

หนังสือเล่มนี้เรียบเรียงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2562 ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ



รหัสวิชา 20101-2105

ได้ผ่านการตรวจการประเมินคุณภาพจากสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 ครั้งที่ 1

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเลือก ประกาศลำดับที่ 24

งานปรับอากาศ รถยนต์

Automotive Air conditioning Job

ผศ. น.อ. รามจิตติ ฤทธิศร

129.-

งานปรับอากาศรถยนต์ (Automotive Air conditioning Job)

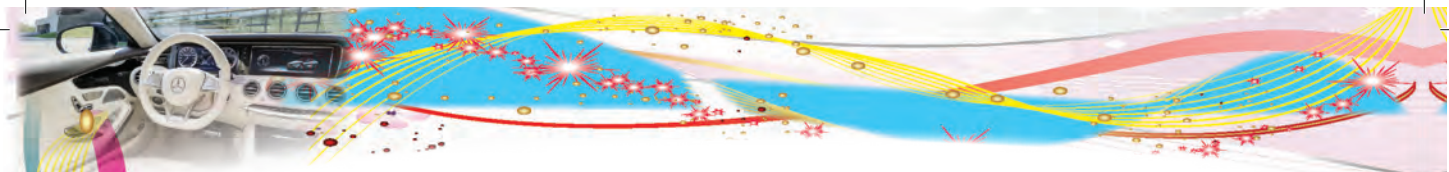
รหัสวิชา 20101-2105

หมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพ กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเลือก สาขางานยานยนต์
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562
ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างยนต์
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) กระทรวงศึกษาธิการ

เรียบเรียงโดย

วศ.น.อ. รามจิตติ ฤทธิสร

วท.บ. (ทอ. วิศวกรรมเครื่องกล)
M.Sc. (Mechanical Engineering)



งานปรับอากาศรถยนต์

(Automotive Air conditioning Job)

รหัสวิชา 20101-2105

ISBN 978 - 616 - 495-011-5

จัดพิมพ์และจัดจำหน่ายโดย....



บริษัทวังอักษร จำกัด

69/3 ถนนอรุณอมรินทร์ แขวงวัดอรุณ เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพฯ 10600

โทร. 0-2472-3293 โทรสาร 0-2891-0742 Mobile 08-8585-1521

Facebook : สำนักพิมพ์ วังอักษร

e-Mail : wangaksorn9@gmail.com

<http://www.wangakson.com>

ID Line : @wangaksorn



พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2562

จำนวนที่พิมพ์ 3,000 เล่ม

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537

โดย บริษัท วังอักษร จำกัด ห้ามนำส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้

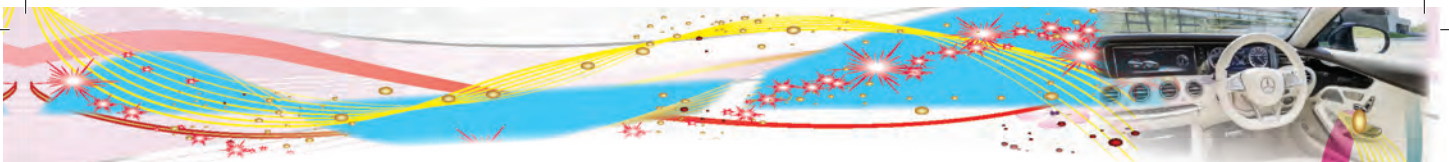
ไปทำซ้ำ ดัดแปลง หรือเผยแพร่ต่อสาธารณชน ไม่ว่ารูปแบบใด ๆ

นอกจากได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากทางบริษัทฯ เท่านั้น

ชื่อและเครื่องหมายการค้าอื่น ๆ ที่อ้างอิงในหนังสือฉบับนี้

เป็นสิทธิโดยชอบด้วยกฎหมายของเจ้าของแต่ละราย

โดย บริษัท วังอักษร จำกัด มิได้อ้างความเป็นเจ้าของแต่อย่างใด



งานปรับอากาศรถยนต์

(Automotive Air conditioning Job)

รหัสวิชา 20101-2105

จุดประสงค์รายวิชา

เพื่อให้

1. เข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างและหลักการทำงานของระบบเครื่องปรับอากาศรถยนต์
2. สามารถถอด ประกอบและตรวจสอบสภาพชิ้นส่วนของระบบเครื่องปรับอากาศรถยนต์
3. สามารถติดตั้งอุปกรณ์ แก๊สข้อขัดข้องและบำรุงรักษาระบบปรับอากาศรถยนต์
4. มีกิจนิสัยที่ดีในการทำงาน รับผิดชอบ ประณีต รอบคอบ ตรงต่อเวลา สะอาด ปลอดภัยและรักษาสภาพแวดล้อม

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและหลักการทำงานของระบบปรับอากาศรถยนต์
2. ถอด ประกอบและตรวจสอบสภาพชิ้นส่วนของระบบปรับอากาศรถยนต์
3. ติดตั้งอุปกรณ์และส่วนประกอบของระบบปรับอากาศรถยนต์
4. บริการและบำรุงรักษาระบบปรับอากาศรถยนต์

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับโครงสร้าง หลักการทำงาน การถอด ประกอบ ตรวจสอบสภาพ การติดตั้ง การเติมน้ำมันหล่อลื่น การตรวจสอบรอยรั่ว การทำสุญญากาศ การบรรจุสารทำความเย็น การฟื้นฟูสารทำความเย็นระบบไฟฟ้า ควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศรถยนต์ การแก้ไขข้อขัดข้องและบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศรถยนต์ การประมาณราคาค่าบริการ

ตารางวิเคราะห์สมรรถนะรายวิชา
วิชา งานปรับอากาศรถยนต์ รหัสวิชา 2101-2105
ท-ป-น 1 - 3 - 2 จำนวน 4 คาบ/สัปดาห์ รวม 72 คาบ

