทคโนโลยีทางการศึกษา หมายถึง การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ แนวความคิด กระบวนการ วิธีการ เทคนิคตลอดจนอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ มาใช้ร่วมกัน เพื่อแก้ปัญหาในด้านการเรียนการสอน

เทคโนโลยีทางการศึกษาแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ วัสดุ (Materials) หรือ Soft ware, เครื่องอุปกรณ์ต่าง ๆ (Equipment, Devices) หรือ Hardware, วิธีการหรือเทคนิค (Methods or Techniques)

1) **วัสดุ (Materials) หรือ Soft ware** หมายถึง ผลิตกรรมทางวิทยาศาสตร์ สิ่งที่มีการยุบพังสิ้นเปลืองได้ง่าย เช่น ชอล์ก ดินสอ กระดาษฟิลม์สไลด์ ฟิล์มสตริป ม้วนเทปบันทึกเสียง ฟิล์มภาพยนตร์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) **เครื่องอุปกรณ์ต่าง ๆ (Equipment, Devices) หรือ Hardware** หมายถึง ผลิตกรรมทางวิศวกรรมที่เป็นเครื่องมืออุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น เครื่องฉายภาพยนตร์ เครื่องเล่นเทปบันทึกเสียง เครื่องฉายสไลด์ เครื่องฉายฟิล์มสตริป เครื่องคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

3) **วิธีการหรือเทคนิค (Methods or Techniques)** หมายถึง ระบบ กระบวนการ กิจกรรมต่าง ๆ ที่ต้องคำนึงถึง หลักจิตวิทยา สังคมวิทยา ภาษา ฯลฯ ที่นำมาใช้ในการศึกษา เช่น การสาธิต การสอนเป็นคณะ การสอนโดยกลุ่มสัมพันธ์ การสอนแบบโปรแกรม การสอนแบบจุลภาค เป็นต้น

2.13 เทคโนโลยีการสอน

เทคโนโลยีการสอน หมายถึง การนำเทคโนโลยีมาใช้ตามความหมายของ เทคโนโลยีการศึกษาที่ได้กล่าวมานั้น เป็นการใช้เทคโนโลยีในทุกด้านของวงการศึกษา (เช่น ด้านการจัดการ การบริหารและด้านการเรียนการสอน) แต่ถ้ามีการนำเทคโนโลยีมาใช้เฉพาะในด้าน การเรียนการสอนแล้วจะเรียกว่า "เทคโนโลยีการสอน" (Instructional Technology) เราอาจกล่าวได้ว่าเทคโนโลยีการสอนนั้น เป็นองค์ประกอบย่อยส่วนหนึ่งของเทคโนโลยีการศึกษา เปรียบเสมือนการสอนเป็นองค์ประกอบย่อยส่วนหนึ่งของการศึกษา ทั้งนี้เพราะเทคโนโลยีการสอนเกี่ยวข้องกับเฉพาะปัญหาด้านการเรียนการสอนเป็นการนำสื่อประเภทต่าง ๆ เทคนิควิธีการ วิธีระบบตลอดถึงการใช้หลักการต่าง ๆ ทางด้าน สังคมศาสตร์ จิตวิทยา และวิทยาศาสตร์กายภาพมาใช้ เพื่อแก้ปัญหาทางด้านการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น (กิดานันท์ มลิทอง, 2536) ตัวอย่าง เช่น การนำคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอน การใช้โทรทัศน์เพื่อการเรียนการสอน การส่งสัญญาณผ่านดาวเทียม เพื่อถ่ายทอดการสอน จากศูนย์การเรียนหนึ่งไปสู่ศูนย์การเรียนอีกที่หนึ่ง การใช้บทเรียนโปรแกรมตามหลักการของการวิจัยด้านมนุษย์ศาสตร์ และการออกแบบการสอนอย่างเป็นระบบ เป็นต้น

2.13.1 นวัตกรรมและเทคโนโลยี (Innovation and Technology)

นวัตกรรม (Innovation) หมายถึง การนำสิ่งใหม่ ๆ เข้ามาเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติม วิธีการที่ทำอยู่เดิมให้ได้ผลดียิ่งขึ้น

2.13.2 หลักการของนวัตกรรม

1) นวัตกรรม เป็นจุดก่อตัวของเทคโนโลยี สิ่งที่เปลี่ยนแปลงใหม่ ๆ เมื่อผ่านการพิสูจน์และวิจัย และเผยแพร่จนเป็นที่ยอมรับกันแล้วก็จะกลายเป็นเทคโนโลยี

2) เมื่อนวัตกรรมถูกใช้ไปนาน ๆ จนเป็นปกติวิสัยสิ่งนั้นก็จะกลายเป็นเทคโนโลยีไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) เทคโนโลยีเมื่อใช้ไปนาน ๆ เกิดจุดบกพร่องจำเป็นต้องปรับปรุงให้ดีขึ้น ให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น ซึ่งการคิดค้นปรับปรุงเบลี่ยนแปลงดังกล่าวสิ่งนั้นก็จะกลายเป็นนวัตกรรมอีกครั้ง

สิ่งที่จะถือว่าเป็นนวัตกรรมได้มีเกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้

1) จะต้องเป็นสิ่งใหม่ทั้งหมดหรือบางส่วน อาจจะเป็นของเก่าในอดีต แต่นำมาปรับปรุงใหม่ให้ดีขึ้น
2) มีการนำวิธีการจัดระบบ (System Approach) มาใช้โดยพิจารณาองค์ประกอบทั้งส่วนข้อมูลที่ใส่เข้าไป กระบวนการและผลลัพธ์ โดยกำหนดขั้นตอนการดำเนินการให้เหมาะสมก่อนที่จะทำการเปลี่ยนแปลง
3) มีการพิสูจน์ด้วยการวิจัยหรืออยู่ระหว่างการวิจัยว่า สิ่งใหม่นั้นจะช่วยให้การแก้ปัญหาและการดำเนินงานบางอย่างให้มีประสิทธิภาพสูงกว่าเดิม
4) ยังไม่เป็นส่วนหนึ่งของระบบงานปัจจุบัน หากสิ่งใหม่นั้นได้รับการเผยแพร่ และยอมรับจนกลายเป็นส่วนหนึ่งของระบบงานที่ดำเนินอยู่ในขณะนี้ สิ่งนั้นก็ไม่นับว่าเป็นนวัตกรรมอีกต่อไป แต่จะเปลี่ยนสภาพเป็นเทคโนโลยีอย่างเต็มที่

แนวคิด หลักปฏิบัติ ระบบ กระบวนการ วิธีการ ระเบียบ กฎ และสิ่งประดิษฐ์ ซึ่งไม่ถือว่าเป็นนวัตกรรมในประเทศหนึ่ง แต่อาจเป็นนวัตกรรมในประเทศอื่นได้

2.14 ระบบการเรียนการสอนทางไกล

มีผู้ให้คำนิยามของการเรียนการสอนทางไกล (Distance Learning) หรือการศึกษาทางไกล (Distance Education) ไว้หลายท่าน เช่น ไกรมส์ (Grimes) ได้ให้นิยามการศึกษาทางไกล "คือ แนวทางทุก ๆ แนวทางของการเรียนหลักสูตรการเรียนการสอนปกติที่เกิดขึ้นขบวนการเรียนรู้นี้ ครูผู้สอนและนักเรียนจะอยู่คนละสถานที่กัน" จากความหมายดังกล่าว ไกรมส์ ได้อธิบายถึงเรื่องการใช้เทคโนโลยีการเรียนการสอนผ่านสื่อทางไกล โดยเขาได้ให้นิยามที่กระชับและเข้าใจง่ายสำหรับการศึกษาทางไกลสมัยใหม่ไว้ว่า คือ "การนำบทเรียนไปสู่นักเรียนโดยใช้เทคโนโลยีมากกว่าที่จะใช้เทคโนโลยีนำนักเรียนไปสู่บทเรียน" นอกจากนี้ไกรมส์ ยังได้ถอดความของคีแกน (Keegan) ซึ่งได้กำหนดลักษณะของการสอนทางไกลไว้ ดังนี้คือ

- เป็นขบวนการเรียนการสอนที่ครูและนักเรียนอยู่ต่างสถานที่กัน
- สถาบันการศึกษาเป็นผู้กำหนดขอบเขตและวิธีการในการบริหารจัดการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ใช้ขบวนการทางสื่อในการนำเสนอเนื้อหาหลักสูตร
- สามารถติดต่อกันได้ทั้งระหว่างครูกันนักเรียน และ/หรือสถาบันการศึกษากับนักเรียน

การศึกษาทางไกลในทางปฏิบัติเราอาจเห็นลักษณะการจัดการในรูปแบบต่างๆ กันดังนี้

2.14.1 การสอนทางไกลทิศทางเดียว (One-way Video Broadcasting)

โดยการอาศัยเทคโนโลยีระบบการแพร่ภาพอากาศทางวิทยุโทรทัศน์ ทางเคเบิ้ลทีวีหรือการแพร่ภาพผ่านดาวเทียม หรือ แม้แต่การแพร่ภาพสัญญาณจากห้องผู้สอน ไปยังเครื่องรับภาพในห้องเรียนของอาคารเรียนเดียวกัน นับเป็นทางประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางโทรคมนาคมมาประยุคใช้ในวงการศึกษาหลายแห่งได้ใช้เทคโนโลยีดังกล่าว ทำการเรียนการสอนจนได้ผลและเป็นที่ยอมรับทั่วไป เช่น มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช,มหาวิทยาลัยรามคำแหง, หรือ ระบบการศึกษาทางไกลไทยคม ของกรมการศึกษานอกโรงเรียนเป็นต้น

2.14.2 การประชุมทางไกลแบบสองทาง (Video Conferencing System)

ระบบประชุมทางไกลเป็นระบบที่สามารถติดต่อสื่อสารข้อมูลภาพ, เสียง ได้พร้องกันในเวลาเดียวกันได้มากกว่าหนึ่งจุด ซึ่งจะอำนวยประโยชน์ทำให้สามารถร่วมประชุมกันได้ในที่ที่ห่างไกลกันเช่นต่างมหาลัยกัน สามารถประชุมรวมกันได้โดยใช้เครือข่ายสารสนเทศ อันเป็นการประหยัดเวลาในการเดินทาง และเป็นการสื่อสารด้วยเส้นใยแก้วนำแสง หรือระบบดาวเทียม ในปัจจุบันสามารถนำมาใช้ประยุกต์ในการเรียนการสอนทางไกลได้ ซึ่งจะเป็นการง่ายและสะดวกยิ่งขึ้นที่จะทำให้อาจารย์ กับนักศึกษาจะพูดคุยปรึกษาปัญหาโดยผ่านระบบการประชุมทางไกลแบบสองทาง หรือนัดศึกษาเอง ไม่ว่าจะเป็นมหาวิทยาลัยเดียวกัน หรือต่างมหาวิทยาลัยสามารถพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันได้โดยผ่านเครือข่ายสารสนเทศ

2.14.3 การเรียนด้วยตนเองและการเรียนเสริม

1) **อินเตอร์เน็ต** เป็นแหล่งข้อมูลที่มีความสำคัญกับการศึกษาเป็นอย่างมากในปัจจุบันเพื่อให้นิสิตนักศึกษา อาจารย์ค้นคว้าหาข้อมูลเพื่อการศึกษา และทำวิจัย นอกจากนี้ยังจะใช้สำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูลซึ่งกันและกัน โดยปัจจุบันส่วนใหญ่การเชื่อมต่อเครือข่ายอินเตอร์เน็ต แต่ละมหาวิทยาลัยต้องรับผิดชอบในค่าใช้จ่ายเอง แนวโน้มของระบบอินเตอร์เน็ตจะแพร่หลายในระดับ วิทยาลัย และโรงเรียนมัธยมมากขึ้น หรือแม้แต่การใช้งานเฉพาะตัวบุคคลส่วนตัวก็มีหน่วยงานเอกชนเปิดบริการให้สมัครเป็นสมาชิกโดยค่าใช้จ่ายและการลงทุนก็มีแนวโน้มถูกลง
2) **ห้องสมุดอิเล็กทรอนิกส์** โดยอาศัยระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ได้มีโครงการพัฒนาระบบห้องสมุดมหาวิทยาลัย ชื่อระบบ INPACT ซึ่งมีเครือข่ายเชื่อมโยงทั้งภายในประเทศและระหว่างสถาบันการศึกษาต่างประเทศ ช่วยทำให้การสืบค้นหนังสือใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดเป็นไปด้วยความสะดวกมากขึ้นทำให้ไม่ต้องเดินทางไปยัง สถาบันการศึกษา โดยตรงเพียงเพื่อสืบค้นหนังสือที่ต้องการไม่กี่เล่ม แต่สามารถใช้ระบบ INPACT บน โปรแกรม TELNET ของเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ก็จะช่วยให้การสืบค้นหนังสือได้เช่นกัน

3) **การใช้ระบบเรียนตามความต้องการ (Education on Demand) ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและมีสื่อสนับสนุนที่สมบูรณ์เพียงพอ** จำเป็นต้องอาศัยการเป็นเครือข่ายการสอน โดยการใช้ สื่อประสม (Multimedia) ทำการบันทึกภาพจากการสอนจริงในห้องเรียน อยู่กับเครือข่าย และนักศึกษาสามารถเชื่อมต่อเข้าสู่เซิร์ฟเวอร์เพื่อสอนซ้ำ อันเนื่องจากการพลาดโอกาสการเรียนในบทเรียนนั้น ๆ หรือต้องการทบทวนได้ทุกเวลาที่นักศึกษาต้องการ นอกจากนี้แล้วยังมีการสร้างสื่อการสอนที่เป็นบทเรียนสำเร็จรูปที่เหมาะสมสำหรับการเรียนรู้ด้วยตนเองหรือเพื่อที่จะเป็นการทบทวนบทเรียน

2.15 จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม หรือ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม หรือ จุดประสงค์การเรียนรู้ (Behavioral Objectives)

2.15.1 ความสำคัญของจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

การกำหนดจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมนั้นจะช่วยครูผู้สอนในการพิจารณาว่า เราต้องการให้นักเรียนเรียนรู้อะไรบ้าง จะวัดอะไรและวัดสิ่งที่ต้องการนั้นได้อย่างไร เพื่อให้นักเรียนบรรลุผลสัมฤทธิ์ตามสิ่งที่ต้องการนั้น จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมจะช่วยให้ผู้สอนในการเตรียมแผนการสอน ช่วยแนะวิธีในการเรียนให้แก่นักเรียน และใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนั้นผู้สอนควรจะต้องรับผิดชอบในการจัดการเรียนการสอน ดังนี้

1) กำหนดจุดมุ่งหมายของการสอนในแต่ละวิชาให้ชัดเจน

2) ดำเนินการสอนให้บรรลุตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้

3) เตรียมการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้

ก่อนที่จะพิจารณาถึงความหมายของจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม จะมีการพิจารณาถึงความหมายของคำต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและมักจะพบอยู่เสมอ เช่น

ผลที่เกิดขึ้น (Outcome) หมายถึง ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น เนื่องมาจากประสบการทางการศึกษา หรือผลที่เกิดจากการเรียนการสอน ได้แก่ ความรู้ความสามารถ ทักษะ และความรู้สึกต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดมุ่งหมาย (Objective) หมายถึง การกำหนดความต้องการเกี่ยวกับผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น (Outcome) อันเนื่องมาจากผลของการเรียนการสอน แต่ Outcome ที่ต้องการนั้นมีอะไรบ้างเป็นการกำหนดจุดมุ่งหมาย (Objective)

เป้าหมาย (Goal) หมายถึง การคาดคะเนจุดมุ่งหมาย หรือตั้งจุดมุ่งหมายว่าจะต้องบรรลุผลสำเร็จอะไรบ้าง เมื่อใด ที่ไหน และอย่างไร

ความต้องการ (Need) หมายถึง ความรู้สึกขัดแย้งระหว่างจุดมุ่งหมาย และการกระทำที่กำลังปฏิบัติอยู่

จากความหมายจากคำเหล่านี้ จึงพอจะกล่าวได้ว่า

จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม (Behavioral Objective) หมายถึง การกำหนดผลลัพธ์ที่ต้องการในลักษณะที่สังเกตและทำการวัดได้ จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมจะต้องเป็นพฤติกรรมที่สังเกตได้ หรือเป็นกริยาที่แสดงถึงการกระทำ เช่น การอภิปราย การเขียน และการอ่าน ส่วนพฤติกรรมที่ไม่สามารถสังเกตได้จะไม่กำหนดเป็นจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม เพราะไม่สามารถประเมินผลได้ เช่น ความซาบซึ้ง หรือ อาจกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ

จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม หมายถึง จุดมุ่งหมายในการเรียนการสอนที่ผู้สอนต้องการให้ผู้เรียนแสดงออกหลังจากการเรียนรู้แล้วว่า นักเรียนจะต้องทำอะไรบ้าง โดยขึ้นอยู่กับเงื่อนไข (Condition) และเกณฑ์ (Criteria) ที่ผู้สอนกำหนดโดยที่พฤติกรรมที่ผู้เรียนแสดงออกต้องเป็นพฤติ-กรรมที่ที่สังเกตและวัดได้ จากความหมายที่กล่าวมานี้ จะเห็นว่าจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

1) **พฤติกรรมที่คาดหวัง (Expected Behavior)** หมายถึง พฤติกรรมที่ผู้สอนคาดว่าเมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนไปแล้ว ผู้เรียนจะต้องแสดงการกระทำออกมาอย่างไรบ้างจึงจะรับว่าผู้เรียนผ่านการเรียนรู้จนบรรลุจุดมุ่งหมายของหลักสูตรและผู้สอน โดยการกระทำนั้นจะต้องสามารถสังเกตหรือวัดได้พฤติกรรมที่คาดหวังนี้อาจคาดหวังได้ 3 ประการ คือ
   1.1) คาดหวังว่าจะต้องมีพฤติกรรมนี้มาก่อนเป็นพื้นฐาน (Entry)
   1.2) คาดหวังว่าพฤติกรรมนี้จะต้องเกิดตามมาเป็นลำดับ (Hierachy)
   1.3) คาดหวังว่าพฤติกรรมนั้นจะเกิดในขั้นสุดท้ายหรือปลายทาง (Terminal)
2) **สถานการณ์หรือเงื่อนไข (Condition or Given)** หมายถึง สิ่งที่แสดงสภาพหรือกำหนดขอบเขตของการเกิดพฤติกรรมตามที่ผู้สอนต้องการ เพื่อช่วยขยายพฤติกรรมให้เด่นชัดมากยิ่งขึ้นหรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ การกำหนดเนื้อหาและกิจกรรมที่สอดคล้องกับการเรียนการสอน เนื่องจากสถานการณ์ คือ สภาพหรือสิ่งเร้าที่ผู้สอนจัดให้กับเด็ก โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฉพาะอย่างยิ่งสถานการณ์ที่สร้างขึ้นสำหรับการทดสอบอาจได้มาจาก เรื่องราว วัสดุ อุปกรณ์ เนื้อหา หรือข้อมูลที่นักเรียนได้รับระหว่างการเรียนการสอน โดยลักษณะของเงื่อนไขหรือสถานการณ์นี้จะต้องชัดเจนเพียงพอที่จะให้ผู้สอนคนอื่น ๆ สามารถจัดหาหรือสร้างเงื่อนไขนั้น ๆ แทนได้อีกด้วย

3) **เกณฑ์ (Criteria)** หมายถึง สิ่งที่แสดงว่าผู้เรียนได้แสดงพฤติกรรมออกมา ซึ่งถือว่าเป็นความสามารถขั้นต่ำ ที่แสดงว่าผู้เรียนได้บรรลุจุดประสงค์นั้น ทั้งนี้ผู้เรียนจะปฏิบัติได้ดีเพียงใด หรือ พฤติกรรมของผู้เรียนควรจะอยู่ในระดับใดจึงจะยอมรับรับว่าผู้เรียนมีพฤติกรรมที่คาดหวังจริง โดยเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดอาจจะถูกจำกัดด้วยเวลา หรือจำกัดคำตอบที่ถูกต้อง ซึ่งสามารถพิจารณาได้ดังนี้

3.1) การกำหนดเวลา ควรจะใช้ต่อเมื่อต้องการจะวัดความสามารถทางทักษะ และความชำนาญของผู้เรียน ในการฝึกทักษะการใช้เครื่องมือ หรือการทดลอง

3.2) การกำหนดคำตอบที่ถูกต้อง จะใช้ต่อเมื่อต้องการวัดความสามารถด้านการรับรู้และความคิดอย่างมีเหตุผล เช่น การนำหลักการหรือเกณฑ์ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ๆ การตั้งสมมติฐาน การออกแบบ และการวางแผนการทดลอง

2.15.2 การเขียนจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

การเขียนจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมจะต้องประกอบด้วยองค์ประกอบของ จุดมุ่งหมายเชิง-พฤติกรรมทั้ง 3 ประการ คือ

1) **การเขียนพฤติกรรมที่คาดหวัง** ควรใช้คำที่เป็นพฤติกรรมที่สังเกตหรือวัดได้ คำที่ใช้ควรจะเป็นคำที่ระบุการกระทำ เช่น บอก บรรยาย สร้าง เขียน ยกตัวอย่าง จะเห็นว่าคำที่เขียนต้องเป็นคำที่แสดงออกถึง พฤติกรรมที่เด่นชัด ไม่กำกวม แต่มีคำคำบางคำที่มีความหมายคลุมเครือ เป็นพฤติกรรมที่ผู้ประเมินไม่สามารถสังเกตได้ เช่น คำว่า เข้าใจ รู้ รู้จัก ตระหนัก ทราบ เชื่อ สนใจ ซาบซึ้ง มีความคิดที่มีเหตุผล มีทัศนคติที่ดี มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เห็นคุณค่า, นิยม ยกย่อง มีความสำนึก ยึดมั่น รัก, เก็บความ เป็นต้น คำเหล่านี้เป็นสภาพภายในตัวของผู้เรียน สังเกตไม่ได้ จะต้องตีความหมาย เช่น “เข้าใจ” แสดงกริยาอย่างไรว่าเข้าใจ หรือ “ซาบซึ้ง” ผู้เรียนแสดงออกมาอย่างไร จึงไม่นิยมนำคำเหล่านี้มาเขียนเป็นพฤติกรรมที่คาดหวังในจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม ทำให้ไม่สามารถทราบได้ว่านักเรียนมีความสามารถด้านนั้น ๆ แล้วหรือไม่

ตัวอย่างพฤติกรรมที่คาดหวัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- บอกความหมายของ RTD ได้
- ยกตัวอย่างเครื่องมือวัดอุณหภูมิได้
- เปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียของไดอะแฟรมได้

2) **การเขียนเงื่อนไขหรือสถานการณ์** ในการเขียนเงื่อนไขหรือสถานการณ์นั้น ผู้สอนจะต้องคำนึงถึงสิ่งเร้าที่จัดให้ผู้เรียน หรือสิ่งที่เป็นเครื่องกระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมที่คาดหวังในระหว่างที่มีการประเมิน ทั้งนี้ผู้สอนสามารถกำหนดเงื่อนไขหรือสถานการณ์ในการจัดการเรียนการสอนได้ดังนี้

2.1) กำหนดสถานการณ์เป็นเนื้อหาของบทเรียน แล้วให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมในบทเรียนนั้น ๆ เช่น กำหนดเลขให้ 2 จำนวน นักเรียนสามารถบอกได้ว่า เลข 2 จำนวนนี้เมื่อหารด้วย 2 แล้วจำนวนไหนมากกว่ากัน

2.2) กำหนดสถานการณ์ในลักษณะเงื่อนไขของการทำงาน เช่น แบ่งครึ่งเส้นตรงโดยใช้วงเวียนได้

3) **การเขียนเกณฑ์** เกณฑ์ในที่นี้หมายถึงข้อความที่ระบุว่า ผู้เรียนจะต้องปฏิบัติได้ดีเพียงใด หรือพฤติกรรมของผู้เรียนควรจะอยู่ในระดับใด จึงจะได้รับการยอมรับว่ามีพฤติกรรมที่คาดหรือหวัง หรือสามารถทำสิ่งนั้นได้จริง เกณฑ์ที่กำหนดนี้เป็นความสามารถขั้นต่ำที่ต้องการ มีวิธีกำหนดได้ดังนี้

3.1) กำหนดด้วยเวลา ควรใช้เมื่อต้องการวัดทักษะหรือความชำนาญ เช่น ต้องการฝึกทักษะในการใช้เครื่องมือหรือการทดลอง เช่น ให้ทำให้เสร็จภายใน 5 นาที ทำได้ถูกต้องภายใน 10 นาที

3.2) กำหนดด้วยสัดส่วนของงานที่ทำได้ต่องานทั้งหมด เช่น ทำได้ถูกต้อง 8 ใน 10 ข้อ หรือทำได้ถูกต้อง 80 %

ในการกำหนดเกณฑ์ โดยทั่วไปกำหนดไว้ที่ 82-85 % หรืออาจตั้งไว้สูงกว่านี้ก็ได้แต่ต้องระวังไว้ว่าการตั้งเกณฑ์สูงเกินไป เช่น 95% หรือ 100% อาจทำให้ผู้เรียนส่วนน้อยเท่านั้นที่ปฏิบัติได้ ในทำนองเดียวกันถ้ากำหนดเกณฑ์ไว้ต่ำเกินไป ผู้เรียนจำนวนมากที่ปฏิบัติได้ทั้ง ๆ ที่สภาพความเป็นจริงแล้วผู้เรียนยังไม่เกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้

2.15.3 ประโยชน์ของจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม)

จากการที่จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม ซึ่งเป็นแบบเฉพาะเจาะจง เป็นการจำแนกจุดประสงค์การเรียนการสอนที่ละเอียดและเป็นรูปธรรม เพื่อสะดวกในการนำเอามาใช้อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งพอจำแนกได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) **เป็นแนวทางในการสร้างสูตร** โดยผู้สร้างหลักสูตรจะสร้างจุดประสงค์ทั่วไปและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่เจาะจงขึ้น ขั้นตอนในการสร้างจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมจะช่วยในการกำหนดและประเมินจุดประสงค์ทั่วไป กำหนดเนื้อหาและคัดเลือกจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่เหมาะสมกับวิชาและผู้เรียน
2) **เป็นแนวทางในการสร้างวัสดุประกอบหลักสูตร** เช่น ตำรา แบบเรียน คู่มือครู โดยการสอนว่าควรมีลักษณะอย่างไร เนื้อหาเพียงใดมีวิธีการการนำเสนออย่างไร รวมทั้งเป็นแนวทางในการสร้างอุปกรณ์ วัสดุ เอกสารประกอบการสอนอื่น ๆ เช่น บทเรียนแบบโปรแกรม แบบทดสอบ แบบฝึกหัด เป็นต้น
3) **เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน** ว่าควรจัดกิจกรรมอย่างไรเพื่อให้บรรลุจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยฉฉพาะอย่างยิ่งจะช่วยพัฒนาการเรียนการสอนให้มีการพัฒนาสมรรถภาพระดับสูงได้ดีขึ้น เพราะการตั้งจุดมุ่งหมายหรือจุดประสงค์ที่ชัดเจนจะช่วยให้เห็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน มีจุดมุ่งหมายที่แน่นอน
4) **เป็นแนวทางการเรียนรู้ของผู้เรียน** เพื่อให้ผู้เรียนปรับปรุงตัวเองไปตามทิศทางและระดับความมุ่งหวังของหลักสูตรได้ดีกว่าไม่รู้จุดประสงค์ และช่วยเพิ่มแรงจูงใจในการเรียน ตลอดจนสามารถวิเคราะห์จุดอ่อนของตนเองเพื่อช่วยในการวางแผนการเรียนต่อไป
5) **เป็นแนวทางในการประเมินผลการเรียนการสอน** จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่เขียนไว้อย่างสมบูรณ์ ย่อมจะบอกสถานการณ์เพื่อการประเมินผลไว้ด้วย ช่วยให้ข้อสอบที่สร้างขึ้นครอบคลุมและตรงตามจุดประสงค์ของหลักสูตร
6) **เป็นแนวทางในการปรับปรุงการเรียนการสอนอยู่ตลอดเวลา** จากการประเมินผลจะทำให้ทราบว่าจุดประสงค์ที่ตั้งไว้แล้วดีหรือไม่ จะต้องมีการปรับปรุงการเรียนการสอนหรือไม่
7) **ช่วยในการพัฒนาการสอนของครู** ให้เป็นไปตามลำดับขั้นของจุดประสงค์ทำให้สอนได้ครบตามเนื้อหาและกระบวนการ
8) **ช่วยในการพัฒนาสื่อการสอน**
9) **ช่วยให้สามารถเลือกเครื่องมือวัดได้ตรงตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้**

2.16 การวางแผนออกข้อทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.16.1 การทำตารางวิเคราะห์หลักสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากระบบการเรียนการสอนซึ่งมีองค์ประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ จุดประสงค์ กิจกรรมการเรียนการสอน และการวัดผลนั้น จะต้องมีกระบวนการที่สอดคล้องสัมพันธ์กัน ดังนั้น ทุกครั้งที่มีการวัดผลและประเมินผล จำเป็นต้องมีการวางแผนการสร้างเครื่องมือสำหรับใช้ในการวัดผลอย่างรอบคอบตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จึงจะทำให้ผลของการวัดนั้นเป็นที่น่าเชื่อถือหรือเชื่อมั่นได้อย่างแท้จริง

ในการวางแผนออกข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้น จะต้องคำนึงถึงสิ่งสำคัญเหล่านี้ คือ

1) จะออกข้อทดสอบเรื่องอะไร หรือหน่วยอะไร และจะออกอย่างละกี่ข้อ
2) ข้อทดสอบที่ออกนั้นจะวัดสมรรถภาพด้านใด หรือระดับพฤติกรรมสูงต่ำขนาดไหน และอย่างละเท่าไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและการสร้าง

การออกแบบบทเรียนสอนทางไกลผ่านอินเตอร์เน็ต วิชาเซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์ซึ่งเป็นสื่อประกอบการเรียนการสอน การออกแบบและการสร้างโครงงานนี้เราใช้ภาษา HTML, ภาษา JAVA Script, โปรแกรม Dreamweaver และโปรแกรมช่วยสร้างภาพอื่น ๆ เน้นสื่อความหมายรูปแบบที่เข้าใจง่าย และในทุก ๆ บทจะประกอบด้วยคำอธิบายหลัก ๆ ของแต่ละหัวข้อ และรูปภาพที่เกี่ยวข้องในการอธิบายส่วนแบบฝึกหัดจะมีแบบทดสอบ และตรวจคำตอบระหว่างผู้สอนกับผู้เรียนได้ ส่วนบทเรียนที่ไม่เข้าใจก็สามารถฝากคำถามไว้ให้อาจารย์ผู้สอนตอบก็ได้ การสร้างและการออกแบบนี้ สามารถใช้เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้อีกด้วย

3.1 เครื่องมือที่เกี่ยวข้องในการออกแบบและสร้าง

3.1.1 ด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware)

1) เครื่องคอมพิวเตอร์ Celeron 500 MHz.
2) หน่วยความจำหลัก SDRAM 128 Mb
3) ฮาร์ดดิสก์ 10.2 Gb
4) Mouse A Tech
5) Sound Card YAMAHA
6) สแกนเนอร์

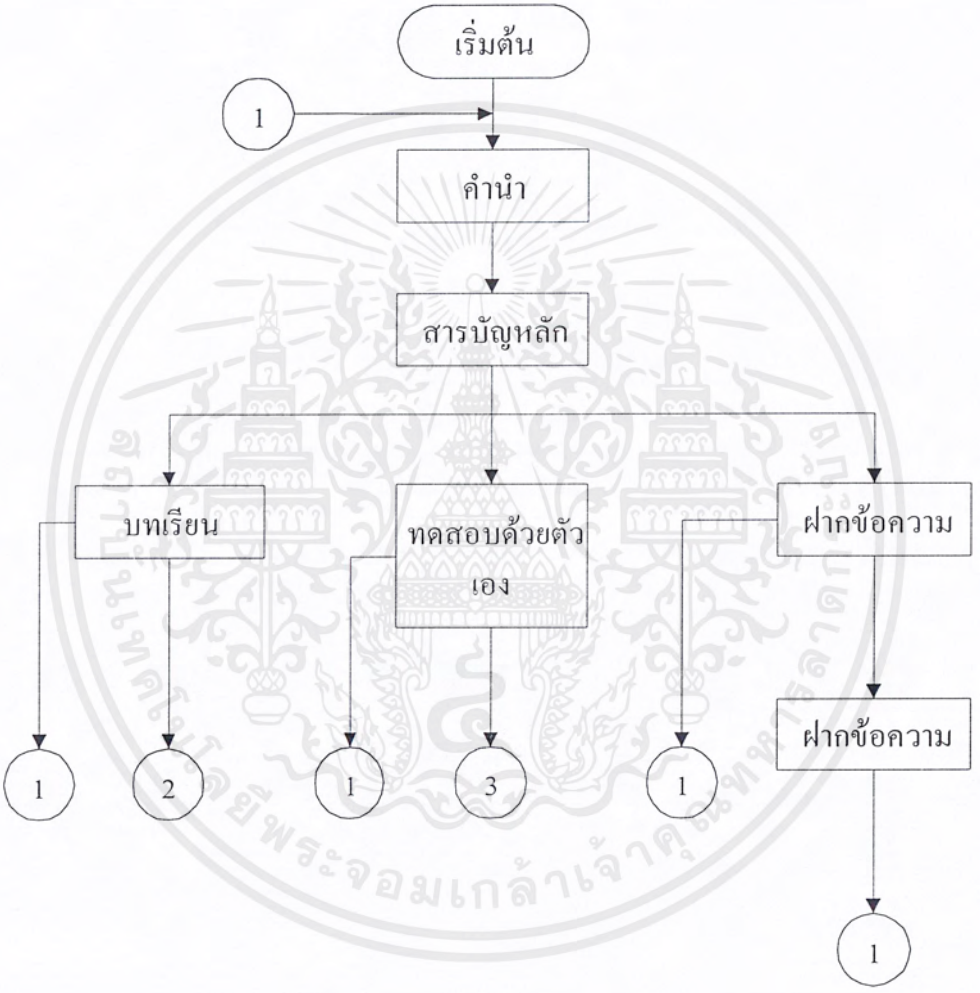
3.1.2 ด้านซอฟต์แวร์ (Softwar)

1) โปรแกรม Dreamweaver
2) โปรแกรม Notepad
3) โปรแกรม Adobe photoshop 5.5
4) โปรแกรม Internet Explorer 5.0
5) โปรแกรม Netscape communication 4.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

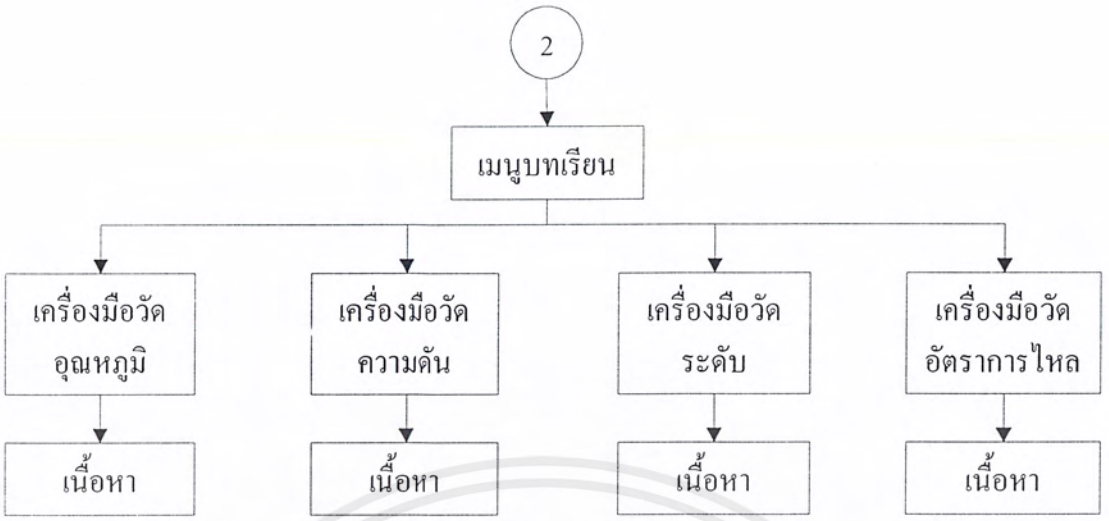
3.2 ขั้นตอนการออกแบบโปรแกรม

บทเรียนสอนทางไกลผ่านอินเตอร์เน็ต วิชาเซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์ ประกอบด้วย บทเรียน,แบบทดสอบตัวเอง, การฝากข้อความ, ดังรูปที่ 3.1

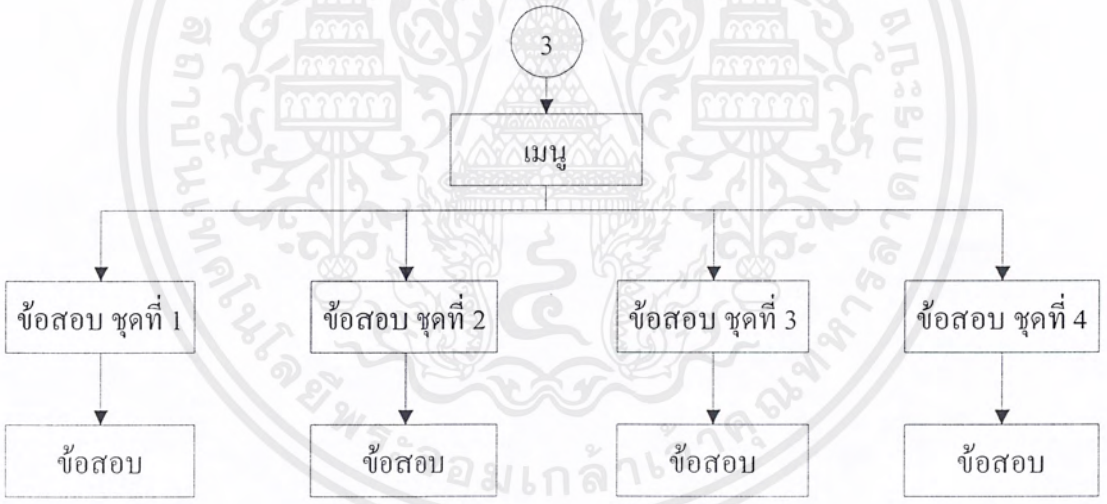


รูปที่ 3.1 ผังขั้นตอนการทำงานของบทเรียนทางไกลผ่านอินเตอร์เน็ต วิชาเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 (ต่อ) ผังขั้นตอนการทำงานของบทเรียนสอนทางไกลผ่านอินเตอร์เน็ต วิชาเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์



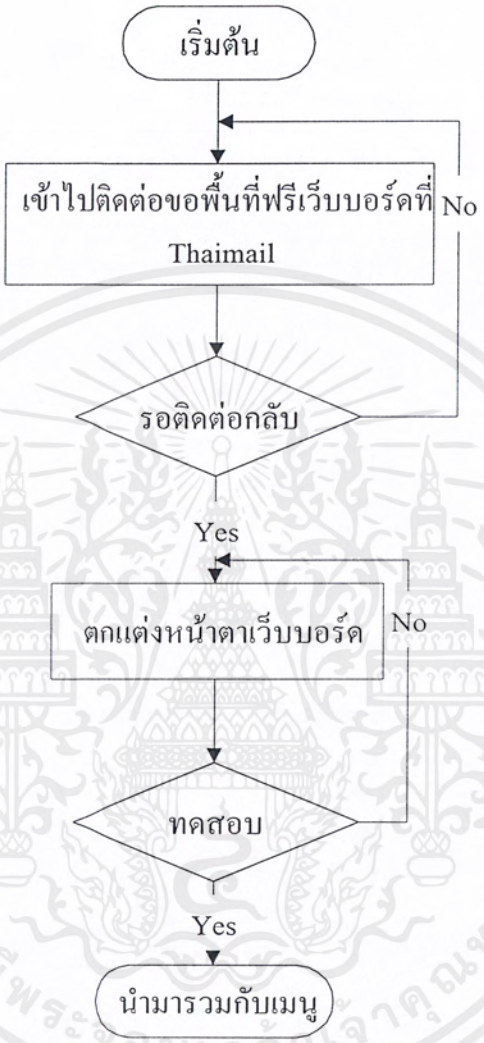
รูปที่ 3.1 (ต่อ) ผังขั้นตอนการทำงานของบทเรียนสอนทางไกลผ่านอินเตอร์เน็ต วิชาเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์

จากผังการทำงานดังรูปที่ 3.1 ได้ออกแบบและสร้างส่วนต่าง ๆ ของผังการทำงานในแต่ละส่วน โดยแยกเป็นส่วน ๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 ผังขั้นตอนการสร้างกระดานข่าว

ผังขั้นตอนการสร้างกระดานข่าว เป็นดังรูปที่ 3.2

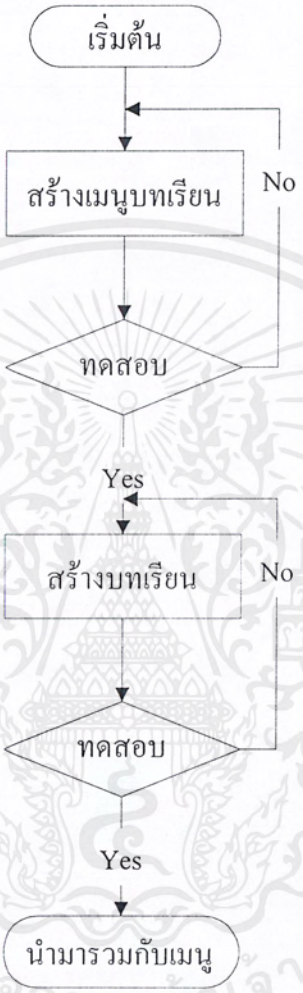


รูปที่ 3.2 ผังขั้นตอนการสร้างกระดานข่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ผังขั้นตอนการสร้างบทเรียน

การสร้างบทเรียนด้วยโปรแกรม Dreamweaver มีขั้นตอนการสร้างรูปที่ 3.3

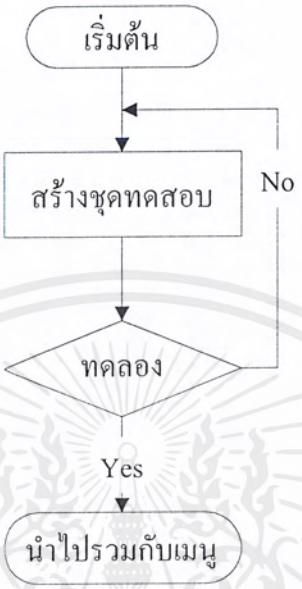


รูปที่ 3.3 ผังขั้นตอนการสร้างบทเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 ผังการสร้างแบบทดสอบ

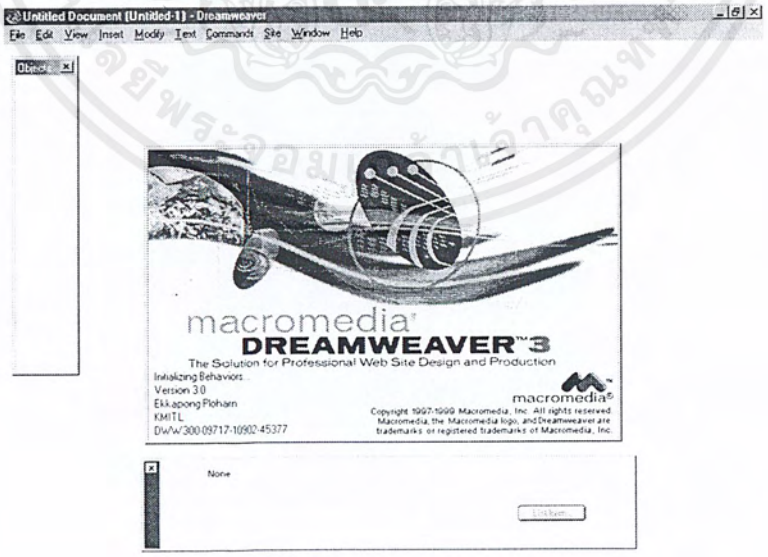
การสร้างแบบทดสอบด้วยโปรแกรม Dreamweaver มีขั้นตอนการสร้างดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ผังขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบ

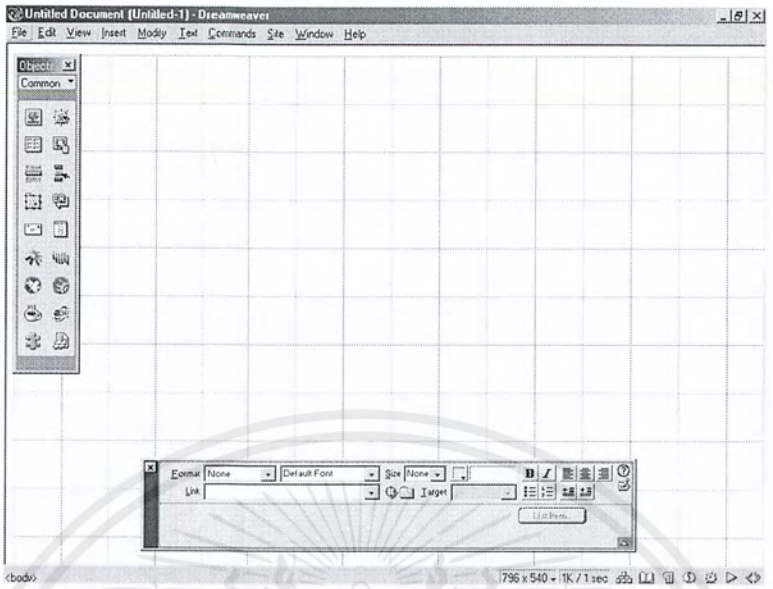
3.3 วิธีการสร้าง Web Page โดยใช้ Dreamweaver

1. เรียกโปรแกรม Dreamweaver ขึ้นมาดังรูปที่ 3.5



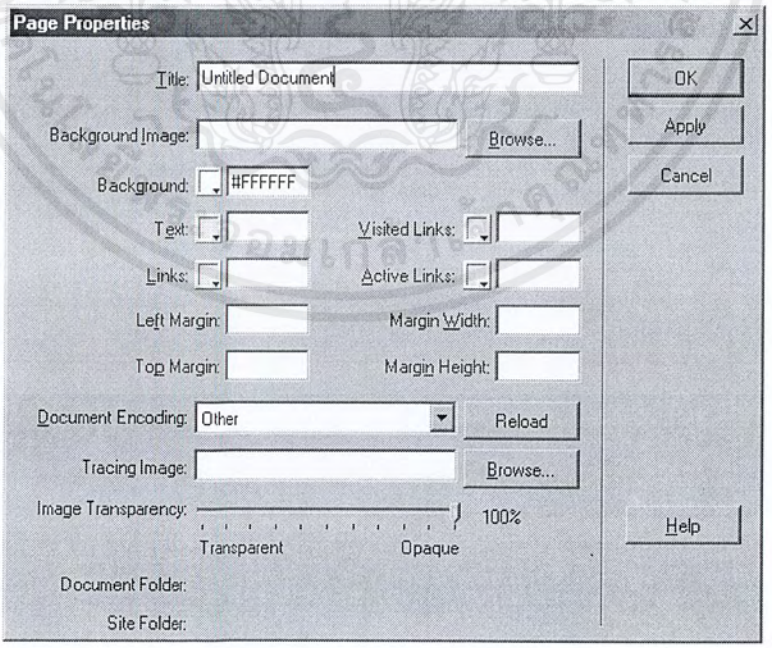
รูปที่ 3.5 เปิดโปรแกรม Dreamweaver 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



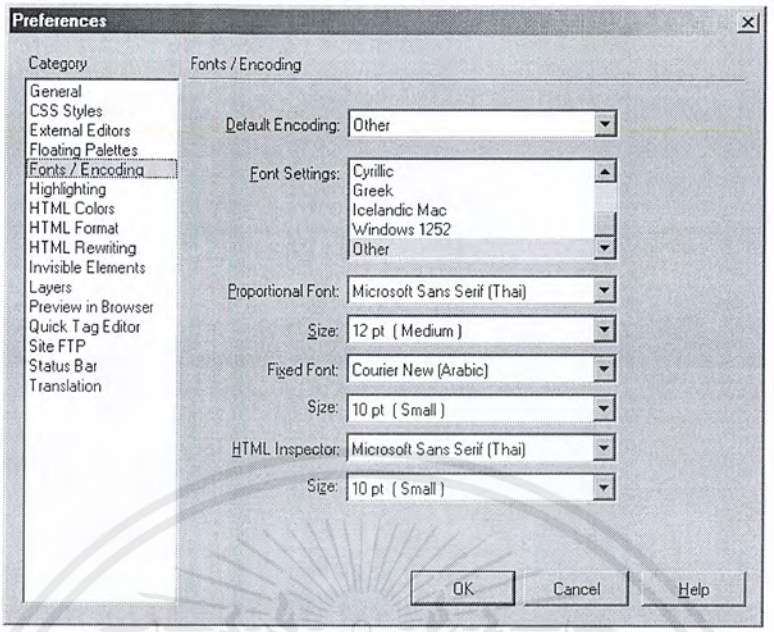
รูปที่ 3.6 ลักษณะโปรแกรม Dreamweaver 3.0

2. ทำการตั้งค่าตัวแปรเริ่มต้นต่าง ๆ บนโปรแกรม เช่น ภาษาที่ใช้, รูปแบบตัวอักษร, รูปแบบการแสดงไอคอนดังรูปที่ 3.7, 3.8 และ 3.9

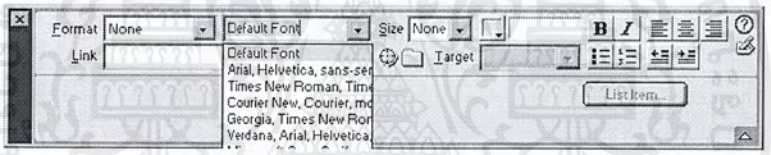


รูปที่ 3.7 แสดงการเลือกภาษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



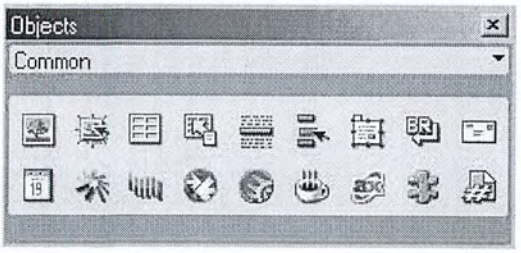
รูปที่ 3.8 แสดงการกำหนดรูปแบบตัวอักษรและการเข้ารหัสของไฟล์เอกสาร



รูปที่ 3.9 การเลือก Edit Font List เพื่อทำการกำหนดชุดแบบตัวอักษร

3. เครื่องมือใน Dreamweaver

3.1 ไดอะล็อก Object เป็นไดอะล็อกที่แสดงคำสั่งบางส่วนของ Dreamweaver โดยนำมารวมกันไว้บนไดอะล็อก เพื่อให้สะดวกต่อการเรียกใช้งาน ซึ่งปกติแล้วคำสั่งที่อยู่บนไดอะล็อกมักจะเป็นพวกคำสั่งสำหรับการเพิ่มองค์ประกอบหรือโค้ด HTML ลงในหน้าโฮมเพจนั้น

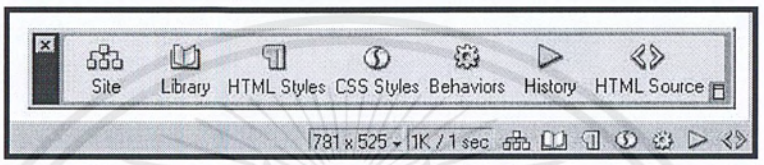


รูปที่ 3.10 แสดงไดอะล็อก Object

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ไดอะล็อก Properties เป็นส่วนที่ต้องใช้บ่ที่สุดเพราะเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการกำหนดคุณสมบัติต่าง ๆ ขององค์ประกอบทุกอย่างในโฮมเพจ ไม่ว่าจะเป็นรูปภาพ, ตัวอักษร, ภาษาสคริปต์, Forms ฯลฯแสดงดังรูปที่ 3.7, 3.8 และ 3.9

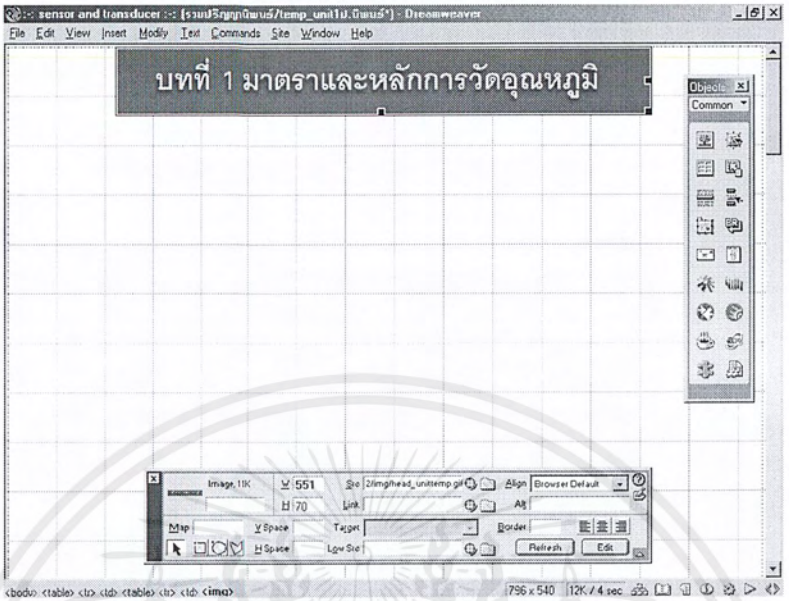
3.3 Launcher และ Mini - Launcher Launcher เป็นเครื่องมือที่ช่วยเพิ่มความสะดวกในการเรียกใช้งานพาเลตต์ต่าง ๆ ส่วน Mini – Launcher ทำหน้าที่เดียวกันกับ Launcher แต่มีขนาดเล็กกว่า และแสดงอยู่ที่มุมล่างขวาของ Dreamweaver



รูปที่ 3.11 แสดง Launcher และ Mini - Launcher

4. การใส่รูปภาพใช้คำสั่งจากไอคอน Insert Picture ใน Object แล้วเลือกภาพที่ต้องการจะปรากฏลักษณะบน Properties และปรับแต่งขนาด การจัดวางตามที่ได้ร่างเอาไว้ดังแสดงในรูปที่ 3.12

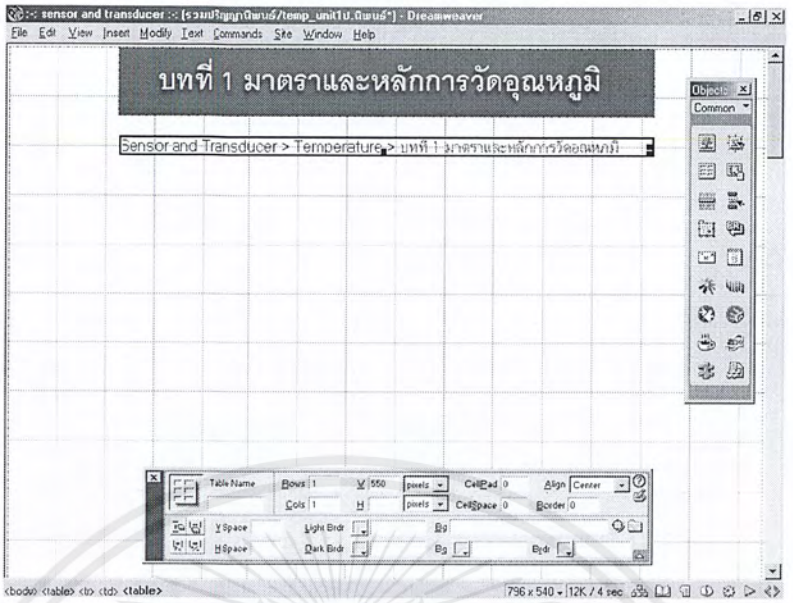
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 แสดงการแทรกรูปภาพ

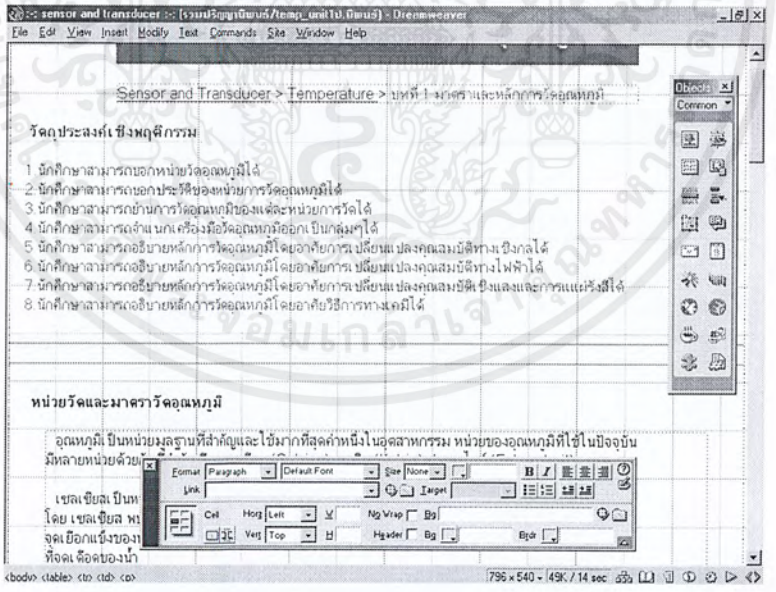
5. การสร้างตารางใส่ข้อความ นำเมาส์ไปคลิกที่ไอคอน Insert Table ของ Object แล้วจะมีหน้าต่างขึ้นมาให้ใส่ค่าต่าง ๆ เช่น ขนาดความกว้าง, ความยาว, จำนวนตารางทางแนวตั้งและแนวนอน กำหนดค่าต่าง ๆ ของตารางที่ต้องการแล้วใส่ข้อมูลลงในตารางตามรูปที่ 3.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 แสดงการสร้างตารางและการใส่ข้อมูลลงในตาราง

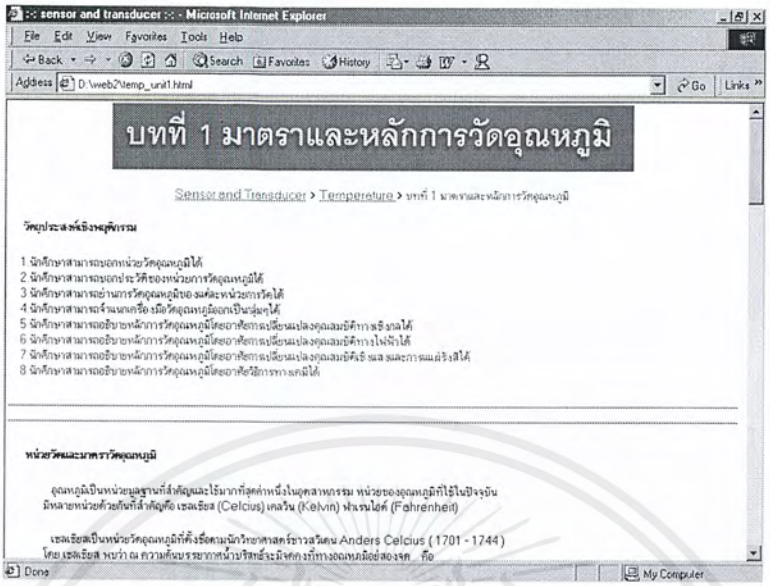
6. การใส่ข้อมูล นอกจากที่เราจะใส่ข้อมูลที่เป็นตารางแล้วข้อมูลบางส่วนเราก็พิมพ์ลงในหน้าโฮมเพจได้เลยดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 การใส่ข้อมูลลงในโฮมเพจ

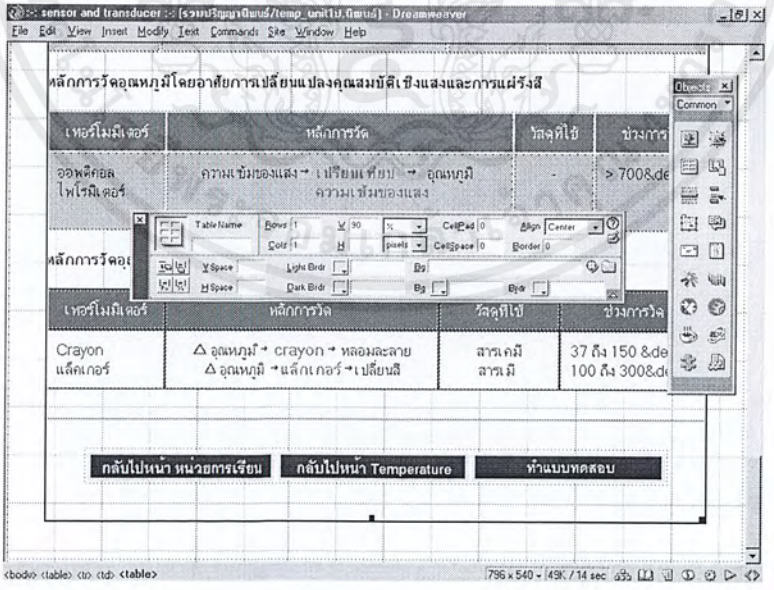
7. ทำการตรวจสอบการทำงานโดยใช้เบราเซอร์ดังรูปที่ 3.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 แสดงการตรวจสอบการแสดงผลที่เบราเซอร์

