

ของเหลวและสารละลาย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรวิทย์ จันทรสุวรรณ



Sci RMUTP

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



Download เอกสารอ่านเพิ่มเติม
เอกสารเผยแพร่เพื่อประโยชน์แก่การศึกษา
woravith.c@rmutp.ac.th

สมบัติ ทั่วไป ของ ของเหลว

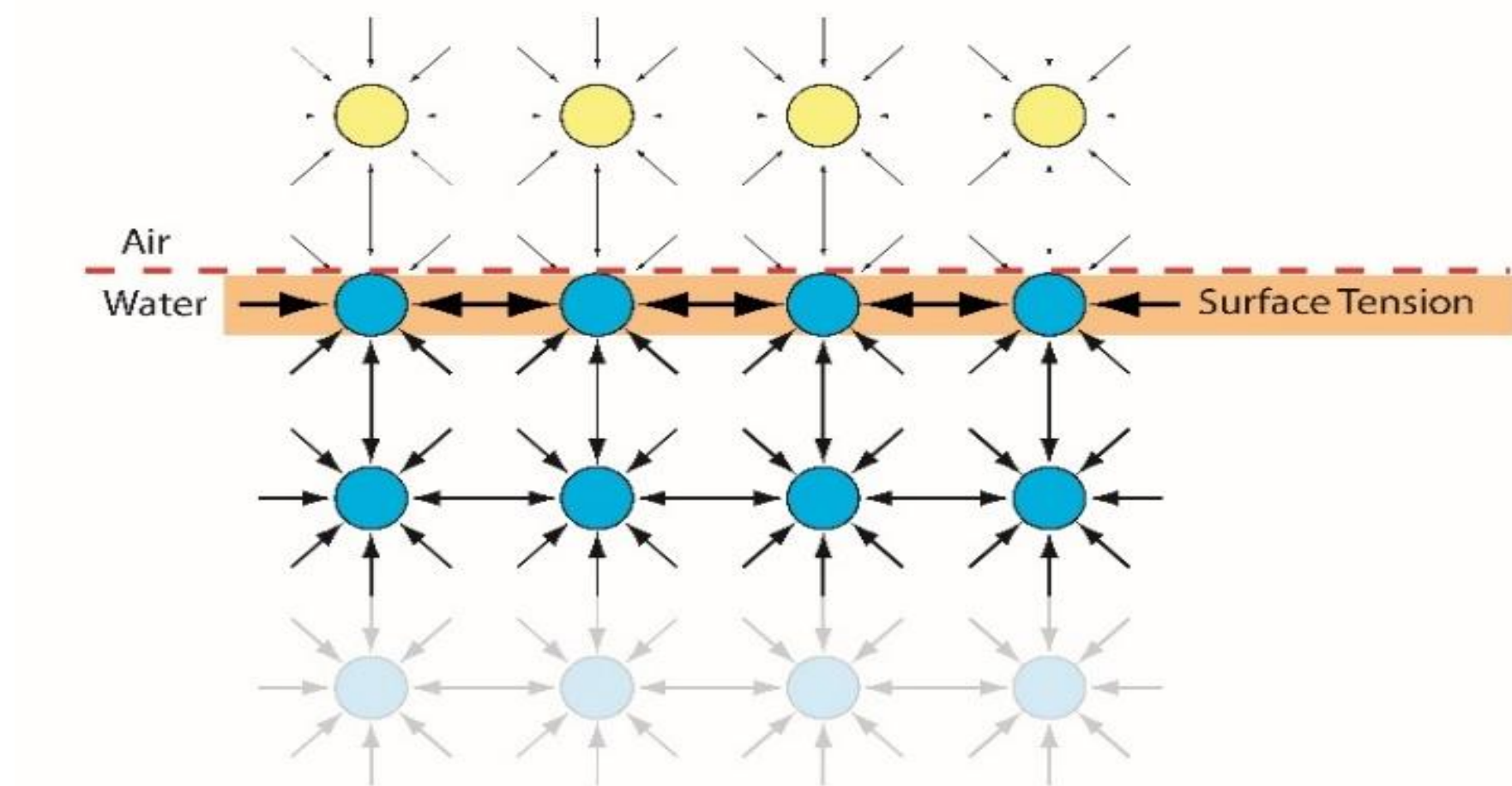
- โมเลกุลเคลื่อนที่อย่างไม่เป็นระเบียบอยู่ตลอดเวลา ทำให้เกิดการชนกันหลายสิบล้านครั้ง/วินาที
- ของเหลวมีความหนาแน่นมากกว่าแก๊สประมาณ 10^6 เท่า
- มีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลมากกว่าแก๊ส ความดันและอุณหภูมิมีผลน้อยมากต่อปริมาตรของเหลว
- ของเหลวสามารถไหลได้ แพร่ได้ (โมเลกุลของของเหลวเคลื่อนที่ได้)
- ของเหลวมีรูปร่างไม่แน่นอนเปลี่ยนแปลงไปตามภาชนะ



ความตึงผิว (surface tension)

แรงดึงดูดของโมเลกุลของเหลวแต่ละโมเลกุลที่กระทำต่อโมเลกุลอื่น ๆ

การเคลื่อนที่ของแต่ละโมเลกุลอยู่ภายใต้อิทธิพลของโมเลกุลอื่นที่อยู่ล้อมรอบ ระหว่างพื้นที่ผิวของแต่ละโมเลกุลที่ติดกันของเหลวเกิดเป็นแรงตึง



ปัจจัยที่มีผลต่อความตึงผิว



- **แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล**

แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลมาก โมเลกุลที่ผิวหน้าจะถูกดึงเข้าภายในอย่างแรง งานที่ใช้ในการขยายพื้นที่ผิวของของเหลวจะมากตามไปด้วย ความตึงผิวจะมาก หรือกล่าวอีกอย่างคือ ยิงของเหลวมีความหนืดมาก ความตึงผิวจะยิ่งมีค่าสูงมาก

- **อุณหภูมิ**

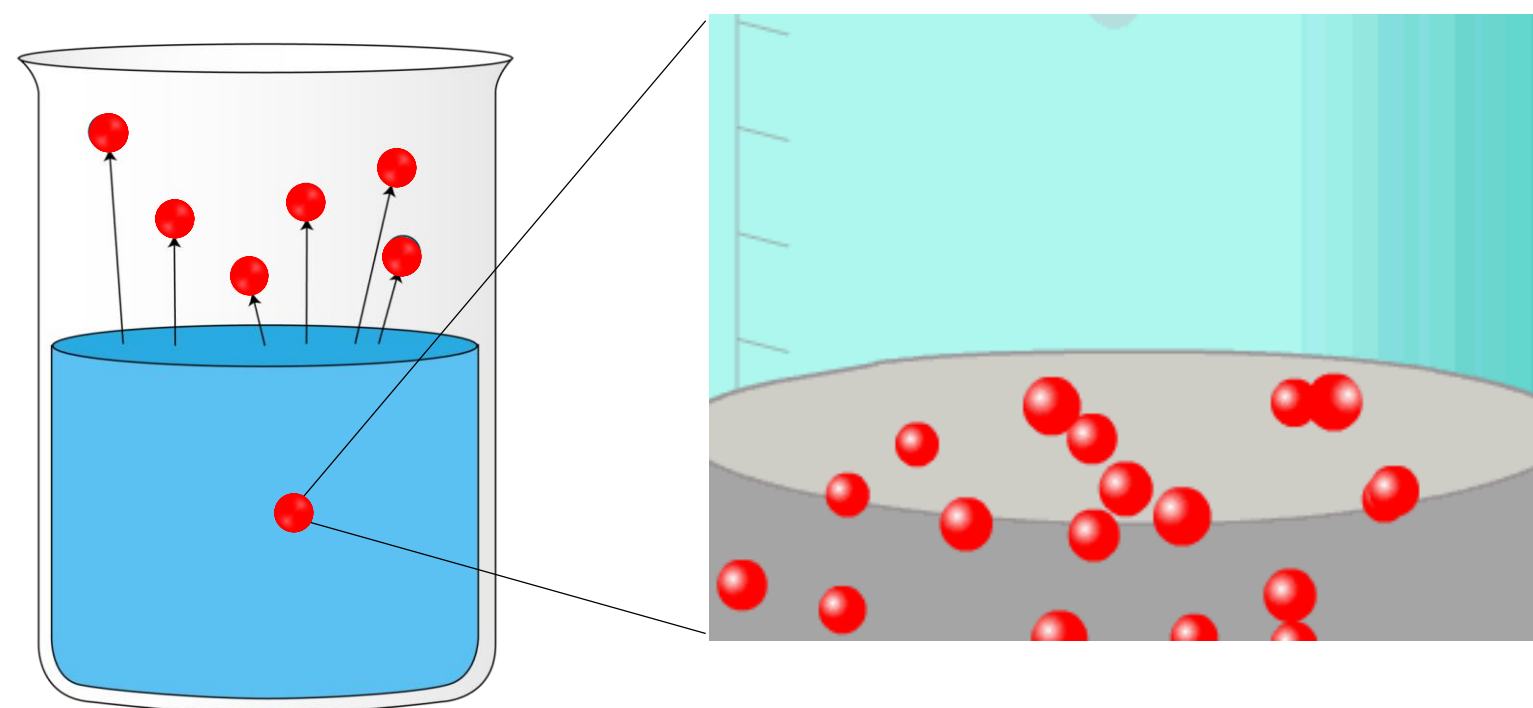
ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นพลังงานจลน์ของแต่ละโมเลกุลเพิ่มขึ้น แต่แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลลดลง ทำให้ความตึงผิวลดลง



