



เครื่องทำความเย็น และปรับอากาศ

Refrigerator and Air-Conditioner



พศ. น.อ. งามจิตติ ฤทธิศร

140.-



เครื่องทำความเย็น และปรับอากาศ

Refrigeration 30104-0005

and Aircondition

รายวิชาปรับปรุงพื้นฐานวิชาชีพ

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาไฟฟ้า

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2563

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) กระทรวงศึกษาธิการ

เรียบเรียงโดย

พศ.น.อ. รามจิตติ ฤทธิสร

เครื่องทำความเย็น และปรับอากาศ (Refrigeration and Aircondition)

รหัสวิชา 30104-0005

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับศัพท์เทคนิคในงานเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ หลักการทำความเย็นและปรับอากาศเบื้องต้น ระบบทำความเย็นแบบอัดไอและแบบดูดซึม หลักการถ่ายโอนความร้อน อุณหภูมิต่ำ ความดัน กฎของบอยล์ กฎของชาร์ล งานท่อ งานบริการคอมเพรสเซอร์ งานตรวจรอยรั่ว งานทำสุญญากาศ งานบรรจุสารทำความเย็น งานติดตั้งและบริการเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ
National Library of Thailand Cataloging in Publication Data
รามจิตติ ฤทธิศรี.

เครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ.-- กรุงเทพฯ : วังอักษร, 2563.
416 หน้า.

1. เครื่องทำความเย็น. 2. เครื่องปรับอากาศ I. ชื่อเรื่อง.
621.57
ISBN 978-616-495-157-0

จัดพิมพ์และจัดจำหน่ายโดย...



บริษัท วังอักษร จำกัด

69/3 ถนนอรุณอมรินทร์ แขวงวัดอรุณ เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพฯ 10600

โทร. 0-2472-3293-5 โทรสาร 0-2891-0742 Mobile : 08-8585-1521

e-Mail : wangaksorn9@gmail.com

ID Line : @wangaksorn

Facebook : สำนักพิมพ์ วังอักษร

<http://www.wangaksorn.com>



พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2563

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537
โดยบริษัท วังอักษร จำกัด ห้ามนำส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้ไปทำซ้ำ
ดัดแปลง หรือเผยแพร่ต่อสาธารณชน ไม่ว่ารูปแบบใด ๆ นอกจากได้รับอนุญาต
เป็นลายลักษณ์อักษรล่วงหน้าจากทางบริษัทฯ เท่านั้น
ชื่อและเครื่องหมายการค้าอื่น ๆ ที่อ้างอิงในหนังสือฉบับนี้
เป็นสิทธิโดยชอบด้วยกฎหมายของเจ้าของแต่ละราย
โดยบริษัท วังอักษร จำกัด มิได้อ้างความเป็นเจ้าของแต่อย่างใด



คำนำ



วิชาเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ รหัสวิชา 30104-0005 รายวิชาปรับปรุงพื้นฐานวิชาชีพ ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาไฟฟ้า หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2563 นำเสนอเนื้อหาที่เข้าใจง่าย มีลำดับขั้นตอน มีภาพประกอบ และแบบฝึกหัดท้ายบท เพื่อให้นักศึกษาค้นคว้าและทำความเข้าใจเพิ่มเติม โดยผู้เขียนได้บริหารสาระการเรียนรู้แบ่งเป็น 20 บทเรียน และได้จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้/แผนการสอนที่มุ่งเน้นฐานสมรรถนะ (Competency Based) และการบูรณาการ (Integrated) ตรงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา คำอธิบายรายวิชา ในแต่ละบทเรียนมุ่งให้ความสำคัญส่วนที่เป็นความรู้ ทฤษฎี หลักการ กระบวนการ และส่วนที่เป็นทักษะประสบการณ์ เร่งพัฒนาบทบาทของผู้เรียนเป็นผู้จัดการแสวงหาความรู้ (Explorer) เป็นผู้สอนตนเองได้ สร้างองค์ความรู้ใหม่ และบทบาทของผู้สอนเปลี่ยนจากผู้ให้ความรู้มาเป็นผู้จัดการชี้แนะ (Teacher Roles) จัดสิ่งแวดล้อมเอื้ออำนวยต่อความสนใจเรียนรู้ และเป็นผู้ร่วมเรียนรู้ (Co-investigator) จัดห้องเรียนเป็นสถานที่ทำงานร่วมกัน (Learning Context) จัดกลุ่มเรียนรู้ให้รู้จักทำงานร่วมกัน (Grouping) ฝึกการยอมรับความคิดเห็นร่วมกัน สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการทำงานได้ โดยจะต้องมีความเชื่อมั่น ความซื่อสัตย์ (Trust) และเห็นอกเห็นใจเป็นคนดีทั้งกาย วาจา ใจ มีคุณธรรม จริยธรรม และมีจรรยาบรรณต่อวิชาชีพ

ส่งเสริมสนับสนุนยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบคุณวุฒิวิชาชีพ (Vocational Qualification System) สอดคล้องตามมาตรฐานอาชีพ (Occupational Standard) สร้างภูมิคุ้มกัน เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ กำลังแรงงาน การพัฒนามาตรฐานการปฏิบัติงานระดับชาติ (National Benchmarking) และการวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน (Functional Analysis) เพื่อให้เกิดผลสำเร็จในภาคธุรกิจอุตสาหกรรมทุกสาขาอาชีพ เป็นการเตรียมความพร้อมของผู้เรียนเข้าสู่สนามการแข่งขันในประชาคมอาเซียน

หากหนังสือเล่มนี้เป็นประโยชน์สำหรับนักศึกษาและบุคคลทั่วไปที่สนใจ ผู้เขียนขอขอบด้วย ความระลึกถึงพระคุณของบิดา มารดา ครู อาจารย์ผู้สอนทุกท่าน ที่ประสาทวิชาความรู้ให้กับผู้เขียนไว้ ณ โอกาสนี้

ผศ.น.อ. รามจิตติ ฤทธิศร



สารบัญ



บทที่ 1 การบ่งบอกสถานะของสาร 1

การบ่งบอกสถานะของสาร	3
ปริมาณความร้อน	12
คำถามประจำบท	16

บทที่ 2 ระบบต่าง ๆ ในการทำความเย็น 18

ระบบต่าง ๆ ในการทำความเย็น (Refrigeration System)	19
ระบบการทำความเย็นแบบอัดไอ (Vapor Compression)	20
ระบบการทำความเย็นแบบดูดซึม (Absorption Refrigeration System)	21
ระบบการทำความเย็นแบบใช้ไอน้ำ (Steam Jet Refrigeration System)	25
ระบบการทำความเย็นแบบใช้การขยายตัวของ อากาศ (Air Expansion System)	28
คำถามประจำบท	32

