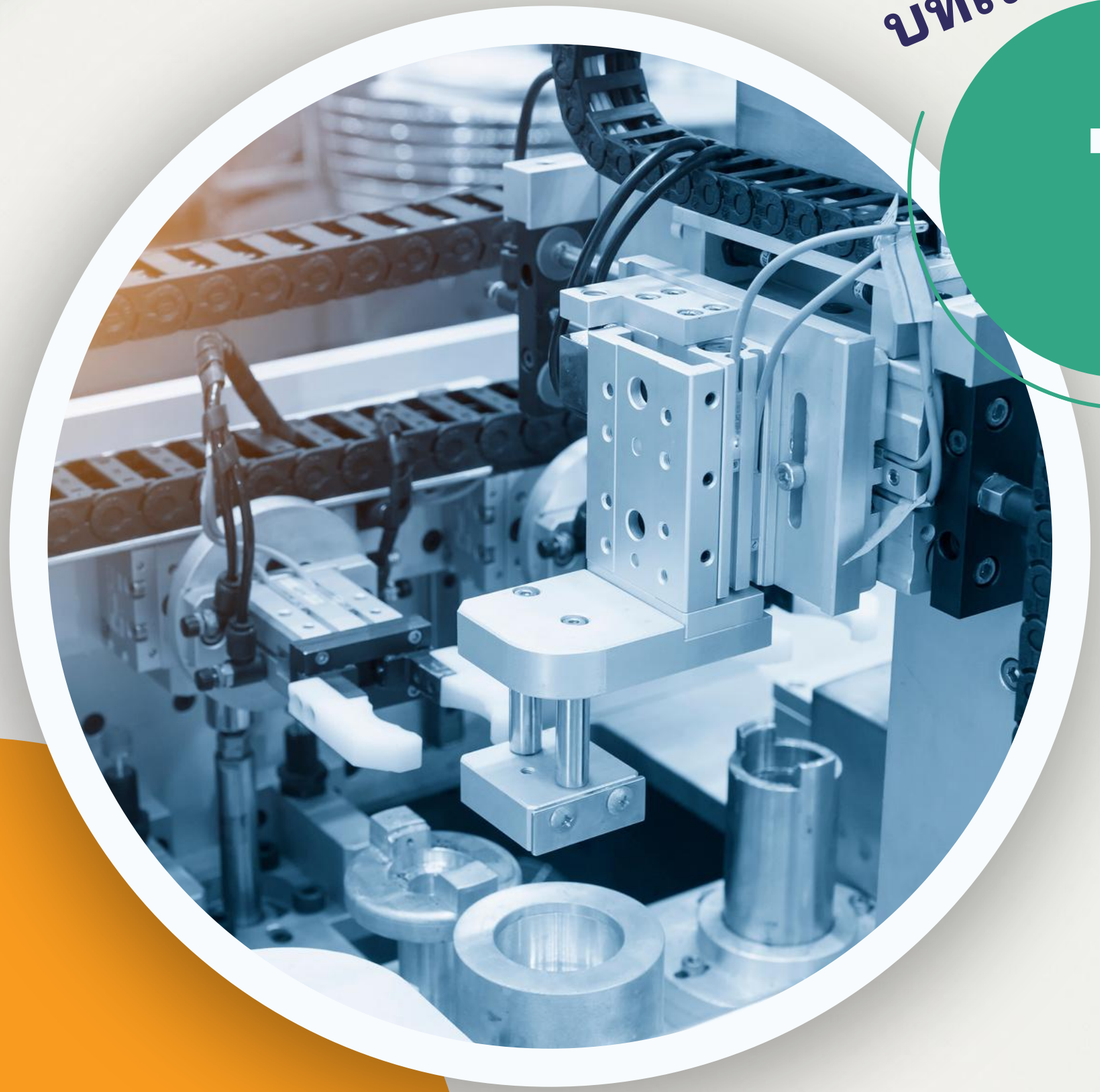


บทเรียนที่

1

หลักการทำงาน ของระบบนิวเมติกส์

คำว่า **นิวเมติกส์ (Pneumatics)** มาจากรากศัพท์ภาษากรีกโบราณว่า
Pneuma หมายถึง ลมหายใจ หรือลมพัด ต่อมามนุษย์รู้จักนำเอาลมพัด
หรือการเคลื่อนที่ของอากาศมาใช้ประโยชน์ต่าง ๆ ในรูปของลมอัดหรือนิวเมติกส์
การนำลมหรือนิวเมติกส์มาใช้ประโยชน์นั้น
สามารถนิยามความหมายของระบบนิวเมติกส์ในการทำงานด้านอุตสาหกรรมได้ว่า
“ระบบการทำงานที่นำลมมาใช้เป็นตัวกลางในการควบคุมการส่งกำลัง
เพื่อทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ทำงาน” เช่น กระบอกสูบ มอเตอร์ลม หัวจับสุญญากาศ
ซึ่งเป็นการทำงานร่วมกันของระบบด้านกลไก
ระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เรียกรวมกันว่า ระบบนิวเมติกส์