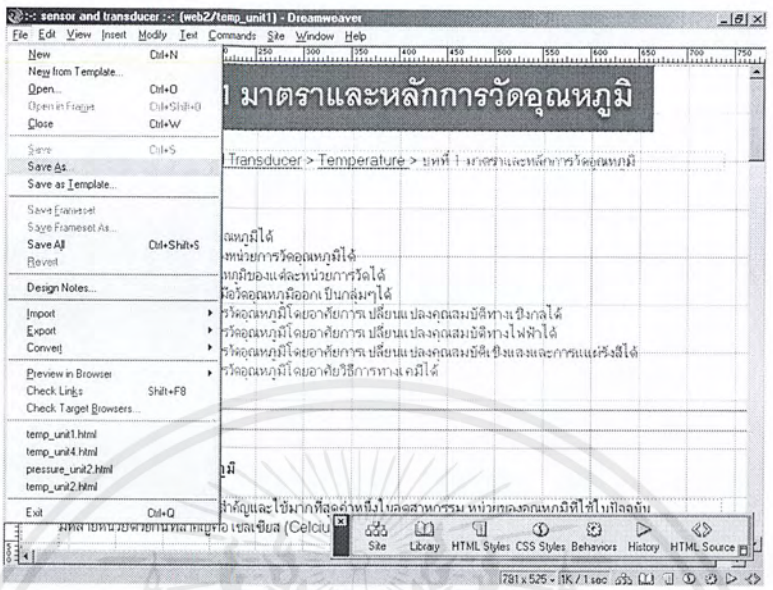
8. การเชื่อมโยงหน้าเอกสาร ทำโดยการเลือกข้อความหรือรูปภาพที่จะทำการเชื่อมโยง แล้วไปเซ็ทค่าที่ Properties ว่าจะเชื่อมโยงไปที่หน้าใดหรือใช้คำสั่ง <A>.....</A> ใส่ใน HTML Source ก็ได้



รูปที่ 3.16 แสดงการเชื่อมโยงหน้าเว็บเพจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ทำการบันทึก File งานที่เราสร้างขึ้น โดยเลือกคำสั่ง File>Save As…



รูปที่ 3.17 แสดงการบันทึก File ที่สร้างขึ้น

โปรแกรมที่ 1 Source Code ของ File Temp_1.html

```
<html>
<head>
<title>:-: sensor and transducer :-:</title>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=">
</head>

<body leftmargin="2" topmargin="2" marginwidth="2" marginheight="2" onLoad=""
bgcolor="#FFFFFF">
<table width="100%" height="100%" border="0" cellspacing="0" cellpadding="0">
 <tr align="left" valign="top">
  <td>
   <table width="550" border="0" cellspacing="0" cellpadding="0" height="70"
align="center">
    <tr align="center">
     <td><img src="img/head_unittemp.gif" width="551" height="70"></td>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  </tr>
 </table>     <br>
 <table width="700" border="0" cellspacing="0" cellpadding="0" align="center">
  <tr>
   <td>
    <div align="center"><a href="unitlern.html"><font face="Microsoft Sans Serif">Sensor
     and Transducer</font></a> <font face="Microsoft Sans Serif">&gt;
     <a href="index_temp.html">Temperature </a> > <font color="#009900">บทที่
     1 มาตราและหลักการวัดอุณหภูมิ</font></font></div>
   </td>
  </tr>
 </table>
 <p>
 <p>     <font face="Microsoft Sans Serif"
color="#006600"><b>วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม</b></font>
 <p>    <font face="Microsoft Sans Serif" color="#006600">1.นัก
ศึกษาสามารถบอกหน่วยวัดอุณหภูมิได้</font><br>
      <font face="Microsoft Sans Serif" color="#006600">2.นัก
ศึกษาสามารถบอกประวัติของหน่วยการวัดอุณหภูมิได้</font><br>
      <font face="Microsoft Sans Serif" color="#006600">3.นัก
ศึกษาสามารถย่านการวัดอุณหภูมิของแต่ละหน่วยการวัดได้
  </font><br>
      <font face="Microsoft Sans Serif" color="#006600">4.นัก
ศึกษาสามารถจำแนกเครื่องมือวัดอุณหภูมิออกเป็นกลุ่มๆได้</font><br>
      <font face="Microsoft Sans Serif" color="#006600">5.นัก
ศึกษาสามารถอธิบายหลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเชิงกลได้</font>
<br>
      <font face="Microsoft Sans Serif" color="#006600">6.นัก
ศึกษาสามารถอธิบายหลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางไฟฟ้าได้
  </font><br>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    <font face="Microsoft Sans Serif" color="#006600">7.นักศึกษาสามารถอธิบายหลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเชิงแสงและการแผ่รังสีได้</font><br>
    <font face="Microsoft Sans Serif" color="#006600">8.</font><font face="Microsoft Sans Serif" color="#006600">นักศึกษาสามารถอธิบายหลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยวิธีการทางเคมีได้</font>
<p>
<hr size="2" align="center" width="100%">

<hr size="2" align="center" width="100%">
<p>
<p>      <b><font face="Microsoft Sans Serif">หน่วยวัดและมาตราวัดอุณหภูมิ</font></b>
<p>
<table width="90%" border="0" cellspacing="0" cellpadding="0" align="center">
 <tr>
  <td>
   <p><font face="Microsoft Sans Serif">   อุณหภูมิเป็นหน่วยมูลฐานที่สำคัญและใช้มากที่สุดค่าหนึ่งในอุตสาหกรรม
    หน่วยของอุณหภูมิที่ใช้ในปัจจุบัน<br>
    มีหลายหน่วยด้วยกันที่สำคัญคือ เซลเซียส (Celcius) เคลวิน (Kelvin)
    ฟาเรนไฮต์ (Fahrenheit) </font></p>
   <p><font face="Microsoft Sans Serif">   เซลเซียสเป็นหน่วยวัดอุณหภูมิที่ตั้งชื่อตามนักวิทยาศาสตร์ชาวสวีเดน
    Anders Celcius ( 1701 - 1744 )<br>
    โดย เซลเซียส พบว่า ณ ความดันบรรยากาศน้ำบริสุทธิ์จะมีจุดคงที่ทางอุณหภูมิอยู่สองจุด
       คือ <br>
    จุดเยือกแข็งของน้ำและจุดที่น้ำเดือด เขาจึงได้กำหนดจุด 0 องศาที่จุดเยือกแข็งของน้ำและ
    100 องศา <br>
    ที่จุดเดือดของน้ำ </font></p>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

   ฟาเรนไฮต์ เป็นหน่วยวัดอุณหภูมิที่ตั้งชื่อตามนักวิทยาศาสตร์ชาวดัทช์

Daniel Grabriel Fahrenheit

(1686 - 1736) โดย ฟาเรนไฮต์ ได้พยายามหาจุดต่ำสุดของอุณหภูมิเท่าที่เขาทดลองได้จากการทดลอง

ขาพบว่าจุดต่ำสุดของอุณหภูมิเท่าที่เขาทดลองจากจึงกำหนดจุดนี้เป็นจุด

0 องศา ส่วนจุดบนของสเกลนั้น

เขาพบว่าอุณหภูมิของร่างกายมนุษย์ เป็นจุดที่อุณหภูมิคงที่ จึงกำหนดจุดนี้เป็น

96 องศา

สาเหตุที่ไม่กำหนดจุดบนของสเกลเป็น 100 องศา เพราะต้องการให้มีค่าเป็นสัดส่วนทวีคูณของ

12 ตามหน่วยอื่น ๆ ที่นิยมในสมัยนั้น

   ทั้งหน่วยเซลเซียสและฟาเรนไฮต์ก็เป็นมาตราวัดอุณหภูมิที่จากการทดลองหาสภาวะคงที่ทางอุณหภูมิของสาร

ณ จุดต่าง ๆ ซึ่งอยู่ในย่านบรรยากาศของพื้นลกและแบ่งสเกล ให้เป็นไปตามความสะดวกเหมาะสม

มิได้มีหลักเกณฑ์ตายตัวอะไร ต่อมานักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษลอร์ดเคลวินเป็นผู้ค้นคิดหน่วยของอุณหภูมิทางวิทยาศาสตร์ขึ้นในปี

1851 เรียกว่ามาตราเคลวิน โดยกำหนดจุดอุณหภูมิศูนย์สัมบูรณ์ (zero

absolute temperature) ขึ้น ณ จุดที่เป็น ideal นี้ อิเล็กตรอนในอะตอมของสารต่าง

ๆ จะหยุดโคจรรอบนิวเคลียสโดยไม่มีพลังงานความร้อนหลงเหลืออยู่ในสารนั้น

ๆ อีกต่อไป ในทางปฏิบัติไม่สามารถทำให้เย็นจัดถึงจุดนี้ได้ (กำหนดได้จากการคำนวณ

) และแบ่งช่วงของมาตราตามมาตราเซลเซียส ระบบหน่วยสากล (The Systeme

International d' Unites) ซึ่งเรียกย่อว่า SI ได้กำหนดหน่วยสากลของอุณหภูมิเทอร์โมไดนามิก

เป็นมาตราเคลวิน และหน่วยของอุณหภูมิทั่ว ๆ ไปเป็นเซลเซียส

<table width="420" border="0" cellspacing="0" cellpadding="0" align="center">

<tr align="center">

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<td>สูตรการเปลี่ยนแปลงมาตราเซลเซียสและฟาเรนไฮต์เป็นมาตราเคลวิน
<img src="img/xp2.gif" width="400" height="150"> </td>
</tr>
</table>

</td>
</tr>
</table>
     อุณหภูมิอ้างอิงมาตรฐาน
(Reference Temperature)

<table width="90%" border="0" cellspacing="0" cellpadding="0" align="center">
<tr align="left">
<td>
   มาตราสากลของอุณหภูมิในทางปฏิบัติ
(International Practical Scale) ได้ถูกกำหนดขึ้นโดย
ที่ประชุมของกลุ่มประเทศผู้นำทางอุตสาหกรรมในปี 1968 และเป็นที่ยอมรับกันทั่วไป
เรียกโดยย่อว่า
IPTS 68 ได้กำหนดจุดอ้างอิงมาตรฐานของอุณหภูมิ (reference temperature
) เพิ่มเติมขึ้นอีกหลายจุด
โดยกำหนดจากจุดเยือกแข็งหรือจุดไตรภาค (triple point) ซึ่งเป็นจุดที่มีสภาวะคงที่ทางอุณหภูมิของสารต่าง
ๆ
เพราะเมื่อวิทยาการเจริญมากขึ้น ความต้องการอุณหภูมิอ้างอิง (reference
temperature)
ณ จุดที่สูงกว่าจุดเดือดของน้ำต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำก็มีมากขึ้น
   IPTS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

68 ได้กำหนดมาตราของอุณหภูมิมาตราฐานขึ้น 2 มาตรา คือ เซลเซียส และเคลวิน

     IPTS - 68 REFERENCE TEMPERATURE (จุดอ้างอิงอุณหภูมิมาตรฐาน

ITPS 68)

</td>

</tr>

</table>

     หลักการวัดอุณหภูมิ

<table width="90%" border="0" cellspacing="0" cellpadding="0" align="center">

<tr>

<td>

  เครื่องมือวัดอุณหภูมิมีหลายชนิด โดยเครื่องมือแต่ละชนิดอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเฉพาะของสาร คือ จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงที่วัดได้ เมื่ออุณหภูมิที่วัดเปลี่ยนไป และการเปลี่ยนแปลงที่วัดได้จะต้องคงที่แน่นอนและพิสูจน์ได้

หลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเชิงกล

<table width="100%" border="0" cellspacing="1" cellpadding="10">

<tr>

<td bgcolor="cc3300" align="center" valign="middle" width="22%" class="head">เทอร์โมมิเตอร์</td>

<td bgcolor="#CC3300" width="44%" align="center" valign="middle" class="head">หลักการวัด</td>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
<td bgcolor="#CC3300" width="16%" align="center" valign="middle"  class="head">
<font face="Microsoft Sans Serif" color="#FFFFFF">วัสดุที่ใช้</font></td>
<td bgcolor="#CC3300" width="18%" align="center" valign="middle"  class="head">
<font face="Microsoft Sans Serif" color="#FFFFFF">ช่วงการวัด</font></td>
</tr>
<tr>
<td bgcolor="#FF9900" align="left" valign="top" width="22%" class="text"><font
face="Microsoft Sans Serif">ใช้ของเหลวบรรจุใน
<br>
หลอดแก้วปิด (thermo-meter ) </font></td>
<td bgcolor="#FF9900" align="left" valign="top" width="44%" class="text">
<div align="center"><font face="Microsoft Sans Serif"><img src="img/delta.gif"
width="15" height="15"> อุณหภูมิ
<img src="img/arrow.gif" width="15" height="15"> <b> <font color="#FFFFFF">
เทอร์โมมิเตอร์
</font></b><img src="img/arrow.gif" width="15" height="15">
 <img src="img/delta.gif" width="15" height="15">
             &
nbsp;            &nb
sp;  
 การขยายตัวของของเหลว </font></div>
</td>
<td bgcolor="#FF9900" width="16%" align="left" valign="top" class="text"><font
face="Microsoft Sans Serif">ปรอท<br>
<br>
แอลกอฮอล์ </font></td>
<td bgcolor="#FF9900" width="18%" align="left" valign="top" class="text"><font
face="Microsoft Sans Serif">-
130 ถึง 315&deg; C<br>
- 200 ถึง 600&deg; C</font></td>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
</tr>
<tr>
 <td bgcolor="#FF9900" align="left" valign="top" width="22%" class="text"><font
face="Microsoft Sans Serif">เปลี่ยนการขยายตัว<br>
 เป็นความดัน<br>
 (FiledThermal )</font></td>
<td bgcolor="#FF9900" align="left" valign="top" width="44%" class="text">
 <div align="center"><font face="Microsoft Sans Serif"> <img
src="img/delta.gif" width="15" height="15">อุณหภูมิ
 <img src="img/arrow.gif" width="15" height="15"> <b> <font color="#FFFFFF">
เทอร์โมมิเตอร์
 </font></b><img src="img/arrow.gif" width="15" height="15">
  <img src="img/delta.gif" width="15" height="15"> ความดัน
 <font color="#FFFFFF"><b>      แบบ
 Filltermal</b></font>     <br>

             &
nbsp;            &nb
sp;             
;          <img
src="img/arrow.gif" width="15" height="15">  <img src="img/delta.gif"
width="15" height="15">
  <br>

             &
nbsp;            &nb
sp;             
;             
ปริมาตร
 </font></div>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            </td>
            <td bgcolor="#FF9900" width="16%" align="left" valign="top" class="text"><font
face="Microsoft Sans Serif">ปรอท<br>
              <br>
              แอลกอฮอล์ </font></td>
            <td bgcolor="#FF9900" width="18%" align="left" valign="top" class="text"><font
face="Microsoft Sans Serif">-
              185 ถึง 540&deg;C<br>
              - 300 ถึง 1000 &deg;C</font></td>
          </tr>
          <tr>
            <td bgcolor="#FF9900" align="left" valign="top" width="22%" class="text"><font
face="Microsoft Sans Serif">แบบแถบโลหะคู่</font></td>
            <td bgcolor="#FF9900" align="left" valign="top" width="44%" class="text">
              <p align="center"><font face="Microsoft Sans Serif"><img src="img/delta.gif"
width="15" height="15"> อุณหภูมิ
                <img src="img/arrow.gif" width="15" height="15"> <b> <font color="#FFFFFF">
ตัววัด
                Bimetal</font></b><img src="img/arrow.gif" width="15" height="15">
                 <img src="img/delta.gif" width="15" height="15"> ระยะทาง
                    </font>
            </td>
            <td bgcolor="#FF9900" width="16%" align="left" valign="top" class="text"><font
face="Microsoft Sans Serif">INVAR
              -<br>
              Ni+Fe<br>
              +Cr. </font></td>
            <td bgcolor="#FF9900" width="18%" align="left" valign="top" class="text"><font
face="Microsoft Sans Serif">-
              60 ถึง 425&deg;C<br>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        </font></td>
      </tr>
    </table>
    <p><font face="Microsoft Sans Serif"><b>หลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางไฟฟ้า</b></font></p>
    <table width="100%" border="0" cellspacing="1" cellpadding="10">
      <tr>
        <td bgcolor="#333333" align="center" valign="middle" width="17%" class="head" height="43"><font face="Microsoft Sans Serif" color="#FFFFFF">เทอร์โมมิเตอร์</font></td>
        <td bgcolor="#333333" width="44%" align="center" valign="middle" class="head" height="43"><font face="Microsoft Sans Serif" color="#FFFFFF">หลักการวัด</font></td>
        <td bgcolor="#333333" width="15%" align="center" valign="middle" class="head" height="43"><font face="Microsoft Sans Serif" color="#FFFFFF">วัสดุที่ใช้</font></td>
        <td bgcolor="#333333" width="24%" align="center" valign="middle" class="head" height="43"><font face="Microsoft Sans Serif" color="#FFFFFF">ช่วงการวัด</font></td>
      </tr>
      <tr>
        <td bgcolor="#CCCCCC" align="left" valign="top" width="17%" class="text"><font face="Microsoft Sans Serif">เทอร์โมคัปเปิล<br>
          <br>
          <br>
          <br>
          <br>
          <br>
          <br>
          </font></td>
        <td bgcolor="#CCCCCC" align="left" valign="top" width="44%" class="text">
          <div align="center"><font face="Microsoft Sans Serif"><img src="img/delta_cccccc.gif" width="15" height="15"> อุณหภูมิ<img src="img/arrow_cccccc.gif" width="15" height="15">
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
<font color="#CC3300"><b> เทอร์โมมิเตอร์ </b></font><img
src="img/arrow_cccccc.gif" width="15" height="15">
 แรง<br>

             &
nbsp;            &nb
sp;       
เคลื่อนไฟฟ้า </font></div>
</td>
<td bgcolor="#CCCCCC" width="15%" align="left" valign="top" class="text"><font
face="Microsoft Sans Serif">-
Type   B<br>
- Type   S<br>
- Type   R <br>
- Type   K<br>
- Type   E<br>
- Type   J<br>
- Type   T </font></td>
<td bgcolor="#CCCCCC" width="24%" align="left" valign="top" class="text"><font
face="Microsoft Sans Serif">600~+1700&deg;c<br>
0   ~ +1600&deg;c<br>
0   ~ +1600&deg;C<br>
-200~+1200 &deg;C<br>
-200~+800&deg;C<br>
-200~+800&deg;C<br>
-200~+350&deg;C </font></td>
</tr>
<tr>
<td bgcolor="#CCCCCC" align="left" valign="top" width="17%" class="text"><font
face="Microsoft Sans Serif">
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
อาร์ทีดี </font></td>
<td bgcolor="#CCCCCC" align="left" valign="top" width="44%" class="text">
<div align="center"><font face="Microsoft Sans Serif"><img
src="img/delta_cccccc.gif" width="15" height="15">
อุณหภูมิ <img src="img/arrow_cccccc.gif" width="15" height="15"><b><font
color="#CC3300">
RTD </font></b><img src="img/arrow_cccccc.gif" width="15" height="15"><img
src="img/delta_cccccc.gif" width="15" height="15">
ความต้านทาน</font></div>
</td>
<td bgcolor="#CCCCCC" width="15%" align="left" valign="top" class="text"><font
face="Microsoft Sans Serif">พลาตินัม
Pt <br>
นิเกิล Ni<br>
ทองแดง Cu</font></td>
<td bgcolor="#CCCCCC" width="24%" align="left" valign="top" class="text"><font
face="Microsoft Sans Serif">-258~900&deg;C
<br>
-150~300 &deg;C <br>
-200~120 &deg;C </font></td>
</tr>
<tr>
<td bgcolor="#CCCCCC" align="left" valign="top" width="17%" class="text"><font
face="Microsoft Sans Serif">เทอร์มิสเตอร์</font></td>
<td bgcolor="#CCCCCC" align="left" valign="top" width="44%" class="text">
<div align="center"><font face="Microsoft Sans Serif"><img
src="img/delta_cccccc.gif" width="15" height="15">
อุณหภูมิ <img src="img/arrow_cccccc.gif" width="15" height="15"><font
color="#CC3300"><b>เทอร์มิสเตอร์</b></font></font>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
<font face="Microsoft Sans Serif"><img src="img/arrow_cccccc.gif" width="15"
height="15">
<img src="img/delta_cccccc.gif" width="15" height="15">  ความ<br>

             &
nbsp;            &nb
sp;       
 ต้านทาน</font></div>
</td>
<td bgcolor="#CCCCCC" width="15%" align="left" valign="top" class="text"><font
face="Microsoft Sans Serif">เทอร์มิสเตอร์</font></td>
<td bgcolor="#CCCCCC" width="24%" align="left" valign="top" class="text"><font
face="Microsoft Sans Serif">-30~300
&deg;C </font></td>
</tr>
</table>
<p><b><font face="Microsoft Sans Serif">หลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลง
คุณสมบัติเชิงแสงและการแผ่รังสี</font></b></p>
<table width="100%" border="0" cellspacing="1" cellpadding="10">
<tr align="center" valign="middle">
<td bgcolor="3366cc" class="head" width="18%"><font face="Microsoft Sans Serif"
color="#FFFFFF">เทอร์โมมิเตอร์</font></td>
<td bgcolor="3366cc" class="head" width="53%"><font face="Microsoft Sans Serif"
color="#FFFFFF">หลักการวัด</font></td>
<td bgcolor="3366cc" class="head" width="12%"><font face="Microsoft Sans Serif"
color="#FFFFFF">วัสดุที่ใช้</font></td>
<td bgcolor="3366cc"class="head" width="17%"><font face="Microsoft Sans Serif"
color="#FFFFFF">ช่วงการวัด</font></td>
</tr>
<tr bgcolor="#99CCFF" align="left" valign="top">
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<td class="text" width="18%">ออพติคอล
ไพโรมิเตอร์</td>
<td class="text" width="53%" bgcolor="#99CCFF">
ความเข้มของแสง<img
src="img/arrow_99ccff.gif" width="15" height="15">
เปรียบเทียบ <img
src="img/arrow_99ccff.gif" width="15" height="15">
 อุณหภูมิ

                                   ความเข้มของแสง

</td>
<td class="text" width="12%" align="center" valign="top"><font face="Microsoft
Sans Serif">
-</td>
<td class="text" width="17%">>
700°C </td>
</tr>
</table>
หลักการวัดอุณหภูมิโดยวิธีการทางเคมี

<table width="100%" border="0" cellspacing="1" cellpadding="10" bgcolor="#000000">
<tr bgcolor="555555" align="center" valign="middle">
<td class="head" width="18%">
เทอร์โมมิเตอร์</td>
<td class="head" width="42%">
หลักการวัด</td>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
<td  class="head" width="18%"><font face="Microsoft Sans Serif" color="#FFFFFF">
วัสดุที่ใช้</font></td>
<td  class="head" width="22%"><font face="Microsoft Sans Serif" color="#FFFFFF">
ช่วงการวัด</font></td>
</tr>
<tr bgcolor="#FFFFdd">
<td class="text" width="18%" align="left" valign="top"><font face="Microsoft Sans
Serif">Crayon<br>
แล็คเกอร์ </font></td>
<td class="text" width="42%" bgcolor="#FFFFdd" align="left" valign="top">
<div align="center"><font face="Microsoft Sans Serif"><img
src="img/delta_ffffdd.gif" width="15" height="15">
อุณหภูมิ <img src="img/arrow_ffffcc.gif" width="14" height="15">
<b><font color="cc3300">crayon</font></b><img src="img/arrow_ffffcc.gif"
width="14" height="15">
หลอมละลาย<br>
<img src="img/delta_ffffdd.gif" width="15" height="15"> อุณหภูมิ
<img src="img/arrow_ffffcc.gif" width="14" height="15"><b><font
color="#CC3300">แล็กเกอร</font></b><img src="img/arrow_ffffcc.gif" width="14"
height="15">เปลี่ยนสี</font></div>
</td>
<td class="text" width="18%" align="center" valign="top"><font face="Microsoft
Sans Serif">สารเคมี<br>
สารเมี </font></td>
<td class="text" width="22%" align="left" valign="top"><font face="Microsoft Sans
Serif">37
ถึง 150 &deg;C <br>
100 ถึง 300&deg;C </font></td>
</tr>
</table>
```