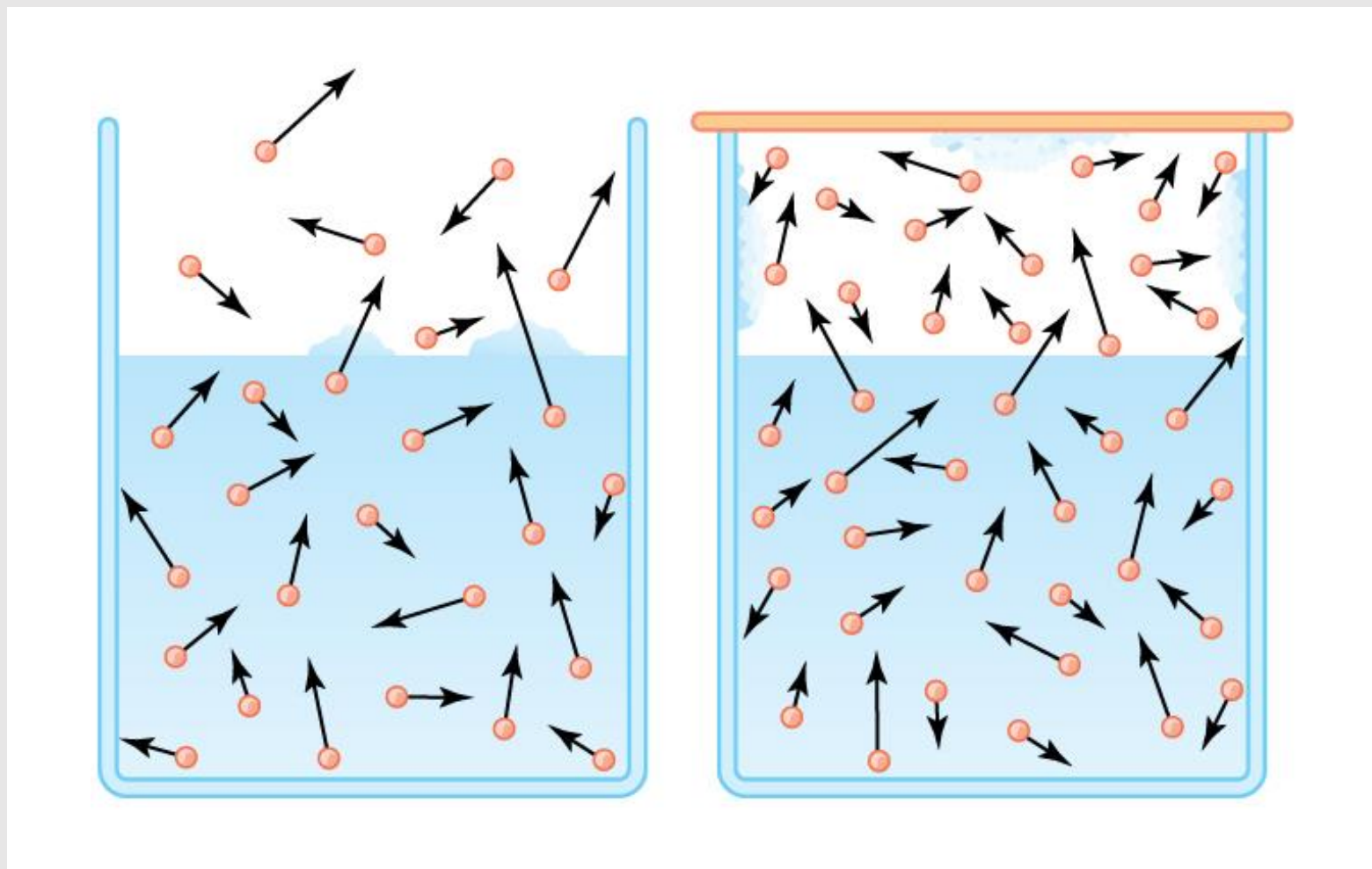
การระเหย (evaporation)

ปรากฏการณ์ที่โมเลกุลหลุดออกมาจากผิว
ของเหลวกลายเป็นไอ

โมเลกุลของเหลวเคลื่อนที่ตลอดเวลา
แต่ละโมเลกุลเคลื่อนที่ด้วยความเร็วไม่เท่ากัน
โมเลกุลจึงชนกันอยู่ตลอดเวลาและมีการ
แลกเปลี่ยนพลังงานจากการชนกัน ทำให้
โมเลกุลหนึ่งๆ อาจได้รับพลังงานเพิ่มขึ้นและ
บางโมเลกุลสูญเสียพลังงานลง



ปัจจัยที่มีผลต่อการระเหย



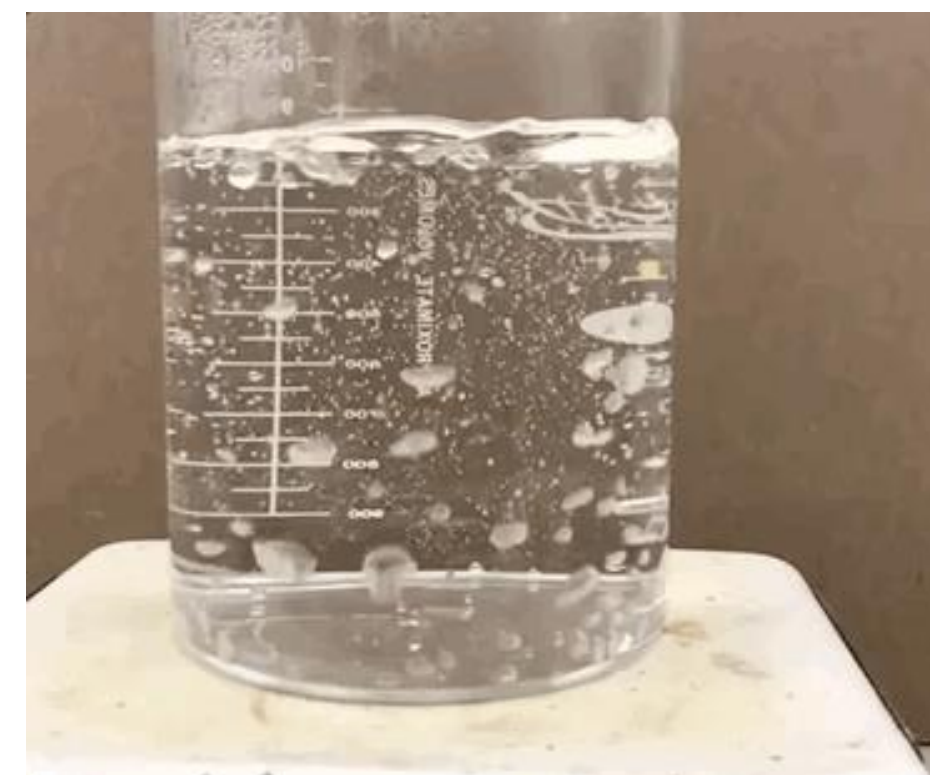
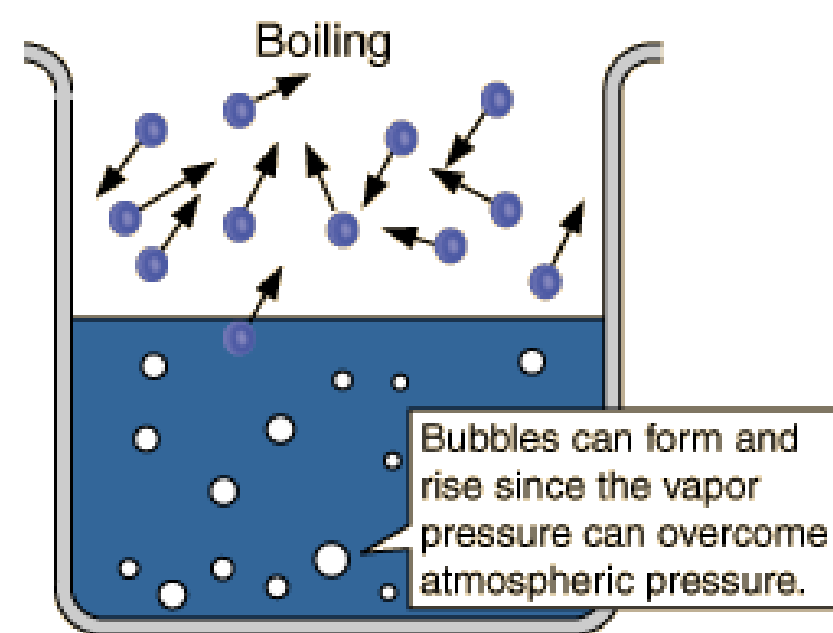
- การเพิ่มอุณหภูมิทำให้โมเลกุลมีพลังงานจลน์สูงขึ้น โอกาสที่จะชนะแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลมีมากขึ้น
- พื้นที่ผิวของของเหลว ทำให้โมเลกุลที่มีพลังงานจลน์สูง อยู่ที่ผิวมากขึ้นมีโอกาสหลุดออกจากแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลได้มากขึ้น
- การที่ของเหลวอยู่ในระบบเปิด เป็นการป้องกันมิให้มีโอกาสกลับมาควบแน่นได้อีกและไม่ให้ความดันไอต่อต้านโมเลกุลที่จะระเหยออกไปอีก
- ความดันบรรยากาศเหนือของเหลว ถ้ามีความดันบรรยากาศต่ำของเหลวย่อมระเหยได้ดีขึ้น
- การถ่ายเทของอากาศเหนือของเหลวและการกวนของเหลวมีผลให้การระเหยดีขึ้น