บทที่ 3 วัฏจักรทำความเย็นแบบอัดไอ 35

วัฏจักรทำความเย็นแบบอัดไอ	36
แผนภาพมอลเลียร์	36
วัฏจักรทำความเย็นทางทฤษฎี	43
การประยุกต์ใช้แผนภาพมอลเลียร์	46
ผลของอุณหภูมิด้านดูดต่อประสิทธิภาพของ วัฏจักรทำความเย็น	47
ผลของอุณหภูมิควบแน่นต่อประสิทธิภาพของ วัฏจักรทำความเย็น	49
วัฏจักรการทำงานจริงของระบบทำความเย็น	52
คำถามประจำบท	58

บทที่ 4 ส่วนประกอบของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ 62

คอมเพรสเซอร์	64
คอนเดนเซอร์	76
เครื่องระเหย	85
ลิ้นลดความดันหรืออุปกรณ์ควบคุม อัตราการไหล	87
คำถามประจำบท	93

บทที่ 5 อุปกรณ์ประกอบและอุปกรณ์ควบคุมในระบบทำความเย็น 97

อุปกรณ์ประกอบหรืออุปกรณ์เสริม	98
อุปกรณ์ควบคุมในระบบทำความเย็น	103
คำถามประจำบท	108

บทที่ 6 สารทำความเย็นและสารหล่อลื่น 110

สารทำความเย็น (Refrigerant)	111
สารหล่อลื่น (Lubricants)	117
คำถามประจำบท	121

บทที่ 7 ท่อสารทำความเย็น 123

หลักการออกแบบท่อสารทำความเย็น	125
วิธีการออกแบบขนาดท่อสารทำความเย็น	138
วิธีการวางผังท่อสารทำความเย็น (Refrigerant Piping Layout)	145
คำถามประจำบท	149



บทที่ 8 อุปกรณ์ไฟฟ้า เครื่องปรับอากาศ 153

ชุดควบคุมไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศ	154
การทำงานและการต่อรีโมทคอนโทรล	161
คำถามประจำบท	167

บทที่ 9 วงจรไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศ แบบแยกส่วน แบบ 220 โวลต์ 170

วงจรไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศ	171
คำถามประจำบท	187

บทที่ 10 วงจรไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศ แบบแยกส่วน แบบ 380 โวลต์ 191

การต่อวงจรไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศ แบบ 380 โวลต์	192
คำถามประจำบท	203

บทที่ 11 การหาขนาดและชนิดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 206

การหาขนาดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	207
ชนิดของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ ในอาคารและบ้านพักอาศัย	217
คำถามประจำบท	223

บทที่ 12 ความปลอดภัยในการ ปฏิบัติงาน 226

อันตรายที่เกิดจากสารทำความเย็น	227
อันตรายที่เกิดจากถังความดัน	228
อันตรายที่เกิดจากการใช้ไฟฟ้า	231
คำถามประจำบท	234

บทที่ 13 เครื่องมือในงาน เครื่องปรับอากาศ 236

เครื่องมือวัดระบบไฟฟ้า	237
เครื่องมือทั่วไป	238
เครื่องมือเฉพาะช่าง	240
คำถามประจำบท	246

บทที่ 14 การวัดไฟฟ้าในงาน เครื่องปรับอากาศ และทำความเย็น 248

เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า	249
การตรวจสอบการทำงานในวงจรไฟฟ้า	251
ลำดับขั้นในการปฏิบัติเพื่อใช้เครื่องมือวัด ทางไฟฟ้า	257
การตรวจสอบระบบไฟฟ้าในคอมเพรสเซอร์ แบบหุ้มปิด	258
คำถามประจำบท	264

บทที่ 15 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศ แบบแยกส่วน 266

ตำแหน่งติดตั้งเครื่องปรับอากาศ	267
การติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบติดผนัง	271
คำถามประจำบท	284

บทที่ 16 การทำสุญญากาศและการ บรรจุสารทำความเย็น 286

การทำสุญญากาศและการตรวจสอบหารอยรั่ว	287
การบรรจุสารทำความเย็นเข้าในระบบ	292
คำถามประจำบท	301



บทที่ 17 การดูดเก็บสารทำความเย็น ในระบบ 303

การดูดเก็บสารทำความเย็นไว้ในระบบ	304
การดูดเก็บและฟื้นฟูสภาพสารทำความเย็น	308
คำถามประจำบท	315

บทที่ 18 การตรวจสอบการทำงาน ในวงจรน้ำยา 318

การหาค่าอุณหภูมิไอร้อนยิ่งยวดที่ เครื่องระเหย	319
การหาค่าอุณหภูมิของเหลวเย็นยิ่ง ที่คอนเดนเซอร์	322
การหาค่าอุณหภูมิแตกต่างที่เครื่องระเหย	325
การหาค่าอุณหภูมิแตกต่างที่คอนเดนเซอร์	330
การประยุกต์ใช้แผนภาพมอลเลียร์	335
คำถามประจำบท	339

บทที่ 19 การวิเคราะห์ปัญหาในระบบ ทำความเย็น 342

การทำงานของลิ้นลดความดันชนิดควบคุม ด้วยความร้อน	343
การทำความสะอาดและปรับตั้งลิ้น ลดความดัน	348
การวิเคราะห์ปัญหาในวงจรสารทำ ความเย็น	349
คำถามประจำบท	355

บทที่ 20 การบำรุงรักษา เครื่องปรับอากาศ 358

การใช้เครื่องปรับอากาศ	359
การบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ แบบแยกส่วน	365
คำถามประจำบท	369

ใบงาน	371
คำศัพท์	400

การบ่งบอก สถานะของสสาร



แนวคิด|

การบ่งบอกสถานะของสสารเป็นมาตรฐานที่ใช้กำหนดความเป็นอยู่ของสสาร ณ สถานะหนึ่งและยังเป็นการบอกสมบัติของสสารอีกด้วย มาตรฐานที่นิยมใช้ในการบ่งบอกสถานะของสสาร ได้แก่

1. อุณหภูมิ เป็นมาตรฐานที่ใช้บอกระดับความร้อนความเย็นแต่ไม่ได้บอกปริมาณ
2. ความดัน คือ แรงที่กระทำต่อหน่วยพื้นที่
3. ปริมาตรเป็นสิ่งที่ใช้กำหนดมิติของสสาร

