TUTORIAL SCHOOL BY
THE BRAIN

CHEMISTRY

CHEMICAL EQUILIBRIUM

BY P'PAI

www.facebook.com/WeByTheBrain
www.WeByTheBrain.com

บท สมดุลเคมี

ภาวะสมดุล | ค่าคงที่สมดุล (K) | การรบกวนสมดุล

ภาวะสมดุล

ปฏิกิริยาผันกลับไม่ได้	ปฏิกิริยาผันกลับได้
เป็นปฏิกิริยาที่เกิดอย่างสมบูรณ์ ปฏิกิริยาจะหยุด เมื่อมีสารตั้งต้นตัวใดตัวหนึ่งหมด	เมื่อสารตั้งต้นทำปฏิกิริยาได้ผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นบางส่วนก็สามารถกลับเป็นสารตั้งต้นได้ **เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาจะมีทั้งสารตั้งต้น และผลิตภัณฑ์ ทุกตัวในระบบ**
$A + B \longrightarrow C + D$	$A + B \rightleftharpoons C + D$
ไม่เกิดสมดุล	**เกิดสมดุลได้**

1. ภาวะสมดุล

ภาวะสมดุล หมายถึง ภาวะที่อัตราการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้า เท่ากับ อัตราการเปลี่ยนแปลงย้อนกลับ ซึ่งภาวะสมดุลจะเกิดได้เมื่อ

1. เป็นการเปลี่ยนแปลงที่**ผันกลับได้**
2. **อัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ**
3. เกิดใน**ระบบปิด (ไม่มีการถ่ายเทมวลสารจากระบบสู่สิ่งแวดล้อม)**
4. ระบบจะมีสารทุกชนิดในปริมาณคงที่ (ความเข้มข้นคงที่ มวลคงที่ ปริมาตรคงที่ สีคงที่ ความดันคงที่ ฯลฯ)

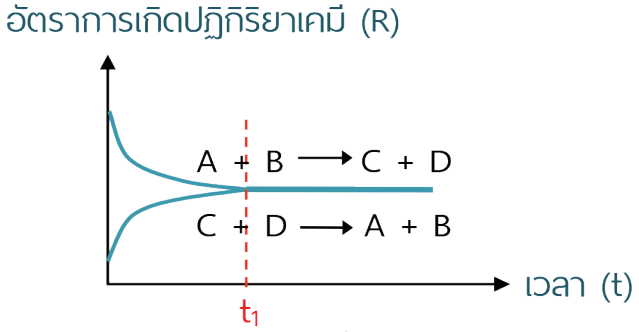
คนเรามี 24 ชม. เท่ากัน ผู้ชนะคือผู้รู้จักแบ่งเวลานะคะ

2. กราฟแสดงการดำเนินเข้าสู่สมดุล

2.1 กราฟระหว่าง อัตราการเกิดปฏิกิริยา กับ เวลา

เมื่อระบบเข้าสู่สมดุล จะได้กราฟระหว่างอัตราการเกิดปฏิกิริยากับเวลาดังนี้

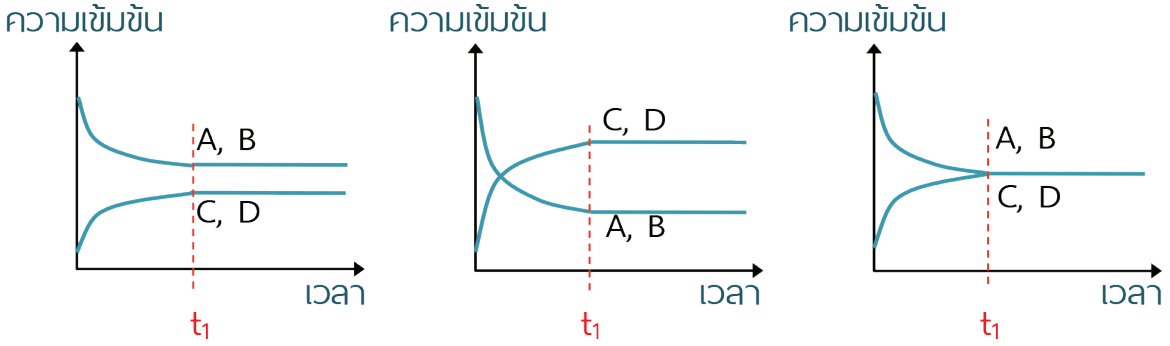
สำหรับปฏิกิริยา $A + B \rightleftharpoons C + D$