หน่วยที่	สมรรถนะรายวิชา	แสดงความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและหลักการ ทำงานของระบบปรับอากาศรถยนต์	ถอด ประกอบและตรวจสอบสภาพชิ้นส่วน ของระบบปรับอากาศรถยนต์	ติดตั้งอุปกรณ์และส่วนประกอบของระบบ ปรับอากาศรถยนต์	บริการและบำรุงรักษาระบบปรับอากาศ รถยนต์
1. การบ่งบอกสภาวะของสาร		✓			
2. วัฏจักรการทำความเย็น		✓			
3. สารทำความเย็น		✓			
4. เครื่องปรับอากาศรถยนต์		✓	✓	✓	
5. น้ำมันคอมเพรสเซอร์และการทำความเย็น		✓	✓		
6. เครื่องมือบริการเครื่องปรับอากาศรถยนต์		✓		✓	✓
7. การบริการเครื่องปรับอากาศ		✓			✓
8. การตรวจสอบและตรวจซ่อมเครื่องปรับอากาศ		✓	✓		
9. เครื่องปรับอากาศอัตโนมัติ		✓	✓		
10. การบริการคอมเพรสเซอร์		✓	✓		✓
11. ระบบการปรับอากาศ R-134a		✓	✓	✓	
12. การบริการระบบปรับอากาศ R-134a		✓	✓	✓	✓



ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ผู้สอน ผู้ประสาทวิชาความรู้ เอกสาร หนังสือที่ใช้ประกอบ
ในการเรียบเรียงไว้ ณ โอกาสนี้