1.2 ข้อดีและข้อด้อยของระบบนิวเมติกส์

1.2.1 ข้อดีของระบบนิวเมติกส์

01 ทนต่อการระเบิด ลมอัดไม่ติดไฟ จึงไม่มีอันตรายจากการระเบิด

02 กระบอกสูบมีความรวดเร็วในการทำงาน โดยทั่วไปมีความเร็วในการทำงานประมาณ 1-2 เมตรต่อวินาที

03 ส่งถ่ายกำลังได้ง่าย สามารถเดินท่อส่งลมอัดไปใช้งานได้ในระยะทางใกล้และไกล

04 การส่งถ่ายลมอัดเป็นระบบเปิด ลมอัดที่ใช้งานแล้วปล่อยสู่บรรยากาศได้

05 การเก็บลมอัดง่าย สามารถเดินเครื่องอัดลมสำหรับเก็บลมอัดไว้ในถังเก็บลมเพื่อนำไปใช้งานได้ทันที และใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง

06 มีความปลอดภัยจากการทำงานเกินกำลัง (Overload) อุปกรณ์ไม่เกิดการเสียหาย

07 ควบคุมอัตราความเร็วของกระบอกสูบได้ง่าย โดยใช้วาล์วควบคุมอัตราการไหล

08 ควบคุมความดันของลมอัดได้ง่าย โดยใช้วาล์วควบคุมความดัน

09 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบมีความสะอาด

10 โครงสร้างอุปกรณ์ง่ายต่อการใช้งาน ราคาไม่แพง และดูแลรักษาง่าย

1.2.2 ข้อด้อยของระบบนิวเมติกส์

01 ลมอัดสามารถอัดตัวได้ ทำให้การเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ทำงานไม่สม่ำเสมอเมื่อใช้งานเป็นเวลานาน ๆ

02 เกิดการกลั่นตัวของไอน้ำเป็นหยดน้ำภายในระบบ เมื่อลมอัดถูกทำให้เย็นตัวลง จะส่งผลให้มีน้ำผสมอยู่ด้วย

03 เมื่อต้องการใช้กำลังมากขึ้น ต้องใช้กระบอกสูบหรืออุปกรณ์ทำงานที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งโดยทั่วไปลมอัดและอุปกรณ์ทำงาน จะใช้กับความดันไม่เกิน 10 บาร์

04 เมื่อระบายลมออกจากอุปกรณ์ทำงาน จะทำให้เกิดเสียงดัง จึงต้องใช้ตัวเก็บเสียง

05 ความดันของลมอัดเปลี่ยนแปลงได้ตามอุณหภูมิ โดยเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น จะทำให้ความดันเพิ่มขึ้นตาม และเมื่ออุณหภูมิลดลง ความดันก็จะลดลงตามไปด้วย

06 ความดันตกเมื่ออุปกรณ์ทำงานติดตั้งไว้ในระยะทางไกลจากถังเก็บลม

1.3 หลักการพื้นฐานของระบบนิวเมติกส์

1.3.1 หน่วยวัดพื้นฐานทางฟิสิกส์

หน่วยวัดพื้นฐานทางฟิสิกส์ที่นิยมใช้กันโดยแพร่หลาย จะใช้ระบบหน่วยวัดระหว่างประเทศ หรือระบบเอสไอ กำหนดขึ้นให้ทุกประเทศใช้เป็นมาตรฐานเดียวกันทั่วโลก โดยเฉพาะในด้านวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งหน่วยหลักของระบบเอสไอมีทั้งหมด 7 หน่วย เรียกว่า หน่วยฐาน (Base Units)