t_1 = เวลาที่ระบบเข้าสู่สมดุล

2.2 กราฟระหว่าง ความเข้มข้นของสาร กับ เวลา

สำหรับปฏิกิริยา $A + B \rightleftharpoons C + D$

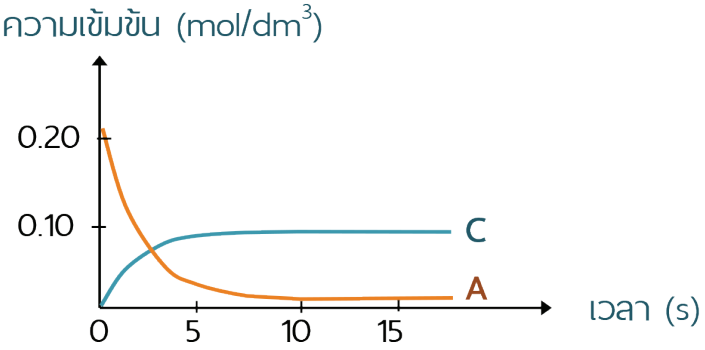


เมื่อ t_1 = เวลาที่ระบบเข้าสู่สมดุล

เมื่อระบบเข้าสู่**สมดุล** **ความเข้มข้น**ของสารทุกตัว ต้อง**คงที่**นะจ๊ะ

แบบฝึกหัด

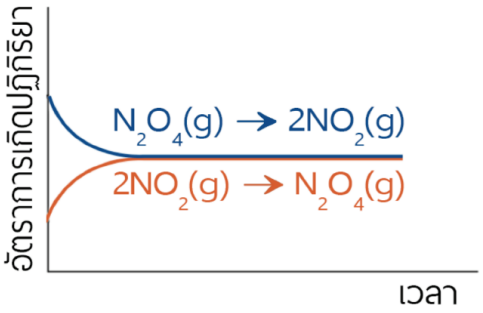
1. กราฟที่แสดงต่อไปนี้สอดคล้องกับปฏิกิริยาในข้อใด



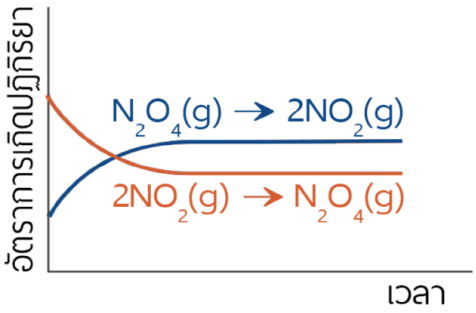
1. $2A + B \rightleftharpoons C + D$
2. $2A + B \rightleftharpoons 2C + D$
3. $A + B \rightleftharpoons C + D$
4. $A + 2B \rightleftharpoons 2C + D$

2. ปฏิกิริยาเคมี $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ ดำเนินไปจนสู่ภาวะสมดุล ถ้าสร้างกราฟของอัตราการเกิดปฏิกิริยากับเวลาควรได้กราฟอย่างไร เมื่อเริ่มต้นปฏิกิริยาด้วย N_2O_4 เพียงตัวเดียว

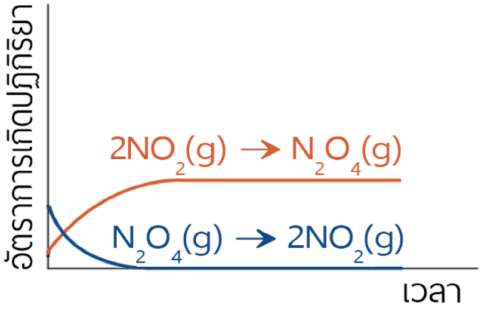
1.



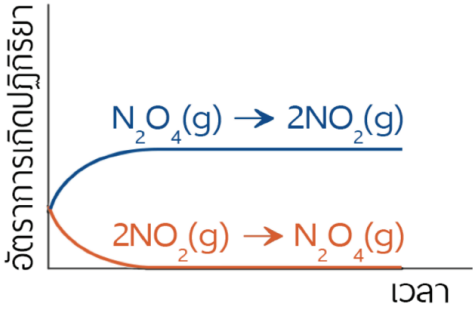
2.



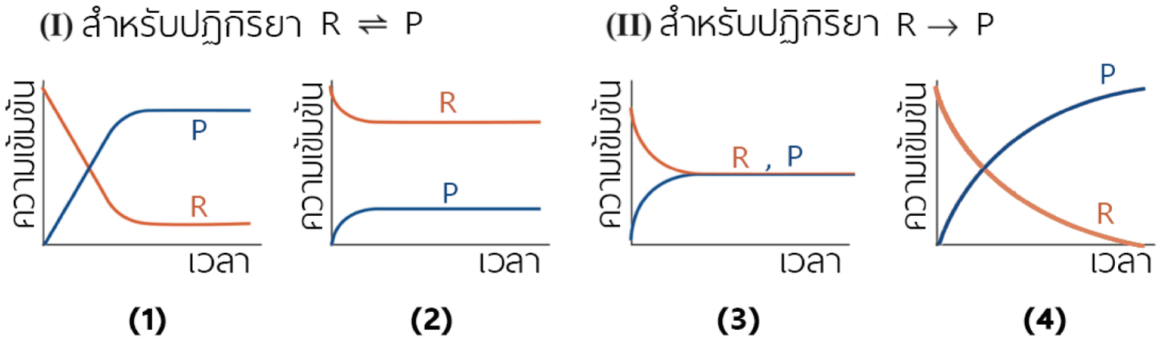
3.