ผศ.น.อ. รามจิตติ ฤทธิศร



บทที่ 1 การบ่งบอกสถานะของสาร

การบ่งบอกสถานะของสาร

ปริมาณความร้อน

แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ

บทที่ 2 วัฏจักรการทำความเย็น

วัฏจักรทำความเย็นแบบอัดไอทางทฤษฎี

วัฏจักรทำความเย็นแบบอัดไอจริง

วัฏจักรการทำงานด้านความดันสูง

วัฏจักรการทำงานด้านความดันต่ำ

แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ

บทที่ 3 สารทำความเย็น

คุณสมบัติของสารทำความเย็น

ชนิดของสารทำความเย็น

คุณสมบัติของสารทำความเย็น R-12

วิวัฒนาการของสารทำความเย็น

สารทำความเย็น R-134a

สิ่งกีดขวางสารทำความเย็น

แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ

บทที่ 4 เครื่องปรับอากาศรถยนต์

ส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศ

คอมเพรสเซอร์

คอนเดนเซอร์

รีซีฟเวอร์ดรายเออร์

หน่วยทำความเย็น

เอกซ์แพนชันวาล์ว

อีวาพอเรเตอร์

1 แอมป์ไฟฟเฟอร์ 92

4 รีเลย์เครื่องปรับอากาศ 93

13 สวิตช์ความดัน 94

17 วาล์วแม่เหล็ก 97

อุปกรณ์เพิ่มรอบเดินเบา 99

20 คอมเพรสเซอร์บางแบบที่ผลิตขึ้นมาใช้งาน

22 ในระบบปรับอากาศรถยนต์ 105

24 แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ 111

26

27 **บทที่ 5 น้ำมันคอมเพรสเซอร์**

29 **และการทำความเย็น 114**

น้ำมันคอมเพรสเซอร์ 116

31 ปริมาณน้ำมันคอมเพรสเซอร์ 117

33 การทำความเย็น 118

34 ระบบปรับอากาศ (Air conditioning System) 121

37 เครื่องปรับอากาศรถยนต์ 122

41 ชนิดของเครื่องปรับอากาศภายในรถยนต์ 123

45 ระบบปรับอากาศ 124

48 วิวัฒนาการของสารทำความเย็น 126

51 แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ 135

53 บทที่ 6 เครื่องมือบริการ

55 **เครื่องปรับอากาศรถยนต์ 138**

56 เครื่องมือบริการ 140

76 เกจแมนิโฟลด์ 141

78 เครื่องมือตรวจสอบการรั่ว 146

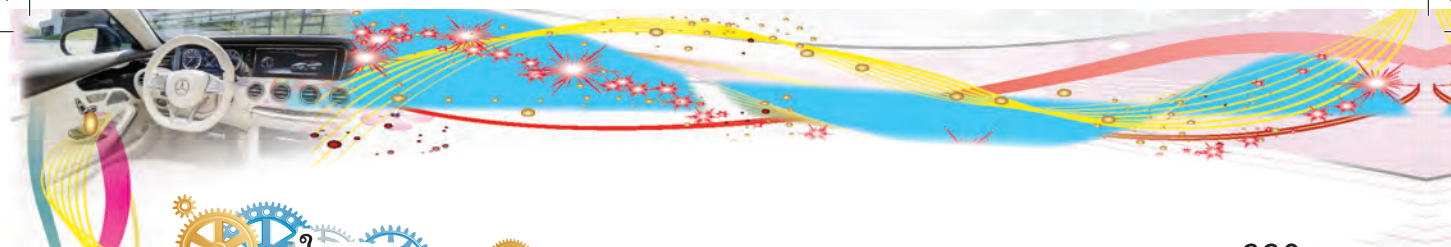
79 ปีม์สุญญากาศ 150

80 คอมเพรสเซอร์ 150

84 แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ 152



บทที่ 7 การบริการเครื่องปรับอากาศ	155	บทที่ 9 เครื่องปรับอากาศอัตโนมัติ	234
ข้อควรปฏิบัติในการบริการ	157	เครื่องปรับอากาศอัตโนมัติ	236
การติดตั้งเกจแมนิโฟลด์	159	เครื่องปรับอากาศอัตโนมัติแบบสุญญากาศ	
การถ่ายสารทำความเย็นในระบบทำความเย็น	160	(Vacuum Type)	236
การทำสุญญากาศ	161	เครื่องปรับอากาศอัตโนมัติแบบไฟฟ้า	
การประกอบวาล์วเจาะสารทำความเย็น	163	(Electric Type)	248
วิธีการการทำงานด้านความดันต่ำ	163	แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	250
การเติมสารทำความเย็นในสภาพของเหลว			
จากกระป๋องสารทำความเย็น	164	บทที่ 10 การบริการคอมเพรสเซอร์	253
การเติมสารทำความเย็นในสภาพเป็นไอ		การบริการคอมเพรสเซอร์แบบสวอชเฟลต	256
เข้าระบบที่ว่างเปล่าหรือเข้าบางส่วน	166	การบริการคอมเพรสเซอร์แบบเวนโรตารี	268
การเติมสารทำความเย็นในสภาพเป็นไอเข้าระบบ		แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	280
ด้วยภาชนะบรรจรูปแบบอื่น	167		
การเติมสารทำความเย็นในสภาพเป็นไอ		บทที่ 11 ระบบการปรับอากาศ R-134a	282
จากถังสารทำความเย็น	168	การเปรียบเทียบ R-134a กับ R-12	284
การทดสอบสมรรถนะ	169	น้ำมันคอมเพรสเซอร์	285
การทดสอบสมรรถนะของ		วัสดุทำซีล	287
เครื่องปรับอากาศรถยนต์	171	ท่อความดันสูงและต่ำ	288
การตรวจสอบในรถยนต์	175	สารดูดความชื้น	289
การตรวจสอบด้วยการสัมผัสและสายตา	179	การป้องกันความผิดพลาดในการใช้	
การตรวจสอบสิ่งผิดปกติ	180	สารทำความเย็นและข้อต่อท่อ	289
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	183	การป้องกัน การปล่อยสารทำความเย็น	
		สู่บรรยากาศ	293
บทที่ 8 การตรวจสอบและตรวจซ่อม		การเข้ากันได้เหมาะสมของระบบ	295
 เครื่องปรับอากาศ	185	การเปลี่ยนชิ้นส่วนประกอบต่าง ๆ	296
การตรวจสอบระบบทำความเย็นด้วย		แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	301
เกจแมนิโฟลด์	187	บทที่ 12 การบริการระบบปรับอากาศ R-134a	303
ส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศรถยนต์		ชิ้นส่วนแลกเปลี่ยนไม่ได้	305
ที่ต้องตรวจสอบ	199	การเปลี่ยนชิ้นส่วนต่าง ๆ	307
หลักการวงจรไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศ	200	ข้อควรระวังสำหรับการบริการ	309
การตรวจสอบความผิดปกติของอุปกรณ์ต่าง ๆ		การเติมสารทำความเย็น	313
ในระบบปรับอากาศรถยนต์	201	การตรวจสอบปริมาณสารทำความเย็นที่เติม	316
การวิเคราะห์ความผิดปกติของอุปกรณ์ต่าง ๆ	220	การซ่อมคอมเพรสเซอร์	317
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	230	การค้นหาปัญหาข้อขัดข้องด้วยเกจแมนิโฟลด์	319
		แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	327



330



356



374



384



391





บทที่

1

การบ่งบอกสถานะของสาร

แนวคิด

การบ่งบอกสถานะของสาร เป็นมาตรที่ใช้กำหนดความเป็นอยู่ของสาร ณ สถานะหนึ่ง และ ยังเป็นการบอกสมบัติของสารอีกด้วย มาตรพื้นฐานที่นิยมใช้ในการบ่งบอกสถานะของสาร คือ อุณหภูมิ ความดัน และปริมาตร



สาระการเรียนรู้

1. การบ่งบอกสภาวะของสาร
2. ปริมาณความร้อน

สมรรถนะ

1. บ่งบอกสภาวะของสาร
2. คำนวณหาปริมาณความร้อนได้ถูกต้อง

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

หลังศึกษาจบบทเรียนนี้แล้ว นักเรียนจะมีความสามารถดังนี้

1. อธิบายการบ่งบอกสภาวะของสาร
2. บ่งบอกสภาวะของสารต่าง ๆ
3. อธิบายความหมายของความร้อนจำเพาะ
4. สรุปลักษณะการเปลี่ยนสถานะของสสาร
5. ยกตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณความร้อน

บทที่ 1

การบ่งบอกสถานะของสาร

วัตถุประสงค์ในการทำงานของเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศเป็นอย่างเดียวกัน นั่นคือ “ความต้องการที่จะทำให้ความเย็นและลดความชื้นให้กับบริเวณใดบริเวณหนึ่งที่กำหนด” อย่างไรก็ตาม ขอบเขตของความต้องการจริงของทั้งสองอุปกรณ์ยังมีข้อปลีกย่อยที่แตกต่างกันออกไป การทำความเย็นถูกนำไปใช้ในเชิงอุตสาหกรรมโดยหลักการแล้ว การทำความเย็นคือ “การดึงเอาความร้อนออกไปจากสาร” ดังนั้น การทำความเย็นจึงเหมาะสมกับกระบวนการถนอมอาหาร กระบวนการทางเคมี และกระบวนการทางปิโตรเคมี เป็นต้น

ในลักษณะเดียวกัน การปรับอากาศมีความหมายมากกว่าแค่การทำให้เกิดความเย็นเพียงอย่างเดียว นิยามของการปรับอากาศ หมายถึง “กระบวนการเปลี่ยนแปลงสถานะของอากาศเพื่อควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น ความสะอาด และการกระจายของอากาศไปพร้อม ๆ กัน เพื่อให้เกิดความสบายแก่ผู้ที่อยู่อาศัยในขอบเขตที่ได้รับการปรับอากาศนั้น” ดังนั้น การปรับอากาศรวมไปถึงการทำความร้อน การควบคุมความเร็วของอากาศ การแผ่รังสีความร้อน การจัดสิ่งสกปรกต่าง ๆ ในอากาศ อีกด้วย