สาระการเรียนรู้|

1. การบ่งบอกสถานะของสสาร
2. ปริมาณความร้อน

สมรรถนะประจำบท|

1. อธิบายเกี่ยวกับมาตรฐานพื้นฐานที่นิยมใช้ในการบ่งบอกสถานะของสสาร
2. หาปริมาณความร้อนได้ถูกต้อง

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม|

1. อธิบายและยกตัวอย่างการบ่งบอกสถานะของสสาร
2. ใช้มาตรฐานพื้นฐานในการบ่งบอกสถานะของสสาร
3. หาค่าความชื้นสัมพัทธ์และความดัน
4. หาปริมาณความร้อน





บทที่

1

การป้องกัน สถานะของสาร

วัตถุประสงค์ในการทำงานของเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศนั้นดูเสมือนจะเป็นอย่างเดียวกัน นั่นคือ **“ความต้องการที่จะทำความเย็นและลดความชื้นให้กับบริเวณใดบริเวณหนึ่งที่กำหนด”** อย่างไรก็ตาม ขอบเขตของความต้องการจริงของทั้งสองอุปกรณ์ยังมีข้อปลีกย่อยที่แตกต่างกันออกไป การทำความเย็นมักจะถูกนำไปใช้ในเชิงอุตสาหกรรม โดยหลักการแล้ว การทำความเย็น คือ **“การดึงเอาความร้อนออกไปจากสาร”** ดังนั้น การทำความเย็นจึงเหมาะสมกับกระบวนการถนอมอาหาร กระบวนการทางเคมี และกระบวนการทางปิโตรเคมี เป็นต้น

ในลักษณะเดียวกัน การปรับอากาศมีความหมายมากกว่าแค่การทำให้เกิดความเย็นเพียงอย่างเดียว นิยามของการปรับอากาศ หมายถึง **“กระบวนการปรับเปลี่ยนสถานะของอากาศเพื่อควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น ความสะอาด และการกระจายของอากาศไปพร้อม ๆ กัน เพื่อให้เกิดความสบายแก่ผู้ที่อยู่อาศัยในขอบเขตที่ได้รับการปรับอากาศนั้น”** ดังนั้น การปรับอากาศจะรวมไปถึงการทำความร้อน การควบคุมความเร็วของอากาศ การแผ่รังสีความร้อน การขจัดสิ่งสกปรกต่าง ๆ ในอากาศอีกด้วย

ดังนั้น ความเข้าใจที่ว่า “การทำความเย็นหรือการปรับอากาศ คือ การเป่าความเย็นเข้ามาในบริเวณที่ต้องการทำความเย็น” นั้น เป็นความเข้าใจที่ผิด หลักของการสร้างความเย็นให้เกิดขึ้นที่แท้จริง นั่นคือ **“การพาความร้อนจากบริเวณที่ต้องการทำความเย็นออกไปที่บริเวณอื่น”** ยกตัวอย่างเช่น การที่ผิวหนังรู้สึกเย็นเมื่อทาแอลกอฮอล์ (แม้จะไม่มีลมพัดผ่าน) เพราะแอลกอฮอล์ที่ทานั้นดูดความร้อนที่บริเวณผิวหนังเพื่อใช้ในการระเหยกลายเป็นไอ เป็นต้น

การที่จะทำให้เข้าใจถึงเรื่องการทำความเป็นหรือการปรับอากาศ จำเป็นต้องเข้าใจทฤษฎีที่สร้างจากปรากฏการณ์ธรรมชาติ (ซึ่งเป็นสิ่งที่เข้าใจกันอยู่แล้ว) ดังจะได้อธิบายต่อไป



การบ่งบอกสภาวะของสสาร

การบ่งบอกสภาวะของสสาร เป็นมาตรที่ใช้กำหนดความเป็นอยู่ของสสาร ณ สภาวะหนึ่ง และยังเป็นการบอกสมบัติของสารอีกด้วย มาตรพื้นฐานที่นิยมใช้ในการบ่งบอกสภาวะของสสาร คือ อุณหภูมิ ความดัน และปริมาตร

1. อุณหภูมิ (Temperature, T) เป็นมาตรที่ใช้บอกระดับ (Level) ความร้อนความเป็นของสสาร แต่ไม่ได้บอกปริมาณ (Quantity) โดยตรง ตัวอย่างเช่น ถ้าบอกว่า “น้ำในอ่างนี้มีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส” คงไม่มีใครจุ่มมือลงไปเพราะทราบกันดีว่าน้ำในอ่างนี้ร้อนมาก แต่ถ้าถามต่อไปว่า “มีความร้อนเท่าไร” คงตอบไม่ได้ จนกว่าที่จะได้ทราบมวลความร้อนจำเพาะของน้ำเสียก่อน

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิ คือ **เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)** ดังรูปที่ 1.1 มีลักษณะเป็นหลอดแก้วใสมีขีดแบ่งระดับตามแต่ละมาตรที่จะวัด ภายในบรรจุด้วยปรอทซึ่งจะอยู่ที่ด้านปลายที่เรียกว่ากระเปาะ เมื่อมีผลของความร้อนมากระทบที่กระเปาะ ปรอทภายในจะเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (ขยายตัวหรือหดตัว) ไปตามหลอดแก้ว เรียกเทอร์โมมิเตอร์แบบนี้ว่า **แบบกระเปาะแห้ง (Dry Bulb, D.B.)**



รูปที่ 1.1 เทอร์โมมิเตอร์





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

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

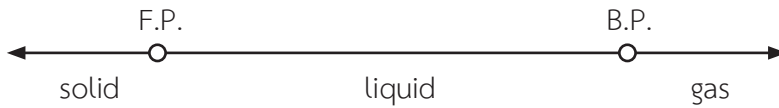
จุดเดือด (Melting Point, M.P.) คือ อุณหภูมิที่สารเปลี่ยนสถานะจากของแข็งไปเป็นของเหลว ณ ความดันค่าหนึ่ง