4.



3. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารตั้งต้น (R) และผลิตภัณฑ์ (P) กับเวลา

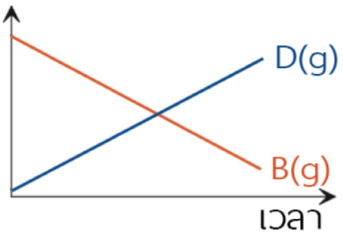


กราฟใดสอดคล้องกับปฏิกิริยา I และ II ตามลำดับ

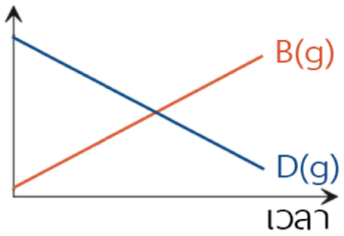
1. I, (1) และ II, (4)
2. I, (3) และ II, (4)
3. I, (2) และ II, (3)
4. I, (3) และ II, (1)

4. อัตราของปฏิกิริยาไปข้างหน้าในสมการ $A(s) + B(g) \rightleftharpoons C(s) + D(g)$ เปลี่ยนแปลงตามเวลาดังกราฟรูปใด

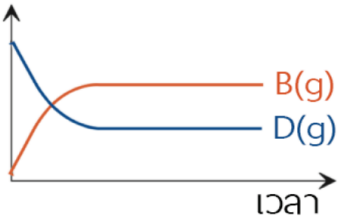
1. ความเข้มข้น



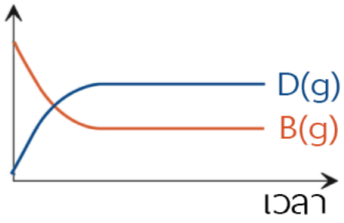
2. ความเข้มข้น



3. ความเข้มข้น



4. ความเข้มข้น



5. ถ้าปฏิกิริยาต่อไปนี้อยู่ในภาวะสมดุล $Cu(s) + 2Ag^{+}(aq) \rightleftharpoons Cu^{2+}(aq) + 2Ag(s)$
ข้อสรุปใดถูกต้อง
   1. ความเข้มข้นของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์จะเท่ากัน
   2. ความเข้มข้นของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์จะคงที่
   3. ความเข้มข้นของสารตั้งต้นจะเท่ากัน
   4. ความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์จะเท่ากัน

ค่าคงที่สมดุล K

ที่ภาวะสมดุล ความเข้มข้นของสารทุกตัวในระบบจะคงที่ เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของสารต่างๆ พบว่า “**ผลคูณของความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดยกกำลังด้วยสัมประสิทธิ์จำนวนโมล หารด้วยผลคูณของความเข้มข้นของสารตั้งต้นแต่ละชนิดยกกำลังด้วยสัมประสิทธิ์จำนวนโมล** จะมีค่าคงที่ค่าหนึ่งที่อุณหภูมิคงที่ เรียกค่าคงที่นี้ว่า **ค่าคงที่สมดุล** หรือ **K หรือ K_c**”

จากปฏิกิริยา $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$

จะได้ว่า $$K = \frac{[C]^c\,[D]^d}{[A]^a\,[B]^b}$$ → “ ขวาตั้งหารซ้ายกำลังโมล ”

ตัวอย่าง $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$

กรณี [C] และ [D] มาก จะทำให้ค่า K มาก

กรณี [C] และ [D] น้อย จะทำให้ค่า K น้อย

สรุปได้ว่า ค่า K สามารถบอกได้ว่า ปริมาณผลิตภัณฑ์เกิดมากหรือน้อย

เราจะถือว่า ของแข็ง (s) และของเหลวบริสุทธิ์ (l) ไม่มีความเข้มข้น จึงไม่ต้องนำมาคำนวณในการหาค่า K

ตัวอย่าง จงหาค่า K (ในรูปของความเข้มข้น)

