

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัย ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยบทเรียนออนไลน์ เรื่องสมดุลเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนแก้วสีจังหวัดกาฬสินธุ์ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอในหัวข้อต่อไปนี้

1. สมดุลเคมี
2. การจัดการเรียนรู้ด้วยบทเรียนออนไลน์
3. ผลลัพธ์จากการเรียน
4. ความพึงพอใจในการเรียน
5. บริบทโรงเรียนแก้วสีจังหวัดกาฬสินธุ์
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
  - 6.1 งานวิจัยในประเทศไทย
  - 6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

#### 1. สมดุลเคมี

เนื้อหาเกี่ยวกับสมดุลเคมี ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าและรวบรวมจากผลงานวิชาการแบบเรียน รวมทั้งเอกสารที่เกี่ยวข้อง โดยสรุปดังนี้

##### 1.1 การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้

การเปลี่ยนแปลงบางอย่างเกิดขึ้นแล้ว สามารถย้อนกลับสู่ภาวะเดิมได้ เช่น การที่น้ำกลাযเป็นไอน้ำเมื่อได้รับความร้อนและไอน้ำกลับตัวกลับมาเป็นน้ำเมื่ออุณหภูมิตกลงแสดงว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้

การเปลี่ยนแปลงโดยทั่วไปนักจะเป็นการเกิดปฏิกิริยาเคมีและการเกิดปฏิกิริยาเบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1.1.1 ปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์ (Irreversible Reaction) หมายถึง ปฏิกิริยาที่สารตั้งต้นทำปฏิกิริยากันจนหมดเกิดผลกันท่อข้างสมบูรณ์ ปฏิกิริยาจะยุติเมื่อสารตั้งต้นสารได้สารหนึ่งหมดและเป็นปฏิกิริยาที่ไม่ย้อนกลับ

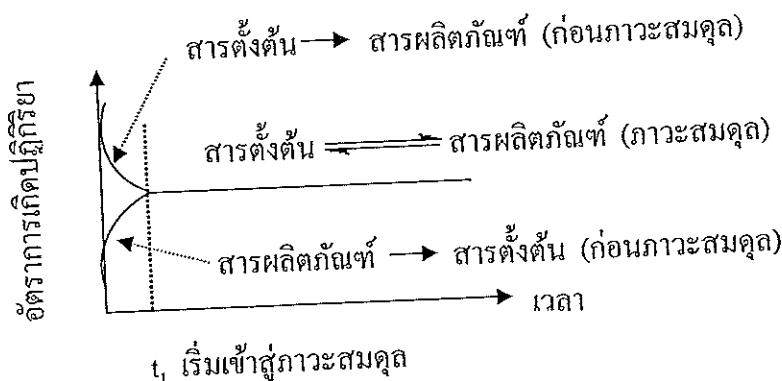
1.1.2 ปฏิกิริยาเกิดไม่สมบูรณ์ (Reversible Reaction) หมายถึง ปฏิกิริยาที่สารตั้งต้นทำปฏิกิริยา กันได้ผลิตภัณฑ์และในขณะเดียวกันผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นบางส่วนทำปฏิกิริยา กันกลับเป็นสารตั้งต้นใหม่ทำให้ปฏิกิริยาเกิดไม่สมบูรณ์ไม่ว่าจะใช้เวลานานเท่าใดก็ตามภายในระบบยังคงมีทั้งสารตั้งต้นทุกชนิดเหลือ และผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นทุกชนิด ระบบจะมีทั้งการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าและปฏิกิริยาขึ้นกลับ เรยกปฏิกิริยาประเภทนี้ว่า ปฏิกิริยาผันกลับได้ สรุปว่าเมื่อสารตั้งต้นทำปฏิกิริยาเกิดเป็นผลิตภัณฑ์จะเรียกปฏิกิริยานี้ว่า ปฏิกิริยาไปข้างหน้าและในทางตรงกันข้ามเมื่อผลิตภัณฑ์ทำปฏิกิริยา กันแล้วเปลี่ยนกลับไปเป็นสารตั้งต้น จะเรียกปฏิกิริยานี้ว่า ปฏิกิริยาขึ้นกลับ ปฏิกิริยาที่มีทั้งปฏิกิริยาไปข้างหน้าและขึ้นกลับ เรียกว่าปฏิกิริยาผันกลับได้

## 1.2 การเปลี่ยนแปลงที่ทำให้เกิดภาวะสมดุล

### 1.2.1 ภาวะสมดุล

ภาวะสมดุล (Equilibrium State) เป็นภาวะของระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงผันกลับได้ในระบบปิดมีอัตราการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงย้อนกลับซึ่งทำให้สมบัติของระบบคงที่ แต่ระบบไม่หยุดนิ่งมีการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าและย้อนกลับ เกิดขึ้นตลอดเวลา จัดเป็นสมดุลไอนามิก (Dynamic Equilibrium)

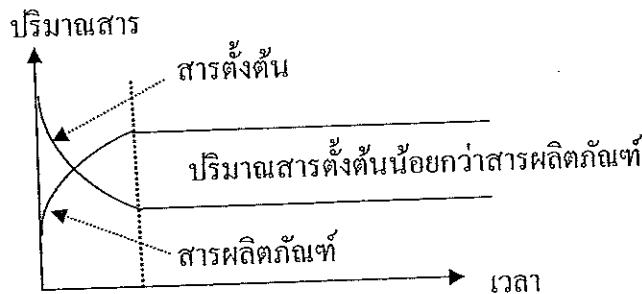
เมื่อเริ่มต้นเกิดปฏิกิริยาเคมี ขั้ตตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าจะเกิดเร็ว จากนั้นจะเกิดชักลงแล้วคงที่เมื่อเข้าสู่ภาวะสมดุล ส่วนอัตราการเกิดปฏิกิริยาขึ้นกลับเริ่มต้นจากศูนย์ แล้วเกิดเร็วขึ้นเพราะเกิดผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นและคงที่ ณ ภาวะสมดุลอัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาขึ้นกลับ ดังกราฟที่ 1



กราฟที่ 1 อัตราการเกิดปฏิกิริยา กับ การดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุล

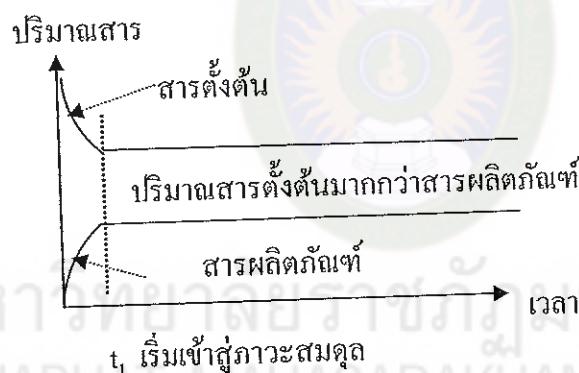
ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารกับการดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุลพบว่า ปริมาณสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์จะเท่ากันหรือไม่เท่ากันก็ได้แต่จะคงที่ ณ ภาวะสมดุล ดังกราฟที่ 2-4

2-4



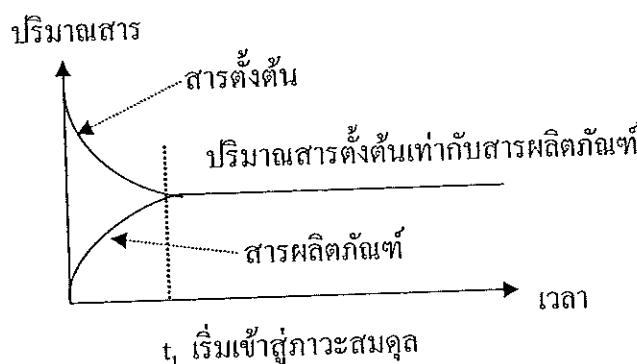
$t_1$  เริ่มเข้าสู่ภาวะสมดุล

กราฟที่ 2 ณ ภาวะสมดุลปริมาณสารตั้งต้นน้อยกว่าสารผลิตภัณฑ์



$t_1$  เริ่มเข้าสู่ภาวะสมดุล

กราฟที่ 3 ณ ภาวะสมดุลปริมาณสารตั้งต้นมากกว่าสารผลิตภัณฑ์



$t_1$  เริ่มเข้าสู่ภาวะสมดุล

กราฟที่ 4 ณ ภาวะสมดุลปริมาณสารตั้งต้นเท่ากับสารผลิตภัณฑ์

1.2.2 สมดุลเคมีแบ่งตามลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสารได้ดังนี้

1) สมดุลของการเปลี่ยนสถานะ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงกลับไปกลับมาของสารที่มีสถานะของแข็ง ของเหลว กับแก๊สซึ่งเกิดได้ในระบบปิด มวลสารในระบบคงที่ เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะระหว่างสารในระบบตลอดเวลา เช่น สมดุลของน้ำในแก้วที่ปิดปากสนิท ดังสมการ  $H_2O(l) \rightleftharpoons H_2O(g)$

2) สมดุลของการละลาย เกิดจากการนำตัวสูญละลายใส่ลงในตัวทำละลายจนตัวสูญละลายไม่สามารถละลายในตัวทำละลายได้อีกเกิดเป็นสารละลายอิ่มตัวและมีตัวสูญละลายเหลืออยู่ในระบบ เช่น ไอโอดีนที่อิ่มตัวในเอทานอล ดังสมการ  $I_2(s) \rightleftharpoons I_2$  (เอทานอล)