การเดือด (boiling)

“

กระบวนการที่โมเลกุลของเหลวได้รับพลังงานความร้อนมากพอจนกลายเป็นไอได้อย่างรวดเร็ว

โมเลกุลของเหลวทั่วทุกบริเวณในภาชนะสามารถที่จะหลุดจากแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลได้อย่างรวดเร็ว



การเดือดของของเหลวจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิหนึ่ง เรียกว่า จุดเดือด (boiling point)

ความดันไอของของเหลวขณะเดือดจะมีค่าเท่ากับ หรือมากกว่า ความดันบรรยากาศ โดยความดันบรรยากาศมีผลต่อจุดเดือดของของเหลว

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

ความดันไอ (vapor pressure)

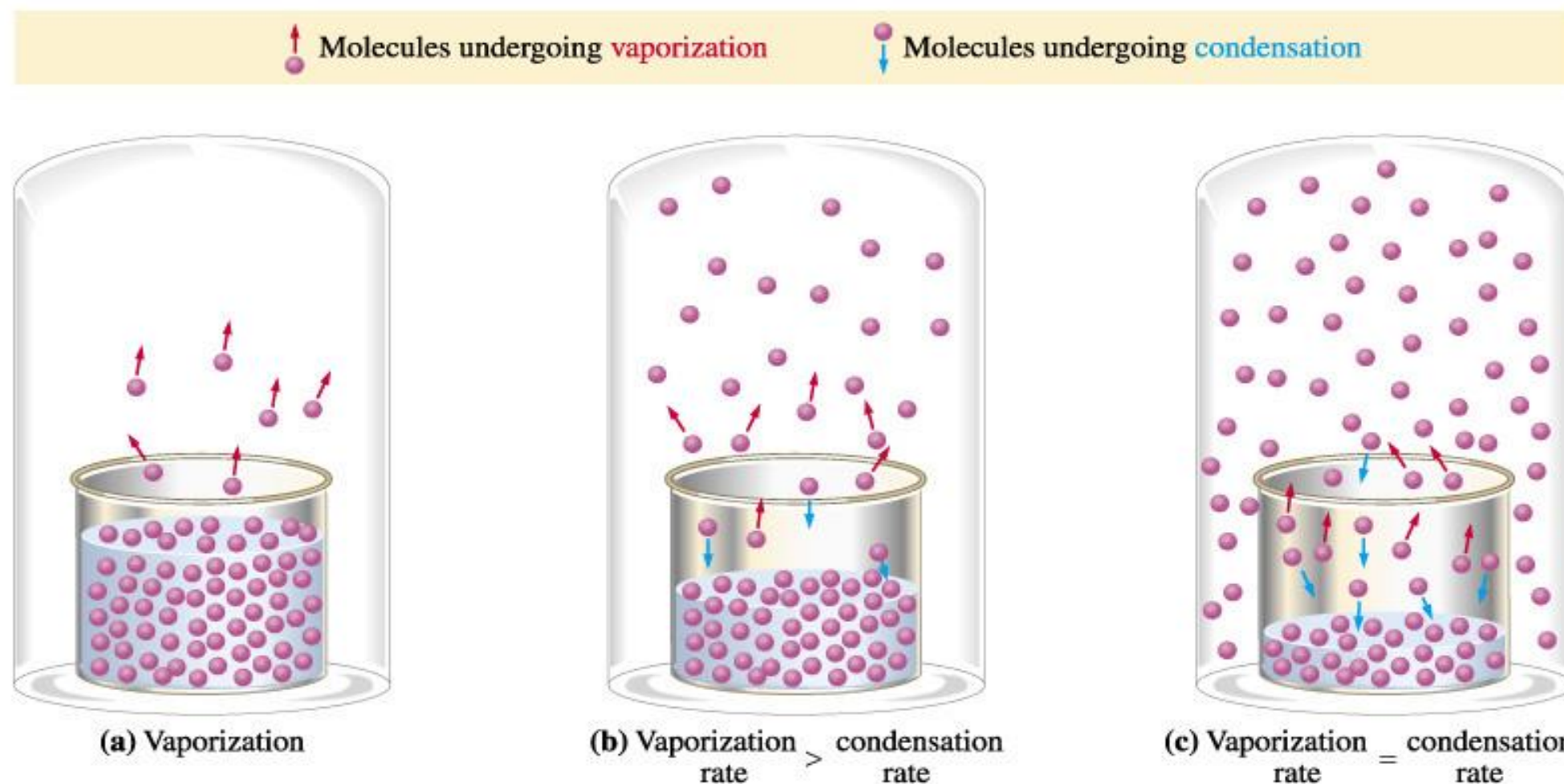
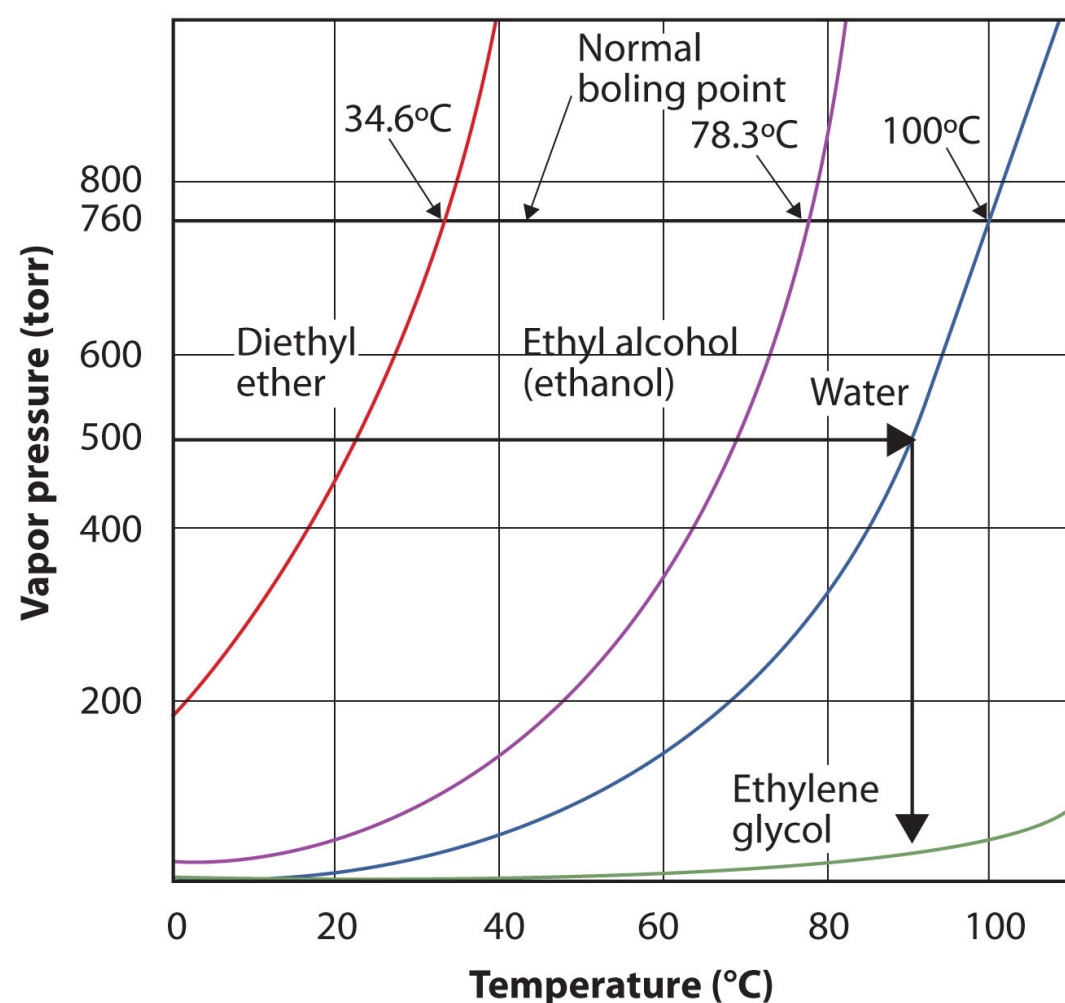
“