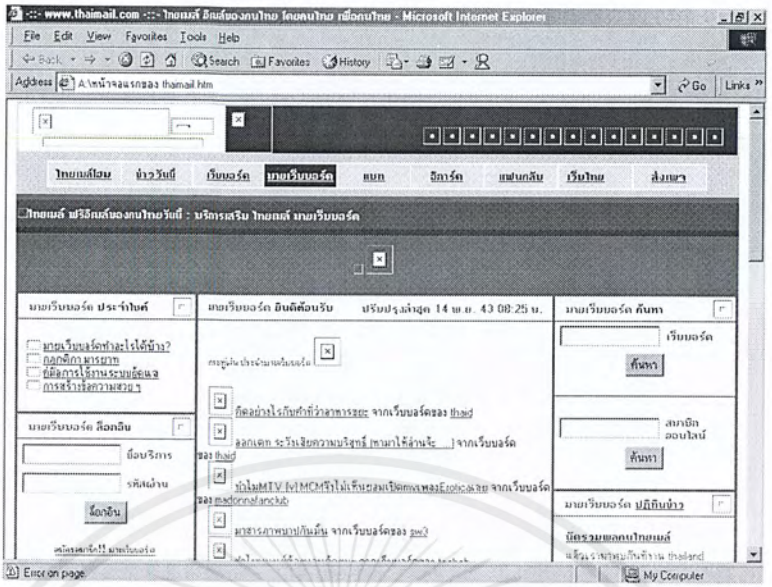
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
<p>
<hr size="2">
<p>
  <table width="450" border="0" cellspacing="3" cellpadding="0" align="center">
 <tr>
  <td><a href="unitlern.html"><img src="img/backunit.gif" width="200" height="30"
border="0"></a></td>
  <td><a href="index_temp.html"><img src="img/backtemp.gif" width="200"
height="30" border="0"></a></td>
  <td><a href="test_temp1.html"><img src="img/backtest.gif" width="200" height="30"
border="0"></a></td>
 </tr>
</table>
<p>
</td>
</tr>
</table>
<p>
</td>
</tr>
</table>
</body>
</html>
```

3.4 ขั้นตอนการขอกระดานฝากคำถาม

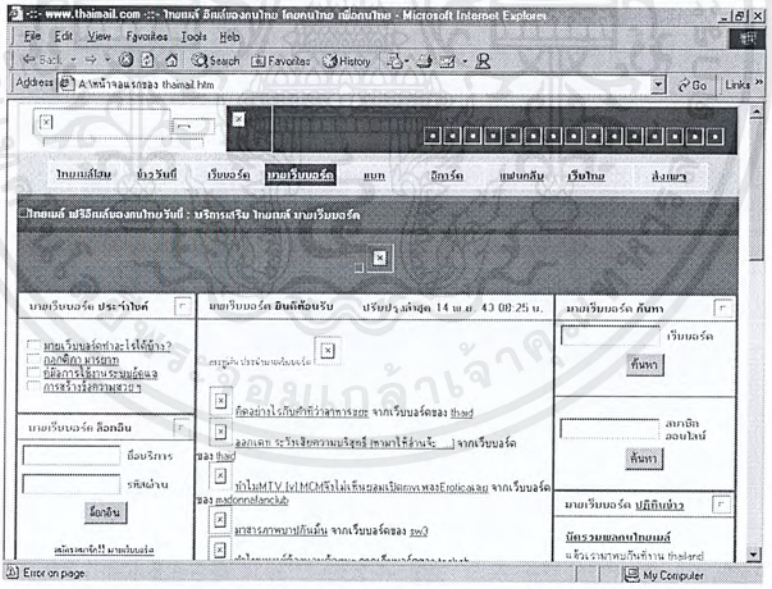
1. เข้าไปขอพื้นที่กระดานฝากคำถามที่ Thaimail.com จะเห็นหน้าจอแรกของ Web site นี้ ดังรูปที่ 3.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 หน้าโฮมเพจ Thaimail.com

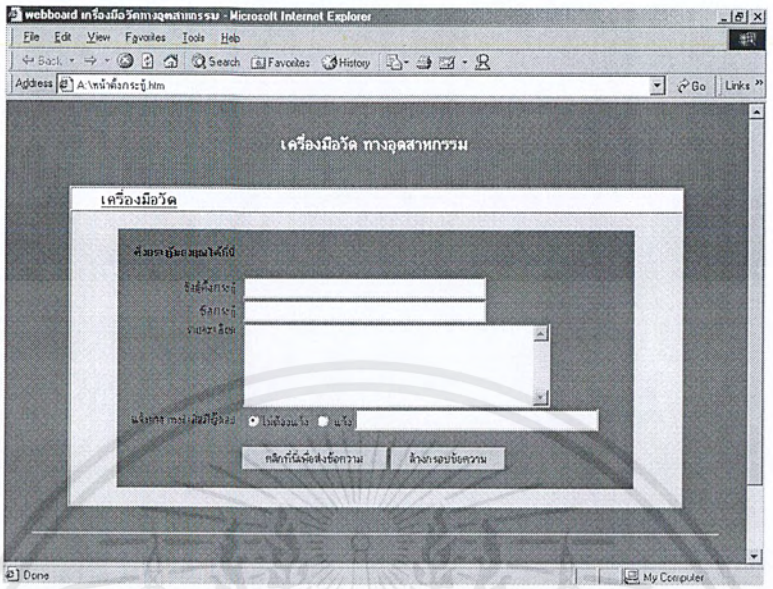
2. ทำการสมัครสมาชิก ใส่ข้อมูลส่วนตัว



รูปที่ 3.19 แสดงการสมัครสมาชิก Thaimail

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำการตกแต่งหน้ากระดานฝากคำถามจะได้ดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.20 แสดงหน้าฝากคำถาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

การใช้งานและการทดสอบบทเรียนสอนทางไกลผ่านอินเตอร์เน็ตวิชาเซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์นั้น จะทำการทดลองในส่วนโปรแกรมตามเมนูหลัก โดยในส่วนนี้จะแบ่งการทดสอบของโปรแกรมออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือส่วนของเนื้อหา และส่วนของแบบฝึกหัด

4.1 เวิลด์ไวด์เว็บเบราเซอร์ที่ใช้

4.1.1 Internet Explorer 5.0

ข้อดี มีอินเตอร์เฟสใหม่ใช้ง่าย แสดงเฟรมที่มีขอบหรือไม่มีขอบก็ได้ สนับสนุนปลั๊กอินของ Netscape ได้อย่างมีประสิทธิภาพรวดเร็ว สนับสนุนระบบภาพและเสียงได้อย่างสมบูรณ์แบบและปลั๊กอินอื่น ๆ อีกมากมาย

ข้อเสีย มีอยู่บ้างเล็กน้อยขึ้นอยู่กับระบบคอมพิวเตอร์

4.1.2 Netscape Navigator 4.05

ข้อดี สนับสนุนกลุ่มข้อมูลวีดีโอและเสียงได้ดีพอสมควร โปรแกรมภาษา JAVA Scrip พร้อมที่จะต่อปลั๊กอินจำนวนมาก

ข้อเสีย มีอยู่บ้างเล็กน้อยขึ้นอยู่กับระบบคอมพิวเตอร์

4.2 คุณสมบัติหลักของโฮมเพจ

1) สามารถใช้เบราเซอร์ทั้ง Internet Explorer 5.0 หรือ Netscape Navigator 4.05 ได้ เพราะได้ออกแบบให้สนับสนุนทั้งสองระบบ คือผู้ใช้สามารถเลือกระบบได้
2) มีความสามารถในการใช้ ภาษา HTML และ ภาษา JAVA Scrip ผสมผสานร่วมกันให้มีคุณภาพและทันสมัยที่สุดในปัจจุบัน
3) สามารถใช้สอนวิชาต่าง ๆ ได้มากมายไม่เฉพาะวิชาที่ผู้จัดทำได้ทำเป็นตัวอย่างเท่านั้น โดยการนำไปประยุกต์ใช้งาน
4) สนับสนุนทั้งภาพและเสียง คือ ระบบมัลติมิเดีย โดยสามารถควบคุมได้
5) โฮมเพจสามารถทำแบบทดสอบ และกรอกแบบสอบถามได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

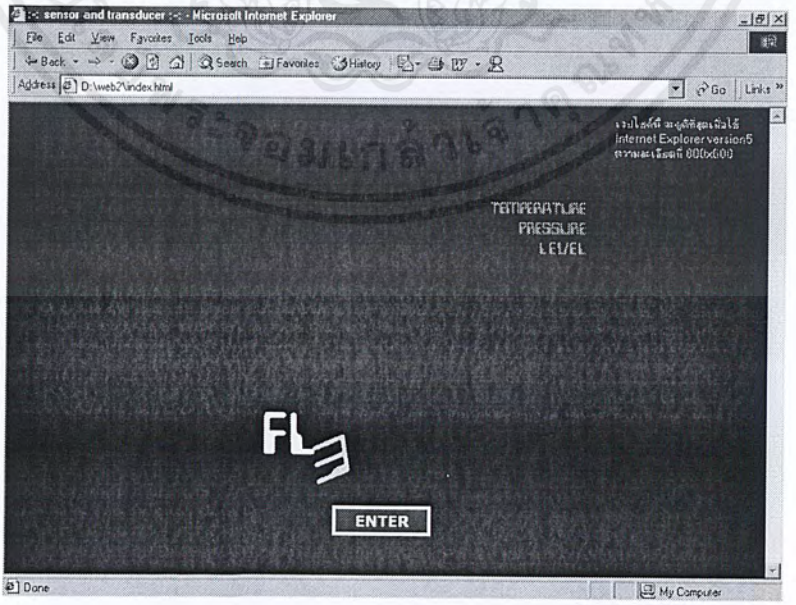
4.3 ความต้องการของระบบ

1) เครื่อง PC ที่มี CPU 486 DX 4-100MHz หน่วยความจำ 8 Mb ขึ้นไป แนะนำให้ใช้เครื่องที่มี CPU รุ่น Pentium และหน่วยความจำ 16 Mb ขึ้นไป
2) Fax Modem ขนาด 9600-2800 บิตต่อวินาที
3) หมายเลขโทรศัพท์ของผู้ใช้
4) หมายเลขโทรศัพท์ของศูนย์บริการอินเตอร์เน็ต
5) Hard Diskขนาด 540 Mb ขึ้นไป
6) มีอุปกรณ์มัลติมีเดีย เช่น Sound Card, CD-ROM เป็นต้น
7) ควรจะตั้งจอภาพไปที่โหมด 800*600 เพื่อการแสดงผลที่ดีที่สุด

4.4 วิธีใช้บทเรียนสอนทางไกลผ่านอินเตอร์เน็ต

ในการทดลอง ใช้ได้ทดลองโดยการเปิดจากเครื่องที่ทำเพื่อทดสอบการแสดงผล

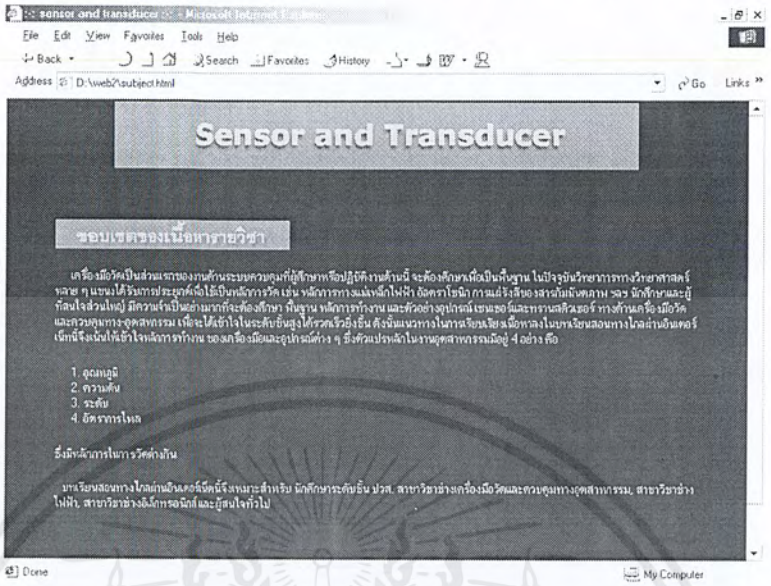
1) เปิดโปรแกรมเว็บเบราเซอร์ขึ้นมาและเปิดดูโฮมเพจที่สร้างขึ้นโดยใช้เบราเซอร์ Internet Explorer 5.0 หรือ Netscape Navigator 4.05 ก็ได้ แต่แนะนำให้ใช้ Internet Explorer 5.0
2) ใช้ Mouse คลิก คำสั่ง File>Open ที่เมนูบาร์ ใส่ชื่อ “index” แล้วคลิก OK
3) หน้าจอจะปรากฏภาพเคลื่อนไหวดังรูปที่ 4.1 แสดงว่าคุณได้เข้าสู่การเรียนการสอนวิชาเซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์แล้ว



รูปที่ 4.1 Title ของโปรแกรม

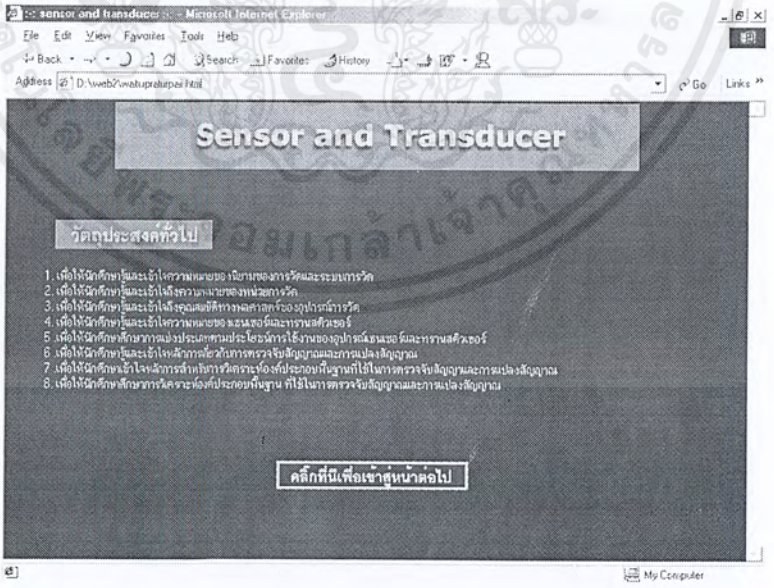
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) คลิก Mouse ที่ Enter เพื่อเข้าสู่หน้าขอบเขตเนื้อหารายวิชาดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แสดงขอบเขตของเนื้อหา

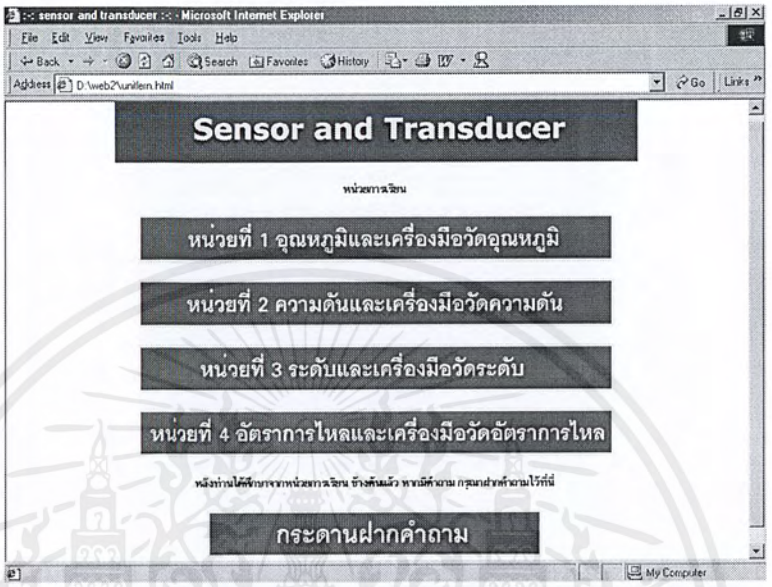
5) ตอนนี้เราก็เข้าสู่หน้าขอบเขตรายวิชาจากนั้นเมื่ออ่านเสร็จแล้วให้คลิก Mouse ตรงด้านล่างสุดจะมีข้อความว่า “คลิกที่นี่เพื่อเข้าสู่หน้าถัดไป” เพื่อเข้าสู่หน้าวัตถุประสงค์ทั่วไปของรายวิชา



รูปที่ 4.3 แสดงหน้าวัตถุประสงค์ทั่วไปของรายวิชา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

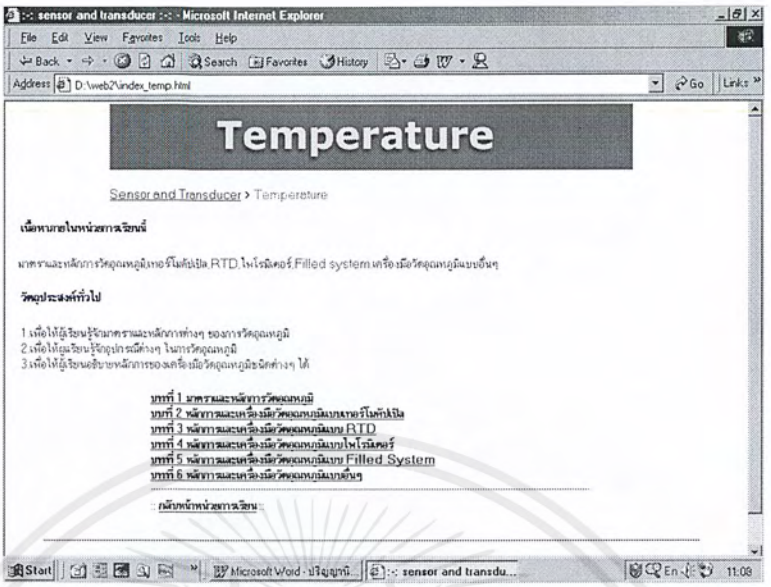
6) จากที่อ่านวัตถุประสงค์รายวิชาแล้วเราจะทราบว่า หลังจากที่เรียนวิชานี้ เราจะได้รับความรู้เรื่องอะไรบ้าง หลังจากนี้นำ Mouse คลิกตรงด้านล่างสุดจะมีข้อความว่า "คลิกที่นี่เพื่อเข้าสู่หน้าถัดไป" เพื่อเข้าสู่สารบัญหลักของวิชา



รูปที่ 4.4 แสดงหน้าสารบัญหลักของวิชา

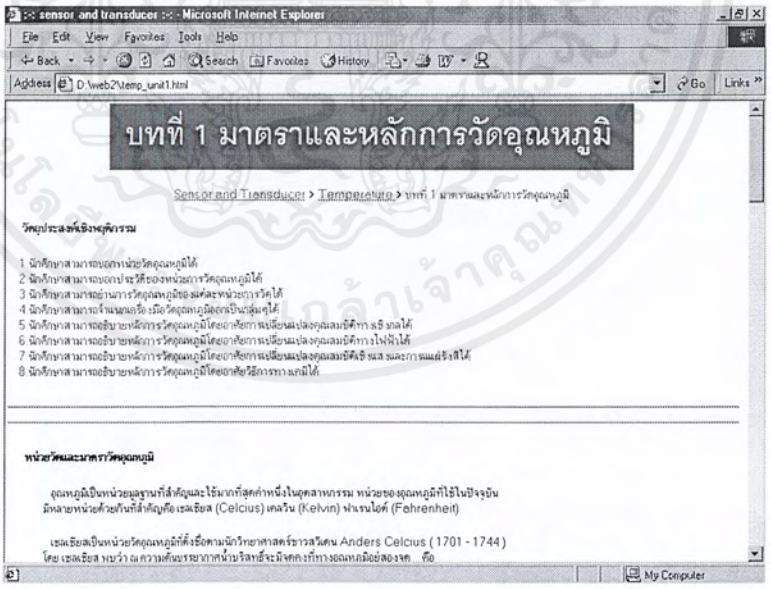
7) หลังจากนั้น ถ้าเราต้องการที่จะเรียนบทเรียนไหนก็คลิกเลือกบทเรียนนั้นขึ้นมาเรียนรู้ ไม่จำเป็นว่าต้องเป็นหน่วยเรียนที่ 1 ก่อนเสมอไปหน่วยใดก่อนก็ได้เพราะเป็นบทเรียนที่แยกออกจากกันไม่ต่อเนื่องกันและในแต่ละบทก็มีแบบทดสอบ เพื่อประเมินผลการเรียนรู้ เช่น จะเรียนรู้หน่วยที่ 1 เรื่องอุณหภูมิและการวัดอุณหภูมิก็นำ Mouse คลิกที่หน่วยที่ 1 เรื่องอุณหภูมิและการวัดอุณหภูมิ
8) เมื่อเข้าสู่หน่วยที่ 1 เรื่องอุณหภูมิและการวัดอุณหภูมิจะพบว่าจะมีสารบัญอีกแบ่งเป็นบท ๆ ของแต่ละหน่วย ดังแสดงในรูปที่ 4.5 และถ้าหากต้องการเรียนบทเรียนใดก็สามมารถเลือกที่จะเรียนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงสารบัญย่อย

9) เมื่อต้องการจะเลือกหัวข้อใดก็ให้เลื่อนเมาส์ไปคลิกที่หัวข้อนั้น เช่น คลิกที่หัวข้อ บทที่ 1 มาตราและหลักการวัดอุณหภูมิดังรูปที่ 4.6

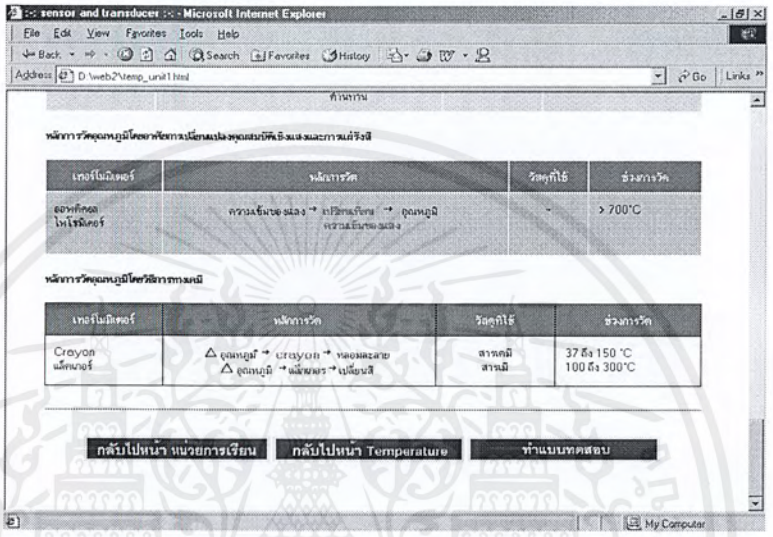


รูปที่ 4.6 การคลิกหัวข้อ บทที่ 1 มาตราและหลักการวัดอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

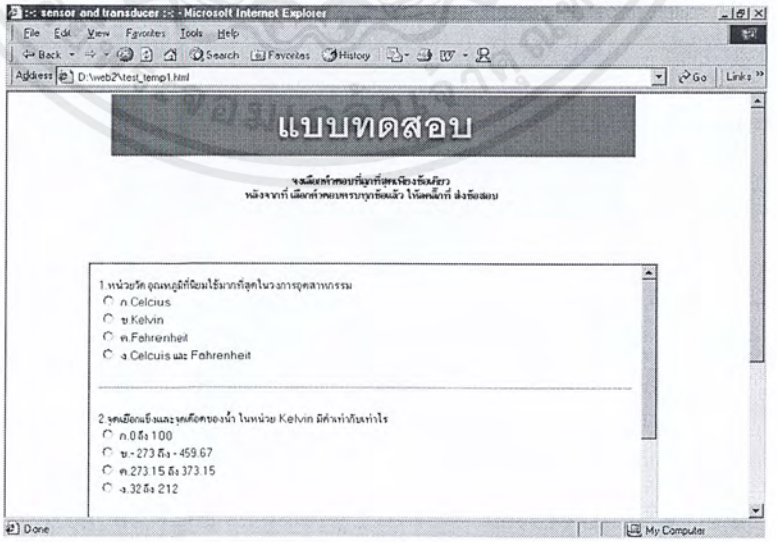
10) หลังจากที่คลิกหัวข้อบทที่ 1 มาตราและหลักการวัดอุณหภูมิแล้วจะพบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของเนื้อหาบทนั้น และเนื้อหาของบทเรียนดังรูปที่ 4.6

11) และหลังจากที่เรียนรู้เนื้อหาบทเรียนนั้นแล้ว ทางตอนท้ายของบทเรียนจะมีข้อความ "กลับไปหน้าหน่วยการเรียน" และ "กลับไปหน้า Temperature" เ พื่อกลับเข้าสู่สารบัญหลักและสารบัญย่อยดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แสดงตอนท้ายของบทเรียนบทที่ 1

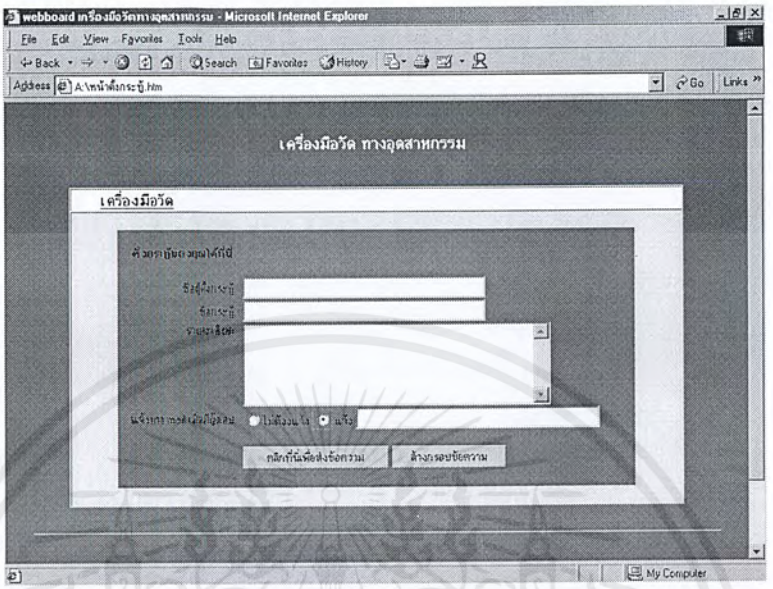
12) ถ้าต้องการทดสอบความรู้ที่ได้เรียนในโปรแกรมให้คลิกที่ "ทำแบบทดสอบ" ทางตอนท้ายของบทเรียนแต่ละบทดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.8 แสดงข้อสอบหลังจากที่เรียนรู้เนื้อหาของบทแล้ว

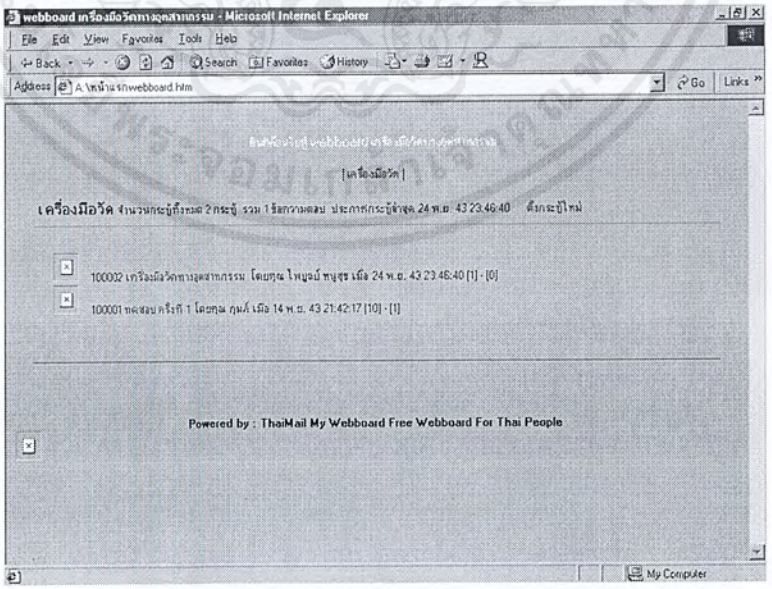
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13) เมื่อนักศึกษาบทเรียนต่าง ๆ แล้วยังเกิดความสงสัยให้คลิกปุ่มกลับไปที่สารบัญหลัก และทำการเลือกหัวข้อ “กระดานฝากคำถาม”



รูปที่ 4.9 แสดงหน้าของกระดานฝากคำถาม

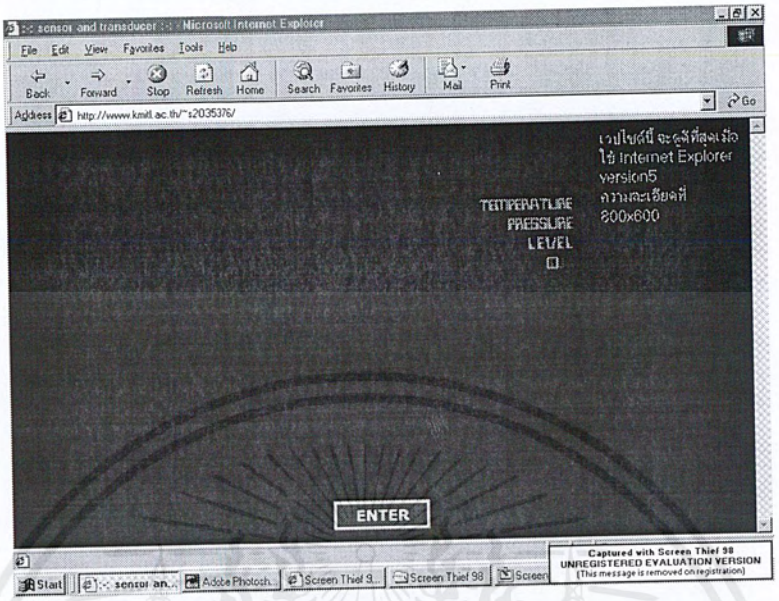
14) เมื่อปรากฏหน้าจอดังรูปที่ 4.9 ให้ผู้ที่ต้องการฝากคำถามใส่ชื่อ, ชื่อเรื่องที่จะถามตามด้วยคำถามแล้วคลิกข้อความ “คลิกที่นี่เพื่อส่งข้อความ” แล้วคำถามจะไปปรากฏบนเว็บบอร์ดดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 แสดงกระดานฝากคำถามเครื่องมือวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15) ผู้เรียนสามารถใช้บทเรียนนี้ได้โดยเข้าไปที่ www.kmitl.ac.th/~s2035376



รูปที่ 4.11 แสดงหน้าจอแรกของ Web site บทเรียนทางไกลผ่านอินเตอร์เน็ต เรื่องเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

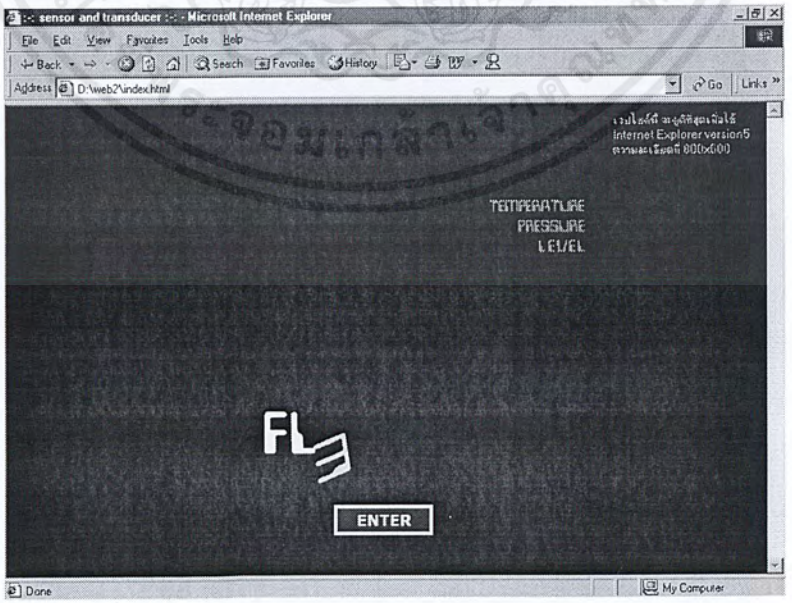
4.3 ความต้องการของระบบ

1) เครื่อง PC ที่มี CPU 486 DX 4-100MHz หน่วยความจำ 8 Mb ขึ้นไป แนะนำให้ใช้เครื่องที่มี CPU รุ่น Pentium และหน่วยความจำ 16 Mb ขึ้นไป
2) Fax Modem ขนาด 9600-2800 บิตต่อวินาที
3) หมายเลขโทรศัพท์ของผู้ใช้
4) หมายเลขโทรศัพท์ของศูนย์บริการอินเตอร์เน็ต
5) Hard Diskขนาด 540 Mb ขึ้นไป
6) มีอุปกรณ์มัลติมีเดีย เช่น Sound Card, CD-ROM เป็นต้น
7) ควรจะตั้งจอภาพไปที่โหมด 800*600 เพื่อการแสดงผลที่ดีที่สุด

4.4 วิธีใช้บทเรียนสอนทางไกลผ่านอินเตอร์เน็ต

ในการทดลอง ใช้ได้ทดลองโดยการเปิดจากเครื่องที่ทำเพื่อทดสอบการแสดงผล

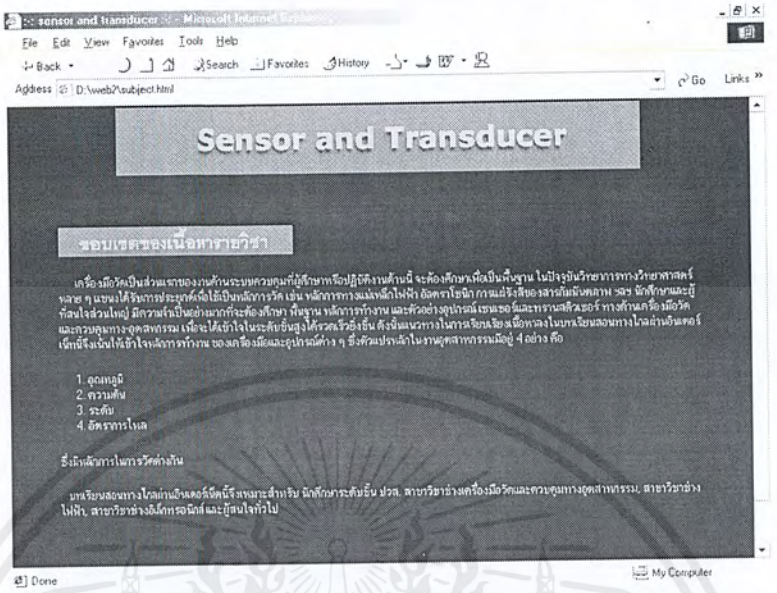
1) เปิดโปรแกรมเว็บเบราเซอร์ขึ้นมาและเปิดดูโฮมเพจที่สร้างขึ้นโดยใช้เบราเซอร์ Internet Explorer 5.0 หรือ Netscape Navigator 4.05 ก็ได้ แต่แนะนำให้ใช้ Internet Explorer 5.0
2) ใช้ Mouse คลิก คำสั่ง File>Open ที่เมนูบาร์ ใส่ชื่อ “index” แล้วคลิก OK
3) หน้าจอจะปรากฏภาพเคลื่อนไหวดังรูปที่ 4.1 แสดงว่าคุณได้เข้าสู่การเรียนการสอนวิชาเซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์แล้ว



รูปที่ 4.1 Title ของโปรแกรม

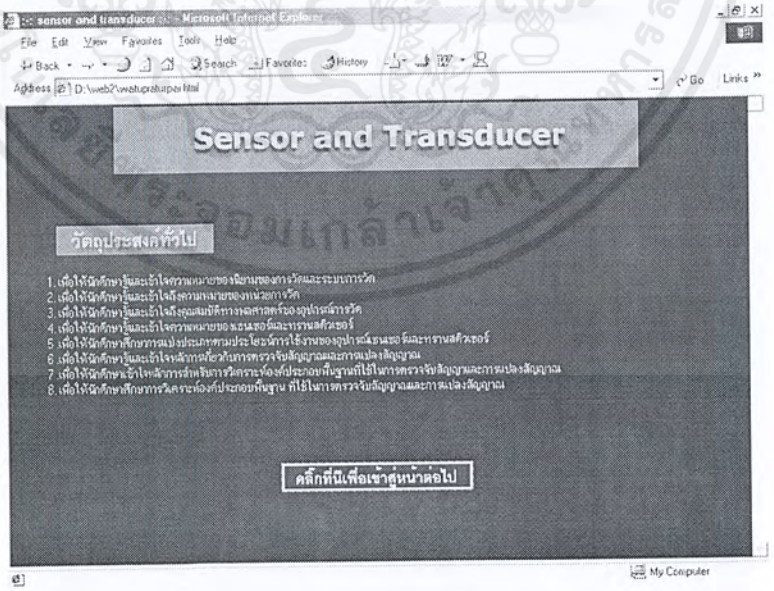
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) คลิก Mouse ที่ Enter เพื่อเข้าสู่หน้าขอบเขตเนื้อหารายวิชาดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แสดงขอบเขตของเนื้อหา

5) ตอนนี้เราก็เข้าสู่หน้าขอบเขตรายวิชาจากนั้นเมื่ออ่านเสร็จแล้วให้คลิก Mouse ตรงด้านล่างสุดจะมีข้อความว่า “คลิกที่นี่เพื่อเข้าสู่หน้าถัดไป” เพื่อเข้าสู่หน้าวัตถุประสงค์ทั่วไปของรายวิชา



รูปที่ 4.3 แสดงหน้าวัตถุประสงค์ทั่วไปของรายวิชา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

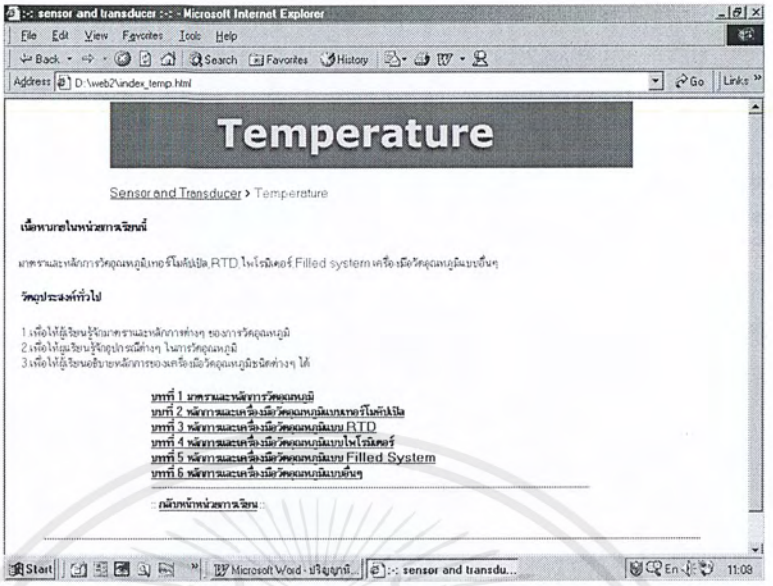
6) จากที่อ่านวัตถุประสงค์รายวิชาแล้วเราจะทราบว่า หลังจากที่เรียนวิชานี้ เราจะได้รับความรู้เรื่องอะไรบ้าง หลังจากนี้นำ Mouse คลิกตรงด้านล่างสุดจะมีข้อความว่า "คลิกที่นี่เพื่อเข้าสู่หน้าถัดไป" เพื่อเข้าสู่สารบัญหลักของวิชา

รูปที่ 4.4 แสดงหน้าสารบัญหลักของวิชา

7) หลังจากนั้น ถ้าเราต้องการที่จะเรียนบทเรียนไหนก็คลิกเลือกบทเรียนนั้นขึ้นมาเรียนรู้ ไม่จำเป็นว่าต้องเป็นหน่วยเรียนที่ 1 ก่อนเสมอไปหน่วยใดก่อนก็ได้เพราะเป็นบทเรียนที่แยกออกจากกันไม่ต่อเนื่องกันและในแต่ละบทก็มีแบบทดสอบ เพื่อประเมินผลการเรียนรู้ เช่น จะเรียนรู้หน่วยที่ 1 เรื่องอุณหภูมิและการวัดอุณหภูมิก็นำ Mouse คลิกที่หน่วยที่ 1 เรื่องอุณหภูมิและการวัดอุณหภูมิ

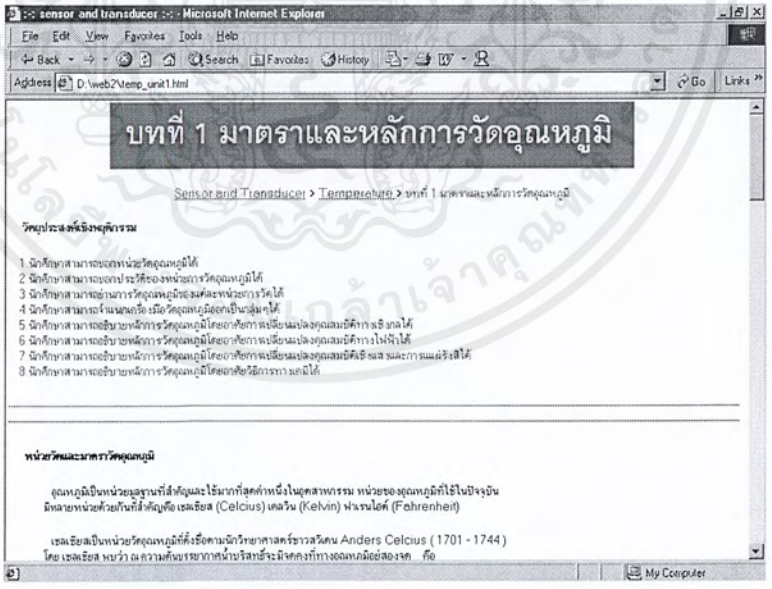
8) เมื่อเข้าสู่หน่วยที่ 1 เรื่องอุณหภูมิและการวัดอุณหภูมิจะพบว่าจะมีสารบัญอีกแบ่งเป็นบท ๆ ของแต่ละหน่วย ดังแสดงในรูปที่ 4.5 และถ้าหากต้องการเรียนบทเรียนใดก็สามมารถเลือกที่จะเรียนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงสารบัญย่อย

9) เมื่อต้องการจะเลือกหัวข้อใดก็ให้เลื่อนเมาส์ไปคลิกที่หัวข้อนั้น เช่น คลิกที่หัวข้อ บทที่ 1 มาตราและหลักการวัดอุณหภูมิดังรูปที่ 4.6

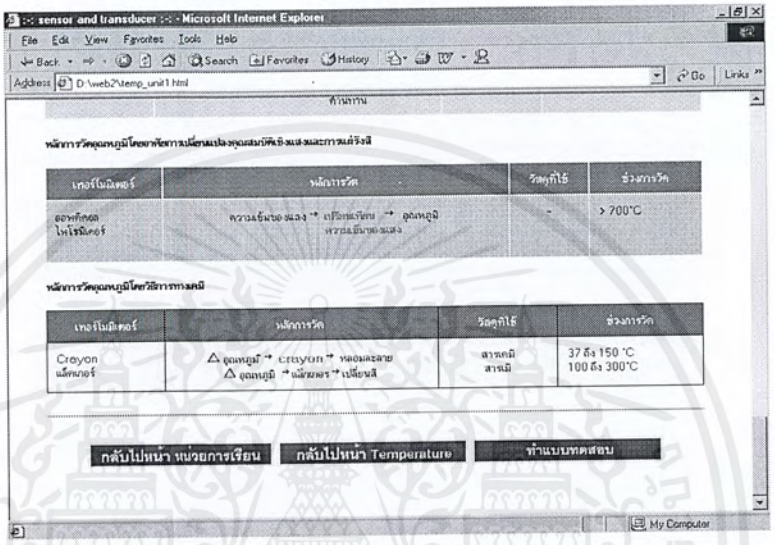


รูปที่ 4.6 การคลิกหัวข้อ บทที่ 1 มาตราและหลักการวัดอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

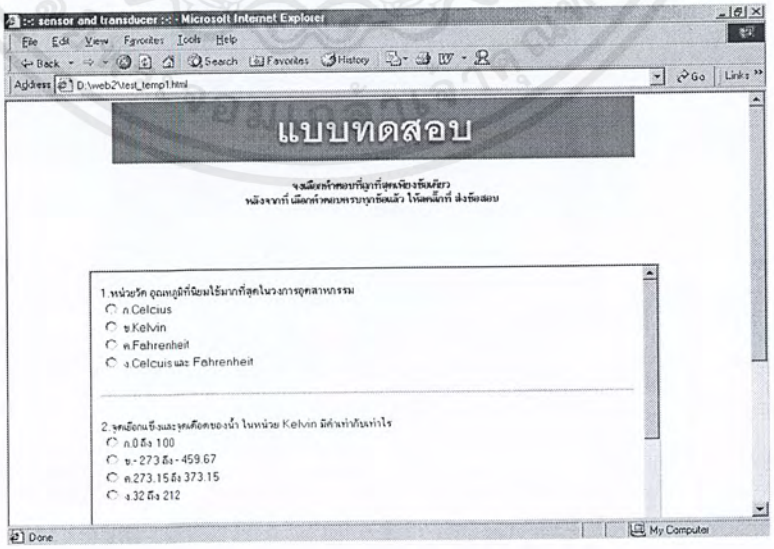
10) หลังจากที่คลิกหัวข้อบทที่ 1 มาตราและหลักการวัดอุณหภูมิแล้วจะพบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของเนื้อหาบทนั้น และเนื้อหาของบทเรียนดังรูปที่ 4.6

11) และหลังจากที่เรียนรู้เนื้อหาบทเรียนนั้นแล้ว ทางตอนท้ายของบทเรียนจะมีข้อความ "กลับไปหน้าหน่วยการเรียน" และ "กลับไปหน้า Temperature" เ พื่อกลับเข้าสู่สารบัญหลักและสารบัญย่อยดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แสดงตอนท้ายของบทเรียนบทที่ 1

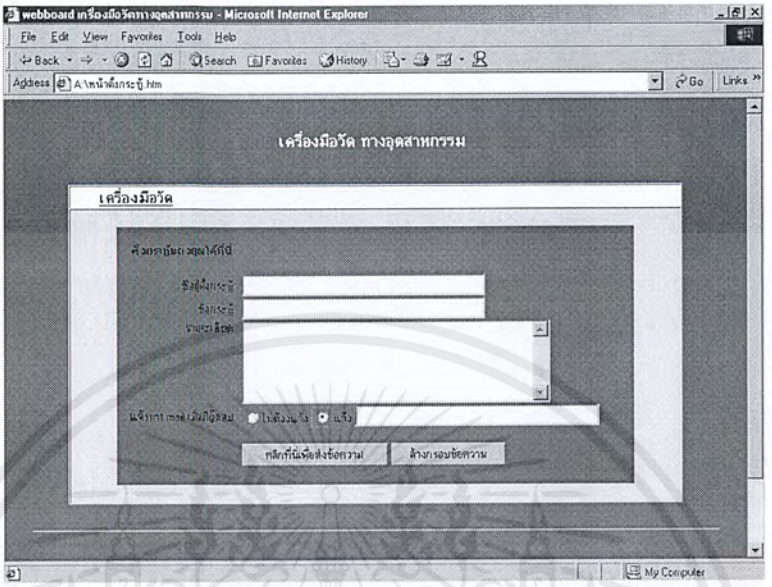
12) ถ้าต้องการทดสอบความรู้ที่ได้เรียนในโปรแกรมให้คลิกที่ "ทำแบบทดสอบ" ทางตอนท้ายของบทเรียนแต่ละบทดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.8 แสดงข้อสอบหลังจากที่เรียนรู้เนื้อหาของบทแล้ว

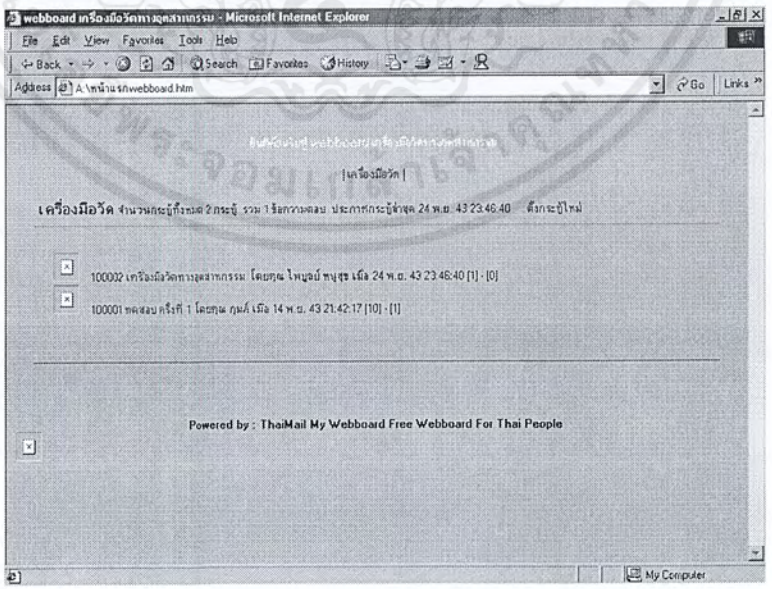
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13) เมื่อนักศึกษาบทเรียนต่าง ๆ แล้วยังเกิดความสงสัยให้คลิกปุ่มกลับไปที่สารบัญหลัก และทำการเลือกหัวข้อ "กระดานฝากคำถาม"



รูปที่ 4.9 แสดงหน้าของกระดานฝากคำถาม

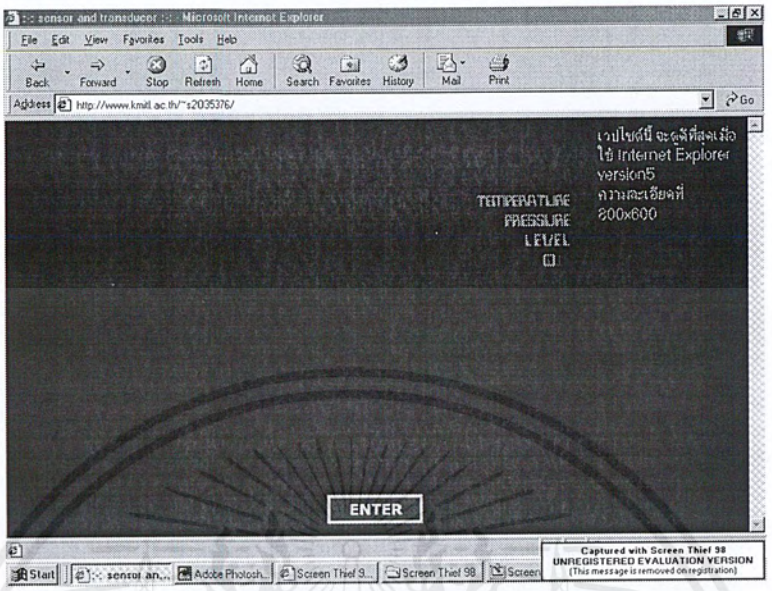
14) เมื่อปรากฏหน้าจอดังรูปที่ 4.9 ให้ผู้ที่ต้องการฝากคำถามใส่ชื่อ, ชื่อเรื่องที่จะถามตามด้วยคำถามแล้วคลิกข้อความ "คลิกที่นี่เพื่อส่งข้อความ" แล้วคำถามจะไปปรากฏบนเว็บบอร์ดดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 แสดงกระดานฝากคำถามเครื่องมือวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15) ผู้เรียนสามารถใช้บทเรียนนี้ได้โดยเข้าไปที่ www.kmitl.ac.th/~s2035376



รูปที่ 4.11 แสดงหน้าจอแรกของ Web site บทเรียนทางไกลผ่านอินเตอร์เน็ต เรื่องเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป ปัญหา แนวทางการแก้ไข และพัฒนา

5.1 บทสรุป

โปรแกรมช่วยสอนวิชาเซนเซอร์ และ ทรานสดิวเซอร์ เป็นโปรแกรมช่วยสอนที่สามารถทำงานได้ในระบบอินเตอร์เน็ต ซึ่งเป็นการประยุกต์เอาความสามารถที่มีอยู่แล้วในระบบอินเตอร์เน็ตมาจัดเป็นรูปแบบ โปรแกรมช่วยสอน โดยในตัวโปรแกรมช่วยสอนนี้จะประกอบไปด้วยส่วนของเนื้อหามีแบบทดสอบ มีส่วนกระดานฝากคำถาม ไว้แก้ข้อสงสัย แลกเปลี่ยนประสบการณ์ความรู้ โดยส่วนของโปรแกรมจะมีการรวมเอาเทคโนโลยีภาษา HTML ภาษา Java Script เข้ามาผสมผสานกันในโปรแกรมช่วยสอนนี้

5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงาน

1) การจัดสรรเวลาไม่คอยจะตรงกับแผนที่วางเอาไว้
2) การทำงานจะต้องทำในระบบเครือข่ายข้อมูลคอมพิวเตอร์
3) งานไม่เสร็จตามแผน ตามเวลาที่วางไว้
4) หาข้อมูลในการสร้างงานยากพอสมควร
5) ความรู้ทางด้านกราฟฟิกส์ยังมีน้อย
6) การออกแบบรูปแบบสารบัญต่าง ๆ ยาก
7) ความล่าช้าในระบบเครือข่ายข้อมูลคอมพิวเตอร์

5.3 แนวทางการแก้ไขปัญหา

1) จัดเวลาส่วนที่เสร็จก่อนกำหนดทำงานแทนส่วนที่ยังไม่เสร็จ
2) เข้าไปในระบบเครือข่ายข้อมูลคอมพิวเตอร์ในภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
3) หาในระบบอินเตอร์เน็ตให้กว้างขวางขึ้น หาข้อมูลจากผู้อื่น ๆ
4) ศึกษาโปรแกรมกราฟฟิกส์เพิ่มเติม
5) ศึกษาเรื่องการออกแบบกราฟฟิกส์เพิ่มเติม
6) พยายามทำให้การใช้ระบบเครือข่ายข้อมูลคอมพิวเตอร์เร็วขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงงาน

1) ได้รับความรู้ในการเขียนโปรแกรมภาษา HTML และโปรแกรมภาษา JAVA Script
2) ได้รับความรู้ในเรื่องระบบการติดต่อบนอินเตอร์เน็ต
3) ได้บทเรียนการสอนทางไกลบนอินเตอร์เน็ต
4) ได้สร้างและพัฒนาโปรแกรมช่วยสอนที่สามารถเรียกใช้งานผ่านระบบอินเตอร์เน็ต
5) ได้รับความรู้ในการใช้โปรแกรม Dreamweaver
6) ได้รับความรู้ในเรื่องการออกแบบและการสร้างทางด้านกราฟฟิกส์
7) ได้รับความรู้ในเรื่องการใช้โปรแกรมกราฟฟิกส์ต่าง ๆ
8) ได้รับความรู้ในการทำปริญญานิพนธ์บทเรียนการสอนทางไกลบนอินเตอร์เน็ต
9) ได้ปริญญานิพนธ์บทเรียนการสอนทางไกลบนอินเตอร์เน็ต

5.5 แนวทางการพัฒนาโครงงานและข้อเสนอแนะ

1) เพิ่มกราฟฟิกส์ที่สามารถตอบสนองผู้เรียนให้น่าสนใจขึ้น
2) จัดรูปแบบโปรแกรมให้ใช้เวลาในการเรียกข้อมูลโปรแกรมบนอินเตอร์เน็ตให้น้อยลง
3) สร้างข้อสอบแบบเติมคำและตรวจคำตอบ ตรวจคะแนนได้
4) เพิ่มเทคโนโลยีทางด้านอินเตอร์เน็ตที่เกิดขึ้นใหม่ ๆ ปรับปรุงมาใช้กับบทเรียนการสอนทางไกลบนอินเตอร์เน็ตให้ได้ประโยชน์สูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เนื้อหาบทเรียนวิชาเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 1 อุณหภูมิและเครื่องมือวัดอุณหภูมิ

บทที่ 1

มาตราและหลักการวัดอุณหภูมิ

1.1 หน่วยวัดและมาตราวัดอุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นหน่วยมูลฐานที่สำคัญ และใช้มากที่สุดค่าหนึ่งในอุตสาหกรรมหน่วยของอุณหภูมิที่ใช้ในปัจจุบันมีหลายหน่วยด้วยกันที่สำคัญ คือ เซลเซียส (Celcius) เคลวิน (Kelvin) ฟาเรนไฮต์ (Fahrenheit)

เซลเซียส เป็นหน่วยวัดอุณหภูมิที่ตั้งชื่อตามนักวิทยาศาสตร์ชาวสวีเดน Anders Celcius (1701 - 1744) โดยเซลเซียสพบว่า ณ ความดันบรรยากาศน้ำบริสุทธิ์จะมีจุดคงที่ทางอุณหภูมิอยู่สองจุดคือจุดเยือกแข็งของน้ำและจุดที่น้ำเดือด เขาจึงได้กำหนดจุด 0 องศาที่จุดเยือกแข็งของน้ำและ 100 องศาที่จุดเดือดของน้ำ

ฟาเรนไฮต์ เป็นหน่วยวัดอุณหภูมิที่ตั้งชื่อตามนักวิทยาศาสตร์ชาวดัทช์ Daniel Grabriel Fahrenheit (1686 - 1736) โดยฟาเรนไฮต์ได้พยายามหาจุดต่ำสุดของอุณหภูมิโดยการทดลองกับสารต่าง ๆ หลาย ๆ อย่าง และพบว่าจุดเยือแข็งของแอมโมเนียมคลอไรด์เป็นจุดต่ำสุดของอุณหภูมิเท่าที่เขาทดลองได้จึงกำหนดจุดนี้เป็นจุด 0 องศา ส่วนจุดบนของสเกลนั้นเขาพบว่าอุณหภูมิของร่างกายมนุษย์ เป็นจุดที่อุณหภูมิคงที่จึงกำหนดจุดนี้เป็น 96 องศาสาเหตุที่ไม่กำหนดจุดบนของ สเกลเป็น 100 องศาเพราะต้องการให้มีค่าเป็นสัดส่วนทวีคูณของ 12 ตามหน่วยอื่น ๆ ที่นิยมในสมัยนั้น

ทั้งหน่วยเซลเซียสและฟาเรนไฮต์ก็เป็นมาตราวัดอุณหภูมิที่จากการทดลองหา สภาวะคงที่ทางอุณหภูมิของสาร ณ จุดต่าง ๆ ซึ่งอยู่ในย่านบรรยากาศของพื้นลกและแบ่งสเกลให้เป็นไปตามความสะดวกเหมาะสมมิได้มีหลักเกณฑ์ตายตัวอะไรต่อมานักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ลอร์ดเคลวินเป็นผู้ค้นคิดหน่วยของอุณหภูมิทางวิทยาศาสตร์ขึ้นในปี 1851 เรียกว่ามาตราเคลวิน โดยกำหนดจุดอุณหภูมิศูนย์สัมบูรณ์ (zero absolute temperature) ขึ้น ณ จุดที่เป็น ideal นี้อิเล็กตรอนในอะตอมของสารต่าง ๆ จะหยุดโคจรรอบนิวเคลียสโดยไม่มีพลังงานความร้อนหลงเหลืออยู่ในสารนั้น ๆ อีกต่อไปในทางปฏิบัติไม่สามารถทำให้เย็นจัดถึงจุดนี้ได้ (กำหนดได้จากการคำนวณ) และแบ่งช่วงของมาตราตามมาตราเซลเซียส ระบบหน่วยสากล (The Systeme International d' Unites) ซึ่งเรียกย่อว่า SI ได้กำหนดหน่วยสากลของอุณหภูมิเทอร์โมไดนามิกเป็นมาตราเคลวินและหน่วยของอุณหภูมิทั่ว ๆ ไปเป็นเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรการเปลี่ยนแปลงมาตราเซลเซียสและฟาเรนไฮต์เป็นมาตราเคลวิน

$$\text{.....} K = \text{.....}^{O}C + 273.15$$

$$\text{.....} K = 5\frac{\left(\text{.....}^{O}F - 32\right)}{9} + 273.15$$

1.2 อุณหภูมิอ้างอิงมาตรฐาน (Reference Temperature) IPTS 68

มาตราสากลของอุณหภูมิในทางปฏิบัติ (International Practical Scale)ได้ถูกกำหนดขึ้นโดยที่ประชุมของกลุ่มประเทศผู้นำทางอุตสาหกรรมในปี 1968 และเป็นที่ยอมรับกันทั่วไปเรียกโดยย่อว่า IPTS 68ได้กำหนดจุดอ้างอิงมาตรฐานของอุณหภูมิ (reference temperature) เพิ่มเติมขึ้นอีกหลายจุดโดยกำหนดจากจุดเยือกแข็งหรือจุดไตรภาค (triple point) ซึ่งเป็นจุดที่มีสภาวะคงที่ทางอุณหภูมิของสารต่าง ๆ เพราะเมื่อวิทยาการเจริญมากขึ้นความต้องการอุณหภูมิอ้างอิง (reference temperature) ณ จุดที่สูงกว่าจุดเดือดของน้ำต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำก็มีมากขึ้น

IPTS 68ได้กำหนดมาตราของอุณหภูมิมาตราฐานขึ้น 2 มาตรา คือเซลเซียสและเคลวิน

1.3 หลักการวัดอุณหภูมิ

เครื่องมือวัดอุณหภูมิมีหลายชนิดโดยเครื่องมือแต่ละชนิดอาศัยหลักการ เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเฉพาะของสารคือจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงที่วัดได้ เมื่ออุณหภูมิที่วัดเปลี่ยนไป และการเปลี่ยนแปลงที่วัดได้จะต้องคงที่แน่นอนและพิสูจน์ได้

หมายเหตุ Δ หมายถึง การเปลี่ยนแปลง อ่านว่า เดลตา

- หลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเชิงกล

เทอร์โมมิเตอร์	หลักการวัด	วัสดุที่ใช้	ช่วงการวัด
ใช้ของเหลวบรรจุในหลอดแก้วปิด (thermo-meter)	Δ อุณหภูมิ → เทอร์โมมิเตอร์ → Δ การขยายตัวของของเหลว	ปรอท แอลกอฮอล์	- 130 ถึง 315° C - 200 ถึง 600° C
เปลี่ยนการขยายตัวเป็นความดัน (FiledThermal)	Δอุณหภูมิ → เทอร์โมมิเตอร์ → Δ ความดัน แบบ Filltermal → Δ ปริมาตร	ปรอท แอลกอฮอล์	- 185 ถึง 540°C - 300 ถึง 1000 °C
แบบแถบโลหะคู่	Δ อุณหภูมิ → หัววัด Bimetal → Δ ระยะทาง	INVAR - Ni+Fe +Cr.	- 60 ถึง 425°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางไฟฟ้า

เทอร์โมมิเตอร์	หลักการวัด	วัสดุที่ใช้	ช่วงการวัด
เทอร์โมคัปเปิล	Δ อุณหภูมิ → เทอร์โมมิเตอร์ → แรงเคลื่อนไฟฟ้า	- Type B - Type S - Type R - Type K - Type E - Type J - Type T	600~+1700°c 0 ~ +1600°c 0 ~ +1600°C -200~+1200 °C -200~+800°C -200~+800°C -200~+350°C
อาร์ทีดี	Δ อุณหภูมิ → RTD → Δ ความต้านทาน	พลาตินัม Pt นิกิล Ni ทองแดง Cu	-258~900°C -150~300 °C -200~120 °C
เทอร์มิสเตอร์	Δ อุณหภูมิ → เทอร์มิสเตอร์ → Δ ความต้านทาน	เทอร์มิสเตอร์	-30~300 °C

- หลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเชิงแสงและการแผ่รังสี

เทอร์โมมิเตอร์	หลักการวัด	วัสดุที่ใช้	ช่วงการวัด
ออพติคอลไพโรมิเตอร์	ความเข้มของแสง → เปรียบเทียบ → อุณหภูมิความเข้มของแสง	-	> 700°C

หลักการวัดอุณหภูมิโดยวิธีการทางเคมี

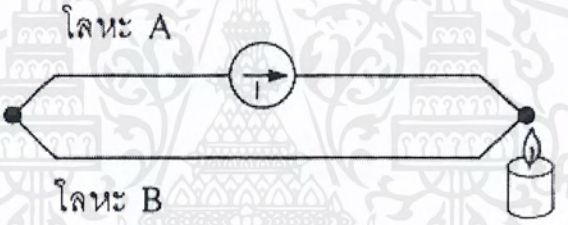
เทอร์โมมิเตอร์	หลักการวัด	วัสดุที่ใช้	ช่วงการวัด
Crayon แล็คเกอร์	Δ อุณหภูมิ → crayon → หลอมละลาย Δ อุณหภูมิ → แล็คเกอร์ → เปลี่ยนสี	สารเคมี สารเมี	37 ถึง 150 °C 100 ถึง 300°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

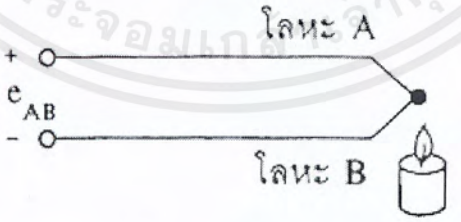
บทที่ 2
ประวัติการค้นพบเทอร์โมคับเปิล

2.1 ประวัติการค้นพบเทอร์โมคัปเปิล

ความเป็นมา ในปี ค.ศ. 1821 นักวิทยาศาสตร์ ชาวเยอรมัน Thomas Seebeck พบว่าเมื่อนำลวดโลหะ 2 เส้น ที่ทำด้วยโลหะต่างชนิดกันมาเชื่อมต่อปลายทั้งสองเข้าด้วยกัน ถ้าปลายจุดต่อทั้งสองมีอุณหภูมิต่างกันจะเกิดกระแสไฟฟ้าตามรูป 2.1 ปริมาณการไหลของกระแสนี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามผลต่างของอุณหภูมิที่ปลายจุดต่อทั้งสอง และถ้าเปิดปลายจุดต่อด้านหนึ่งออก จะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นที่ปลายด้านเปิด แรงเคลื่อนไฟฟ้านี้ เรียกว่า " ซีเบ็คโวลเตจ"



(ก) เมื่อเป็นวงจรปิดจะเกิดกระแสไหลวนเปลี่ยนแปลงไปตามผลต่างของอุณหภูมิที่ปลายจุดต่อทั้งสอง



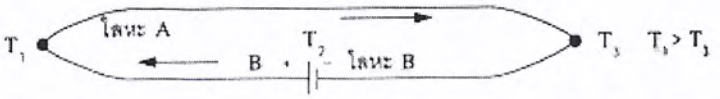
(ข) เมื่อเป็นวงจรเปิดจะเกิดโวลเตจเปลี่ยนแปลงไปตามผลต่างของอุณหภูมิที่ปลายจุดต่อทั้งสอง

รูปที่ 2.1 แสดงวงจรการทดลองของซีเบ็ค

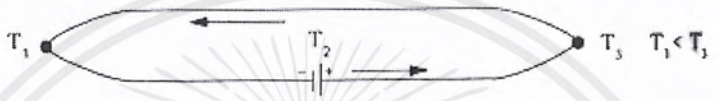
ต่อมาใน ปี 1834 นักวิทยาศาสตร์ Jean C.A.Peltier พบว่าเมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปเข้าไปในวงจรลักษณะ เดียวกับที่ซีเบ็คสร้างขึ้น จะทำให้เกิดอุณหภูมิที่ปลายทั้งสองของจุดต่อแตกต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กัน โดยปลายข้างหนึ่งจะร้อนขึ้นและปลายอีกข้างหนึ่งจะเย็นลง วงจรการทดลองของเพลเทียร์เป็นดังรูป 2.2 ลวดทั้งสองทำจาก บิสมัส และ แอนติโมนี



(ก) แหล่งจ่ายกระแสจากภายนอก



(ข) แหล่งจ่ายกระแสจากภายนอก

รูปที่ 2.2 แสดงวงจรการทดลองของเพลเทียร์

เมื่อมีกระแสจากแหล่งจ่ายภายนอก ไหลผ่านเข้าไปในวงจร จะทำให้ปลายข้างขวามีอุณหภูมิสูงขึ้นและปลายข้างซ้าย มีอุณหภูมิเย็นลงในทางกลับกัน เมื่อเปลี่ยนทิศทางการไหลของกระแสก็จะทำให้อุณหภูมิที่ปลายจุดต่อทั้งสองกลับกันด้วย

จากการค้นพบของซีเบ็คและเพลเทียร์การศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับเทอร์โมคัปเปิลได้ดำเนินต่อมา จนเป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิใช้อย่างกว้างขวางในวงการอุตสาหกรรม เช่นในปัจจุบัน

2.2 เทอร์โมคัปเปิลแบบมาตรฐาน

นับตั้งแต่ซีเบ็คได้ค้นพบหลักการวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปิลในปี 1821 เป็นต้นมารายละเอียด ในหลักการได้ถูกพัฒนาให้ก้าวหน้าเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรม โดยตลอดและได้เกิดเทอร์โมคัปเปิลแบบมาตราฐานขึ้นหลายชนิด เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานในลักษณะต่างๆ

2.2.1 เทอร์โมคัปเปิลแบบ S (Type S Platinum 10% Rhodium V.S Platinum)

ในปี 1886 Le Chatelier ได้ผลิตเทอร์โมคัปเปิลโดยสายลบที่ทำจาก พลาตินัม และสายบวกทำจากโลหะผสม 90% ของพลาตินัม +10% ของโรเดียมสามารถวัดอุณหภูมิได้สูงถึง 1400°C ซึ่งต่อมาเทอร์โมคัปเปิลแบบนี้ได้กลายเป็นแบบ S, มาตราฐานสากลตาม IPTS68 ระบุว่าสามารถใช้ในการสอบเทียบค่าและเปรียบเทียบเป็นค่ามาตราฐาน (calibration and comparision) ตั้งแต่จุดแข็งตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของ แอนติโมนี (630.74°C) จนถึงจุดแข็งตัวของทอง (1064.43°C) เทอร์โมคัปเปิลแบบ S นี้สามารถใช้วานในสภาวะที่เป็น oxidizaing และ inert ได้ดีโดยสามารถทนอุณหภูมิได้สูงถึง 1400°C หรือกับการใช้งานในระยะเวลาสั้น ๆ สามารถทนได้ดีถึง 148°C แต่ไม่เหมาะสำหรับสภาวะงานที่เป็นแบบ reducing, vacuum หรือสภาพงานที่มีไอของโลหะ เช่น ตะกั่ว สังกะสี และไอของอโลหะ เช่นซัลเฟอร์ฟอสฟอรัสซึ่งจะทำให้อายุการใช้งานสั้นลงถ้าจำเป็นต้องใช้จะต้องป้องกันด้วย protecting tube ที่เป็นแบบอโลหะ เช่น อลูมินาบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิสูงๆ เม็ดเกรนของพลาตินัมจะพองตัวและพลาตินัมจะสกปรก (contamination) ได้ง่ายที่อุณหภูมิสูง ๆ ทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้ามีค่าต่ำลง จากการวิเคราะห์ส่วนผสม (composition) ภายหลังการใช้งาน 2 0 ปี ส่วนผสมของโรเดียมจะเปลี่ยนสภาพเป็นพาลาเดียมทำให้คุณสมบัติผิดไป การเปลี่ยนสภาพเช่นนี้จะเกิดกับเทอร์-โมคัปเปิลทุกแบบที่มีส่วนผสมของโรเดียม

2.2.2 เทอร์โมคัปเปิลแบบ R (Type R Platinum 13% Rhodium V.S. Platinum)

เทอร์โมคัปเปิลแบบ R สายบวกทำจาก พลาตินัม สายลบทำจาก พลาตินัม 87% + โรเดียม 13% ผลที่ได้ จะทำให้แบบ R ให้เอาท์สูงกว่าแบบ S ตามกราฟแสดงคุณสมบัติเปรียบเทียบกับแบบ S คุณสมบัติเหมือนกับแบบ S ทนอุณหภูมิสูงได้ 1400°C

2.2.3 เทอร์โมมคัปเปิลแบบ B (Type B Platinum 30(Rhodium /Platinum 6 % Rhodium)

ผลิตขึ้นเมื่อปี 1954 ในประเทศเยอรมัน สายบวกทำจากพลาตินัม 70% + โรดเดียม 30% สายลบทำจาก พลาตินั่ม 94%+ โรเดียม 6% เทอร์โมคัปเปิลแบบ B จะให้แรงเคลื่อนต่ำกว่าแบบ S และแบบ R แต่คุณสมบัติที่เด่นกว่า คือแข็งแรงและทนทานกว่า สามารถใช้งานกับอุณหภูมิสุงได้ถึง1704° C ในสภาวะที่เป็น oxiding หรือ inert แต่ไม่เหมาะกับการใช้งานในสภาวะ reducing หรือ vacuum และในงานที่มีไอของโลหะและอโลหะเช่นเดียวกับ แบบ R และ แบบ S

2.2.4 เทอร์โมคัปเปิลแบบ J (Type J Iron V.S. Constantan)

เนื่องจากพลาตินัมเป็นธาตุที่มีราคาแพง เพื่อที่จะทำให้เทอร์โมคัปเปิลมีราคาถูกลงได้มีการค้นคว้าหาวัสดุที่มีราคาถูกกว่า เพื่อใช้แทนพลาตินัม วัสดุที่ทดลองใช้ เช่น เหล็ก นิเกิล นิเกิลบริสุทธิ์ เปราะมากในสภาพงานที่เป็น oxidizing การทดลองต่อมาพบว่าโลหะผสมระหว่าง 60% ของทองแดง +40% ของนิเกิลที่ต่อมาเรียกว่า constantan สามารถแก้ปัญหานี้ได้ เทอร์โมคัปเปิลที่ใช้สายบวกทำด้วยเหล็กและสายลบทำด้วย constantan จึงถือกำเนิดขึ้นและต่อมากลายเป็นแบบมาตรา-ฐาน แบบ J

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของเทอร์โมคัปเปิลแบบ J เหมาะสำหับสภาพงานที่เป็น vacuum , oxdizing reducing หรือ inert ที่อุณหภูมิไม่เกิน 760 °C ไม่เหมาะสำหรับงานที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0°C และที่อุณหภูมิสูงกว่า 538 °C สายที่เป็นเหล็กจะเกิด oxidization ด้วยอัตราสูงกว่าปกติมากสำหรับอุณหภูมิที่สูงกว่า 538 °C จะต้องใช้ สายเทอร์โมคัปเปิลขนาดใหญ่จะช่วยให้อายุการใช้งานยืนยาวขึ้น จากการทดลองใช้งานภายใน 20 ปี พบว่าส่วนผสมของโลหะเทอร์โมคัปเปิลจะเปลี่ยนแปลงไป 0.5% (แมงกานีสเพิ่มขึ้นในเนื้อเหล็ก)

2.2.5 เทอร์โมคัปเปิลแบบ K (Type K chromel V.S. Alumel)

เพื่อที่จะทำให้เทอร์โมคัปเปิลสามารถวัดอณุภูมิสูงได้กว่าแบบ J และมีราคาถูกกว่า จึงได้มีผู้ประดิษฐ์ เทอร์โมคัปเปิล แบบใหม่ที่สายบวกทำจากโลหะผสมระหว่างนิเกิล 10% + โคเมียม 90% และสายลบทำจากโลหะผสมนิเกิล 95 % ถึง + 5% ของส่วนผสมระหว่าง อลูมิเนียม , แมงกานีส, ซิลิกอน ซึ่งต่อมาได้เป็น inert ได้ดีกว่าแบบอื่น สามารถทนอุณหภูมิได้ถึง 1260 °C (2300 °F) และที่อุณหภูมิต่ำถึง -250°C (-42°F) ในสภาพที่ต้องรับการแผ่รังสีโดยตรง จากแหล่งกำเนิด ความร้อน แบบ K สามารถใช้งานได้ดีเช่นกัน

2.2.6 เทอร์โมคัปเปิลแบบ T (Type T Copper V.S. Constantan)

เป็นเทอร์โมคัปเปิลแบบที่เหมาะสำหับการวัดอณุภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ สายบวกของเทอร์โมคัปเปิลแบบ T ทำจากทองแดง และสายลบทำจาก constantan ในสภาพาการใช้งานปกติสามารถวัดอุณหภูมิได้ต่ำถึง -184°C แต่อุณหภูมิทางบวกวัดได้ต่ำกว่าแบบอื่น ๆ คือประมาณ 370°C อัตราการเกิด oxide ของโลหะเทอร์โมคัปเปิลจะเพิ่มขึ้นเป็นแบบที่ทนการกัดกร่อน ในบรรยากาศที่มีความชื้นได้ดีเป็นพิเศษ และสามารถใช้งานในสภาวะที่เป็น vacuum, oxidizing, reduing หรือ inert ได้ดีการใช้งานที่ต้องสัมผัสกับการแผ่รังสีโดยตรง จะทำให้ส่วนผสมของเทอร์-โมคัปเปิลเปลี่ยนแปลงไปได้ จึงไม่เหมาะกับงานลักษณะนี้ จากการทดลองใช้งาน 20 ปี ส่วนผสมของนิเกิล และสังกะสีจะเพิ่มขึ้นประมาณ 10%

2.2.7 เทอร์โมคัปเปิลแบบ E (Type E Chromel V.S. Constantant)

สายบวกทำจากส่วนผสมระหว่าง 10% ของโครเมียม + 90% ของนิเกิล และสายลบทำจาก constant อุณหภูมิใช้งานปกติอยู่ระหว่าง -250°C ถึง 871°C เหมาะกับสภาพงานที่เป็น oxidizing คุณสมบัติด้านอื่น ๆ คล้ายกับเทอร์โมคัปเปิลแบบ K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 เทอร์โมคัปเปิลแบบ Nonstandard

แบบของเทอร์โมคัปเปิล ที่กล่าวมาแล้วนั้นเป็นแบบมาตรฐาน แต่ปัจจุบันได้มีการทดลองนำโลหะอีกหลายชนิด เช่น ทังสเตน รีเนี่ยม (rhynium) เออริเดียม (iridium) มาประดิษฐ์เทอร์โมคัป-เปิลแบบใหม่เพื่อให้ได้คุณสมบัติที่ต่างไปจากแบบมาตรฐานที่มีอยู่ซึ่งจะได้รับเข้าเป็นแบบมาตร - ฐานในอนาคตต่อไป

- นิโครซิล - นิซิล (นิเกิล, โครเมี่ยม, ซิลิคอน,- นิเกิล, ซิลิกอน) คุณสมบัติ ช่วงอุณหภูมิใช้งานจาก-240 °Cถึง 1230°C คุณสมบัติโดยทั่วไปเหมือนแบบ K แต่อายุการใช้งานนาน มีเสถียรภาพดีกว่าแบบ K
- พลาตินัม 20%, โรเดียม 80% - พลาตินัม 5% , โรเดียม 95%
- พลาตินัม 40%, โรเดียม 60% - พลาตินัม 20% , โรเดียม 80%
- พลาตินัม 13%, โรเดียม 87% - พลาตินัม 1% , โรเดียม 99%
- พลาตินัม 15%, เออริเดียม 85% - พาลาเดียม ให้แรงเคลื่อนเอาท์พุท สูงกว่าแบบที่มีส่วนผสมพลาตินัมชนิดอื่นๆ
- พลาตินัม 5% , โมดิบดีนัม 95% - โมดิบดีนัม 99.9%,พลาตินัม 0.1% ทำให้การรับการแผ่รังสีโดยตรงจากแหล่งกำเนิดความร้อนได้ดีกว่าแบบที่มีส่วนผสมของพลาตินัมชนิดอื่นๆ
- เออร์ริเดียม 40% , โรเดียม 60% - โรเดียม สามารถวัดอุณหภูมิสูงได้ถึง1830°C
- ทังสเตน - ทังสเตน 74%,รีเนียม 26 %
- ทังสเตน 97 % รีเนียม 3 %,- ทังสเตน 74 % ,รีเนียม 25% สามารถวัดอุณหภูมิสูงได้ถึง 2760°C
- ทังสเตน 95% ,รีเนียม 5% - ทังสเตน 74% , รีเนียม 26%
- ทองแดง -ทอง 97.89 %, โคบอลท์ 2.11% สำหรับวัดอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำถึง 0° สัมบูรณ์ แต่ไม่เหมาะสำหรับการวัดอุณหภูมิสูงกว่าบรรยากาศปกติ
- โครเมล - ทอง 99.03% ,เหล็ก 0.07% สำหรับการวัดอุณหภูมิที่มีค่าเป็นลบมาก ๆ ให้แรงเคลื่อนเอาท์พุทสูง และมีเสถียรภาพดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
หลักการและเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบ RTD

3.1 หลักการของ RTD

ความต้านทานไฟฟ้าในเส้นลวดโลหะจะเปลี่ยนค่าไปตามสมการ ดังนี้

$$R_t = R_O(1+\alpha T) \quad \text{หรือ} \quad dR_t / dT = \alpha R_O$$

เมื่อ R_t คือ ค่าความต้านทานของลวดโลหะ ที่อุณหภูมิ $t^\circ C$

R_0 คือ ค่าความต้านทานของลวดโลหะ ที่อุณหภูมิ $0^\circ C$

α คือ สัมประสิทธิ์ของการเปลี่ยนแปลงค่าความทานไฟฟ้า ต่ออุณหภูมิ $1^\circ C$

ในช่วง 90 ปีที่ผ่านมาสถาบันและสมาคมหลายแห่งที่เกี่ยวข้องกับการผลิตอาร์ทีดีได้กำหนดมาตราฐานต่างกันไปสมาคมเหล่านี้ได้แก่สมาคมผู้ผลิตเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ (SAMA) แห่งสหรัฐ สถาบันมาตราฐานแห่งอังกฤษ (British Standard Institute), และสถาบันมาตราฐานแห่งเยอรมัน (Deutsches Institut fur Normung e. V. 's) แต่ต่อมากลุ่มกำหนดมาตราฐาน IEC (IES standard groups) ได้กำหนด Calibration Curve ของอาร์ทีดีแบบพลาตินัมใหม่ และเป็นที่ยอมรับของสมาคมทั้งสามดังกล่าว ช่วงอุณหภูมิต่ำกว่า $400^\circ C$ ค่าผิดพลาดไม่เกิน $\pm 0.2^\circ C$ และที่ช่วงอุณหภูมิ $400^\circ C$ ถึง $600^\circ C$ ค่าผิดพลาดไม่เกิน $\pm 0.5^\circ C$

นิเกิลอาร์ทีดีไม่ใช่แบบมาตราฐานเหมือนพลาตินัม เพราะต่างบริษัทก็กำหนดค่าความต้านทานที่ $0^\circ C$ ต่างกันออกไปทำให้การเลือกใช้อุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ เช่น ทรานสมิตเตอร์, เครื่องควบคุม, เครื่องบันทึก เฉพาะของบริษัทนั้น ๆ บางบริษัทกำหนดค่าความต้านทาน 235.116 โอห์มที่ $0^\circ C$ นิเกิล อาร์ทีดีวัดอุณหภูมิได้ไม่สูงเท่ากับพลาตินัมย่านการใช้งานอยู่ในช่วง $19^\circ C$ ถึง $360^\circ C$ ค่าผิดพลาดต่ำกว่าแบบพลาตินัมแต่ให้ลิเนียริตี้ดีกว่าแบบพลาตินัม

อาร์ทีดีแบบทองแดง เป็นแบบที่ให้ลิเนียริตี้ในการวัดดีที่สุดแต่ย่านการวัดแคบ ประมาณ $-200^\circ C$ ถึง $150^\circ C$ และมีค่าความต้านทานจำเพาะต่ำปกติจะมีค่าความต้านทาน 10โอห์มที่ $0^\circ C$ ค่าผิดพลาด $\pm 0.25^\circ C$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

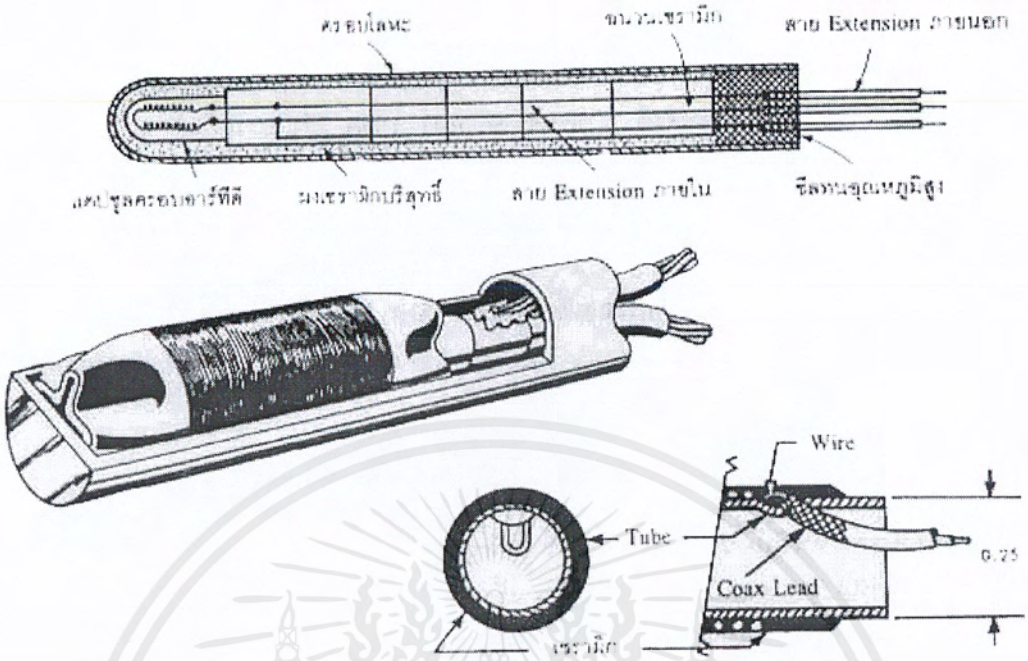
อาร์ทีดีแบบทังสเตนก็มีใช้อยู่บ้างแต่ไม่เป็นที่แพร่หลายเพราะมีเสถียรภาพไม่ดี (คุณสมบัติเปลี่ยนไปเมื่อผ่านการใช้งานไปแล้ว) แต่มีข้อดีคือมีความแข็งแรง (Strength) สูงกว่าแบบอื่น ๆ สามารถทนอุณหภูมิได้สูง

อาร์ทีดีแบบ พลาตินัม 100 โอห์มจะเปลี่ยนค่าความต้านทานโดยเฉลี่ย 0.385 โอห์มต่อ $1^{\circ}C$ ในการใช้งานปกติมีแหล่งจ่ายกระแสคงที่ (current source) 1 m.A เลี้ยงอาร์ทีดีอยู่ทุก ๆ $1^{\circ}C$ ที่เปลี่ยนแปลงจะทำให้เกิดค่าโวลเตจเปลี่ยนแปลง 0.385 mV ซึ่งมากกว่าเทอร์โมคัปเปิลแบบ K ถึง 10 เท่าดังนั้นที่สัญญาณรบกวนค่าเดียวกันจะมีผลต่ออาร์ทีดีน้อยกว่าเทอร์โมคัปเปิล

3.2 โครงสร้างของอาร์ทีดี

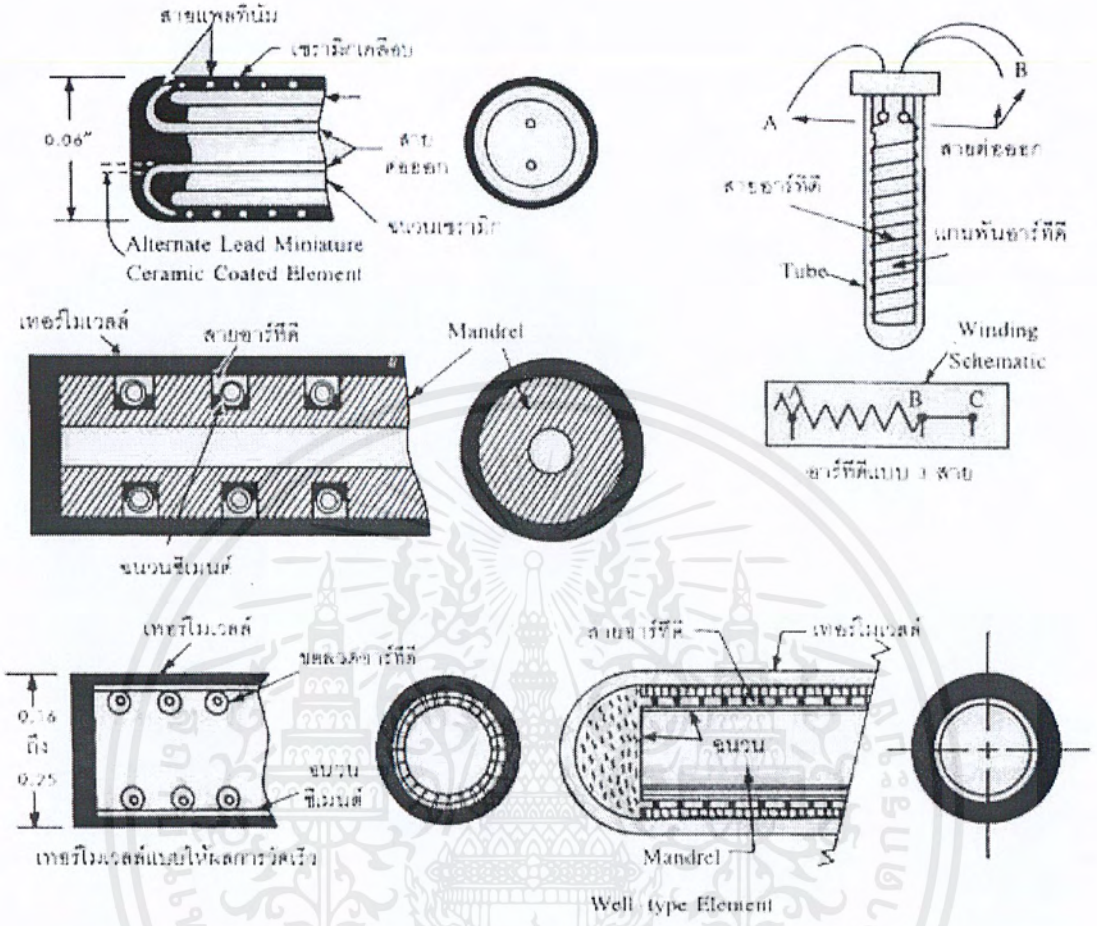
อาร์ทีดีทำด้วยลวดโลหะที่มีความยาวค่าหนึ่ง ซึ่งทำให้เกิดค่าความต้านทานที่ต้องการ ณ อุณหภูมิ $0^{\circ}C$ ลวดโลหะนี้จะพันอยู่บนแกนที่เป็นฉนวนไฟฟ้า และมีคุณสมบัติทนต่อความร้อน แกนที่ใช้เป็นสารประเภทเซรามิคหรือแก้ว เช่น อลูมินาบริสุทธิ์, สารที่เจือปนอยู่ (impurities) เช่น ซิลิกาจะทำให้เส้นลวดความต้านทานสกปรก (contaminate) สิ่งที่ต้องคำนึงถึงพิเศษในขบวนการผลิต คือ ขณะใช้งานขดลวดนี้ต้องทนต่อการ เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ความสั่นสะเทือนได้ ทั้งนี้เพราะเมื่อขดลวดได้รับความร้อนจะขยายตัว, เมื่อเย็นลงจะหดตัวแกนที่ใช้พันจะต้องมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวสัมพันธ์กับการขยายตัวของขดลวดจะทำขณะที่ขดลวดร้อนจนอ่อนตัว หลังจากนั้นต้องผ่านกรรมวิธีการอบร้อนคลายความเคลียดที่มีอยู่ในขดลวด (strees relieve) ด้วยอุณหภูมิอย่างน้อย $500^{\circ}C$ เป็นเวลา 24 ชั่วโมงสภาพภายนอกของอาร์ทีดีเหมือนเทอร์โมคัปเปิล อาร์ทีดีจะถูกบรรจุอยู่ใน shesth (ฝักโลหะ) ตามรูปเป็นที่ 3.1 ภาพตัดและขยายให้เห็นส่วนประกอบของอาร์ทีดี ฉนวนที่ใช้เป็นพวกแมกนีเซียมออกไซด์หรืออลูมิเนียมออกไซด์ ช่วงที่มีผลต่อการวัดโดยตรง (sensitive portion) อยู่ตรงส่วนปลายของ sheath อาจยาว 0.5 ถึง 2.5 นิ้วซึ่งเป็นบริเวณที่อยู่ของขดลวดการเลือก metal sheath ฉนวน, เทอร์โมเวลล์เหมือนกันเทอร์โมคัปเปิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างของอาร์ทีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1(ต่อ) แสดงโครงสร้างของอาร์ทีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
หลักการและเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบไพโรมิเตอร์

ไพโรมิเตอร์มาจากภาษากรีก แปลว่า ไฟ วิธีการวัดของไพโรมิเตอร์ผิดกับการวัดแบบอื่น ๆ คือ ตัววัดอุณหภูมิไม่ต้องสัมผัส โดยตรงกับวัตถุที่ต้องการทราบค่าอุณหภูมิ แต่อาศัยการวัดการแผ่รังสีของวัตถุ บอกอุณหภูมิของวัตถุแทนคุณสมบัติ โดยทั่วไป ของการแผ่รังสีในช่วงอุณหภูมิ 1000°F ถึง 2800°F พลังงานที่แผ่รังสีออกมาในรูปของแสง แต่ในช่วงอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 1000° F จนถึงอุณหภูมิห้อง พลังงานที่แผ่รังสีออกมาจะอยู่ในรูปของ ความร้อน (thermal radiation) ซึ่ง ณ จุดที่อุณหภูมิแตกต่างกันไปนี้ ความยาวคลื่นหรือความถี่ของพลังสานเหล่านี้จะแตกต่าง กันไปด้วย

ไพโรมิเตอร์ ถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ แบบวัดคลื่นรังสีที่ตามนุษย์มองเห็น (optical pyrometer) และแบบวัดคลื่นรังสีอินฟาเรด (infared pyrometer)

4.1 ไพโรมิเตอร์แบบวัดการแผ่รังสี (Radiation Pyrometer)

เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบนี้ใช้หลักการของ "Stefan - Boltzman" ที่กล่าว "ความเข้มของพลังงานการแผ่รังสี ที่กระจายออกผิวของวัตถุจะเพิ่มเป็นกำลังสี่ของค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์ของวัตถุ"

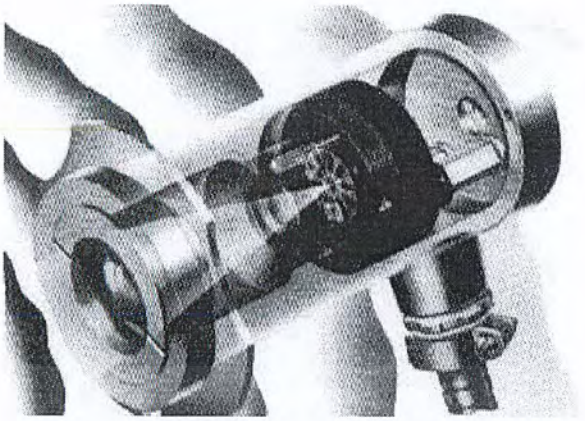
$$W \sim T^4$$

$$W = \sigma T^4$$

เมื่อ σ คือ ค่าคงที่ Stefan - Boilzman = 56.7×10^{-12} $(W / m^2 - K^4)$, T คือ ค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์ (K) และ W คือ พลังงานที่เครื่องมือวัดได้รับจากการแผ่รังสีในสมการนี้ ถือว่าเครื่องมือวัดอยู่ในอุณหภูมิ 0 K กรณีที่ตัววัดอยู่ที่ Ta และวัตถุมีอุณหภูมิ Tb ความสัมพันธ์จะกลายเป็น

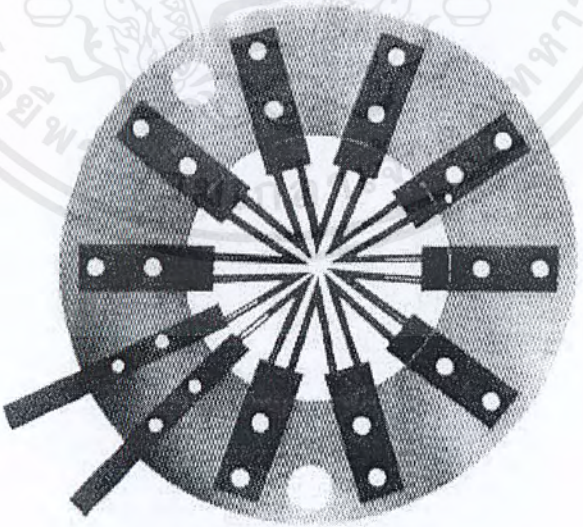
$$W = \sigma\left(Tb^4 - Ta^4\right)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แสดงโครงสร้างของหัววัดแบบไพโรมิเตอร์

เลนส์และกระจกเงานูน จะทำหน้าที่รวมพลังงาน ที่แผ่รังสีออกมาจากวัตถุให้เป็นจุดเล็ก ๆ ไปตกที่เทอร์โมไพล์ (thermopile) เมื่อเทอร์โมไพล์ร้อนขึ้นจะให้แรงคลื่นไฟฟ้าออกมา เราสามารถวัดค่าอุณหภูมิของวัตถุ จากแรงเคลื่อนไฟฟ้านี้ได้ ข้อควรระวังในการวัดคือ ต้องใช้เทอร์โมไพล์ตั้งฉากกับวัตถุร้อนที่แผ่หนังสีออกมา เทอร์โมไพล์ประกอบด้วยเทอร์โมคัปเปิลขนาดเล็กจำนวนหนึ่งต่ออนุกรมอยู่ เพื่อเพิ่มความไวของการวัด เพราะแรงเคลื่อนของเทอร์โมคัปเปิลแต่ละตัวที่ได้จะรวมกันเทอร์โมไพล์จะถูกขึ้นรูป เป็นแผ่นแบนเรียบทาสีดำเพื่อให้ดูดซึมพลังงาน ที่แผ่รังสีเข้ามาบริเวณจุดศูนย์กลาง คือ จุดรวมของการวัดพลังงานที่แผ่รังสีเข้ามาตามรูปประกอบด้วยเทอร์โมไพล์ประกอบด้วยเทอร์โมคัปเปิล 10 ชุด อนุกรมกันอยู่



รูปที่ 4.2 แสดงภาพขยายของตัวเทอร์โมไพล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุของเลนส์ที่ใช้รวมพลังงานที่แผ่รังสีจากวัตถุก็มีคุณสมบัติเฉพาะตัวของมัน โดยมันจะเป็นตัวกำหนดช่วงความยาวคลื่นของพลังงานที่ยอมให้ผ่านไม่เหมือนกัน แก้วไพเร็กซ์ (Pyrex glass) เหมาะสำหรับ การวัดอุณหภูมิในย่านสูงมากกว่า กว่า 700°C ขึ้นไป เลนส์ที่ฉาบด้วยสาร โพลีเอ็ธธีลีน หรือ เทตราฟลูโอโร เอ็ธธีลีน สามารถใช้วัดอุณหภูมิ ในย่านกว้างกว่าเลนส์ชนิดอื่น ๆ

Radiation Pyrometer เหมาะกับสภาพงานที่

- มีอุณหภูมิสูงมาก สูงกว่าย่านเทอร์โมคัปเปิลจะวัดได้
- ในเตาเผาที่มีสภาพเป็นอันตรายต่อเทอร์โมคัปเปิล, มีสภาพไม่แน่นอน ทำให้เทอร์โมคัปเปิลมีอายุการใช้งานสั้น เช่น เปลวไฟในเตาเผา
- เมื่อวัตถุที่ต้องการวัดต้องเคลื่อนที่อยู่บนสายพานในขบวนการผลิต (production line)
- เมื่อวัตถุร้อนนั้นอยู่ในที่ ๆ ไม่อาจสัมผัสได้

4.2 ไพโรมิเตอร์แบบเทียบความสว่างไส้หลอด (Optical Pyrometer)

วัตถุที่ร้อนจัดจนเปล่งแสงออกมา การวัดอุณหภูมิทำได้โดยการวัดความเข้มของพลังงานที่แผ่รังสีออกมา ความสัมพันธ์ของ ความยาวคลื่น, อุณหภูมิและความเข้มจะเป็นไปตามสมการของ Wien - Planck ดังนี้

$$W_\lambda = C_1 \lambda^{-5} / \left(e^{(c_2/\lambda T)} - 1 \right)$$

เมื่อ

T คือ อุณหภูมิของเทหวัตถุ

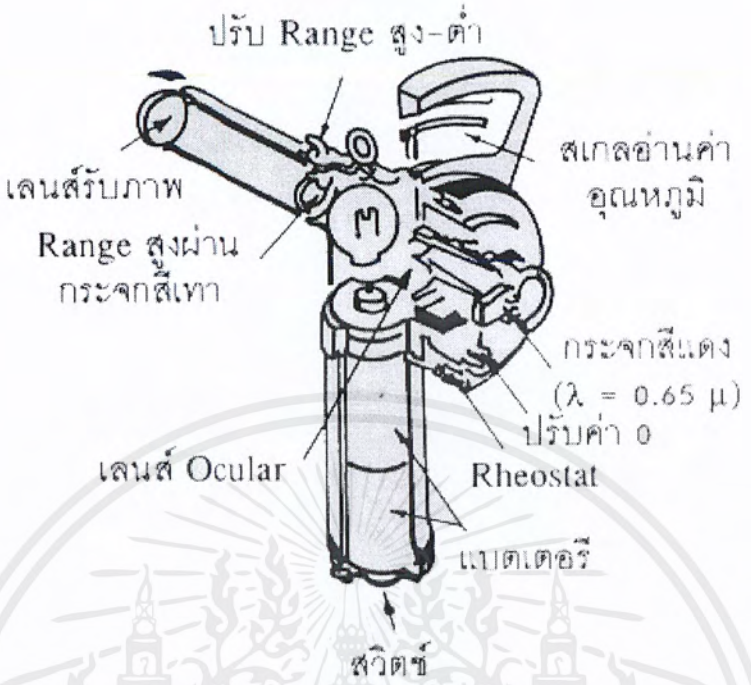
λ คือ ความยาวคลื่น

C_1 และ C_2 เป็นค่าคงที่

W_λ คือ ความเข้มของพลังงาน ที่ความยาวคลื่นนั้น ๆ

Optical pyrometer เป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิของวัตถุที่ร้อนจนเปล่งแสงออกมาในช่วงความยาวคลื่น 0.75μ ถึง 0.4μ โดยใช้ดวงตามองเปรียบเทียบระหว่างไส้หลอดกับวัตถุร้อนที่ต้องการทราบอุณหภูมิแล้วคำนวณเทียบหาอุณหภูมิตามกฎของ Wien Planck

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แสดง Optical Pyrometer

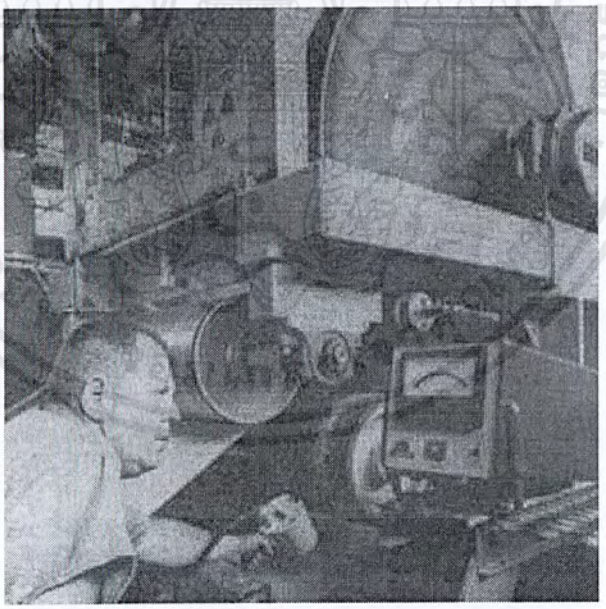
Optical Pyrometer นี้เป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบมาตราฐาน (primary standard) ที่กำหนดโดย IPTS 68 สำหรับการวัดอุณหภูมิในย่าน 1060°C ขึ้นไป, NBS (National Bureau Standard) กำหนดให้เป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิมาตราฐานในย่านที่สูงกว่าจุดหลอมเหลวของทอง 1945.4°F ขึ้นไป

4.3 ไพโรมิเตอร์แบบอินฟาเรด

เมื่อต้องการตรวจสอบอุณหภูมิเป็นครั้งคราว เพื่อดูสถาพการต่อสายไฟฟ้า กำลังสูงว่าการต่อแน่นดีหรือไม่ เพราะถ้าจุดต่อไม่แน่นจะเกิดความร้อนขึ้น หรือต้องการหาจุด Hot-spot ที่ตัวหม้อแปลงอุปกรณ์วัดอุณหภูมิอื่นๆ ไม่สามารถทำได้ เครื่องวัดแบบอินฟาเรดให้ผลการวัดอุณหภูมิในย่านกว้าง จากระดับอุณหภูมิห้องจนถึง 500° F (บางแบบอาจวัดได้ถึง 8000 °F) ตัวตรวจวัดอุณหภูมิเป็นสารประเภท เซมิคอนดักเตอร์ที่เรียกว่า โฟตอน เมื่อโฟตอน ได้รับพลังงานความร้อนที่อยู่ในรูปของอินฟาเรด จะเกิดแรงเคลื่อน ไฟฟ้าขึ้น เราจึงสามารถวัดอุณหภูมิของวัตถุต่างๆได้

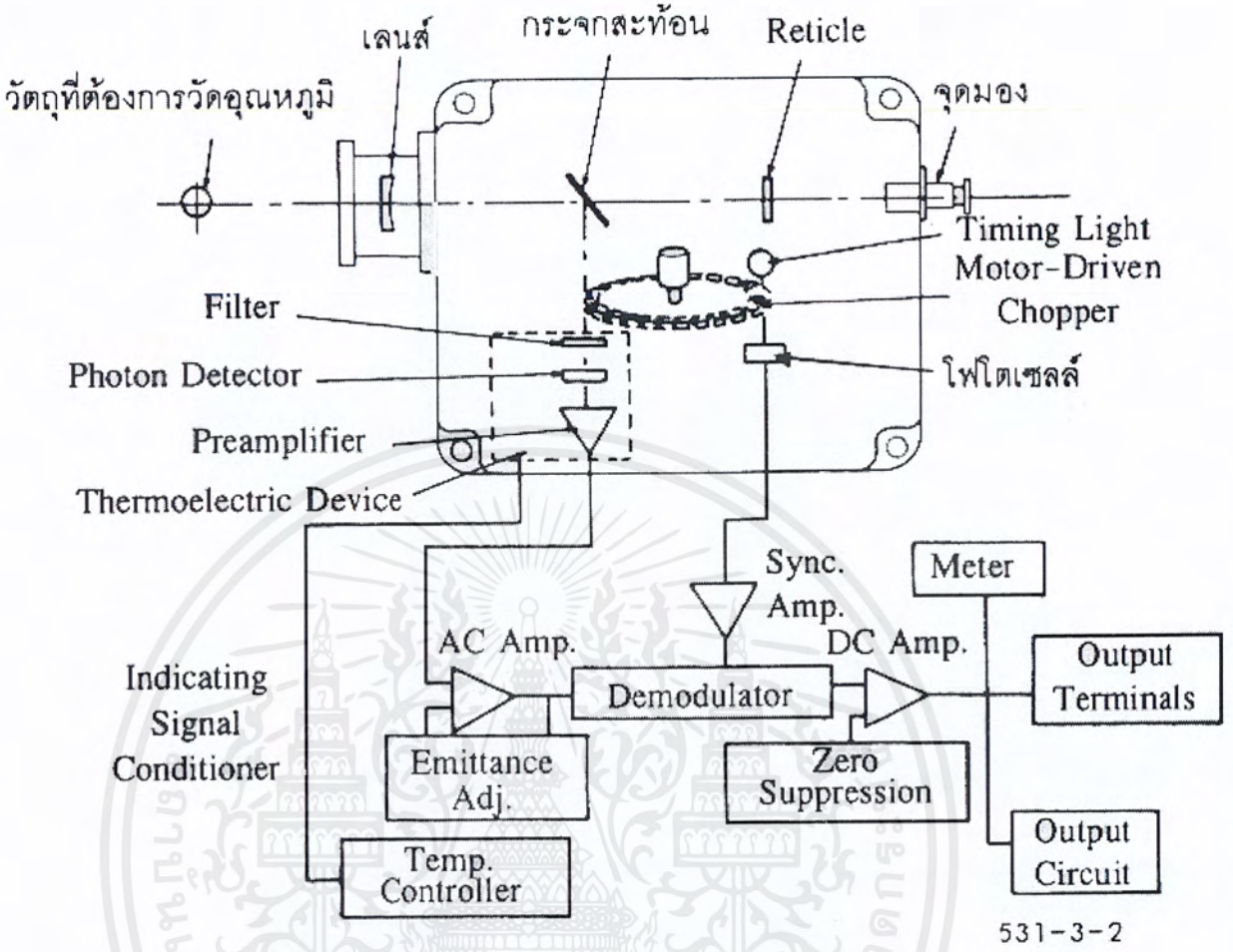
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรการวัดแบบอินฟาเรด กล้องจะจับไปบนผิวของวัตถุที่ต้องการทราบอุณหภูมิ ปรับโฟกัสให้ได้ภาพชัดเจนขนาดตัวอย่าง พื้นที่อาจเล็กเพียง 0.25 ตารางนิ้วเท่านั้น รังสีอินฟาเรดจะถูกกระจกสะท้อนแบบ Dichomatic ซึ่งทำให้ตาสามารถ มองเห็นภาพ และอินฟาเรดถูกหักเหให้เข้าหาตัวตรวจวัดโฟตอน โดยผ่านกระจก กรองแสง และจานซึ่งหมุนตัดรังสีอินฟาเรดให้เป็นห้วง ๆ ก่อนเข้าถึงโฟตอน คลื่นอินฟาเรดจึงอยู่ในรูปของ AC Signal ถ้าลักษณะของเป้าที่เล็งอยู่ไม่ใช่ Black Body อย่างสมบูรณ์ก็สามารถปรับค่า Emittance ได้ตามสภาพผิวของวัตถุ โดยเป็นตัวปรับอัตราขยายในช่วง AC Amp. ป้อนเข้าภาค Demodulaor ได้สัญญาณเป็น DC. ออกมา ขณะที่อีกด้านหนึ่งของ Motor Driven Chopper กับ Timing Light ผลิตสัญญาณ Sync. ผ่าน Sync Amp. ส่งเข้าควบคุมอยู่ในภาค Demodulator ด้วยสัญญาณที่ได้จาก Dc Amp. ภาคสุดท้าย คือสัญญาณอุณหภูมิของวัตถุร้อนที่ต้องการทราบอุณหภูมิความเร็วในการวัดประมาณ 10 mS จึงสามารถใช้วัดอุณหภูมิของวัตถุที่เคลื่อนที่ได้ แม้จะมีความเร็วหรือสามารถใช้วัดอุณหภูมิของวัตถุที่มีไฟฟ้าแรงสูง เช่น ข้อต่อต่าง ๆ หรือตัวหม้อแลงบนเสาไฟฟ้า โดยปกติจะออกแบบให้แบตเตอรี่อยู่ในตัวสามารถพกพาไปได้สะดวก ควรเลือกย่านอุณหภูมิให้เหมาะสมกับงาน และควรระยะทางต้องปรับให้ถูกต้องตามคู่มือความเที่ยงตรงความผิดพลาด ของการวัดด้วยวิธีนี้ประมาณ ± 1/2%



รูปที่ 4.4 แสดงการใช้อินฟาเรดเทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิของกระดาษในช่วงอบใล่ความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 วงจรการทำงานของเครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟาเรด

รูปที่ 4.6 แสดงเครื่องมือวัดแบบอินฟาเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
เครื่องมือวัดแบบ Filled System

5.1 หลักการของ Filled System

เทอร์โมมิเตอร์ชนิดนี้เป็นที่แพร่หลายกันมานานแล้ว โดยเฉพาะกับระบบนิวแมติกโดยใช้เป็นตัวบอกค่าอุณหภูมิตามจุด (Local indicator) เครื่องบันทึกค่าและระบบควบคุมอุณหภูมิ ในปัจจุบันนิยมใช้เป็นตัวส่งสัญญาณอุณหภูมิ (temperature transmitter) ให้กับระบบควบคุมนิวแมติก หลักการของ "filled system" Fluid ทุกชนิดไม่ว่าอยู่ในรูปของของเหลว ก๊าซหรือไอ เมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัวและจะหดตัวเมื่อเย็นลง ด้วยหลักการนี้เมื่อ fluid อยู่ในปริมาตรที่จำกัดความเปลี่ยนแปลงจะออกมาในรูปของความดัน จึงต้องมีตัวรับรู้การเปลี่ยนแปลงความดัน (pressure element)

5.2 ส่วนประกอบพื้นฐานของเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบ fluid systems

1. กระเปาะบรรจุ fluids
2. ท่อแค็พพิลลารี (Capillary Tube) ที่ต่ออยู่ระหว่างกระเปาะ กับอุปกรณ์ชี้บอกอุณหภูมิ
3. ตัววัดค่าความดัน เป็นตัวรับรู้การเปลี่ยนแปลงค่าความดันในกระเปราะโดยปกติใช้ บูร์ดอง แบบก้นหอย
4. อุปกรณ์ชี้บอกค่า (indicator)

5.3 ข้อดีและข้อเสียของระบบ Fluid Thermal

ข้อดี

1. มีหลักการทำงานง่าย โครงสร้างเข็งแรงทำให้มีโอกาศการเสียหายจากการขนส่งและการติดตั้งน้อย
2. ราคาถูก
3. มีความไวในการวัดดี
4. ระบบใช้ท่อแค็พพิลารีสามารถแยกจุดวัดและจุดที่อ่านค่าห่างกันไกลเกินกว่า 100 ฟุต
5. ไม่ต้องใช้ power supply จากภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสีย

1. ขนาดของกระเปาะอาจใหญ่เกินไปสำหรับการติดตั้งบางจุด
2. เมื่อส่วนหนึ่งส่วนใดเสียจะต้องเปลี่ยนใหม่ทั้งหมด
3. ช่วงการวัดอุณหภูมิของแต่ละแบบวัดได้จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
หลักการและเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบอื่นๆ

6.1 หลักการและการใช้งานของเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบแถบโลหะคู่ (Bimetal)

หลักการของเครื่องวัดอุณหภูมิแบบแถบโลหะคู่ คือ เมื่อแถบโลหะที่มีสัมประสิทธิ์การขยายตัวจากความร้อนไม่เท่ากัน ถูกทาบติดกันสนิทเมื่อได้รับความร้อนโลหะทั้งสองจะขยายตัวไม่เท่ากันทำให้แถบโลหะโก่งไปดังนั้นถ้ายึดปลายข้างหนึ่งไว้ ปลายอีกด้านจะเบี่ยงเบนไปตามค่าอุณหภูมิ แต่ถ้าอุณหภูมิลดลงการเบี่ยงเบนจะมีทิศทางกลับกันกับครั้งแรก

ระยะการโก่งตัวของแถบโลหะคู่นั้นขึ้นอยู่กับ

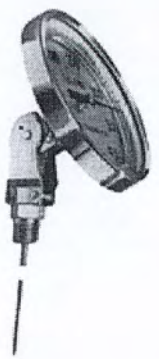
1.ความแตกต่างของสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะทั้งสอง

2. ระดับอุณหภูมิ

3. ความบางของแถบโลหะ

4. ความยาวของแถบโลหะคู่

การเลือกโลหะผสมที่มีความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัว ในปัจจุบันส่วนใหญ่ใช้ Invar โลหะผสมระหว่าง 36% ของนิเกิล และ 64% ของเหล็ก เป็นโลหะข้างที่มีสัมประสิทธิ์การขยายตัวน้อย และมีอัตราคงที่ในย่านอุณหภูมิกว้าง ส่วนแถบโลหะข้างที่มีสัมประสิทธิ์การขยายตัวมากเป็นโลหะผสมระหว่าง นิเกิล, เหล็ก, โครเมี่ยม และแมงกานิส ความยาวของแถบโลหะคู่สามารถเพิ่มได้โดยการขดขึ้นรูปในลักษณะหลายแบบต่าง ๆ กัน เช่น แบบก้นหอย (spiral), แบบ Helix และแบบ Helix ซ้อน ที่พบกันอยู่ทั่วไปคือ Helix เพื่อทำให้ขดมีขนาดเล็ก และมีพื้นที่รับความร้อนมาก เมื่อขด Helix ได้รับความร้อนก็จะขยายตัวพยายามคลายขดของแถบโลหะคู่ออกส่งผลไป หมุนแกนและต่อไป ชี้บอกค่าที่หน้าปัด



รูปที่ 6.1 แสดงตัววัดแบบแถบโลหะคู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงขดของ Helix ที่มีผลโดยตรงต่อการวัดอุณหภูมิอยู่ตรงส่วนกลางของ sheath ที่สอดหรือจุ่มอยู่ใน fluid ที่ต้องการทราบค่าอุณหภูมิ ย่านการใช้งานจากอุณหภูมิ -180°C ถึง 550°C ที่อุณหภูมิต่ำ ๆ อัตราการเบี่ยงเบนของเข็มจะตกลงอย่างรวดเร็ว ค่าผิดพลาดของแบบมาตราฐาน ±1/2% ของค่าเต็มสเกล แต่แบบธรรมดาที่ใช้ในอุตสาหกรรมให้ค่าผิดพลาดประมาณ 2% ของค่าเต็มสเกล การที่ขดของแถบโลหะเปลี่ยนรูปไป จะทำให้การชี้บอกค่าไม่แน่นอน ตัววัดอุณหภูมิแบบแถบโลหะคู่เหมาะสำหรับการชี้บอกค่าอุณหภูมิ ณ จุดที่ติดตั้งตัววัด (local)

6.2 การใช้สารเคมี

ในงานบางอย่างที่ต้องการทราบค่าอุณหภูมิจุดสูงสุดในช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งเป็นการวัดเพียงครั้งเดียว การใช้สารเคมีที่ผลิตมาเพื่อการวัดลักษณะนี้จะเป็นการประหยัด, ง่าย, สะดวกและให้ผลการวัดที่รวดเร็ว โดยอาศัยอุณหภูมิเฉพาะที่ สารเคมีละลาย หรือเปลี่ยนสีเป็นจุดสังเกต ค่าผิดพลาดของการวัดประมาณ ±1.0% มีย่านการใช้งานให้เลือกใช้ จาก 100°F ถึง 3250°F มีหลายลักษณะให้เลือกใช้ตามลักษณะของงาน

6.2.1 แบบดินสอ

ลักษณะดินสอ (Crayons) สำหรับวัดอุณหภูมิที่ผิวของชิ้นงาน โดยขีดเป็น แนวบนชิ้นงาน เมื่ออุณหภูมิถึงจุดที่แต่ละสีระบุ แนวที่ขีดจะละลายมีให้เลือกที่จุดอุณหภูมิต่างๆตั้งแต่ 100°F จนถึง 2500°F ผิวของชิ้นงานที่ดูดซับสารเคมีที่ละลาย ผิวของโลหะคัดมันจนขีดไม่ติดหรือผิวงานสกปรกและมีน้ำมันฉาบติดอยู่

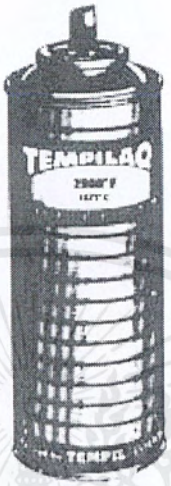
รูปที่ 6.2 แสดงแบบดินสอ

6.2.2 แบบแล็คเคอร์

แล็คเคอร์ (Lacguer) สำหรับอุณหภูมิที่ผิวชิ้นงาน โดยใช้สารเคมีพ่นพอบาง ๆ ลงบนผิวของชิ้นงานแล็คเคอร์จะแห้งในเวลาอันรวดเร็ว เมื่ออุณหภูมิถึงจุดที่ระบุบริเวณผิวส่วนที่ทาแล็ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เค่อร์จะละลาย มีจุดอุณหภูมิต่าง ๆ ให้เลือกจาก 150°F ถึง 2500°F ปฏิกริยาการละลายของสารเคมีจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วไม่ถึง 10 วินาที เมื่ออุณหภูมิสูงถึงจุดที่ระบุ ข้อควรระวัง คือ ผิวของชิ้นงานต้องสะอาด



รูปที่ 6.3 แสดงแบบแล็คเคอร์

6.2.3 แบบ Pellet

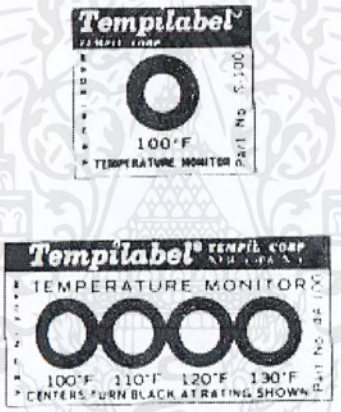
แบบ Pellet ลักษณะเหมือนเม็ดยาเป็นแบบแรกของเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบสารเคมี สารเคมีที่มีขึ้น ใช้บอกอุณหภูมิตามจุดต่าง ๆ ในช่วงเวลายาวกว่า 2 แบบแรก เช่น ใช้บอก (monitor) อุณหภูมิตามจุดต่าง ๆ เพื่อกำหนด Heat Zone ในเตาเผา (furnace) ขนาดโดยทั่วไป เส้นผ่าศูนย์กลาง 7/16 นิ้ว หนา 1/8 นิ้ว เมื่ออุณหภูมิถึงจุดที่ระบุ จะเปลี่ยนสี, มีให้เลือกที่ค่าอุณหภูมิต่างๆ จาก 100°F ถึง 3250°F ใช้วัดอุณหภูมิของก๊าซ เช่น ไฮโดรเจน, คาร์บอนมอนน็อกไซด์ หรือสภาวะงานที่เป็น reducing แบบ Pellet ก็มีให้เลือกใช้

รูปที่ 6.4 แสดงแบบ Pellet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.4 แบบแผ่น

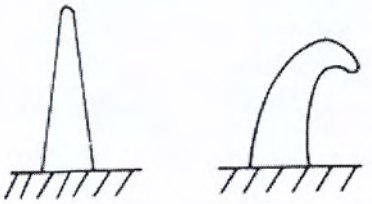
แบบแผ่น (Labels) สารเคมีฉาบอยู่บนแผ่นกระดาษเป็นวง ๆ ระบุจุดอุณหภูมิ แต่ละวงไว้ด้วย อาจมีค่าเดียวหรือหลายค่าบนแผ่นเดียวกัน ด้านหลังจะมีกาวสำหรับปะลงในที่ ๆ ต้องการทราบย่านอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิสูงถึงจุดใด สารเคมีฉาบอยู่ภายในวงนั้นจะเปลี่ยนเป็นมีดำ หลังจากทราบค่าแล้วจะเก็บไว้เป็นประวัติได้ด้วยโดยปกติจะมีอยู่ 4 จุดอุณหภูมิ เปลี่ยนค่าจุดละ 10°F หรือบางแบบเปลี่ยนค่าจุดละ 25°F มีให้เลือกจาก อุณหภูมิ 100°F ถึง 400°F ในงานซ่อมบำรุงอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น ต้องการหาอุณหภูมิของตัวมอเตอร์ที่สงสัยว่าจะร้อนเกินขีดจำกัด (over heat) ตรวจหาจุดที่ร้อน (hot sport) ในตัวมอเตอร์หรือตรวจสอบอุณหภูมิของแบริ่ง (bearing) วิธีใช้สารเคมีดังกล่าวเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด เพราะได้ค่าถูกต้องรวดเร็ว, ประหยัด สะดวกกว่าวิธีอื่น ๆ ผู้ใช้ก็ไม่ต้องมีประสบการณ์ใช้มากนัก



รูปที่ 6.5 แสดงแบบแผ่น

6.2.6 Fusion Cone

เป็นวิธีวัดอุณหภูมิที่นิยมใช้ในวงการอุตสาหกรรม ผลิตเครื่องกระเบื้อง (ceramic) เริ่มใช้ครั้งแรกในยุโรป เมื่อประมาณปี ค.ศ. 1880 โดย Seger จึงเรียกว่า Seger Cone ลักษณะเป็นกรวยบอบบางเล็ก ๆ ตามรูป



รูปที่ 6.6 แสดง Fusion Cone

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

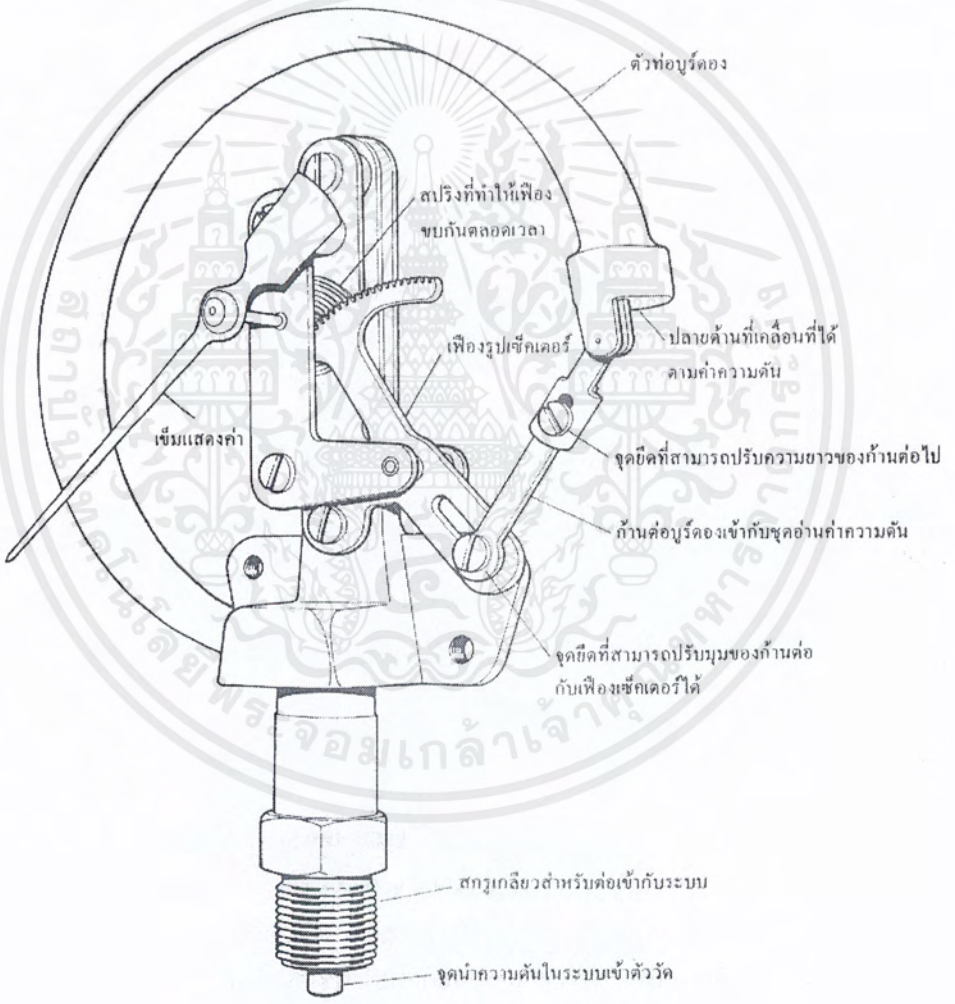
สูงประมาณ 2 นิ้ว ส่วนผสมที่ใช้คือ ดินเหนียว, ผงโลหะและเกลือในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน Cone จะถูกนำไปวางข้าง ๆ ชิ้นงาน ที่อยู่ในอุณหภูมิเดียวกัน อาจมีหลายอันซึ่งจะหลอมละลายที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน เมื่ออุณหภูมิสูงถึงขีดกำหนด กำหนดส่วนปลายจะโค้งออกมา บอกให้ทราบช่องอุณหภูมิ ได้มีการทดลองหาส่วนผสม เพื่อปรับเทียบให้ได้อุณหภูมิที่กำหนด แต่ในทางปฏิบัติก็ยังได้ผลไม่แน่นอนเท่าใด ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิที่ Cone ละลาย โค้งลงมาจะขึ้นอยู่กับอัตรา และช่วงเวลาของการให้ความร้อน วิธีการนี้จึงไม่เหมาะกับงานอุตสาหกรรมประเภทอื่น เนื่องจากจุดหลอมละลาย ขึ้นอยู่กับเวลาและอุณหภูมิ จึงเหมาะสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องกระเบื้อง เพราะว่าคุณสมบัติทางฟิสิกส์ ของมันจะควบคู่ไปอย่างใกล้ชิดกับชั้น ช่วงอุณหภูมิสามารถกำหนดได้จาก 600°C ถึง 2,000°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 9
หลักการและเครื่องมือวัดความดันแบบบูร์ดอง

9.1 หลักการทำงานของบูร์ดอง

บูร์ดองเป็นท่อโลหะที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปวงรี (oval) และงอขึ้นเป็นส่วนโค้งของวงกลม หรือเป็นขดปลายข้างหนึ่งปิด เมื่อมีความดันต่อเข้าปลายอีกข้างหนึ่งที่เปิดและถูกตรึงอยู่กับที่



รูปที่ 9.1 แสดงส่วนประกอบของบูร์ดอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 2 ความดันและเครื่องมือวัดความดัน

บทที่ 7

ความดันและหน่วยวัดความดัน

7.1 ความดันและหน่วยวัดความดัน

ความดันเป็นค่าตัวแปร (Variable) ที่สำคัญมากตัวหนึ่ง ค่าของตัวแปรอื่น ๆ ในระบบ (processmeasurent) สามารถวัดได้ ในรูปของความดันทั้งสิ้น เช่น

- การวัดค่า flow แบบใช้ตัววัดลักษณะ ออริฟิส ทำให้เกิดค่าความดันดิฟเฟอเรนเชียล
- การวัดระดับของของเหลวในภาชนะโดยใช้ หลักการวัดความดันดิฟเฟอเรนเชียลที่เกิดจากสแตนติกเฮด (static Head)
- การวัดอุณหภูมิแบบเติมของเหลวในกระเปาะ (filled thermal) เปลี่ยนค่าอุณหภูมิเป็นความดันก่อน แล้วอ่านอุณหภูมิในรูปของความดัน

ความดัน หมายถึง แรงที่กระทำลงอย่างสม่ำเสมอในแนวตั้งฉากบนพื้นที่ที่กำหนด ถ้ากำหนดให้ F คือแรงที่กระทำ, A คือ พื้นที่ที่ถูกกระทำ, P คือ ความดันที่เกิดขึ้น จะได้

$$P = F/A$$

แรงที่กระทำอาจเกิดจาก ของเหลว (Iiquids), ก๊าซ หรือของแข็ง (solds) ก็ได้

หน่วยมาตรฐานสากลของความดัน (S.I. Units)

แรงที่กระทำมีหน่วยเป็นนิวตัน (newton) $1\ N = 1\ kg\frac{m}{s2}$ กระทำลงบนพื้นที่ 1 ตารางเมตร จะได้ ความดัน = 1 ปาสคาล (เขียนย่อ Pa)

$$1\ Pa = 1\frac{N}{m2}$$

ผู้ที่กำหนดหน่วยความดันนี้ขึ้นมา คือ Blaise Pascal แต่ปาสคาล เป็นหน่วยที่เล็กต่อมา "Bar" จึงได้กำหนดหน่วยในทางปฏิบัติขึ้น (Pascal และ Bar เป็นนักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 bar = 100,000 Pa = 10^5 Pa

ค่าความดัน 1 bar นี้ มีค่าใกล้เคียงกับค่าความดัน 1 บรรยากาศ และ 1 kg/cm^{2}มาก หน่วยความดัน "bar" นี้ ต่อไปจะเป็นหน่วยมาตรฐานสากลของทุกประเทศ

7.1.1 ความดันที่เกิดจากก๊าซ

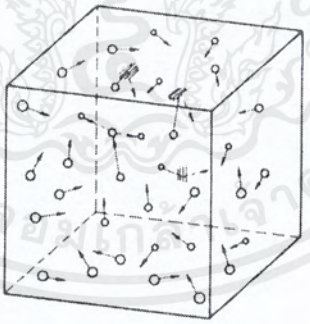
โมเลกุลของก๊าซแต่ละตัวเปรียบเสมือนลูกบอลเล็ก ๆ ที่เคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลาในภาชนะปิด ระหว่างที่มันเคลื่อนที่อยู่นั้น มันจะชนกันเองและชนกับพื้นที่ผิวภายในของภาชนะ การเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา การเกิดการปะทะกันเอง และปะทะกับพื้นผิวภายในเช่นนี้ จะเกิดความดันขึ้น ถ้ากำหนดให้

m เป็นมวลของโมเลกุลก๊าซมีหน่วยเป็น kg

v เป็นความเร็วเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ของโมเลกุลก๊าซมีหน่วยเป็น m / s

n เป็นจำนวนของโมเลกุลก๊าซ ที่บรรจุอยู่ในภาชนะปริมาตร 1 m3

จะได้ $P = 1/3\ n.m.v2$



รูปที่ 7.1 รูปแสดงการเคลื่อนที่ของโมเลกุลก๊าซ

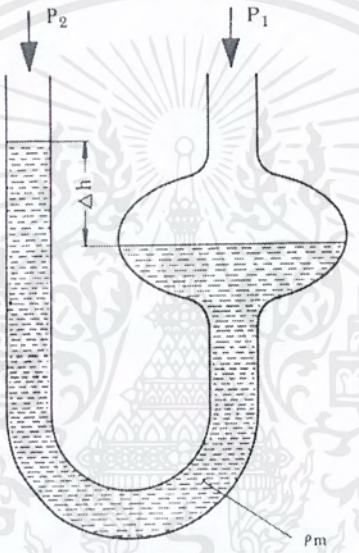
เมื่อก๊าซได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นจะทำให้ความเร็วเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ของโมเลกุลก๊าซสูงขึ้น หรือเมื่อ ก๊าซถูกอัดตัว ให้มีปริมาตรเล็กลงทำให้มีจำนวนโมเลกุลของก๊าซต่อ 1 m3 สูงขึ้น ผลที่ได้คือจะทำให้ความดันสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.1.2 ความดันที่เกิดจากของเหลว

ของเหลวมีมวลหนาแน่นมากกว่าก๊าซมากในทางปฏิบัติถือว่าของเหลวเป็นสารที่อัดตัวไม่ลง (Incompressible) ถ้าเปรียบเทียบกับก๊าซแล้ว ก๊าซเป็นสารที่อัดตัวลง (compressible) เมื่อของเหลวถูกบรรจุอยู่ในภาชนะ โมเลกุลของของเหลวจะทับถมกันลงไปเรื่อย ๆ จากบนสู่ล่าง ทำให้ความดันเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามขนาดความสูง ของของเหลวนั้น

ความดันที่เกิดจากของเหลวลักษณะนี้เรียกว่า สแตติกเฮด (static head) หรือเรียกสั้น ๆ ว่า เฮด (head)



รูปที่ 7.2 แสดงความดันที่เกิดจากของเหลว

ถ้ากำหนดให้

P คือ ความดัดอันเกิดจากของเหลวมีหน่วยเป็น bar

ρ คือ ความหนาแน่นของของเหลวมีหน่วยเป็น kg/m3

h คือ ความสูงของของเหลวมีหน่วยเป็น m

g คือ แรงโน้มถ่วงมีหน่วยเป็น m/s2

จะได้ว่า P = h. ρ.g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.1.3 รูปแบบของความดัน

รูปแบบของความดันแตกต่างกันไปตามจุดอ้างอิง (reference) ที่มีค่าเป็นศูนย์ ในทางปฏิบัติมี 4 รูปแบบคือ

1. ความดันสัมบูรณ์ (Absolute pressure)
2. ความดันเกจ (Gauge Pressure)
3. ความดันดิฟเฟอเรนเชียล (Differenctial pressure)
4. Vacuum (ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ)

1. ค่าความดันสัมบูรณ์ (Absolute pressure)

ค่าความดันสัมบูรณ์ มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุดสุญญากาศ (absolute vacuum) ค่าที่กำหนดเป็นค่าความดันสัมบูรณ์ จะมีตัวย่อต่อท้ายเป็น "abs" หรือ "a" เช่น bar_{abs} ค่าความดันสัมบูรณ์นี้เป็นค่าที่ใช้สำหรับการคำนวณ ทางเทอร์โมไดนามิค เช่น การหาประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ (boiler)

2. ค่าความดันเกจ (Gauge Pressure)

ค่าความดันเกจจะอ้างอิงค่าศูนย์ (Zero reference) ที่ความดันบรรยากาศ โดยค่าที่บอกจะเป็นค่าที่สูงกว่าความดันบรรยากาศขึ้นไป ซึ่งค่าความดันบรรยากาศนี้ จะถือที่ระดับน้ำทะเลเฉลี่ย (mean sea level) มีค่าเท่ากับ 1.01325 bar_{abs}ถ้าวัด ณ จุดใดๆบนพื้นโลกจะมีค่าแตกต่างกันประมาณ 5% ในทางปฏิบัติ จะถือว่า เท่ากัน งานส่วนใหญ่ในอุตสาหกรรมจะบอกเป็นความดันเกจ แทบทั้งสิ้น ค่าที่กำหนดเป็นความดันเกจนี้ จะมีตัวย่อต่อท้าย เป็น g หรือ G เช่น bar_g kg/cm^2_G หรือ Psig

ถ้าเปรียบเทียบค่าความดันสัมบูรณ์กับความดันเกจแล้ว ความดันสัมบูรณ์ จะมีค่ามากกว่า 1.01325 bar หรือ 14.0696 Psi

3. **ค่าความดันดิฟเฟอเรนเชียล (Differential Pressure)**

เป็นการบอกความแตกต่างความดันระหว่างจุดสองจุด ความดันดิฟเฟอเรนเชียลจะมีค่าเป็นศูนย์ที่ ความดันทั้งสองจุด ที่วัดมีค่าเท่ากัน ค่าที่กำหนดเป็นความดันแตกต่างจะมีตัวย่อต่อท้ายว่า d หรือ D เช่น Psid หรือ bar_gบางครั้งอาจเขียนย่อว่า ΔP ซึ่งหมายถึงความดันดิฟเฟอเรนเชียล เช่นเดียวกัน

4. **Vacuum**

จะอ้างอิงจุดศูนย์ที่ความดันบรรยากาศ และค่าจะมากขึ้นเมื่อความดันลดลง ค่าจะได้สูงสุดที่จุดศูนย์ของความดันสัมบูรณ์ vacuum นี้บางทีจะเรียกความดันลบ (negative

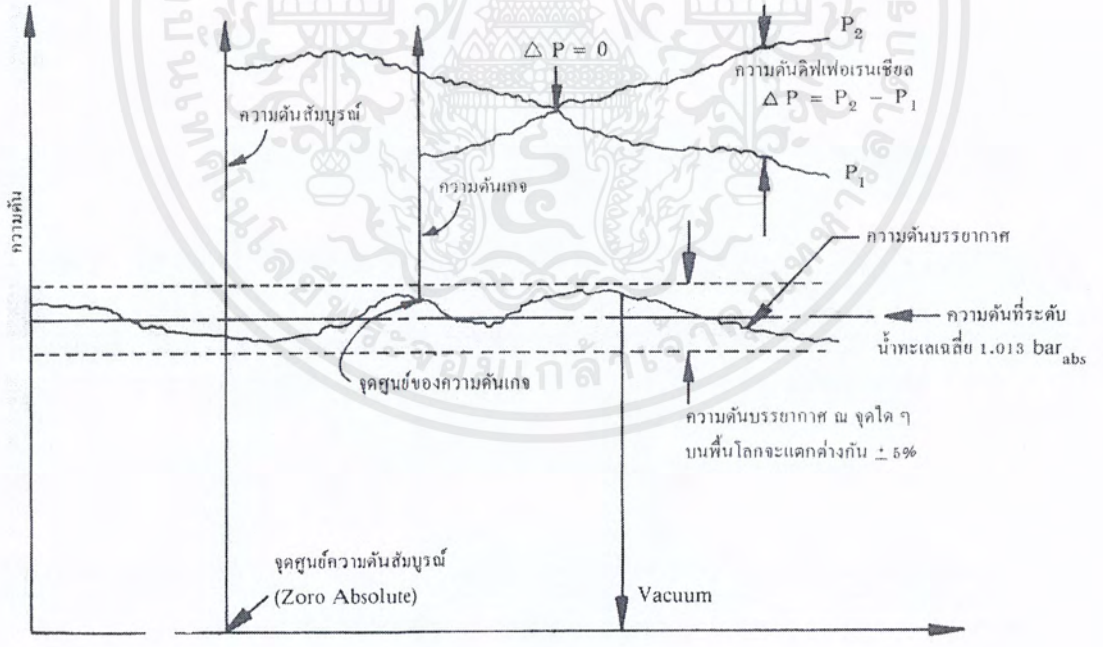
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

pressure) นิยมกำหนดหน่วยเป็นค่าสูงสุดของของเหลว เช่น mmHg, inHg หรือถ้ามีค่าน้อยๆ อาจกำหนดเดเป็น mmH_2O, inH_2O และจะมีตัวย่อต่อท้ายด้วย Vac เช่น 758 $mmHg_{Vac}$ ซึ่งหมายถึงมีค่าต่ำกว่าบรรยากาศลงไป 758 mmHg

โดยปกติช่วงการวัดระดับ vacuum แบ่งเป็น 4 ระดับคือ

1. ระดับกลาง ตั้งแต่ 25 $mmHg_{Vac}$ ถึง 736 $mmHg_{Vac}$
2. ระดับค่อนข้างสูง ตั้งแต่ 1 ถึง 10^{-3}M torr
3. ระดับสูง 10^{-3} ถึง 10^{-7} torr
4. ระดับสูงสุด น้อยกว่า 10^{-7} torr

ในช่วงที่เป็น vaccum สูงหน่วยที่ใช้เรียกจะเป็น torr "1 torr หมายถึง 1 mmHg" จุดศูนย์อยู่ที่จุดความดันศูนย์สัมบูรณ์ซึ่งหน่วยนี้ตั้งขึ้นเพื่อเป็นเกียรติแก่ "torricelli" นักวิทยาศาสตร์ชาวอิตาลีเป็นผู้ที่ค้นพบว่าความดัน 1 บรรยากาศมีค่า 760 mmHg



รูปที่ 7.3 แสดงการเปรียบเทียบความดันทั้ง 4 รูปแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าพิจารณาอย่างละเอียดแล้วจะเห็นว่า จุดศูนย์ของความดันเกจและค่า Vacuum เป็นจุดเดียวกันมีค่าไม่แน่นอนแล้วแต่การเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ แต่ค่าศูนย์ของความดันสมบูรณ์ จะมีค่าแน่นอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 8
หลักการและเครื่องมือวัดความดันแบบมาโนมิเตอร์

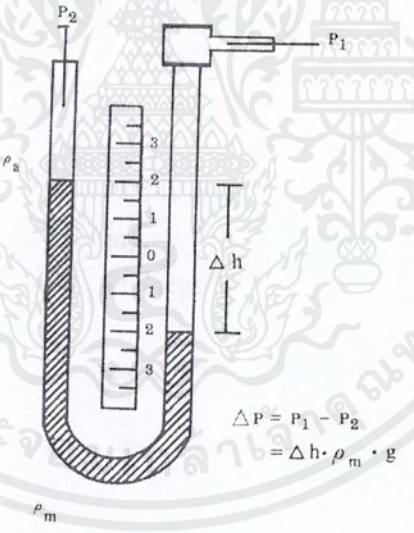
8.1 มาโนมิเตอร์ (manometer)

มาโนมิเตอร์เป็นการวัดความดันโดยวิธีตรงและเป็นเครื่องมือวัดความดันที่เกิดขึ้นชนิดแรก

หลักการ มาโนมิเตอร์อาศัยหลักการความสมดุลของแรงโน้มถ่วง (gravity balance) โดยให้ความดันแตกต่าง มีค่าเท่ากับความสูงแตกต่างของของเหลวในท่อแก้ว

8.1.1 มาโนมิเตอร์รูปตัวยู (U-tube manometer)

ตามรูปที่ 8.1 เมื่อมีความดันแตกต่าง ความดันด้านสูงจะดันให้ของเหลวจากด้านขวาของหลอดแก้วไหลไปยังอีกข้างหนึ่ง ของเหลวจะหยุดเมื่อแรงที่เกิดจากความดันแตกต่าง สมดุลกับแรงที่เกิดจากน้ำหนักของของเหลวในหลอดแก้วด้านซ้าย



รูปที่ 8.1 มาโนมิเตอร์รูปตัว U แสดงหลักการของมาโนมิเตอร์

ถ้ากำหนดให้ g คือ แรงโน้มถ่วง

ρ_m คือ ความหนาแน่นของของเหลว

ρ_a คือ ความหนาแน่นของ fluid เหนือของเหลวในที่นี้คือ อากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ $P1 - P2 = h(\rho_m - \rho_a).g$

เพราะว่า $\rho_m >> \rho_a$ ในทางปฏิบัติจึงถือว่า $\rho_a = 0$

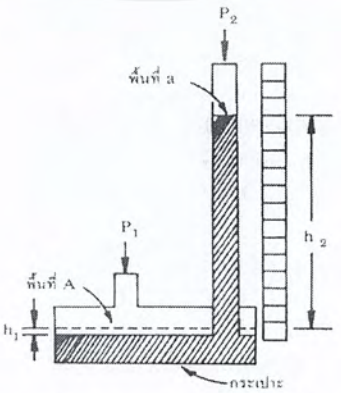
ดังนั้น $\Delta P = \Delta h.\ \rho_m .g$

จากสมการจะเห็นว่า ผลต่างของความดันจะขึ้นอยู่กับความสูงแตกต่างของของเหลว และความหนาแน่นของของเหลว ดังนั้นการเลือกชนิดของของเหลว และการกำหนดความสูงของท่อแก้ว จึงเป็นการกำหนดขนาดของความดันที่จะวัด เช่น ถ้ากำหนดความสูงของท่อแก้ว 1 เมตร-น้ำจะใช้วัดความดันได้ 0-98.1 mbar ของเหลวที่ใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ น้ำ ปรอท และน้ำมันผสมที่ไม่ระเหย เนื่องจากไม่ทำปฏิกริยา หรือรวมตัวกับสารที่ต้องการวัดความดันในระบบ ไม่เป็นพิษ และไม่กัดกร่อนด้วย ความผิดพลาดของการวัดด้วยวิธีนี้ประมาณ 0.3% สำหรับการวัดที่ต้องการความแน่นอน อุณหภูมิที่ต่างไปจากที่กำหนด ความบริสุทธิ์ของของเหลว ความดันบรรยากาศ ณ จุดที่วัดอาจเปลี่ยนไปจะต้องนำมาคำนวณแก้ด้วย ซึ่งค่าต่าง ๆ เหล่านี้ จะทำให้ความหนาแน่นของของเหลวเปลี่ยนแปลงไป จะทำให้ค่าความผิดพลาดนั้นสูงขึ้น

8.1.2 มาโนมิเตอร์แบบใช้ของเหลว 2 ชนิด (2 Liquid Type Manometer)

มาโนมิเตอร์แบบใช้ของเหลว 2 ชนิดนี้จะให้ความไวในการวัด (sensitivity) มากกว่าแบบใช้ของเหลวชนิดเดียว 8 ถึง 12 เท่า ค่าความไวในการวัดจะขึ้นอยู่กับความแตกต่างของความหนาแน่นของของเหลวทั้งสองชนิด ถ้ามีความแตกต่างน้อย ค่าความไวในการวัดจะสูงขึ้น และความแตกต่างของพื้นที่หน้าตัดของกระเปาะด้านบนทั้งสองของมาโนมิเตอร์กับ พื้นที่หน้าตัดของมาโนมิเตอร์รูปตัว U ถ้ามีความแตกต่างกันมากค่าความไวในการวัดจะมีค่าสูงมากขึ้น