3) สมดุลของปฏิกิริยาเคมีที่เกิดภาวะสมดุลต้องเป็นปฏิกิริยาผันกลับได้และสมบัติของระบบต้องคงที่ ดังนั้นในการศึกษาภาวะสมดุลของปฏิกิริยาจะต้องตรวจสอบดังนี้

3.1) ทดสอบว่าปฏิกิริยาไปข้างหน้าเกิดขึ้นได้จริง โดยการนำสารตั้งต้นมาทำปฏิกิริยากันแล้วตรวจสอบว่ามีสารผลิตภัณฑ์เกิดขึ้น

3.2) ทดสอบว่าปฏิกิริยาขย้อนกลับเกิดขึ้นได้จริง โดยการนำสารผลิตภัณฑ์มาทำปฏิกิริยากันแล้วตรวจสอบว่ามีสารที่เป็นสารตั้งต้นเกิดขึ้น

3.3) สังเกตสมบัติของระบบว่าคงที่หรือไม่ ซึ่งอาจสังเกตจากสีของระบบ สรุปการเกิดสมดุลเคมี ต้องอยู่ในระบบปิด เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้มีสมบัติของระบบคงที่ การเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นตลอดเวลาโดยที่อัตราการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงย้อนกลับหรือเป็นสมดุล ด้านมิก และระบบจะมีสารตั้งต้นเหลือและสารผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นสารทุกชนิดในระบบจะมีปริมาณคงที่

### 1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารต่าง ๆ ณ ภาวะสมดุล

#### 1.3.1 ค่าคงที่สมดุล (Equilibrium Constant)

ค่าคงที่สมดุล คือ อัตราส่วนระหว่างผลคูณของความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ยกกำลังสัมประสิทธิ์ของมันกับผลคูณของความเข้มข้นของสารตั้งต้นยกกำลังสัมประสิทธิ์ของมัน ในสมการที่ดูดแล้ว

ให้สมการทั่วไปเป็น  $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$  ที่ภาวะสมดุลเขียน

ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารตั้งต้นกับผลิตภัณฑ์ ได้ดังนี้  $K = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$

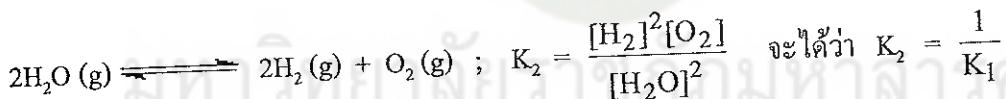
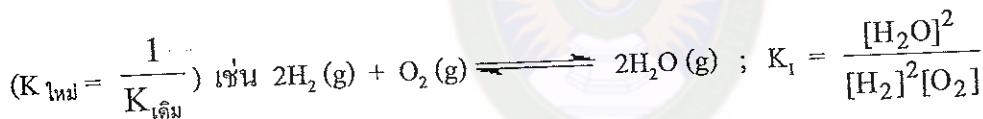
เมื่อ  $K$  คือ ค่าคงที่สมดุล ค่า  $K$  ที่คิดผ่านความเข้มข้นอาจเขียนเป็น  $K_c$  ได้

[ ] แทนความเข้มข้นเป็น mol/dm<sup>3</sup> หรือ โมล/ลิตร  
 a, b, c และ d คือสัมประสิทธิ์แสดงจำนวนโมลในสมการเคมีที่ดูดแล้ว  
 การท่านายทิศทางของปฏิกิริยาโดยใช้ค่า K  
 ถ้า  $K > 1$  แสดงว่าได้ผลิตภัณฑ์มาก สมดุลไปทางขวามาก  
 ถ้า  $K < 1$  แสดงว่าได้ผลิตภัณฑ์น้อย มีสารตั้งต้นเหลืออยู่มาก สมดุลไปทางซ้าย  
 ถ้า  $K = 1$  อัตราการเกิดปฏิกิริยาไปทางหน้าเท่ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาขอนกลันบ  
 ถ้า K บอกได้ว่าปฏิกิริยาเกิดไปทางหน้าหรือขอนกลันมากน้อยเพียงใด แต่ไม่  
 สามารถบอกได้ว่าปฏิกิริยาเกิดเร็วหรือช้าเพียงใด  
 \*การเขียนค่า K จะไม่นำสารที่อยู่ในรูปของแข็งและของเหลวมาเขียน เพราะถือว่า  
 ความเข้มข้นคงที่ เช่นสมการ

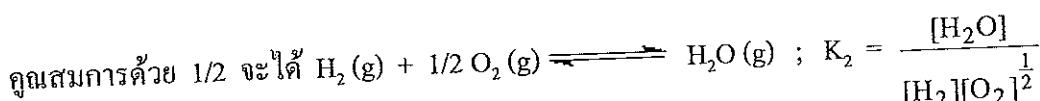
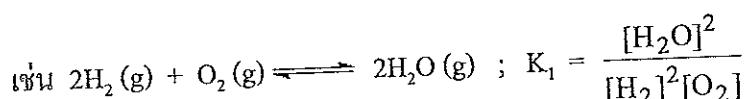
$$\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) ; K = [\text{CO}_2]$$

### 1.3.2 ความสัมพันธ์ของค่า K

1) ถ้ากลับสมการเดิมค่า K ใหม่จะเท่ากับส่วนกลับของ K เดิม



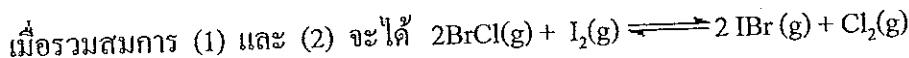
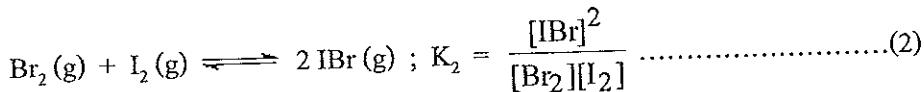
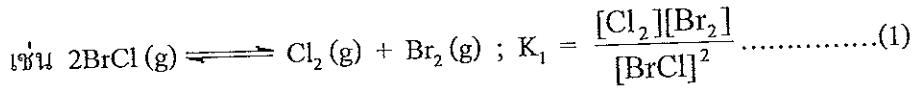
2) ถ้าคูณสมการเดิมค่วย n ค่า K ใหม่จะเท่ากับ K เดิมยกกำลัง n  
 $(K_{\text{ใหม่}} = K_{\text{เดิม}}^n)$  (n อาจจะเป็นเลขจำนวนเต็มหรือเศษส่วนก็ได้)



$$\text{ดังนั้น } K_2 = \left[ \frac{[\text{H}_2\text{O}]^2}{[\text{H}_2]^2[\text{O}_2]} \right]^{1/2} = (K_1)^{1/2}$$

3) ถ้านำสมการย่อเข้าด้วยกันค่า K ใหม่จะเท่ากับผลคูณของ K ย่อย

$$(K_{\text{ผล}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_n)$$



$$K_3 = \frac{[\text{Cl}_2][\text{IBr}]^2}{[\text{BrCl}]^2[\text{I}_2]} \quad \text{ดังนั้น } K_3 = K_1 \cdot K_2$$

4) ถ้านำสมการย่อมาลบกันค่า K ใหม่จะเท่ากับผลหารของค่า K ย่อย

5) ถ้าหารสมการใดด้วย n ค่า K ใหม่จะเท่ากับ  $\sqrt[n]{K}$  ตาม หรือ  $K^{\frac{1}{n}}$

### 1.3.3 ค่าคงที่สมดุลกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

ค่าคงที่สมดุลจะคงที่ ณ อุณหภูมิหนึ่ง ๆ แต่เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนค่าคงที่จะเปลี่ยน พิจารณาตามชนิดของปฏิกิริยา ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของปฏิกิริยา อุณหภูมิ ค่า K และปริมาณสารผลิตภัณฑ์

ชนิดของปฏิกิริยา	อุณหภูมิ	K	ปริมาณสารผลิตภัณฑ์
ปฏิกิริยาดูดความร้อน	เพิ่มขึ้น	มากขึ้น	มากขึ้น
	ลดลง	ลดลง	น้อยลง
ปฏิกิริยาขายความร้อน	เพิ่มขึ้น	ลดลง	น้อยลง
	ลดลง	มากขึ้น	มากขึ้น

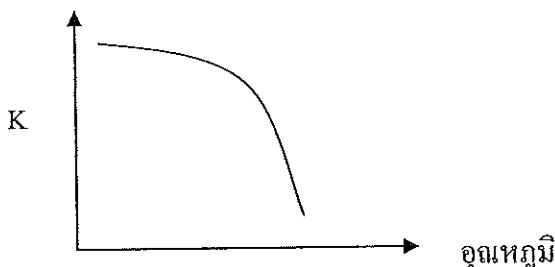
จากตารางที่ 1 สรุปได้ว่า

ถ้าปฏิกิริยาไปข้างหน้าเป็นปฏิกิริยาขายความร้อน

1. ถ้าเพิ่มอุณหภูมิให้กับระบบ ปฏิกิริยาเกิดขึ้นกลับมากขึ้น ผลิตภัณฑ์

ลดลง ค่าคงที่สมดุลลดลง

2. ถ้าลดอุณหภูมิให้กับระบบ ปฏิกิริยาไปข้างหน้ามากขึ้น ผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น  
ค่าคงที่สมดุลเพิ่มขึ้น ดังกราฟที่ 5