ดังนั้น ความเข้าใจที่ว่า “การทำความเย็นหรือการปรับอากาศ คือ การเป่าความเย็นเข้ามาในบริเวณที่ต้องการทำความเย็น” นั้น เป็นความเข้าใจที่ผิด หลักของการสร้างความเย็นที่แท้จริง คือ “การพาความร้อนจากบริเวณที่ต้องการทำความเย็นออกไปที่บริเวณอื่น” ยกตัวอย่างเช่น การที่ผิวหนังรู้สึกเย็นเมื่อทาแอลกอฮอล์ (แม้จะไม่มีลมพัดผ่าน) เพราะแอลกอฮอล์ที่ทาดูดความร้อนที่บริเวณผิวหนังเพื่อใช้ในการระเหยกลายเป็นไอ เป็นต้น

บทที่ 1 การบ่งบอกสถานะของสสาร

การที่จะทำให้เข้าใจถึงเรื่องการทำความเย็นหรือการปรับอากาศ จำเป็นต้องเข้าใจทฤษฎีที่สร้างจากปรากฏการณ์ธรรมชาติ (ซึ่งเป็นสิ่งที่เข้าใจกันอยู่แล้ว) ดังจะได้อธิบายต่อไป

การบ่งบอกสถานะของสสาร เป็นมาตรที่ใช้กำหนดความเป็นอยู่ของสสาร ณ สถานะหนึ่ง และยังเป็นการบอกสมบัติของสารอีกด้วย มาตรฐานที่นิยมใช้ในการบ่งบอกสถานะของสสาร คือ อุณหภูมิ ความดัน และปริมาตร



การบ่งบอกสถานะของสสาร

อุณหภูมิ

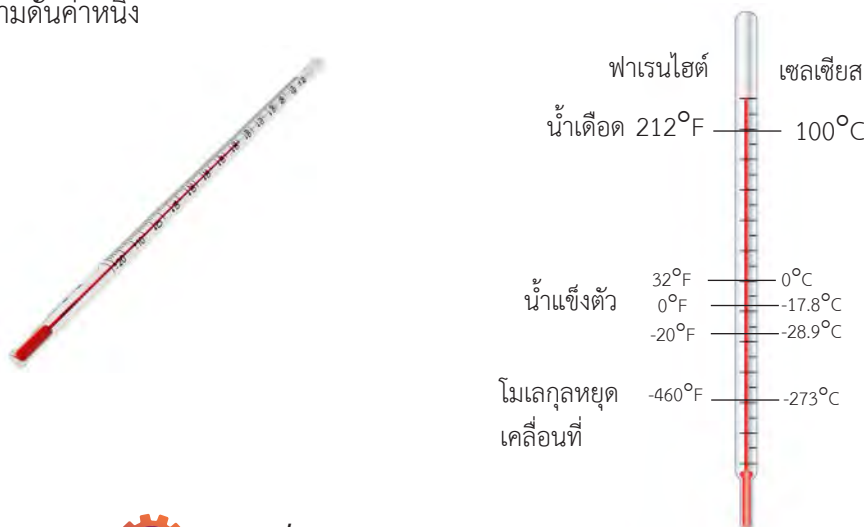
อุณหภูมิ (Temperature, T) เป็นมาตรที่ใช้บอกระดับ (Level) ความร้อน ความเย็นของสสาร แต่ไม่ได้บอกปริมาณ (Quantity) โดยตรง ตัวอย่างเช่น ถ้าบอกว่า “น้ำในอ่างนี้มีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส” คงไม่มีใครยื่นมือลงไปเพราะเข้าใจว่าน้ำในอ่างนี้ร้อนมาก แต่ถ้าถามต่อไปว่า “มีความร้อนเท่าไร” คงตอบไม่ได้ จนกว่าจะได้ทราบมวลความร้อนจำเพาะของน้ำเสียก่อน

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิคือ **เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)** ดังรูปที่ 1.1 มีลักษณะเป็นหลอดแก้วใสมีขีดแบ่งระดับตามแต่ละมาตรที่จะวัด ภายในบรรจุด้วยปรอทซึ่งอยู่ที่ด้านปลายหรือเรียกว่า กระเปาะ เมื่อมีความร้อนมากกระทบที่กระเปาะ ปรอทภายในจะเปลี่ยนรูปร่าง (ขยายตัวหรือหดตัว) ไปตามหลอดแก้ว เรียกเทอร์โมมิเตอร์แบบนี้ว่า **แบบกระเปาะแห้ง (Dry Bulb, D.B)**

จุดเดือด (Boiling Point, B.P.) คือ อุณหภูมิที่สารเปลี่ยนสถานะจากของเหลวไปเป็นไอ ณ ความดันค่าหนึ่ง

จุดเยือกแข็ง (Freezing Point, F.P.) คือ อุณหภูมิที่สารเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็ง ณ ความดันค่าหนึ่ง

ที่มา :



รูปที่ 1.1 เทอร์โมมิเตอร์

จุดหลอมเหลว (Melting Point, M.P.) คือ อุณหภูมิที่สารเปลี่ยนสถานะจากของแข็งไปเป็นของเหลว ณ ความดันค่าหนึ่ง