8.1.3 มาโนมิเตอร์แบบท่อเดี่ยว (single Tube Manometer)



รูปที่ 8.2 แสดงหลักการของมาโนมิเตอร์แบบท่อเดี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาโนมิเตอร์แบบท่อแก้วเดี่ยว ดัดแปลงมาจากโนมิเตอร์รูปตัว U เพื่อสะดวกในการอ่านค่า โดยพื้นที่หน้าตัดด้านบนของ หลอดแก้วข้างหนึ่งใหญ่กว่าอีกข้างหนึ่งมาก ๆ

ความถูกต้องในการวัดด้วยวิธีนี้จะขึ้นอยู่กับ อัตราส่วนของ a/A ถ้ามีค่าน้อยเท่าใด ความถูกต้องจะมีมากขึ้นเท่านั้น

หลักการ เมื่อป้อนความดันเข้าสู่กระเปาะจะทำให้ ปริมาตรของของเหลวที่ลดลงในกระเปาะ = ปริมาตรของของเหลวที่ สูงขึ้นในหลอดแก้ว

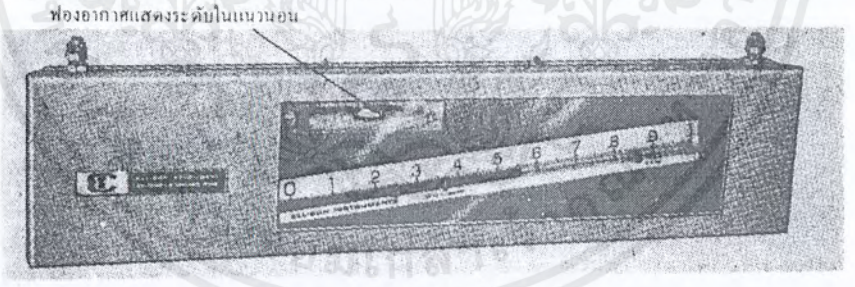
8.1.4 มาโนมิเตอร์แบบท่อเอียง (Inclined Manometer)

มาโนมิเตอร์แบบท่อเอียงได้รับการออกแบบมา เพื่อใช้วัดความดันค่าต่ำ ๆ ไปจนถึง 10 mbar ระดับความสูงต่ำของความดันที่จะวัดขึ้นอยู่กับมุม a มาโนมิเตอร์แบบท่อเอียงส่วนใหญ่จะปรับมุม a นี้ได้

$$P2 - P1 = \rho \cdot g \cdot L \cdot \sin a$$

$$h = L \cdot \sin \alpha$$

ประโยชน์ของการปรับท่อเอียงนี้คือ สามารถอ่านค่าความดันได้ละเอียดกว่ามาก

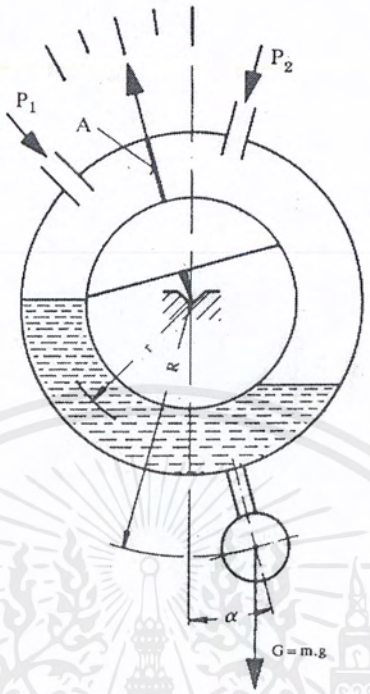


รูปที่ 8.3 มาโนมิเตอร์แบบท่อเอียง

8.1.5 มาโนมิเตอร์แบบแรงสมดุลวงแหวน (Ring Balanced)

มาโนมิเตอร์แบบนี้ใช้หลักการของแรงสมดุลบนวงแหวน ลักษณะเป็นท่อกลมขดใสเป็นวงกลม ณ จุดที่วงบรรจบกันจะถูกปิดกั้นและมีท่อต่อความดันที่จะวัดเข้าด้านข้องของจุดปิดกั้น ทั้งสอง ซึ่งเมื่อเติมของเหลว ความดันทั้งสองจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ห้อง วงแหวนจะถูกตั้งอยู่บนลิ่มลักษณะคมมีด ณ จุดศูนย์กลางของมันอย่างอิสระ ด้านล่างจะมีน้ำหนัก G ถ่วงอยู่ ตามรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8.4 มาโนมิเตอร์แบบแรงสมดุลย์บนวงแหวน

วิธีการวัดลักษณะนี้พบเสมอ ในการวัดค่าความดันดิฟเฟอเรนเชียลต่ำๆ เช่น ใช้วัดอัตราการไหลของอากาศ ค่าความผิดพลาดประมาณ 0.5% ให้ความไวในการวัดสูง ความหนาแน่นและอุณหภูมิของของเหลว ภายในวงแหวนไม่มีผลต่อการวัด สิ่งสำคัญคือ ท่อที่ใช้ ต่อนำความดันเข้าทั้งสองด้านจะต้องเป็นท่อพลาสติกอ่อนขนาดเล็ก ที่สามารถ อ่อนตัวตามวงแหวนได้ง่าย มิฉะนั้นค่าที่วัดอาจผิดพลาดได้เนื่องจากท่ออ่อนเหนี่ยวรั้งตัววงแหวน

8.1.6 ข้อเปรียบเทียบของมาโนมิเตอร์

ข้อดี

1. เหมาะสำหรับงานวัดค่าความดันต่ำ
2. ให้ความเที่ยงตรงและความไวในการวัดสูง
3. สามารถเลือกของเหลวที่มีความหนาแน่นต่างกันได้มาก
4. เป็นแบบที่มีโครงสร้างง่ายที่สุด ราคาถูก สามารถทำขึ้นเองได้

ข้อเสีย

1. ไม่มีอุปกรณ์ป้องกัน เมื่อเกิดความดันเกินขนาด

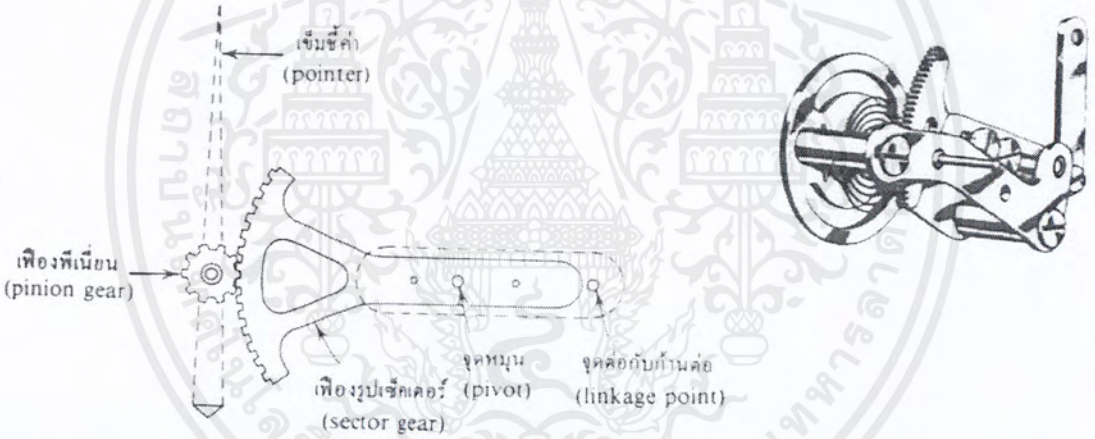
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วัดความดันได้ในย่านต่ำๆเท่านั้น
3. อาจเกิดปฏิกริยาทางเคมี หรือการระเหยตัว หรือกลั่นตัว ถ้าเลือกของเหลวที่ใช้เติมไม่ถูก
4. ต้องปรับระดับก่อนการใช้งานทุกครั้ง

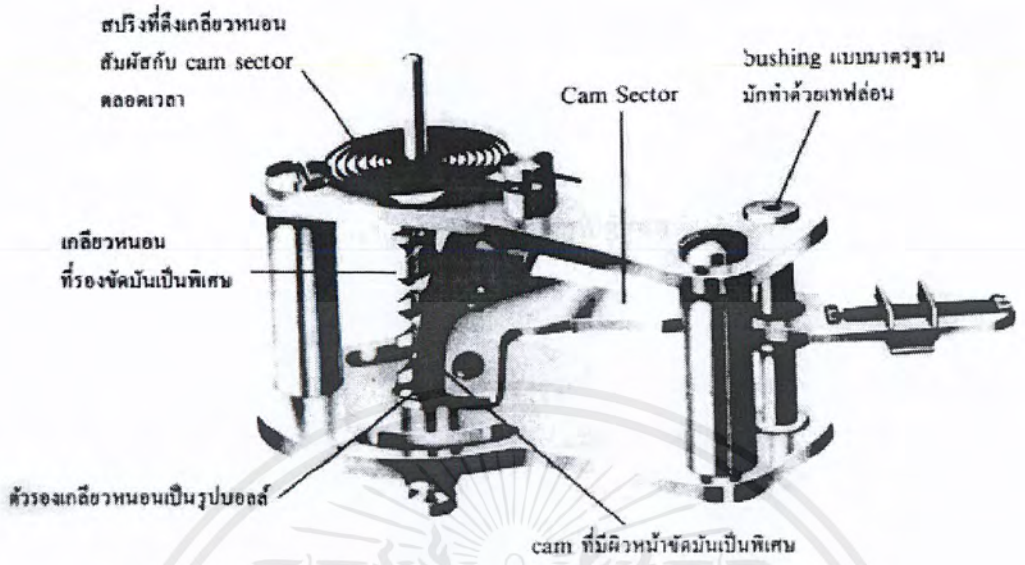
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความดันที่ต่อเข้าตัวบูร์ดอง จะทำให้เกิดความเครียด (stress) บูร์ดองจะพยายามยืดตัวออกให้ตรงทำให้ปลายข้างที่ปิดเคลื่อนที่ไป การเคลื่อนที่ของปลายท่อนี้จะเปลี่ยนไปเป็นอัตราส่วน กับความดันที่อยู่ภายในท่อ เราจึงสามารถทราบค่าความดันจากระยะการเคลื่อนที่ไปนี้

9.1.1 บูร์ดองรูปตัว C

ตัวบูร์ดองถูกสร้างขึ้นเป็นส่วนโค้งของวงกลมประมาณ 270° จึงเรียกว่าแบบตัว C หลักการเหมือนกับที่ได้กล่าว ไว้ในตอนต้น โดยปกติแล้วจะเหยียดตัวออก 2 - 7 mm เท่านั้น จึงจำเป็นต้องมีการขยาย movement (ระยะทางการ เคลื่อนที่) นี้ เพื่อไปชี้บอกที่หน้าปัดให้มีระยะหรือมุมกว้างกว่านี้ โดยใช้เฟืองชุดขยาย ซึ่งติดตั้งอยู่ตรงกลางตัวเกจวัด ความดัน เฟืองชุดขยายโดยทั่วไปประกอบด้วยเฟืองรูปเซ็คเตอร์ ที่ติดอยู่กับก้านต่อ (Connecting link) ถ่ายทอด movement จากตัวบูร์ดองมาสู่ตัวเฟืองรูปเซ็คเตอร์ ส่งผ่านไปขับเฟืองพีเนี่ยนที่เป็นเฟืองขนาดเล็กที่แกนต่ออยู่โดยตรงกับเข็มชี้บอกขนาดของความดันในตัวท่อบูร์ดอง

รูปที่ 9.2 แสดงการขยายระยะทางการเคลื่อนที่แบบใช้เฟือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9.3 แสดงการขยายแบบใช้เฟืองหนอนพิเศษที่ทนต่อการสั่นสะเทือนได้ดี

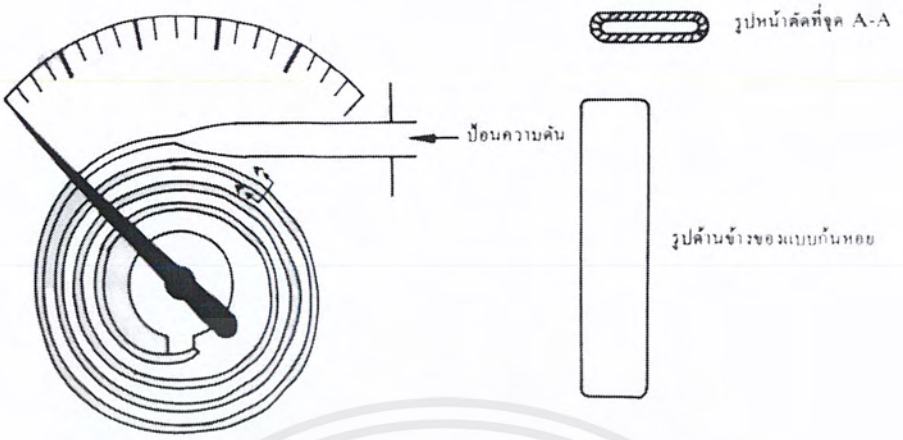
แต่ชุดขยาย movement บางแบบถูกออกแบบสำหรับเกจวัดความดันที่ต้องใช้งาน อยู่ในตำแหน่งที่มีการสั่นสะเทือนสูง หรือสั่นสะเทือนอยู่ตลอดเวลา เฟืองชุดขยายจะหลวม และมีระยะการใช้งานสั้นลง ชุดขยายแบบพิเศษนี้จะใช้เกลียวหนอน ที่ผิวในร่องขัดมันเป็นพิเศษ เพื่อลดความฝืด ระหว่างตัว camsector กับเกลียวหนอนพิเศษอันนี้เมื่อความดันทำให้บูร์ดอง เกิด movement ส่งผ่าน camsector เข้าหาตัวเกลียวหนอนขับตัวเกลียวหนอนให้หมุน เข็มชี้บอกค่าความดันจะถูกต่ออยู่กับแกนของตัวเกลียวหนอนนี้ เนื่องจากตัวเกลียวหนอนมีคามแข็งแรง จึงไม่เกิดการหลวม ทำให้ทนต่อการใช้งานในตำแหน่งที่มีการสั่นสะเทือนดีกว่า เช่น เป็นเกจที่ต้องติดตั้งกับเครื่องยนต์ กัง หัน ปั๊ม หรือ คอมเพรสเซอร์ แต่เป็นตัววัด ความดันที่มีราคาแพงกว่าแบบใช้เฟืองชุดขยาย

9.1.2 บูร์ดองแบบก้นหอย

ลักษณะหน้าตัดของแบบ ก้นหอย เหมือนกับแบบตัว C แต่ถูกขดขึ้นเป็นรูปก้นหอย ตามรูปที่ 9.4 เมื่อมีความดันกระทำอยู่ ภายใน ก้นหอยจะพยายามคลายตัวออก ทำให้ปลายที่ปิดเคลื่อนที่ไปเข็มหรือปากกาของเครื่องบันทึกจะต่ออยู่กับปลายด้านนี้ แบบก้นหอยให้ค่าระยะทางการเคลื่อนที่ มากกว่าแบบตัว C จึง ไม่จำเป็นต้องมี เฟืองชุดขยาย

ความเที่ยงตรงของแบบก้นหอย ดีกว่าแบบตัว C คือมีค่าผิดพลาดประมาณ $\pm 0.5\%$ ของค่าเต็มสเกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

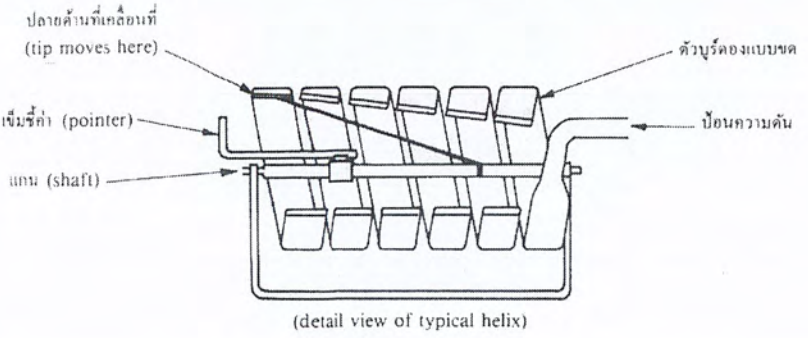


รูปที่ 9.4 แสดงบูร์ดองแบบก้นหอย

- เป็นแบบก้นหอยที่มีขนาดใหญ่ใช้วัดความดันหรือ vacuum ในย่านกลาง
- เป็นก้นหอยแบบคู่ขนาน ทีมีคุณสมบัติเหมือนกันทั้งสองอันเวลาใช้ต้องต่อความดันในระบบที่ ต้องการวัดเข้าก้นหอยทั้งคู่ เป็นการเพิ่มแรงขับเข็มหรืออุปกรณ์ชี้บอกค่าอย่างอื่นๆ
- เป็นบูร์ดองแบบก้นหอยที่ออกแบบไว้สำหรับวัดความดันสัมบูรณ์ ก้นหอยอันหนึ่ง ถูกดูดอากาศออก และมีไว้เป็นตัวเปรียบเทียบ อีกกันหนึ่งต่อความดันในระบบ ที่ต้องการทราบค่าเข้าวัด เป็นแบบชดเชยความดันบรรยากาศที่เปลี่ยนแปลงไปด้วย

9.1.3บูร์ดองแบบขดซ้อน

ลักษณะของแบบขดซ้อนคล้ายกับแบบก้นหอย แต่การขดที่มีรัศมีเท่ากัน และขดเป็นวงซ้อนขึ้นไป หลายๆวงแบบขดซ้อน เป็นแบบที่ให้ระยะทางการเคลื่อนที่ ของบูร์ดองมากที่สุด



รูปที่ 9.5 แสดงภาพตัดของบูร์ดองแบบขดซ้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข็มหรือปากกาจะติดอยู่ กับปลายด้านที่ปิดโดยตรง ซึ่งเคลื่อนที่ไปตามความเคลียด (stress) อันเกิดจากความดัน ที่กระทำอยู่ภายใน ขดซ้อนเป็นแบบที่ทนต่อค่าความดันเต็มพิกัด (overrang) ได้ดีที่สุดในทุกแบบของบูร์ดอง ซึ่งอาจสูงถึง 10 เท่าของค่าเต็มสเกลของหน้าปัด โดยไม่เสียหาย มีเสถียรภาพการใช้งาน (stability) ดีและ ทนต่อความดันที่เปลี่ยนค่าอย่ารวดเร็ว (fluctuating) ได้ดี เหมาะสำหรับต่อเข้าใช้งาน กับทรานสมิตเตอร์ เครื่องบันทึกค่าได้ดีกว่าแบบอื่น ๆ จำนวนขดซ้อนจะแปรเปลี่ยนไป ตามย่านความดัน (pressore range) ที่ต้องการ ความดันต่ำ จำนวนขดจะน้อยๆ และค่อยๆ มากขึ้นตามขนาดของความดัน อาจถึง 16 รอบ หรือมากกว่า

ข้อดีข้อเสียของบูร์ดอง

ข้อดี

1. ราคาค่อนข้างถูก
2. มีโครงสร้างง่าย
3. มีขนาดทุกย่านการใช้งาน
4. สามารถออกแบบให้เขากับทรานสดิวเซอร์ แบบต่างๆได้
5. ให้ความเที่ยงตรงในการวัด

ข้อเสีย

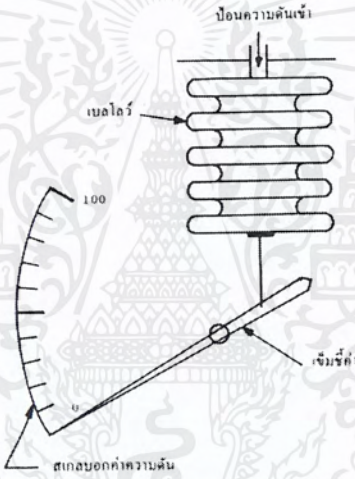
1. ฮีสเตอร์รีซิสกว้าง
2. ใช้กับงานที่มีการสั่นสะเทือน หรือ ช๊อคสูงๆ จะมีปัญหายกเว้น แบบที่ไม่ใช้เฟืองสำหรับขยาย
3. ตัววัดแบบ บูร์ดองจะใช้วัดได้ดีสำหรับ ความดันที่มีค่ามากกว่า 15 Psig หรือ 1 bar ขึ้นไป ถึง 100000 Psig หรือ 680 bar สำหรับค่าความดันน้อยกว่า 15 Psig ลงมา เนื่องจากบูร์ดองมีคุณสมบัติ low spring gradient จึงไม่นิยมใช้ในความดันค่าต่ำๆ โดยทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 10
หลักการและเครื่องมือวัดความดันแบบเบลโลว์

10.1 หลักการทำงานของเบลโลว์

เบลโลว์ เป็นตัววัดประเภท resillient หรือยืดหยุ่นเช่นเดียวกับบูร์ดอง คือเปลี่ยนความดันมาเป็น movement มีโครงสร้างของตัววัดเป็นรูปทรงกระบอกกลวงปลายข้างหนึ่งปิดผนังมีลักษณะเป็นลูกฟูกเพื่อให้ยืดหยุ่นได้ ตามรูปที่ 10.1



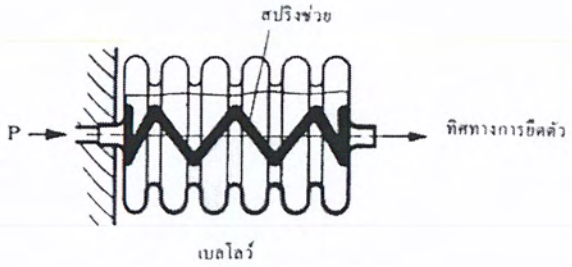
รูปที่ 10.1 แสดงการทำงานขอบเบลโลว์

10.1.1หลักการทำงานของเบลโลว์

เมื่อต่อความดันเข้าด้านบนความดันจะทำให้เบลโลว์ยืดตัวออกมาทางด้านล่าง ผลักดันให้เข็มเคลื่อนที่ไปชี้บอกค่า ที่สเกลตามความแรงของความดันเบลโลว์เป็นตัววัดที่ดีมากสำหรับความดันต่ำหรือ vacuum โดยปกติย่านการใช้งานจะอยู่ประมาณ 0 ถึง 1.5 bar ในงานเครื่องวัดหรือเครื่องควบคุมแบบนิเมติคแต่แบบพิเศษของเบลโลว์อาจวัดได้ถึง 135 bar

เพื่อให้อายุการใช้งานของเบลโลว์ยืนยาวขึ้นและความเที่ยงตรงดีขึ้นเนื่องจาก ฮีสเตอร์ซิสของเบลโลว์ลักษณะเดียวกับฮีสเตอร์ซิสในบูร์ดองสปริงจะช่วยลด ฮีสเตอร์ซิส จึงใช้สปริงติดตั้งอยู่ในเบลโลว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10.2 แสดงการใช้สปริงช่วยการทำงานของเบลโลว์

ความดันที่ป้อนเข้าไปจะทำให้เบลโลว์ยืดตัวออก มีแรงกระทำสวนทางกับสปริง วิธีนี้จะป้องกันการเสียหายของตัวเบลโลว์ จากการป้อนแรงดันสูงกว่าขีดกำหนด (over rang)ได้ แต่สปริงที่ใช้ต้องผ่านกรรมวิธีอบร้อนอย่างสม่ำเสมอ (heat treatment) จนมีค่า spring contant คงที่และต้องทราบคุณสมบัติอย่างดี (calibrate spring) เพราะจะมีผลต่อค่าผิดพลาด (Accuracy) โดยตรง

ข้อดีข้อเสียของเบลโลว์

ข้อดี

1. ให้ movement และแรงขับเคลื่อนตัววัดสูง
2. ราคาปานกลาง
3. สามารถต่อเข้ากับทรานสมิตเตอร์ เร็คคอร์ดเดอร์หรือคอนโทรลเลอร์ในระบบนิวเมติคได้ดี
4. ใช้วัดความดันต่ำ ๆ หรือความดันบรรยากาศได้ดี
5. การเปลี่ยนแปลงย่านการใช้งานทำได้ง่ายโดยการเปลี่ยนสปริงเท่านั้น
6. อายุการใช้งานยืดยาวกว่าตัววัด แบบอื่นๆ ในกรณีการใช้งานที่เหมาะสม จำนวนโหลดไซเคิลอาจถึง 1,000,000 ครั้ง

ข้อเสีย

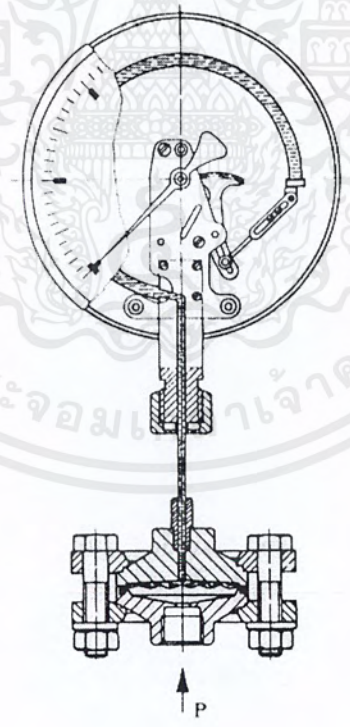
1. เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป คุณสมบัติของเบลโลว์และสปริง จะเปลี่ยนไปจะต้องมีการแก้ชดเชย
2. ใช้วัดความดันค่าสูงๆไม่ได้
3. ในช่วงเริ่มต้นของสเกลจะให้ผลไม่เป็นลิเนียริตี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 11
หลักการและเครื่องมือวัดความดันแบบไดอะแฟรม

11.1 หลักการทำงานของไดอะแฟรม

ไดอะแฟรม เป็นแผ่นโลหะ หรือสารสังเคราะห์ ลักษณะ กลม บางอาจเรียบ (flat type) หรือเป็นลอน (curru - gate type) เมื่อมีความดันมากระทำลงบนแผ่นไดอะแฟรมทำให้แผ่นไดอะแฟรมเกิด movement ไปตามทิศทางของความดันขนาดของ movement จะเป็นไปตามความเข้มของความดัน ถ้าเปรียบเทียบกับตัววัดแบบอื่น ๆ แล้ว ไดอะแฟรมจะให้ movement และความไวในการวัดน้อยกว่าตัววัดแบบบูร์ดอง แต่สามารถทนต่อความดันเกินพิกัด ความดันเปลี่ยนค่าเป็นห้วง ๆ หรือ ความสั่นสะเทือนได้ดีกว่า สำหรับการวัดความดันของ Fluid ประเภทสารกัดกร่อน มีความหนืดสูง หรือมีแนวโน้มที่จะเกิดการแข็งตัวทำให้เกิดการอุดตันได้ง่ายตัววัดแบบไดอะแฟรมมีความเหมาะสมกว่า ตัววัดแบบอื่นๆ เพราะไดอะแฟรมสามารถทำเคมีคอลซีลได้ง่าย

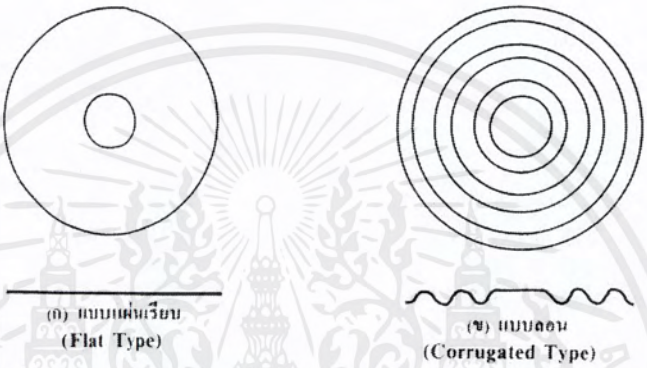


รูปที่ 11.1 แสดงการใช้ไดอะแฟรมเติมของเหลวเพื่อช่วยในการซีลบูร์ดอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11.1.1 ไดอะแฟรมแบบแผ่นเรียบ

ไดอะแฟรมแบบแผ่นเรียบจะพบมากในงาน electrical pressure transducer (ตัวเปลี่ยนความดันเป็นสัญญาณ ไฟฟ้า) แบบ capacitive sensing (เปลี่ยนค่าค่าปาซิเตอร์) ไดอะแฟรมแบบแผ่นเรียบนี้จะให้ movement เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ตามปกติแล้วย่านการวัดที่จะให้ผลเป็นลิเนียริตีจะอยู่ประมาณ 30 % ของความหนาของไดอะแฟรม ซึ่งจะได้ค่าลิเนียริตีสูงกว่า 95 % ย่านการใช้งานของตัววัดก็จำกัดด้วยค่าลิเนียริตี



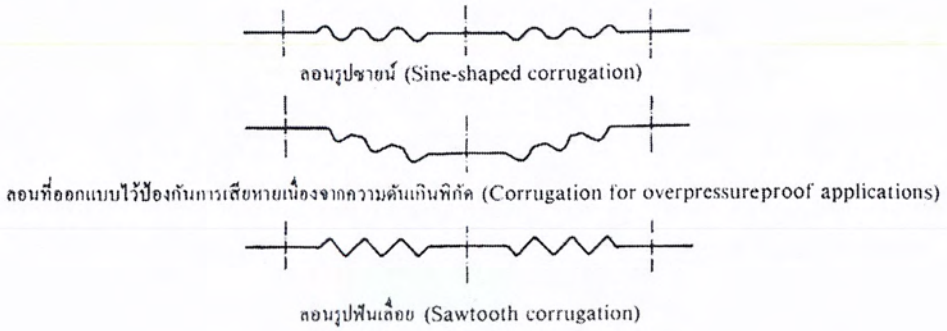
รูปที่ 11.2 แสดงไดอะแฟรมแบบแผ่นเรียบและแบบลอน

11.1.2 ไดอะแฟรมแบบลอน

ไดอะแฟรมแบบลอน ส่วนใหญ่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่าแบบแผ่นเรียบ ผลดีของการสร้างลอนแบบจุดศูนย์กลางร่วม (concentric) บนแผ่นไดอะแฟรมจะทำให้ช่วงลิเนียริตีเพิ่มขึ้นและลดแรงแค้น (stres) ที่ความดันกระทำต่อไดอะแฟรม ซึ่งทำให้ทนต่อค่าความดันเกินพิกัดได้ดีขึ้น แต่ผลตอบสนองต่อความดันไดนามิค (dymanic response) ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับแบบแผ่นเรียบ จึงเหมาะกับงานที่มีความถี่ของความดันต่ำ หรือเป็นแบบ สเตติค

รูปแบบของลอนอาจแตกต่างกันไปแล้วแต่การออกแบบอาจเป็นแบบซายน์ (sine) แบบฟันเลื่อย (saw tooth) หรือแบบสี่เหลี่ยมคางหมู (trapeze) และจะทนต่อความดันเต็มพิกัดได้ดีขึ้น

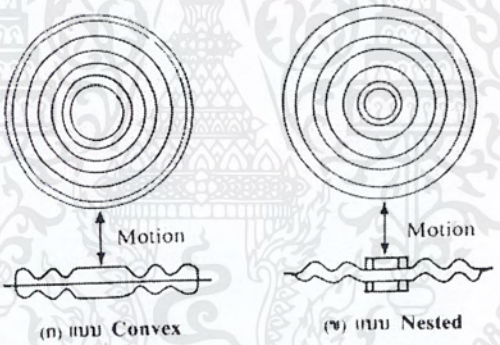
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 11.3 รูปแบบต่างๆ ของลอนบนตัวไดอะแฟรม

11.1.3 ไดอะแฟรม แบบแค็พซูล

แค็พซูล คือ ไดอะแฟรมแบบลอนสองแผ่นประกบกันตามรูป

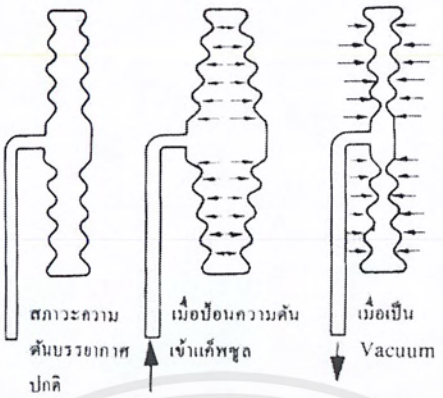


รูปที่ 11.4 รูปแสดงไดอะแฟรมแบบแค็พซูล

ในกรณีที่ต้องการวัดค่าความดันต่ำๆ แค็พซูลจะเป็นตัววัดที่ดี

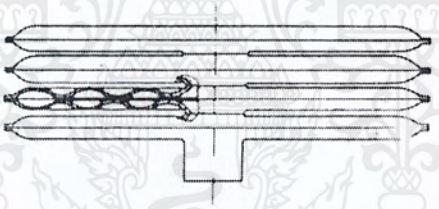
ไดอะแฟรมด้านหนึ่งของตัวแค็พซูลจะตรึงอยู่กับที่ และอีกด้านหนึ่งจะเคลื่อนที่ไป เมื่อแค็พซูลพองตัวออกเนื่องจากความดัน กระทำอยู่ใน ตามรูปที่ 11.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 11.5 แสดงการเปลี่ยนรูปของแค็พซูลในสภาวะความดันต่าง ๆ

แค็พซูลเหมาะสำหรับ วัดความดันของก๊าซ 0 – 8 Psig หรืออาจออกแบบให้วัดได้ทั้งความดันและสุญญากาศ ตามรูป เมื่อเป็นความดันแค็พซูลจะพองออกและเมื่อเป็น vacuum แค็พซูลจะหดตัวเข้า



รูปที่ 11.6 แสดงการเพิ่ม Movement อนุกรมแค็พซูลเข้าด้วยกัน

11.1.4 ข้อดีเปรียบเทียบของไดอะแฟรม

ข้อดี

1. ลิเนียริตีดี
2. ทนทานความดันเกินพิกัดได้ดี
3. เหมาะสำหรับสารกัดกร่อนมีความหนืดสูง
4. สามารถออกแบบให้วัดความดันเกจ ความดันสัมบูรณ์ และความดันดิฟเฟอเรนเชียลได้หรือ vaccum ได้โดยเฉพาะความดันต่ำ ๆ
5. ราคาปานกลางและมีขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

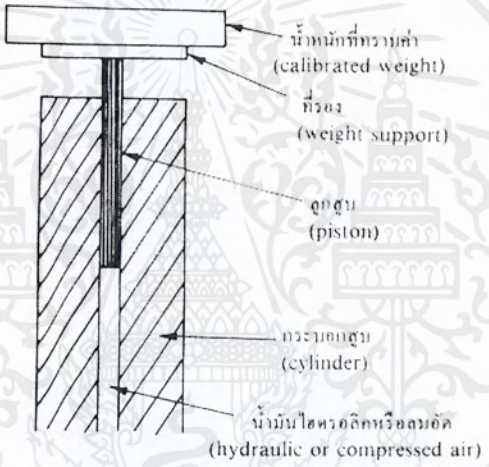
ข้อเสีย

1. ใช้วัดความดันต่ำ ๆ เท่านั้น
2. ให้ผลตอบสนองต่อความดันไดนามิคไม่ดีเพราะไดอะแฟรมมีลักษณะคลาย แดมแพน-เนอร์(dampaner)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 12
เครื่องมือสอบเทียบ Dead Weight Tester

Dead weight เป็นเครื่องมือที่ใช้สอบเทียบเกจวัดความดันได้ตั้งแต่ความดันต่ำ ๆ ไปจนถึง 2500 bar ในย่านต่ำ ๆ จาก 1 จนถึง 10 bar Dead weight แบบใช้ลมอัด (air operate) สามารถใช้งานได้ดี แต่สำหรับความดันที่สูงกว่านี้นิยมใช้น้ำมัน (hydraulic operated) เพราะน้ำมันเป็นสารประเภทอัดตัวไม่ลง (incompressible) ซึ่งสามารถบีบอัดให้เกิดความดันได้ง่าย และได้ค่าสูงกว่า ย่านสูงสุดจะได้ประมาณ 2500 bar



รูปที่ 12.1 แสดงส่วนสำคัญในการวัดของ Dead Weight

12.1 หลักการและโครงสร้างของของ Dead Weight Tester

ตัวสร้างค่าความดันมาตรฐาน จะเป็นดังรูปที่ 12.1 เมื่อวางน้ำหนักที่ทราบค่า (Calibrated Weight) ลงบนที่รอง (Weight Support) น้ำหนักที่ปรากฏที่พื้นที่ด้านล่างของลูกสูบ = น้ำหนักที่ทราบค่า + น้ำหนักของที่รอง + น้ำหนักของลูกสูบเอง ความดันที่ปั๊มแบบมือหมุนของตัว Death Weight จะต้องสร้างขึ้นเพื่อให้ลูกสูบลอยตัวขึ้นได้ และอยู่ในสภาวะสมดุล

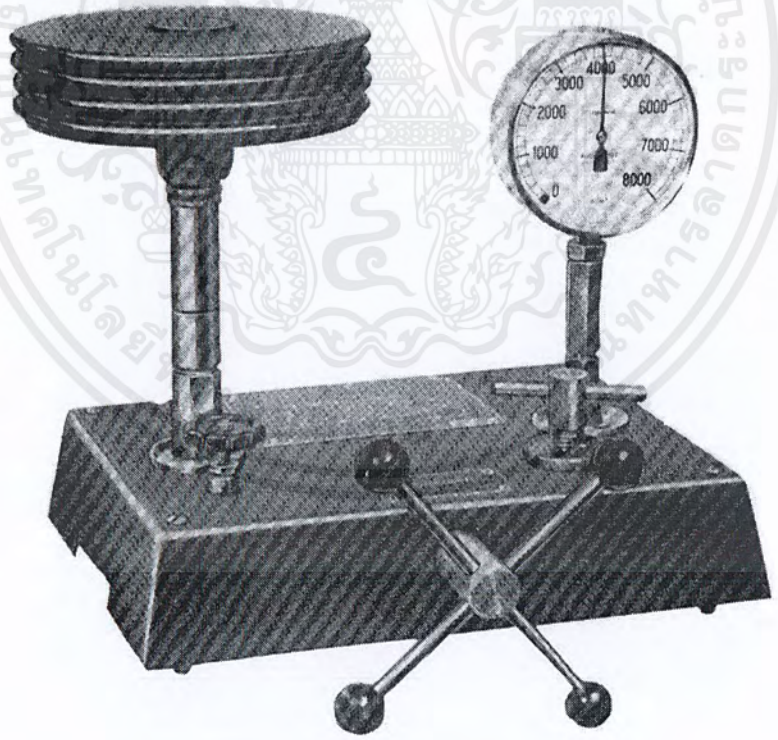
$$\text{สภาวะสมดุลจะต้องมีค่าอย่างน้อย} = \frac{\text{น้ำหนักรวมที่กระทำบนลูกสูบ}}{\text{พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบ}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12.2 Dead Weight แบบอัดลมและแบบไฮดรอลิก

ในบางครั้งที่ต้องการสอบเทียบค่า เกจวัดความดันย่านต่ำๆ 0 -10 bar ที่ใช้กับก๊าซบางอย่าง โดยเฉพาะเกจที่ใช้กับออกซิเจนหรือสารประเภท Radio Active เราไม่สามารถใช้น้ำมันเป็นตัวกลางในการสร้างความดันขึ้นได้ เพราะในย่านความดันต่ำ ๆ แบบไฮดรอลิกจะให้ค่าผิดพลาดมากกว่าแบบอัดลม น้ำมันจะเป็นอันตรายต่อเกจสำหรับวัดความดันของออกซิเจน ดังนั้นตัวกลางที่จะใช้สร้างค่าความดันมาตรฐาน ต้องใช้ลมอัดหรือในโตรเจนเป็นตัวกลาง

หลักการของ Dead Weight แบบอัดลมเหมือนหลักการที่กล่าวมาข้างต้น แต่แบบอัดลมนี้จะมีแหล่งจ่ายลมมาจากภายนอกและใช้วาล์วเป็นตัวปรับแต่งค่าความดันในกระบอกสูบ แหล่งจ่ายลมหรือในโตรเจนต้องมีค่ามากกว่าค่าความดันย่านสูงที่ต้องการสอบเทียบ ข้อควรระวัง คือ ลมที่ป้อนเข้าต้องสะอาดปราศจากฝุ่นผงหรือความชื้นอันจะทำให้ลูกสูบติดขัด ค่าความดันมาตรฐานก็จะผิดไปมาก และเกจที่สอบเทียบค่าก็จะต้องทำความสะอาดปราศจากน้ำมัน ซึ่งจะทำให้ตัว DEAD Weight แบบอัดลมสกปรกอันจะเป็นผลให้เกจตัววัดตัวต่อๆมาสกปรกด้วย



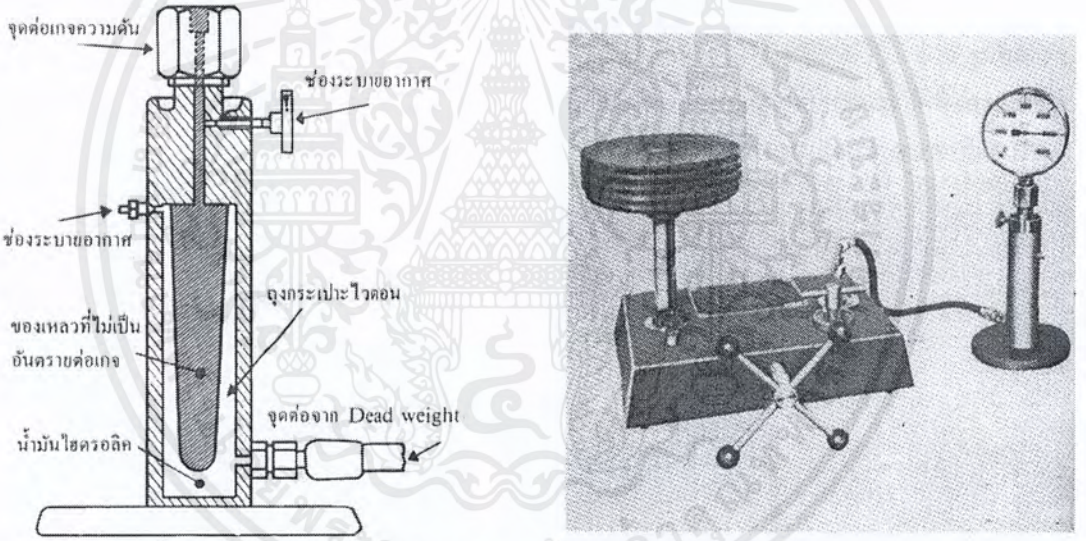
รูปที่ 12.2 Air-Operated Dead Weight Tester

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dead Weight Tester ในย่านความดันสูงจะเป็นแบบไฮดรอลิกทั้งสิ้น เพราะน้ำมันจะทำหน้าที่เป็นตัวหล่อลื่นที่ดีมีความหนืด ทำให้น้ำมันไม่รั่วออกที่ช่องว่าง ระหว่างลูกสูบและกระบอกสูบ และช่วยรักษาไม่ให้ลูกสูบและกระบอกสูบเกิดสนิม

12.3 เกจพิเศษที่ห้ามใช้น้ำมันในการสอบเทียบ

เกจสำหรับออกซิเจนที่ต้องสอบเทียบค่าความดันในย่านสูง แบบอัดลมสร้างความดันขึ้นได้ไม่ถึง ซึ่งตัวกลางสร้างความดันจะต้องเป็นแบบไฮดรอลิก จะต้องมีตัวกลางพิเศษอีกอันหนึ่งที่ไม่ให้น้ำมันสัมผัสกับเกจ ได้โดยตรง ตามรูปที่ 12.3 น้ำมันจากตัว Dead Weight Tester จะส่งผ่านเข้าตัวกระบอกไปบีบอัดถุงกระเปาะ ซึ่งภายในบรรจุสารที่ไม่เป็นอันตรายจากตัวเกจ เช่น น้ำ สารที่ใช้ทำถุงกระเปาะนี้ เป็นยางสังเคราะห์พิเศษทนต่อการกัดกร่อนของสารที่ปนอยู่กับน้ำมัน เช่น กรด หรือน้ำมันสามารถเป็นตัวทำละลายได้



รูปที่ 12.3 แสดงตัวกลางพิเศษที่ทำหน้าที่มิให้น้ำมันสัมผัสกับเครื่องวัดโดยตรง

ค่าผิดพลาดจากการใช้ถุงกระเปาะนี้จะไม่เกิน 0.1 Psig ถุงกระเปาะนี้สามารถทนความดันได้ถึง 800 Psig

สำหรับ Dead Weight Tester บางตัวจะมีมอเตอร์ขนาดเล็กตัวหนึ่งติดอยู่ที่ด้านบนส่วนของลูกสูบ โดยต่อเฟืองทดเข้ามาหมุนแกนของลูกสูบด้วยรอบต่ำ ๆ ขณะสอบเทียบค่า เพื่อลดความฝืดระหว่างลูกสูบและกระบอกสูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pressure Gauge Tester เป็นอุปกรณ์สอบเทียบค่าเกจความดันแบบหนึ่ง ซึ่งสามารถตรวจสอบค่าได้อย่างต่อเนื่อง การสร้างความดันขึ้นในลักษณะเดียวกับ Dead Weight Tester แต่ใช้เกจมาตรฐาน เป็นตัวบอกค่าความดัน

ความผิดพลาดของการตรวจสอบแบบนี้ขึ้นอยู่กับ ความถูกต้องของเกจมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 3 ระดับและเครื่องมือวัดระดับ

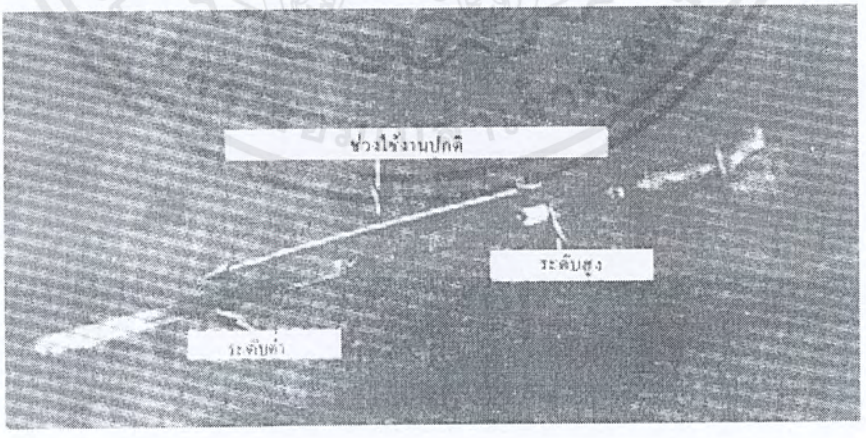
บทที่ 13

การวัดระดับโดยตรง

เป็นวิธีการที่ประหยัด ง่าย และเชื่อถือได้ ที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน ได้แก่ ดิพสติค และแบบกระจกมองระดับ (glass gauge)

13.1 ดิพสติค

เป็นก้านบอกระดับที่มีขีดเป็นระยะ ๆ สำหรับจุ่มลงไปวัดระดับของของเหลว ที่อยู่ในภาชนะตื้น ๆ เช่น อ่างเก็บน้ำมันของเครื่องยนต์ ภาชนะเก็บน้ำมันสำรองสำหรับหล่อลื่นเครื่องจักรกลต่าง ๆ เช่น ปั๊มของเหลว ที่ต้องการจะต้องมีความหนืดและระเหยช้า เมื่อต้องการดูระดับจะต้องดึงตัว ดิพสติค ขึ้นมาเช็ดคราบน้ำมันออกก่อน แล้วจึงจุ่มลงไปวัดระดับอีกครั้ง ค่าระดับที่บอกส่วนใหญ่จะไม่บอกเป็นตัวเลขแต่จะบอกเป็นระดับ สูงสุด และต่ำสุด ถ้าระดับน้ำมันอยู่ในช่วงนี้ถือว่าปกติ การวัดเพื่อดูอัตราการใช้น้ำมันหล่อลื่นของเครื่องจักรกล และ สามารถวิเคราะห์การรั่วไหลสภาพเครื่องยนต์ ช่วงเวลาการเติมน้ำมันหล่อลื่นครั้งต่อไป ข้อควรระวังขณะสอดเข้าไปวัดระดับจะต้องสอดเข้าไปให้สุด และพยายามดึงออกมาตรง ๆ อย่าให้เสียสีกับขอบถัง



รูปที่ 13.1 การดูระดับจากดิพสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

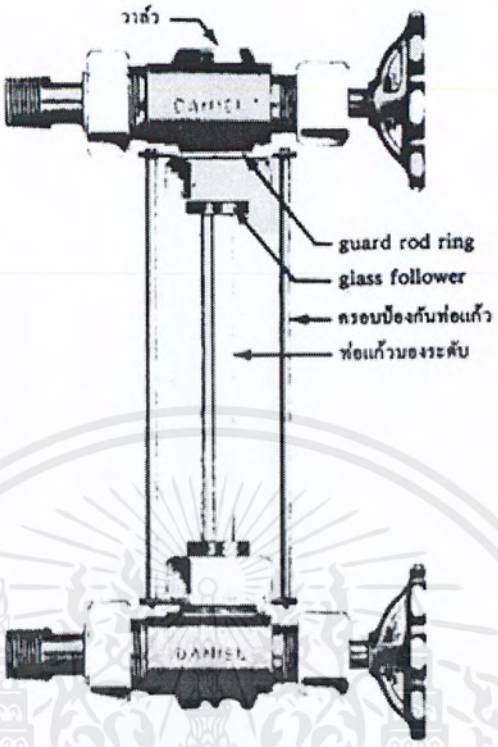
13.2 กระจกแก้วมองระดับ (Glass Gauge)

กระจกมองระดับเป็นวิธีที่สามารถดูระดับของของเหลวได้โดยตรง ใช้มากกับภาชนะที่ไม่สูงนัก แบบพิเศษสามารถใช้งานได้กับภาชนะที่มีความดันและอุณหภูมิสูง เช่น ในหม้อน้ำเลี้ยง (drum) ของหม้อไอน้ำ (boiler) การอ่านระดับ จะอ่านได้เฉพาะ จุดที่ติดตั้งกระจกมองระดับเท่านั้น ถ้าต้องการดูระดับในจุดที่ห่างออกไปจากตัววัด เช่น ห้องควบคุม อาจทำได้โดยใช้โทรทัศน์วงจรปิดเพื่อให้ง่ายต่อการติดตั้ง และปลอดภัยต่อการใช้งาน กระจกมองระดับจะถูกติดตั้งไว้ภายนอกภาชนะ มีวาล์วปิดทั้งด้านบนและด้านล่าง เพื่อตัดส่วนนี้ออกเพื่อต้องการซ่อมบำรุง กระจกแก้วมองระดับแบ่งแยกตามลักษณะโครงสร้างได้เป็น 3 แบบ คือ แบบท่อแก้ว (tubular glass), แบบแผ่นแก้วเรียบ (flat glass) และแบบแบ่งเป็นช่อง (multiport)

13.2.1 แบบท่อแก้ว (Tubular Glass)

ลักษณะตามรูปใช้สำหรับที่มีความดันและอุณหภูมิไม่สูงนักมีข้อเสีย คือ แตกง่ายไม่เหมาะกับงานที่อยู่ในบริเวณที่อาจเกิดอันตรายได้ง่าย (hazardous area) ท่อแก้วจะถูกติดตั้ง อยู่ในช่วงที่ต้องการดูระดับมีวาล์วที่สามารถเปิดปิดได้ทั้งสองด้าน ขนาด และ ความหนาของท่อแก้วขึ้นอยู่กับความดัน และช่วงความยาวของระดับที่ต้องการวัด การป้องกันอันตรายจากท่อแก้วแตกสามารถทำได้โดยการใช้ท่อพลาสติก ใส แข็ง ครอบตัวแก้วไว้ ในบางครั้งการดูระดับของของเหลวที่ ใส ไม่มีสี จะมีความยุ่งยากในการสังเกตระดับ การอ่าน จะต้องเข้าไปพิจารณาใกล้ ๆ เพื่อให้การอ่านค่าทำได้ง่ายยิ่งขึ้น จึงมีผู้นำหลักการขยายในลักษณะของเลนส์นูนเข้าช่วย ทำให้การสังเกตระดับทำได้ง่ายยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 13.2 ท่อแก้วมองระดับ

13.2.2 แบบแก้วแผ่นเรียบ (Flat Glass)

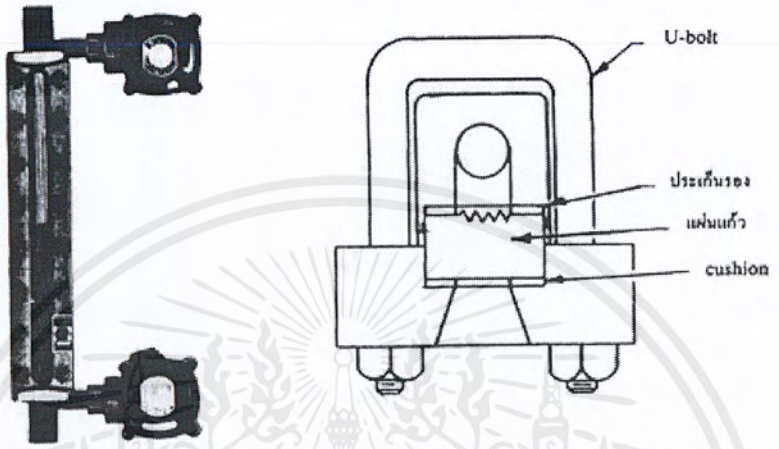
เริ่มมีใช้ในช่วงต้นปี 1900 แทนที่แบบท่อแก้ว แบ่งเป็นแบบย่อยได้อีก 2 แบบ คือ แบบแผ่นแก้วสะท้อน และแบบใส

1 แบบแผ่นแก้วสะท้อน (Reflex)

ลักษณะด้านหน้าของแผ่นแก้วจะเรียบ ด้านในเซาะร่องเป็นเป็นมุมรูปฟันเลื่อย มุมด้านในของแผ่นแก้วพอดีที่จะทำให้แสง ส่วนที่อยู่ใต้ระดับของเหลวถูกดูดกลืนไปหมด ทำให้ดูมืดในส่วนที่เป็นของเหลว และ ส่วนที่เป็นอากาศแสงจะสะท้อนกลับออก มา ทำให้ดูโปร่งแสงกว่าส่วนที่เป็นของเหลวแผ่นแก้วที่ใช้ทำจากโบโรซิลิเกท ซึ่งมีอัตราการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนต่ำ ทนต่อช็อคที่เกิดจากความร้อน และแรงที่มากระทำได้ดี แผ่นแก้วที่ติดกับของเหลวด้านในมีประเก็นรองอยู่ด้านนอก มี cushin รองอยู่ระหว่างแผ่นเหล็กกับแผ่นแก้ว จึงไม่มีส่วนสัมผัสโดยตรงกับโลหะ เหล็กรัดรูปตัว U มีไว้สำหรับรัด ส่วนประกอบทั้งหมดเข้าด้วยกัน แบบแผ่นแก้วสะท้อนเหมาะสำหรับของเหลวที่สะอาด ไม่มีสี มีค่าความหนืดต่ำ เพราะ ถ้ามีของเหลวที่ต้องการดูระดับมาเคลือบแผ่นแก้ว การอ่านระดับจะทำได้ยาก หรือถ้าของเหลวด้านในเดือดมีไอน้ำมาเกาะที่ แผ่นแก้วจะทำให้ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

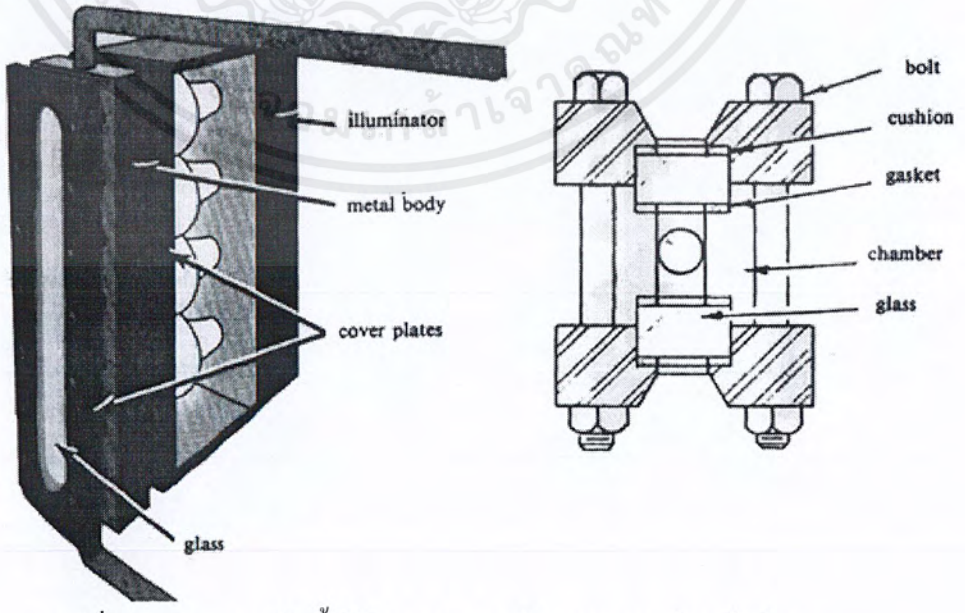
ผิดไปได้เช่นกัน ข้อดีของแผ่นแก้วแบบสะท้อนคือไม่ต้องมีหลอดส่องแสงสว่างก็สามารถอ่านระดับได้ แบบพิเศษสามารถทนความดันได้สูงถึง 4,000 Psig และทนอุณหภูมิได้ 750°F



รูปที่ 13.3 การติดตั้งใช้งานและภาพตัดขวางของแบบแผ่นแก้วสะท้อน

2. แบบแผ่นแก้วใส (Transparent Gauge)

โครงสร้างคล้ายแบบสะท้อน แต่ผิวด้านในเรียบเหมาะสำหรับใช้ดูระดับของเหลวที่มีสีหรือมีความหนืดสูง เช่น น้ำมัน ภาพตัดขวางดังรูป



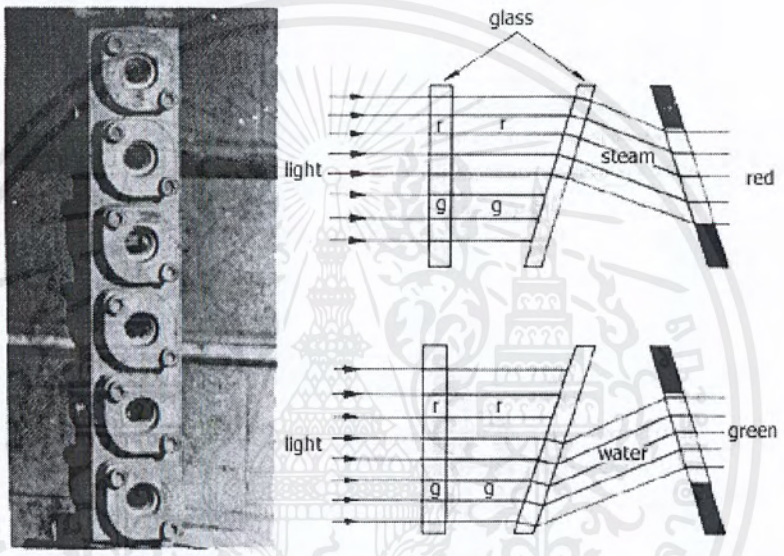
รูปที่ 13.4 แสดงการติดตั้งใช้งานและภาพตัดขวางของแผ่นแก้วเรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีแผ่นแก้วเรียบประกบอยู่ระหว่างของเหลวทั้งสองด้าน ทำให้มองเห็นทั้งสองด้าน บางแบบอาจมีไฟส่องดูระดับ ซึ่ง สามารถดูได้ทุกเวลา

13.2.3แบบแบ่งเป็นช่อง (Multiport)

การติดตั้งใช้งานของแบบ Multiport เป็นแบบที่เหมาะสำหรับของเหลวที่มีความดันและอุณหภูมิสูง โดยเฉพาะ ภายในช่องมองระดับมีทรงเป็นรูปลิ่ม จุดที่ ต้องการดูระดับ จะติดตั้งแผ่นแก้วไว้เป็นช่องๆ ระดับที่อยู่ระหว่างช่องทั้งสองจะมองไม่เห็น



รูปที่ 13.5 แสดงการติดตั้งใช้งานของแบบ Multiport และหลักการแยกสีของน้ำและอากาศหรือไอน้ำ

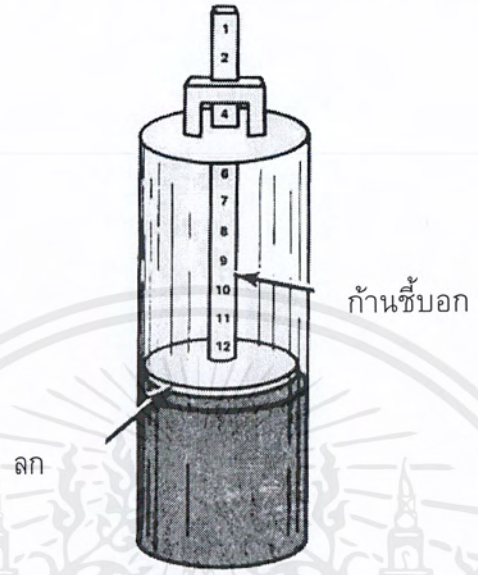
เพื่อให้ง่ายต่อการสังเกตระดับ ได้มีผู้คิดกำหนดสีของของเหลวและส่วนที่เป็นที่ว่างให้แตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยใช้หลักการหักเหของแสงในน้ำและในอากาศไม่เหมือนกัน ประกอบกับช่องภายในเป็นรูปลิ่ม ทำหน้าที่เหมือนปริซึม ดังรูป ส่วนใหญ่มักกำหนดให้น้ำหรือของเหลวเป็นสีเขียว อากาศหรือไอน้ำเป็นสีแดง

13.3 การวัดระดับโดยลูกลอย

ในการวัดระดับของของเหลวโดยอาศัยการลอยตัวของลูกลอย การที่ลูกลอยสามารถลอยได้นิ่งอยู่บนของเหลว แสดงว่า แรงที่กดลงมาซึ่งก็คือน้ำหนักของลูกลอย ซึ่งถูกกระทำด้วยแรงดึงดูดของโลก จะต้องมีค่าเท่ากับน้ำหนักของของเหลว ที่มีปริมาตรเท่ากับส่วนที่ลูกลอยจมในของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

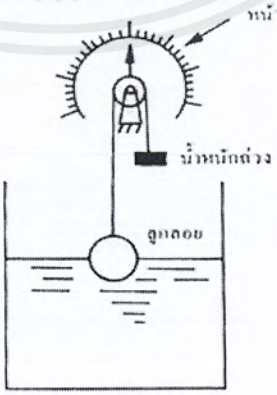
เหลว เมื่อระดับของของเหลวเปลี่ยนแปลงจะทำให้ลูกลอยเคลื่อนที่ขึ้นลงตามไปด้วยจึง สามารถต่อแกนขึ้นในแนวตั้งเพื่อชี้บอกค่า ระดับได้ ตามรูปเป็นการแสดง โครงสร้างอย่างง่ายๆ



รูปที่ 13.6 หลักการของลูกลอย

13.3.1 ใช้เทปประกอบในการอ่านระดับ

เกจวัดระดับนี้มีหลักการทำงานและโครงสร้างอย่างง่าย ๆ ดังแสดงในรูป ลูกลอยจะถูกต่อด้วยเชือก เส้นลวด โซ่ หรือ เทป คล้องแขนผ่านรอก (pulley) และอีกปลายต่อเข้ากับลูกตุ้ม เพื่อรักษาให้เส้นเชือกตึงอยู่ตลอดเวลา การหมุนของรอกจะ สัมพันธ์กัน โดยตรงกับการเคลื่อนที่ของลูกลอย แกนของรอกสามารถต่อไปขยับเข็มชี้ที่ติดอยู่เพื่ออ่านเทียบสเกล ที่ตั้งไว้ แสดงค่าของระดับ



รูปที่ 13.7 การอ่านระดับที่ใช้รอกและเทปหมุนเข็มบนหน้าปัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

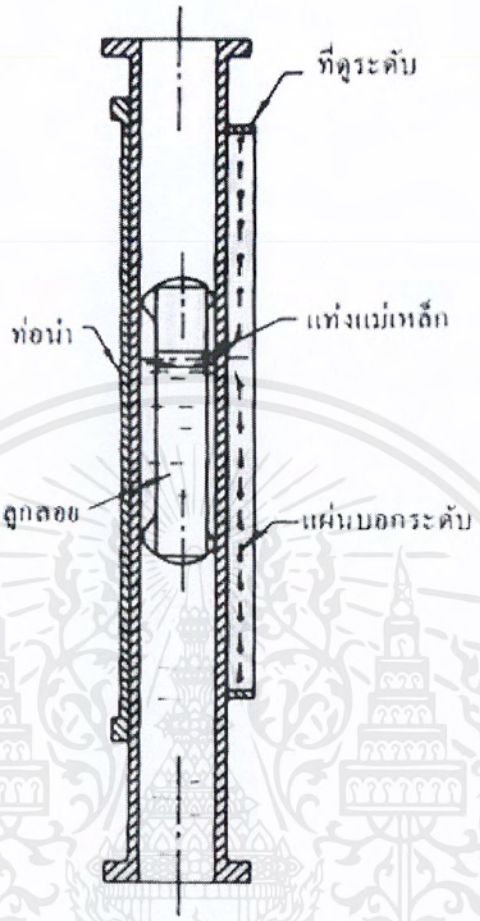
ในกรณีใช้สายเทป ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นบาง ๆ ใช้ต่อระหว่างลูกลอยคล้องผ่านรอกไปยังลูกตุ้ม (counter weight) เมื่อลูกลอยเคลื่อนที่อาจเกิดการลื่นไถล ของสายเทปที่สัมผัสกับรอกขึ้นได้ เพื่อให้ค่าในการวัดมีความถูกต้องแน่นอน การแก้ไขการลื่นไถลด้วยสาเหตุนี้ ตัวรอกจะทำในลักษณะเป็นเฟืองและสายเทปต้องเจาะรูให้มีขนาด และระยะห่างของรู ต้องมีขนาดพอดีกับเฟือง ดังนั้น สาเหตุความผิดพลาดในการอ่านเนื่องมาจากสาเหตุนี้ก็จะหมดไป

การนำเกจวัดชนิดนี้เข้าใช้งานไม่เหมาะสมสำหรับการวัดระดับของของเหลวในภาชนะปิด (closed tank) เพราะจะเกิดความยุ่งยากในการนำการเคลื่อนที่ของลูกลอยออกมายังเครื่องอ่านค่าภายนอก โดยปราศจากความเสียดทาน แต่อย่างไรก็ตามในภาชนะเปิดที่มีขนาดใหญ่ เช่น ถังเก็บน้ำมัน หรือ ถังเก็บน้ำ การวัดชนิดนี้ก็มีความเหมาะสม ย่านการใช้งาน 0.5 - 50 เมตร และมี accuracy ±1 % ถึง 2%

13.3.2 ใช้แม่เหล็กช่วยในการอ่านระดับ

ในกรณีของเหลวที่ต้องการทราบระดับมีอันตราย มีพิษ ซึ่งจะให้รั่วออกมาข้างนอกไม่ได้ จึงจำเป็นต้องแยก ส่วนที่วัดออกจากตัวอ่านค่าเพื่อไม่ให้เกิดการรั่วขึ้นได้ วิธีการใช้ลูกลอยติดแท่งแม่เหล็กจะแก้ปัญหานี้ได้ ตัววัดแบบนี้ประกอบด้วย ท่อรูปทรงกระบอกที่แข็งแรงไม่ใช่สารแม่เหล็กหรือต่านทานต่อเส้นแรงแม่เหล็กต่อออกมานอกภาชนะ ลักษณะเดียวกับ กระจกมองระดับภายในมีลูกลอยซึ่งมีแม่เหล็กถาวรติดอยู่ ลูกลอยสามารถเคลื่อนตัวขึ้นลง ตามระดับน้ำได้อย่างอิสระ ด้านนอก มีที่ดูระดับที่ประกอบด้วย แผ่นโลหะชิ้นเล็ก ๆ ที่เป็นสารแม่เหล็กตั้งเรียงกันอยู่ตามแนวระดับ แผ่นโลหะเหล่านี้ขยับได้อิสระ เป็นมุม 18 องศา ขณะที่ลูกลอยเคลื่อนที่ไปอยู่ ณ จุดใด สนามแม่เหล็กจากลูกลอยจะทำให้แผ่นโลหะในจุดนั้นถูกดูดเอียงทำมุม ทำให้ทราบค่าระดับของของเหลวนั้นได้ แต่วิธีการนี้ไม่เหมาะสมถ้าของเหลวนั้นมีอุณหภูมิสูง เพราะจะทำให้แม่เหล็กเสื่อมในเวลาอันรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



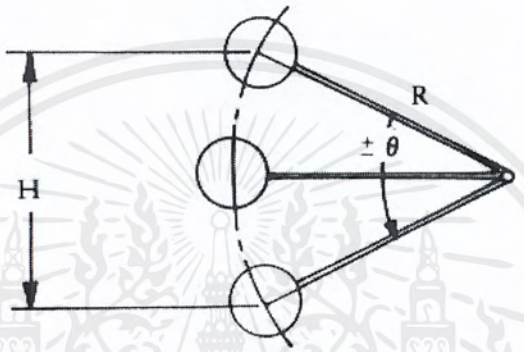
รูปที่ 13.8 แสดงการใช้แม่เหล็กช่วยในการอ่านระดับ

ลูกลอยแบบนี้จะสร้างให้มีลักษณะเป็นวงแหวน และ สร้างด้วยวัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อนได้ดี ช่องว่างตรงกลางของลูกลอย มีท่อรูปทรงกระบอก ถูกปิดทำด้วยวัสดุที่ไม่ใช่สารแม่เหล็ก และทนต่อการกัดกร่อน ท่อทรงกระบอกนี้จะทำหน้าที่เป็นท่อ ให้กับลูกลอยด้วย ภายในท่อรูปทรงกระบอกมีแท่งแม่เหล็กที่ต่อแขวนโยงเข้ากับคานที่ต่อไปยังเข็มชี้เพื่ออ่านค่าระดับ การขยับตัวของลูกลอย (ring float) ที่มีแม่เหล็กถาวรติดอยู่จะทำให้ แท่งแม่เหล็กภายในท่อ (inner magnet) ขยับ ตัวตามกันโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13.3.3 ใช้คานช่วยในการอ่านระดับ

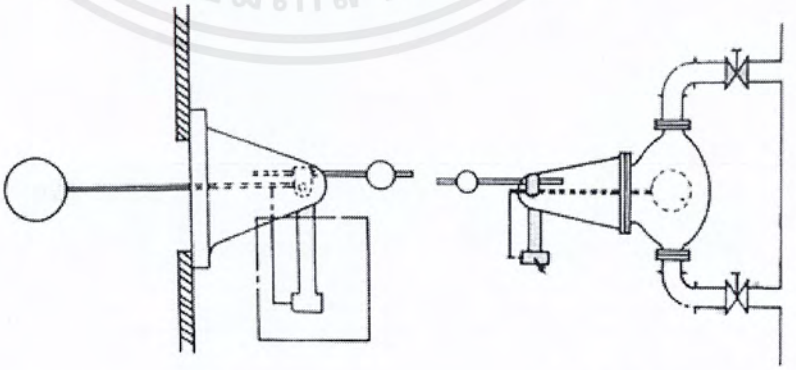
การวัดด้วยวิธีนี้จะใช้ลูกลอยประกอบเข้ากับคาน การขยับตัวของลูกลอยจะถูกเปลี่ยนมาเป็นการหมุนของคาน ทำให้แกนหมุนไปด้วย การขยับตัวหมุนของแกนหมุนจะถูกส่งไปขับกลไกของเครื่องอ่านค่า ในรูปลูกลอยจะถูกต่อด้วยคานที่มีความยาว R ระยะทางที่ลูกลอยเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง H ขณะที่ลูกลอยและจุดหมุนอยู่ใน แนวระดับมุม θ จะเท่ากับ 0 องศาตัวคานจะเคลื่อนที่ได้อิสระตามลูกลอยที่เคลื่อนที่ขึ้นลงจากแนวระดับเป็นมุม θ องศา



รูปที่ 13.9 แสดงมุมการเคลื่อนที่ของลูกลอยวัดระดับ

การวัดระดับแบบลูกลอยในลักษณะนี้สามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1. ลูกลอยติดตั้งในภาชนะสามารถใช้ได้ในกรณีที่ สามารถติดตั้งลูกลอยได้ โดยตรง ในการวัดระดับของของเหลวในถัง
2. ลูกลอยติดตั้งนอกภาชนะในการใช้งานซึ่งไม่สามารถ ให้ลูกลอยอยู่ในถังได้โดยตรง ต้องมีการต่อท่อออกจากถังที่ต้องการวัดระดับมายังช่องวัดระดับ ภายนอก และลูกลอยจะถูกติดตั้งอยู่ภายในช่องวัดระดับ อันนี้



(ก) แบบลูกลอยอยู่ในภาชนะ (ข) แบบลูกลอยอยู่นอกภาชนะ

รูปที่ 13.10 แสดงลักษณะของลูกลอยที่ถูกติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลูกลอยที่ใช้จะต้องถูกสร้างให้และมีรูปร่างและขนาด ที่ให้ได้รับแรงลอยตัวมากที่สุดโดยมีพื้นที่ผิวน้อยที่สุด แต่เพื่อให้มีความไวในการวัดมากที่สุด ลูกลอยจะต้องมีขนาดที่เหมาะสม คือ ส่วนที่จมในของเหลว ต้องเป็นครึ่งหนึ่ง ของปริมาตรทั้งหมดลูกลอยจะถูกต่อเข้ากับคาน และอีกปลายด้านหนึ่งต้องต่อเข้ากับลูกตุ้ม (balance weight) มิเตอร์วัดระดับชนิดนี้มีโครงสร้างที่ง่าย และสะดวกต่อการใช้งาน สามารถประกอบเข้ากับชุดของสวิทช์ ที่เป็น สวิทช์ปรอท หรือ ไมโครสวิทช์ เพื่อใช้ในระบบสัญญาณเตือนหรือต่อเข้าเครื่องควบคุมระดับน้ำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

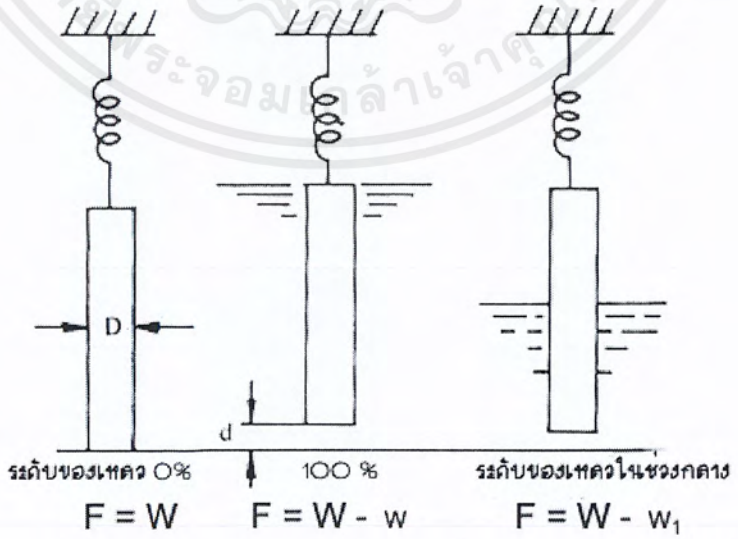
บทที่ 14
การวัดระดับโดยใช้ Displacer

14.1 หลักการวัดระดับของ Displacer

การวัดระดับแบบใช้การแทนที่ของวัตถุด้วยของเหลว อาศัยหลักการของอาร์คิมิดิส โดยวัดการเปลี่ยนแปลงของแรงพยุง (bougancy) ที่กระทำต่อวัสดุ วัตถุที่ใช้ทำเป็นตัวรับรู้ต่อแรงพยุง จะมีลักษณะเป็นทรงกระบอกจุ่มอยู่ในของเหลว ที่ต้องการทราบค่าระดับ วัสดุรูปทรงกระบอกอันนี้ถ้าถูกแขวนไว้ด้วยตาชั่งน้ำหนักของรูปทรงกระบอก เมื่อชั่งในอากาศ จะมีน้ำหนัก W เมื่อนำวัตถุรูปทรงกระบอกอันนี้นำไปชั่งในของเหลวจะมีน้ำหนักลดลงเหลือ (w) ดังนั้น แรงที่มากระทำให้น้ำหนักของวัสดุทรงกระบอกอันนี้ลดน้อยลงก็คือ แรงพยุง ซึ่งกระทำต่อทรงกระบอกในทิศทางตรงกันข้าม กับน้ำหนัก แรงพยุง (F) มีขนาดเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่ถูกวัตถุนี้แทนที่