กราฟที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่สมดุลกับอุณหภูมิในปฏิกิริยาคายความร้อน

ถ้าปฏิกิริยาไปข้างหน้าเป็นปฏิกิริยาคุณภาพร้อน

1. ถ้าเพิ่มอุณหภูมิให้กับระบบ ปฏิกิริยาไปข้างหน้ามากขึ้น ผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น  
ค่าคงที่สมดุลเพิ่มขึ้น

2. ถ้าลดอุณหภูมิให้กับระบบ ปฏิกิริยาข้อนกลับมากขึ้น ผลิตภัณฑ์ลดลง  
ค่าคงที่สมดุลลดลง ดังกราฟที่ 6



กราฟที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่สมดุลกับอุณหภูมิในปฏิกิริยาคุณภาพร้อน

สรุปได้ว่า การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของระบบใด ๆ ณ ภาวะสมดุล ทำให้ค่าคงที่สมดุลเปลี่ยนแปลง ค่าคงที่สมดุลอาจเพิ่มหรือลดขึ้นอยู่กับชนิดของปฏิกิริยาว่าเป็นปฏิกิริยาคุณภาพร้อนหรือคายความร้อน ถ้าปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาคายความร้อนการลดอุณหภูมิจะทำให้ผลิตภัณฑ์มากขึ้น และค่าคงที่จะสูงขึ้น แต่ถ้าปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาคุณภาพร้อนการเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้ผลิตภัณฑ์มากขึ้น และค่าคงที่จะสูงขึ้น

1.3.4 การคำนวณเกี่ยวกับค่าคงที่สมดุล มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

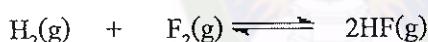
- 1) เขียนสมการเคมีพร้อมคุณ
- 2) หาความเข้มข้นของสารทั้งหมดที่ภาวะสมดุล
- 3) เขียนสมการแสดงค่าคงที่สมดุล
- 4) แทนค่าความเข้มข้นของสารต่างๆ ที่ภาวะสมดุล

ตัวอย่าง 1 ที่อุณหภูมิหนึ่งแก๊สไฮโดรเจนทำปฏิกิริยากับแก๊สฟลูออเรนได้ผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สไฮโดรเจนฟลูออไรด์มีค่าคงที่สมดุลเท่ากับ  $1.15 \times 10^2$  เมื่อเริ่มต้นปฏิกิริยา มีแก๊สทั้งสามชนิดอยู่ชนิดละ  $6.0 \text{ mol}$  ในภาชนะปิดขนาด  $3.0 \text{ dm}^3$  จงคำนวณหาความเข้มข้นของแก๊สทั้งสามชนิด

วิธีทำ      ขั้นที่ 1 เขียนสมการเคมีพร้อมคุณจะได้  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{F}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HF}(\text{g})$

ขั้นที่ 2 หาความเข้มข้นของสารทั้งหมดที่ภาวะสมดุล ดังนี้  
เมื่อเริ่มต้นปฏิกิริยาแก๊สทั้งสามชนิดมีความเข้มข้นเท่ากันคือ

$$[\text{H}_2] = [\text{F}_2] = [\text{HF}] = \frac{6}{3} = 2.0 \text{ mol/dm}^3$$



เริ่มต้น	2.0	2.0	2.0	mol/dm <sup>3</sup>
ไม่ลดที่เปลี่ยนไป	-x	-x	+2x	mol/dm <sup>3</sup>
ที่สมดุล	2.0-x	2.0-x	2.0+2x	mol/dm <sup>3</sup>

เครื่องหมาย - หมายถึงปริมาณสารลดลง + หมายถึงปริมาณสารเพิ่มขึ้น

ขั้นที่ 3 เขียนสมการแสดงค่าคงที่สมดุล

$$\text{ที่ภาวะสมดุล } K = \frac{[\text{HF}]^2}{[\text{H}_2][\text{F}_2]}$$

ขั้นที่ 4 แทนค่าความเข้มข้นของสารต่างๆ ที่ภาวะสมดุล

$$1.15 \times 10^2 = \frac{(2.0+2x)^2}{(2.0-x)^2}$$

$$\sqrt{1.15 \times 10^{-2}} = \sqrt{\frac{(2.0+2x)^2}{(2.0-x)^2}}$$

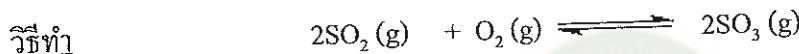
$$10.7 = \frac{(2.0 + 2x)}{(2.0 - x)}$$

$$x = 1.53$$

ดังนั้นที่ภาวะสมดุล  $[H_2] = [F_2] = 2.0 - 1.53 = 0.47 \text{ mol/dm}^3$

$$[HF] = 2.0 + (2x1.53) = 5.06 \text{ mol/dm}^3$$

ตัวอย่าง 2  $SO_2$  3 mol และ  $O_2$  1.50 mol บรรจุอยู่ในภาชนะ 2.0 ลิตร ที่อุณหภูมิ 1350 K จากการทดลองพบว่าที่ภาวะสมดุลมี  $O_2$  0.90 mol งำนวนหาค่าคงที่สมดุล



เริ่มต้น	3.00	1.50	0	mol
เปลี่ยนแปลง	-2x	-x	+2x	mol
ที่สมดุล	3.00-2x	1.50-x	+2x	mol
โจทย์กำหนดให้	$O_2$	= 0.90	= 1.50 - x	
ดังนั้น	x	= 1.50 - 0.90	= 0.60	
ที่ภาวะสมดุลเหลือ	$SO_2$	= 3.00 - (2x0.60)	= 1.80 mol/2 ลิตร	
	$O_2$	= 0.90 mol/2 ลิตร		
	$SO_3$	= 2 x 0.6	= 1.20 mol/2 ลิตร	

$$K = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2 [O_2]} = \frac{\left[\frac{1.20}{2.0}\right]^2}{\left[\frac{1.80}{2.0}\right]^2 \left[\frac{0.9}{2.0}\right]} = 0.99$$

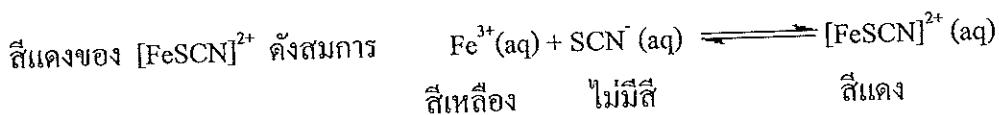
#### 1.4 ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุล

ณ ภาวะสมดุลของปฏิกิริยาเคมีใด ๆ สมบัติต่าง ๆ เช่น ความเข้มข้นของสาร พลิคภัณฑ์และสารตั้งต้นที่เหต้องมีค่าคงที่ ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงบางอย่างเกิดขึ้น เช่น การเปลี่ยนความเข้มข้น ความดันหรืออุณหภูมิจะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนแปลงไปด้วย และจะมีผลต่อสมดุลเดิมของระบบ ระบบจึงต้องปรับตัวให้เข้าสู่สมดุลใหม่ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงที่มีผลต่อภาวะสมดุล ได้แก่ ความเข้มข้นของสาร อุณหภูมิ ความดันและปริมาตร

#### 1.4.1 การเปลี่ยนความเข้มข้นกับภาวะสมดุล

ที่ภาวะสมดุลความเข้มข้นของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์จะมีค่าคงที่ ถ้าเปลี่ยนความเข้มข้นของสารตั้งต้นหรือสารผลิตภัณฑ์ในระบบที่อยู่ในภาวะสมดุลจะทำให้ภาวะสมดุลของระบบเปลี่ยนไป ดังนี้

เมื่อผสมสารละลาย  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  กับสารละลาย  $\text{NH}_4\text{SCN}$  จะได้สารละลาย



1) เมื่อเติม  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  สารละลายมีสีแดงเข้มขึ้น แล้วสีจะคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง อธิบายได้ว่า การเติมสารละลายที่มี  $\text{Fe}^{3+}$  ลงไปในระบบที่สมดุลแล้ว ความเข้มข้นของ  $\text{Fe}^{3+}$  จะเพิ่มขึ้นและการที่สารละลายผสมมีสีแดงเข้มขึ้น แสดงว่าระบบมีการปรับตัวโดยมี  $[\text{FeSCN}]^{2+}$  เกิดเพิ่มขึ้นและในที่สุดสีคงที่อีก แสดงว่าระบบเข้าสู่สมดุลอีกรั้ง

2) เมื่อเติม  $\text{NH}_4\text{SCN}$  สารละลายมีสีแดงเข้มขึ้น แล้วสีจะคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง อธิบายได้ว่า การเติมสารละลายที่มี  $\text{SCN}^-$  ลงไปในระบบที่สมดุลแล้ว ความเข้มข้นของ  $\text{SCN}^-$  จะเพิ่มขึ้นและการที่สารละลายผสมมีสีแดงเข้มขึ้น แสดงว่าระบบมีการปรับตัวโดยมี  $[\text{FeSCN}]^{2+}$  เกิดเพิ่มขึ้นและในที่สุดสีคงที่อีก แสดงว่าระบบเข้าสู่สมดุลอีกรั้ง

