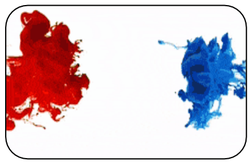


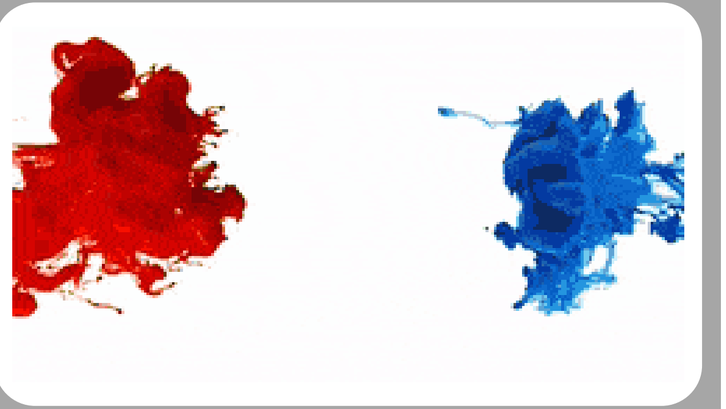
ของเหลว (Liquid)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรวิทย์ จันทร์สุวรรณ

Active Learning
Learning for all
by
Woravith Chansuvarn

Chemographics
LINE woravith
woravith.c@rmutp.ac.th
http://web.rmutp.ac.th/woravith

ของเหลว



- สมบัติของเหลว
- แผนผังวัฏภาค

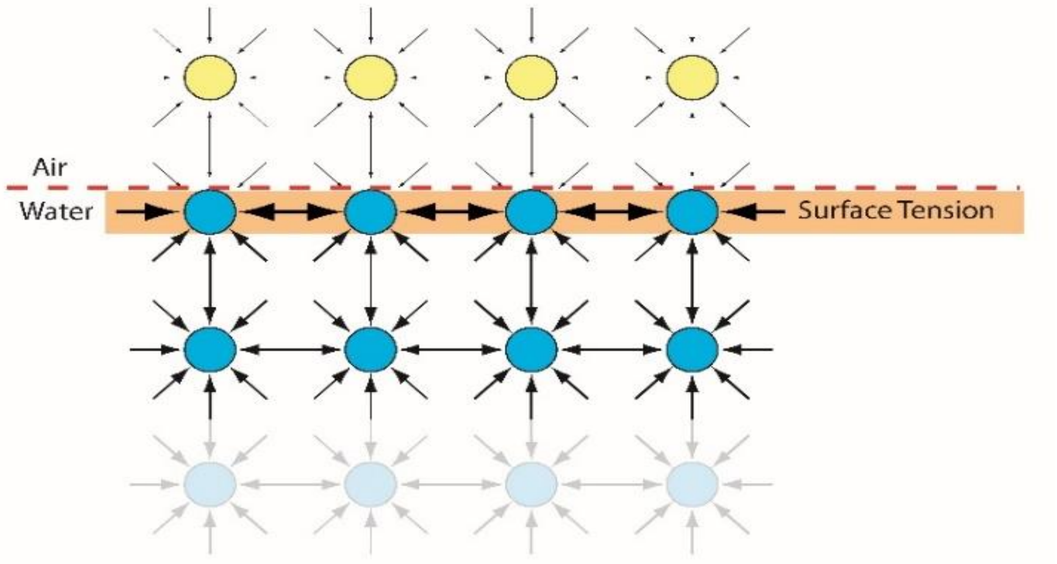
สมบัติทั่วไปของของเหลว

- โมเลกุลเคลื่อนที่อย่างไม่เป็นระเบียบอยู่ตลอดเวลา ทำให้เกิดการชนกันหลายสิบล้านครั้ง/วินาที
- ของเหลวมีความหนาแน่นมากกว่าแก๊สประมาณ 10^6 เท่า
- มีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลมากกว่าแก๊ส ความดันและอุณหภูมิมีผลน้อยมากต่อปริมาตรของเหลว
- ของเหลวสามารถไหลได้ แพร่ได้ (โมเลกุลของของเหลวเคลื่อนที่ได้)
- ของเหลวมีรูปร่างไม่แน่นอนเปลี่ยนแปลงไปตามภาชนะ

ความตึงผิว (surface tension)

แรงดึงดูดของโมเลกุลของเหลวแต่ละโมเลกุลที่กรพทำต่อโมเลกุลอื่น ๆ

การเคลื่อนที่ของแต่ละโมเลกุลอยู่ภายใต้อิทธิพลของโมเลกุลอื่นที่อยู่ล้อมรอบ ระหว่างพื้นที่ผิวของแต่ละโมเลกุลที่ติดกันของของเหลวเกิดเป็นแรงดึง



ปัจจัยที่มีผลต่อความตึงผิว

- **แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล**

  แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลมาก โมเลกุลที่ผิวหน้าจะถูกดึงเข้าภายในอย่างแรง งานที่ใช้ในการขยายพื้นที่ผิวของของเหลวจะมากตามไปด้วย ความตึงผิวจะมาก หรือกล่าวอีกอย่างคือ ยิ่งของเหลวมีความหนืดมาก ความตึงผิวจะยิ่งมีค่าสูงมาก