จุดทั้งสามจะใช้เป็นตัวกำหนดย่านของสถานะ ดังนี้

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

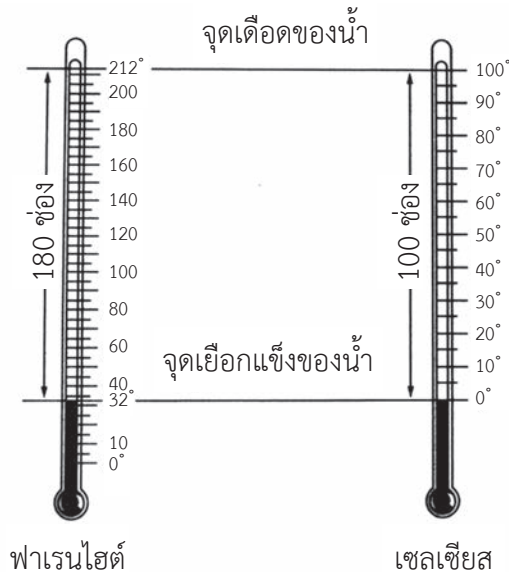
$\text{F.P.} < T < \text{B.P.}$ สถานะของสารจะเป็นของเหลว (liquid, l)

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



หน่วยที่ใช้ในการบอกระดับความร้อนของอุณหภูมิที่นิยมใช้ในงานปรับอากาศมีอยู่ 2 หน่วย คือ องศาเซลเซียส (Celsius, °C) และองศาฟาเรนไฮต์ (Fahrenheit, °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 เทอร์โมมิเตอร์เป็นหลอดแก้วบรรจุไว้ด้วยปรอทซึ่งเป็นสารบริสุทธิ์ จึงมีคุณสมบัติ (Properties) คงตัว ดังนั้น ไม่ว่าจะใช้เทอร์โมมิเตอร์สเกลใดวัดอุณหภูมิของสารที่สภาวะเดียวกัน ระดับปรอทจะต้องขึ้นไปได้สูงเท่ากัน 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

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

$$\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9}$$

ดังนั้น การแปลงหน่วยระหว่างองศาทั้งสองกระทำได้โดยใช้ความสัมพันธ์

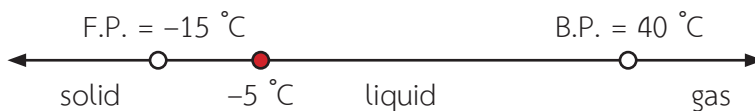
$$^{\circ}\text{F} = 1.8 (^{\circ}\text{C}) + 32 \quad (1.1)$$

โดยที่ C คือ อุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์แบบเซลเซียส

F คือ อุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์แบบฟาเรนไฮต์

ตัวอย่างที่ 1.1 สารบริสุทธิ์ชนิดหนึ่ง มีจุดเดือด 40°C และจุดเยือกแข็งที่ -15°C สารดังกล่าวนี้ที่อุณหภูมิ -5°C จะมีสถานะอะไร

วิธีทำ เขียนช่วงอุณหภูมิของสาร



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

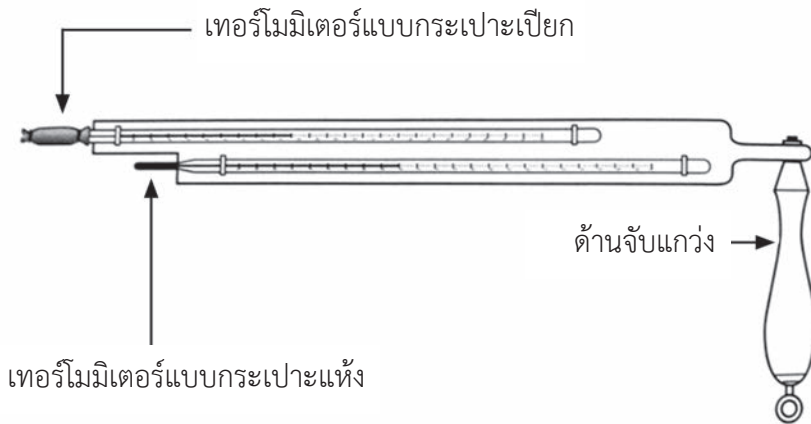


ตัวอย่างที่ 1.2 เทอร์โมมิเตอร์อันหนึ่งอ่านค่าอุณหภูมิได้ 30°C จะอ่านค่าได้เท่าไรในหน่วย $^{\circ}\text{F}$
วิธีทำ จากสมการที่ 1.1

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

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

นอกจากนี้ เทอร์โมมิเตอร์ยังสามารถนำมาใช้วัดระดับความชื้นได้อีกด้วย โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า **สลิงไซโครมิเตอร์ (Sling Psychrometer)** ดังรูปที่ 1.3 ซึ่งเป็นชุดของเทอร์โมมิเตอร์ 2 อัน อันหนึ่งเป็นกระเปาะแห้ง ส่วนอีกอันจะเป็นกระเปาะเปียก



รูปที่ 1.3

สลิงเทอร์โมมิเตอร์



กระเปาะ (Bulb) หมายถึง ส่วนที่อยู่ล่างสุดของเทอร์โมมิเตอร์ ทำหน้าที่รับและคายความร้อนให้กับปรอท **กระเปาะแห้ง (Dry Bulb)** หมายถึง กระเปาะที่บรรจุปรอท มีความแห้ง ไม่มีสิ่งที่เปียกชื้นห่อหุ้มอยู่ อุณหภูมิที่ได้จากกระเปาะแห้ง เป็นอุณหภูมิที่วัดได้ในขณะนั้นและในสถานที่นั้น ขณะที่ **กระเปาะเปียก (Wet Bulb)** หมายถึง กระเปาะที่บรรจุปรอท ที่ถูกหุ้มด้วยผ้าหรือสำลিশุบน้ำพันไว้รอบ ๆ

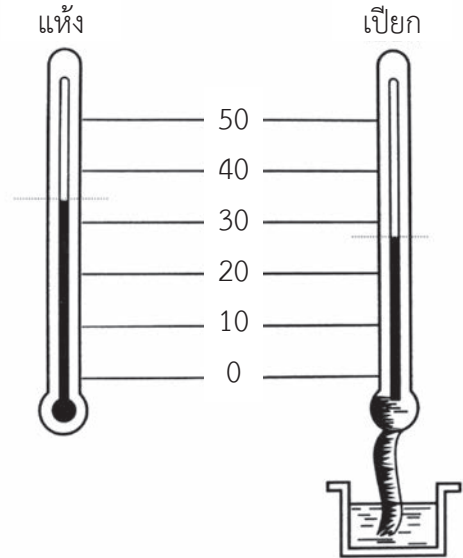
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature) คือ อุณหภูมิที่วัดได้จากเทอร์โมมิเตอร์โดยทั่วไป ในขณะที่เทอร์โมมิเตอร์ใช้ในการวัดแห้งสนิท ค่าที่ได้ใช้ตัวย่อว่า **DB**

อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature) คือ อุณหภูมิที่วัดได้จากเทอร์โมมิเตอร์ในขณะที่ใช้ผ้าหรือสำลিশุบน้ำหุ้มไว้รอบกระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์ และทำการแกว่งเทอร์โมมิเตอร์เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนให้เร็วขึ้นระหว่างอากาศกับผ้าหรือสำลিশุบน้ำ ผลของการแกว่งจะทำให้อุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์ลดลงอย่างรวดเร็วในตอนแรก และจะค่อย ๆ ลดลงจนหยุดนิ่งถึงแม้ว่าจะแกว่งต่อไปอีก ซึ่งแสดงว่าความชื้นในบรรยากาศมีค่าเท่ากับความชื้นของผ้าหรือสำลিশุบน้ำ อุณหภูมิในที่นี้จะใช้เป็นตัวเปรียบเทียบความชื้นในบรรยากาศ ใช้ตัวย่อว่า **WB**

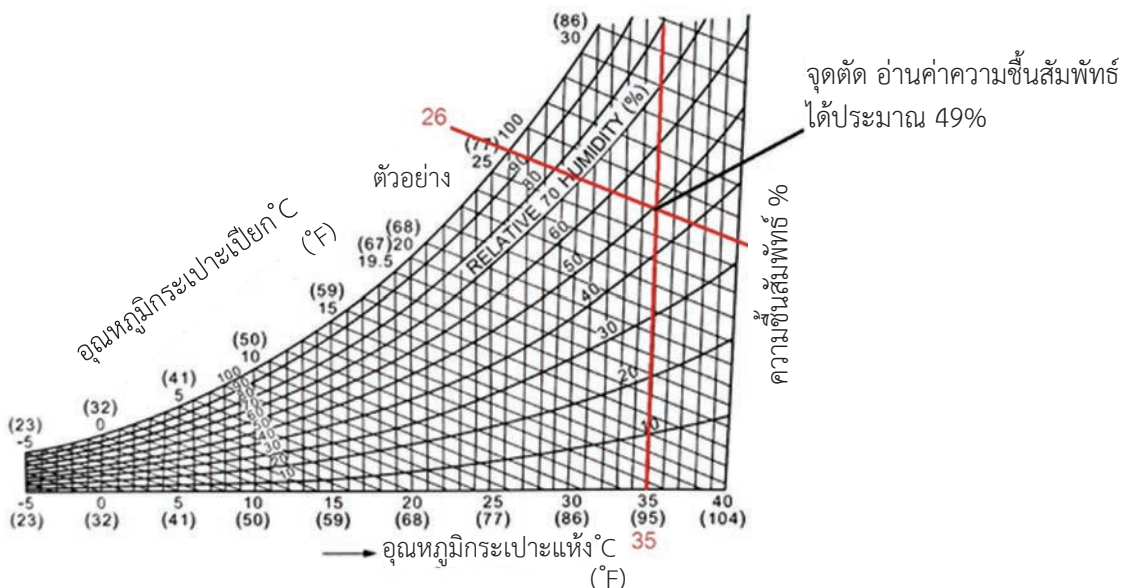
- ถ้า DB เท่ากับหรือใกล้เคียง WB แสดงว่าความชื้นในบรรยากาศมีน้อย
- ถ้า DB แตกต่างจาก WB มาก แสดงว่าความชื้นในบรรยากาศมีมาก

ผลต่างระหว่าง DB และ WB เรียกว่า WB Depression โดยผลต่างอุณหภูมิของทั้งสองกระเปาะสามารถกำหนดลงบนแผนภาพไซโครเมตริกเพื่อหาค่าความชื้นได้

ตัวอย่างที่ 1.3 วัดอุณหภูมิกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้งของห้องโดยสารรถยนต์คันหนึ่งได้ดังรูป จงหาความชื้นสัมพัทธ์ของห้องโดยสารรถยนต์ดังกล่าว



วิธีทำ จากรูปประมาณอุณหภูมิกระเปาะแห้งได้ 35 °C และกระเปาะเปียกได้ 26 °C
กำหนดจุดตัดจากอุณหภูมิทั้งสองบนแผนภาพไซโครเมตริก ได้ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 49%

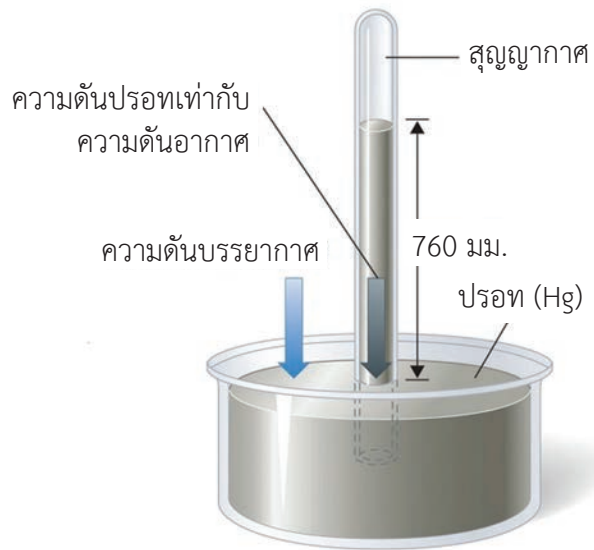




อุณหภูมิอิ่มตัว (Saturation Temperature) หมายถึง อุณหภูมิของของเหลวที่จะเปลี่ยนไปเป็นไอหรือเป็นจุดที่ของเหลวเปลี่ยนสถานะการเดือด (Boiling Temperature) อุณหภูมิอิ่มตัวของสารแต่ละชนิดจะไม่เท่ากัน เช่น เหล็กกลายเป็นไอที่อุณหภูมิ $4,450^{\circ}\text{F}$ ทองแดง $4,250^{\circ}\text{F}$ ตะกั่ว $3,000^{\circ}\text{F}$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

2. ความดัน จากหัวข้อของอุณหภูมิได้กล่าวไปแล้วว่า **“น้ำจะเดือดที่ 100°C เมื่อความดันเท่ากับ 1 บรรยากาศ”** ดังนั้น บนยอดเขาที่มีระดับความสูงมากความดันจะลดต่ำลง จึงไม่สามารถต้มน้ำให้เดือดที่ 100°C ได้ เช่น ที่ยอดเขาหิมาลัยซึ่งมีความดันเพียง 0.32 บรรยากาศ สามารถต้มน้ำให้เดือดได้ที่อุณหภูมิเพียง 71°C เป็นต้น จะเห็นได้ว่าระดับของความดันจะแปรผันตามระดับของอุณหภูมินั่นเอง