3) เมื่อเติม  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  สารละลายมีสีจางลงมากจนไม่มีสีและมีตะกอนสีขาวเล็กน้อย อธิบายได้ว่า  $\text{HPO}_4^{2-}$  จะทำปฏิกิริยากับ  $\text{Fe}^{3+}$  เกิด  $\text{FePO}_4$  ซึ่งไม่ละลายน้ำ การเติม  $\text{HPO}_4^{2-}$  จึงเป็นการลดความเข้มข้นของสารตั้งต้น สารละลายมีสีจางลงแสดงว่า  $[\text{FeSCN}]^{2+}$  แยกสถาปนเป็น  $\text{Fe}^{3+}$  และ  $\text{SCN}^-$  เพิ่มขึ้น

ถ้าเพิ่มความเข้มข้นของสารตั้งต้นสารได้สารหนึ่ง ระบบจะปรับตัวโดยการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้ามากขึ้น ในที่สุดระบบจะเข้าสู่สมดุลอีก ณ สมดุลครั้งหลังนี้ระบบมี  $[\text{FeSCN}]^{2+}$  ปริมาณมากกว่า ณ สมดุลเดิม และเมื่อความเข้มข้นของสารตั้งต้นลดลง ระบบจะปรับตัวโดยการเกิดปฏิกิริยาไปย้อนกลับมากขึ้น จนในที่สุดระบบจะเข้าสู่สมดุลอีก โดยที่สมดุลครั้งหลังนี้ระบบมี  $[\text{FeSCN}]^{2+}$  ปริมาณน้อยกว่า ณ สมดุลเดิม

สรุปการเปลี่ยนความเข้มข้นของสารต่าง ๆ ในระบบสมดุล สามารถสรุปได้ว่า ถ้าเติมสารตั้งต้นหรือผลิตภัณฑ์ลง ไปเมื่อระบบเข้าสู่สมดุลแล้วความเข้มข้นของสารนั้นจะเพิ่มขึ้นซึ่งมีผลกระทบกับสมดุล โดยระบบจะพยายามปรับตัว เพื่อลดปริมาณสารที่เพิ่มขึ้นด้วยการ

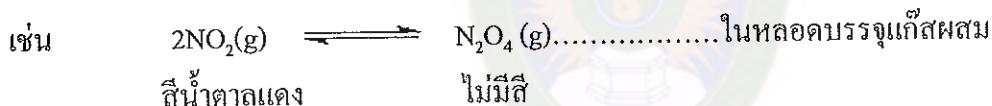
เกิดปฏิกิริยาไปทางหน้าหรือปฏิกิริยาขึ้นกลับมากขึ้น ในที่สุดระบบจะเข้าสู่ภาวะสมดุลใหม่อีกครั้งหนึ่ง

#### 1.4.2 การเปลี่ยนอุณหภูมิกับภาวะสมดุล

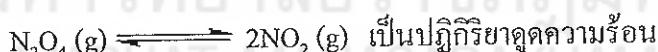
การเพิ่มหรือลดอุณหภูมิมีผลต่อปฏิกิริยาต่างกันขึ้นอยู่กับว่าปฏิกิริยานั้นเป็นประเภทใดความร้อนหรือคายความร้อนดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของปฏิกิริยา อุณหภูมิและทิศทางของปฏิกิริยา

ชนิดของปฏิกิริยา	อุณหภูมิ	ทิศทางของปฏิกิริยา
ปฏิกิริยาดูดความร้อน	เพิ่ม ลด	ไปข้างหน้า ย้อนกลับ
ปฏิกิริยาคายความร้อน	เพิ่ม ลด	ย้อนกลับ ไปข้างหน้า



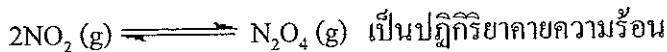
เมื่อนำหลอดบรรจุแก๊สผสมจุ่มในน้ำร้อนจะมีสีน้ำตาลแดงเข้มขึ้นชัดๆแสดงว่าแก๊ส  $\text{NO}_2$  เพิ่มขึ้น เกิดปฏิกิริยาการสลายตัวของแก๊ส  $\text{N}_2\text{O}_4$  เป็นแก๊ส  $\text{NO}_2$  ปฏิกิริยา



อธิบายได้ว่าการเพิ่มพลังงานให้แก่ระบบทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้ มีผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น การจุ่มน้ำร้อนทำให้สีของสารละลายเปลี่ยนไปชัดๆ ในที่สุดเมื่อสีของแก๊สคงที่แสดงว่าเข้าสู่ภาวะสมดุลอีกรอบ

ในทางกลับกันเมื่อนำหลอดบรรจุแก๊สผสมจุ่มในน้ำเย็นแก๊สมีสีจางลง แสดงว่า

แก๊ส  $\text{NO}_2$  ลดลง ปฏิกิริยา



อธิบายได้ว่าเมื่อลดอุณหภูมิของระบบโดยการจุ่มในน้ำเย็นระบบจะถ่ายเท

พลังงานออกสู่สิ่งแวดล้อมทำให้แก๊ส  $\text{NO}_2$  รวมตัวเกิดเป็นแก๊ส  $\text{N}_2\text{O}_4$  ได้ขึ้นแก๊สจึงมีสีจางลง ในที่สุดเมื่อสีของแก๊สคงที่แสดงว่าเข้าสู่ภาวะสมดุลอีกรอบ

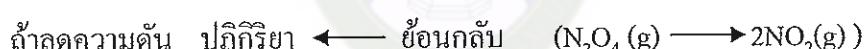
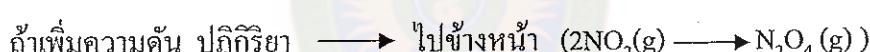
สรุปได้ว่า การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของระบบมีผลทำให้ภาวะสมดุลเปลี่ยน โดยขึ้นอยู่กับว่าเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อนหรือปล่อยความร้อน ถ้าเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน การลดอุณหภูมิทำให้ได้ผลิตภัณฑ์มากขึ้น แต่ถ้าเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อนการเพิ่มอุณหภูมิทำให้ได้ผลิตภัณฑ์มากขึ้น

#### 1.4.3 การเปลี่ยนแปลงความดันและปริมาตร

ถ้าสารเป็นของแข็งหรือของเหลวความดันจะไม่มีผลต่อภาวะสมดุลส่วนในกรณีของแก๊สผลของการลดความดันที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงของสารมีผลกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาและทิศทางของปฏิกิริยา ดังนี้

1) ความดันจะแปรผันกับปริมาตร หมายความว่าการเพิ่มความดันให้กับระบบจะทำให้ปริมาตรของระบบลดลง (ความเข้มข้นของสารเพิ่ม) การลดความดันให้กับระบบทำให้ปริมาตรเพิ่มขึ้น (ความเข้มข้นของสารลด)

2) ความดันแปรตามจำนวนโมล การเพิ่มหรือลดความดันจะมีผลกับจำนวนโมลของแก๊สในระบบ เช่น  $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$  (1 โมล)



สรุปการเปลี่ยนแปลงความดันมีผลโดยตรงต่อภาวะสมดุลของปฏิกิริยาที่มีสารในสถานะแก๊สเท่านั้น ทั้งนี้ปฏิกิริยานั้นต้องมีจำนวนโมลรวมของแก๊สที่เป็นสารตั้งต้นไม่เท่ากับจำนวนโมลของผลิตภัณฑ์ การเพิ่มความดันให้แก๊สในระบบที่อยู่ในภาวะสมดุลระบบจะพยายามปรับตัวไปในทิศทางที่จะลดความดันแล้วเข้าสู่สมดุลใหม่แต่ถ้าลดความดันให้แก๊สในระบบที่อยู่ในภาวะสมดุลระบบจะปรับตัวไปในทิศทางที่จะเพิ่มความดันแล้วเข้าสู่สมดุลใหม่อีกครั้ง การเพิ่มความดันของระบบโดยการเติมแก๊สที่ไม่เกี่ยวข้องในระบบสมดุลจะไม่มีผลต่อภาวะสมดุล เพียงแต่ไปเพิ่มความดันรวมของระบบแต่ปริมาณแก๊สที่เกี่ยวข้องในภาวะสมดุลไม่เปลี่ยนแปลง

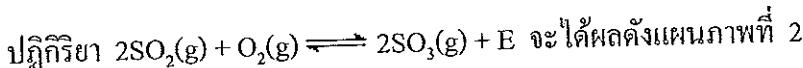
#### 1.5 หลักของเคมีเคมี

เคมีเคมี กล่าวไว้ว่า “เมื่อระบบอยู่ในภาวะสมดุลถูกรบกวนโดยการเปลี่ยนแปลงปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุลของระบบ ระบบจะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่จะลดผลของการรบกวนนั้น เพื่อให้ระบบเข้าสู่ภาวะสมดุลอีกครั้ง”

### 1.5.1 การนำหลักของเลอชาเตอส์มาใช้

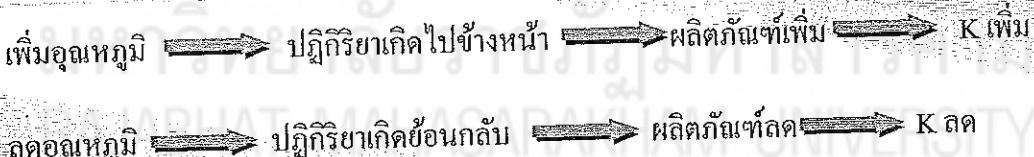
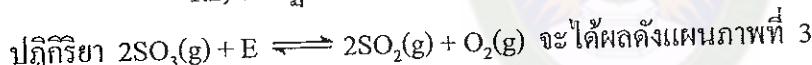
1) ถ้าระบบถูกรบกวนโดยอุณหภูมิระบบจะปรับตัวดังนี้