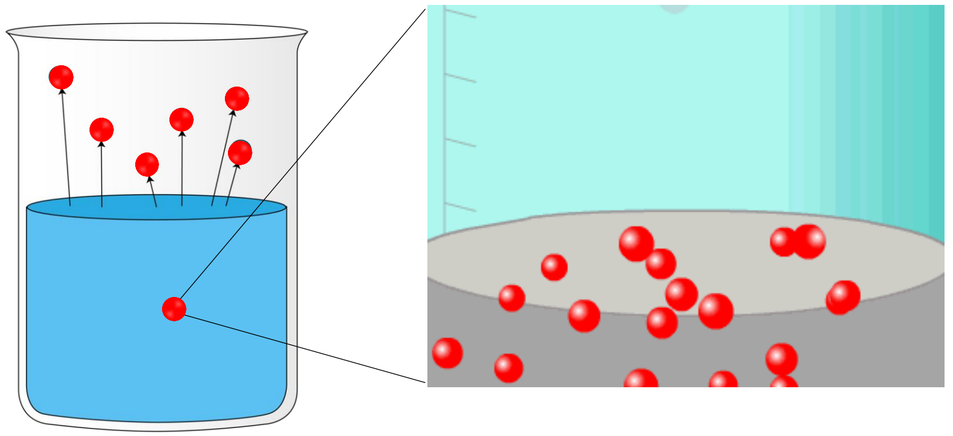
- **อุณหภูมิ**

  ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นพลังงานจลน์ของแต่ละโมเลกุลเพิ่มขึ้น แต่แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลลดลง ทำให้ความตึงผิวลดลง

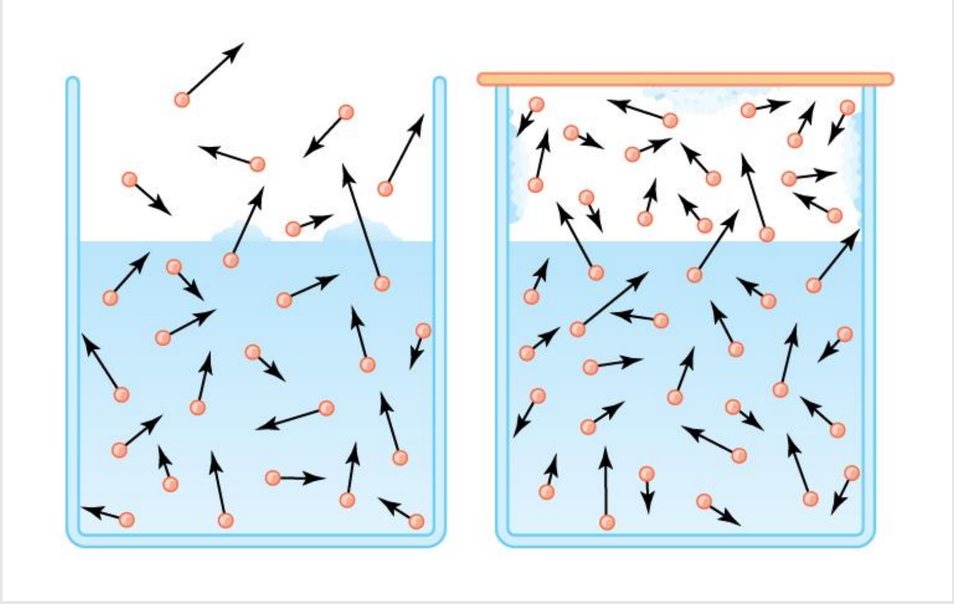
การระเหย (evaporation)

ปรากฏการณ์ที่โมเลกุลหลุดออกมาจากผิวของเหลวกลายสถานะเป็นไอ

โมเลกุลของเหลวเคลื่อนที่ตลอดเวลา แต่ละโมเลกุลเคลื่อนที่ด้วยความเร็วไม่เท่ากัน โมเลกุลจึงชนกันอยู่ตลอดเวลาและมีการแลกเปลี่ยนพลังงานจากการชนกัน ทำให้โมเลกุลหนึ่งๆ อาจได้รับพลังงานเพิ่มขึ้นและบางโมเลกุลสูญเสียพลังงานลง