ปริมาตร	ชื่อหน่วย	สัญลักษณ์
ความยาว (Length)	เมตร (Meter)	m
มวล (Mass)	กิโลกรัม (Kilogram)	kg
เวลา (Time)	วินาที (Second)	s
กระแสไฟฟ้า (Electric Current)	แอมแปร์ (Ampere)	A
อุณหภูมิทางเทอร์โมไดนามิก (Thermodynamic Temperature)	เคลวิน (Kelvin)	K
ปริมารสาร (Amount of Substance)	โมล (Mole)	mol
ความเข้มของส่องสว่าง (Luminous Intensity)	แคนเดลา (Candela)	cd

1.3.2 กฎเบื้องต้นของระบบนิวเมติกส์

ในระบบนิวเมติกส์จะมีความสัมพันธ์กัน
อยู่อย่างระหว่างแรง อุณหภูมิ ความดัน และปริมาตร
ดังนั้น กฎเบื้องต้นของระบบนิวเมติกส์ ได้แก่
กฎการถ่ายความดันของปาสกาล (Pascal’s Law)
กฎปริมาตร และกฎความดันของบอยล์ (Boyle’s Law)
ก่อนจะกล่าวถึงกฎต่าง ๆ
จำเป็นต้องรู้ถึงพื้นฐานทางฟิสิกส์ของระบบนิวเมติกส์เสียก่อน

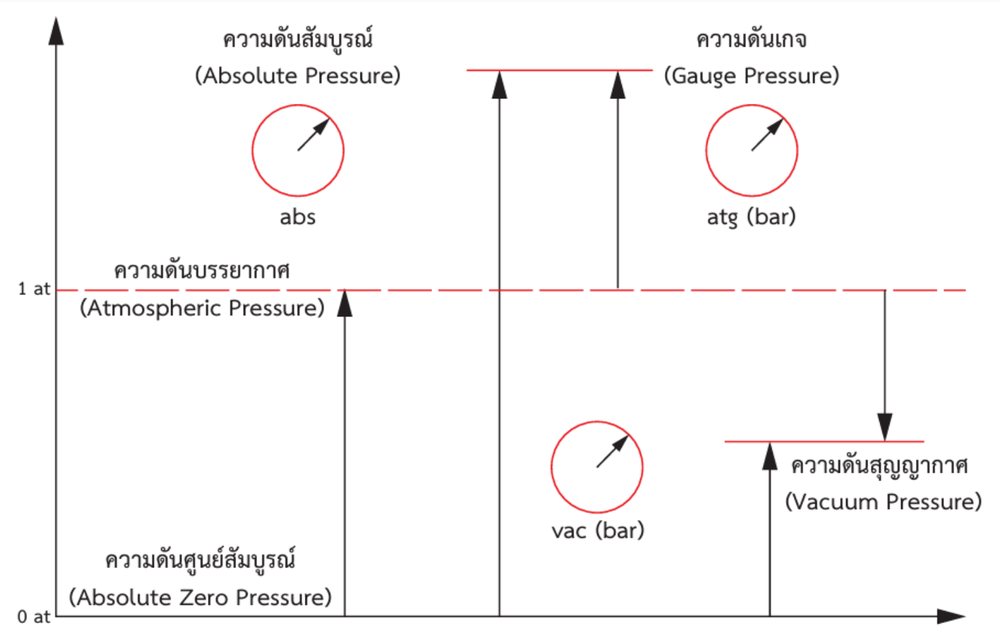
1.4 พื้นฐานทางฟิสิกส์ของระบบนิวเมติกส์

1.4.1 ความดัน (Pressure)

ความดัน เป็นปริมาณชนิดหนึ่งในทางฟิสิกส์ หมายถึง อัตราส่วนระหว่างแรงที่กระทำตั้งฉาก ซึ่งทำโดยของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซ ต่อพื้นที่ของสารใด ๆ ความดันเป็นปริมาณสเกลาร์ ซึ่งเป็นปริมาณที่มีแต่ขนาดไม่มีทิศทาง

ความดันบรรยากาศ (Atmospheric Pressure)

คือ ค่าความดันของอากาศในสภาวะปกติ หรืออากาศที่อยู่รอบๆ ตัวเรา ใช้อักษรย่อคือ P_{atm} มีค่าดังนี้ $P_{atm} = 1_{atm} = 14.7$ PSI $= 1.013$ bar เนื่องจากความสูงของระดับพื้นโลกในแต่ละท้องที่มีค่าไม่เท่ากัน หากวัดความดันจาก 0_{atm} จนถึงระดับความดันบรรยากาศ เรียกว่า ความดันสุญญากาศ (Vacuum Pressure) และถ้าเหนือความดันบรรยากาศขึ้นไป เรียกว่า ความดันเกจ (Gauge Pressure) ดังรูป