“ถ้าเพิ่มอุณหภูมิให้ระบบ ระบบจะลดอุณหภูมิโดยอาศัยปฏิกิริยาความร้อน และถ้าลดอุณหภูมิให้ระบบ ระบบจะเพิ่มอุณหภูมิโดยอาศัยปฏิกิริยาดูดความร้อน”  
 1.1) ถ้าปฏิกิริยาไปข้างหน้าเป็นปฏิกิริยาความร้อน เช่น



แผนภาพที่ 2 ผลของการเพิ่มและลดอุณหภูมิในปฏิกิริยาความร้อน

1.2) ถ้าปฏิกิริยาไปข้างหน้าเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน เช่น



แผนภาพที่ 3 ผลของการเพิ่มและลดอุณหภูมิในปฏิกิริยาดูดความร้อน

2) ถ้าระบบถูกรบกวนโดยความดันระบบจะปรับตัวดังนี้

ถ้าเพิ่มความดันให้แก๊สในระบบที่อยู่ในภาวะสมดุลระบบจะพยายามปรับตัวไปในทิศทางที่จะลดความดันแล้วเข้าสู่สมดุลใหม่อีกครั้ง แต่ถ้าลดความดันให้แก๊สในระบบที่อยู่ในภาวะสมดุลระบบจะปรับตัวไปในทิศทางที่จะเพิ่มความดันแล้วเข้าสู่สมดุลใหม่ ดังนี้

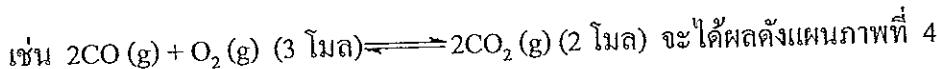
2.1) ถ้าจำนวนโมลของสารตั้งต้นทึ้งหมด = จำนวนโมลของผลิตภัณฑ์ทึ้งหมด (ไม่คิดจำนวนโมลของแข็งและของเหลว) การเปลี่ยนความดันไม่มีผลต่อภาวะสมดุล

แต่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เช่น



2.2) ถ้าจำนวนโมลของสารตั้งต้นทึ้งหมด > จำนวนโมลของสารผลิตภัณฑ์ทึ้งหมด

เช่น

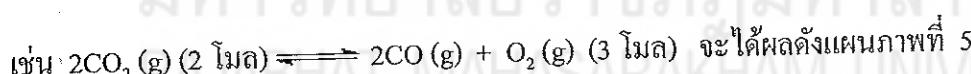


เพิ่มความดัน(ลดปริมาตร)  $\longrightarrow$  ลดจำนวนโมล  $\longrightarrow$  ปฏิกิริยาเกิดไปทางหน้า

ลดความดัน(เพิ่มปริมาตร)  $\longrightarrow$  เพิ่มจำนวนโมล  $\longrightarrow$  ปฏิกิริยาเกิดขึ้นกลับ

แผนภาพที่ 4 ผลของการเพิ่มและลดความดันของปฏิกิริยาที่สารตั้งต้นมีจำนวนไม่รวมมากกว่าสารผลิตภัณฑ์

ถ้าจำนวนโมลของสารตั้งต้นทึ้งหมด < จำนวนโมลของผลิตภัณฑ์ทึ้งหมด



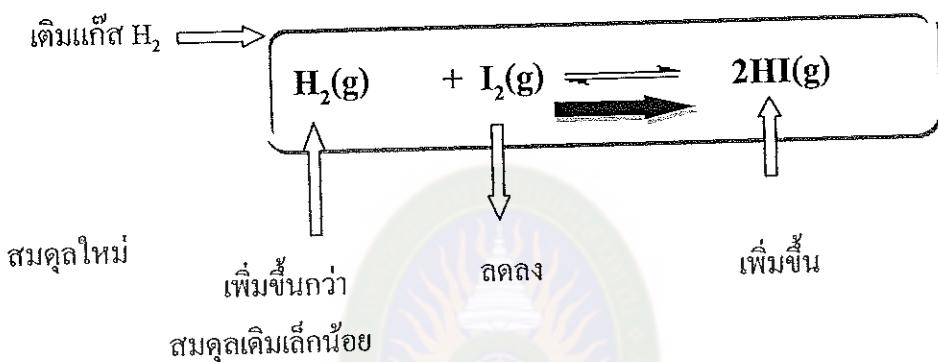
เพิ่มความดัน(ลดปริมาตร)  $\longrightarrow$  ลดจำนวนโมล  $\longrightarrow$  ปฏิกิริยาเกิดขึ้นกลับ

ลดความดัน(เพิ่มปริมาตร)  $\longrightarrow$  เพิ่มจำนวนโมล  $\longrightarrow$  ปฏิกิริยาเกิดไปทางหน้า

แผนภาพที่ 5 ผลของการเพิ่มและลดความดันของปฏิกิริยาที่สารตั้งต้นมีจำนวนไม่รวมน้อยกว่าสารผลิตภัณฑ์

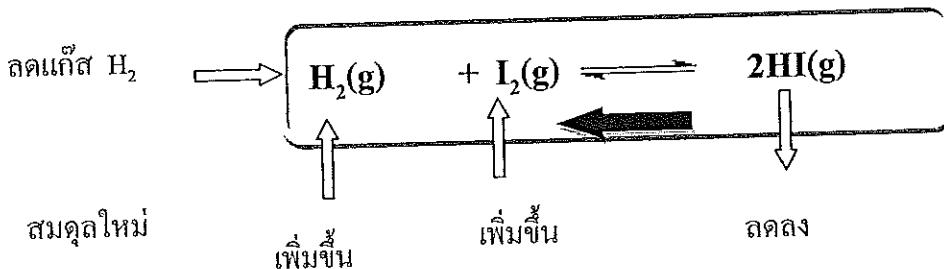
3) ถ้ารับกวนระบบ โดยเพิ่มความเข้มข้นระบบจะปรับตัวไปในทางที่จะลดความเข้มข้นของสารนั้น แต่ถ้าระบบถูกรบกวนโดยลดความเข้มข้น ระบบจะปรับตัวไปในทางที่จะเพิ่มความเข้มข้นของสารนั้นจนกระทั่งเข้าสู่สมดุลใหม่ ดังนี้

3.1) ถ้าเพิ่มความเข้มข้นของสารได้สารหนึ่งเข้าไปในระบบที่ภาวะสมดุลระบบจะปรับไปในทิศทางที่จะลดความเข้มข้นของสารนั้นแต่สารที่ถูกเพิ่มเข้าไปในระบบจะเพิ่มขึ้นกว่าสมดุลเดิมเล็กน้อย ในที่สุดระบบจะเข้าสู่ภาวะสมดุลใหม่อีกครั้ง ดังแผนภาพที่ 6



แผนภาพที่ 6 การปรับตัวเข้าสู่ภาวะสมดุลใหม่ของปฏิกิริยาที่ถูกรบกวนโดยการเพิ่มความเข้มข้นของสารตั้งต้น

3.2) ถ้าลดความเข้มข้นของสารได้สารหนึ่งในระบบที่ภาวะสมดุล ระบบจะปรับไปในทิศทางที่จะเพิ่มความเข้มข้นของสารนั้นจนกระทั่งเข้าสู่ภาวะสมดุลใหม่อีกครั้ง ดังแผนภาพที่ 7



แผนภาพที่ 7 การปรับตัวเข้าสู่ภาวะสมดุลใหม่ของปฏิกิริยาที่ถูกรบกวนโดยการลดความเข้มข้นของสารตั้งต้น

(สีสัน → เป็นการปรับตัวเข้าสู่สมดุลใหม่)

4) การเติมแก๊สเนื้อยหรือโลหะแพลทินัม (Pt) ลงในระบบที่ภาวะสมดุลไม่ทำให้ภาวะสมดุลของระบบเปลี่ยน

5) ตัวเร่งไม่มีผลต่อภาวะสมดุลของระบบแต่ทำให้ระบบเข้าสู่สมดุลเร็วขึ้น หรือเร่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาให้เร็วขึ้นเท่านั้น

สรุปปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุล ได้แก่ อุณหภูมิ ความเข้มข้นและความดัน (กรณีที่เป็นแก๊ส) ส่วนการเติมแก๊สเนื้อยและตัวเร่งไม่มีผลต่อภาวะสมดุล

### 1.5.2 การใช้หลักของเลอชาเตอโนในอุตสาหกรรม

ในอุตสาหกรรมเคมี การผลิตสารผลิตภัณฑ์ต้องคำนึงถึงค่า K เพราะถ้าค่า K มากแสดงว่าเกิดผลิตภัณฑ์มาก การนำหลักของเลอชาเตอโนไปใช้ในการปรับสมดุลให้เกิดผลิตภัณฑ์จำนวนมาก โดยใช้อุณหภูมิและความดันไปปรับตำแหน่งสมดุลให้ไปทางขวามาก ๆ ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาช่วยทำให้ไขวลาน้อยลง เช่น