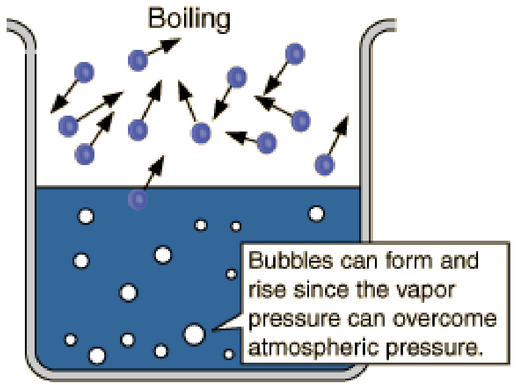
ปัจจัยที่มีผลต่อการระเหย

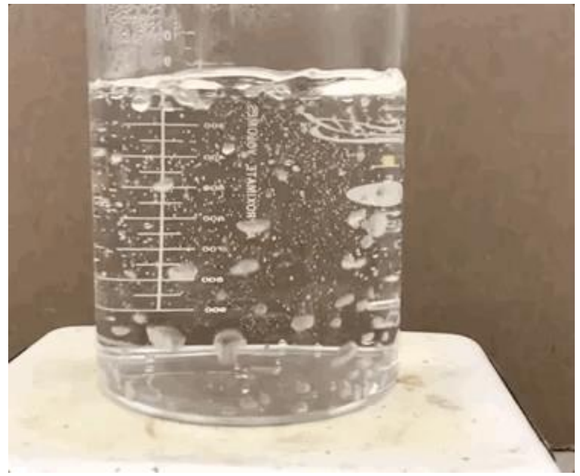


- การเพิ่มอุณหภูมิทำให้โมเลกุลมีพลังงานจลน์สูงขึ้น โอกาสที่จะชนะแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลมีมากขึ้น
- พื้นที่ผิวของของเหลว ทำให้โมเลกุลที่มีพลังงานจลน์สูงอยู่ที่ผิวมากขึ้นมีโอกาสหลุดออกจากแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลได้มากขึ้น
- การที่ของเหลวอยู่ในระบบเปิด เป็นการป้องกันมิให้มีโอกาสกลับมาควบแน่นได้อีกและไม่ให้มีความดันไอต่อต้านโมเลกุลที่จะระเหยออกไปอีก
- ความดันบรรยากาศเหนือของเหลว ถ้ามีความดันบรรยากาศต่ำของเหลวย่อมระเหยได้ดีขึ้น
- การถ่ายเทของอากาศเหนือของเหลวและการกวนของเหลวมีผลให้การระเหยดีขึ้น

การเดือด (boiling)

กระบวนการที่โมเลกุลของเหลวได้รับพลังงานความร้อนมากพอจนกลายเป็นไอได้อย่างรวดเร็ว โมเลกุลของเหลวทั่วทุกบริเวณในภาชนะสามารถที่จะหลุดจากแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลได้อย่างรวดเร็ว





การเดือดของของเหลวจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิหนึ่ง เรียกว่า จุดเดือด (boiling point)

ความดันไอของของเหลวขณะเดือดจะมีค่าเท่ากับหรือมากกว่า ความดันบรรยากาศ โดยความดันบรรยากาศมีผลต่อจุดเดือดของของเหลว

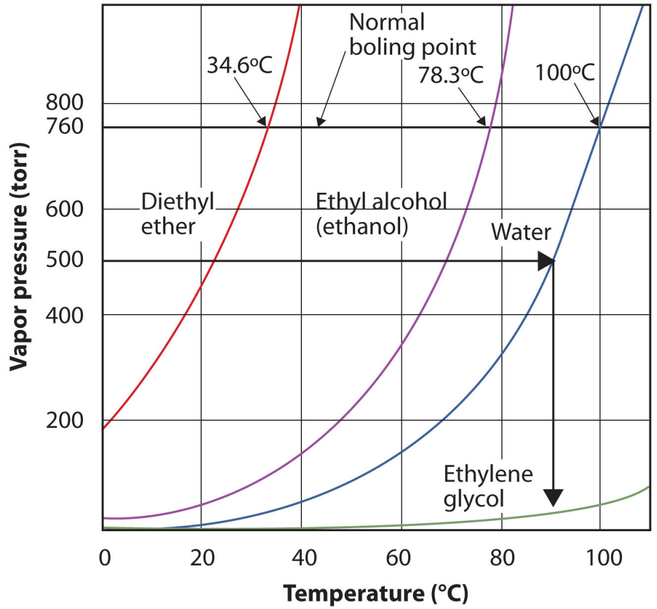
การบอกจุดเดือดของของเหลวชนิดหนึ่งๆ จะต้องบอกความดันของบรรยากาศด้วย เช่น จุดเดือดของน้ำเท่ากับ 100°C ที่ความดัน 1 บรรยากาศ เรียกว่า จุดเดือดปกติ (normal boiling point)

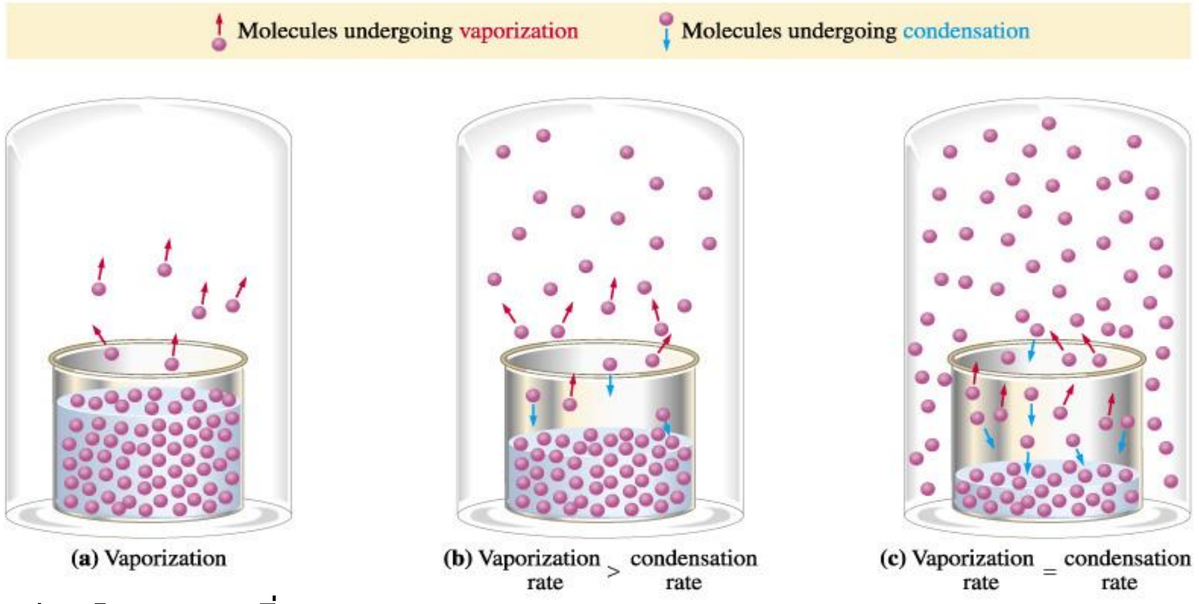
ความดันไอ (vapor pressure)