ความดันสัมบูรณ์ (Absolute Pressure)

ค่าความดันตั้งแต่ความดันสุญญากาศ ถึงความดันเกจ ความดันสัมบูรณ์ใช้อักษรย่อ P_{abs}
ดังนั้น $P_{abs} = P_{atg} + P_{atm}$

ความดันศูนย์สัมบูรณ์ (Absolute Zero Pressure)

ค่าความดันที่ต่ำกว่าความดันต่ำสุด ซึ่งเท่ากับศูนย์แท้ ความดันศูนย์สัมบูรณ์ใช้อักษรย่อ $P_{0\ abs}$

ความดันสุญญากาศ (Vacuum Pressure)

ค่าความดันตั้งแต่ความดันศูนย์สัมบูรณ์ถึงความดันบรรยากาศ ความดันสุญญากาศใช้อักษรย่อ P_{vac}

ความดันเกจ (Gauge Pressure)

ค่าความดันตั้งแต่ความดันบรรยากาศถึงความดันเกจ ใช้อักษรย่อว่า P_{atg}
ดังนั้น ความดันเกจ = ความดันสัมบูรณ์ – ความดันบรรยากาศ $P_{atg} = P_{abs} - P_{atm}$

1.3.2 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

1 อุณหภูมิ (Temperature)

เป็นหน่วยที่ใช้วัดความร้อนหรือความเย็นของวัตถุและของไหลต่างๆ หน่วยวัดอุณหภูมิสัมบูรณ์ (Tabs) ที่ใช้กันในปัจจุบัน คือ เคลวิน (Kelvin) ใช้สัญลักษณ์ K องศาเคลวิน และองศาเซลเซียส (Degree celsius) ใช้สัญลักษณ์ °C เป็นหน่วยวัดอุณหภูมิหน่วยหนึ่งในระบบเอสไอ เมื่อนำนิยามขององศาเซลเซียสกับนิยามหน่วยเคลวินมาเปรียบเทียบกัน โดยขนาดของสเกลหน่วยองศาเซลเซียสจะเท่ากับของเคลวิน ดังนั้น

$$0\,^{\circ}C = 273\ K\ (Kelvin)$$

$$1\,^{\circ}C = 273 + 1 = 274\ K$$

ดังนั้น การเปลี่ยนหน่วยความดันสัมบูรณ์ให้เป็นหน่วยองศาเซลเซียสได้จากสูตรดังนี้

ความดันสัมบูรณ์ = องศาเคลวิน – องศาเซลเซียส

$$T_{abs} = K - {}^{\circ}C$$

การเปลี่ยนหน่วยความดันสัมบูรณ์ให้เป็นหน่วยองศาเคลวินได้จากสูตรดังนี้

$$\text{ความดันสัมบูรณ์} = \text{องศาเคลวิน} + \text{องศาเซลเซียส}$$

$$T_{abs} = K + {}^{\circ}C$$

2 ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity)

คือ อัตราส่วนร้อยละของความชื้นสัมบูรณ์ต่อปริมาณการอิ่มตัวของไอน้ำ เป็นหน่วยที่นิยมใช้วัดระดับความชื้นในอากาศ ใช้สัญลักษณ์ RH หรือ นิยามได้ว่าเป็นค่าอัตราส่วนโดยมวลของไอน้ำในอากาศต่อไอน้ำสูงสุดที่อากาศ (ที่อุณหภูมิในขณะนั้น) สามารถแบกรับไว้ได้

$$\text{ความชื้นสัมพัทธ์ (\%)} = \frac{\text{ค่าความชื้นสัมบูรณ์}}{\text{ปริมาณการอิ่มตัวของไอน้ำ}} \times 100\%$$

ความชื้นสัมบูรณ์

ความหนาแน่นของไอน้ำในอากาศ หรือจำนวนของไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ มีหน่วยวัดเป็น กรัมต่อลูกบาศก์เมตร (g/m^3)