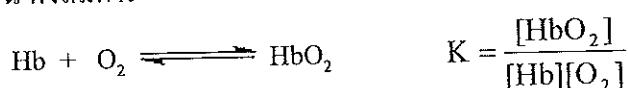
กระบวนการชาเบอร์คือ กระบวนการสังเคราะห์แก๊สแอมโมเนียในอุตสาหกรรมโดยใช้แก๊สไนโตรเจนทับปฏิกิริยากับแก๊สไนโตรเจนที่อุณหภูมิ  $500^{\circ}\text{C}$  ความดัน 350 บรรยากาศ โดยมีเหล็กเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา คันพนโดย ฟริตซ์ ชาเบอร์ นักเคมีชาวเยอรมัน ผู้ได้รับรางวัลโนเบลสาขาเคมีในปี 1905 ที่นำหลักของเลอชาเตอโนมาใช้ เช่น การเตรียมแก๊สซัลเฟอร์ไนโตรออกไซด์ ( $\text{SO}_3$ ) การผลิตแก๊สฟอสฟีน ( $\text{COCl}_2$ ) การสังเคราะห์เพษราจักรไฟฟ์และการผลิตแคตเซี่ยมออกไซด์หรือปูนดิน ( $\text{CaO}$ ) เป็นต้น

## 1.6 สมดุลเคมีในสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

### 1.6.1 สมดุลในสิ่งมีชีวิต

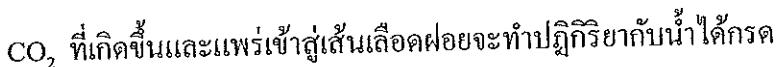
สมดุลเคมีในสัตว์ชนิดต่าง ๆ มีความคล้ายคลึงกันในเรื่องศักยภาพในร่างกายมนุษย์เพื่อให้เกิดความเข้าใจกระบวนการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตสามารถนำไปใช้ในการดูแลรักษาสุขภาพหรือเชิงบวกต่างที่เกิดขึ้นในกระบวนการดำรงชีวิตได้ ดังนี้

1) กระบวนการหายใจและการแผลเปลี่ยนแปลงแก๊สในระบบหมุนเวียนเลือด กระบวนการหายใจเป็นกระบวนการที่สำคัญในโกลบินรับแก๊สออกซิเจนที่พร้อมนำออกซิเจนเข้าสู่เซลล์ แล้วรวมกับไฮโดรเจนในโกลบินในเม็ดเลือดแดงได้ ออกซิเจนในโกลบิน ดังสมการ

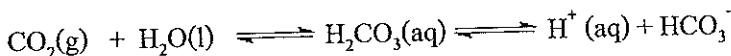


ไฮโดรเจนในโกลบิน ออกซิเจนในโกลบิน

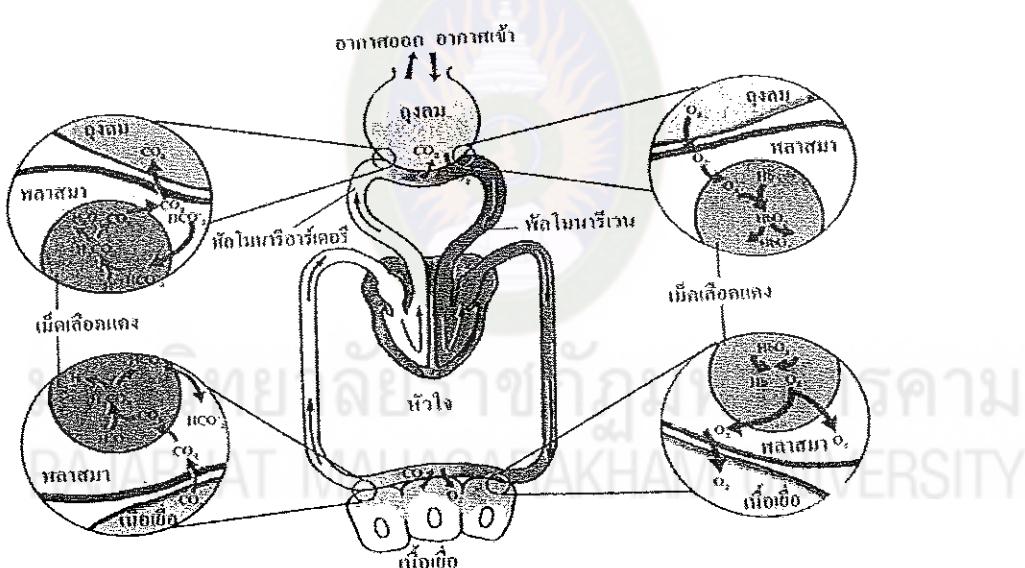
ขณะท้ายใจเข้าความดันของ  $O_2$  ในถุงลมปอดสูงกว่าในเส้นเลือดฟอย ปฏิกิริยาจึงไปข้างหน้าเกิดออกซิไฮโมโกลบินมาก ซึ่งจะให้ผลเรียนไปสู่เซลล์ต่าง ๆ ของร่างกาย เพื่อนำออกซิเจนไปสนับสนุนการหายใจและให้เกิดสารรับอนุโคกอกไซด์ น้ำ และ พลังงาน ดังสมการ  $C_6H_{12}O_6(s) + 6O_2(g) \longrightarrow 6CO_2(g) + 6H_2O(g) + \text{พลังงาน}$



การบอนิก กรดนี้จะแตกตัวให้  $H^+$  และ  $HCO_3^-$  อยู่ในภาวะสมดุลดังสมการ

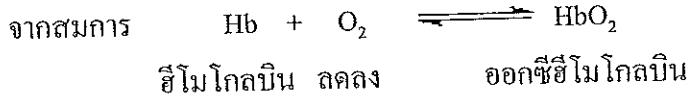


เมื่อ  $\text{CO}_2$  ถูกดำเนินการป้องกันมีความเข้มข้นของ  $\text{CO}_2$  น้อย (ความดันของ  $\text{CO}_2$  ต่ำ) ระบบปรับตัวเพื่อเพิ่มความดัน ทำให้  $\text{CO}_2$  มีความเข้มข้นมากขึ้น (ความดันมากขึ้น) จึงแพร่เข้าสู่ถุงลมป้องกันและออกสู่ภายนอกในจังหวะที่หายใจออกดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การแพะร่องแก็สในเนื้อเยื่อและถุงลมปอดขณะหายใจ

การเปลี่ยนแปลงภาวะสมดุลในเลือดเมื่อเดินทางไปในพื้นที่ที่สูงกว่าระดับน้ำทะเลมาก ๆ เช่น การขึ้นภูเขาสูงความหนาแน่นของอากาศลดลงความเข้มข้นของออกซิเจนลดลงซึ่งที่ระดับน้ำทะเลแก๊สออกซิเจนมีความดัน 0.2 บรรยากาศแต่ที่ระดับสูงประมาณ 3 กิโลเมตรจากระดับน้ำทะเลความดันของแก๊สออกซิเจนจะลดลงเหลือ 0.14 บรรยากาศ จึงทำให้สมดุลของปฏิกิริยาการรับออกซิเจนของรีโนโกลบินในเลือดเปลี่ยนแปลงดังนี้



ระบบจึงปรับตัวเข้าสู่ภาวะสมดุลใหม่โดย  $HbO_2$  เกิดปฏิกิริยาขึ้นกลับเพื่อเพิ่มความเข้มข้นของ  $O_2$  ทำให้ความดันของ  $HbO_2$  ลดลงการสำลีย  $O_2$  ไปสู่เนื้อเยื่อจึงน้อยลงทำให้เกิดอาการปวดศีรษะ คลื่นไส้และอ่อนเพลียเรียกว่า ไฮพอกไซเดีย (Hypoxia) แต่ถ้าอยู่ที่สูงนาน ๆ ร่างกายสามารถปรับตัวโดยสร้าง  $Hb$  ในเลือดมากขึ้นจึงจับ  $O_2$  ได้มากทำให้  $HbO_2$  มากคนที่อาศัยในพื้นที่สูงกว่าระดับน้ำทะเลมาก ๆ เป็นเวลานานจึงมีความเข้มข้นของ  $HbO_2$  มากกว่าคนที่อาศัยในพื้นที่ระดับน้ำทะเลเปรียบเทียบเม็ดเลือดแดงจึงมากกว่าผู้ที่อาศัยบริเวณพื้นที่ราบ