“

ความดันที่อยู่เหนือของเหลว ณ ภาวะสมดุลในระบบปิด

ของเหลวแต่ละชนิดจะมีความดันไอไม่เท่ากัน
โดยทั่วไปพบว่า
ถ้าแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลน้อย ความดันไอของของเหลวจะมีค่าสูง เพราะโมเลกุลของของเหลวสามารถระเหยได้ง่าย
ถ้าของเหลวมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลมาก ความดันไอของของเหลวก็จะมีค่าน้อย





รูป a โมเลกุลจะเริ่มระเหยกลายเป็นไอ

รูป b การระเหยจะมากขึ้น

รูป c โมเลกุลของของเหลวระเหยมาก แต่ก็มีโมเลกุลของเหลวบางส่วนที่สามารถควบแน่นกลับมาเป็นของเหลวได้

ถ้าอัตราการระเหยเท่ากับอัตราการควบแน่น จะเรียกว่า ของเหลวอยู่ในภาวะสมดุลกับไอ

การแพร่ (diffusion)

การเคลื่อนที่ของอนุภาคจากบริเวณที่มีความหนาแน่นสูงไปยังบริเวณที่มีความหนาแน่นต่ำโดยอาศัยพลังงานจลน์ของสารเอง

ถ้านำของเหลวสองชนิดที่สามารถละลายในกันและกันมาผสมกัน โมเลกุลของเหลวชนิดหนึ่งจะแพร่กระจายไปทั่วโมเลกุลของเหลวอีกชนิดหนึ่ง

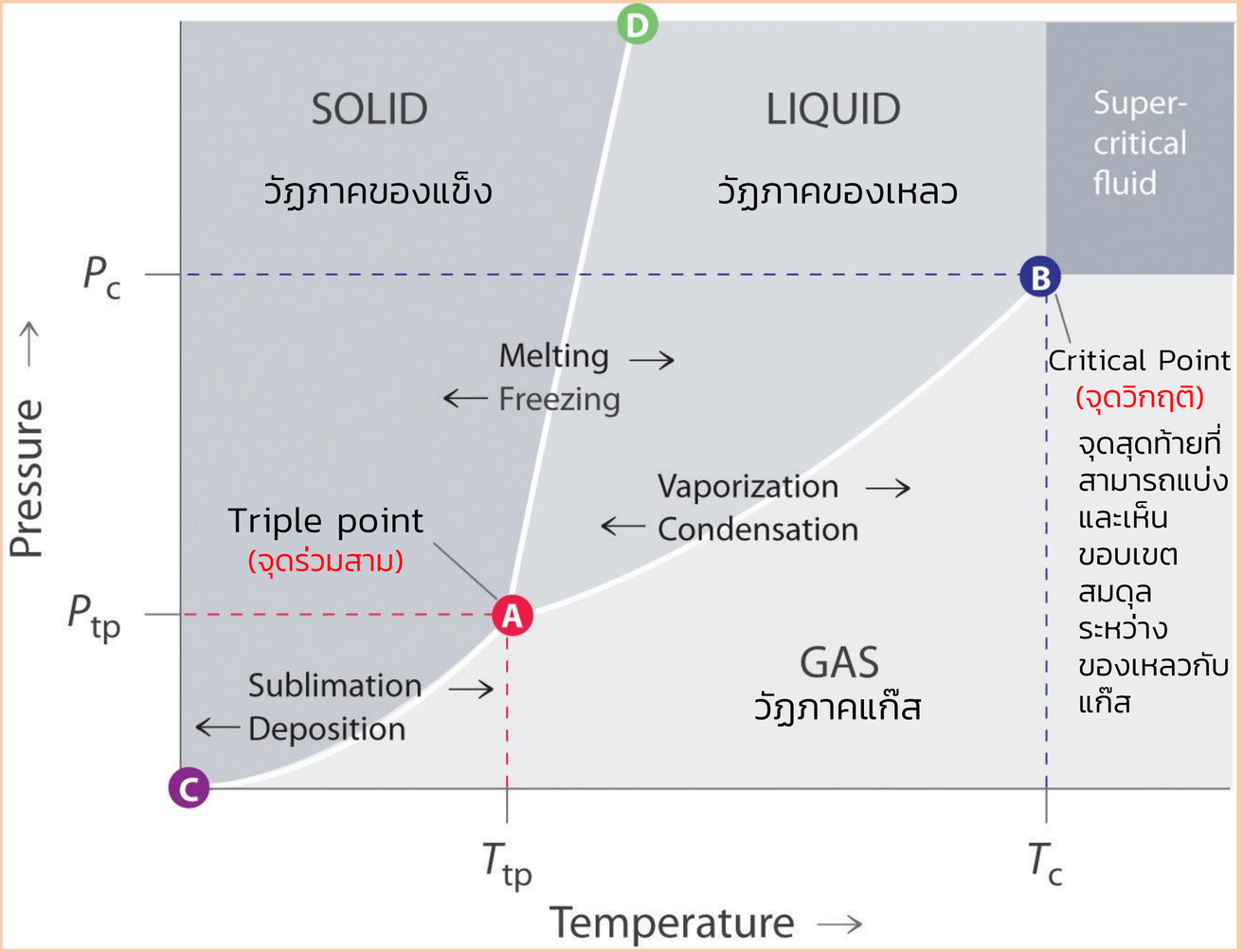
แผนผังวัฏภาค (phase diagram)

แผนผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสถานะของสสารทั้ง 3 สถานะที่อุณหภูมิและความดันต่าง ๆ

“

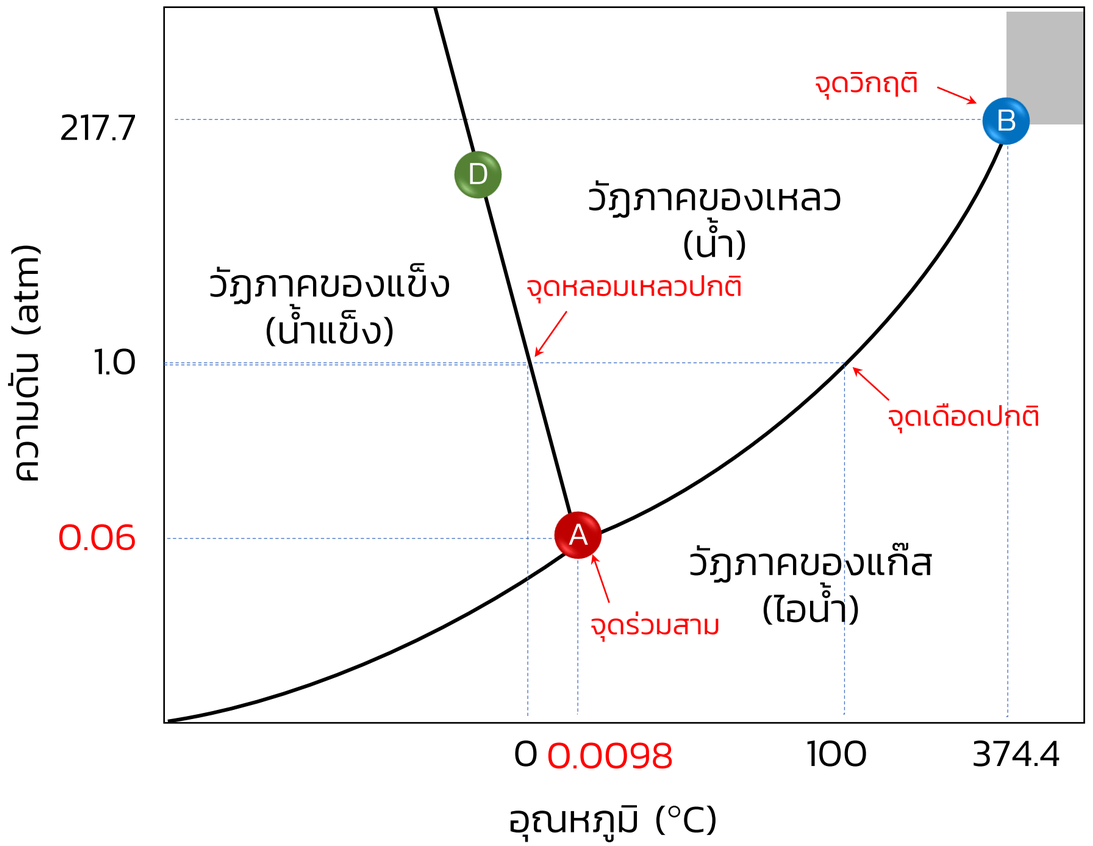
กราฟสองมิติประกอบด้วยแกนอุณหภูมิและความดัน ซึ่งมีเส้นกราฟที่สำคัญ 3 เส้นโดยแต่ละเส้นแสดงวัฏภาคของสสารตามเงื่อนไขอุณหภูมิและความดัน ที่อยู่ ณ ภาวะสมดุล

เส้น CA เส้นสมดุลวัฏภาคระหว่างของแข็งกับแก๊ส
เส้น AD เส้นสมดุลวัฏภาคระหว่างของแข็งกับของเหลว
เส้น AB เส้นสมดุลวัฏภาคระหว่างของเหลวกับแก๊ส



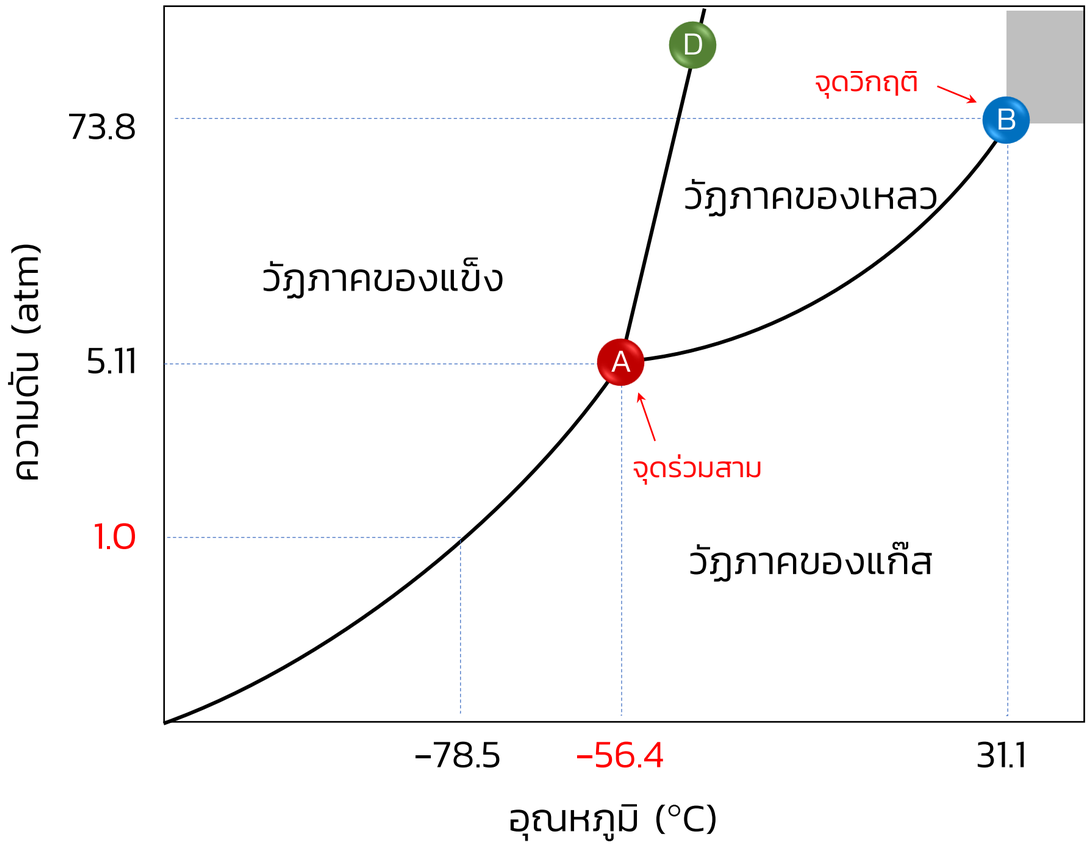
จุดร่วมสามคืออุณหภูมิและความดันที่ทำให้ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส อยู่ร่วมในภาวะสมดุลกันที่จุดเดียวกัน