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 มิลลิเมตร หรือดันน้ำให้สูงขึ้น 10.33 เมตร ดังรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4

ความดัน 1 บรรยากาศในหลอดแก้ว



ความดันยังสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ ความดันสัมบูรณ์ (Absolute Pressure, abs) และความดันเกจ (Gage Pressure, G)

ก) ความดันสัมบูรณ์ คือ ความดันที่นับเริ่มต้นจากสุญญากาศ กล่าวคือ นับ 0 จากสภาวะที่ไม่มีความดันเลย ความดันชนิดนี้นิยมใช้ในแผนภูมิ P-h

ข) ความดันเกจ คือ ความดันที่นับเริ่มต้นจากความดันบรรยากาศ กล่าวคือ นับ 0 ต่อจากความดันบรรยากาศ ความดันชนิดนี้ได้จากการอ่านค่าจากมาตรวัดต่าง ๆ

ดังนั้น ความสัมพันธ์ระหว่างความดันทั้งสองสรุปได้เป็น

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

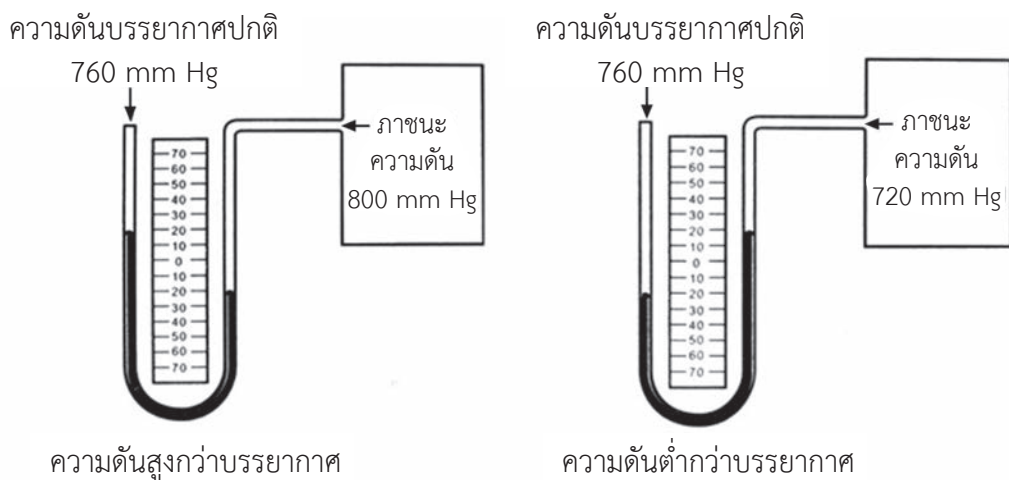
โดยทั่วไป มาตรฐานที่ใช้วัดความดันในระบบเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศจะเป็น $\text{kgf/cm}^2 \text{ G}$ จึงอาจจะเขียนความสัมพันธ์ใหม่ได้เป็น

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

การบอกค่าความดันจะเป็นความดันสัมบูรณ์ แต่จะละไว้ในฐานที่เข้าใจโดยไม่เขียน abs บอกไว้

มาโนมิเตอร์รูปตัวยู (U-Tube Manometer) เป็นเครื่องมือวัดความดันที่อาศัยหลักการสมดุลความดัน (Balance Pressure) กับน้ำหนักของของเหลวภายใน Column ดังนั้น การตอบสนองการวัดของ Manometer ขึ้นอยู่กับการเคลื่อนไหวของของเหลวใน Column มาโนมิเตอร์รูปตัวยูจะมีรูปแบบง่ายที่สุดในบรรดามาโนมิเตอร์รูปแบบทั้งหลาย ส่วนมากนิยมใช้งานในห้องทดลอง เนื่องจากสามารถเลือกใช้ได้กับของเหลวเกือบทุกชนิด แต่ที่นิยมใช้คือน้ำและปรอท ตลอดจนสามารถอ่านและบันทึกค่าได้ค่อนข้างแม่นยำด้วย

มาโนมิเตอร์รูปตัวยูลักษณะโครงสร้างเป็นหลอดแก้วรูปตัว U และต้องเติมของเหลวเข้าไปบางส่วน ซึ่งนิยมใช้ที่สุดคือน้ำหรือปรอท เนื่องจากของเหลวทั้ง 2 ชนิด มีค่าน้ำหนักจำเพาะ (Specific Weight) คงที่ แม้อุณหภูมิจะเปลี่ยนไปก็ตาม โดยอาจปล่อยปลายด้านหนึ่งไว้กับบรรยากาศและปลายด้านหนึ่งต่อเข้ากับจุดวัดความดัน ดังรูปที่ 1.5



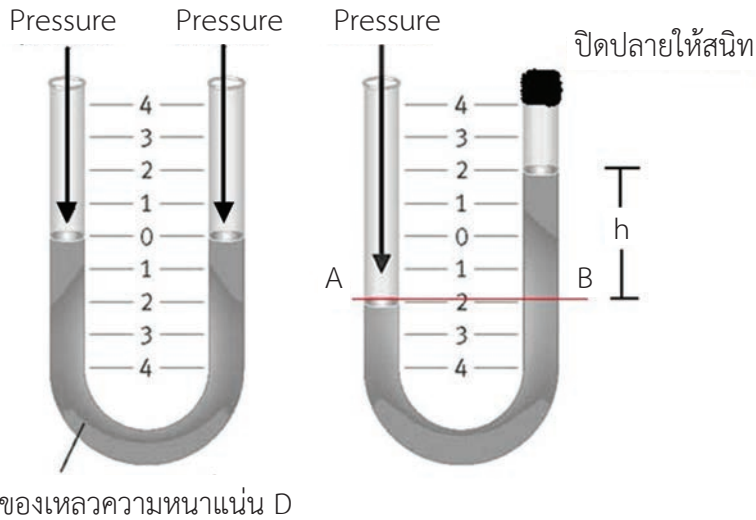
รูปที่ 1.5

การวัดความดันเทียบกับความดันบรรยากาศ





พิจารณารูปต่อไปนี้เพื่อหาความสัมพันธ์



รูปด้านซ้ายมือเป็นการเปิดปลายแขนทั้งสองข้างออก ความดันบรรยากาศที่กดลงมาบนของเหลวที่อยู่ในแขนทั้งสองข้างจะเท่ากันจึงทำให้ระดับของของเหลวสูงเท่ากัน