## 2) ภาวะสมดุลของแคลเซียมในร่างกาย

### 2.1) แคลเซียมมีความสำคัญกับระบบการทำงานของร่างกายดังนี้

2.1.1) สร้างและซ่อมแซมกระดูกและฟัน

2.1.2) ทำงานร่วมกับเอนไซม์

2.1.3) การหดตัวของกล้ามเนื้อ การบีบตัว คลายตัวของกล้ามเนื้อหัวใจ

2.1.4) การแข็งตัวของเลือด

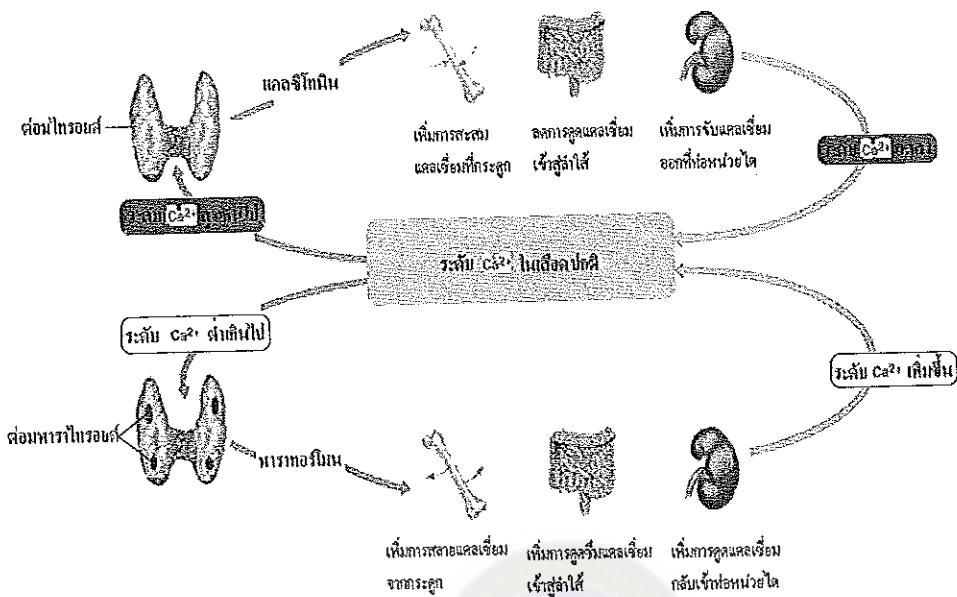
2.1.5) มีส่วนร่วมในการกระบวนการเมtabolism ของวิตามินอี

ดังนั้นการรักษาภาวะสมดุลของแคลเซียมที่อยู่ในกระแสเลือดกับปริมาณ

แคลเซียมในกระดูกโดยมีวิตามินดีและฮอร์โมนจากต่อมพาราไทรอยด์ช่วยควบคุม ทำให้การ

ทำงานของระบบต่าง ๆ ของร่างกายเป็นไปตามปกติ ดังภาพที่ 2

RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาพที่ 2 การรักษาภาวะสมดุลของแคลเซียมในเลือด

จากภาพที่ 2 กระบวนการรักษาภาวะสมดุลของแคลเซียม เมื่อแคลเซียมในเลือดคงแม่นี้ยังเด็กน้อยระบบในร่างกายจะปรับภาวะสมดุลโดยการปล่อยแคลเซียมออกมานาจกรรมเพิ่มการดูดซึมแคลเซียมของลำไส้และลดการสูญเสียแคลเซียมทางปัสสาวะ โดยไตในกรณีที่ร่างกายอยู่ในภาวะต้องซ่อมแซมกระดูก ทำให้ระบบดูดซึมแคลเซียมในเลือดไปซ่อมแซมกระดูกที่แตกหักทำให้แคลเซียมในเลือดคงเจ้มีการดูดซึมแคลเซียมจากกระดูกเข้าสู่กระแสเลือดเพิ่มขึ้นมากกว่าปกติเป็นการปรับภาวะสมดุลที่เกิดขึ้นต่อเนื่องตลอดเวลาจึงจัดเป็นสมดุลได้นานวิก ดังนั้นมีกระดูกแตกพหุยจะให้รับประทานแคลเซียม เพื่อมิให้ร่างกายไปดึงแคลเซียมจากกระดูกส่วนอื่น

### 2.2) ผลที่เกิดจากการเสียภาวะสมดุลของแคลเซียมในร่างกาย เช่น

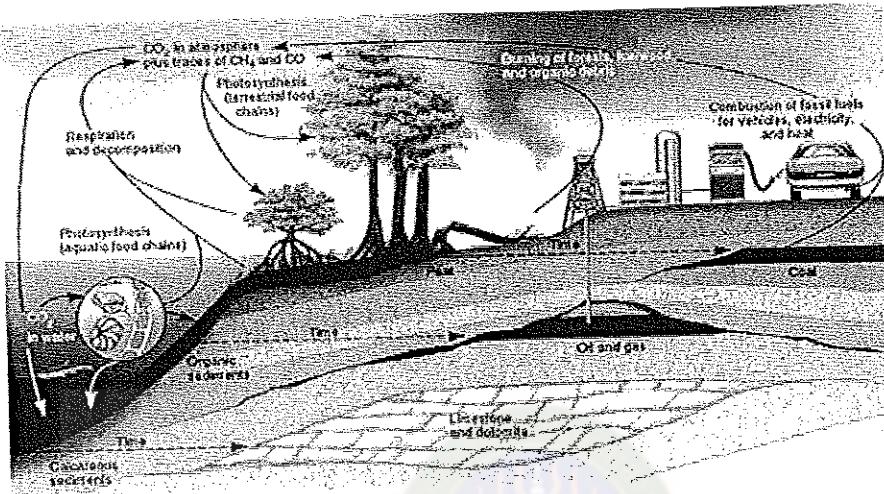
2.2.1) การเกิดพันธุ์ของหญิงมีครรภ์ที่ขาดแคลเซียม เนื่องจากหารกินครรภ์นำชาตุแคลเซียมมากแม่ไปสร้างกระดูกและฟัน

2.2.2) อาการกระดูกบางหรือกระดูกพรุนของหญิงวัยหมดประจำเดือนจะเสียแคลเซียมในกระดูกเนื่องจากระดับฮอร์โมนลดลง

2.2.3) การป้องกันโดยรับประทานอาหารที่มีแคลเซียม เช่น นม ปลาตัวเล็กที่กินหัวตัว กุ้งฟอย ผักใบเขียว ถั่ว เป็นต้น

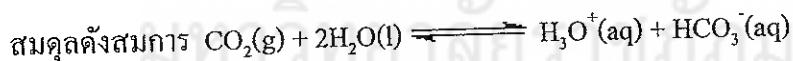
#### 1.6.2 สมดุลในสิ่งแวดล้อม

การบ่อนเป็นองค์ประกอบของสารทั้งในสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต การบ่อนในธรรมชาติมีการหมุนเวียนเป็นวัฏจักรซึ่งเป็นสมดุลทางธรรมชาติ ดังภาพที่ 3

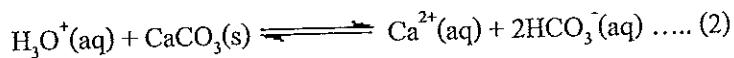
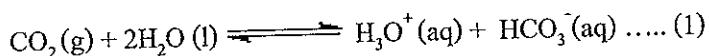


ภาพที่ 3 วัฏจักรการบ่อนในธรรมชาติ

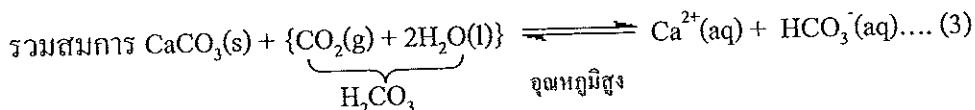
จากภาพที่ 3 การหมุนเวียนของการบ่อนระหว่างบรรยากาศกับแหล่งน้ำจะอยู่ในรูปของสารประกอบ  $\text{CO}_2$  ในขณะที่  $\text{CO}_2$  จากการหายใจ การเผาไหม้และการเน่าเสียเข้าสู่บรรยากาศบางส่วนจะถูกดูดซึมน้ำในผืนโลกสารประกอบ  $\text{CO}_2$  ส่วนที่ละลายน้ำจะเกิดภาวะ



$\text{H}_3\text{O}^+$  ที่เกิดจาก  $\text{CO}_2$  ละลายน้ำมีผลต่อการดูดซึมน้ำของพืชจากน้ำด้วยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโลกและสิ่งก่อสร้างทำให้โลหะและหินปูนผุกร่อน การผุกร่อนของหินปูนในธรรมชาติทำให้เกิดหินงอกหินย้อยดังนี้



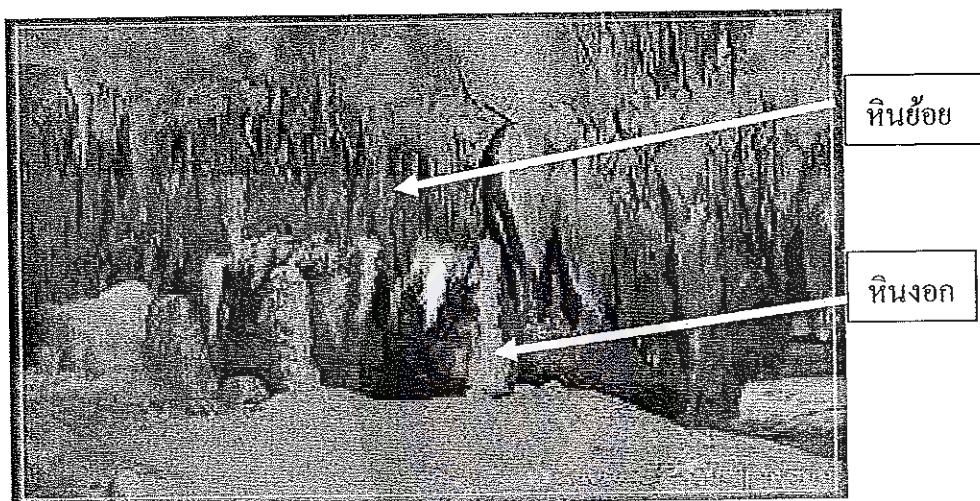
อุณหภูมิต่ำ



อุณหภูมิสูง

จากสมการ (1) และ (2) ถ้าในอากาศมี  $\text{CO}_2$  เกินมากทำให้น้ำมีสภาพความเป็นกรด ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) มากหินปูนตามภูเขาก็จะเกิดการกร่อนไปอยู่ในรูปของ  $\text{Ca}^{2+}$  และ  $\text{HCO}_3^-$  ซึ่งก็