1. $CO_2\ (g) + H_2\ (g) \rightleftharpoons CO\ (g) + H_2O\ (l)$

2. $CaCO_3\ (s) \rightleftharpoons CaO\ (s) + CO_2\ (g)$

3. $PbS\ (s) \rightleftharpoons Pb^{2+}(aq) + S^{2-}(aq)$

1. ค่า K กับอุณหภูมิ

การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นหรือความดัน จะไม่มีผลต่อ K (ค่า K จะยังคงที่)
แต่ถ้ามี**การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ จะมีผลให้ค่า K เปลี่ยนไป**

กรณี ปฏิกิริยาดูดความร้อน ($\Delta H = +$)	กรณี ปฏิกิริยาคายความร้อน ($\Delta H = -$)
สมการ $A + B \rightleftharpoons C + D$	สมการ $A + B \rightleftharpoons C + D$
กรณีเพิ่มอุณหภูมิ	กรณีเพิ่มอุณหภูมิ
กรณีลดอุณหภูมิ	กรณีลดอุณหภูมิ

หลักการ พิจารณาว่าปฏิกิริยานั้นเป็นการดูดหรือคายพลังงานถ้าให้สมการเคมีมา

ปฏิกิริยาดูดพลังงาน	ปฏิกิริยาคายพลังงาน
A + B + 99 kJ ⟶ C + D	A + B ⟶ C + D + 99 kJ
A + B ⟶ C + D ; ΔH = +99 kJ	A + B ⟶ C + D ; ΔH = -99 kJ

1. ค่าคงที่สมดุล K ขึ้นกับ

1. ความดันหรือความเข้มข้น
2. ทั้งความดันและอุณหภูมิ
3. ความเข้มข้นและอุณหภูมิ
4. อุณหภูมิเท่านั้น

2. เมื่อสาร A ทำปฏิกิริยาเคมีกับสาร B ได้สาร C และ สาร D เป็นผลิตภัณฑ์ดังนี้

$$A(aq) + B(aq) \rightleftharpoons C(s) + D(aq)$$

ระบบอยู่ในภาวะสมดุลที่อุณหภูมิ 25°C ปฏิกิริยานี้เป็นคายความร้อน ถ้ารบกวนสมดุลโดยการให้ความร้อนแก่ระบบ เพื่อให้ระบบเข้าสู่สมดุลใหม่ที่อุณหภูมิ 50°C ให้พิจารณาว่าข้อสรุปต่อไปนี้ ข้อใดถูกต้อง

1. ตะกอนของสาร C จะมากขึ้น และค่าคงที่ของสมดุลก็จะเพิ่มขึ้นด้วย
2. ตะกอนของสาร C จะมากขึ้น และค่าคงที่ของสมดุลก็จะเท่าเดิม
3. ตะกอนของสาร C จะลดลง และค่าคงที่ของสมดุลก็จะลดลงด้วย
4. ตะกอนของสาร C จะลดลง และค่าคงที่ของสมดุลก็จะเพิ่มขึ้นด้วย

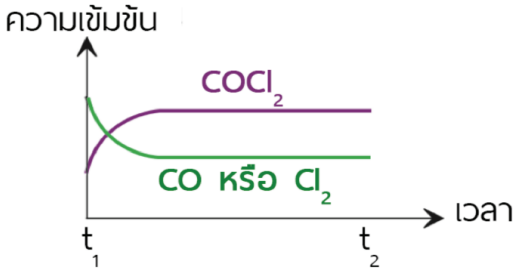
3. จากตารางค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยา $A(g) \rightleftharpoons B(g)$

อุณหภูมิ (°C)	ค่าคงที่สมดุล
T_1	8.3×10
T_2	3.8×10^{-1}
T_3	2.4×10^{-2}
T_4	1.8×10^{-4}

การเรียงลำดับอุณหภูมิในข้อใดถูก

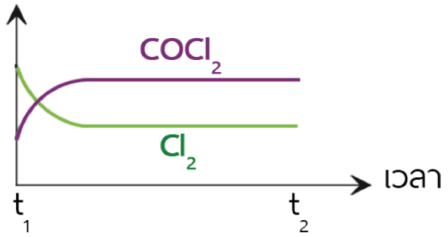
	ถ้าเป็นปฏิกิริยาแบบดูดความร้อน	ถ้าเป็นปฏิกิริยาแบบคายความร้อน
1.	$T_1 = T_2 = T_3 = T_4$	$T_1 = T_2 = T_3 = T_4$
2.	$T_1 \leq T_2 \leq T_3 \leq T_4$	$T_1 \geq T_2 \geq T_3 \geq T_4$
3.	$T_1 > T_2 > T_3 > T_4$	$T_1 < T_2 < T_3 < T_4$
4.	$T_1 < T_2 < T_3 < T_4$	$T_1 > T_2 > T_3 > T_4$

4. ที่อุณหภูมิ 30°C ปฏิกิริยา $CO(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons COCl_2 + 108$ kJ มีความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับเวลาดังกราฟต่อไปนี้