ความดันที่อยู่เหนือของเหลว ณ
ภาวะสมดุลในระบบปิด

ของเหลวแต่ละชนิดจะมีความดันไอไม่เท่ากัน
โดยทั่วไปพบว่า

ถ้าแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลน้อย ความดันไอของ
ของเหลวจะมีค่าสูง เพราะโมเลกุลของของเหลวสามารถ
ระเหยได้ง่าย

ถ้าของเหลวมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลมาก ความดันไอ
ของของเหลวก็จะมีค่าน้อย



รูป a โมเลกุลจะเริ่ม
ระเหยกลายเป็นไอ

รูป b การระเหยจะ
มากขึ้น

รูป c โมเลกุลของ
ของเหลวระเหยมาก แต่ก็มี
โมเลกุลของเหลวบางส่วนที่
สามารถควบแน่นกลับมา
เป็นของเหลวได้

ถ้าอัตราการระเหยเท่ากับอัตราการควบแน่น
จะเรียกว่า ของเหลวอยู่ในภาวะสมดุลกับไอ

การแพร่ (diffusion)

การเคลื่อนที่ของอนุภาคจากบริเวณที่มีความหนาแน่นสูงไปยังบริเวณที่มีความหนาแน่นต่ำโดยอาศัยพลังงานจลน์ของสารเอง

“



ถ้านำของเหลวสองชนิดที่สามารถละลายในกันและกันมาผสมกัน โมเลกุลของเหลวชนิดหนึ่งจะแพร่กระจายไปทั่วโมเลกุลของเหลวอีกชนิดหนึ่ง

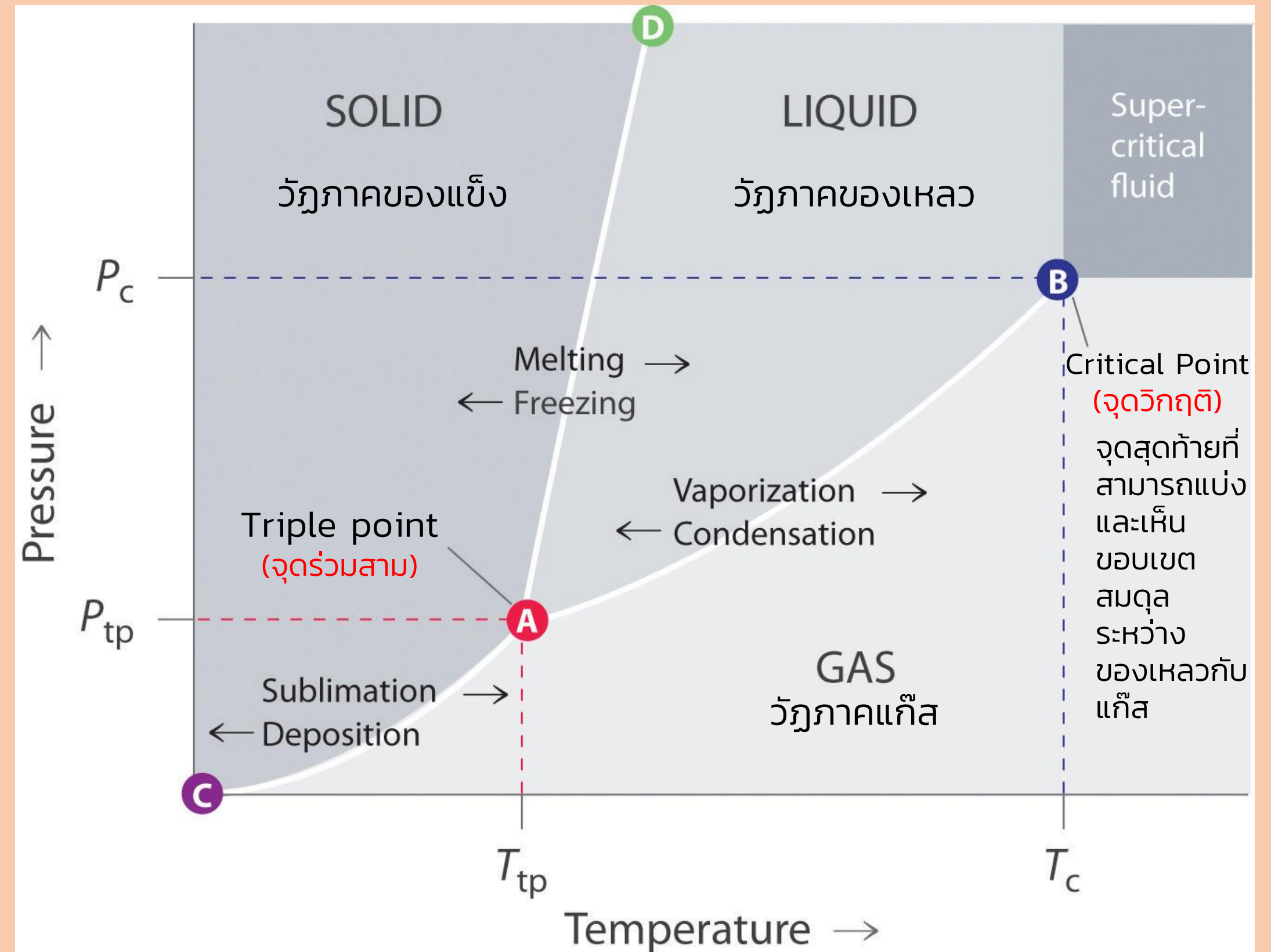
แผนผังวัฏภาค (phase diagram)

แผนผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง
สถานะของสารทั้ง 3 สถานะที่
อุณหภูมิและความดันต่าง ๆ