$$F = W - w$$

เมื่อ F : แรงพยุง
W : น้ำหนักของวัตถุเมื่อชั่งในอากาศ
w : น้ำหนักของวัตถุเมื่อชั่งในของเหลว



รูปที่ 14.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงของแรงพยุงตัวเมื่อระดับของของเหลวเปลี่ยนไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุทรงกระบอกที่ใช้มีชื่อทางเทคนิคว่า displacer ตัว displacer ต้องมี ถพ. มากกว่าของเหลวในระบบ ในการใช้งานตัว displacer จะถูกบรรจุอยู่ในท่อซึ่งสร้างขึ้นสำหรับใช้วัดระดับโดยเฉพาะผลที่ได้ จากการที่ระดับเปลี่ยนแปลงจะออกมาในรูปของแรง มากกว่าการเคลื่อนตัวของ displacer ดังเช่น ในแบบลูกลอย ดังนั้นระยะทางการเคลื่อนที่จะน้อยกว่าแบบลูกลอย ดังนั้นระยะทางการเคลื่อนที่จะน้อยกว่าแบบลูกลอย displacer สามารถใช้วัดระดับได้ทั้งในภาชนะ แบบเปิดและแบบที่มีความดันภายใน การทำงานของ displacer ตามรูป ระดับของน้ำในภาชนะจะมีผลต่อแรงกระทำของลูกลอย เมื่อระดับน้ำสูงขึ้นเนื่องจากมันต่ออยู่กับคาน ซึ่งปลายของคานข้างหนึ่งต่อกับ ท่อส่งทอร์ค (torque tube) ทำให้ท่อส่งทอร์ค หมุนตามเข็มนาฬิกา แค่ถ้าระดับน้ำต่ำลงการเปลี่ยนแปลงก็จะมีทิศทางตรงกันข้าม โมเมนต์ที่เปลี่ยนแปลงในท่อส่งทอร์คเกิดจากแรงพยุงตัวของ displacer ดังสมการ

$$\Delta T = F . r$$

เมื่อ ΔT คือ ค่าทอร์คที่เปลี่ยนแปลง

ΔF คือ การเปลี่ยนแปลงของแรงพยุงตัวที่กระทำต่อ displacer

Δr คือ ค่าความยาวของคาน (torque arm)

14.2 การเลือกขนาดของ Displacer

14.2.1 จะต้องพิจารณาจากข้อมูลในเบื้องต้นดังนี้

1. ค่า ถพ. ของของเหลวที่ต้องการวัดระดับ
2. ความยางของ displacer
3. ช่วงระดับสูงสุดที่ต้องการวัด (span)
4. ความดัน และอุณหภูมิ ของของเหลวในระบบ

14.2.2 ขั้นตอนในการคำนวณเลือกขนาดของ Displacer

1. คำนวณขนาดของ displacer สูงสุด จากสมการ

$$Vmax = F/ (0.0316 \text{ lb/in }) .SG$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ Vmax คือ ปริมาตรสูงสุดของ displacer (ลูกบาศก์นิ้ว)

F คือ แรงจาก displacer (ปอนด์) หาได้จากคู่มือที่ทางบริษัทกำหนด

SG คือ ความถ่วงจำเพาะของของเหลวในระบบ

2. คำนวณขนาดต่ำสุดที่สามารถใช้ได้ จากสมการ

$$Vmin = (Pbnmin)\ (Vmax)/PDL$$

เมื่อ Vmin คือ ปริมาตรต่ำสุดของ displacer (ลูกบาศก์นิ้ว)

PDL คือ ค่าเปอร์เซนต์ความยาวของ displacer ที่ต้องใช้สำหรับ fullspan

PBmin คือ ค่าต่ำสุดของ proportional band หรือระยะทางที่ต้องการให้ท่อส่ง ทอร์ค เคลื่อนที่ไป (differentialgap of controller)

ขั้นตอนต่อไป เลือกปริมาตร น้ำหนักและความยาวที่เหมาะสมจากตารางคู่มือของบริษัท เปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณ จะต้องเป็นดังนี้

Va จะต้องมีค่าน้อยกว่า Vmax

Va จะต้องมีค่ามากกว่า Vmin

Va หมายถึงปริมาตรของ displacer

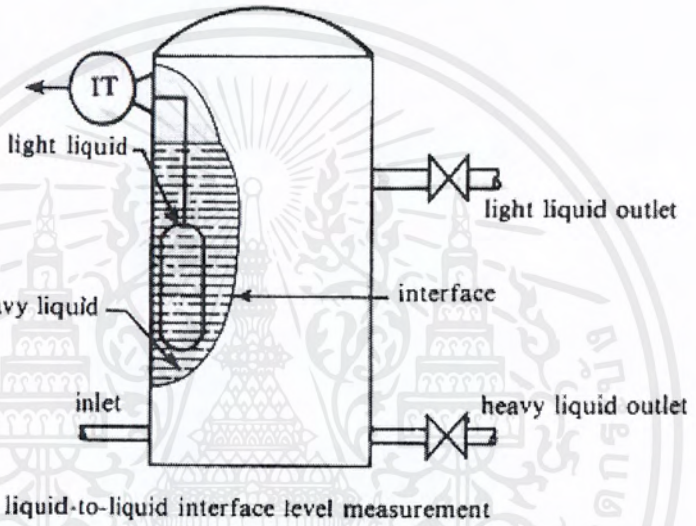
ในการวัดระดับด้วยการใช้ displacer ต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีผลต่อการวัด คือ ขนาดความยาวของ displacer น้ำหนักจำเพาะของของเหลวที่วัด ย่านการวัด อุณหภูมิและปริมาตรของ displacer

การวัดระดับด้วยการใช้ displacer อาจเกิดความผิดพลาดขึ้นได้เมื่อความหนาแน่นของของเหลวที่วัดระดับเปลี่ยนแปลงเนื่องจากอุณหภูมิของของเหลวที่เปลี่ยนไปเพราะจะทำให้แรงพยุงของเหลวที่กระทำต่อ displacer เปลี่ยนไปด้วยทำให้ค่าที่สอบเทียบ (calibrate) ไว้ในตอนแรกอ่านค่าได้ไม่ตรงกับความเป็นจริง

ดังนั้น ในการวัดระดับด้วยการใช้ displacer ภายใน displacer ซึ่งปกติกลวงจะบรรจุไว้ด้วยของเหลวชนิดเดียวกันกับของเหลวที่เราวัดระดับ displacer ดังรูปที่ 20 ส่วนบนจะมีส่วนที่ทำหน้าที่ขยายตัวยืดออกและหดตัวตามอุณหภูมิของของเหลวที่เราทำการวัดระดับ ซึ่งส่วนที่ทำหน้าที่ขยาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และหดตัวนี้จะมีลักษณะคล้ายกับเบลโลว (bellow) เมื่อของเหลวที่วัดมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้ความหนาแน่นของของเหลวที่วัดมีค่าน้อยลงทำให้แรงพยุงที่กระทำต่อ displacer น้อยลง displacer ก็จะเคลื่อนตัวลงจมในของเหลวที่เราวัดมีปริมาตรเพิ่มขึ้นแต่ displacer แบบขยายยืดตัวได้นี้เมื่ออุณหภูมิของของเหลวภายนอกสูงขึ้น จะทำให้ของเหลวภายใน displacer ซึ่งเป็นของเหลวชนิดเดียวกันขยายตัวดันให้เบลโลวยืดตัวออก ดังนั้น ปลายบนสุดของ displacer ที่มีอุปกรณ์เชื่อมโยงไปยังเครื่องวัดจะอยู่ในสภาวะเดิม คือ อยู่ในตำแหน่งเดิม เป็นการชดเชยผลของอุณหภูมิที่ทำให้ความหนาแน่นของของเหลวเปลี่ยนแปลง



รูปที่ 14.3 แสดงการใช้ Displacer วัดระดับรอยต่อของของเหลวสองชนิดที่แยกชั้นกัน

ในงานที่ต้องการวัดระดับของของเหลว รอยต่อของของเหลวสองชนิดที่แยกชั้นกันอยู่ เนื่องจาก ความถ่วงจำเพาะมากกว่าจะทำให้น้ำมันลอยอยู่บนผิวน้ำ สามารถใช้วัดระดับของน้ำได้ ตามรูปในกรณีนี้ displacer จะต้องจมอยู่ตลอดเวลา ในชั้นของรอยของเหลวทั้งสอง displacer จะขยับตัวขึ้นลงตามระดับของรอยต่อตลอดเวลาเพื่อรักษาสมดุลของตัวมันเอง ช่วงระดับได้จะอยู่ในช่วงระดับของ displacer เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 15
การวัดระดับโดยหลักการทางไฟฟ้า

15.1 หลักการวัดระดับโดยวัดค่าความจุไฟฟ้า

ถ้าเราใส่ขั้วตัวนำ (Electrode) ติดตั้งลงไปในแนวของภาชนะ เมื่อป้อนไฟฟ้าไปที่ขั้วตัวนำและโลหะของภาชนะ จะเกิดเป็นตัวประจุไฟฟ้า (Capacitor) โดยขั้วตัวนำและโลหะของภาชนะจะเป็นแผ่น Plate สองแผ่น มีตัวเก็บประจุคือสารที่ถูกบรรจุอยู่ในภาชนะนั้น

สารทุกชนิดมีค่า Dielectric Contant ไม่เท่ากัน ซึ่งเป็นคุณสมบัติประจำตัวของสารนั้น ๆ พิจารณาตามรูป 15.1 ค่าประจุระหว่าง Plate ทั้งสองจะมีค่าแปรเป็นไปตามสมการ

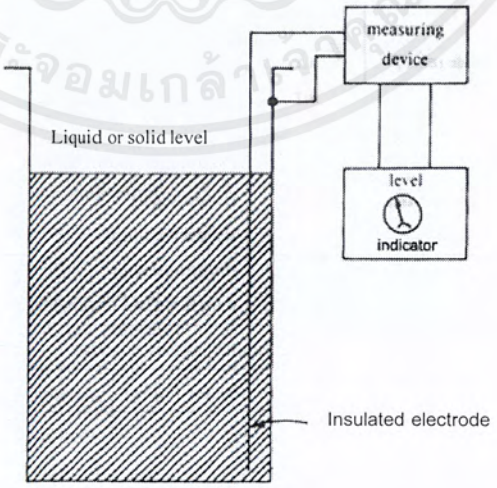
$$C = \varepsilon A / d$$

เมื่อ C คือ ค่าประจุมีหน่วยไฟฟ้าเป็น ฟารัด

A คือ พื้นที่ตั้งฉากของ plate ทั้งสองกับทิศทางของเส้นแรงไฟฟ้ามีหน่วยเป็นตารางเมตร

d คือ ระยะระหว่าง plate ทั้งสอง มีหน่วยเป็นเมตร

ε คือ ค่า dielectrc constant ของตัวกลาง มีหน่วยเป็นฟารัดต่อตารางเมตร (A.S/V.m.)



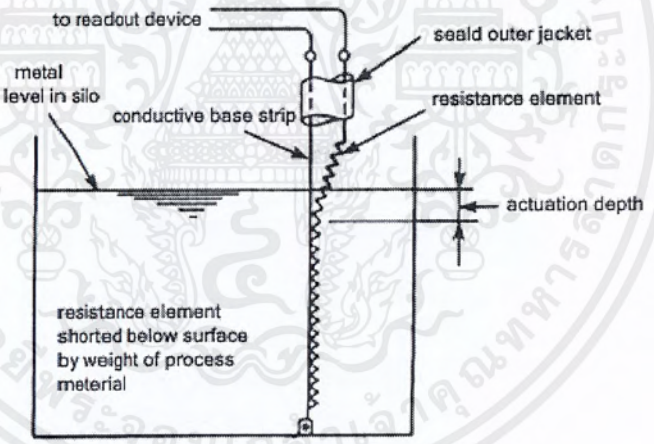
รูปที่ 15.1 แสดงการวัดระดับโดยอาศัยหลักการวัดค่าความจุไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า ε ของอากาศมีค่าเท่ากับ 1 ก๊าซส่วนใหญ่จะมีค่าประมาณ 1 น้ำบริสุทธิ์มีค่า 80 เนื่องจากค่า A และ d เป็นค่าคงที่ ดังนั้นค่าประจุจึงแปรเปลี่ยนไปตามระดับของสารตัวกลางที่เข้าแทนที่อากาศเนื่องจาก ε มีค่าสูงกว่าอากาศ หลักการวัดระดับด้วยการวัดค่าความจุทางไฟฟ้าจึงเหมาะสำหรับสารตัวกลางที่มีค่า ε สูงกว่า ของอากาศมาก ๆ โดยธรรมชาติค่า ε ของสารจะเปลี่ยนค่าไปบ้างตามอุณหภูมิและความหนาแน่น สารตัวกลางเป็นของเหลว ค่า ε จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ในของเหลวชนิดเดียวกันที่อุณหภูมิต่ำกว่าจะมี ε สูงกว่า

15.2 การวัดระดับโดยการวัดค่าความต้านทาน

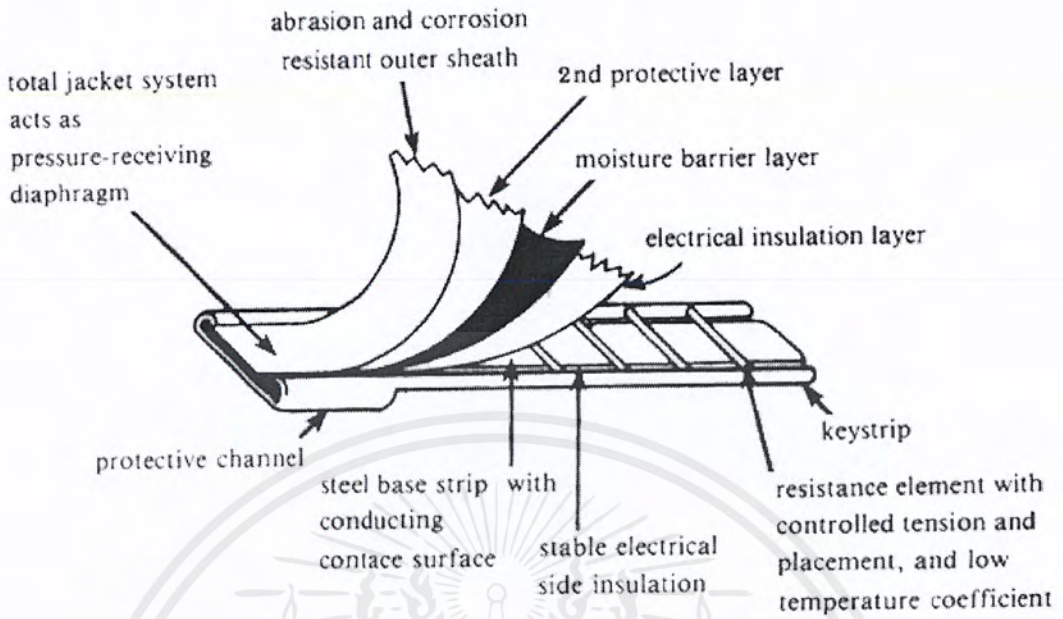
การวัดแบบเปลี่ยนค่าความต้านทาน ดังรูป 15.2 ส่วนที่จมอยู่ในสารที่ต้องการวัดระดับจะถูกสารนั้นบีบตัวทั้งสองด้านทำให้ลวดความต้านทานถูกบีบติด (Short) เข้ากับแกนซึ่งเป็นตัวนำ (Conducting base strip) ค่าความต้านทานรวมของตัววัดจะลดลง " การลดลงของค่าความต้านทานจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับการเพิ่มของระดับ"



รูปที่ 15.2 แสดงการทำงานของอุปกรณ์วัดระดับแบบเปลี่ยนค่าความต้านทานตัววัดที่จมอยู่ในของเหลวจะถูกบีบให้ลัดวงจรกับแกนตัวนำ

ตัววัด (Probe) ระดับแบบนี้เรียกว่า Metri tape ส่วนประกอบดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 15.3 แสดงโครงสร้างของ Metri tape

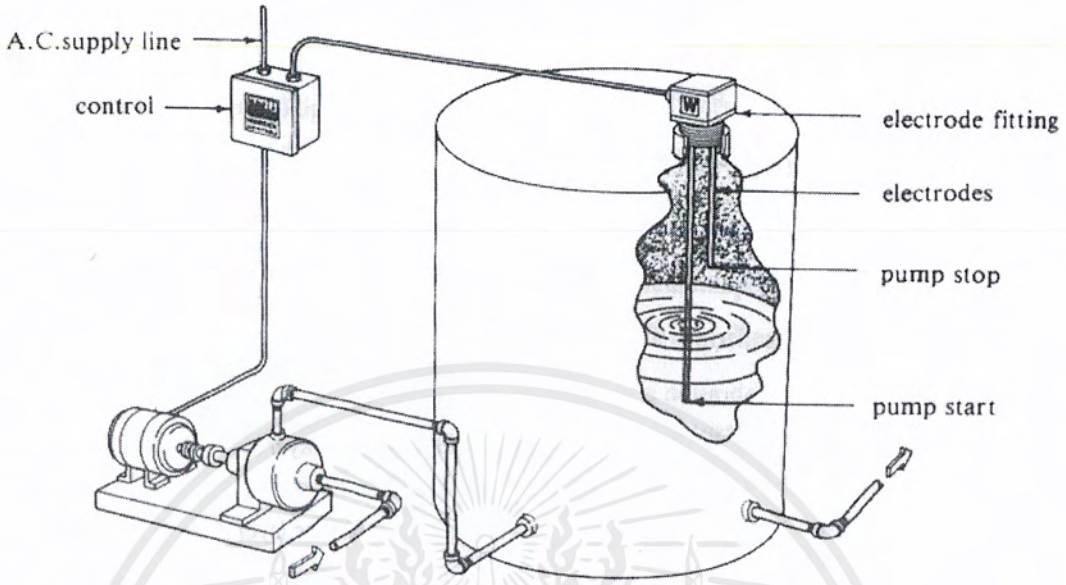
มีแผ่นป้องกันก่อนถึงขดลวดความต้านทาน 4 ชั้น ชั้นแรกเป็นเสมือนไดอะแฟรมสำหรับบีบอัดตัว เมื่อจมอยู่ในสารที่ต้องการวัดระดับและเป็นวัสดุที่ทนทานต่อการขัดสี การกัดกร่อน ชั้นที่ 2 เป็นชั้นป้องกันตัววัดเหมือนชั้นแรก ชั้นที่ 3 เป็นชั้นป้องกันความชื้น ชั้นที่ 4 มีคุณสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้า ตัวความต้านทานทำด้วยนิโครมกั้นด้วยฉนวนโพลีเอสเตอร์ และแกนตัวนำอีกขั้วหนึ่งอยู่ด้านล่าง ปลายสุดของตัววัด (Probe) ปิดสนิทเพื่อป้องกันของเหลวที่วัดเข้าตัววัด สารนิโครมที่ใช้เป็นตัวต้านทาน มีคุณสมบัติที่ดี คือ ค่าความต้านทานจะเปลี่ยนไปน้อยเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป ในตัววัดแบบนี้ส่วนใหญ่กำหนดให้มี ให้มีความต้านทาน 100 โอห์มต่อความยาว 1 เมตร สายที่ใช้ต่อไม่ค่อยมีผลต่อค่าความผิดพลาดมากนัก สามารถติดตั้งตัววัดห่างออกไปจากทรานสมิตเตอร์ได้ไกลกว่า 100 เมตร เป็นแบบที่เหมาะสำหรับการวัดระดับในถังสูง หรืออุโมงค์ใต้ดินแต่ไม่เหมาะสำหรับภาชนะปิดที่มีความดันอยู่ภายใน

15.3 การวัดระดับโดยการวัดค่าความนำไฟฟ้า

วิธีการนี้เหมาะสำหรับวัดระดับของของเหลวที่มีค่าความนำสูง เช่น น้ำ สารที่มีส่วนผสมของกรด,ด่างหรือเกลือ

วิธีการวัด ตัววัด (probe) ตัวนำจะถูกติดตั้งอยู่ในระดับต่างๆกัน ในภาชนะอาจติดตั้งอยู่ในแนวตั้งหรือแนวนอนก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 15.4 แสดงการติดตั้งตัววัดแบบใช้หลักการวัดค่าความนำไฟฟ้า

ไฟที่ใช้เลี้ยงวงจรเป็นไฟที่มีค่าต่ำๆ (ไม่เกิน 45 โวลท์) ซึ่งไม่เป็นอันตรายกับคน ขั้วหนึ่งต่อกับตัวภาชนะที่เป็นโลหะ อีกขั้วหนึ่งต่อกับ probe ตามความสูงที่ต้องการในลักษณะขนานเมื่อระดับของของเหลวสูงขึ้นมันจะทำหน้าที่เป็นตัวนำต่อเชื่อมให้ครบวงจร อาจถูกต่อไปจุดไส้หลอดหรือเลี้ยงรีเลย์แสดงให้ทราบว่าระดับของของเหลวอยู่ในช่วงไหน

การใช้งาน อาจนำไปใช้ในการควบคุมการป้อนน้ำเข้าถังพัก โดยนำไปเป็นตัวกำหนดการเดินปั๊ม เมื่อระดับน้ำสูงถึงก้านตัวนำอันบน ปั๊มจะถูกสั่งให้หยุดการทำงาน และจะต่ออีกครั้งเมื่อระดับน้ำลดลงต่ำกว่าก้านตัวนำอันล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 16
การวัดระดับโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิก

16.1 หลักการประยุกต์ใช้อัลตราโซนิกในการวัดระดับ

คุณสมบัติของอุลตราโซนิค คือ คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 KHz อันเป็นย่านที่หูมนุษย์ไม่ได้ยินและมีระดับพลังงานต่ำมากเพียงไม่กี่มิลลิวัตต์เท่านั้น ความเร็วของคลื่นเสียงในตัวกลางขึ้นอยู่กับ รูปแบบของคลื่น, ความหนาแน่น และคุณสมบัติการยืดหยุ่นของตัวกลาง (elastic constant) ของตัวกลางที่คลื่นเสียงนั้นเดินทางผ่าน

ความเข้มเสียง และระดับความดันของคลื่นเสียง (sound pressure) จะถูกวัดในรูปของเดซิเบลล์ (dB) ตามสูตรดังนี้

$$i = 10 \log 10 \, I/Io$$

เมื่อ i คือ ความเข้มของเสียงมีหน่วยเป็นเดซิเบลล์ (dB)

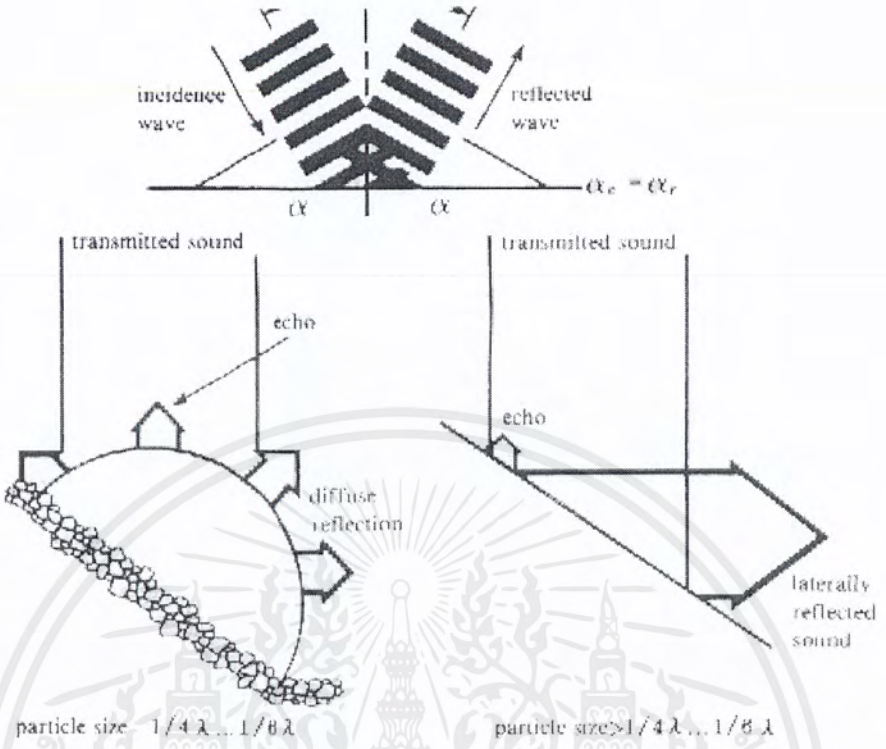
I คือ ความเข้มของเสียงที่วัดได้มีหน่วยเป็น วัตต์/ซม^2

I/Io คือ ค่าความเข้มของเสียงอ้างอิง (reference) ที่ความถี่ 1000 Hz และมีค่า 10-6 วัตต์/ซม^2

เมื่อคลื่นเสียงวิ่งอยู่ในตัวกลางไปกระทบของแข็ง เช่น กำแพง, หน้าผาหรือพื้นผิวของของเหลวบางส่วนของคลื่นเสียงเท่านั้นจะแทรกผ่านเข้าไปในสารนั้นๆ ส่วนใหญ่จะสะท้อนกลับที่เรียกว่าเอคโค (Echo) การสะท้อนของเสียงมีลักษณะเหมือนการสะท้อนของแสง

ลักษณะของการสะท้อนของเสียงตามรูปเมื่อเสียงกระทบของแข็งทรงกลม ทิศทางการสะท้อนก็ขึ้นอยู่กับมุมตกกระทบทำให้เสียงกระจายไปในทิศทางต่าง ๆ แต่สำหรับวัตถุที่ผิวเรียบคลื่นเสียงที่มาตกกระทบส่วนใหญ่จะสะท้อนออกจาก ระนาบนั้นอย่างมีระเบียบตามรูปที่ 16.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 16.1 แสดงลักษณะของการตกกระทบและการกระจายของเสียง

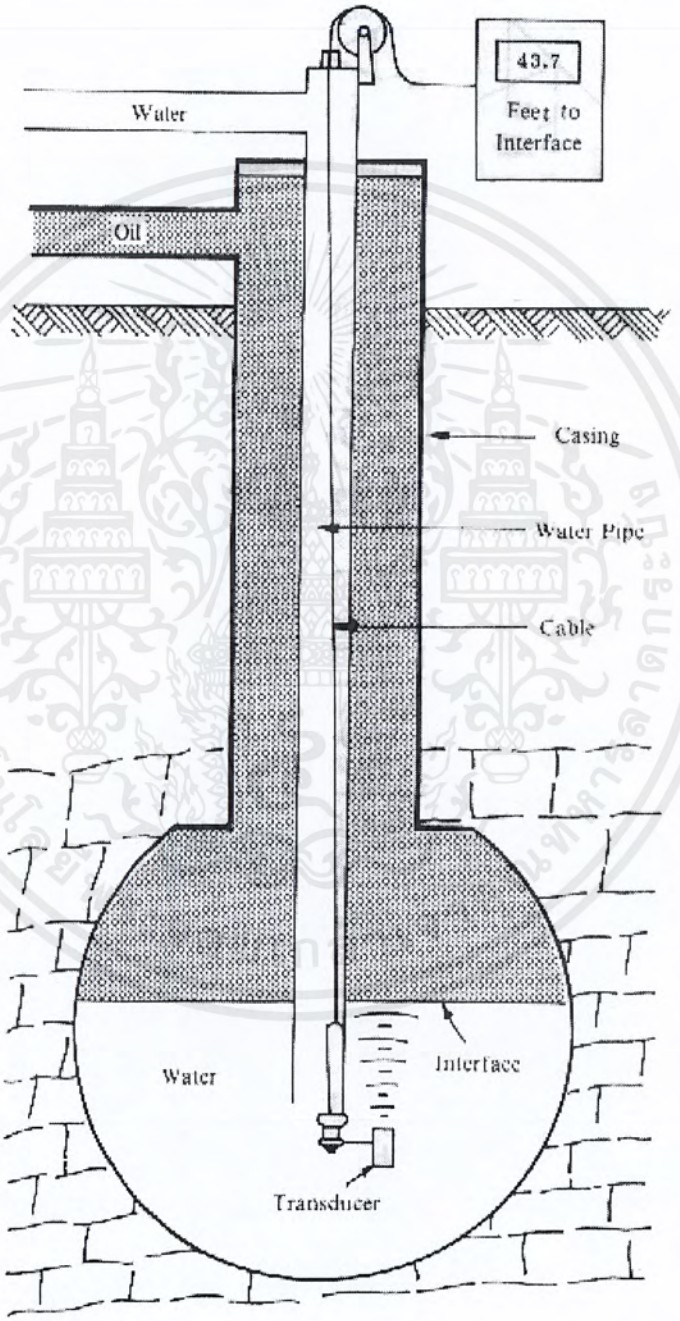
ความเข้มของเสียงที่ออกจากแหล่งกำเนิด จะมีค่าลดลงไปตามระยะทางที่เสียงเดินทางผ่าน เนื่องจากรัศมีของการเดินทางไกลขึ้น

16.2 เครื่องมือวัดระดับแบบอัลตราโซนิค แบบวัดต่อเนื่อง

เครื่องมือวัดระดับแบบอุลตราโซนิคเริ่มมีใช้ครั้งแรกประมาณปี 1960 มีทั้งแบบวัดต่อเนื่องและแบบวัดเป็นจุด คลื่นความถี่ใช้อยู่ในย่าน 20KHz ถึง 40KHz สัญญาณจะถูกส่งออกไปเป็นห้วงๆ โดยมีตัวส่ง (transmitter) และตัวรับ (reciever) คอยรับสัญญาณการสะท้อนกลับของแต่ละห้วง เวลาที่คลื่นใช้ในการเดินทางตั้งแต่ออกจากตัวส่งจนกลับถึงตัวรับ จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระยะทางหรือระดับที่ต้องการวัด เวลาที่ใช้ในการเดินทาง ของคลื่นเสียงขึ้นอยู่กับสภาพของตัวกลางที่คลื่นเสียงผ่าน ดังที่กล่าวแล้วดังนั้น การเลือกใช้เครื่องมือวัดระดับแบบใช้คลื่นเสียง จะต้องจำกัดย่านใช้งานให้อยู่ช่วงอุณหภูมิแคบ ๆ มิฉะนั้นจะต้องมีเทอร์โมมิเตอร์คอยวัดอุณหภูมิของตัวกลางและ ส่งสัญญาณไปแก้ไขความเร็ว (compensator) ในการเดินทางของคลื่นเสียงอยู่ด้วย ในตัวกลางที่ เป็นอากาศระยะทางที่วัดได้จะผิดประมาณ 0.18% ต่ออุณหภูมิที่เปลี่ยนไป 1 องศาเซลเซียส หรือ 0.1% ต่อ 1 องศาฟาเรนไฮต์ ในการวัดระดับของสารที่เป็นฝุ่นผง (solids) ตัวรับและตัวส่งจะถูกติดตั้งอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนบนของภาชนะ แต่ถ้าเป็นการวัดระดับของของเหลวตัวรับและ ตัวส่งจะอยู่ส่วนบนหรือส่วนล่างของของเหลวก็ได้ ระดับที่ใช้เครื่องมือวัดชนิดนี้อยู่ในย่าน 6 ถึง 10 ฟุต ความผิดพลาดของการวัดประมาณ ±4%ตัวอย่างการวัดระดับแบบต่อเนื่องในรูป



รูปที่ 16.2 แสดงแบบวัดเวลาการเดินทางของคลื่นอุลตราโซนิเป็นการวัดระดับของน้ำในบ่อน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากน้ำมีความถ่วงจำเพาะมากกว่าน้ำมัน น้ำจึงอยู่ในส่วนล่าง ในการขุดเจาะสำรวจน้ำมันใต้ดินเครื่องมือวัดระดับน้ำมันใต้ดิน ที่เหมาะสมคือแบบอัลตราโซนิค โดยจัดเตรียมเครื่องมือวัดตามรูป ตัววัดจะต้อง ติดตั้งไว้ที่ระดับต่ำกว่ารอยต่อของชั้นน้ำและน้ำมันลงไป เมื่อคลื่นอัลตราโซนิคจากตัวส่งกระทบกับชั้นรอยต่อไปนี้ ส่วนหนึ่งจะสะท้อนกลับ เมื่อทราบ ระดับน้ำใต้ดินก็สามารถนำไปคำนวณหาปริมาณน้ำมันใต้ดินได้ ลักษณะการวัดแบบนี้ สามารถนำไปใช้วัดปริมาณน้ำในถังเก็บน้ำมันขนาดใหญ่ได้ เพราะในทางปฏิบัติ น้ำมันจะถูกบรรทุกมาโดยเรือเดินทะเลก็ย่อมจะมีน้ำเกลือปะปนมาบ้าง มื่อใช้ไปนาน ๆ น้ำเกลือก็จะถูกสะสม อยู่ในถังมากขึ้น เครื่องมือวัดแบบอัลตราโซนิคมีความเหมาะสม มากกว่าตัววัดแบบอื่น ๆ โดยเฉพาะกับน้ำมันเตา ที่มีค่าความหนืดสูงมาก เพราะเครื่องมือวัดแบบอัลตราโซนิค ไม่มีส่วนที่เคลื่อนไหว

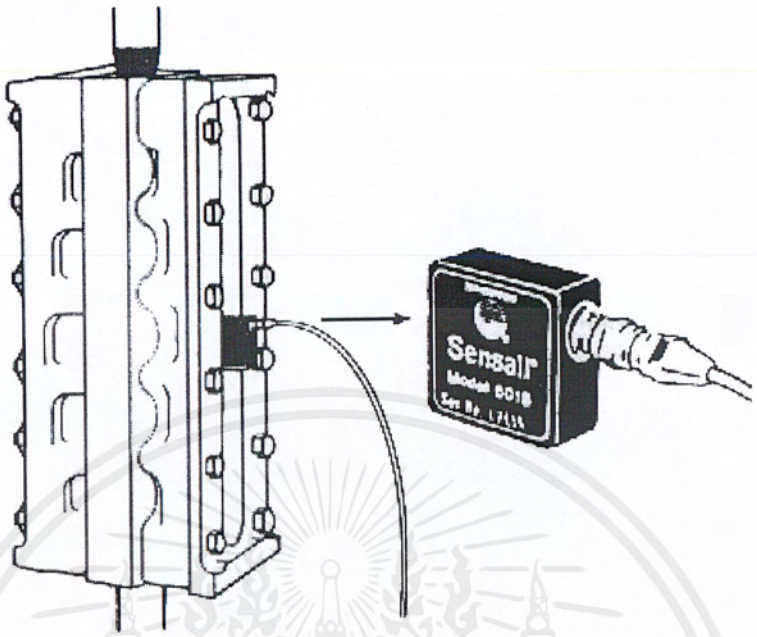
16.3 เครื่องมือวัดระดับอัลตราโซนิคแบบวัดเป็นจุด

ตัววัดจะมีทั้งตัวรับและตัวส่งที่ติดตั้งอยู่ในแนวเดียวกัน อาจมีทั้งแบบแยกกันหรือที่รวมอยู่ในโครงสร้างเดียวกัน ใช้บอกระดับได้เป็นจุดๆ

ตัววัดแบบแยก (2 elementsensor) เป็นแบบที่สร้างขึ้นใช้ในยุคแรก ๆ ตัวรับและตัวส่งติดตั้งอยู่คนละด้าน ตัวรับจะได้รับสัญญาณตลอดเวลา ถ้าระดับของสารในภาชนะยังไม่สูงจนกั้นขวางสัญญาณอุลตราโซนิคไว้ตัววัดแบบนี้ใช้งานได้ดีถ้า ของภาชนะไม่ใหญ่เกินไปนักต่อมาตัววัดแบบแยกได้รับการพัฒนาให้ติดตั้งได้ง่ายขึ้น โดยให้อยู่บนแกนเดียวกัน ระยะทางระหว่างตัวรับและตัวส่งจะคงที่ประมาณ 10 เซนติเมตร ระยะของภาชนะไม่ต้องคำนึงถึง เพราะส่วนที่ติดตั้งออกแบบไว้เป็นพิเศษ ด้วยการออกแบบใหม่นี้ทำให้ตัวส่งสัญญาณที่มีความเข้มน้อยกว่าแบบแรกมาก ตัวรับ/ตัวส่ง แบบนี้เหมาะสำหรับงานที่มีความหนา หนืด และของเหลวที่เป็นฟอง (foamy liquids) หรือของเหลวที่มีอุณหภูมิสูง แบบตัวรับ/ตัวส่ง อยู่ในโครงสร้างเดียวกัน (single sensor element) เพื่อการใช้งานสะดวกยิ่งขึ้นได้มีการออกแบบให้ ตัวรับ/ตัวส่งอยู่ในโครงสร้างเดียวกันทำให้สะดวกต่อการติดตั้งในช่วงกลางของตัววัดถูกบากเป็นช่อง ตัวรับและตัวส่งจะถูกติดตั้งอยู่คนละด้านของช่องบากเมื่อของเหลวสูงขึ้นจนท่วมช่องบาก ของเหลวจะดูดซึมคลื่นอุตราโซนิคทำให้สัญญาณที่ส่งไปถึงตัวรับลดความเข้มลงไปมากจนบอกระดับความแตกต่างได้

แต่ในปัจจุบันเครื่องมือวัดแบบอุตราโซนิคที่ได้การออกแบบพิเศษ ที่ไม่ต้องเจาะภาชนะเวลาติดตั้งแม้ว่าภาชนะนั้นจะหนามีโครงสร้างตามรูป ตัวรับจะได้รับสัญญาณเมื่อระดับของเหลวสูงถึงระดับตัววัดถ้าเป็นอากาศ สัญญาณจะไม่สะท้อนกลับมาหาตัวรับ ตัววัดแบบนี้สามารถติดตั้งระบบที่มีอยู่เดิมได้เพราะเจาะโครงเมื่อติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 16.3 แสดงเครื่องมือวัดระดับแบบอัลตราโซนิคที่ไม่ต้องเจาะโครง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 17
การวัดระดับโดยวิธีการวัดการแผ่รังสี

17.1 การวัดระดับโดยวิธีการแผ่รังสีของสารกัมมันตภาพ

วิธีการวัดระดับใช้สารกัมมันตภาพเริ่มมีใช้ ครั้งแรกประมาณปี ค.ศ.1950 สำหรับ ใช้วัดระดับในงานที่มีปัญหา ซึ่ง วิธีการวัดแบบมาตราฐานที่กล่าวมาแล้วไม่สามารถวัดได้เช่น ตัววัดต้องสัมผัสสารที่เหนียว กัดกร่อน ขัดสี มีอุณหภูมิสูง มีความดันสูง มีไอกรด มีความชื้นสูง อันจะมีผลกระทบกระเทือนต่อการทำงานของตัววัดระดับหรือทำให้มีอายุการใช้งานสั้นลง

หลักการของเครื่องวัดระดับแบบวิธีการแผ่รังสี ใช้สารกัมมันตภาพเช่น เรเดียม ซีเซียม137 หรือโคบอลท์ 60 ซึ่งธรรมชาติจะแผ่รังสีหลายย่านความถี่ออกมาตลอดเวลา เช่น แอลฟ่า เบตา และแกมมา รังสีที่ใช้ในงานวัดระดับคือ แกมมา เพราะรังสีแอลฟาโดยธรรมชาติของมันจะไม่เจาะผ่าน (nonpenetrating) เข้าไปในเนื้อสาร ดังนั้นรังสีแอลฟาจึงไม่พบที่ประยุกต์ใช้กับงานด้านเครื่องมือวัดในงานอุตสาหกรรม รังสีเบตาสามารถเจาะผ่านเข้าไปในเนื้อสารต่างๆได้บ้างส่วนใหญ่จะพบใช้งานในการวัดวัสดุที่มีผิวงาน ไม่หนานัก รังสีแกมมาให้พลังงานในการแผ่รังสีสูงสามารถเจาะผ่านเข้าไปในเนื้อสาร ได้ดีมีที่ใช้งาน ในด้านเครื่องมือวัดหลายประเภท เช่น งานวัดความหนาแน่น วัดน้ำหนัก

หน่วยวัดความเข้มของการแผ่รังสีวัดเป็น "คูรี" (1 คูรีมีค่า 3.7x1010 disintegration ต่อวินาที) แต่คูรีเป็นหน่วยใหญ่ หน่วยที่ใช้ในทางปฏิบัติจึงวัดเป็น "มิลลิคูรี" (10-3 คูรี) สารที่ให้รังสี (radioactivematerial) ที่ใช้โดยทั่วไปมีอยู่ 3 ชนิด คือ

1. เรเดียมเป็นสารที่มีราคาแพงแต่ให้อายุการใช้งานนานที่สุด โดยให้อายุการใช้งานที่ halflife (หมายถึงช่วงเวลาที่เรเดียมลดความเข้มเหลือเพียงครึ่งหนึ่ง ของความเข้มในตอนเริ่มใช้งาน) ซึ่งเป็นระยะเวลาประมาณ 1400 ปี เรเดียมเป็นสารที่ให้พลังงานการแผ่รังสีน้อยเมื่อเทียบกับซีเซียม 137 และโคบอลท์ 60 ถ้าต้องการให้ได้ความเข้มของรังสี 1 คูรี จะต้องใช้เรเดียมถึง 1000 มิลลิกรัม
2. ซีเซียม 137 ให้ความเข้มของพลังงานการแผ่รังสีปานกลาง โดยซีเซียม 137 เพียง 11.5 มิลลิกรัมจะให้ความเข้ม 1 คูรีอายุการใช้งาน ที่ halflife ของซีเซียม 137 ประมาณ 33 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. โคบอลท์ 60 ให้ความเข้มของพลังงานการแผ่รังสีมากกว่าสองแบบแรก โดยโคบอลท์ 60 เพียง 0.88 มิลลิกรัมจะให้ความเข้ม 1 คูรีอายุการใช้งาน ที่ halflife ของโคบอลท์ 60 ประมาณ 50 ปีเท่านั้น

รังสีแกมมา เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่มีความถี่สูง และมีความยาวคลื่นสั้นมากหน่วยวัดความเข้ม ในอากาศอีกหน่วยหนึ่ง จะวัดเป็น milliroentgen ในทางอุตสาหกรรมหน่วยการวัดความเข้มจะระบุเป็น milliroentgen ต่อชั่วโมง โดยใช้สูตรการคำนวณดังนี้

$$D = 100\ KMc/d^2$$

เมื่อ D คือ ความเข้มของการแผ่รังสีหน่วยเป็น MR/HR

Mc คือ ค่ามิลลิคูรีจากตัวส่ง

d คือ ระยะทางจากตัวส่งถึงตัวรับ

K คือ ค่าคงที่สำหรับ เรเดียม มีค่า 1.3

ซีเซียม 137 มีค่า 0.6

โคบอลท์ 60 มีค่า 2.0

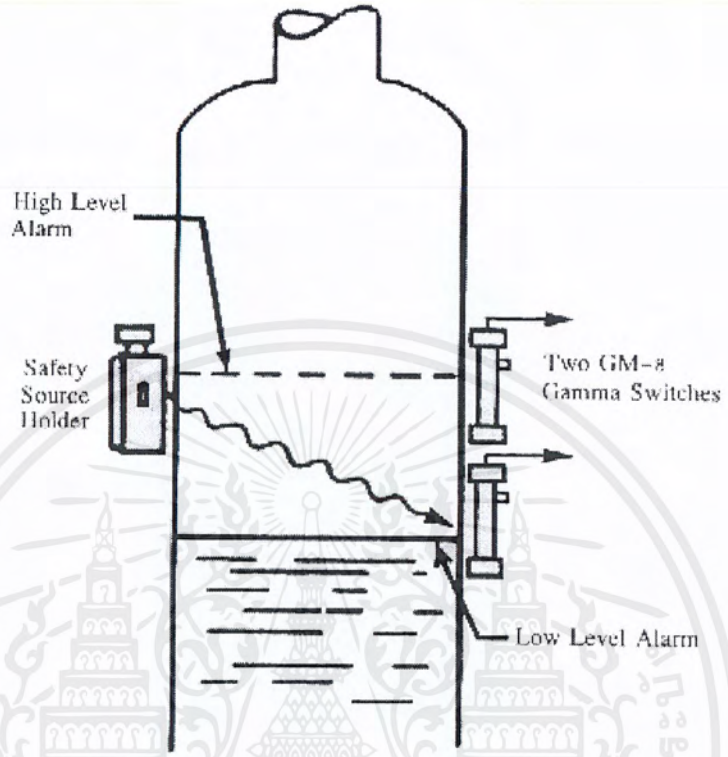
โลหะที่ความเข้มของรังสีลดลงอย่างรวดเร็วคือ ตะกั่ว (lead) ด้วยความหนาเพียง 2 นิ้วเศษ ความเข้มของรังสีจะลดลงหมดจนไม่มีเหลือผ่านออกมาเลย ดังนี้ ตะกั่วจึงเป็นโลหะที่ใช้ทำภาชนะสำหรับเก็บสารกัมมันตภาพได้ดีความเข้มข้นของรังสีที่เท่ากัน สารที่มีความถ่วงจำเพาะมากกว่าจะดูดซึมพลังงานไปได้มากกว่า

17.1.1 แบบการวัดระดับเป็นจุด

เมื่อต้องการทราบระดับเป็นจุดที่มีความสำคัญต่อการทำงานของระบบ ขณะที่ระดับของสารในภาชนะสูงกว่าระดับตัวรับ ทำให้พลังงานของการแผ่รังสี น้อยลงมากไม่เพียงพอที่จะรับไปขยายและชี้บอกระดับ การพิจารณาเลือกใช้จะต้องพิจารณาองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น ปริมาณของสารกัมมันตภาพ ขนาดของถังระยะทางระหว่างตัวรับและตัวส่ง

สารกัมมันตภาพถูกบรรจุอยู่ในกล่องซึ่งถูก shield ไว้อย่างปลอดภัย มี shutter mechanism เปิดขณะใช้งานเท่านั้นเพื่อป้องกันสารกัมมันตภาพสกปรกขณะขนส่งติดตั้งและบำรุงรักษา ตัวรับซึ่งโดยทั่วๆไปใช้ Geiger Mueller tube เป็นตัวรับสัญญาณไฟฟ้าเป็นห้วง ๆ (impulse) หลังจากนั้นจึงส่งต่อไปให้ภาคขยายแบบอิเล็คทรอนิกส์เปลี่ยนรูปเป็นสัญญาณไฟตรงนำไปชี้บอกระดับต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



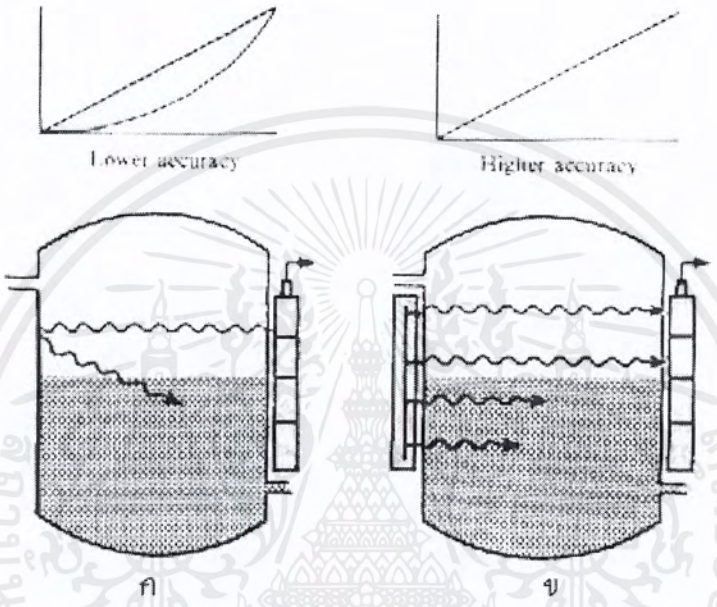
รูปที่ 17.1 แสดงการวัดระดับเป็นจุด โดยกำหนดระดับที่ตัวรับเป็นระดับสูงและระดับต่ำ

17.1.2 การวัดแบบต่อเนื่อง

หลักการวัดเหมือนกับแบบการวัดเป็นจุด แต่มีวิธีการสลับซับซ้อนกว่า ตัวส่งรังสีแกมมาที่มีตัวเดียวตามรูปที่ 17.2 ก และตัวรับเป็นแถบยาวตามแนวความสูงของภาชนะ วิธีการแบบนี้จะให้ช่วงระดับของการวัดแคบ เพราะเมื่อขยายช่วงการวัดขึ้นไป ผลที่ได้จะไม่เป็นเชิงเส้น (linear) เนื่องจากจุดที่ได้รับพลังงานการแผ่รังสี จะมากเฉพาะจุดที่อยู่ตรงข้าม กับตัวส่งเท่านั้น แต่ในจุดที่สูงกว่าและต่ำกว่าระดับ ที่ติดตั้งตัวส่งสัญญาณที่ได้รับจะลดลง แต่ในแบบที่ตัวส่งเป็นแถบยาวขนานกับตัวรับในด้านตรงข้าม ตามรูปที่ 17.2 ข จะให้ความเข้มของพลังงานการแผ่รังสีสม่ำเสมอ ดังนั้นผลการวัดตลอดช่วง (span) จะเป็นเชิงเส้น (linear) เพื่อให้ผลการวัดถูกต้องและให้ความไวในการวัดดียิ่งขึ้น ได้มีผู้ประดิษฐ์ตัววัด (cell) รังสีแบบอิเล็กทรอนิกส์ขึ้น ลักษณะเป็นหลอดจะปล่อยกระแสออกมา เมื่อมีรังสีแกมมามาตกกระทบ โดยภายในหลอดจะเกิดการแตกตัว ของอิออน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ionization) ของก๊าซที่เติมอยู่ภายในปริมาณกระแสจะเปลี่ยนไป ตามความเข้มของรังสีที่ตกกระทบตัววัด (cell) ตัววัดรังสีแบบอิเล็กทรอนิกส์นี้ให้ผลการวัดถูกต้องและรวดเร็ว

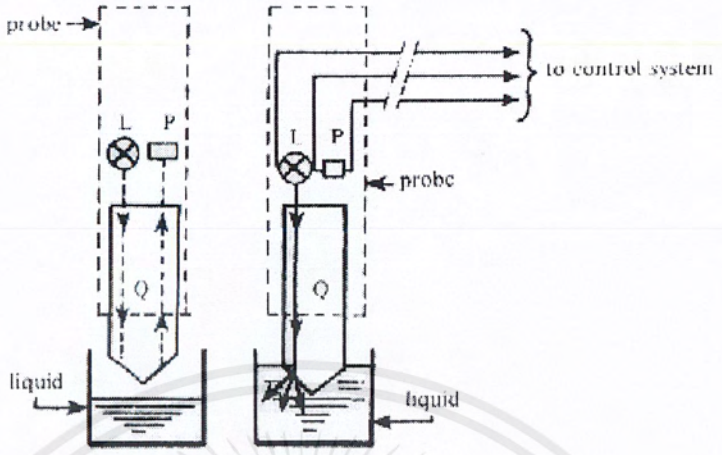


รูปที่ 17.2 แสดงการวัดระดับแบบต่อเนื่อง

17.2 การวัดระดับโดยใช้คลื่นอินฟาเรด

เป็นการประยุกต์หลักการดูดซึมและหักเหของคลื่นแสงอินฟาเรด ในตัวกลางที่เป็นน้ำและอากาศแตกต่างกัน มาใช้ในงานอุตสาหกรรมการวัดระดับตามรูป 17.3 เมื่อแสงจากไดโอดเปล่งแสง (L) ส่องผ่านแท่งผลึกควอทซ์ (Q) ซึ่งปลายเป็นมุมแหลม เพื่อหักเหแสงอินฟาเรด ในกรณีที่ควอทซ์ลอยอยู่ในอากาศ เพื่อให้เกิดแสงสะท้อนกลับมายังโฟโต้ไดโอด (P) สัญญาณที่ตรวจจับได้นี้แสดงว่าระดับน้ำยังต่ำกว่าจุดติดตั้งตัววัดอันนี้ แต่ถ้าระดับน้ำขึ้นสูงถึงตัววัดคลื่นแสงอินฟาเรดจะถูกหักเหให้ กระจัดกระจายไปในของเหลวไม่สะท้อนกลับมายังโฟโต้ไดโอด จึงทำให้โฟโต้ไดโอดไม่ทำงาน หลักการวัดแบบนี้ใช้วัดได้เป็นจุด ๆ การวัดระดับด้วยการวัดคลื่นแสงอินฟาเรดนี้สามารถที่จะประยุกต์ใช้งานได้อย่างกว้าง เช่น การวัดระดับของน้ำในถัง ถังบรรจุสารเคมี การวัดจะให้ความแน่นอน (reliability) สูงโดยไม่ขึ้นอยู่กับ ความหนาแน่น ความนำไฟฟ้าของของเหลวนั้น แต่ก็ใช้บอกระดับได้เป็นจุดเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 17.3 แสดงการทำงานของตัววัดที่ใช้หลักการอินฟาเรด ไดโอดเปล่งแสง โฟโตไดโอด แท่งผลึกควอตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 18
การวัดระดับโดยใช้สวิตซ์ระดับ

18.1 สวิทช์ระดับ

สวิทช์ระดับถูกออกแบบไว้เฉพาะบอกระดับที่จุดหนึ่งจุดใดของภาชนะ เพื่อใช้ในการควบคุมหรือส่งสัญญาณเตือน ลักษณะเหมือนกับแบบวัดระดับเป็นจุด แต่สวิทช์ระดับจะมีสวิทช์ทางด้านเอาท์พุทพร้อมที่จะต่อใช้งานได้ทันที ระดับที่ต้องการให้สวิทช์ทำงานสามารถปรับค่าได้ ในของเหลวส่วนใหญ่จะใช้ลูกลอยเป็นตัวรับรู้ การเปลี่ยนแปลงของระดับ แต่ในสารที่เป็นผง เช่น ผงถ่าน ขี้เถ้า หรือ เมล็ดพืช นิยมใช้ไดอะแฟรมและใบพัดหมุนเป็นตัวตรวจวัดระดับ

18.1.1 สวิทช์ระดับแบบลูกลอย

สวิทช์ระดับแบบที่ใช้ลูกลอยกับแท่งแม่เหล็กถาวรเป็นแบบหนึ่ง เปลี่ยนระดับขึ้นลงตามน้ำของเหลว ที่ตัวลูกลอยมีแกนติดอยู่ ดังนั้นแกนนี้จะเคลื่อนตัวขึ้นลงในระดับแนวดิ่งไปตามระดับน้ำด้วย ปลายด้านบนของแกนมีแท่งแม่เหล็กถาวรติดอยู่ สวิทช์แม่เหล็กถูกติดตั้งไว้ภายนอกเมื่อระดับของเหลวสูงขึ้น จนแม่เหล็กถาวรยิ่งติดกับแกนสูงขึ้น จนอยู่ในระดับเดียวกับสวิทช์แม่เหล็กถาวรด้านนอก มันจะถูกดูดให้เข้าใกล้กันมากขึ้น ทำให้สวิทช์ปรอทต่อเชื่อมกัน เมื่อระดับของลูกลอยต่ำลง แรงแม่เหล็กที่ดูดกันของแท่งแม่เหล็ก และสวิทช์แม่เหล็กน้อยลง สปริงจะดึงรั้งสวิทช์ทำให้สวิทช์ปรอท ตัดวงจรออก

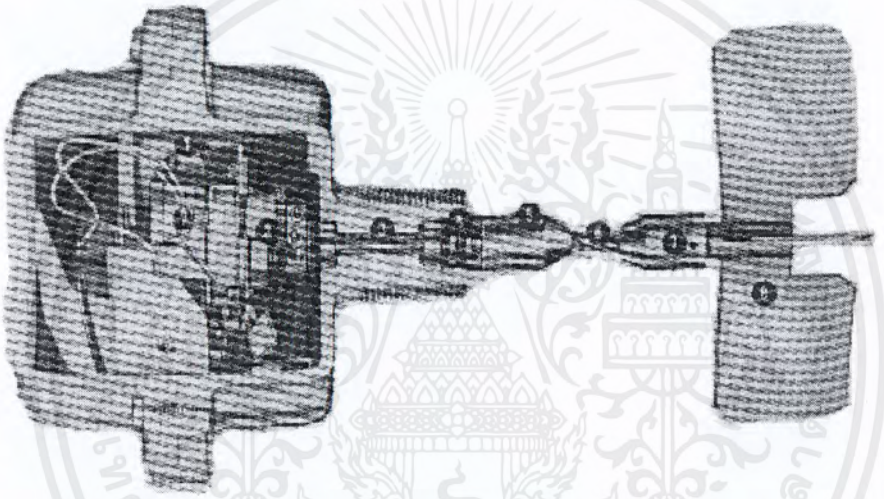
ข้อดีของการใช้สวิทช์แม่เหล็ก คือ สวิทช์แม่เหล็กและตัวลูกลอยจะแยกกันอยู่อันตรายอันอาจจะเกิดจากไฟรั่วที่ตัวสวิทช์จะไม่เกิดขึ้นแต่ไม่เหมาะกับของเหลวที่มีอุณหภูมิสูงกว่าบรรยากาศมาก เพราะจะทำให้แม่เหล็กที่ใช้เสื่อมคุณภาพในเวลาอันสั้น

ข้อดีของลูกลอยอีกอย่างหนึ่ง คือ ในแกนของลูกลอยอันเดียวกัน สามารถติดตั้งสวิทช์แม่เหล็กมากกว่า 1 ชุดสามารถสร้างสัญญาณระดับมากกว่า 1จุด จึงเหมาะสำหรับใช้ควบคุมระดับของของเหลวในภาชนะ ให้อยู่ในย่านที่เหมาะสมได้ เช่น ใช้ควบคุมมอเตอร์ที่ปั๊มน้ำเข้าถังพัก สวิทช์ระดับตัวบนใช้ตัดมอเตอร์ของปั๊ม เมื่อระดับของน้ำถึงจุดบนที่กำหนด และสวิทช์ระดับตัวล่างใช้ต่อมอเตอร์ของปั๊มให้ทำงานอีกครั้ง เมื่อระดับน้ำต่ำกว่าระดับล่างที่กำหนด หรืออาจต่อเข้าตัวส่งสัญญาณเตือน เมื่อระดับน้ำสูงหรือต่ำกว่าขีดที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18.1.2 แบบใบพัดหมุน

หลักการใบพัดหมุน เหมาะสำหรับใช้กับสวิทช์ระดับ ของสารที่เป็นแบบฝุ่นผง ใบพัดจะถูกขับโดยมอเตอร์ขนาดเล็กประมาณ 1/100 แรงม้า และทดรอบลงมาเหลือ 9 รอบต่อนาที ใบพัดจะถูกขับให้หมุนอยู่ตลอดเวลา ถ้าระดับของสารยังขึ้นไม่ถึงตัวใบพัด เมื่อระดับของสารสูงจนท่วมตัวใบพัด ทำให้ใบพัดไม่สามารถหมุนได้ต่อไป แต่มอเตอร์ยังขับแกนของใบพัดอยู่ ดังนั้นทำให้ Torsion สปริงเกิดแรงบิด และเคลื่อนตัวไปตัดสวิทช์ เมื่อระดับของสารลดลงจนใบพัดเป็นอิสระอีกครั้ง Torsion สปริงถูกดึงตัวกลับ สวิทช์จะต่อไปเข้ามอเตอร์อีกครั้งทำให้ใบพัดหมุนไปอีกครั้ง



รูปที่ 18.1 แสดงสวิทช์ระดับแบบใบพัดหมุน

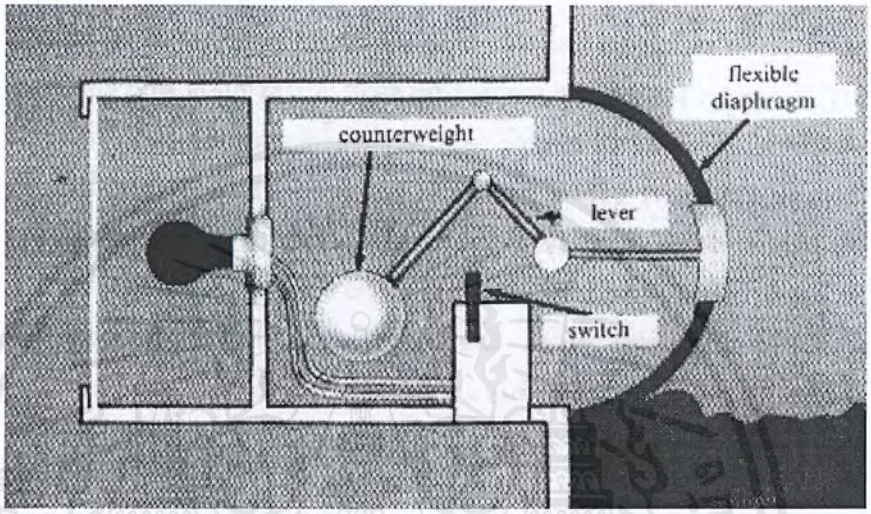
ข้อควรระวัง คือ จุดที่ติดตั้งใบพัดหมุน จะต้องไม่ใช่จุดที่สารที่ต้องการวัดระดับตกลงไปใส่ใบพัดโดยตรง เพราะจะทำให้ใบพัดเสียหายได้ อุณหภูมิที่ใช้จะต้องต่ำกว่า 185 $^{\circ}$F และภาชนะนั้นไม่ควรมีความดันสูงกว่าบรรยากาศ การติดตั้งควรติดตั้งจากด้านบนห้อยลงมา หรือด้านข้างของภาชนะ ก็ได้ ถ้าจุดที่ติดตั้งเป็นพื้นที่อันตรายที่อาจเกิดการระเบิด หรือลุกติดไฟได้ควรเลือกใช้ชนิดที่ออกแบบสำหรับลักษณะงานแบบนี้ โดยเฉพาะที่เรียกว่าแบบ Explosion Proof

18.1.3 แบบไดอะแฟรม

อาศัยหลักการยืด - หดตัวของไดอะแฟรม สามารถใช้สร้างสวิทช์ระดับ ของสารที่เป็นผงฝุ่น ในภาชนะได้โดยตรงตามรูปที่ 18.2 เมื่อระดับของสารที่ต้องการวัดระดับ สูงจนถึงตัวไดอะแฟรมจะถูกบีบตัว ทำให้คานที่ติดกับตัวไดอะแฟรมดันสวิทช์ให้ต่อวงจร ตามรูปเมื่อระดับสูงจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ท่วมไดอะแฟรม หลอดที่แสดงระดับจะติดสว่างขึ้น แต่เมื่อระดับของสารต่ำลงกว่าไดอะแฟรม น้ำหนักถ่วงจะตกลงดันไดอะแฟรม ให้กลับไปอยู่ในสภาพเดิม การใช้งานของสวิทช์ระดับแบบไดอะแฟรม จะต้องใช้กับถังสูงที่มีอุณหภูมิไม่สูงกว่า 185 $^{\circ}$F และความดันไม่สูงกว่าบรรยากาศ สารที่ใช้ควรเป็นแบบที่มีการใช้ตลอด คือ มีทั้งการเติมเข้าและนำออกมาใช้งานตลอดเวลา



รูปที่ 18.2 แสดงสวิทช์ระดับแบบไดอะแฟรม

18.1.4 สวิทช์ระดับแบบความนำไฟฟ้า

สวิทช์ระดับแบบง่าย ๆ และเป็นที่นิยมกันมากแบบหนึ่ง คือ แบบที่ใช้ความนำไฟฟ้าของของเหลวที่ต้องการวัดระดับ เป็นตัวทำให้ไฟฟ้าครบวงจรเหมาะสำหรับของเหลว ที่มีค่าความนำไฟฟ้าสูง เช่น น้ำประปา, น้ำที่มีส่วนผสมของกรด ด่าง เกลือ วิธีการวัดใช้แท่งตัวนำซึ่งหุ้มฉนวนไฟฟ้าที่จุดยึด เพื่อติดตั้งอยู่บนเกาะของภาชนะ วงจรไฟฟ้าที่ให้เป็นแบบง่าย คือ สายหนึ่งต่อไว้กับภาชนะที่เป็นโลหะ ทำให้ศักยะของสายเส้นนี้ ต่อผ่านเข้าไปถึงของเหลวที่บรรจุอยู่ในภาชนะที่มีค่าความนำไฟฟ้าสูง อีกสายหนึ่งต่อเข้ากับแท่งตัวนำที่มีระยะห่างจากด้านล่างของภาชนะเท่ากับระดับที่ต้องการให้สวิทช์ทำงานบอกระดับ เมื่อระดับของของเหลวสูงจนสัมผัสกับแท่งตัวนำ จะทำให้ครบวงจรไฟฟ้าจะไหลจากภาชนะผ่านของเหลวไปครบวงจรกับแท่งตัวนำ อาจนำไปจุดไส้หลอดหรือทำให้รีเลย์ทำงานเพื่อบอกระดับได้ ข้อควรระวัง คือ แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ใช้จะต้องต่ำกว่า 45 โวลท์ ซึ่งเป็นระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 4 อัตราการไหลและเครื่องมือวัดอัตราการไหล

บทที่ 19
ตัวแปรพื้นฐานที่มีผลต่อการวัด อัตราการไหล ที่ควรทราบ

คุณสมบัติทางกายภาพพื้นฐานของของไหลแต่ละชนิดที่ควรทราบ เพื่อใช้เป็นตัวพิจารณาเลือกใช้เครื่องมือวัดที่เหมาะสม เช่น ค่าความหนืด (Viscosity), ค่าความหนาแน่น (Density), การลดปริมาตรลงเมื่อความดันเพิ่มขึ้น (Compressibility), ความดัน, อุณหภูมิ, ค่า Reynolds number ฯลฯ ซึ่งค่าเหล่านี้จะมีความสัมพันธ์กัน

19.1 อุณหภูมิ (Temperature)

ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะทำให้ตัวแปรอื่น ๆ อีกหลายตัว เช่น ค่าความหนืด, ค่าความหนาแน่น, Compressibility เปลี่ยนแปลงค่าตามไปด้วย ในการวัด Fluid ที่เป็นของเหลว เนื่องจากอุณหภูมิในช่วงไหลผ่านตัววัดมีค่าเปลี่ยนแปลงน้อย ดังนั้น จึงประมาณว่ามีค่าคงที่ แต่ใน Fluid ที่เป็นก๊าซหรือเป็นไอจะต้องวัดอุณหภูมิและนำมาเป็นตัวแก้ไขค่าของ Flow ด้วย ในการวัดค่าแบบปริมาตร (Volumetric Flow) ค่าอุณหภูมิพื้นฐาน (Temperature Base) มีค่า 60 $^{\circ}$F ค่า Flow ในระบบที่มีอุณหภูมิต่าง ๆ จะต้องเทียบมาที่อุณหภูมิพื้นฐานนี้ เพื่อสะดวกในการเปรียบเทียบและค่าที่บอกเป็นที่เข้าใจกันโดยทั่วไป

19.2 ความดัน (Pressure)

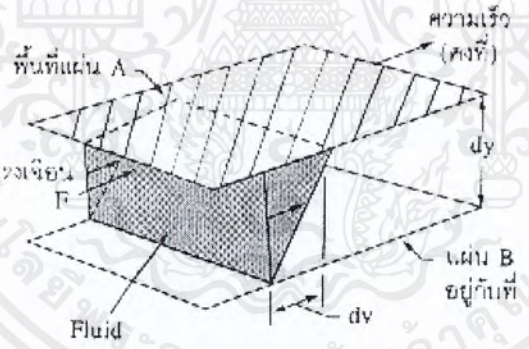
การเปลี่ยนแปลงค่าของความดัน ในของเหลว จะมีผลต่อตัวแปรอื่น ๆ น้อยกว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ค่าความดันพื้นฐาน (Pressure Base มีค่า 14.696 Psia สำหรับการวัดแบบกำหนดเป็นปริมาตร เช่น ค่า Air Flow กำหนดไว้ 15 SCFM (Standard Cubic Feet per Minute) หมายความว่าค่า Air Flow ขณะนั้นมีค่าเท่ากับ 15 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีที่อุณหภูมิ 60 $^{\circ}$F และความดัน 14.696 Psia แม้ว่าอุณหภูมิและความดันจะไม่เท่ากับ 60 $^{\circ}$F และ 14.696 Psia ต้องเทียบค่าปริมาตรมาบอกที่ความดันพื้นฐานและอุณหภูมิพื้นฐาน เพื่อให้สะดวกต่อความเข้าใจ โดยยึดการบอกค่าที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19.3 ความหนืด (Viscosity)

ความหนืด คือ คุณสมบัติต่อต้านการไหลของสาร ในสมัยก่อน การกำหนดค่าความหนืดได้จากเครื่องมือที่รักษาระดับความสูงและอุณหภูมิของของเหลว และให้ของเหลวไหลหยดออกมาจากช่องแคบ ๆ (Orifice) หรือท่อแคพพิลลารีให้ได้ปริมาตรที่กำหนด เช่น SSU กำหนด 60 cm^3, แบบ Redwood กำหนดไว้ 50 cm^3 และนับจำนวนวินา ทีตั้งแต่เริ่มจนถึงปริมาตร ที่กำหนดเป็นค่าความหนืด แต่ค่าความหนืดที่บอกนี้เหมาะสำหรับการเปรียบเทียบกันมากกว่า และใช้วัดค่าได้ต่ำสุดที่ 32 คือค่าความหนืดของน้ำเท่านั้น ต่ำกว่านั้นกำหนดไม่ได้ จึงเหมาะสำหรับการเปรียบเทียบความหนืดในวงการอุตสาหกรรมน้ำมัน ต่อมาเมื่อวิทยาศาสตร์เจริญก้าวหน้ามากขึ้น ค่าความหนืดของสารอื่น ๆ ที่เป็นก๊าซจำเป็นต้องกำหนดขึ้น จึงมีผู้คิดค้นหาหน่วยที่เป็นวิทยาศาสตร์ สามารถคำนวณร่วมกับตัวแปรตัวอื่น ๆ ได้ โดยกำหนดนิยามขึ้นดังนี้