แผนผังวัฏภาคของน้ำ



- จุดหลอมเหลว คือ จุดที่ทำให้น้ำเปลี่ยนจากสถานะของแข็งกลายเป็นของเหลว ที่อุณหภูมิ 0°C
- น้ำเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นแก๊สโดยไม่ผ่านสถานะของเหลว โดยการลดความดันลงเรื่อย ๆ จนความดันต่ำกว่า 0.00603 atm (4.58 ทอร์) ซึ่งในที่สุดจะได้ไอน้ำ (แก๊ส) โดยไม่ผ่านสถานะที่เป็นของเหลว
- จุดเดือด คือ จุดที่ทำให้น้ำเปลี่ยนจากสถานะของเหลวกลายเป็นแก๊ส ที่อุณหภูมิ 100°C
- จุดร่วมสามของน้ำ อยู่ที่ความดัน 0.00603 atm (4.58 ทอร์) อุณหภูมิ 0.0098°C
- จุดวิกฤตของน้ำ อยู่ที่ความดัน 217.7 atm อุณหภูมิ 374.4°C

แผนผังวัฏภาคของ CO_2

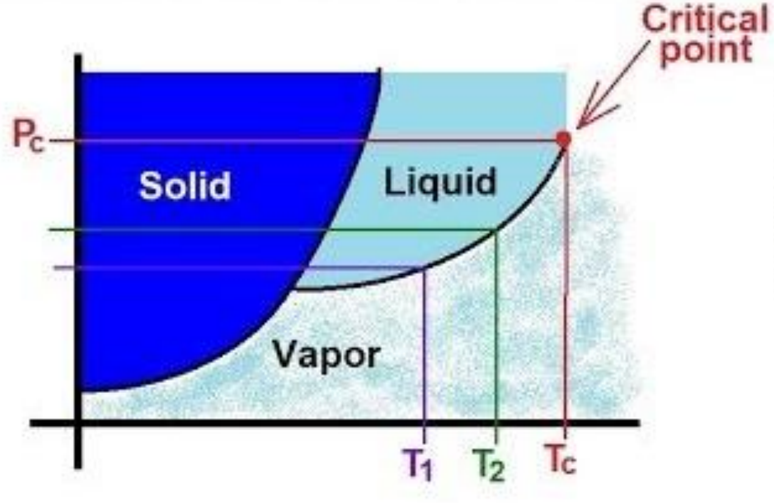


- จุดร่วมสามของ CO_2 อยู่ที่ T=-56.4°C และ P= 5.11 atm
- สถานะของเหลวจะอยู่เหนือความดันบรรยากาศ ดังนั้นจึงไม่สามารถทำให้ CO_2 (ของแข็ง) หลอมเหลวที่ P=1 atm แต่ถ้าให้ความร้อนแก่ CO_2 (ของแข็ง) ที่ -78°C และที่ P=1 atm สาร CO_2 (ของแข็ง) จะระเหิด

#อุณหภูมิวิกฤตและความดันวิกฤต

- อุณหภูมิวิกฤต (critical temperature) หมายถึง อุณหภูมิสูงสุดที่สารสามารถอยู่ได้ในสถานะของเหลว ที่อุณหภูมิสูงกว่านี้ แก๊สจะไม่สามารถควบแน่นเป็นของเหลวได้ ไม่ว่าจะใช้ความดันสูงเท่าใดกระทำต่อแก๊ส
- ความดันวิกฤต (critical pressure) คือความดันต่ำสุดที่ต้องใช้ในการควบแน่นของแก๊สเป็นของเหลวที่อุณหภูมิวิกฤต

T_c, temperature above which vapor cannot be made to liquefy.
P_c, pressure required to liquefy vapor at the critical temperature.