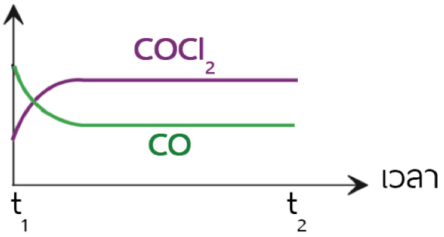


หลังจากระบบเข้าสู่สมดุลที่อุณหภูมิ 30°C ถ้าเพิ่มอุณหภูมิเป็น 50°C กราฟของปฏิกิริยาควรดำเนินไปอย่างไร

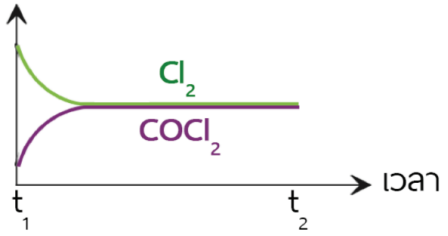
1. ความเข้มข้น



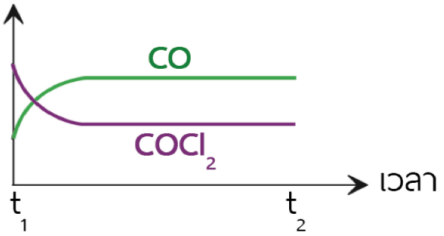
2. ความเข้มข้น



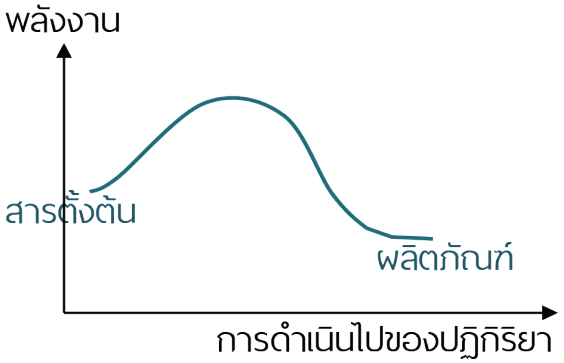
3. ความเข้มข้น



4. ความเข้มข้น



5. รูปต่อไปนี้แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงพลังงานของปฏิกิริยา $A + B \rightleftharpoons C + D$



จากการทดลองหาค่าคงที่ของสมดุลของปฏิกิริยาที่อุณหภูมิต่างๆ ได้ผลดังนี้

อุณหภูมิ (°C)	ค่าคงที่สมดุล
25	X
35	Y
45	Z

จงเรียงลำดับความมากน้อยของค่า X, Y และ Z ได้อย่างไร

1. $X > Y > Z$
2. $X < Y < Z$
3. $X = Y = Z$
4. $X < Z < Y$

6. ปฏิกิริยา X เป็นปฏิกิริยาดูดพลังงาน ส่วนปฏิกิริยา Y เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน ถ้าเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการทดลองมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา (R) และค่าคงที่สมดุล (K) ดังข้อใด

	ปฏิกิริยา	อุณหภูมิ	R	K
1.	X (ดูด)	เพิ่มขึ้น	มากขึ้น	มากขึ้น
2.	X (ดูด)	ลดลง	ลดลง	มากขึ้น
3.	Y (คาย)	เพิ่มขึ้น	ลดลง	มากขึ้น
4.	Y (คาย)	ลดลง	มากขึ้น	ลดลง

2. ค่า K กับสมการเคมี

1. ถ้านำตัวเลข n ใดๆ คูณสมการเดิม "ค่า K ของสมการใหม่ จะเท่ากับ K ของสมการเดิมยกกำลัง n"

$$K_{\text{ใหม่}} = K_{\text{เดิม}}^{n}$$

ตัวอย่าง $A + B \rightleftharpoons C + D$ $K_1 = 4$

$2A + 2B \rightleftharpoons 2C + 2D$ $K_2 =$ .....

2. ถ้ากลับสมการ "ค่า K ของสมการใหม่ จะเป็นส่วนกลับของค่า K ของสมการเดิม"

$$K_{\text{ใหม่}} = \frac{1}{K_{\text{เดิม}}}$$

ตัวอย่าง $A + B \rightleftharpoons C + D$ $K_1 = 5$

$C + D \rightleftharpoons A + B$ $K_2 =$ .....