“

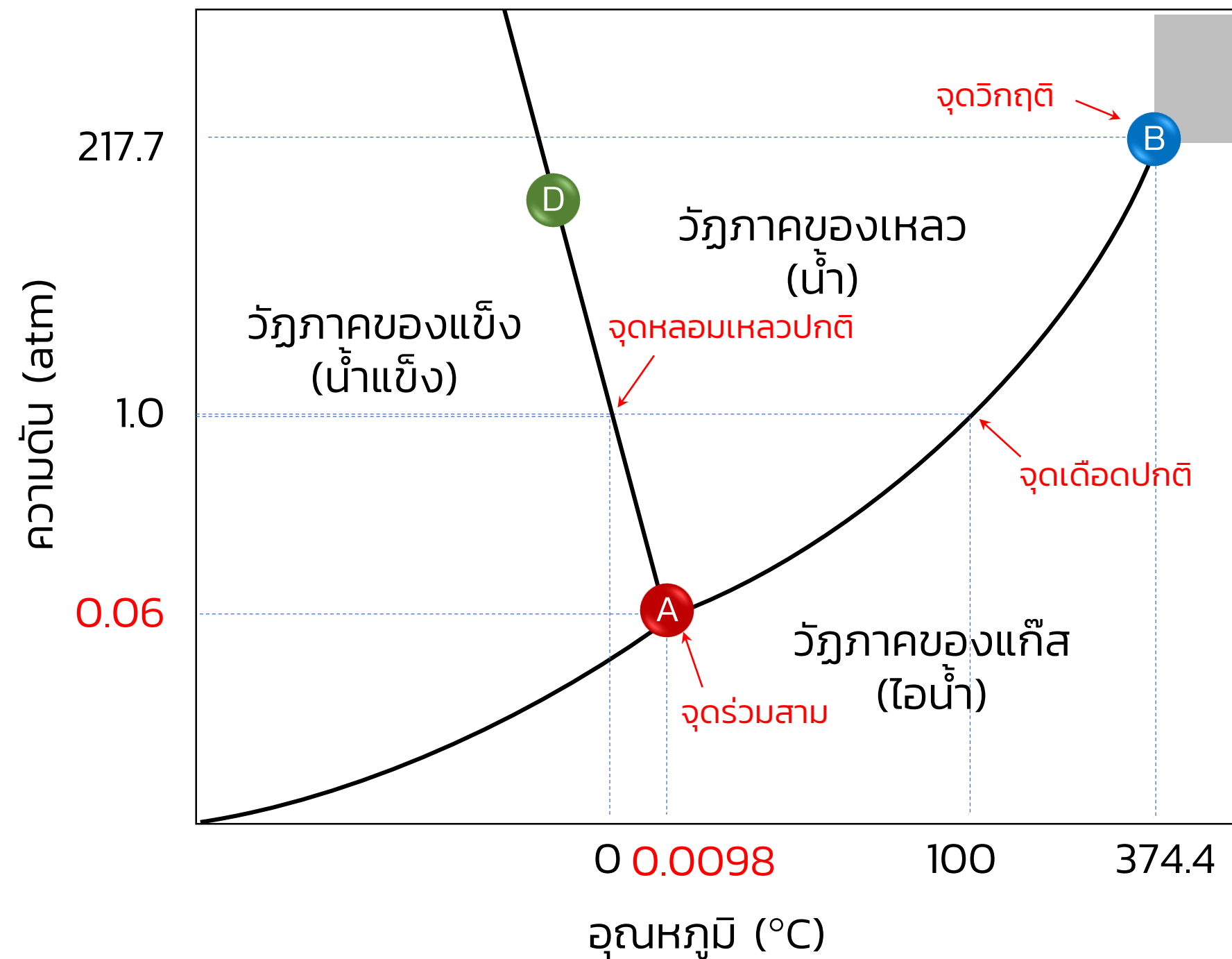
กราฟสองมิติประกอบด้วยแกน
อุณหภูมิและความดัน ซึ่งมีเส้นกราฟที่
สำคัญ 3 เส้นโดยแต่ละเส้นแสดงวัฏ
ภาคของสารตามเงื่อนไขอุณหภูมิ
และความดัน ที่อยู่ ณ ภาวะสมดุล

เส้น CA เส้นสมดุลวัฏภาคระหว่างของแข็งกับแก๊ส
เส้น AD เส้นสมดุลวัฏภาคระหว่างของแข็งกับของเหลว
เส้น AB เส้นสมดุลวัฏภาคระหว่างของเหลวกับแก๊ส



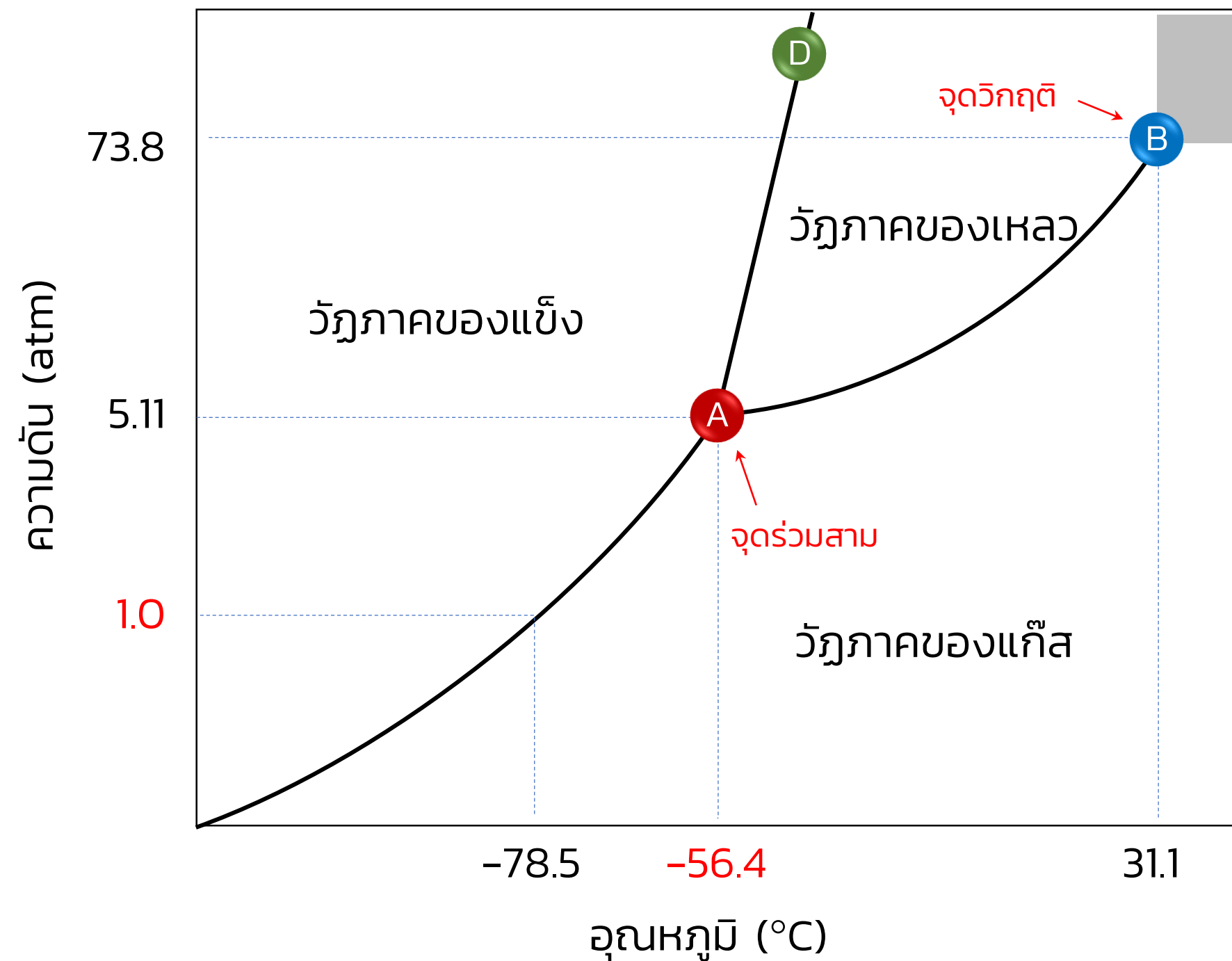
จุดร่วมสามคืออุณหภูมิและความดันที่ทำให้
ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส อยู่รวม
ในภาวะสมดุลกันที่จุดเดียวกัน

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
- จุดวิกฤติของน้ำ อยู่ที่ความดัน 217.7 atm อุณหภูมิ 374.4°C