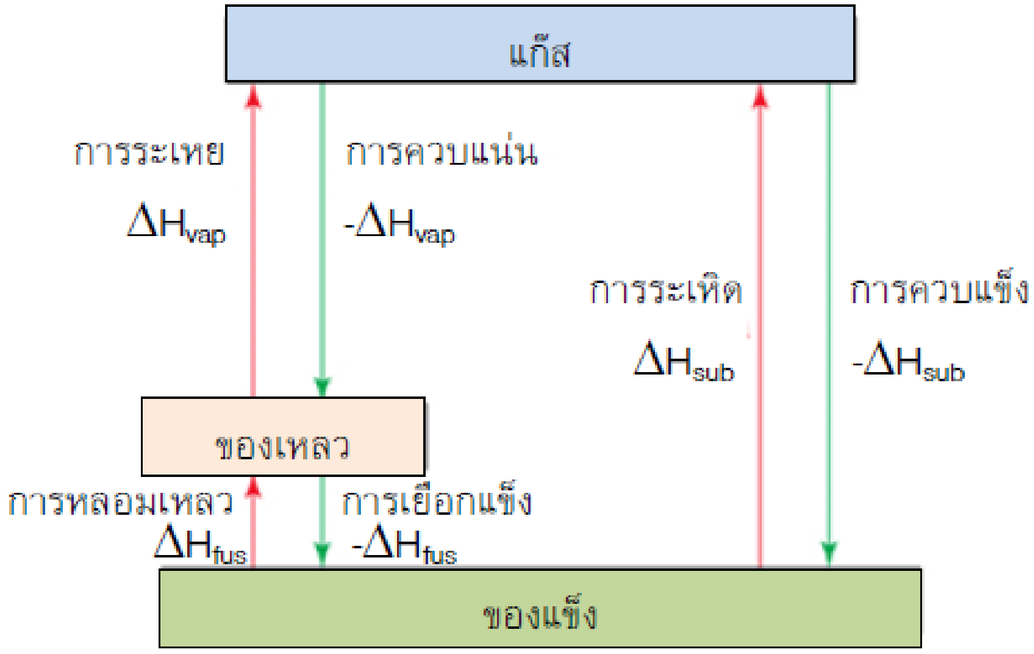
	T_c(°C)	P_c(atm)
H_2O	374.4	219.5
NH_3	132.4	111.5
CO_2	31.0	73
CH_4	-83.0	45.6
Hg	1462	1036

Substance	T_C (°C)	P_C (bar)
Ethylene	9.3	50.4
Xenon	16.6	58.4
Carbon Dioxide	31.1	73.8
Ethane	32.2	48.8
Nitrous Oxide	36.5	71.7
Propane	96.7	42.5
N-Pentane	196.5	33.7
Trichlorofluoromethane	198.1	44.1
Isopropanol	235.2	47.6
Methanol	239.5	81
Cyclohexane	280.3	40.7
Benzene	289	48.9
Toluene	318.6	41.1
p-Xylene	343.1	35.2
Water	374.2	220.5

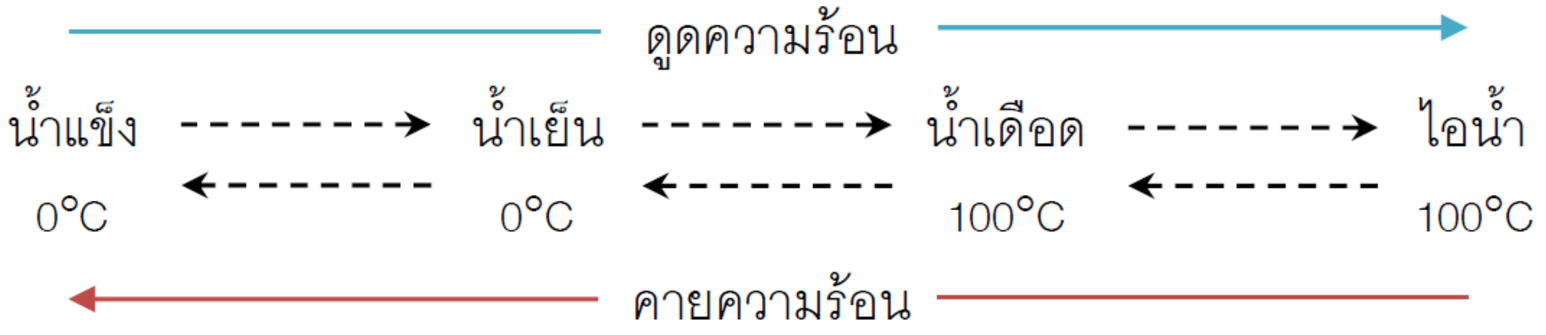
#พลังงานของการเปลี่ยนวัฏภาค

การเปลี่ยนวัฏภาค คือการเปลี่ยนสถานะของสสาร

- ของแข็งเปลี่ยนเป็นของเหลว
- ของเหลวเปลี่ยนเป็นไอ
- การที่ไอเปลี่ยนเป็นของเหลว
- ของเหลวเปลี่ยนเป็นของแข็ง