3. ถ้านำสมการมาบวกกัน "ค่า K ของสมการใหม่ จะเท่ากับค่า K ของสมการที่นำมาบวกกัน คูณกัน"

$$K_{\text{ใหม่}} = K_1 \times K_2 \times K_3 \ldots$$

ตัวอย่าง พิจารณาปฏิกิริยาการสลายตัวของโอโซน โดยอะตอมคลอรีนมีกลไกการเกิดปฏิกิริยา 2 ขั้น ดังนี้

ปฏิกิริยาขั้นที่ 1 : $O_3 + Cl \rightleftharpoons O_2 + OCl$ $\quad K_{eq} = a$

ปฏิกิริยาขั้นที่ 2 : $O_3 + OCl \rightleftharpoons 2O_2 + Cl$ $\quad K_{eq} = b$

ปฏิกิริยารวม : $2O_3 \rightleftharpoons 3O_2$ $\quad K_{eq} = c$

c มีค่าเท่าใด

1. ab
2. a + b
3. $\frac{1}{a}$
4. $\frac{1}{ab}$

แ บ บ ฝ ึ ก หั ด

1. เมื่อกำหนด $H_2(g) + Br_2(g) \rightleftharpoons 2HBr(g)$ มีค่าคงที่สมดุลเท่ากับ 9.0×10^{-2} จงหาค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยา $HBr(g) \rightleftharpoons \frac{1}{2} H_2(g) + \frac{1}{2} Br_2(g)$

2. กำหนดปฏิกิริยาที่อยู่ในภาวะสมดุลดังนี้

	ปฏิกิริยา	ค่าคงที่สมดุล
1.	$A + 3B \rightleftharpoons C$	K_1
2.	$2C \rightleftharpoons 3D + 2E$	K_2
3.	$2A + 6B \rightleftharpoons 3D + 2E$	K_3

จงหาค่า K_3 ได้จากข้อใด

1. $K_1^2\ K_2$ 2. $K_1\ K_2$ 3. K_1 / K_2 4. K_2 / K_1^2

3. ในภาวะสมดุลของปฏิกิริยาทั้ง 3 ชนิด ข้างล่างนี้

(1) $A + B \rightleftharpoons C$ (2) $B + D \rightleftharpoons E$ 3) $C + D \rightleftharpoons E + A$

มีค่าคงที่ของสมดุลเป็น K_1 , K_2 , K_3 ตามลำดับ จะหาค่า K_3 ได้จากข้อใด

1. $K_1 - K_2$ 2. $K_2 - K_1$ 3. K_1 / K_2 4. K_2 / K_1

4. พิจารณาค่า K ของปฏิกิริยาต่อไปนี้

$A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$ K_1

$D(g) + E(g) \rightleftharpoons A(g) + C(g)$ K_2

$E(g) + F(g) \rightleftharpoons 2B(g) + G(g)$ K_3

ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยา $3A(g) + F(g) \rightleftharpoons 3C(g) + D(g) + G(g)$ มีค่าเท่าใด

1. $\frac{K_3^2 K_1}{K_2}$ 2. $\frac{K_1^2 K_3}{K_2}$ 3. $\frac{K_1^2 K_2}{K_3}$ 4. $\frac{K_1\ K_3}{K_2}$

3. การคำนวณค่า K

หลักการ

1. เขียนสมการเคมี และดุลสมการเคมี
2. เขียนขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยา 3 ขั้นตอน คือ เริ่มต้น, เปลี่ยนแปลง และ สมดุล
3. การคำนวณความเข้มข้นใช้หน่วย mol/dm^3
4. ความเข้มข้นในขั้นสมดุล จะใช้ในการคำนวณค่า K

$$C = \frac{mol}{V_{dm^3}}$$

$1{,}000\ cm^3 = 1\ dm^3 = 1\ L$

แ บ บ ฝึ ก หั ด

1. ณ อุณหภูมิหนึ่งปฏิกิริยา $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$ มีค่าคงที่สมดุลเท่ากับ 100 ถ้าความเข้มข้นของ SO_2 และ SO_3 ที่ภาวะสมดุลนี้มีค่าเท่ากัน ความเข้มข้นของ O_2 ที่ภาวะสมดุลมีค่ากี่โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

1. 0.001 2. 0.005 3. 0.01 4. 0.02

2. เริ่มต้นมี H_2 6 mol และ I_2 4 mol ผสมกันในภาชนะขนาด 2 dm^3 ที่สมดุลพบว่ามี H_2 เหลือ 2 mol/dm^3 จงคำนวณหาค่า K ของปฏิกิริยานี้

$$H_2\,(g) + I_2\,(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$$

3. นำแก๊ส X 5 mol เผาในภาชนะปิดขนาด 100 cm^3 ที่อุณหภูมิ 200 °C พบว่าแก๊ส X แยกสลายได้ 18 % ได้ Y และ Z ดังสมการ $X \rightleftharpoons Y + 2Z$
จงหาค่า K ของปฏิกิริยานี้