แผนผังวัฏภาคของ CO₂



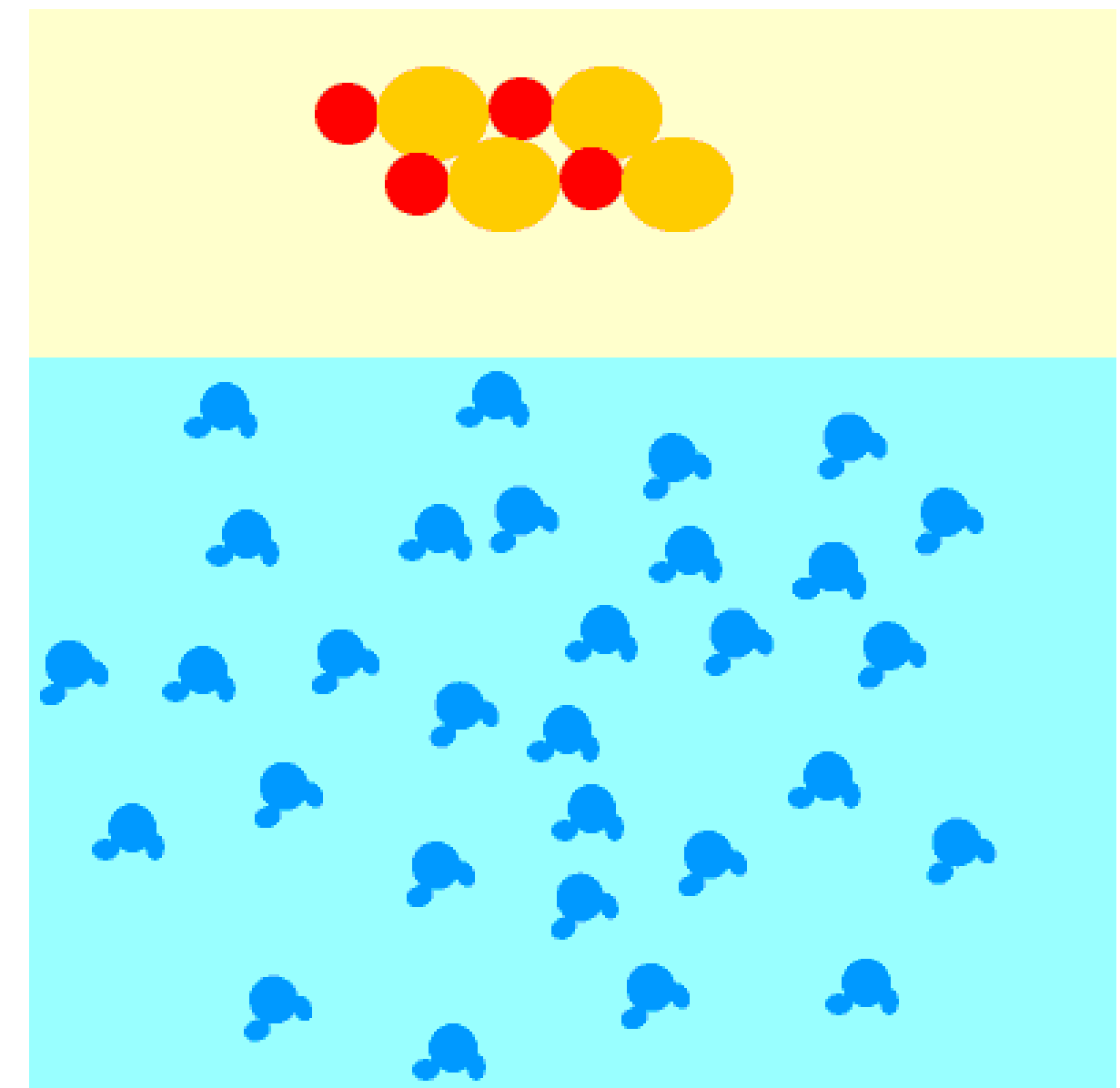
- จุดร่วมสามของ CO₂ อยู่ที่ $T = -56.4^{\circ}\text{C}$ และ $P = 5.11 \text{ atm}$
- สถานะของเหลวจะอยู่เหนือความดันบรรยากาศ ดังนั้นจึงไม่สามารถทำให้ CO₂ (ของแข็ง) หลอมเหลวที่ $P = 1 \text{ atm}$ แต่ถ้าให้ความร้อนแก่ CO₂ (ของแข็ง) ที่ -78°C และที่ $P = 1 \text{ atm}$ สาร CO₂ (ของแข็ง) จะระเหิด

สารละลาย (solution)

ของผสมเนื้อเดียว (homogeneous mixture) ซึ่งเกิดจากสารตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน

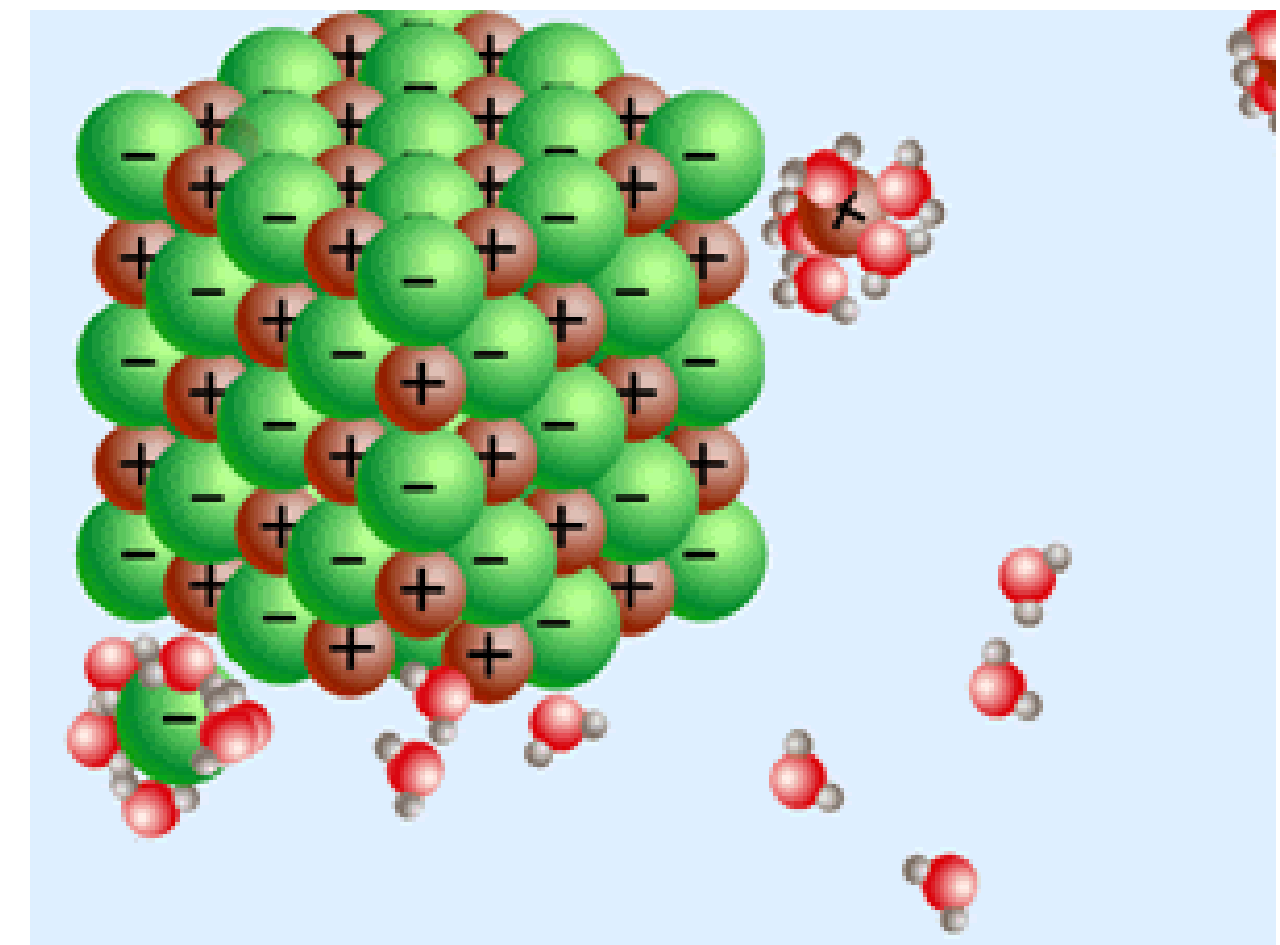
การละลาย คือการที่สารชนิดหนึ่ง (ตัวละลาย) แยกตัวออกเป็นอนุภาคเล็ก ๆ และแทรกตัวในสารอีกชนิดหนึ่ง (ตัวทำละลาย)

- ส่วนประกอบที่มีปริมาณมากกว่าเรียกว่า **ตัวทำละลาย (solvent)**
- ส่วนประกอบที่มีอยู่ในปริมาณน้อยกว่า เรียกว่า **ตัวละลาย (solute)**



ปริมาณของสารที่เป็นส่วนประกอบเปลี่ยนแปลงได้ แต่เปลี่ยนแปลงอยู่ในขอบเขตจำกัด ส่วนประกอบของสารละลายมักเป็นสารบริสุทธิ์ อาจเป็นแก๊สของเหลวหรือของแข็ง

- สารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย เรียกว่า **สารละลายเอควียส** (aqueous solution)
- สารละลายที่มีส่วนประกอบเพียงสองส่วนประกอบ คือ ตัวทำละลายกับตัวละลายหนึ่งชนิดเรียกว่า **สารละลายทวิภาค** (binary solution)
- สารละลายที่มีปริมาณของตัวละลายสูงสุดในตัวทำละลายหนึ่งๆ ที่อุณหภูมิหนึ่งๆ เรียกว่า **สารละลายอิ่มตัว** (saturated solution) แต่ก่อนที่จะถึงจุดที่เป็นสารละลายอิ่มตัวสารละลายนั้นจะเรียกว่า **สารละลายไม่อิ่มตัว** (unsaturated solution)