$$\text{ความหนืด} = \frac{\text{ShearStress}}{\text{VelocityGrandient}}$$



รูปที่ 19.1 แสดงที่มาของหน่วยความหนืดสัมบูรณ์

จากรูปที่ 19.1 เป็นการแสดงให้เห็นถึงที่มาของหน่วยความหนืดแบบสัมบูรณ์ ระหว่างแผ่นทั้งสองฉาบไว้ด้วย Fluid ต่าง ๆ กัน เช่น น้ำ, น้ำมัน เมื่อป้อนแรงเฉือน F ที่เท่ากัน จะทำให้แผ่นทั้งสองแยกต่างกันด้วยความเร็วต่าง ๆ กันถ้ามีความเร็วมากกว่าจะมีค่าความหนืดน้อยกว่า แต่ในความเป็นจริงจะเกิดขึ้นในระหว่างชั้นต่าง ๆ ของ Fluid ในขณะที่มันไหลค่าความหนืดที่ได้นี้จะเป็นแบบสัมบูรณ์ การบอกค่าความหนืดที่นิยมอีกแบบหนึ่ง คือ แบบไคเนแมติก (Kinematic Viscosity)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ค่าความหนืดไคเนเมติก} = \frac{\text{ค่าความหนืดสัมบูรณ์}}{\text{ค่าความหนาแน่นของของไหล}}$$

$$\upsilon = \frac{\eta}{\rho}$$

เมื่อ υ คือค่าความหนืดไคเนแมติก และ ρ คือค่าความหนาแน่น

การเปลี่ยนแปลงของค่าความหนืดใน Fluid ที่เป็นของเหลว และก๊าซต่ออุณหภูมิจะมีทิศทางตรงกันข้ามกล่าว คือใ นของเหลวเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าความหนืดจะต่ำลงแต่ในก๊าซถ้าอุณหภูมิสูงขึ้น ค่าความหนืดจะเพิ่มขึ้นด้วย

19.4 Reynolds number

ตั้งชื่อตามนักวิจัยยุคแรก คือ Osborne Reynolds ผู้ค้นพบปรากฏการณ์ของของไหล โดย Reynolds พบว่าตัวดัชนีชี้บอกการไหลขึ้นอยู่กับความเร็วในการไหล ความหนืด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ และความหนาแน่นของ Fluid

ถ้ากำหนดให้

ρ	คือ	ค่าความหนาแน่นของ Fluid
V	คือ	ความเร็วในการไหล
d	คือ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ
η	คือ	ค่าความหนืดของ Fluid

และ R_D คือ ค่า Reynolds number

จะได้

$$R_D = \frac{V.d.\rho}{\eta}$$

R_D เป็นค่าดัชนีไม่มีหน่วย (Dimensionless) การใช้งานดัชนี R_D นี้จะแบ่งรูปแบบของ Flow เป็น 2 แบบ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

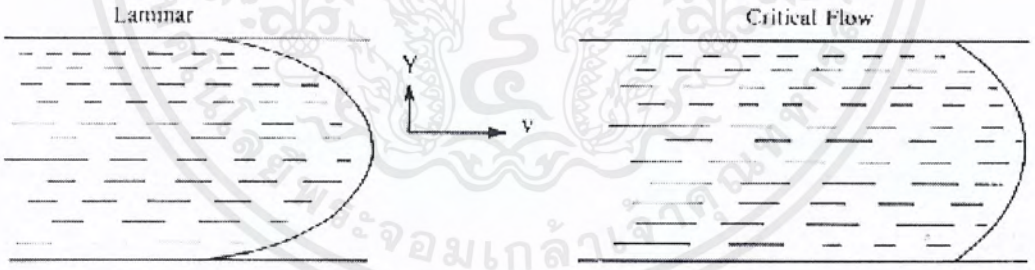
19.4.1 Laminar Flow

ลักษณะการไหลจะเป็นไปอย่างราบเรียบ ชั้นของ Fluid จะขนานกันไปตลอด การไหลในลักษณะนี้เกิดจาก Fluid นั้นมีความเหนียวข้นมาก เช่น กลีเซอรีน น้ำมันเตา อณูของสารเหล่านี้จับตัวกันแน่นหรืออัตราการไหลมีค่าต่ำมาก ๆ

ในงานวัด Flow โดยทั่ว ๆ ไป ส่วนใหญ่จะไม่พบการไหลแบบ Laminar นี้ ข้อดีของ Laminar คือ ให้ Rangeability ดีกว่าแบบ Turbulent มาก ในเครื่องวัด Flow แบบ Turbulent ค่าอัตราการไหล Flow จะแปรผันกับความดันดิฟเฟอเรนเชียลกำลังสอง ซึ่งจะให้ Rangeability ประมาณ 5 : 1 เป็นอย่างสูง แต่ในการไหลแบบ Laminar ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Flow กับความดันดิฟเฟอเรนเชียลจะเป็นไปในแบบเชิงเส้น (Linear) ทำให้ได้ค่า Rangeability ได้ถึง 100 : 1 และให้ความถูกต้องดีตลอดย่า ผิดกับแบบ Turbulent ที่ให้ความถูกต้องดีเฉพาะค่าสูง ๆ แต่ย่านต่ำ ๆ จะมีค่าผิดพลาดสูง

การแบ่งย่าน Laminar Flow กับ Turbulent Flow จะพิจารณาที่ค่า Reynolds number ถ้าค่า R_D จาก 0 ถึง 2000 เป็นย่าน Laminar

แต่ในช่วง RD 2000 ถึง 4000 จะเป็นย่านวิกฤต (Critical Zone) ซึ่งมีการไหลทั้งสองแบบผสมกัน

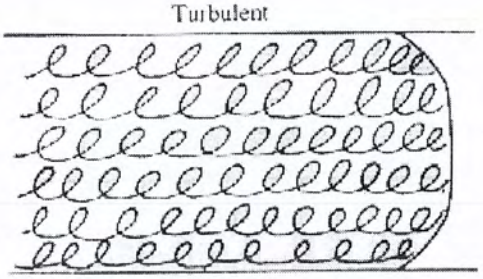


รูปที่ 19.2 แสดงการไหลแบบ Laminar flow

19.4.2 Turbulent Flow

การไหลส่วนใหญ่จะเป็นแบบ Turbulent แทบทั้งสิ้น ลักษณะการไหลจะเป็นไปอย่างไม่มีระเบียบ ไม่มีชั้นที่แน่นอน การไหลในลักษณะเป็นไปอยู่ในท่อ ซึ่งเราไม่สามารถเห็นได้ จะต้องพิจารณาที่ค่า Reynolds number R_D ถ้าค่า R_D มากกว่า 4000 ขึ้นไป การไหลจะเป็นแบบ Turbulent

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 19.3 แสดงการไหลแบบ Turbulent Flow

งานวิศวกรรมระบบท่อ วิศวกรผู้ออกแบบจะพิจารณาความเหมาะสม ในแง่เศรษฐศาสตร์ ระหว่างมูลค่าการลงทุน และค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่อง หากเลือกระบบท่อให้มีค่า Reynolds number ต่ำ การลงทุนจะสูง เพราะขนาดท่อจะใหญ่ แต่ค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องจะต่ำ เพราะค่าพลังงานสูญเสียในระบบท่อต่ำ (ค่าไฟฟ้าที่ขับเคลื่อนปั๊มต่ำ) หากเลือกค่า Reynolds สูงจะมีผลตรงกันข้าม

19.5 ความหนาแน่น (Density)

ความหนาแน่น คือ ค่ามวลสารต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร น้ำที่ 0 °C จะมีความดัน 1 บรรยากาศ จะมีค่าความหนาแน่น 999.845 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ความหนาแน่นของของเหลวจะเปลี่ยนค่าตามอุณหภูมิ แต่เกือบจะไม่มีผลเลยเมื่อความดันเปลี่ยนไป (ยกเว้นในช่วงความดันสูงมาก ๆ) โดยปกติจะเรียกของเหลวเป็นสารประเภทอัดตัวไม่ลง (Incompressible) ในสารที่เป็นไอและก๊าซ ความหนาแน่นจะเปลี่ยนตามทั้งค่าความดันและอุณหภูมิ ค่า Flow ส่วนใหญ่แล้วจะวัดเป็นค่าปริมาตร (Volumetric Flow) ดังนั้น ถ้าต้องการทราบมวล (Mass Flow) จะต้องหาค่าความหนาแน่นก่อนจึงสามารถทราบค่ามวลได้

19.6 Compressibility

ของเหลวเมื่อเพิ่มความดัน ปริมาตรของของเหลวนั้นเกือบจะไม่เปลี่ยนแปลงเลย ดังนั้นในการคำนวณจึงถือเป็นค่าคงที่ (ยกเว้นย่านความดันสูง) แต่ในกรณีที่ Fluid เป็นก๊าซหรือไอ ค่า Compressibility นี้ เป็นตัวประกอบที่มีความสำคัญมาก ค่า Compressibility Factor จะถูกนำมาคำนวณด้วยเสมอ มิฉะนั้น ค่าที่ได้จะผิดพลาดมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 20
ออริฟิส เวนจูรี และนอซเซิล

20.1 แผ่นออริฟิส (Orifice Plate)

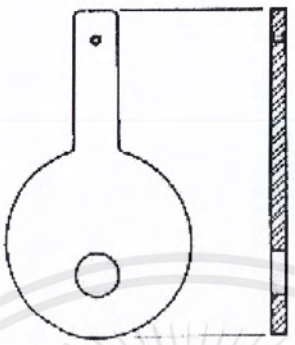
การใช้ออริฟิสวัดอัตราการไหลเป็นที่รู้จักกันมานานแล้ว ตั้งแต่สมัย จูเรียต ซีซาร์ ครองอาณาจักรโรมัน ได้มีการใช้ออริฟิสวัดการใช้น้ำของพลเมืองในต้นคริสต์ศตวรรษที่ 20 Thomas R Weymouth ได้ทำการทดลองใช้ แผ่นออริฟิสแบบที่มีจุดศูนย์กลางร่วม (Concentric) วัด Flow ของก๊าซธรรมชาติ เขาใช้วิธีการ Flange Taps ห่างจากแผ่นออริฟิส 1 นิ้วทั้งสองด้าน ซึ่งวิธีการนี้ ต่อมาได้กลายเป็นแบบที่แพร่หลายที่สุดในวงการอุตสาหกรรมในอเมริกา ตามรูปที่ 20.1 เป็นออริฟิสที่มีใช้ในตอนต้นคริสต์ศตวรรษที่ 20 แผ่นออริฟิสแบบมาตรฐาน ทำด้วยสเตนเลสสตีล มีความหนา 1/8 ถึง 1/2 นิ้ว ขึ้นอยู่กับขนาด ϕ ของท่อส่ง

ออริฟิสที่พบใช้งานอยู่โดยทั่วไป ช่องออริฟิสทางด้าน Fluid ไหลเข้าจะเป็นมุมฉากคม ทางด้านออกจะผายออกประมาณ 45° เพื่อเป็นการลดความเสียดทานลง ให้เหลือเท่าที่จำเป็นสำหรับการวัด

รูปที่ 20.1 แสดงออริฟิสแผ่นบางขอบคม เป็นแบบดั้งเดิมที่มีใช้ตั้งแต่ต้นคริสต์ศตวรรษที่ 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20.1.1 ออริฟิสแบบเยื้องศูนย์ (Eccentric Orifice)

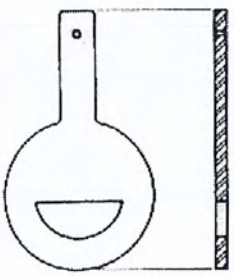


รูปที่ 20.2 แสดงแผ่นออริฟิสแบบเยื้องศูนย์เพื่อช่วยลดปัญหาในการวัด Flow ของ Fluid ที่มีสารแขวนลอย

ช่องออริฟิสเป็น รูปกลม แต่จุดศูนย์กลางของรูจะอยู่ค่อนมาทางด้านล่างของแผ่น ของช่องออริฟิสประมาณ 98 % ของขนาด ϕ ในของท่อ ข้อมูลอย่างอื่นในการออกแบบ เช่น ความหนา ความคม ความเรียบ เหมือนกับแบบแรก สาเหตุที่ต้องเจาะช่องออริฟิสเยื้องลงมาด้านล่าง ก็เพื่อแก้ปัญหาของ Fluid บางอย่าง เช่น Fluid ที่มีสารแขวนลอย น้ำมันที่มีน้ำผสมอยู่ หรือไอน้ำชื้น (Wet Steam) อย่างไรก็ดี ผลการวัดของออริฟิสแบบนี้ อาจให้ค่าผิดพลาดมากกว่าแบบแรกถึง 5 เท่า

20.1.2 ออริฟิสแบบเซ็คเมนต์ (Segmental Orifice)

ออริฟิสแบบนี้ใช้งานกับ Fluid ที่มีปัญหาแบบเดียวกับแบบเยื้องศูนย์ โดยช่องออริฟิสจะเจาะเป็นส่วนของวงกลม (Segment) ช่องออริฟิสอาจถูกติดตั้งอยู่ด้านบนหรือด้านล่างก็ได้ แต่โดยทั่วไปจะอยู่ทางด้านล่าง ดังรูปที่ 20.3

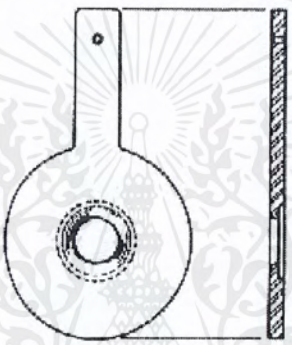


รูปที่ 20.3 แสดงออริฟิสแบบเซ็คเมนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20.1.3 ออริฟิสแบบผายปากเป็นรูปโค้ง (Quadrant Edge Orifice)

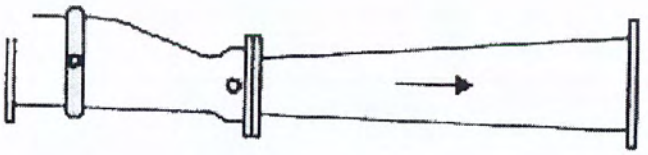
ช่องออริฟิสเป็นแบบจุดศูนย์กลางร่วมกับท่อ แต่การผายช่องออริฟิสมิได้ตรงและ ทำมุม 45° กับระนาบของแผ่นแต่จะมนโค้งเป็น 1/4 ของวงกลม (Quadrant) ลักษณะการเจาะช่องออริฟิสตามรูปที่ 20.4 ซึ่งผลการเจาะช่องออริฟิสแบบนี้จะทำให้ได้ค่า C_d (Coefficient of Discharge) คงที่ที่ค่า R_D(Reynolds Number) ต่ำ ๆ ประมาณจาก 3,000 ถึง 100,000 การเปลี่ยนแปลงค่า R_D ประมาณ 0.5 % เท่านั้น เหมาะสำหรับใช้กับของเหลวที่มีความหนืดสูง เช่น น้ำมันเตา, น้ำเชื่อม (Syrup) ที่มีค่า R_D ต่ำกว่า 100,000



รูปที่ 20.4 แสดงออริฟิสแบบผายปากเป็นรูปโค้ง

20.2 เวนจูรี

เมื่อค่าความดันที่สูญเสียไปกับตัววัด เป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด ท่อเวนจูรีเป็นตัววัดที่ต้องเลือกใช้ ท่อเวนจูรีมีรูปร่างตามรูปที่ 20.5



รูปที่ 20.5 แสดงท่อเวนจูรี

ทางด้านเข้าจะคอดเข้า (Converging) เพื่อให้ Fluid ไหลด้วยความเร็วเพิ่มขึ้นทำให้ Velocity Head เพิ่มขึ้นและ Pressure Head ลดลง และเมื่อผ่าน Throat ซึ่งที่พื้นที่หน้าตัดคงที่ ช่วงนี้จะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงที่มี Pressure Head ต่ำที่สุด ในช่วงต่อไป ขนาดของท่อจะผายออก (Diverging) จนมีขนาดเท่ากับขนาดท่อปกติ ในช่วงนี้ Velocity Head จะลดลงและ Pressure Head จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น (Recovery) ซึ่งค่าความดันสูญเสียนี้จะมีค่าน้อยกว่าตัววัดประเภทนี้ทุกแบบ เพราะการเปลี่ยนแปลงความเร็วของ Fluid เกิดขึ้นช้ากว่าแบบอื่น ๆ ทั้งช่วงเพิ่มและลด ทำให้มีการสิ้นเปลืองพลังงานน้อยกว่าแบบอื่น ๆ ด้วย

ตัววัดแบบเวนจูรี สามารถใช้งานได้ในทุกกรณีที่แบบออริฟิสทำได้ ท่อเวนจูรีแบบดั้งเดิม (Classical) ที่ยังเป็นที่นิยมกันจนถึงปัจจุบัน ตามรูป

รูปที่ 20.6 แสดงท่อเวนจูรีแบบดั้งเดิม

ขนาดสัดส่วนต่าง ๆ ของท่อเวนจูรี ตามรูปที่ 20.6 เป็นไป ASME Power Test Codes "Instruments and Apparatus" Part 5, Chapter 4, 1959 C_d มีค่า 0.584 คงที่ ตั้งแต่ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 ถึง 30 นิ้ว ในท่อขนาดเดียวกันและอัตราส่วนที่เท่ากันเวนจูรีจะทำให้ Fluid ไหลผ่านได้มากกว่าออริฟิสถึง 60 %

20.2.1 เวนจูรีแบบพิเศษ (Eccentric)

เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อจะไม่เป็นเส้นตรงตลอดแนวแนว ด้านล่างของท่อเป็นเส้นตรงเพื่อประโยชน์ในงานที่ Fluid มีสารแขวนลอยที่อาจเกิดการสะสมขึ้นได้ในช่องตัววัดเช่นเดียวกับออริฟิสแบบเยื้องศูนย์ แต่เวนจูรีแบบนี้จะต้องได้รับการสอบเทียบค่า (Calibration) เฉพาะตัวเท่านั้น เพราะข้อมูลนี้มิได้เป็นไปตามข้อกำหนด ASME

20.2.2 ความเที่ยงตรงในการวัด (Overall Accuracy)

เท่ากับแบบออริฟิสประมาณ 99.5 ถึง 97 % ทั้งนี้ ค่า R_D ของ Fluid จะต้องมีค่ามากกว่า 100,000 ขึ้นไป ราคาของเวนจูรีจะสูงกว่าออริฟิสและนอซเซิล

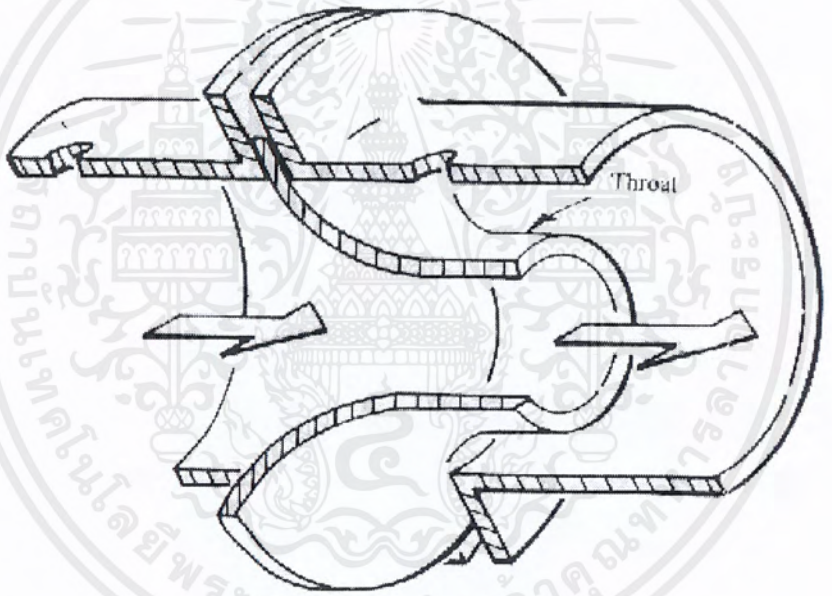
20.3 นอซเซิล (Flow Nozzle)

เริ่มมีการใช้ในเยอรมนีเป็นครั้งแรก รูปแบบของนอซเซิลมีต่าง ๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอซเซิลเหมาะสำหรับใช้กับ Fluid ที่มีความเร็วในการไหลสูง ทนต่อการกร่อนอันเกิดจาก Fluid เสียดสี (Erosion) ได้ดีกว่าออริฟิส ในขนาด ϕ และค่าความดันดิฟเฟอเรนเชียล ที่เท่ากัน นอซเซิล จะให้ค่า Flow มากกว่าออริฟิสถึง 65 % ค่า (d/D) ของนอซเซิลอาจสูงกว่าแบบออริฟิสในย่าน Flow สูง ๆ ได้ แต่ไม่เหมาะกับ Fluid ที่มีสารแขวนลอยอยู่ เพราะโดยธรรมชาติของเหลวจะเกิดการไหลแบบหมุนวนหลังช่วงนอซเซิล ซึ่งจะทำให้สารแขวนลอย ที่หนักกว่าเข้าไปสะสมอยู่หลัง Throat ดังนั้น การติดตั้งที่ถูกต้อง ควรจะติดตั้งในแนวตั้งโดยให้มีทิศทางการไหลจากบนลงล่าง

นอซเซิลสามารถใช้งานได้ดีทั้ง Fluid ที่เป็นก๊าซและของเหลว แต่ราคาของตัววัดจะสูงกว่าแบบออริฟิสรวมทั้งการบำรุงรักษา เนื่องจากออริฟิสเป็นแผ่นสามารถถอดออกได้โดยไม่ต้องถอดท่อด้านหน้าและด้านหลังออกด้วย แต่แบบนอซเซิลต้องถอดท่อออกด้วย



รูปที่ 20.7 แสดงนอซเซิลแบบมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 21
เครื่องมือวัดอัตราการไหล แบบ Positive Displacement

21.1 หลักการของ Positive Displacement

เครื่องมือวัด Flow แบบ Positive Displacement เป็นเครื่องมือวัดปริมาณของการไหลโดยแต่ละรอบของการหมุนของเครื่องมือวัดจะแบ่งปริมาตรของเหลวออกเป็นห้วง ๆ แต่ละห้วงที่ไหลผ่านมีปริมาตรที่แน่นอนดังนั้นอัตราการไหลขึ้นอยู่กับจำนวนห้วง (Pulse) ที่ไหลผ่านในหนึ่งหน่วยเวลาลักษณะของเครื่องมือวัดแบบนี้เป็นหลักการดิจิตอลในยุคแรก ๆ อาศัยชุดเฟืองที่ติดกับแกนทำให้อ่านค่า Flow รวมได้ที่หน้าปัดโดยตรง แต่ในปัจจุบันสามารถต่อเข้ากับ ระบบดิจิตอลได้โดยตรง ถ้าเราติดตั้งเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าเป็นห้วง ๆ (Pulse) ให้ผลิตสัญญาณตามจำนวนรอบของการหมุน ดังสมการ

$$Q = K \cdot n$$

เมื่อ Q คือ ปริมาตรทั้งหมดที่ไหลผ่านเครื่องมือวัด
K คือ ค่าคงที่
n คือ จำนวน Pulse ที่วัดได้

แต่ถ้าต้องการทราบอัตราการไหล (Flow Rate) ก็สามารถทำได้โดยผ่านภาคคำนวณหา

$$Q = C \cdot n / T$$

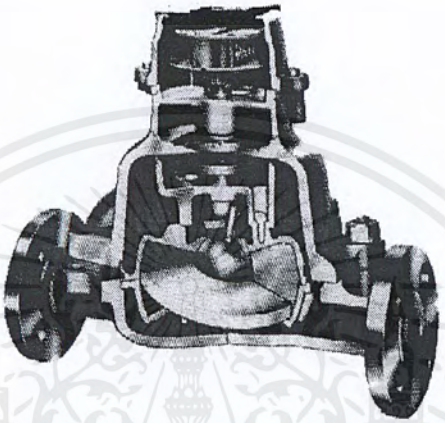
เมื่อ Q คือ อัตราการไหล มีหน่วยเป็นปริมาตรต่อหน่วยเวลา เช่น m^3 / ซม.
C คือ ค่าคงที่
N คือ จำนวน Pulse ที่วัดได้ใน 1 หน่วยเวลา T

รูปแบบของเครื่องมือวัด Flow แบบ Positive Displacement มีหลายแบบ แบ่งตามลักษณะการหมุนของตัววัดได้ดังนี้ แบบนิวเตติ้งดิสก์, แบบลูกสูบหมุน (Oscillating Piston) ,แบบโอวอล (Oval)

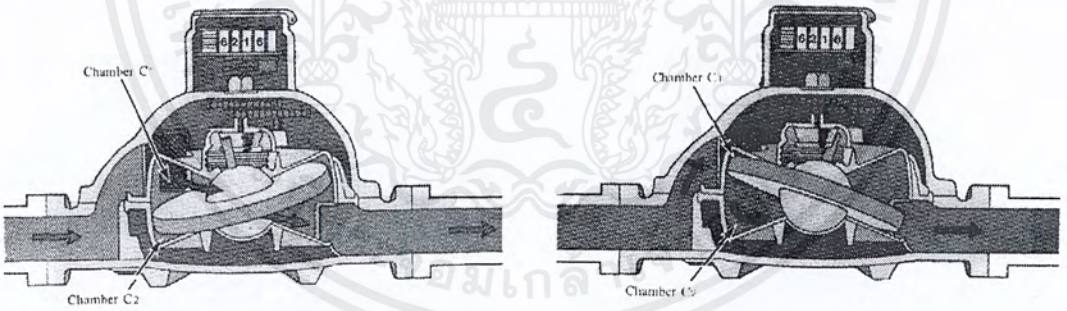
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

21.2 แบบนิวเตติ้งดิสก์

แบบนิวเตติ้งดิสก์เป็นแบบที่นิยมใช้สำหรับวัดอัตราการไหลของน้ำหรือน้ำมันหนืด ๆ ตัวดิสก์ถูกติดตั้งอยู่บนบอลแบริ่งในตำแหน่งที่เอียงพอดีที่ขอบทั้งสองด้านสัมผัส กับกล่องที่บรรจุอยู่ ทำให้ปริมาตรถูกแบ่งเป็น 2 ห้อง (Chamber) คือด้านล่างและด้านบนของตัวดิสก์



รูปที่ 21.1 แสดงเครื่องมือวัดอัตราการไหล แบบ Positive Displacement



(ก) (ข)

รูปที่ 21.1 แสดงการทำงานของนิวเตติ้งดิสก์ทั้งสองจังหวะคือการรับเข้าและถ่ายออกของห้องด้านบน และด้านล่างของกล่อง

การทำงานด้านข้างของกล่องบรรจุดิสก์ถูกเจาะเป็น2ช่องช่องหนึ่งเป็นทางเข้าของของเหลว อีกช่องหนึ่งเป็นทางออก เมื่อมีของเหลวไหลเข้าสู่กล่องทำให้ดิสก์หมุนไป ขอบดิสก์ด้านที่สัมผัสกับกล่องทำหน้าที่เป็นตัวกั้นของเหลวที่ไหลเข้าไปในกล่องแล้ว มิให้รั่วออกทิศทางการหมุนของดิสก์จะเป็นไปตามทิศทางการไหลของของเหลว เนื่องจากความดันดิฟเฟอเรนเชียลที่เกิดขึ้นที่ด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้าและด้านออกของตัววัดในหนึ่งรอบที่ดิสก์หมุนไปจะมีปริมาตรของเหลวไหลผ่านตัววัดแบ่งเป็น 2 ช่วงคือช่วงบนและช่วงล่างของดิสก์ ดังนั้น ปริมาตรที่ไหลผ่านตัววัดจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับจำนวนรอบที่ดิสก์หมุนไปแกนที่ติดกับบอลแบริ่ง สามารถนำไปขับเฟืองอ่านค่า Flow รวมได้โดยตรง หรืออาจต่อไปเข้ากับตัวสร้าง Pulse ผลิตสัญญาณไฟฟ้าให้สัญญาณเป็นดิจิตอลได้

21.3 แบบลูกสูบหมุน (Ascillating Piston)

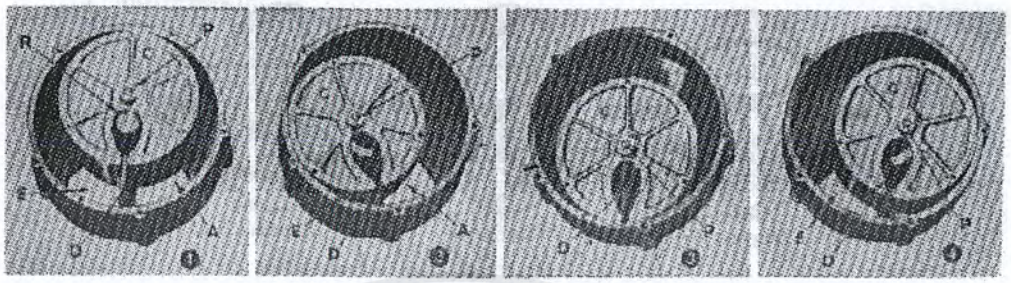
หลักการทำงานของแบบนี้คล้าย ๆ กับแบบนิวเตติ้งดิสก์แต่ใช้ลูกสูบที่ ถูกวางเยื้องศูนย์อยู่กับกรอบวงกลมหมุนส่ายไปรอบ ๆ โรลเลอร์ตามรูปที่ 21.2 ด้านเข้าและด้านออกของของเหลวจะถูกกั้นด้วยไดอะแฟรมแผ่นตรง

รูปที่ 21.2 แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องวัดแบบลูกสูบหมุน

จังหวะการทำงานตามรูปที่ 21.3(ก)ของเหลวที่มีความดันจะไหลเข้าตัววัดทางช่อง Aสู่ห้อง B ทางขวามือและผลักดันให้ลูกสูบ C หมุนไปในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาเมื่อตำแหน่งของลูกสูบ C หมุนไปตามรูปที่ 21.3(ข) จะทำให้ช่อง A ถูกปิดมากขึ้นจนกระทั่งช่องเข้า A และช่องออก E ถูกปิดสนิทตามรูปที่ 21.3(ค)ต่อจากนั้นช่องออก E จะถูกเปิดออกของเหลวที่ไหลเข้าห้อง B ตามรูปที่ 21.3 (ค) จะถูกลูกสูบอัดให้ออกทางช่องออก E ในจังหวะเดียวกันนั่นเอง ช่องเข้า A ก็เริ่มเปิดออกรับของเหลวเข้าและ ผลักดันให้ของเหลวที่เข้าไปในจังหวะก่อไหลออกสู่ทางออก E จนหมดจังหวะการทำงานก็จะวนเวียนไปตลอด ในลักษณะนี้การวัดปริมาตรของเหลวที่ไหลผ่านตัววัดนี้จะใช้การวัดจำนวนรอบของลูกสูบที่หมุนไปเนื่องจากลูกสูบ C ถูกออกแบบให้หมุนไปติดกับกรอบนอก และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัมผัสกับไดอะแฟรมอยู่ตลอดเวลาดังนั้น การรั่วไหลของของเหลวจะมีน้อยมากยกเว้นในช่วงอัตราการไหลต่ำ ๆ เท่านั้นขณะไม่ใช้งานควรมีวาล์วปิดไว้ตลอดเวลาเพื่อป้องกันการรั่ว



ก ข ค ง

รูปที่ 21.3 แสดงการทำงานของแบบลูกสูบหมุน

21.4 แบบโอวอล

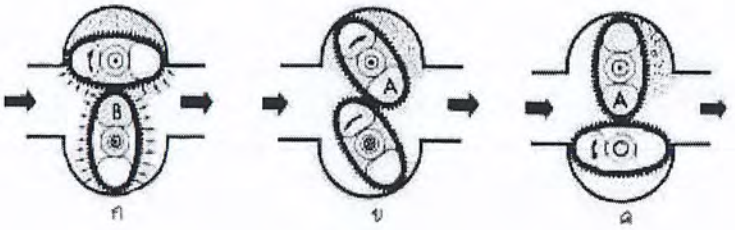
ลักษณะเป็นเฟืองรูปวงรี (Oval) 2 อันขบกันอยู่ในตัววัดเฟืองนี้จะถูกผลักให้หมุนไปเนื่องจากความดันของของเหลวทางด้านเข้า (Inlet) เมื่อเฟืองทั้งคู่หมุนไปจะเกิดจังหวะรับและ คายของเหลวสลับกันไป

รูปที่ 21.4 แสดงเครื่องมือวัด Flow แบบ Oval

จังหวะการทำงาน ตามรูปที่ 21.5 ก เป็นจังหวะที่เฟือง B คายของเหลวออกเมื่อเฟืองหมุนต่อไป รูป ข เป็นจังหวะที่เฟือง A คายของเหลวออกและเฟือง B เริ่มรับของเหลวเข้าจนถึงรูป ค เฟือง B รับของเหลวเข้าเต็มที่พร้อมที่จะคายออก เป็นเช่นนี้ตลอดไป การหมุนของเฟืองแต่ละรอบจะส่งผ่านของเหลวไปได้ 4 ช่วงของปริมาตรที่ช่องว่างระหว่างเฟืองกับกรอบตัววัด การที่ออกแบบตัวหมุนเป็นเฟืองขบกันเพื่อป้องกันการเลื่อนของตัวโอวอล (Slip) และเพื่อเป็นตัวกั้น ระหว่างของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหลวทางด้านเข้าและด้านออกได้ดียิ่งขึ้น การวัดอัตราการไหลด้วยวิธีนี้สามารถลดค่าผิดพลาดลงเหลือต่ำกว่า 0.5 % เท่านั้น



รูปที่ 21.5 แสดงการทำงานของเครื่องมือวัด Flow แบบ โอวอล

ค่าความหนืดของของเหลวจะมีผลต่อการวัดอยู่บ้าง โดยเฉพาะในช่วงอัตราการไหลต่ำ ๆ

ตัวอย่างเช่น ในโอวอลตัวหนึ่งมีค่าผิดพลาดสัมพันธ์กับความหนืดดังนี้ แก๊สโซลีนที่มีค่าความหนืด 0.4 cp จะอ่านค่าได้น้อยกว่าความเป็นจริงมากกว่า 1 %ในช่วงอัตราการไหลต่ำกว่า 13 % ของค่าสูงสุดเปรียบเทียบกับน้ำที่มีค่าความหนืด 1 cp,Light Oil ที่มีค่าความหนืด 3 cp และน้ำมันเตาที่มีค่าความหนืด 60 cp จะอ่านได้มากกว่าความเป็นจริงเล็กน้อยในช่วงอัตราการไหลสูงกว่า 5 % ของค่าสูงสุด

ค่าความดันสูญเสีย (Pressure Loss) เนื่องจากตัววัดและแปรเปลี่ยนไป ตามค่าเปอร์เซ็นต์ของอัตราการไหลและค่าความหนืด ถ้าค่าความหนืดสูงจะมีค่าความดันสูญเสียสูงกว่าของเหลวที่มีค่าความหนืดต่ำ

21.4.1 การสร้างสัญญาณเอาต์พุตทางไฟฟ้า

จะตรวจวัดที่เฟืองตัวใดตัวหนึ่ง โดยติดแม่เหล็กถาวรไว้ที่เฟืองโรเตอร์ที่หมุนไปตามอัตราการไหล เมื่อจุดที่ติดตั้งแม่เหล็กหมุนผ่าน เยนเนอเรเตอร์ตัวเล็กจะเกิดสัญญาณไฟฟ้าขึ้นเป็นห้วง ๆ จำนวนห้วงที่เกิดขึ้นจะแปรผันโดยตรงกับอัตราการไหลสามารถกำหนดได้ เช่น 100 cc / Pulse เมื่อผ่านภาคพรีแอมพลิฟายเออร์จะได้คลื่นรูปสี่เหลี่ยม (Square Wave) ออกมาซึ่งสามารถต่อโดยตรงเข้ากับคอมพิวเตอร์ได้ วัสดุที่ใช้ทำเฟืองโรเตอร์มีหลายชนิด สามารถเลือกใช้ได้ตามของเหลวที่ต้องการวัดเช่นคาร์บอนพิเศษ (Special Carbon) แบบมาตรฐานทำด้วยสแตนเลสสตีล316 ขนาดของอัตราการไหลต่ำสุดที่สามารถวัดได้ตั้งแต่ 4 ลิตร / ชั่วโมง จนถึงย่านหมื่นลิตร / ชั่วโมงมีค่าความผิดพลาดไม่เกิน± 0.5 %ของค่าสูงสุดเหมาะสำหรับใช้วัดปริมาตรของของเหลวที่ต้องการบรรจุหีบห่อ เช่นใช้ควบคุมการบรรจุน้ำนม,น้ำผลไม้ลงในกล่องบรรจุ เพราะให้ค่าความถูกต้องสูงและให้ความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื่อถือได้สูงกว่าเครื่องวัดอัตราการไหลแบบ Positive Displacement แบบอื่น ๆ ที่มีใช้กันอยู่โดยทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

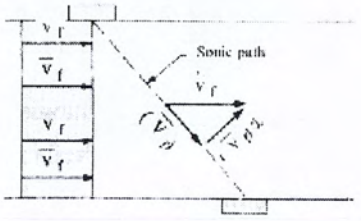
บทที่ 22
เครื่องมือวัด อัตราการไหล แบบอัลตราโซนิก

อัลตราโซนิก Flowmeter มีหลักการวัด Flow โดยอาศัยคลื่นความถี่เหนือเสียงมีอยู่หลายแบบแต่ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมีอยู่ 2 แบบคือแบบ Counterpropagating และแบบ Doppler ทั้งสองแบบใช้วัด Flow ของของเหลวโดย Counterproapgating ใช้สำหรับ liquid ที่สะอาดส่วน Doppler สำหรับ Fluid ที่มีสารแขวนลอยปะปนอยู่ด้วย เพื่อใช้เป็นตัวสะท้อนคลื่น

22.1 แบบ Counterpropagating

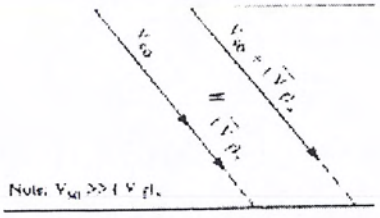
สามารถกำหนดค่า Flow ได้ โดยอาศัยหลักความแตกต่างของความเร็วในการเดินทางของคลื่นความถี่เหนือเสียง โดยความเร็วจะมากขึ้นเมื่อ ทิศทางการไหลและทิศทางของคลื่นความถี่เสียงเป็นไปในทางเดียวกัน และจะลดลงเมื่อทิศทางกลับกัน ด้วยผลต่างของช่วงเวลาทั้งสอง จึงสามารถกำหนดความเร็วในการไหลของ Fluid ในท่อได้ โปรดพิจารณาตามรูปที่ 22.1

(ก) เมื่อไม่มีการไหล

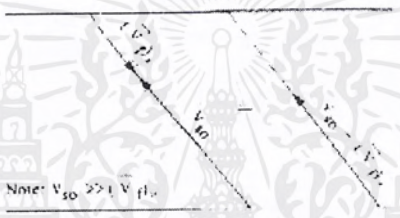


(ข) ทิศทางของโซนิคขนานไปกับการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ค) ช่วงที่โซนิคเดินทางตามกระแสการไหล



(ง) ช่วงที่โซนิคเดินสวนทางกับการไหล

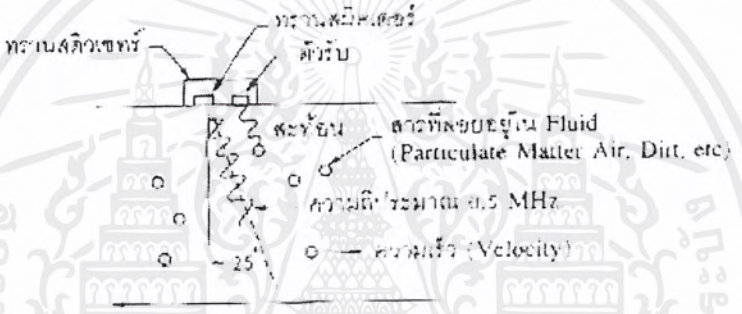
รูปที่ 22.1 แสดงหลักการทำงานของแบบ Counterpropagating

ถ้ากำหนดให้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ของท่อ คือ D เมื่อติดตั้งตัวรับและตัวส่งด้านล่างและด้านบนเยื้องกัน ดังรูปที่ 21.1 ระยะที่คลื่นจะเดินทางจากตัวส่งถึงตัวรับจึงเท่ากับ D / cos θ เรียกย่อว่า Lp , ความเร็วในการเดินทางของคลื่นจากตัวส่งถึงตัวรับเป็น Vso เมื่อ Fluid ไหลอยู่ในท่อด้วยความเร็ว Vf การทำงานของ Flowmeter กำหนดให้ทรานสดิวเซอร์ทั้งสองตัวสลับกันเป็นตัวรับและตัวส่ง จากทฤษฎีดังกล่าวข้างต้น เมื่อทรานสดิวเซอร์ด้านบนเป็นตัวส่งความเร็วของ Fluid และคลื่นความถี่จะเสริมกัน ทำให้ความเร็วรวมเป็น Vso + Vf และเมื่อ ทรานสดิวเซอร์ตัวล่างเป็นตัวส่งความเร็วของ Fluid ในท่อ และคลื่นความถี่จะหักล้างกัน ทำให้ได้ความเร็วรวมเป็น Vso - Vf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

21.2 แบบ Doppler

หลักการวัด Flow โดยอาศัยหลักการสะท้อนกลับของคลื่นความถี่ เมื่อส่งไปกระทบกับอนุภาคของสารที่ปะปนมากับของเหลว เนื่องจากอนุภาคของสารมีความเร็วเท่ากับ Fluid ดังนั้นความถี่ที่สะท้อนกลับจะต่างไปจากค่าที่ส่งออกไป ค่าความถี่ที่เปลี่ยนไปนี้ จะแปรผันตรงกับความเร็วในการไหลของ Fluid นั้นเราจึงสามารถทราบค่าอัตราการไหลในรูปปริมาตรได้ ทรานส-ดิวเซอร์ที่ใช้ อาจเป็นตัวเดียวทำหน้าทั้งส่ง และรับในตัวเดียวเลยก็ได้แต่ตามรูปที่แสดงใช้ทรานส-ดิวเซอร์สองตัวทำหน้าที่รับและส่ง



รูปที่ 22.2 แสดง Doppler Flowemeter

ตัวทรานสดิวเซอร์ถูกติดตั้งอยู่ที่ผิวท่อความถี่ที่ใช้อยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 1 MHzความถี่ที่ได้รับจากทรานสดิวเซอร์ตัวรับ จะถูกเปรียบเทียบกับความถี่ที่ส่งออกจากตัวส่งถ้าให้ Δf เป็นความถี่ที่แตกต่าง f_{Hz} เป็นความถี่ที่ส่งออกจากตัวส่ง , θ คือมุมที่ส่งคลื่นความถี่ออกจากตัวส่ง และ V_{so} คือความเร็วของคลื่นความถี่ที่ส่งออกจากตัวส่งจะได้ค่า Flow (Q) ตามสมการดังนี้

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \frac{V_{so}}{\mathrm{Sin}\theta} \left(\frac{\Delta f}{f_{HZ}} \right)$$

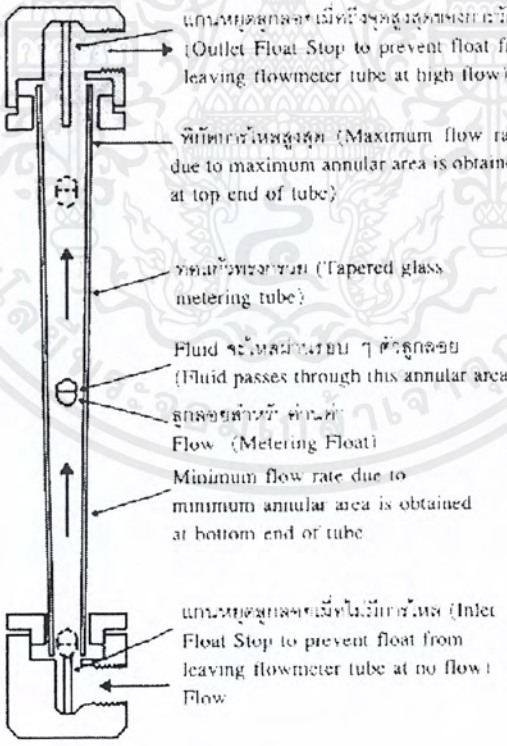
ข้อควรระวัง จุดที่ติดตั้งอัลตราโซนิก Flowmeter จะต้องห่างจากปั๊มหรือแหล่งกำเนิดคลื่นความถี่ที่อาจกำเนิดสัญญาณรบกวนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 23
เครื่องมือวัด Flow แบบโรตามิเตอร์

23.1 หลักการของโรตามิเตอร์

ตัวมิเตอร์เป็นท่อแก้วใส ซึ่งด้านในรูปกรวยเรียว (Tapered Pipe) และมีลูกลอย (Float) ที่ออกแบบพิเศษบรรจุอยู่ภายในกรอบตามรูปที่ 23.1 Fluidที่ต้องการวัดจะไหลผ่านเข้ามาทางด้านล่างของตัววัดลูกลอยจะถูก Velocity Head ยกให้ลอยตัวขึ้นตำแหน่งของลูกลอยจะลอยนิ่งอยู่กับที่ เมื่อเกิดความสมดุลระหว่าง Velocity Head ของ Fluid กับน้ำหนักของลูกลอย เมื่อลูกลอยสูงขึ้นพื้นที่สำหรับให้ Fluid ไหลผ่านก็มีมากขึ้นเป็นการรักษาความดันตกคร่อม ตัววัดให้คงที่ เนื่องจาก Velocity Head กับอัตราการไหลผ่านจะแปรเปลี่ยนไปตามกันดังนั้นตำแหน่งของลูกลอยจะบอกค่าอัตราการไหลได้



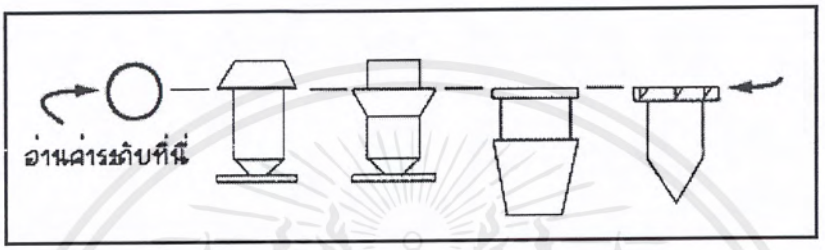
รูปที่ 23.1 แสดงส่วนประกอบของโรตามิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

23.2 ส่วนประกอบของโรตามิเตอร์

23.2.1 ลูกลอย (Float)

ลักษณะของลูกลอยจะถูกออกแบบตามลักษณะสมบัติของ Fluid และปริมาณการไหลแบบลูกบอลกลมเหมาะสำหรับ Flow ค่าต่ำๆ บางแบบเหมาะสำหรับ Fluid ที่มีค่าความหนืดสูง, ความหนืดต่ำ หรือต้องการให้มีความดันสูญเสียต่ำ



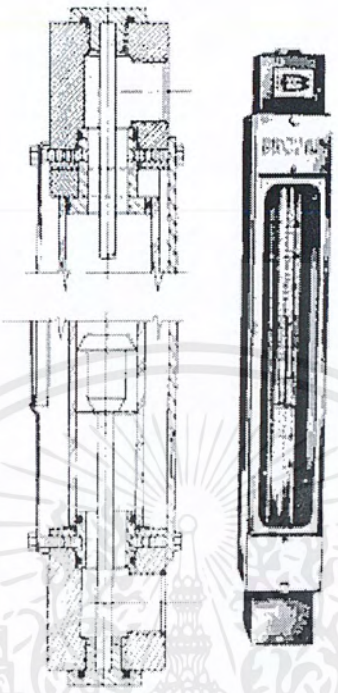
รูปที่ 23.2 แสดงลูกลอย

23.2.2 ท่อแก้ว

ที่ใช้ทำตัววัดส่วนใหญ่ทำจาก "โบโรซิลิเกต" สำหรับงานที่มีความดัน, อุณหภูมิต่ำ และไม่เป็นสารอันตราย เช่น น้ำ อากาศ โดยปกติแล้วท่อแก้วไม่นิยมใช้กับความดันสูง ๆ เพราะท่อแก้วที่ใช้จะเกิดการแตกได้ง่าย เนื่องจากถูกวัตถุอย่างอื่นกระแทก (มิใช่เพราะความดันของ Fluid ภายใน) เมื่อขนาดของท่อแก้วใหญ่ขึ้น จะทนต่อความดันได้น้อยลง

ในงานที่จำเป็นต้องใช้ท่อแก้ววัด Fluid ที่เป็นอันตราย โรตามิเตอร์แบบพิเศษ ดังรูปที่ 23.3 จะใช้งานได้ดี เนื่องจากมีครอบโลหะห่อหุ้มอยู่ เพื่อป้องกันวัตถุอย่างอื่นมากระแทก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 23.3 แสดงโรตามิเตอร์แบบพิเศษมีครอบโลหะหุ้ม

23.2.3 แบบท่อโลหะ

ออกแบบพิเศษสำหรับใช้งานในจุดที่ใช้ท่อแก้วไม่ได้วิธีการอ่านค่าจึงต่างออกไป เนื่องจากไม่สามารถมองดูลูกลอยโดยตรงได้โดย ออกแบบให้มีก้านต่อจากลูกลอยผ่านกระบวนการแสดงค่าโดยใช้แรงดึงดูดของแม่เหล็กที่ส่วนบนของก้านต่อกับแผ่นแม่เหล็กรูป Helix ซึ่งจะหมุนให้เข้าใกล้กับแท่งแม่เหล็กที่ส่วนบนของก้านต่ออยู่ตลอดเวลาจึงสามารถกำหนดค่า Flow Rate ได้จากตำแหน่งของแผ่นแม่เหล็กรูป Helix และแสดงค่าด้วยเข็มกับแผ่นสเกลที่ Calibrated ไว้ตามรูปที่ 23.4 วิธีการแสดงค่านี้สามารถออกแบบให้เป็นตัวบอกค่ารวมของ Fluid ที่ไหลผ่านตัววัดไปแล้วโดยมี Timing Disc เป็นตัวกำหนดเวลารวมที่ Fluid ไหลผ่าน และ Characterized Cam เป็นตัวกำหนดค่าของการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 23.4 แสดงโรตามิเตอร์แบบท่อโลหะ

ข้อมูลโดยทั่วไปของโรตามิเตอร์

1.ขนาดของ Taper Tube ตั้งแต่ 1/16 นิ้ว - ใหญ่กว่า 12 นิ้ว

2.ความเร็วของ Fluid ที่ไหลผ่าน ตั้งแต่ 1/2 ฟุต/วินาที - 10 ฟุต/วินาที

3.Flow Rate ตั้งแต่ต่ำกว่า 1 cc. - 3,000 แกลลอนต่อนาที

4.Accuracy โดยทั่วไปประมาณ 2 % แบบพิเศษสามารถให้ Accuracy ได้ถึง 1/2 % ของค่า Full Scale

5.Rangeability ประมาณ 10 : 1

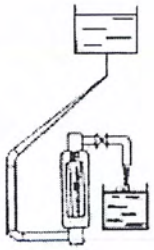
6.Pressure Loss มีค่าคงที่ตลอดย่านการวัด ประมาณ < F/A_f เมื่อ F คือ น้ำหนักของลูกลอย และ A_f คือ พื้นที่หน้าตัดส่วนใหญ่ที่สุดของลูกลอย

23.3 การประยุกต์ใช้งาน

23.3.1ใช้ดูอัตราการไหลของของเหลว (Liquid Flow Indication)

การใช้งานที่พบมากที่สุด อย่างหนึ่งของโรตามิเตอร์คือ ใช้ดูอัตราการไหลของของเหลวที่ต้องการอ่านค่าโดยตรงมีขนาดให้เลือกตั้งแต่ 0.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร/นาที ถึง 4,000 แกลลอน/นาที วัสดุที่ใช้มีหลายชนิดสามารถเลือกใช้ตามคุณสมบัติของของเหลวเช่น เป็นสารกัดกร่อน,มีค่าความหนืด

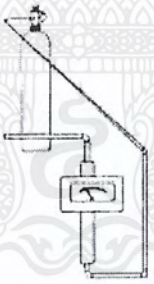
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 23.5 แสดงการใช้ดูอัตราการไหลของของเหลว

23.3.2 ใช้ดูอัตราการไหลของก๊าซ (Gas Flow Indication)

ในงานที่ต้องการดูอัตราการไหลของก๊าซโรตามิเตอร์เป็นที่นิยมเพราะมีราคาถูก มีค่าความดันสูญเสียที่ตัววัดต่ำให้ค่า Rangeability (อัตราเก่า Flow สูงสุด : ต่ำสุด) ถึง 10 : 1 สามารถชดเชยค่า Flow ที่เปลี่ยนไปเมื่ออุณหภูมิความดันเปลี่ยนไปทำให้ความถ่วงจำเพาะเปลี่ยนไป ได้ง่ายทำให้ค่า Flow ที่อ่านได้ถูกต้อง

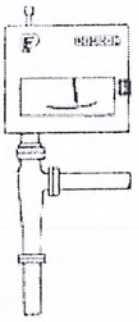


รูปที่ 23.6 แสดงการใช้ดูอัตราการไหลของก๊าซ

23.3.3 อ่านค่า Flow รวม (Flow Totalization)

นอกจากใช้ดูค่าอัตราการไหหลแล้วบางแบบยังสามารถดูค่า Flow รวมได้เช่นใน 1 อาทิตย์ใช้ Fluid ไปเท่าไรในกรณีที่เป็นกระบวนการผลิตถ้าต่อเฟืองที่แสดงค่ารวม (Counter)กับ สวิตซ์ ก็สามารถนำมาใช้เป็นสัญญาณควบคุมได้ เช่นการบรรจุน้ำมันลงถังเมื่อถังเต็มแล้วสวิตซ์ควบคุมก็จะสั่งหยุดและจะรอตัวใหม่เข้ารับการบรรจุต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 23.7 แสดงการอ่านค่า flow รวม

23.3.4 ใช้บันทึกค่า (Flow Recording)

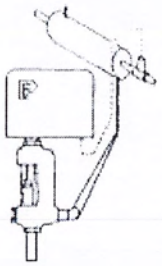
แบบพิเศษที่แกนของลูกลอยต่อเข้าควบคุมการทำงานของเข็มเครื่องบันทึกค่า สามารถบันทึกค่า Flow ได้ซึ่งเป็นแบบที่ถูกที่สุดและมีความเชื่อถือได้สูง (Reliability) แบบหนึ่งเนื่องจากเป็นการบันทึกค่าโดยตรง

รูปที่ 23.8 แสดงการใช้บันทึกค่า

23.3.5 ใช้สวิตช์เลื่อนไปควบคุมการเริ่มเดินหรือหยุดการเดินของเครื่อง (Flow Interlock)

ในการเริ่มเดินเครื่องจักรกลต้องมีน้ำมันหล่อลื่นหรือน้ำหล่อเย็น เครื่องตลอดเวลานั้นจะต้องเดินระบบหล่อลื่น หรือหล่อเย็นนี้ก่อนดังนั้นจะต้องมีตัวส่งสัญญาณบอกว่า ระบบนี้ทำงานพร้อมก่อนเริ่มเดินเครื่องและเมื่อเดินเครื่องไปแล้ว ถ้าระบบนี้ขัดข้องจะต้องหยุดการทำงานของเครื่องจักรกลทันที มิฉะนั้นเครื่องจักรกลนั้นจะเสียหายโรตามิเตอร์กับสวิตช์ที่ปรับไว้ให้ทำงานเมื่อมีค่า Flow ที่เหมาะสมสามารถใช้ควบคุมการสั่งเริ่มเดินหรือสั่งหยุดเครื่องได้

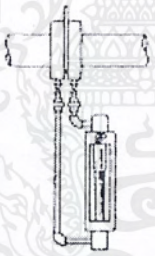
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 23.9 แสดงการใช้สวิตซ์เลื่อนไปควบคุมการเริ่มเดินหรือหยุดการเดินของเครื่อง

23.3.6 ใช้ร่วมกับออริฟิสเพื่ออ่านค่า Flow สูง ๆ ในท่อขนาดใหญ่

เป็นวิธีการอ่านค่า Flow โดยตรงที่มีราคาถูกให้ Rangability ดีถึง 10 : 1 เหมาะสำหรับดูอัตราการไหลในท่อน้ำเลี้ยง (Feed Water)หม้อไอน้ำ,น้ำหล่อเย็นของระบบเครื่องจักรกลขนาดใหญ่ รวมทั้งน้ำมันที่มีความหนืดไม่สูงนักหรือการไหลของก๊าซในท่อส่ง



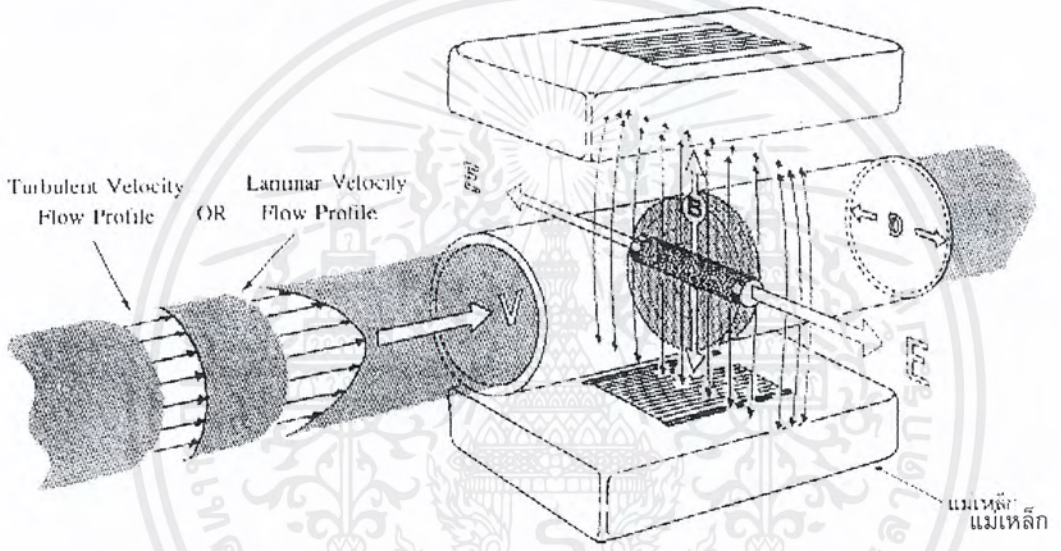
รูปที่ 23.10 แสดงการใช้ร่วมกับออริฟิสเพื่ออ่านค่า Flow สูง ๆ ในท่อขนาดใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 24
เครื่องมือวัด อัตราการไหล แบบสนามแม่เหล็ก

24.1 หลักการวัด Flow โดยอาศัยสนามแม่เหล็ก

หลักการวัด Flow ด้วยวิธีนี้อาศัยแนวความคิดเช่นเดียวกับวิธีอื่น ๆ คือหาค่าความเร็วเฉลี่ยในการไหลของ Fluid โดยใช้กำคูนของคาราเต้ "เมื่อของเหลวที่เป็นตัวนำไฟฟ้าไหลผ่านสนามแม่เหล็กจะเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นในแนวตั้งฉากกับทิศทางการไหลของสนามแม่เหล็ก "



รูปที่ 24.1 แสดงการเกิดไฟฟ้าของ Magnetic Floweret

เมื่อท่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางด้านใน D (เซนติเมตร) ถูกวางให้ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กที่มีความเข้มสม่ำเสมอ (Uniform Electromagnetic Fluid) มีความเข้มของเส้นแรงแม่เหล็ก B(Gauss) Fluid ที่เป็นตัวนำไฟฟ้า (Conductive Fluid) ไหลอยู่ในท่อด้วยความเร็วเฉลี่ย (Mean Flow Velocity) $\bar{V}$ จะได้แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้น E ดังนี้

$$E = B \cdot D \cdot V \cdot 10^{-8}$$

เมื่อ B ; Gauss

D ; เซนติเมตร

$\bar{V}$; เซนติเมตร/วินาที

A ; พื้นที่หน้าตัดด้านในของท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น เมื่อต้องการทราบอัตราการไหล Q จะเท่ากับผลคูณของ A กับ $\overline{V}$

$$Q = A \cdot V$$