4. ปฏิกิริยา $A + B \rightleftharpoons 2C$ ถ้ามีสาร A และ B อย่างละ 1 โมล ในภาชนะ 1 dm^3 เมื่อถึงภาวะสมดุล มีสาร C เกิดขึ้น 0.4 mol/dm^3 จงหาค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยา

$$C \rightleftharpoons \frac{1}{2}A + \frac{1}{2}B$$

1. 1.3
2. 2.0
3. 4.0
4. 16.0

5. แก๊สไฮโดรเจน 2 โมล กับแก๊สไอโอดีน 2 โมล ทำปฏิกิริยากันเกิดเป็นแก๊สไฮโดรเจนไอโอไดด์ ในภาชนะ 1 ลิตร ที่ 450 °C เมื่อถึงสมดุลแก๊สแต่ละชนิดจะมีความเข้มข้นเท่าใด ถ้าค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยานี้ที่ 450 °C เท่ากับ 36

6. เผา $NaHCO_3$ ได้ CO_2 ดังสมการ

$$2\ NaHCO_3(s) \rightleftharpoons Na_2CO_3(s) + CO_2(g) + H_2O(g)$$

ที่อุณหภูมิ 100 °C มีค่าคงที่สมดุลเท่ากับ 0.04 mol^2dm^{-6} ถ้าเผา $NaHCO_3$ หนัก 50 g ในภาชนะปิดขนาด 1 dm^3 ที่ภาวะสมดุล $NaHCO_3$ สลายตัวไปร้อยละเท่าใดโดยน้ำหนัก

1. 3.36 2. 6.72 3. 33.6 4. 67.2

7. HI มี % การแตกตัวเท่ากับ 40 ที่ 400 °C จงหาค่า K ของปฏิกิริยา

$$H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$$

8. ปฏิกิริยา $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$ ที่ 600 °C มีค่า K เท่ากับ 4.5 dm^3/mol เริ่มต้นมีแต่แก๊ส SO_3 ในภาชนะ 1 dm^3 เมื่อระบบเข้าสู่สมดุลพบว่ามีแก๊ส O_2 เกิดขึ้น 2 โมล จงหาจำนวนโมลเริ่มต้นของแก๊ส SO_3

4. Solubility product constant (K_{sp})

ในสมดุลสารประกอบที่ละลายน้ำได้น้อยมาก จะเรียกค่าคงที่สมดุลของมันว่า **ค่าคงที่ผลคูณการละลาย (Solubility product constant หรือ K_{sp})**

ค่าคงที่ผลคูณการละลาย = ผลคูณของความเข้มข้นของไอออนยกกำลังด้วยสัมประสิทธิ์ในสมการของตัวมัน

ตัวอย่าง $AgCl(s) \leftrightarrow Ag^+(aq) + Cl^-(aq)$

$K_{sp} = [Ag^+][Cl^-]$

สภาวะอิ่มตัวของการละลาย

กำหนด Q = เป็นผลคูณความเข้มข้นของไอออนในสารละลาย ณ ขณะใดๆ

ถ้า $Q < K_{sp}$ แปลว่าสารละลายอยู่ในสภาวะไม่อิ่มตัว ไม่มีการตกตะกอน

$Q = K_{sp}$ แปลว่าสารละลายอยู่ในสภาวะอิ่มตัว

$Q > K_{sp}$ แปลว่าสารละลายอยู่ในสภาวะเกินจุดอิ่มตัว มีการตกตะกอน

1. HgS มีค่า K_{sp} เท่ากับ 2×10^{-49} ถ้าตัวอย่างน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมมีความเข้มข้น Hg^{2+} เท่ากับ 2×10^{-20} โมลาร์ และความเข้มข้น S^{2-} เท่ากับ 1×10^{-29} โมลาร์ ตัวอย่างน้ำเสียนี้มีสภาวะเป็นอย่างไร
   1. เป็นสารละลายเจือจางของเกลือ HgS
   2. เป็นสารละลายอิ่มตัวของเกลือ HgS
   3. เกิดตะกอนของเกลือ HgS
   4. สรุปไม่ได้

2. $BaCO_3$ หนัก 3.94 มิลลิกรัม ละลายในสารละลาย 100 ลบ.ซม. ของ Na_2CO_3 ที่มีความเข้มข้น 10 mM จะทำให้ความเข้มข้นของ Ba^{2+} ในสารละลายมีค่ากี่โมลาร์ที่ 25 °C กำหนด K_{sp}ของ $BaCO_3$ = 8.1×10^{-9} และน้ำหนักอะตอม Ba = 137, O = 16, C = 12
   1. 8.1×10^{-7}
   2. 8.1×10^{-8}
   3. 1.62×10^{-9}
   4. 8.1×10^{-11}