ปริมาณการอิ่มตัวของไอน้ำ

จำนวนไอน้ำที่อากาศสามารถรับไว้ได้จนถึงจุดอิ่มตัว ณ อุณหภูมิในขณะนั้น มีหน่วยวัดเป็น กรัมต่อลูกบาศก์เมตร (g/m^3) ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โดยการทำให้น้ำกลายเป็นไอน้ำ และค่าความชื้นสัมพัทธ์จะลดลงเมื่ออุณหภูมิลดลงและมีการกลั่นตัวของไอน้ำกลายเป็นหยดน้ำ ดังนั้น ที่อุณหภูมิ ณ จุดใดๆ ความชื้นสัมพัทธ์และปริมาณการอิ่มตัวของไอน้ำจะไม่เท่ากัน

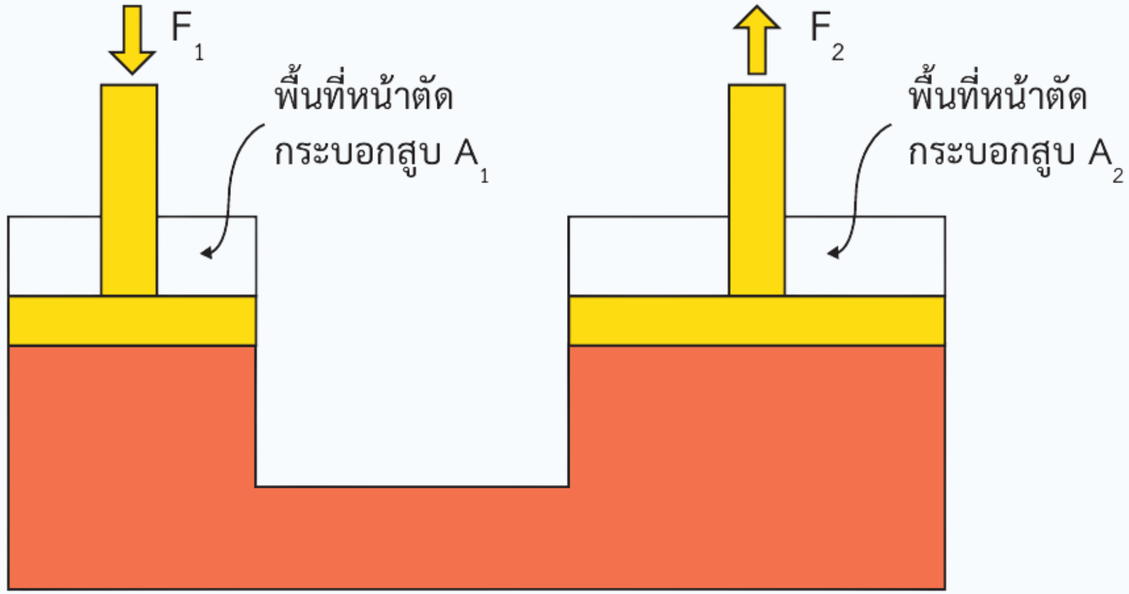
1.4.3 การส่งผ่านความดัน

การทำให้สิ่งใดสิ่งหนึ่งเคลื่อนผ่านจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง การส่งผ่านความดันก็คือ การส่งแรงดัน (Pressure: P) ที่ถูกกระทำด้วยแรง (Force: F) หรือน้ำหนัก (Weight: W) ที่กดลงในทิศทางที่ตั้งฉากกับพื้นที่ มีหน่วยเป็นแรงต่อพื้นที่ เช่น นิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2) กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (kg/cm^2) ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (PSI) ไปยังอีกที่หนึ่ง

1.5 กฎที่ใช้ในระบบนิวเมติกส์

1.5.1 กฎของปาสกาล (Pascal's Law)