จากนั้นปิดปลายข้างหนึ่งให้สนิทให้เป็นสุญญากาศ ดังนั้น จึงเหลือแต่ความดันบรรยากาศกดลงที่ของเหลวในแขนข้างซ้ายเพียงข้างเดียว ระดับของเหลวจึงถูกกดลงให้ไปสูงขึ้นที่แขนข้างขวาเป็นระยะ h

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

$$\text{แต่ } P_A = P_{\text{บรรยากาศ}}$$

และ $P_B =$ น้ำหนักของของเหลวความหนาแน่น D ที่กดลงบนพื้นที่ B จากตัวอย่างที่ 7 ทำให้เข้าใจได้ว่า

$$P_B = Dgh$$

$$\text{ดังนั้น } P_{\text{บรรยากาศ}} = Dgh$$

เมื่อ P คือ ความดันบรรยากาศหรือความดันที่ต้องการวัดค่า (Pa , N/m^2)

D คือ ความหนาแน่นของของเหลวใน U-Tube (kg/m^3)

h คือ เสด หรือระดับความสูงของของเหลวที่ถูกดันขึ้นไป (m)

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (9.81 หรือประมาณ 10 m/s^2)

ผลที่ตามมาจึงสามารถใช้สมการ $P = Dgh$ ในการเปลี่ยนระบบความดันแบบแรงต่อพื้นที่ให้เป็นระบบเสดหรือในทำนองกลับกันได้



ตัวอย่างที่ 1.4 มาโนมิเตอร์รูปตัวยูบรรจุด้วยปรอทความหนาแน่น $13,600 \text{ kg/m}^3$ ใช้วัดความดันบรรยากาศที่ระดับน้ำทะเล ซึ่งถือว่ามีความดันมาตรฐาน 1 บรรยากาศ (atm) ทำให้ปรอทขึ้นไปได้สูง 76 cm ความดันนี้จะมีค่ากี่ปาสคาล

วิธีทำ โจทย์กำหนดให้ว่า $P = 1 \text{ atm} = 76 \text{ cmHg}$ ต้องการเปลี่ยนให้เป็น Pa ดังนั้น ใช้ความสัมพันธ์

$$P = Dgh$$

$$P = (13,600 \text{ kg/m}^3)(9.81 \text{ m/s}^2)(0.76 \text{ m}) = 101,363 \text{ N/m}^2 = 101,363 \text{ Pa}$$

$\therefore$ ความดัน 1 บรรยากาศจะมีค่าเท่ากับ 76 cmHg หรือประมาณ $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$

ตัวอย่างที่ 1.5 จากตัวอย่างที่ 1.4 ถ้าเปลี่ยนของเหลวในมาโนมิเตอร์จากปรอทไปเป็นน้ำ ($D = 1,000 \text{ kg/m}^3$) อยากทราบว่าความดัน 1 บรรยากาศจะดันน้ำให้ขึ้นไปได้สูงเท่าไร

วิธีทำ จากความดัน 1 บรรยากาศจะมีค่าเท่ากับ $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ แทนค่าลงในสมการ $P = Dgh$

$$\text{เพื่อหาค่า } h \text{ จะได้ } 1.01 \times 10^5 \text{ N/m}^2 = (1,000 \text{ kg/m}^3)(9.81 \text{ m/s}^2) h$$

$$\text{ดังนั้น } h = 10.3 \text{ m หรือประมาณ } 10 \text{ m}$$

$\therefore$ ความดัน 1 บรรยากาศสามารถดันน้ำให้ขึ้นไปได้สูง 10 m

จากตัวอย่างที่ 1.4 และ 1.5 ทำให้สามารถสรุปได้ดังนี้

$$P = 1 \text{ atm} = 1.01 \times 10^5 \text{ Pa} = 76 \text{ cmHg} = 10 \text{ mH}_2\text{O}$$

ตัวอย่างที่ 1.6 ความดัน 0.8 atm จะมีค่ากี่ mmHg

วิธีทำ จาก $P = 1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$

$$\text{ดังนั้น เทียบได้ } P = 0.8 \text{ atm} = 760 \times 0.8 = 608 \text{ mmHg}$$

ตัวอย่างที่ 1.7 ความดันของระบบหม้อน้ำหนึ่งสามารถดันน้ำให้ขึ้นไปได้ 16.32 m อยากทราบว่าความดันดังกล่าวจะดันของเหลวความหนาแน่น 2.4 g/cm^3 ขึ้นไปได้สูงเท่าไร

วิธีทำ ความดันที่ดันน้ำกับของเหลวมีขนาดเท่ากัน เหตุที่ดันได้ระดับความสูงต่างกันเพราะน้ำและของเหลวมีความหนาแน่นต่างกัน

$$\text{น้ำ : } P = Dgh = (1 \text{ g/cm}^3)g(16.32 \text{ m}) \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{ของเหลว : } P = Dgh = (2.4 \text{ g/cm}^3)g(h) \dots\dots\dots(2)$$

$$(1) = (2) \quad (1 \text{ g/cm}^3)g(16.32 \text{ m}) = (2.4 \text{ g/cm}^3)g(h)$$

$$\therefore h = 6.08 \text{ m}$$



ตัวอย่างที่ 1.8 จงหาความดันสัมบูรณ์ของสารทำความเย็นเบอร์ 12 ถ้าเกจวัดในระบบอ่านค่าได้ $2 \text{ kgf/cm}^2 \text{ G}$

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

ดังนั้น ความดันสัมบูรณ์ = $2 \text{ kgf/cm}^2 \text{ G} + 1.033 = 3.033 \text{ kgf/cm}^2 \text{ abs}$

3. ปริมาตร เป็นสิ่งที่ใช้กำหนดสมบัติของสสาร นิยมใช้ลักษณะของลูกบาศก์เป็นตัวกำหนด เช่น ลูกบาศก์เมตร เป็นต้น

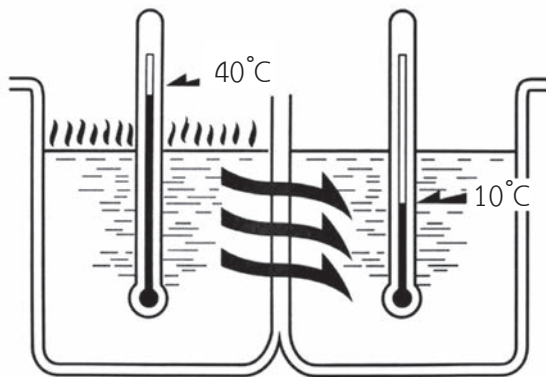
สสารที่ใช้ในระบบปรับอากาศส่วนใหญ่จะอยู่ในสถานะของเหลวและไอ ซึ่งไม่สามารถที่จะกำหนดปริมาตรโดยตรงได้ การกำหนดปริมาตรจึงวัดจากภาชนะที่บรรจุมันอยู่