การรบกวนสมดุล

หลักการของเลอ ชาเตอลิเย (Le Chatelier's Principle) กล่าวว่า "เมื่อระบบที่อยู่ในภาวะสมดุลถูกรบกวนโดยการเปลี่ยนแปลงปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุล **ระบบจะปรับตัวโดยเกิดการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่จะลดผลของการรบกวนนั้น** จากนั้นระบบจะดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุลใหม่อีกครั้ง"

1. การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น

การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารใดๆ ในปฏิกิริยา ทำให้ความเข้มข้นของสารแต่ละชนิดที่ภาวะสมดุลใหม่ ต่างไปจากสมดุลเดิม แต่ค่า K ยังคงเท่าเดิม สรุปได้ดังตาราง

	สารตั้งต้น	ผลิตภัณฑ์
เพิ่มความเข้มข้น	ระบบจะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้ามากขึ้น เพื่อลดความเข้มข้นของสารตั้งต้นที่เพิ่มขึ้น ทำให้สมดุลเลื่อนไป**ทางขวา**	ระบบจะเกิดการเปลี่ยนแปลงย้อนกลับมากขึ้น เพื่อลดความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้น ทำให้สมดุลเลื่อนไป**ทางซ้าย**
ลดความเข้มข้น	ระบบจะเกิดการเปลี่ยนแปลงย้อนกลับมากขึ้น เพื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารตั้งต้นที่ลดลง ทำให้สมดุลเลื่อนไป**ทางซ้าย**	ระบบจะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้ามากขึ้น เพื่อเพิ่มความเข้มข้นของผลิต-ภัณฑ์ที่ลดลงทำให้สมดุลเลื่อนไป**ทางขวา**

การ**เติมตัวเร่งปฏิกิริยา** (Catalyst) ก่อนเข้าสู่ภาวะสมดุลจะไปเร่งให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับย้อนกลับเพื่อให้ถึงจุดสมดุลเร็วขึ้น แต่**เมื่อถึงภาวะสมดุลแล้ว การเติมตัวเร่งปฏิกิริยาจะไม่มีผลต่อปฏิกิริยา**

1. จากสมการที่กำหนดให้ การรบกวนสมดุลต่อไปนี้มีจะมีผลอย่างไร ถ้าถือว่าความดันในภาชนะเปลี่ยนแปลงได้น้อยมาก

$$C(s) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO(g) + H_2(g)$$

1.1 เติมไอน้ำ

1.2 ปล่อยแก๊ส CO ออก

1.3 เติมถ่านโค้ก

1.4 เติมคะตะลิส

1.5 เติม NaCl

2. จากสมการที่กำหนดให้ การรบกวนสมดุลต่อไปนี้มีจะมีผลอย่างไร ถ้าถือว่าความดันในภาชนะเปลี่ยนแปลงได้น้อยมาก

$$2Cl^- + 2Fe^{3+} \rightleftharpoons Cl_2 + 2Fe^{2+}$$

2.1 เติม NaCl

2.2 เติม $Pb(NO_3)_2$

2.3 เติม $Fe(NO_3)_3$

2.4 เติม $AgNO_3$

2.5 เติม $FeCl_3$

2. การเปลี่ยนแปลงความดัน

การเปลี่ยนแปลงความดัน มีผลต่อสารที่อยู่ในสถานะแก๊สเท่านั้น

2.1 เพิ่มความดัน (ลดปริมาตร)

ระบบจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเพื่อที่จะลดความดัน โดยสมดุลจะเลื่อนไปทางที่มี **ผลรวมจำนวนโมลของแก๊สน้อยกว่า**

2.2 ลดความดัน (เพิ่มปริมาตร)

ระบบจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเพื่อที่จะเพิ่มความดัน โดยสมดุลจะเลื่อนไปทางที่มี **ผลรวมจำนวนโมลของแก๊สมากกว่า**

ตัวอย่าง จากสมการที่กำหนด การรบกวนสมดุลโดยการเปลี่ยนแปลงความดันจะมีผลอย่างไร

1. $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$

เพิ่มความดัน

ลดความดัน

2. $2A(g) \rightleftharpoons B(g) + 2C(g)$

เพิ่มความดัน

ลดความดัน

3. $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$

เพิ่มความดัน

ลดความดัน

"ทุกอย่างจะยากเสมอ ถ้าเราไม่ กล้า จะลงมือทำ"
พี่ขออวยพรให้น้องๆทุกคน จงมีความขยัน อดทน ฝึกฝนทำแบบฝึกหัดเยอะๆ
ขอให้น้องๆทุกคน จงโชคดี สอบเข้ามหาวิทยาลัย และคณะที่ปรารถนาคะ

www.facebook.com/WeByTheBrain
www.WeByTheBrain.com