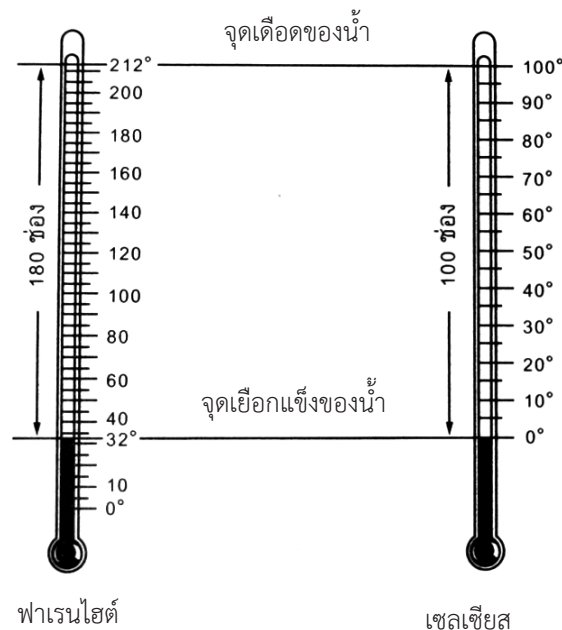
จุดทั้งสามจะใช้เป็นตัวกำหนดย่านของสถานะ ดังนี้

$T < \text{F.P.}$ สถานะของสารจะเป็นของแข็ง (solid, s)

$\text{F.P.} < T < \text{B.P.}$ สถานะของสารจะเป็นของเหลว (liquid, l)

$T > \text{B.P.}$ สถานะของสารจะเป็นก๊าซ (gas, g)

หน่วยที่ใช้บอกระดับความร้อนของอุณหภูมิที่นิยมใช้ในงานปรับอากาศมีอยู่ 2 หน่วย คือ องศาเซลเซียส (Celsius, $^{\circ}\text{C}$) และองศาฟาเรนไฮต์ (Fahrenheit, $^{\circ}\text{F}$) องศาเซลเซียสแบบระดับการวัดอยู่ในช่วง 0 ถึง 100 องศา ขณะที่องศาฟาเรนไฮต์แบ่งเป็น 32 ถึง 212 องศา โดยการเทียบกับน้ำบริสุทธิ์ที่ความดัน 1 บรรยากาศ กล่าวคือ จุดเดือดของน้ำจะอยู่ที่ 100°C หรือ 212°F และจะมีจุดเยือกแข็ง (หรือหลอมเหลว) ที่ 0°C หรือ 32°F ดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 เปรียบเทียบจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของน้ำระหว่างสองมาตรวัด

มีความจริงเกี่ยวกับเทอร์โมมิเตอร์อยู่ประการหนึ่งที่ว่า เทอร์โมมิเตอร์เป็นหลอดแก้วซึ่งบรรจุไว้ด้วยปรอทซึ่งเป็นสารบริสุทธิ์ จึงมีคุณสมบัติ (Properties) คงตัว ดังนั้น ไม่ว่าจะใช้เทอร์โมมิเตอร์สเกลใดวัดอุณหภูมิของสารที่สถานะเดียวกัน ระดับปรอทต้องขึ้นไปได้สูงเท่ากัน แต่ค่าที่อ่านได้จะต่างกันเนื่องจากสเกลถูกแบ่งไว้ต่างกัน ดังนั้น จึงสามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\frac{\text{Scale} - \text{F.P.}}{\text{B.P.} - \text{F.P.}} = \text{คงที่}$$

สร้างความสัมพันธ์ระหว่างสเกลต่าง ๆ ได้เป็น

$$\frac{C - 0}{100 - 0} = \frac{F - 32}{212 - 32}$$

คูณตลอดด้วย 20 จะได้

$$\frac{(20)C}{100} = \frac{20(F - 32)}{180}$$

$$\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{8}$$

ดังนั้น การแปลงหน่วยระหว่างองศาทั้งสองกระทำได้โดยใช้ความสัมพันธ์

$$^{\circ}\text{F} = 1.8 (^{\circ}\text{C}) + 32 \quad (1.1)$$

โดยที่ C คือ อุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์แบบเซลเซียส

F คือ อุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์แบบฟาเรนไฮต์

ตัวอย่างที่ 1.1 สารบริสุทธิ์ชนิดหนึ่ง มีจุดเดือด 40°C และจุดเยือกแข็งที่ -15°C สารดังกล่าวนี้ ที่อุณหภูมิ -5°C จะมีสถานะเช่นใด

วิธีทำ เขียนช่วงอุณหภูมิของสาร

พบว่า -5°C อยู่ในช่วงระหว่างจุดเดือดและจุดเยือกแข็ง ดังนั้น สารนี้ ณ อุณหภูมิ -5°C จึงมีสถานะเป็นของเหลว

ตอบ

ตัวอย่างที่ 1.2 เทอร์โมมิเตอร์อันหนึ่งอ่านค่าอุณหภูมิได้ 30°C จะอ่านค่าได้เท่าไรในหน่วย $^{\circ}\text{F}$



วิธีทำ จากสมการที่ 1.1

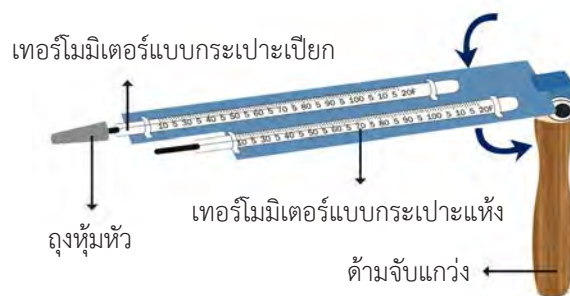
$$^{\circ}\text{F} = 1.8 (^{\circ}\text{C}) + 32$$

$$^{\circ}\text{F} = 1.8(30) + 32 = 86$$

ตอบ

นอกจากนี้เทอร์โมมิเตอร์ยังสามารถนำมาใช้วัดระดับความชื้นได้อีกด้วย โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า **สลิงไซโครมิเตอร์ (Sling Psychrometer)** ดังรูปที่ 1.3 ซึ่งเป็นชุดของเทอร์โมมิเตอร์ 2 อัน อันหนึ่งเป็นกระเปาะแห้งส่วนอีกอันจะเป็นกระเปาะเปียก