ประเภทสารละลาย
จำแนกตามสถานะ

แก๊ส	แก๊สในแก๊ส	อากาศ (แก๊ส O_2 ในแก๊ส N_2)
	ของเหลวในแก๊ส	ความชื้นในอากาศ (ไอน้ำในอากาศ)
	ของแข็งในแก๊ส	ไอปรอทในอากาศ
ของเหลว	แก๊สในของเหลว	โซดา (แก๊ส CO_2 ในน้ำ)
	ของเหลวในของเหลว	แอลกอฮอล์ (ในน้ำ)
	ของแข็งในของเหลว	น้ำเกลือ (เกลือในน้ำ)
ของแข็ง	แก๊สในของแข็ง	H_2 ใน Pd
	ของเหลวในของแข็ง	Hg ใน Ag
	ของแข็งในของแข็ง	โลหะเจือ (ทองเหลือง)

ประเภทสารละลาย

จำแนกตามปริมาณตัวละลาย

สารละลายอิ่มตัว
(saturated
solution)

สารละลายที่มีปริมาณของตัวละลายสูงสุดในตัวทำละลายหนึ่งๆ ที่อุณหภูมิหนึ่งๆ

สารละลายที่ตัวละลายไม่สามารถละลายได้อีกที่อุณหภูมิเดิมหรือปริมาณตัวทำละลายเท่าเดิม

สารละลายไม่อิ่มตัว
(unsaturated
solution)

สารละลายที่มีปริมาณของตัวละลายในตัวทำละลายที่ยังไม่อิ่มตัว

สารละลายที่ตัวละลายยังสามารถละลายได้อีกที่อุณหภูมิเดิมหรือปริมาณตัวทำละลายเท่าเดิม

ประเภทสารละลาย

จำแนกตามการละลาย

ละลายได้ดี
(soluble)

ตัวละลายสามารถละลายได้มากกว่า 1 กรัม ต่อตัวทำละลาย 100 กรัม

NaCl ละลายได้ 36 กรัม ต่อน้ำ 100 กรัม

ละลายได้น้อย
(slightly soluble)

ตัวละลายสามารถละลายได้ตั้งแต่ 0.01-1 กรัม ต่อตัวทำละลาย 100 กรัม

Ca(OH)_2 ละลายได้ 0.189 กรัม ต่อน้ำ 100 กรัม

ไม่ละลาย
(insoluble)

ตัวละลายสามารถละลายได้น้อยกว่า 0.01 กรัม ต่อตัวทำละลาย 100 กรัม

AgCl ละลายได้ 0.0021 กรัม ต่อน้ำ 100 กรัม

ความสามารถในการละลาย

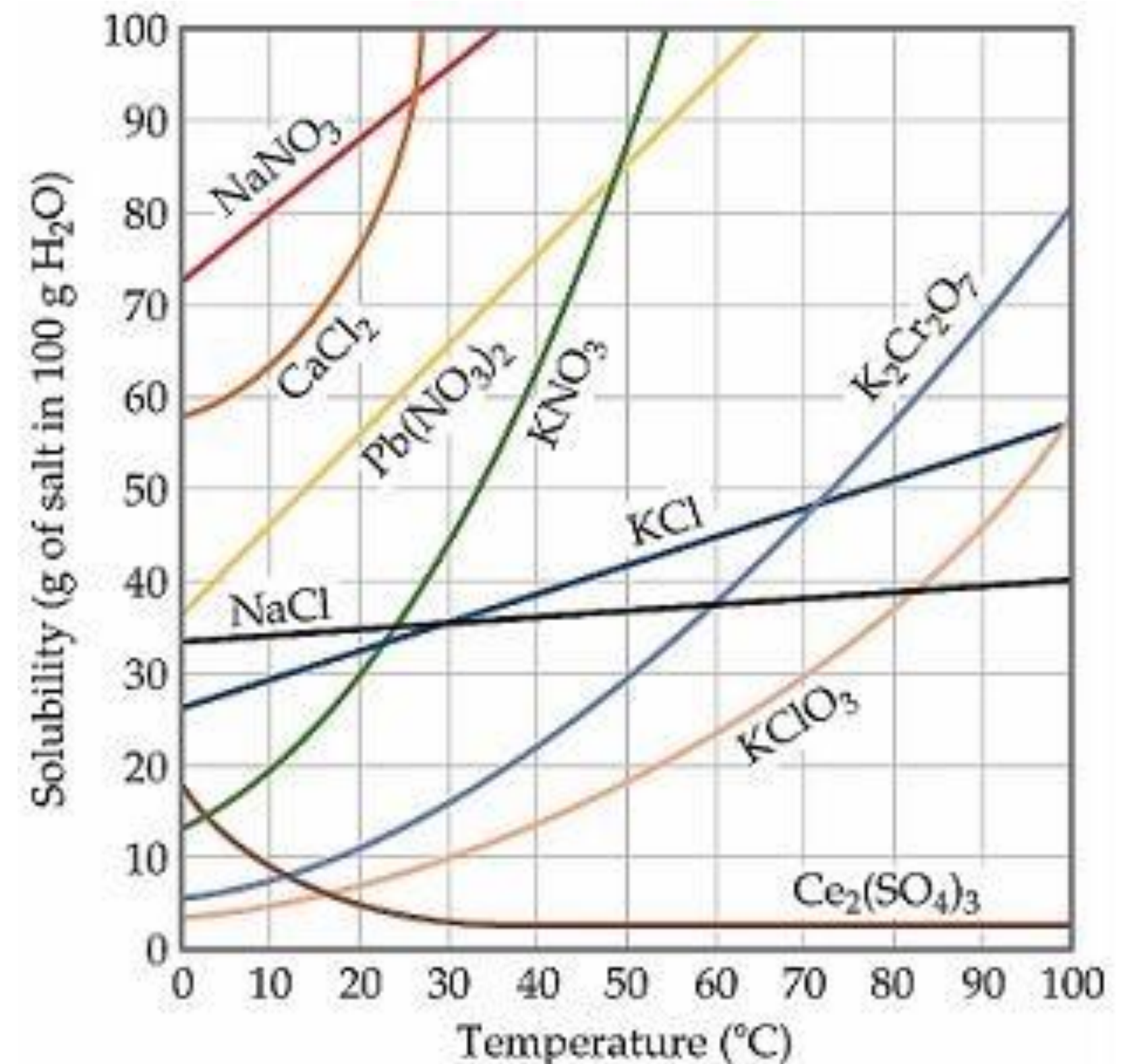
ปริมาณมากที่สุดที่ตัวละลายสามารถละลายได้
ในตัวทำละลายปริมาณหนึ่ง ที่อุณหภูมิหนึ่งๆ

สภาพละลายได้
(solubility, g/L)

น้ำหนักของตัวละลาย (g) ใน
สารละลายอิ่มตัว 1 ลิตร มีหน่วย
เป็น **g/L**

สภาพละลายได้เป็นโมลาร์
(molar solubility,
mol/L)

น้ำหนักของตัวละลาย (mol) ใน
สารละลายอิ่มตัว 1 ลิตร มีหน่วย
เป็น **mol/L**



Copyright © 2009 Pearson Prentice Hall, Inc.

ปริมาณตัวละลายที่ละลายได้ใน
ตัวทำละลายปริมาณเฉพาะ
ปริมาณหนึ่ง



ความเข้มข้นของสารละลาย



รายละเอียดหน่วยความเข้มข้นดูได้จาก

CLICK

หน่วยร้อยละ (%)

- ร้อยละโดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก (w/w)
- ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร (w/v)
- ร้อยละโดยปริมาตรต่อปริมาตร (v/v)

หน่วยโมลาร์ (molar, M)

จำนวนโมลของตัวละลายในสารละลาย 1 L

หน่วยนอร์มัล (normal, N)