จะเห็นว่า ค่าอัตราการไหลจะขึ้นอยู่กับค่า $\overline{V}$ ของ Fluid ที่เป็นตัวนำไฟฟ้า ค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้าควรจะมากกว่า 5 μS/cm

24.2 หลักการสร้างสนามแม่เหล็ก มี 2 วิธี คือ

1. ใช้แม่เหล็กถาวร หรือ DC Excitation
2. ใช้ไฟ AC 50 Hz หรือ Pulse ที่มีความถี่ต่าง ๆ

วิธีที่ 1 สำหรับ Flow ที่เป็นห้วง ๆ หรือ Fluid ที่มีค่าความนำไฟฟ้าสูง ๆ เช่น ปรอท , น้ำกรด แต่ไม่เหมาะสำหรับ Fluid ที่มีค่าความนำไฟฟ้าต่ำ เพราะเมื่อมีกระแสไฟฟ้า ไหลผ่าน Fluid ตัวกลางจะทำให้อณูของ Fluid แตกตัวเป็น Ion ไปจับที่ Electrode (เกิด Polarization) ทำให้แรงดันที่วัดได้คลาดเคลื่อน

วิธีที่ 2 ใช้ไฟ AC หรือ Pulse เหมาะสำหรับ Fluid ที่มีค่าความนำไฟฟ้าต่ำ หรือเป็นการไหลแบบ Steady เพราะการใช้ไฟ AC หรือ Pulse สามารถแก้ไขการเกิด Polarization ได้

Magnetic Floweret ส่วนใหญ่จะใช้วิธีการที่ 2

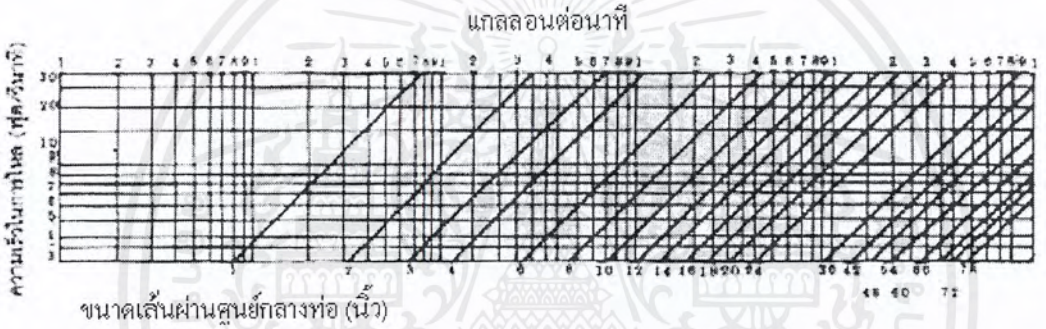
24.3 ข้อควรระวังและข้อมูลโดยทั่วไป

24.3.1 ข้อมูลโดยทั่วไปของ Magnetic Floweret

- ไม่เกิดความดันสูญเสียในตัวมิเตอร์เลย เนื่องจาก Flow Tube มีขนาดเท่ากับท่อปกติ
- สามารถใช้วัด Fluid ที่เป็นสารกัดกร่อน (Corrosive) สารที่ทำให้เกิดการสึกหรอเนื่องจากสารแขวนลอยขัดสีขณะไหลผ่านท่อ (Abrasive) โดยไม่เกิดปัญหาเช่น Floweret แบบอื่น ๆ
- ความยาวตรงของท่อก่อนและหลัง Floweretไ ไม่มีความสำคัญจะเป็นเท่าใดก็ได้ เนื่องจากวิธีการวัดแบบนี้จะได้ค่าความเร็วเฉลี่ยอยู่แล้ว
- สามารถทำการวัดได้ สำหรับการไหลทั้งสองทิศทาง โดยการกลับขั้วต่อของElectrodes เท่านั้น บางแบบสามารถกลับขั้วได้โดยอัตโนมัติเลย
- ผลของการวัดไม่ขึ้นอยู่กับค่าความหนืด (Viscosity), ค่าความหนาแน่น (Density), อุณหภูมิ,ความดันหรือสภาพของการไหลที่เป็นแบบ Laminar และ Turbulence

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สามารถทำการวัดได้ สำหรับการไหลทั้งสองทิศทาง โดยการกลับขั้วต่อของElectrodes เท่านั้น บางแบบสามารถกลับขั้วได้โดยอัตโนมัติเลย
- ผลของการวัดไม่ขึ้นอยู่กับค่าความหนืด (Viscosity), ค่าความหนาแน่น (Density), อุณหภูมิ,ความดันหรือสภาพของการไหลที่เป็นแบบ Laminar และ Turbulence
- มีขนาดให้เลือกใช้ตั้งแต่ขนาดท่อ1/10นิ้วถึง 100 นิ้ว,และวัสดุที่ใช้ทำ Flow หลายชนิดให้เลือก การเลือกขนาดท่อแสดงในโมโนกราฟ ตามรูป ที่ 24.2
- Accuracy จาก $\pm$ 1/2 % ถึง 2 % ของค่า Full Scale
- Frangibility 20 : 1 หรือบางแบบพิเศษอาจสูงถึง 30 : 1



รูปที่ 24.2 การเลือกขนาดท่อแสดงในโนโมกราฟ

24.3.2 ข้อควรระวัง (Precaution)

- ค่าความนำไฟฟ้าของ Fluid จะต้องมากกว่าค่าต่ำสุดที่ทางบริษัทผู้ผลิตระบุ เช่น 0.1 - 20 μS ต่อระยะทาง 1 เซนติเมตรและจะต้องมีค่าสูงดังกล่าวตลอดเวลาที่ใช้งาน
- ท่อจะต้องเติมด้วย Fluid เต็มอยู่ตลอดเวลา การที่ Fluidไหลไม่เต็มท่อหรือมีฟองอากาศปะปนเข้าไปกับ Fluid จะทำให้ค่าที่วัดได้ผิดเพลา คือค่า Flow ที่อ่านได้จะมากขึ้น
- Fluid ที่เป็นสารสกปรก เมื่อใช้งานไปแล้วจะทำให้ขั้วElectrode สกปรกสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จะผิดไป ดังนั้น จะต้องมีการทำความสะอาดขั้ว Electrode กันเป็นระยะ อาจใช้วิธีทางไฟฟ้า หรือ Mechanical ก็ได้ แต่วิธีการทางไฟฟ้าจะสะดวกที่สุด โดยบางบริษัทจะออกแบบให้ทำความสะอาดด้วยอันตราโซนิคหิต (คลื่นความถี่เหนือเสียง) เนื่องจากไม่ต้องถอด Electrodes ออกมาเช็ดทำความสะอาดเหมือนวิธี Mechanical และใช้เวลารวดเร็วกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

แบบทดสอบ

วิชาเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบ

1. หน่วยวัด อุณหภูมิที่นิยมใช้มากที่สุดในวงการอุตสาหกรรม

   ก. Celcius

   ข. Kelvin

   ค. Fahrenheit

   ง. Celcuis และ Fahrenheit

2. จุดเยือกแข็งและจุดเดือดของน้ำ ในหน่วย Kelvin มีค่าเท่ากับเท่าไร

   ก. 0 ถึง 100

   ข. - 273 ถึง - 459.67

   ค. 273.15 ถึง 373.15

   ง. 32 ถึง 212

3. จุดอุณหภูมิที่ไม่มีพลังงานความร้อนหลงเหลืออยู่เลย เรียกว่า อะไร

   ก. จุดเยือกแข็ง

   ข. จุดอุณหภูมิศูนย์สัมบูรณ์

   ค. จุดสัมบูรณ์ของสาร

   ง. จุดศูนย์องศา

4. จงเปลี่ยนค่า อุณหภูมิจาก 37 $^{\circ}$C ให้เป็นหน่วย Kelvin

   ก. 310.15 $^{\circ}$K

   ข. 312.15 $^{\circ}$K

   ค. 287.15 $^{\circ}$K

   ง. 298.15 $^{\circ}$K

5. จงเปลี่ยนค่าอุณหภูมิจาก 72 F ให้เป็นหน่วย Kelvin

   ก. 310.15 $^{\circ}$K

   ข. 295.15 $^{\circ}$K

   ค. 312.15 $^{\circ}$K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง. 407.15 ^{o}K

6. ทฤษฎีที่ โธมัส ซีแบ็ค ค้นพบคืออะไร

ก. เมื่อนำโลหะชนิดเดียวกัน เชื่อมปลายทั้งสองเข้าด้วยกัน ให้อุณหภูมิต่างกันจะเกิดกระแสไหลในวงจร

ข. เมื่อนำโลหะต่างชนิดกัน เชื่อมปลายทั้งสองเข้าด้วยกัน ให้อุณหภูมิเท่ากันจะเกิดกระแสไหลในวงจร

ค. เมื่อนำโลหะชนิดเดียวกัน เชื่อมปลายทั้งสองเข้าด้วยกัน ให้อุณหภูมิเท่ากัน จะเกิดกระแสไหลในวงจร

ง. เมื่อนำโลหะต่างชนิดกัน เชื่อมปลายทั้งสองเข้าด้วยกันให้อุณหภูมิต่างกันจะเกิดกระแสไหลในวงจร

7. ข้อใดไม่ใช่กฎการเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากความร้อน

ก. กฎของวงจรโลหะชนิดเดียว

ข. กฎของวงจรโลหะต่างชนิด

ค. กฎของโลหะแทรก

ง. กฎอุณหภูมิแทรก

8. ถ้าต้องการวัดอุณหภูมิ โดยใช้เทอร์โมคัปเปิลวัดอุณหภูมิของ ของเหลวที่อยู่ใน Tank ปิดขนาดใหญ่ จะต้องทำอย่างไรจึงจะได้ค่าที่ถูกต้อง และ ใกล้เคียงความจริงมากที่สุด

ก. ต่อเทอร์โมคัปเปิลอนุกรมเข้าด้วยกัน

ข. ใช้เทอร์โมคัปเปิลที่มีขนาดใหญ่ และมีประสิทธิภาพสูง

ค. ต่อเทอร์โมคัปเปิลขนานเข้าด้วยกัน

ง. นำเทอร์โมคัปเปิลต่อกลับขั้วกันทุกๆชุด

9. เทอร์โมคัปเปิล Type ใด มีความ linear มากที่สุด

ก. Type S

ข. Type R

ค. Type J

ง. Type K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. เทอร์โมคัปเปิล Type ใด เป็นที่นิยมมากที่สุด

ก. Type S

ข. Type R

ค. Type J

ง. Type K

11. ข้อใดคือความแตกต่างของไพโรมิเตอร์กับอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิแบบอื่น

ก. ตรวจวัดโดยตรงกับตัววัด

ข. ตัววัดอุณหภูมิไม่สัมผัสโดยตรง

ค. ให้การวัดเป็นเชิงเชิงเส้น

ง. ให้การวัดไม่เป็นเชิงเส้น

12. หลักการทำงานของไพโรมิเตอร์ คือ

ก. อาศัยการแผ่คลื่นเสียงของวัตถุ บอกอุณหภูมิ ของวัตถุ

ข. อาศัยการแผ่คลื่นแสงของวัตถุ บอกอุณหภูมิ ของวัตถุ

ค. อาศัยการแผ่รังสีของวัตถุ บอกอุณหภูมิ ของวัตถุ

ง. ไม่มีข้อใดถูกต้อง

13. เราใช้อะไรเป็นตัวเป็นตัวจำแนกประเภทของไพโรมิเตอร์

ก. ใช้ความเข้มแสง

ข. ใช้ความเข้มสียง

ค. ใช้ความถี่

ง. ใช้ความเข้มรังสี

14. ไพโรมิเตอร์ถูกแบ่งออกเป็นกี่ประเภท

ก. 1

ข. 2

ค. 3

ง. 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15. Optical Pyrometer คือ

ก. ไพโรมิเตอร์แบบวัดคลื่นรังสีที่ตามนุษย์มองเห็น

ข. ไพโรมิเตอร์แบบวัดคลื่นรังสีที่ตามนุษย์มองไม่เห็น

ค. ไพโรมิเตอร์แบบวัดคลื่นรังสีอินฟาเรด

ง. ไพโรมิเตอร์แบบวัดคลื่นรังสีแกมมา

16. ข้อใดไม่ใช่ตัวประกอบของเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบ filled System

ก. กระเปาะบรรจุ Fluid

ข. ท่อแคพพิวลารี

ค. Indicator

ง. ถูกทุกข้อ

17. ข้อใดเป็นวิธีการแก้การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากอุณหภูมิตัววัดค่าความดัน เปลี่ยนแปลงโดยใช้แถบโลหะคู่เป็นตัวชดเชย

ก. Full compensation

ข. Case compensation

ค. Fill compensation

ง. Bi compensation

18. Full compensation คือ การแก้ค่าความผิดพลาดที่เกิดจากอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงโดยใช้

ก. ใช้ของเหลวเป็นตัวชดเชย

ข. ใช้ก๊าซเป็นตัวชดเชย

ค. ใช้อุณหภูมิภายนอกเป็นตัวชดเชย

ง. ผิดทุกข้อ

19. สาเหตุที่ทำให้เกิดความผิดพลาดของเครื่องมือวัดแบบ Filled system คือ

ก. เมื่อเกิดก๊าซภายใน

ข. เมื่อความดันเปลี่ยนแปลง

ค. เมื่ออุณหภูมิภายนอกเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง. เมื่อเพิ่มอุณหภูมิภายใน

20. ข้อใดไม่ใช่ข้อดีของ Filled system

ก. บอกค่าตามจุดได้

ข. ต่อเครื่องบันทึกค่าสัญญาณระยะทางไกลได้

ค. มีระบบควบคุมอุณหภูมิ

ง. เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิภายนอก

21. เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบ Bimetal มีหลักการทำงานอย่างไร

ก. เมื่อโลหะได้รับความร้อนจะเกิดการบิดงอไป

ข. สัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ 2 ชนิดที่ไม่เหมือนกัน

ค. เมื่อโลหะถูกลดอุณหภูมิทำให้โลหะเกิดการบิดงอไป

ง. สัมประสิทธิ์การหดตัวของโลหะ 2 ชนิดที่ไม่เหมือนกัน

22. ข้อใดไม่เกี่ยวกับการโก่งตัวของ Bimetal

ก. ระดับอุณหภูมิ

ข. ความยาวของแถบโลหะ

ค. ระยะเวลา

ง. ความแตกต่างของสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวของแถบโลหะทั้งสอง

23. การวัดอุณหภูมิแบบใช้สารเคมีแบบดินสอสามารถใช้งานได้ในลักษณะใด

ก. ผิวงานสกปรก

ข. ผิวงานขัดจนมันลื่น

ค. ผิวงานมีน้ำมันติดอยู่

ง. ผิวงานหยาบ

24. เครื่องมือวัดแบบใช้สานเคมีแบบ Pellet มีลักษณะการใช้งานอย่างไร

ก. ใส่ลงไปในภาชนะ บริเวณที่ต้องการวัดอุณหภูมิ

ข. ขีดลงบนพื้นผิวภาชนะ ชิ้นงาน บริเวณที่ต้องการวัดอุณหภูมิ

ค. แปะลงบนพื้นผิวภาชนะ ชิ้นงาน บริเวณที่ต้องการวัดอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง. พ่นลงบนพื้นผิวภาชนะ ชิ้นงาน บริเวณที่ต้องการวัดอุณหภูมิ

25. เครื่องมือวัดอุณหภูมิชนิดใดที่มีลักษณะการใช้งานที่แตกต่างจากพวก

ก. Crayons

ข. Pellet

ค. Labels

ง. Laequer

26. ความสูงของ Static Head ที่ระดับความสูงเท่ากับปรอทมีค่าเป็นกี่เท่าของน้ำ

ก. 13.6

ข. 14.6

ค. 36.0

ง. 13

27. 1 inH_2o เท่ากับกี่ bar

ก. 0.00249089 bar

ข. 0.000249089 bar

ค. 0.2049089 bar

ง. 0.0000249089 bar

28. mws , mAg, mwC คืออะไร

ก. ความสูงในรูปแบบของน้ำ

ข. ความสูงของปรอท

ค. ความดันสัมบูรณ์

ง. ความดันในรูปแบบของความสูงของของแข็ง

29. ความดัยรูปแบบใดคือความดันที่วัดได้แล้วมีค่าต่ำกว่าบรรยากาศ

ก. ความดันสัมบูรณ์

ข. ความดันเกจ

ค. ความดันดิฟเฟอเรนเชียล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง. Vacuum

30. 756 $mmHg_{VAC}$ คือ อะไร

ก. ความดันบรรยากาศที่ 7856 mmHg

ข. ความดันเกจที่ 756 mmHg

ค. ความดันดิฟเฟอเรนเชียลที่วัดได้ 756 mmHg

ง. ความดันที่ต่ำกว่าบรรยากาศลงไป 756 mmHg

31. ค่าความตึงผิวของของเหลว (Surface Tention) ที่อยู่ในมามิเตอร์ จะก่อให้เกิดความผิดพลาดจากการอ่านเรียกว่า

ก. Hysterisis

ข. Dead Band

ค. Paralax

ง. Non - Linearlity

32. ถ้าด้านที่มีความดันต่ำ ของมาโนมิเตอร์รูปตัวยู เปิดสู่บรรยากาศ ค่าความดันแตกต่างที่อ่านได้จะเป็นความดันแบบใด

ก. ความดัน Vacuum

ข. ความดันเกจ

ค. ความดัน Absolute

ง. ความดัน Differential

33. มาโนมิเตอร์แบบสมดุลย์วงแหวนส่วนใหญ่มีการใช้ในย่านใดมากที่สุด

ก. Differential ย่านต่ำ ๆ

ข. ย่านความดันเกจ

ค. ย่านความดัน Abolute

ง. Vacuum

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

34. ความไวในการวัดของมาโนมิเตอร์ แบบใช้ของเหลว 2 ชนิดขึ้นอยู่กับ

ก. ความหนาแน่นของสาร

ข. พื้นที่หน้าตัด

ค. ชนิดของสาร

ง. ถูกทุกข้อ

35. ข้อใดไม่ใช่ข้อดีของมาโนมิเตอร์

ก. ให้ความเที่ยงตรงและความไวในการวัดสูง

ข. สามารถเลือกใช้ของเหลวที่มี ความหนาแน่น ๆ ต่าง ๆกันได้มาก

ค. วัดความดันต่ำ ๆ ได้เท่านั้น

ง. สามารถทำขึ้นใช้เองได้

36. ค่า Thershold คือ อะไร

ก. ค่าที่บอกความผิดพลาดเป็น Hystersis

ข. ค่า Internal Friction

ค. ค่าความดันก่อนที่ตัววัดบูร์ดองจะชี้บอกค่า

ง. ขนาดของความดันที่ป้อน

37. เฟืองที่อยู่ในบูร์ดองรูปตัว C มีหน้าที่ทำอะไร

ก. ทำให้เข็มชี้ค่าหมุนได้

ข. ช่วยเบรกเข็มให้ชี้ค่าที่ถูกต้อง

ค. ช่วยขยายแรงดันจากน้อยให้มากขึ้น

ง. ช่วยให้การเคลื่อนที่ของเข็มราบเรียบ

38. บูร์ดองรูปตัว C เป็นส่วนโค้งของวงกลมประมาณกี่ องศา

ก. 90°

ข. 180°

ค. 270°

ง. 310°

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

39. การปรับท่อเอียงมีประโยชน์มากในข้อใด

ก. มีความเร็วในการอ่านมากขึ้น

ข. สามารรถทำงานได้สะดวก

ค. ทำให้เครื่องวัดมีความเที่ยงตรงสูง

ง. สามารถอ่านค่าความดันได้ละเอียดขึ้น

40. ข้อเสียของมาโนมิเตอร์แบบท่อเดียวคือ ข้อใด

ก. ใช้งานยาก

ข. ต้องปรับค่าให้ได้ 0 ทุกครั้งก่อนที่จะทำการวัด

ค. มีความละเอียดต่ำ

ง. มีความไวในการวัดสูง

41. ข้อใดคือหน้าที่ของสปริงที่อยู่ในเบลโลว์

ก. ช่วยในการขยายตัวของเบลโลว์

ข. ช่วยในการยุบตัวของเบลโลว์

ค. ช่วยลดค่า Hystersis

ง. เพื่อเพิ่มแรงให้กับเบลโลว์

42. ถ้ามีเบลโลว์สองตัวรวมกับสปริง สามารถวัดความดัน Differential ได้มากที่สุดเทาใด

ก. 17 bar

ข. 27 bar

ค. 37 bar

ง. 47 bar

43. โดยปกติแล้วย่านการใช้งานของเบลโลว์ อยู่ที่ใด

ก. 0 – 0.15 bar

ข. 0 – 1.5 bar

ค. 0 - 15 bar

ง. 0 - 150 bar

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

44. เบลโลว์แบบพิเศษสามารถวัดความดันลมได้มากที่สุดเท่าใด

ก. 3.5 bar

ข. 35 bar

ค. 135 bar

ง. 335 bar

45. ข้อใดคือข้อเสียของ เบลโลว์

ก. ให้ movement และ การขับเคลื่อนสูง

ข. ใช้วัดได้เฉพาะความดันต่ำ ๆ

ค. มีอายุกาใช้งานสั้น

ง. ต้องมีการชดเชยอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป

46. ความถี่ธรรมชาติมีผลอย่างไรต่อ Diapharm

ก. ป้องกันการทำงานผิดพลาด

ข. ป้องกันการเกิดเรโซแนนซ์

ค. ป้องกันอุปกรณ์เสียหาย

ง. ป้องกันความเสียหายจาก Over Rang

47. ไดอะแฟรมแบบ capsule ใช้สำหรับวัดความดัน ก๊าซ Rang ที่เท่าไร

ก. 0 – 6000 mmH_2O

ข. 200 – 4000 mmH_2O

ค. 0 – 5000 mmH_2O

ง. 0 – 5500 mmH_2O

48. การเพิ่มส่วนประกอบที่เป็น pin และ Scaling Ring เข้าไปในแบบ capsule เพื่ออะไร

ก. ลดค่าความผิดพลาด

ข. ชดเชยอุณหภูมิ

ค. ป้องกันการ over rang

ง. ลดค่า Hytersis

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

49. หากต้องการเพิ่ม movement ให้กับ Diapham แบบแคพซูลต้องทำอย่างไร

ก. นำแคพซูลมาอนุกรมกัน

ข. นำแคพซูลมาขนานกัน

ค. ทำแคพซูลที่มีขนาดความจุมากขึ้น

ง. ทำแคพซูลที่มีความหนามากขึ้น

50. ข้อใดคือข้อดีของ ไดอะแฟรม

ก. ใช้วัดได้เฉพาะความดันต่ำ ๆเท่านั้น

ข. ให้ผลตอบสนองความดันแบบไดนามิคไม่ดีนัก

ค. เหมาะสำหรับสารกัดกร่อนที่มีความหนืดสูง

ง. มีขนาดใหญ่มากและมีราคาถูก

51. ความถูกต้องของเส้นผ่านศูนย์กลาง ความกลม และ ความตรงของ Dead weight ได้รับรองจากที่ใด

ก. NASI

ข. JSP

ค. ANSI

ง. NPL

52. ข้อใดคือสูตรของการหาพื้นที่หน้าตัดของลูกสูบ (การลดหน้าตัดของลูกสูบ)

ก. $P = \frac{m.g}{A_1.A_2}$

ข. $P = \frac{A_1.A_2}{m.g}$

ค. $P = \frac{m.A_1}{A_2.g}$

ง. $P = \frac{m.A_2}{A_1.g}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

53. สูกสูบสำหรับสร้างความดันมาตรฐานสูง ๆ มีพื้นที่หน้าตัดเล็กที่สุดเท่าใด

ก. 9/10 in^2

ข. 1/160 in^2

ค. 1/980 in^2

ง. 1/200 in^2

54. ถ้า Dead Weight แบบใช้ลมอัด ใช้ลมอัดที่สกปรกผลที่ตามมาคือ

ก. ทำให้ลูกสูบติดขัด

ข. ค่าความดันมาตรฐานผิดเพี้ยนไป

ค. เกจที่นำมาสอบเทียบสกปรกด้วย

ง. ถูกทุกข้อ

55. ทำไม Dead Weight ในย่านความถี่สูง จึงเป็นแบบไฮดรอลิกส์ทั้งหมด

ก. น้ำมันทำหน้าที่เป็นตัวหล่อลื่นที่ดี

ข. น้ำมันช่วยรักษาให้ลูกสูบไม่เกิดสนิม

ค. น้ำมันเป็นสารที่อัดตัวไม่ลงช่วยให้เกิดความดันสูง

ง. น้ำมันมีความหนืดดีไม่รั่วออกทางช่องว่าง ระหว่างกระบอกสูบและลูกสูบ

56. เครื่องวัดชนิดใดไม่เหมาะกับ การวัดระดับในภาชนะปิด

ก. ลูกลอย

ข. ดิพสติก

ค. แบบท่อแก้ว

ง. แบบแบ่งเป็นช่วง

57. ข้อใดคือสูตรที่ใช้ในการหาระยะทางที่ลูกสูบเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง

ก. $H = 2 \cos \theta$

ข. $H = 2N \sin \theta$

ค. $H = 2 \sin \theta$

ง. $H = (2 \cos \theta)+(2 \sin \theta)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

58. ข้อดีของแผ่นแก้วแบบสะท้อนคือ

ก. ไม่ต้องมีหลอดส่องแสงสว่าง

ข. ทนทานการกัดกร่อน

ค. มีความเที่ยงตรง

ง. มีความผิดพลาดในการอ่านน้อย

59. วิธีวัดแบบใดที่ไม่เหมาะสมกับการวัดของเหลวที่มีอุณหภูมิสูง

ก. แม่เหล็กช่วยในการอ่านระดับ

ข. คานช่วยในการอ่านระดับ

ค. เทปช่วยในการอ่านระดับ

ง. ลูกลอย

60. วิธีใดที่เหมาะกับการวัดของเหลวที่มีการกัดกร่อนสูง

ก. ดิพสติก

ข. เทปช่วยในการอ่านระดับ

ค. คานช่วยในการอ่านระดับ

ง. แม่เหล็กช่วยในการอ่านระดับ

61. เรานิยมใช้ Displacer ในงานใด

ก. วัดระดับของเหลวที่สารแขวนลอย

ข. วัดระดับรอยต่อของของเหลว 2 ชนิดที่ไม่ผสมกัน

ค. วัดระดับของของเหลวที่มีความหนืดสูง

ง. วัดระดับของของเหลวที่มีความถ่วงจำเพาะมากกว่าน้ำ

62. ข้อใดคือหลักการของ Displacer

ก. ใช้คุณสมบัติเฉพาะตัวของสารที่วัด

ข. ใช้คุณสมบัติความดันแตกต่าง

ค. ใช้การเปลี่ยนแปลงของระดับให้กลายเป็นแรงพยุงตัว

ง. ใช้การสร้างคลื่นของของเหลวในแท็งค์ปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

63. ข้อใดต่อไปนี้ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเลือกขนาดของ Displacer

ก. ค่าความถ่วงจำเพาะของของเหลวที่ต้องการวัดระดับ

ข. ช่วงระดับสูงสุดที่ต้องการวัด

ค. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ

ง. ความดันและอุณหภูมิของของเหลวในระบบ

64. ลักษณะที่สำคัญที่สุดของ Displacer คือข้อใด

ก. ต้องมีความยาวเป็น 1/16 เท่าของภาชนะบรรจุของเหลว

ข. ต้องเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมยาวเท่านั้น

ค. ต้องมีมากกว่า 1 อันจะทำให้ความเที่ยงตรงและความไวมากที่สุด

ง. ต้องมีความถ่วงจำเพาะมากกว่าของเหลวที่อยู่ในระบบ

65. เพราะเหตุใดวิธีการวัดระดับแบบ Displacer จึงต้องใช้ร่วมกับท่อส่งทอร์ค

ก. เพื่อให้เกิดแรงบิดที่เข็มบอกค่า

ข. เพื่อให้ Displacer ทำงานได้สะดวดขึ้น

ค. เพื่อให้แรงพยุงมีค่าเพิ่มขึ้น

ง. เพื่อให้แรงบดไปเพิ่ม movement ของชุดเฟืองของเข็มชี้บอกค่า

66. ข้อใดคือหลักการทำงานของการวัดระดับโดยการวัดค่าความจุไฟฟ้า

ก. ใช้ระดับเป็นตัวแปรในการทำให้ค่า Xc เปลี่ยนแปลงไป

ข. ใช้ระดับเป็นตัวแปรในการทำให้พื้นที่หน้าตัดเปลี่ยนแปลงไป

ค. ใช้ระดับเป็นตัวแปรให้สารไดอิเล็กทริกเปลี่ยนแปลงไป

ง. ใช้ระดับเป็นตัวแปรให้ระยะทางระหว่างตัววัดเปลี่ยนแปลงไป

67. ตัวแปรใดทำให้ค่า Dielectric เปลี่ยนแปลงไป

ก. ค่า Reynold's number

ข. ปริมาณของของเหลว

ค. อุณหภูมิ

ง. ชนิดของของเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

68. ข้อใดคือหลักการของการวัดระดับโดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน

ก. ใช้ระดับเป็นตัวแปรทำให้ค่า XR ของของเหลวเปลี่ยนแปงไป

ข. ใช้ระดับเป็นตัวแปรทำให้ค่า ความหนาแน่น ของของเหลวเปลี่ยนยแปลงไป

ค. ใช้ระดับเป็นตัวแปรทำให้ค่า สารไดอิเล็กทริก เปลี่ยนแปลงไป

ง. ใช้ระดับเป็นตัวแปรทำให้ค่า ความต้านทานของของเหลวเปลี่ยนแปลงไป

69. ของเหลวชนิดใดที่ไม่เหมาะสมกับการวัดระดับโดยใช้วิธีวัดค่าควเมนำไฟฟ้า

ก. น้ำมัน

ข. น้ำเชื่อม

ค. สารเคมี

ง. น้ำผลไม้

70. ข้อใดคือข้อดีของการวัดระดับโดยใช้หลักการความนำไฟฟ้า

ก. ใช้ได้กับสารเคมีทุกประเภท

ข. มีความไวในการวัดสูง

ค. ไฟที่เลี้ยงวงจรต้องเป็นไฟที่มีค่าต่ำ

ง. ไม่จำกัดอายุการใช้งาน

71. ข้อใดคือหลักการทำงานของการวัดระดับโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิก

ก. วัดความถี่ของเสียงที่สะท้อนกลับ

ข. วัดความเร็วของเสียงสะท้อนกลับ

ค. วัดปริมาณความเข้มของเสียงที่สะท้อนกลับ

ง. วัดความหนาแน่นของคลื่นเสียงที่สะท้อนกลับ

72. ข้อใดไม่ใช่คุณสมบัติของอัลตราโซนิก

ก. ความเร็วของคลื่นเสียงขึ้นอยู่กับตัวกลาง

ข. เป็นคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า

ค. มีระดับพลังงานต่ำ

ง. หูมนุษย์สามารรับคลื่นอัลตราโซนิกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

73. เครื่องมือวัดระดับแบบอัลตราโซนิกมี 2 ชนิดได้แก่อะไรบ้าง

ก. แบบวัดต่อเนื่องและแบบวัดเป็นจุด

ข. แบบวัดเป็นช่วงและวัดต่อเนื่อง

ค. แบบวัดเป็นช่วงและวัดเป็นจุด

ง. แบบวัดต่อเนื่องและวัดเป็นระดับ

74. เครื่องมือวัดระดับแบบอัลตราโซนิกมักนำไปใช้ประโยชน์แบบใด

ก. ใช้วัดระดับของเหลวที่มีความหนาแน่นเท่ากัน

ข. ใช้วัดระดับของเหลวที่มีอัตราไหลเท่ากัน

ค. ใช้วัดระดับของเหลวที่มีความหนาแน่นต่างกัน

ง. ใช้วัดระดับของเหลวที่มีอัตราไหลต่างกัน

75. หากตัวรับคลื่นอัลตราโซนิกอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงมากๆ จะมีผลอย่างไร

ก. ได้ยินเสียงมากขึ้น เพราะ ตัวกลางมีปริมาตรมากขึ้น

ข. ได้ยินเสียงน้อยลง เพราะพื้นที่จะกว้างมากขึ้น

ค. ได้ยินเสียงอย่างสม่ำเสมอ เพราะไม่มีผลข้างเคียง

ง. ไม่ได้ยินเสียงเลย เพราะ ตัวส่งและตัวรับต้องอยู่ติดกัน

76. ข้อใดคือหลักการวัดระดับ โดยวิธีการแผ่รังสีของสารกัมมันภาพ

ก. วัดปริมาณความเข้มของรังสีหลังจากที่ผ่านของเหลว

ข. วัดความไวของการแผ่รังสีของของเหลว

ค. วัดจากปริมาณของรังสีที่ส่งผ่านของเหลว

ง. วัดจากปริมาณรังสีที่แผ่ออกมาจากตัวสาร

77. ในงานอุตสาหกรรมเรานิยมใช้รังสีชนิดใด ในการวัดระดับโดยการแผ่รังสี

ก. เบลลิเลี่ยม

ข. แกลเลี่ยม

ค. แกมมา

ง. โคบอลท์ 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

78. ข้อใดคือหน่วยที่ใช้วัดความเข้มของการแผ่รังสีในทางปฏิบัติ

ก. ไมโครคูรี

ข. มิลลิคูรี

ค. คูรี

ง. กิโลคูรี

79. ข้อใดไม่ใช่รังสี ที่ใช้ในการวัดระดับแบบแผ่รังสี

ก. ซีเซียม 137

ข. เรเดียม

ค. เบลลิเลียม

ง. แกมมา

80. ธาตุชนิดใดที่มีราคาแพงที่สุดและการใช้งานที่สุด

ก. ซีเซียม 137

ข. เรเดียม

ค. โคบอลท์ 60

ง. แกมมา

81. สวิตซ์ระดับแบบลูกลอยใช้กับ Process ประเภทใด

ก. ก๊าซ

ข. ของแข็ง

ค. ของเหลว

ง. ผง,ฝุ่น

82. สวิตซ์ระดับแบบใบพัดหมุนใช้กับ Process ประเภทใด

ก. ก๊าซ

ข. ของแข็ง

ค. ของเหลว

ง. ผง,ฝุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

83. ข้อใดคือข้อดีของการใช้สวิตซ์ระดับแบบใช้แม่เหล็ก

ก. ไม่เกิดไฟรั่ว

ข. ติดตั้งง่าย

ค. ราคาไม่สูงจนเกินไป

ง. ใช้กับ Process ได้ทุกประเภท

84. สวิตซ์ระดับแบบไดอะแฟรม นิยมใช้กับ Process ชนิดใด

ก. ของเหลวที่มีค่าการนำไฟฟ้าสูง

ข. ฝุ่น ผง

ค. ก๊าซ

ง. ของเหลวที่ที่มีสารแขวนลอย

85. สวิตซ์ระดับแบบความนำไฟฟ้า นิยมใช้กับ Process ชนิดใด

ก. ของเหลวที่มีค่าการนำไฟฟ้าสูง

ข. ฝุ่น ผง

ค. ก๊าซ

ง. ของเหลวที่ที่มีสารแขวนลอย

86. ข้อใดคือหลักการทำงานของ เครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบ Positive Displacement

ก. การวัดอัตราการไหลโดยดูจากความแรงของของเหลวที่เคลื่อนที่ออกจาก Displacement

ข. การวัดอัตราการไหลโดยดูจากปริมาณกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้ Displacement

ค. การวัดอัตราการไหลโดยการนับการหมุนของ Displacement

ง. การวัดอัตราการไหลโดยการ แบ่งปริมาตรออกเป็นห้วง ๆที่ออกขาก Displacement

87. ข้อใดไม่ใช่เครื่องมือวัดอัตราการไหลโดยใช้หลักการของ Positive Displacement

ก. ออสซิเลติง ฟิสทอน

ข. สปินเนอร์ – สลิป

ค. นิวเตติงดิสก์

ง. โอวอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

88. ปริมาตรของของเหลวที่ไหลผ่านเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบนิวเตติงดิสก์มีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอะไร

ก. ความหนืดของของเหลว
ข. ความดันที่ส่งจากต้นกำเนิด
ค. จำนวนรอบของดิสก์ที่หมุนไป
ง. ขนาดของดิสก์ที่อยู่ในเครื่องมือวัด

89. หลักการของเครื่องมือวัด Flow โดยใช้หลักการของ Positive Displacement แบบลูกสูบมีหลักการทำงานเหมือนกับข้อใด

ก. ออสซิลเลติง ฟิสทอน
ข. สปินเนอร์ สลิป
ค. นิวเตติงดิสก์
ง. โอวอล

90. ลักษณะของเครื่องมือวัดแบบลูกสูบเป็นอย่างไร

ก. ลูกสูบวางเยื้องศูนย์จากแกนกลางมีลิ้นเป็นตัวกวาดของเหลว
ข. มีเฟืองสองชั้นวางสลับกันให้เกิดการดูดและการคายของเหลว
ค. ลูกสูบสองลูกสลับกันทำงานดูดและคายของเหลว
ง. มีแผ่นดิสก์หนึ่งแผ่นวางอยู่ระหว่าง ห้องลูกสูบสองห้องดูดและคายของเหลว

91. ข้อใดคือหลักการทำงานของ เครื่องมือวัด flow โดยใช้หลักการ Ultrasonic

ก. หลักการสั่นสะเทือนของเสียง
ข. หลักการสะท้อนกลับเมื่อเสียงกระทบอนุภาค
ค. หลักการความแตกต่างของความเร็วในการเดินทางของคลื่นความถี่เหนื่อเสียง
ง. หลักการวัดปริมาณความถี่ที่เกิดขึ้นในของเหลว

92. ข้อใดคือหลักการทำงานของเครื่องมือวัด flow โดยใช้หลักการ Ultrasonic แบบ Drppler

ก. หลักการสั่นสะเทือนของเสียง
ข. หลักการสะท้อนกลับเมื่อเสียงกระทบอนุภาค
ค. หลักการความแตกต่างของความเร็วในการเดินทางของคลื่นความถี่เหนือเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง. หลักการวัดปริมาณความถี่ที่เกิดขึ้นในของเหลว

93. ข้อใดต่อไปนี้เป็นตัวแบ่งประเภทของเครื่องมือวัด flow โดยใช้หลักการ Ultrasonic

ก. ความเป็นกรด – เบส ของของเหลว

ข. ความหนืดของของเหลว

ค. ลักษณะการไหลของของเหลว

ง. ความสกปรก – สะอาดของของเหลว

94. สิ่งใดต่อไปนี้ไม่ควรทำในการติดตั้งเครื่องมือวัด flow โดยใช้หลักการ Ultrasonic

ก. ติดตั้งด้านบนของท่อ

ข. ติดตั้งให้เยื้องกันเล็กน้อย

ค. ติดตังใกล้ปั๊ม

ง. ติดตั้งไว้ในที่โล่ง

95. Process ที่เหมาะกับแบบ Counter propagating คือข้อใด

ก. Process ที่สะอาด

ข. Process ที่มีสารแขวนลอย

ค. Process ที่มีของเหลว 2 ชนิดอยู่รวมกัน

ง. Process ที่มีการไหลแบบปั่นป่วนหลาย ๆ จุด

96. ข้อใดคือหลักการทำงานของ เครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบ โรตามิเตอร์

ก. ค่าของ Velocity head ของ fluid ที่เกิดขึ้นโดย น้ำหนักของลูกลอย

ข. ความสมดุลย์ระหว่าง Velocity head ของ fluid กับน้ำหนักของลูกลอย

ค. น้ำหนักของลูกลอยที่เปลี่ยนไปเมื่อถูก Velocity head ของ fluid ยกตัว

ง. การไหลปั่นป่วนที่เกิดจาก Velocity head ของ fluid กับน้ำหนักของลูกลอย

97. ข้อใดไม่ใช่ส่วนประกอบโครงสร้างของ flow Rota meter

ก. ท่อแก้ว

ข. ท่อโลหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. ลูกลอย

ง. เข็มชี้ค่า

98. ข้อใดไม่เกี่ยวกับหลักการของการวัดอัตราการไหลโดยใช้หลักการแม่เหล็กไฟฟ้า

ก. ใช้ของเหลวที่เป็นตัวนำไฟฟ้าไหลผ่านสนามแม่เหล็ก

ข. ใช้หลักการเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าในแนวตั้งฉากกับทิศทางการไหลและสนามแม่เหล็ก

ค. ใช้ท่อลำเลียงของเหลวเป็นตัวนำไฟฟ้า ไหลผ่านสนามแม่เหล็ก

ง. ใช้แม่เหล็กถาวร หรือ DC Excitation ในการสร้างสนามแม่เหล็ก

99. ข้อใดไม่ใช่สิ่งสำคัญของการใช้เครื่องมือวัดอัตราการไหลโดยใช้หลักการแม่เหล็กไฟฟ้า

ก. ค่าความนำไฟฟ้าของ fluid จะต้องมีค่าสูงตลอดเวลาที่ใช้งาน

ข. ต้องมีการทำความสะอาด Electrode เป็นระยะ ๆ

ค. ต้องเติม Fluid ในท่อ ให้เต็มอยู่ตลอดเวลาเพื่อตัดปัญหาของฟองอากาศ

ง. เวลาทำความสะอาดไม่ควรใช้วิธีทางไฟฟ้าเราเพราะอาจทำให้สนามแม่เหล็กเสียหายได้

100. ข้อใดไม่ใช่ข้อดีของ Magnetic flow meter

ก. ไม่เกิดความดันสูญเสียในมิเตอร์เลย

ข. สามารถใช้ได้ดีในสารแขวนลอย

ค. ผลของการวัดขึ้นอยู่กับลักษณะของการไหล

ง. สามารถใช้กับสารที่มีการกัดกร่อนได้

101. วัสดุที่ใช้ทำท่อที่ไม่เป็นสารแม่เหล็กชนิดใดเป็นที่นิยมมากที่สุด

ก. ท่อพลาสติกเสริมไฟเบอร์กลาส

ข. ท่อพลาสติกเคลือบด้วย PTFE

ค. ท่อพลาสติกเคลือบด้วย โพรียูรีเทน

ง. ท่อพลาสติกเคลือบด้วย นีโอพีลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

102. ในกรณีที่โครงสร้างเป็นท่อโลหะ เราจะสามารถทราบระดับของลูกลอยได้อย่างไร

ก. ใช้แม่เหล็ก

ข. ใช้ Pressure gauge ต่อ

ค. ใช้เชือกต่อด้านท้ายด้วยลูกลอย

ง. ใช้ท่อที่เป็นระบบปิด

103. ข้อใดไม่ใช่ลักษณะการใช้งาน flow Rota meter

ก. ดูอัตราการไหลของของเหลว

ข. ดูอัตราการไหลของก๊าซ

ค. ดูความหนืดของ fluid

ง. ใช้เป็นสวิตซ์ในการควบคุม Process

104. หาก flow มีอัตราการไหลสูง ๆ สามารถนำไปต่อกับอุปกรณ์ใดได้

ก. Positive Displacement

ข. Ultrasonic

ค. Orifice

ง. Nozzle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฉลยแบบทดสอบ

ข้อ	เฉลย	ข้อ	เฉลย	ข้อ	เฉลย	ข้อ	เฉลย	ข้อ	เฉลย	ข้อ	เฉลย
1	ง	21	ข	41	ค	61	ก	81	ค	101	ก
2	ข	22	ค	42	ข	62	ค	82	ง	102	ก
3	ข	23	ง	43	ข	63	ค	83	ก	103	ค
4	ก	24	ก	44	ค	64	ง	84	ข	104	ค
5	ข	25	ข	45	ง	65	ก	85	ก		
6	ง	26	ก	46	ข	66	ข	86	ง		
7	ข	27	ก	47	ก	67	ค	87	ข		
8	ค	28	ก	48	ค	68	ง	88	ค		
9	ค	29	ง	49	ก	69	ก	89	ค		
10	ง	30	ง	50	ค	70	ค	90	ก		
11	ข	31	ค	51	ง	71	ข	91	ค		
12	ค	32	ง	52	ก	72	ง	92	ข		
13	ค	33	ก	53	ข	73	ก	93	ง		
14	ข	34	ง	54	ง	74	ง	94	ค		
15	ก	35	ค	55	ค	75	ข	95	ก		
16	ง	36	ค	56	ข	76	ก	96	ข		
17	ข	37	ค	57	ค	77	ค	97	ง		
18	ก	38	ค	58	ก	78	ข	98	ค		
19	ค	39	ง	59	ก	79	ค	99	ง		
20	ง	40	ข	60	ง	80	ข	100	ข		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] สมศักดิ์ กีรติวุฒิเศรษฐ์. "หลักการและการใช้งานเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม", ส.เอเซียเพรส จำกัด ,2541

[2] พรจิต ปทุมสุวรรณ. "เครื่องมือวัดอุตสาหกรรมเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์", เรือนแก้วการพิมพ์ ,2541

[3] เยาวภา และ วิทยา สงวนวรรณ. "การออกแบบ Web graphic ด้วย HTML 3.2", First Pacific Media (Thailand) Co,.Ltd. ,2540

[4] รุ่งโรจน์ วนพฤกษาศิลป์ และ เกศมณี เที่ยงธรรม. "สร้างโฮมเพจแบบมืออาชีพได้ง่าย ๆ สไตล์ Dreamweaver 3.0", Offset Press Co,.Ltd. ,2543

[5] รศ.สุพิทย์ กาญจนพันธุ์. "สื่อการสอน", โครงการตำราคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[6] รศ.สุพิทย์ กาญจนพันธุ์. "การสื่อสารเพื่อการศึกษา", โครงการตำราคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[7] รศ.สุพิทย์ กาญจนพันธุ์. "เทคโนโลยีการศึกษา", โครงการตำราคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[8] ดร.มาลัย จีรวัฒนเกษตร์. "การวัดและการประเมิน" , โครงการตำราคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายไพบูลย์ หนูสุข
วันเดือนปีเกิด	6 กุมภาพันธ์ 2521
สถานที่เกิด	จังหวัด สงขลา
ภูมิลำเนาเดิม	38 หมู่ 1 ต.น้ำขาว อ.จะนะ จ.สงขลา 90130
ที่อยู่ปัจจุบัน	38 หมู่ 1 ต.น้ำขาว อ.จะนะ จ.สงขลา 90130
โทรศัพท์	-

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดน้ำขาวใน
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนวัดบวรนิเวศ
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส.)	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสากรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	เด็กดีไม่ดื้อเด็กดื้อไม่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายเอกพงษ์ พลหาญ
วันเดือนปีเกิด	3 พฤศจิกายน 2521
สถานที่เกิด	จังหวัด ชลบุรี
ภูมิลำเนาเดิม	20 หมู่ 2 ต.ห้วยกะปิ อ.เมือง จ.ชลบุรี 20000
ที่อยู่ปัจจุบัน	82/72 ม.3 แขวงลาดกระบัง เขตลาด กระบัง กทม.10520
โทรศัพท์	02 – 7392508 # 0

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านห้วยกะปิ
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนอ่างศิลาศิลาพิทยาคม
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคสัตหีบ
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคสัตหีบ
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสากรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	กล้าคิด กล้าทำ ในสิ่งที่ไม่ผิดกฎหมาย และศีลธรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้