กระเปาะ (Bulb) หมายถึง ส่วนที่อยู่ล่างสุดของเทอร์โมมิเตอร์ ทำหน้าที่รับและคายความร้อนให้กับปรอท กระเปาะแห้ง (Dry Bulb) หมายถึง กระเปาะที่บรรจุปรอท มีความแห้ง ไม่มีสิ่งที่เปียกชื้นห่อหุ้มอยู่ อุณหภูมิที่ได้จากกระเปาะแห้ง เป็นอุณหภูมิที่วัดได้ในขณะนั้นและในสถานที่นั้น ขณะที่กระเปาะเปียก (Wet Bulb) หมายถึง กระเปาะที่บรรจุปรอท ที่ถูกหุ้มด้วยผ้าหรือสำลีชุบน้ำพันไว้รอบ ๆ



รูปที่ 1.3 สลิงเทอร์โมมิเตอร์

อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature) คือ อุณหภูมิที่วัดได้จากเทอร์โมมิเตอร์ โดยทั่วไป ในขณะที่เทอร์โมมิเตอร์ใช้ในการวัดแห้งสนิท ค่าที่ได้ใช้ตัวย่อว่า **DB**

อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature) คือ อุณหภูมิที่วัดได้จากเทอร์โมมิเตอร์ ในขณะที่ใช้ผ้าหรือสำลีชุบน้ำพันไว้รอบกระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์ และทำการแกว่งเทอร์โมมิเตอร์เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนให้เร็วขึ้นระหว่างอากาศกับผ้าหรือสำลีชุบน้ำ ผลของการแกว่งทำให้อุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์ลดลงอย่างรวดเร็วในตอนแรก และค่อย ๆ ลดลงจนหยุดนิ่งถึงแม้จะแกว่งต่อไปอีก แสดงว่า ความชื้นในบรรยากาศมีค่าเท่ากับความชื้นของผ้าหรือสำลีชุบน้ำ อุณหภูมิในที่นี้จะใช้เป็นตัวเปรียบเทียบความชื้นในบรรยากาศ ใช้ตัวย่อว่า **WB**

- ถ้า DB เท่ากับหรือใกล้เคียง WB แสดงว่าความชื้นในบรรยากาศมีน้อย
- ถ้า DB แตกต่างจาก WB มาก แสดงว่าความชื้นในบรรยากาศมีมาก

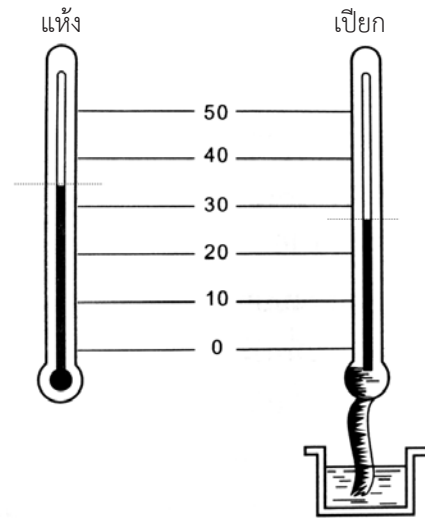
บทที่ 1 การบ่งบอกสถานะของสสาร

ผลต่างระหว่าง DB และ WB เรียกว่า **WB Depression** โดยผลต่างอุณหภูมิของทั้งสองกระเปาะสามารถกำหนดลงบนแผนภาพไซโครเมตริกเพื่อหาค่าความชื้นได้

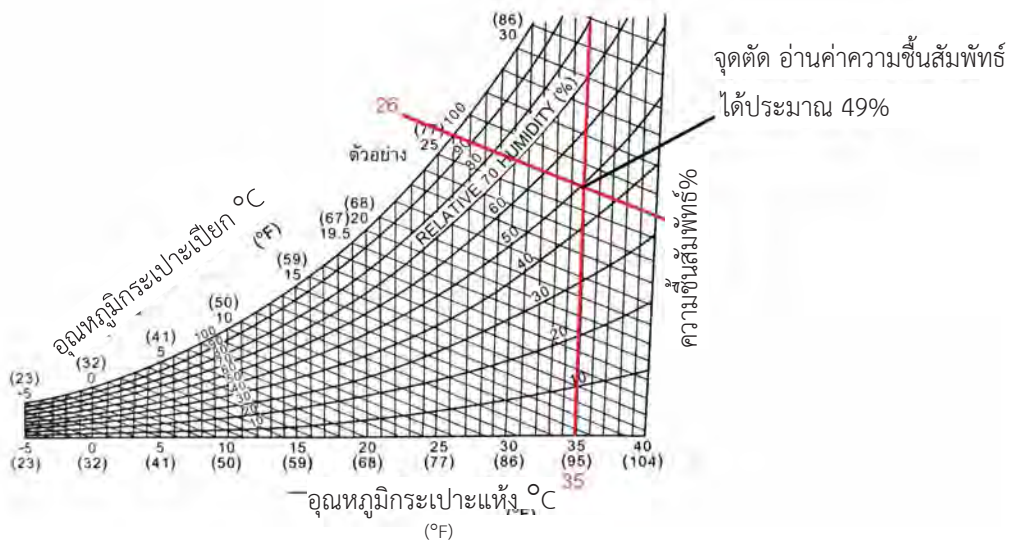
ตัวอย่างที่ 1.3 วัดอุณหภูมิกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้งของห้องโดยสารรถยนต์คันหนึ่ง ได้ดังรูปที่ 1.4 จงหาความชื้นสัมพัทธ์ของห้องโดยสารรถยนต์ดังกล่าว