- การหลอมเหลว (melting) คือของแข็ง (solid) เปลี่ยนเป็นของเหลว (liquid)
- การระเหย (vaporization) คือของเหลว (liquid) เปลี่ยนเป็นไอ (gas)
- การระเหิด (sublimation) คือของแข็ง (solid) เปลี่ยนเป็นไอ (gas)
- การเยือกแข็ง (freezing) คือของเหลว (liquid) เปลี่ยนเป็นของแข็ง (solid)
- การควบแน่น (condensation) คือไอ (gas) เปลี่ยนเป็นของเหลว (liquid)
- การควบแข็ง (deposition) คือไอ (gas) เปลี่ยนเป็นของแข็ง (solid)



$$H_2O(l) + 40.62\ kJ/mol \longrightarrow H_2O(g)$$

$$H_2O(g) \longrightarrow H_2O(l) + 40.62\ kJ/mol$$

$$H_2O(s) + 50.01\ kJ/mol \longrightarrow H_2O(g)$$

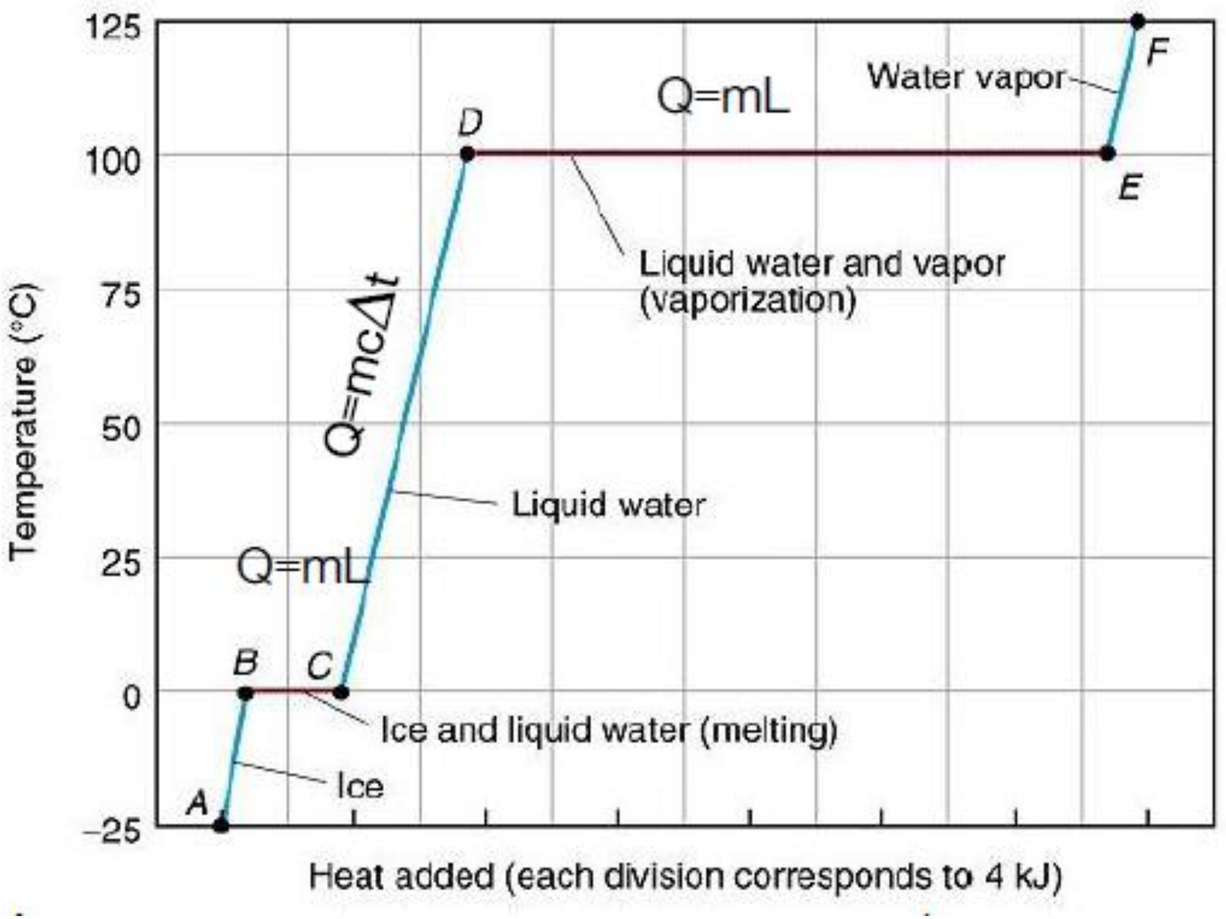
$$H_2O(g) \longrightarrow H_2O(s) + 50.01\ kJ/mol$$

$$H_2O(s) + 5.98\ kJ/mol \longrightarrow H_2O(l)$$

$$H_2O(l) \longrightarrow H_2O(g) + 5.98\ kJ/mol$$

ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะเรียกว่าความร้อนแฝงจำเพาะ

- **ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว** (latent heat of fusion) หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ในการเปลี่ยนสถานะของแข็งให้กลายเป็นของเหลว ณ จุดหลอมเหลวของสาร (ช่วง B ถึง C)
- **ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ** (latent heat of vaporization) ปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ในการเปลี่ยนสถานะของเหลวให้กลายเป็นไอ ณ จุดเดือดของของเหลวนั้น (ช่วง D ถึง E)



Brown et al. Chemistry. 2009.

#กิจกรรม work@class

แบ่งกลุ่มทำกิจกรรม 2.1

มอบหมายโจทย์ให้แต่ละกลุ่ม
ระดมสมองแก้ไขโดยวิธีการ
ร่วมแสดงความคิดเห็น

ให้แต่ละกลุ่มนำเสนอ วิธีการแก้ไขโจทย์ปัญหา

1) หลักการสำคัญหรือหลักพื้นฐานที่ถูกต้อง

2) วิธีการคำนวณค่าที่ถูกต้อง

3) วิธีอธิบายเชิงพฤติกรรม (วิธีปฏิบัติ) ที่ถูกต้อง

โดยให้กลุ่มอื่น ๆ รับฟัง และซักถามในข้อที่สงสัย