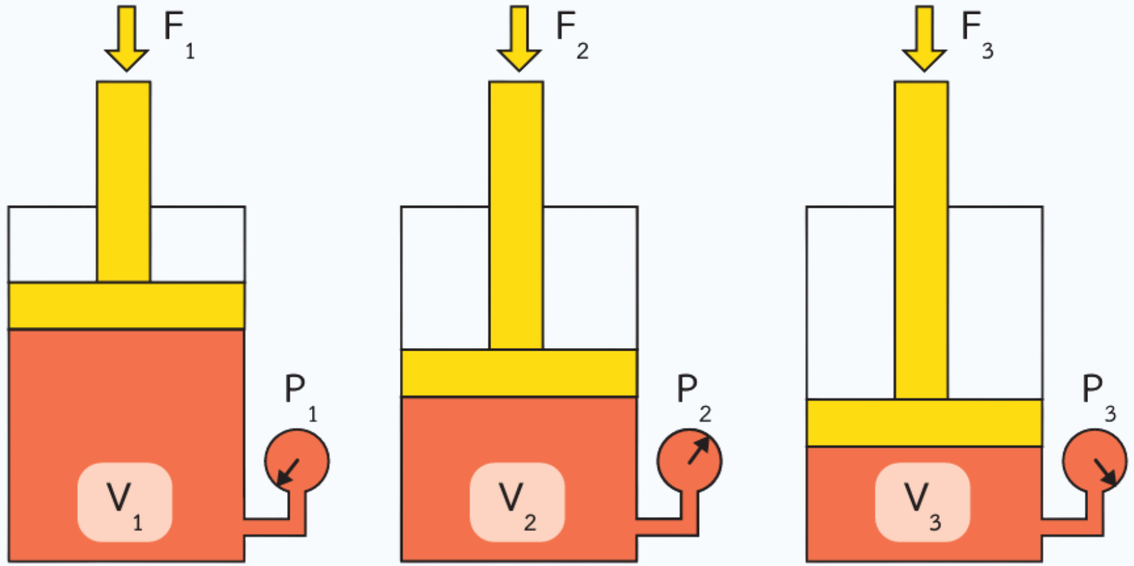
กฎของปาสกาล กล่าวถึงการถ่ายเทความดันแบบไม่เคลื่อนที่ (Static Pressure)
ซึ่งสรุปเป็นกฎว่า
"เมื่อทำให้เกิดความดันต่อของไหลที่อยู่ภายในภาชนะปิด จะเกิดแรงกระทำจากของไหลต่อทุก ๆ ส่วนของผิวภาชนะในแนวตั้งฉาก"



1.5.2 กฎของบอยล์ (Boyle's Law)

โรเบิร์ต บอยล์ (Robert Boyle) นักปรัชญา นักเคมี นักฟิสิกส์ และนักประดิษฐ์ชาวอังกฤษ นิยามว่า ณ จุดที่อุณหภูมิคงที่ ปริมาตรก๊าซจะเปลี่ยนแปลงเป็นอัตราส่วนผกผันกับความดันก๊าซนั้น หรือผลคูณของความดัน และปริมาตรของก๊าซจะมีค่าคงที่เสมอเมื่ออุณหภูมิคงที่ ดังรูป

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 = P_3 \cdot V_3 = \text{ค่าคงที่}$$



1.5.3 กฎของเกย์-ลูสแซก (Gay-Lussac's Law)

กฎของเกย์-ลูสแซก กล่าวไว้ว่า “ถ้าปริมาตรคงที่ในขณะที่ก๊าซหรืออากาศจำนวนหนึ่งมีการเปลี่ยนแปลงสภาพความดันจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์” สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} \text{ หรือ } \frac{T_1}{P_1} = \frac{T_2}{P_2}$$

ถ้านำเอากฎของบอยล์และกฎของเกย์-ลูสแซกรวมเข้าด้วยกัน สภาพของก๊าซหรืออากาศนี้เรียกว่า ไอดีลก๊าซ ซึ่งเป็นการรวมสูตรของก๊าซโดยทั่วไป สามารถเขียนในรูปของสมการได้ดังนี้

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \text{ หรือ } \frac{PV}{T} = \text{ค่าคงที่}$$

การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ทำให้ปริมาตรของอากาศเปลี่ยนไปจากเดิม
เช่น ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 K ปริมาตรของอากาศจะเปลี่ยนไป 1/273 เท่าของปริมาตรเดิม
โดยมีเงื่อนไขว่าจะต้องมีความดันคงที่ สามารถสรุปเป็นสูตรได้ดังนี้

$$V_2 = V_1 \frac{V_1}{273} (T_2 - T_1)$$

อากาศในบรรยากาศมีสภาพเป็นก๊าซ ประกอบไปด้วยก๊าซไนโตรเจนประมาณ 78% ก๊าซออกซิเจน 20%
และอีก 2% เป็นพวกก๊าซเฉื่อย ซึ่งเป็นสัดส่วนโดยปริมาตร อุณหภูมิแต่ละช่วงของบรรยากาศ
มีอิทธิพลต่อลมอัดมาก นอกจากนี้ความชื้นในบรรยากาศก็มีผลต่ออุปกรณ์ของลมอัดเช่นกัน
(โดยปกติความชื้นของน้ำที่ผสมอยู่ในบรรยากาศมีประมาณ 1% โดยน้ำหนัก)