วิธีทำ จากรูปที่ 1.4 ประมาณอุณหภูมิกระเปาะแห้งได้ 35°C และกระเปาะเปียกได้ 26°C

กำหนดจุดตัดจากอุณหภูมิทั้งสองบนแผนภาพไซโครเมตริก (รูปที่ 1.5) ได้ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 49%



รูปที่ 1.4 การวัดอุณหภูมิกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียกของห้องโดยสารรถยนต์



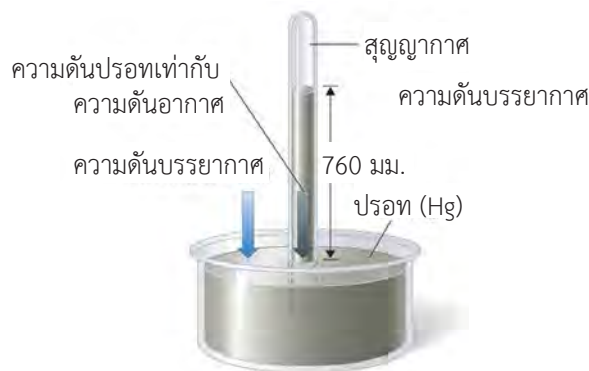
รูปที่ 1.5 แผนภาพไซโครเมตริกที่ได้

อุณหภูมิอิ่มตัว (Saturation Temperature) หมายถึง อุณหภูมิของของเหลวที่เปลี่ยนไปเป็นไอ หรือเป็นจุดที่ของเหลวเปลี่ยนสถานะการเดือด (Boiling Temperature) อุณหภูมิอิ่มตัวของสารแต่ละชนิดไม่เท่ากัน เช่น เหล็กกลายเป็นไอที่อุณหภูมิ $4,450^{\circ}\text{F}$ ทองแดง $4,250^{\circ}\text{F}$ ตะกั่ว $3,000^{\circ}\text{F}$ น้ำ 212°F แอลกอฮอล์ 170°F แอมโมเนีย -28°F ออกซิเจน -295°F ฮีเลียม -452°F ในระบบเครื่องเย็นอุณหภูมิอิ่มตัวของสารทำความเย็นในเครื่องเย็น คือ จุดที่สารทำความเย็นเดือดกลายเป็นไอหมด

ความดัน

จากหัวข้อของอุณหภูมิได้กล่าวไปแล้วว่า “น้ำจะเดือดที่ 100°C เมื่อความดันเท่ากับ 1 บรรยากาศ” ดังนั้น บนยอดเขาที่มีระดับความสูงมาก ความดันจะลดต่ำลง จึงไม่สามารถต้มน้ำให้เดือดที่ 100°C ได้ เช่น ที่ยอดเขาหิมาลัยซึ่งมีความดันเพียง 0.32 บรรยากาศ สามารถต้มน้ำให้เดือดได้ที่อุณหภูมิเพียง 71°C เป็นต้น ดังนั้น จึงจะเห็นได้ว่าระดับของความดันจะแปรผันตามระดับของอุณหภูมินั่นเอง

ความดัน (Pressure, P) คือ แรงที่กระทำต่อหน่วยพื้นที่ ดังนั้น หน่วยของความดันจึงเป็นนิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2) ตามระบบ SI หรือปอนด์ต่อตารางนิ้ว (lb/in^2) ตามหน่วยอังกฤษ ระดับความดันที่ใช้เป็นมาตรฐาน คือ ความดันที่ระดับน้ำทะเล ซึ่งถือว่ามีค่า 1 บรรยากาศ (atm) ความดันระดับนี้สามารถดันให้ปรอทซึ่งบรรจุในหลอดแก้วสูงขึ้น 760 มิลลิเมตรหรือดันน้ำให้สูงขึ้น 10.33 เมตร ดังรูปที่ 1.6



รูปที่ 1.6 ความดัน 1 บรรยากาศในหลอดแก้ว

ความดันสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ **ความดันสัมบูรณ์ (Absolute Pressure, abs)** และ **ความดันเกจ (Gage Pressure, G)**

1. **ความดันสัมบูรณ์** คือ ความดันที่นับเริ่มต้นจากสุญญากาศ กล่าวคือ นับ 0 จากสถานะที่ไม่มีมีความดันเลย ความดันชนิดนี้นิยมใช้ในแผนภูมิ $P - h$

2. **ความดันเกจ** คือ ความดันที่นับเริ่มต้นจากความดันบรรยากาศ กล่าวคือ นับ 0 ต่อจากความดันบรรยากาศ ความดันชนิดนี้ได้จากการอ่านค่าจากมาตรวัดต่าง ๆ ดังนั้น ความสัมพันธ์ระหว่างความดันทั้งสองสรุปได้เป็น

บทที่ 1 การบ่งบอกสถานะของสสาร

$$\text{ความดันสัมบูรณ์} = \text{ความดันเกจ} + \text{ความดันบรรยากาศ} \quad (1.2)$$