จำนวนกรัมสมมูลของตัวละลายในสารละลาย 1 L

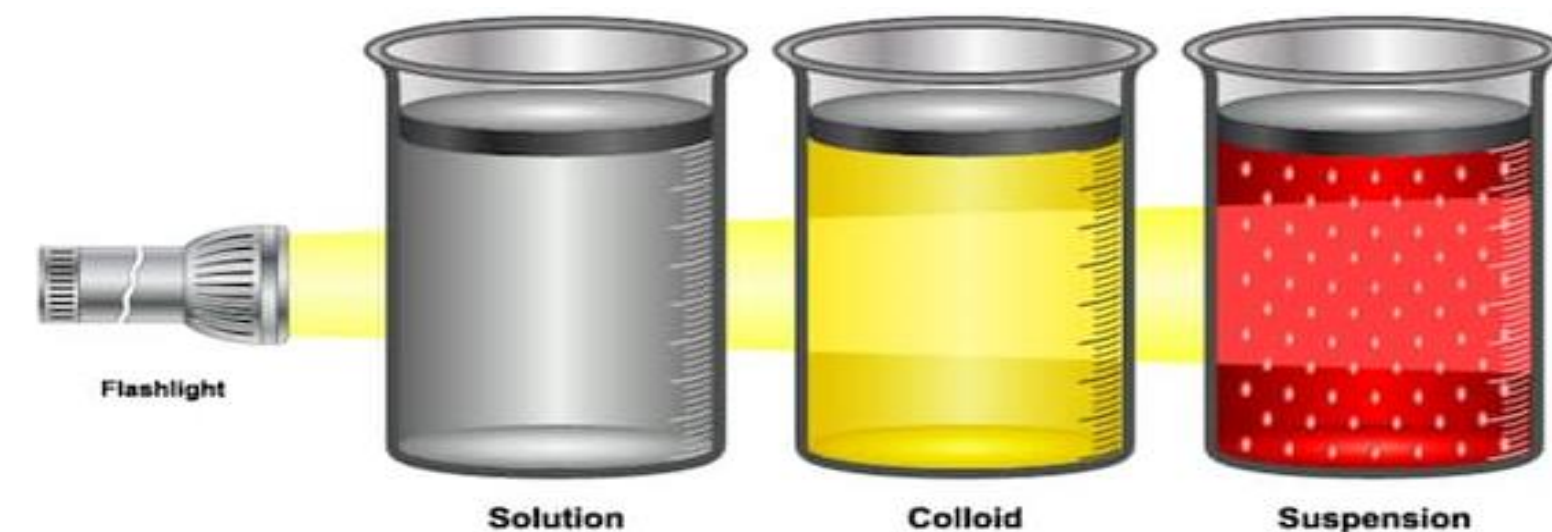
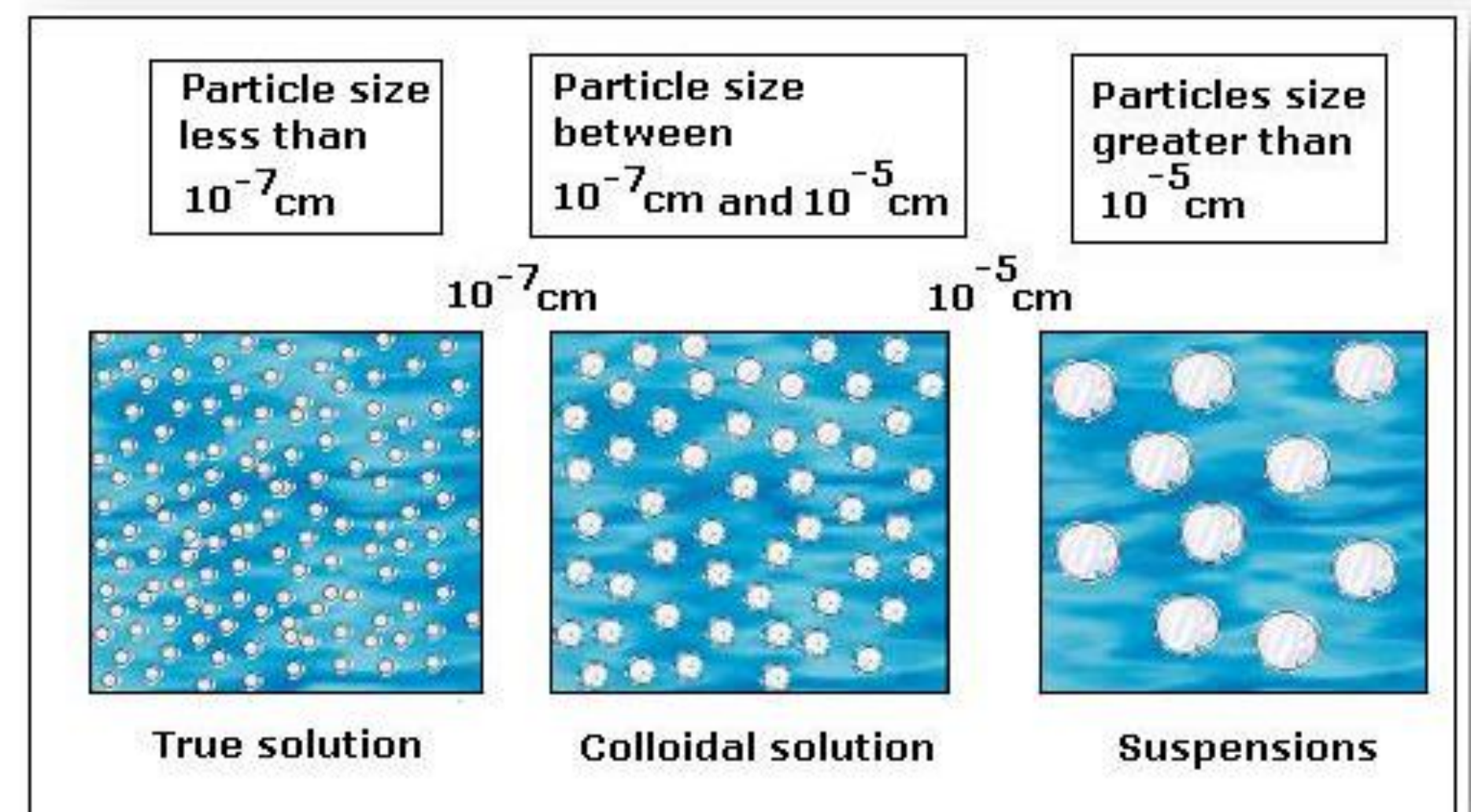
หน่วยฟอร์แมล (formal, F)

หน่วยส่วนในล้านส่วน (ppm)

หน่วยอัตราส่วนเจือจาง (dilution ratio)

คอลลอยด์ (colloids)

- สถานะสารที่อยู่ระหว่างกลางของเส้นแบ่งระหว่างสารละลาย (solution) กับสารเนื้อผสม (heterogeneous)
- เกิดจากการฟุ้งกระจายของอนุภาค (โมเลกุลหรือไอออน) ในตัวกลางที่เป็นของเหลวหรือแก๊ส
- การกระจายอนุภาคแบบคอลลอยด์ (colloidal dispersion) เป็นการกระจายของอนุภาคขนาดเล็กประมาณ 5–1000 nm แขนงลอยอยู่ในตัวกลาง



ประเภทของคอลลอยด์

- โซล (sols) : อนุภาคของแข็งฟุ้งกระจายในตัวกลางที่เป็นของเหลว ซึ่งเมื่อตั้งทิ้งไว้ นานๆ อนุภาคและตัวกลางจะแยกออกจากกัน เช่น $Mg(OH)_2$ ในน้ำ, น้ำแป้ง
- อิมัลชัน (emulsion) : เกิดจากอนุภาคที่เป็นของเหลวฟุ้งกระจายในตัวกลางที่เป็นของเหลว เช่น นมสด ครีมนวดผม
- เจล (gel) : เกิดจากอนุภาคที่เป็นของแข็งฟุ้งกระจายในตัวกลางที่เป็นของเหลว โดยอนุภาคที่ฟุ้งกระจายนั้น จะสานกันเป็นตาข่ายอย่างต่อเนื่องกับตัวกลาง เช่น วุ้น เจลลี่ หรือเจลลาติน
- ละอองลอย (aerosol) : เกิดจากอนุภาคที่เป็นของแข็งหรือของเหลวฟุ้งกระจายอยู่ในตัวกลางที่เป็นแก๊ส เช่น หมอกควัน

สถานะคอลลอยด์	อนุภาคฟุ้งกระจายในตัวกลาง	ตัวกลาง	ชนิดคอลลอยด์	ตัวอย่าง
แก๊ส	แก๊ส	แก๊ส	-	-
แก๊ส	แก๊ส	ของเหลว	ละอองลอย	หมอก (fog)
แก๊ส	แก๊ส	ของแข็ง	ละอองลอย	ควัน (smoke)
ของเหลว	ของเหลว	แก๊ส	โฟม	ครีม (whipped cream)
ของเหลว	ของเหลว	ของเหลว	อิมัลชัน	นม (milk)
ของเหลว	ของเหลว	ของแข็ง	โซล	สี (paint)
ของแข็ง	ของแข็ง	แก๊ส	โฟมของแข็ง	ขนมหวานละลายในปาก (marshmallow)
ของแข็ง	ของแข็ง	ของเหลว	อิมัลชันของแข็ง	เนย (butter)
ของแข็ง	ของแข็ง	ของแข็ง	โซลของแข็ง	แก้ว (ruby glass)

ปรากฏการณ์ทินดอลล์ (Tyndall effect)



John Tyndall
(1820–1893)
Iris Physicist

“

ปรากฏการณ์กระเจิงแสง เมื่อฉาย
ลำแสงไปในคอลลอยด์บางชนิด อนุภาค
คอลลอยด์จะช่วยกระเจิงแสงและทำให้
มองเห็นเป็นลำแสงได้