ปริมาณความร้อน

ความร้อน เป็นพลังงานชนิดหนึ่งที่สามารถที่จะวัดปริมาณออกมาได้เป็นแคลอรี โดยที่ 1 กิโลแคลอรี (kcal) คือ ปริมาณความร้อนที่ทำให้ให้น้ำที่หนัก 1 กิโลกรัม มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1°C จาก 14.5°C เป็น 15.5°C อีกหน่วยหนึ่งที่ยิยมใช้ในงานทางเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ คือ BTU (British Thermal Unit) ซึ่งเป็นปริมาณความร้อนที่ทำให้ให้น้ำที่หนัก 1 ปอนด์มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1°F จาก 68°F เป็น 69°F โดยที่ 1 BTU มีค่าเท่ากับ 0.252 kcal

ความร้อนสามารถถ่ายเทได้จากแหล่งความร้อนอุณหภูมิสูงไปยังแหล่งความร้อนที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเสมอ ดังรูปที่ 1.6 ดังนั้น จึงอธิบายในความจริงได้ว่า หากต้องการควบคุมห้องโดยสารของรถยนต์ให้มีอุณหภูมิอยู่ที่ 25°C แต่อุณหภูมิของอากาศภายนอกห้องโดยสารเป็น 35°C ความร้อนจะถ่ายเทจากอากาศภายนอกเข้าสู่ห้องโดยสาร ดังนั้น หากต้องการควบคุมอุณหภูมิของห้องโดยสารให้อยู่ที่ 25°C ต้องหาเครื่องมือหรืออุปกรณ์ (ซึ่งก็คือเครื่องปรับอากาศ) เพื่อใช้ดึงความร้อนออกจากห้องโดยสารในอัตราที่เท่ากับความร้อนที่ถ่ายเทเข้าไปในห้องโดยสารนั่นเอง



รูปที่ 1.6

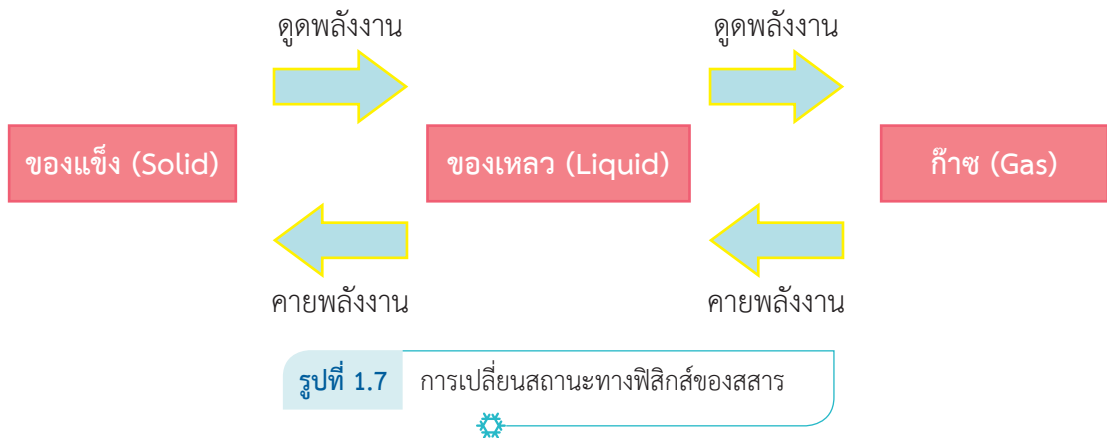
ทิศทางการถ่ายเทความร้อน



1. **ความร้อนจำเพาะ** (Specific Heat) คือ ปริมาณความร้อนที่ทำให้สสารมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1°C มีหน่วยเป็นกิโลแคลอรีต่อน้ำหนัก 1 กิโลกรัมต่อ 1°C

สสารที่มีค่าความร้อนจำเพาะต่ำจะใช้ปริมาณความร้อนน้อยในการเพิ่มอุณหภูมิและสามารถคายความร้อนได้อย่างรวดเร็ว เพราะเหตุนี้ธาตุทองแดงจึงนิยมนำมาใช้เป็นหัวแร้งสำหรับบัดกรีโลหะต่าง ๆ

2. **ลักษณะการเปลี่ยนสถานะของสสาร** สสารเกือบจะทุกชนิดจะสามารถดำรงอยู่ได้ในทั้ง 3 สถานะ คือ ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ (ยกเว้นสสารบางชนิดที่มีลักษณะของการระเหิด) สสารสามารถเปลี่ยนสถานะไปมาระหว่างทั้ง 3 สถานะได้โดยมีการนำพลังงาน (โดยมากเป็นพลังงานความร้อน) เข้ามาเกี่ยวข้อง เรียกปรากฏการณ์ทางธรรมชาตินี้ว่าการเปลี่ยนสถานะทางฟิสิกส์ของสสาร ดังรูปที่ 1.7



พิจารณาการเปลี่ยนสถานะของน้ำแข็งที่ 0°C ให้กลายเป็นไอน้ำที่ 100°C จากรูปที่ 1.7 ทำให้ทราบว่าต้องมีการดูดพลังงานเข้าไปเพื่อใช้ในกระบวนการนี้ แต่จะพบว่ากระบวนการดังกล่าวไม่สามารถที่จะเสร็จสิ้นได้ในขั้นตอนเดียว กล่าวคือ เมื่อเริ่มต้นให้ความร้อน น้ำแข็งที่ 0°C จะค่อย ๆ ละลายเพื่อเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวก่อนโดยที่อุณหภูมียังคงเป็น 0°C เท่าเดิม

จากนั้น เมื่อน้ำแข็งละลายกลายเป็นน้ำหมดที่ 0°C อุณหภูมิของน้ำจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นไปจนกระทั่งถึงจุดเดือดของมันที่ 100°C โดยที่สถานะไม่เปลี่ยน แล้วจึงเปลี่ยนสถานะจากน้ำที่ 100°C กลายเป็นไอน้ำที่ 100°C ในที่สุด ดังรูปที่ 1.8