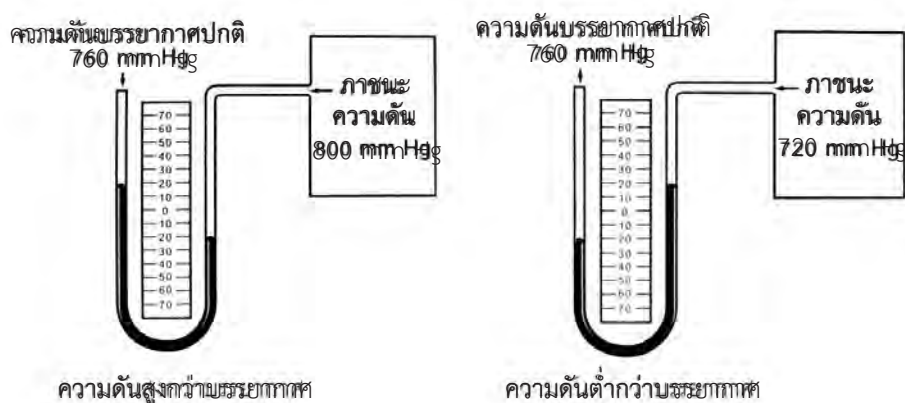
โดยทั่วไปมาตรฐานที่ใช้วัดความดันในระบบเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศจะเป็น $\text{kgf/cm}^2 \text{ G}$ จึงอาจจะเขียนความสัมพันธ์ใหม่ได้เป็น

$$\text{ความดันสัมบูรณ์} (\text{kgf/cm}^2 \text{ abs}) = \text{ความดันเกจ} (\text{kgf/cm}^2 \text{ G}) + 1.033 \quad (1.3)$$

การบอกค่าความดันจะเป็นความดันสัมบูรณ์ แต่จะละไว้ในฐานที่เข้าใจโดยไม่เขียน abs บอกไว้

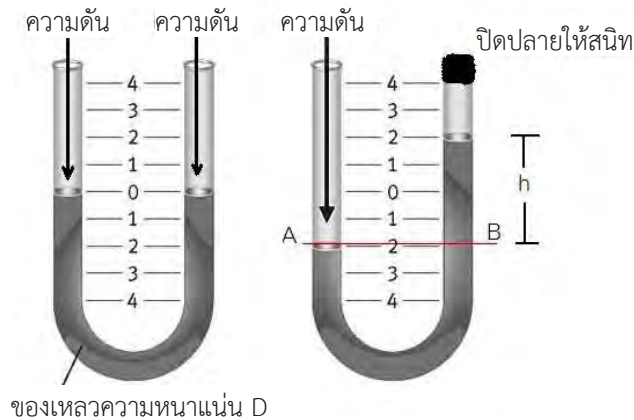
มาโนมิเตอร์รูปตัวยู (U-Tube Manometer) เป็นเครื่องมือวัดความดันที่อาศัยหลักการสมดุลความดัน (Balance Pressure) กับน้ำหนักของของเหลวภายใน Column ดังนั้น การตอบสนองการวัดของ Manometer ขึ้นอยู่กับการเคลื่อนไหวของของเหลวใน Column มาโนมิเตอร์รูปตัวยูจะมีรูปแบบง่ายที่สุดในบรรดามาโนมิเตอร์รูปแบบทั้งหลาย ส่วนมากนิยมใช้งานในห้องทดลองเนื่องจากสามารถเลือกใช้ได้กับของเหลวเกือบทุกชนิดแต่ที่นิยมใช้ คือ น้ำและปรอท ตลอดจนสามารถอ่านและบันทึกค่าได้ค่อนข้างแม่นยำด้วย

มาโนมิเตอร์รูปตัวยูลักษณะโครงสร้างเป็นหลอดแก้วรูปตัว U และต้องเติมของเหลวเข้าไปบางส่วนที่นิยมใช้ที่สุด คือ น้ำหรือปรอท เนื่องจากว่าทั้งของเหลวทั้ง 2 ชนิดมีค่าน้ำหนักจำเพาะ (Specific Weight) คงที่แม้อุณหภูมิจะเปลี่ยนไป อาจปล่อยปลายด้านหนึ่งไว้กับบรรยากาศและปลายด้านหนึ่งต่อเข้ากับจุดวัดความดัน ดังรูปที่ 1.7



รูปที่ 1.7 การวัดความดันเทียบกับความดันบรรยากาศ

พิจารณารูปที่ 1.8 เพื่อหาความสัมพันธ์



รูปที่ 1.8 การสมดุลความดัน

รูปด้านซ้ายมือเป็นการเปิดปลายแขนทั้งสองข้างออก ความดันบรรยากาศที่กดลงมาบนของเหลวที่อยู่ในแขนทั้งสองข้างจะเท่ากันจึงทำให้ระดับของของเหลวสูงเท่ากัน

จากนั้น ปิดปลายข้างหนึ่งให้สนิทให้เป็นสุญญากาศ จึงเหลือแต่ความดันบรรยากาศกดลงที่ของเหลวในแขนข้างซ้ายเพียงข้างเดียว ระดับของเหลวจึงถูกกดลงให้ไปสูงขึ้นที่แขนข้างขวาเป็นระยะ h

จากข้อกำหนดที่ว่าระดับความสูงเดียวกัน ความดันจะมีขนาดเท่ากัน ดังนั้น ความดันที่ A จึงเท่ากับความดันที่ B หรือเขียนได้ว่า $P_A = P_B$

แต่ $P_A = P_{\text{บรรยากาศ}}$

และ $P_B = \text{น้ำหนักของของเหลวความหนาแน่น } D \text{ ที่กดลงบนพื้นที่ } B$

พิจารณาได้ว่าเป็นลักษณะของความดันที่เกิดขึ้นจากแรงกดลงบนพื้นที่ ในที่นี้แรงที่กระทำบนพื้นที่ B คือ น้ำหนักของของเหลวที่อยู่บนพื้นที่นั้น

ดังนั้น $P = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A}$

จากนิยามความหนาแน่น $m = DV$

แต่ปริมาตรของของเหลวคือ $V = Ah$ โดยที่ h คือ ความสูงของระดับของของเหลวในแขนข้างขวา แทนความสัมพันธ์ทั้งหมดลงไปในสมการความดันจะได้ว่า

$$P = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A} = \frac{DVg}{A} = \frac{DAhg}{A} = Dgh$$

หรือ $P_B = Dgh$