คือ  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  ที่ละลายน้ำได้เป็นสารละลายใส หินปูนที่กร่อนนานๆ ทำให้เกิดโครงสร้างถ้าจากสมการ (3) ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นหรือได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์  $\text{H}_2\text{O}$  และ  $\text{CO}_2$  จะระเหยไปสู่บรรยากาศระบบเดียวกันจึงเกิดปฏิกิริยาขึ้นกลับไปได้  $\text{CaCO}_3$  เป็นผลึกสะสมถ้าสะสมบนพื้นาทีขึ้นมาเรียกว่า หินย้อย ถ้าสะสมที่พื้นถ้ำแล้วออกขึ้นไปเรียกว่า หินงอก ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การเกิดหินงอก หินย้อย

สรุปสมดุลเคมีจะต้องเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ จัดเป็นสมดุลไอนามิกเกิดในระบบปิด ณ ภาวะสมดุลระบบไม่ได้หยุดนิ่งจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าและข้อนกลับตลอดเวลา โดยอัตราการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้าเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงข้อนกลับ ความเข้มข้นของสารตั้งต้นที่เข้าทำปฏิกิริยาไม่จำเป็นต้องเท่ากับความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น สมบัติของระบบคงที่ ณ อุณหภูมนี้นั้น ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุล ได้แก่ อุณหภูมิ ความเข้มข้นและความดันในกรณีที่เป็นแก๊ส ส่วนการเติมตัวเร่งและการเติมแก๊สเชื้อเพลิงไม่มีผลต่อภาวะสมดุล ค่าคงที่สมดุลจะเปลี่ยนเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนเท่านั้น

## 2. การจัดการเรียนรู้ด้วยบทเรียนออนไลน์

### 2.1 ความหมายของบทเรียนออนไลน์

Campbell (1999) ให้ความหมายบทเรียนออนไลน์ (E-learning) คือการใช้เทคโนโลยีที่มีอยู่ในเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสร้างการศึกษาที่มีปฏิสัมพันธ์และการศึกษาที่มี

คุณภาพสูงที่ผู้คนทั่วโลกมีความสะดวกและสามารถเข้าถึงได้อย่างรวดเร็วไม่จำกัดสถานที่และเวลาเป็นการเปิดประชุมการศึกษาตลอดชีวิตให้กับประชาชน

Krutus (2000) ให้คำนิยามไว้ว่าบทเรียนออนไลน์ (E-learning) หมายถึงรูปแบบของเนื้อหาสาระที่สร้างเป็นบทเรียนออนไลน์สำเร็จรูปที่อาจใช้ซีดี-รอม (CD-ROM) เป็นสื่อกลางในการส่งผ่านหรือใช้การส่งผ่านอินเทอร์เน็ตหรือเครือข่ายภายใน ทั้งนี้อาจจะอยู่ในรูปแบบคอมพิวเตอร์ช่วยการฝึกอบรม (Computer Based Training: CBT) และการใช้เว็บเพื่อการฝึกอบรม (Web Based Training: WBT) หรือการเรียนการสอนทางไกล (Distance learning) ผ่านดาวเทียมก็ได้

ตอนมพร (ต้นพิพัฒน์) เลาหจารัสแสง จากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ได้ให้คำจำกัดความไว้ 2 ลักษณะ คือ

ลักษณะแรกบทเรียนออนไลน์ (E-learning) หมายถึงการเรียนเนื้อหาหรือสารสนเทศสำหรับการสอนหรือการอบรมซึ่งใช้การนำเสนอด้วยตัวอักษร (Text) ภาพนิ่ง (Image) ผสมผสานกับการใช้ภาพเคลื่อนไหว (Animation) วิดีโอหนังและเสียง (Sound) โดยอาศัยเทคโนโลยีของเว็บ (Web Technology) ในการถ่ายทอดเนื้อหารวมทั้งใช้เทคโนโลยีการจัดการคอร์ส (Course Management System) ในการบริหารจัดการงานสอนต่าง ๆ

ลักษณะที่สองบทเรียนออนไลน์ (E-learning) คือการเรียนในลักษณะได้แก่ซึ่งใช้การถ่ายทอดเนื้อหาผ่านทางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ไม่ว่าจะเป็นคอมพิวเตอร์เครือข่ายอินเทอร์เน็ต อินเทอร์เน็ต เอ็ปช์ทราย์ตหรือสัญญาณโทรศัพท์มือถือ สัญญาณความเที่ยม

สุรลิทธิ วรรณา ไกร الرحمن (2552) ผู้อำนวยการ โครงการการเรียนรู้แบบออนไลน์ แห่งสวางค์. ได้ให้คำจำกัดความของบทเรียนออนไลน์ (E-learning) คือการศึกษาเรียนรู้ผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์อินเทอร์เน็ตหรืออินเทอร์เน็ตเป็นการเรียนรู้ด้วยตัวเองผู้เรียนจะได้เรียนตามความสามารถและความสนใจของตน โดยเนื้อหาของบทเรียนซึ่งประกอบด้วยข้อความ รูปภาพ เสียง วิดีโอและมัลติมีเดียอื่น ๆ จะถูกส่งไปยังผู้เรียนผ่าน Web Browser โดยผู้เรียน ผู้สอน และเพื่อนร่วมชั้นเรียนทุกคนสามารถติดต่อปรึกษาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างกันได้ เช่นเดียวกับการเรียนในชั้นเรียนปกติโดยอาศัยเครื่องมือการติดต่อสื่อสารทันสมัย เช่น E-mail Web Board Chat จึงเป็นการเรียนสำหรับทุกคนเรียนได้ทุกเวลาและทุกสถานที่ (Learn for All : Anyone Anywhere and Anytime)

บุญเดช อรุณพิบูลย์ และบุญเกียรติ เกตเจริญนุช (2550) ได้ให้ความหมายบทเรียนออนไลน์ (E-Learning) คือการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ ในระบบอินเตอร์เน็ตมาออกแบบ

และจักรระบบเพื่อตรัสร่างระบบการเรียนการสอนโดยการสนับสนุนและส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายตรงกับความต้องการของผู้สอนและผู้เรียนเชื่อมโยงระบบเป็นเครือข่ายที่สามารถเรียนรู้ได้ทุกที่ทุกเวลาและทุกคนสามารถประมินคิดตามพฤติกรรมผู้เรียนได้เสมอของการเรียนในห้องเรียนจริงโดยสามารถพิจารณาได้จากคุณลักษณะ ดังนี้

### 1. เว็บไซต์ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาเกี่ยวกับเนื้อหารายวิชาได้วิชาหนึ่งเป็น

อย่างน้อยหรือการศึกษาตามอัธยาศัย

2. ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองจากทุกที่ทุกเวลาโดยอิสระ

3. ผู้เรียนมีอิสระในการเรียนการบรรลุดุประสงค์การเรียนรู้แต่ละเนื้อหา

ไม่จำเป็นต้องเหมือนกันหรือพร้อมกับผู้เรียนรายอื่น

4. มีระบบปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียนและสามารถเรียนรู้ร่วมกันได้

5. มีเครื่องมือที่วัดผลการเรียนได้

6. มีการออกแบบการเรียนการสอนอย่างมีระบบ

7. ผู้สอนเป็นผู้ช่วยเหลือผู้เรียนในการค้นหาการประเมินการใช้ประโยชน์จาก

เนื้อหาจากสื่อรูปแบบต่าง ๆ ที่มีให้บริการ

8. มีระบบบริหารจัดการการเรียนรู้ (Learning Management System/LMS)

9. มีระบบบริหารจัดการเนื้อหา/หลักสูตร (Content Management System/CMS)

สรุปความหมายของบทเรียนออนไลน์ (E-learning) คือรูปแบบของการเรียนรู้

ด้วยตนเอง โดยอาศัยเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในการถ่ายทอดเรื่องราวและเนื้อหาซึ่งประกอบด้วย

ข้อความ รูปภาพ วิดีโอ เสียงและมัตติมีเดียอื่น ๆ มีการสื่อสารผ่านช่องทางที่ทันสมัยรวดเร็ว

เช่น E-mail Web Board Face book ผู้เรียนสามารถเลือกเรียนหรือthonทวนบทเรียนได้ทุกที่

ทุกเวลาตามความสามารถของตน

### 2.2 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการนำคอมพิวเตอร์มาใช้กับการศึกษา มีดังนี้

#### 2.2.1 ทฤษฎีพฤติกรรมนิยม (Behaviorism)

นักจิตวิทยาที่มีชื่อเสียงที่สุดในกลุ่มนี้คือ สกินเนอร์ (Skinner) เชื่อว่าการเรียนรู้ของมนุษย์เป็นสิ่งที่สามารถสังเกตได้จากพฤติกรรมภายนอกและเชื่อในทฤษฎีการวางแผนไป โดยมีแนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งเร้าและการตอบสนอง การให้ การเสริมแรง ทฤษฎีนี้เชื่อว่าการเรียนรู้เกิดจากการที่มนุษย์ตอบสนองต่อสิ่งเร้าและพฤติกรรมการตอบสนองจะเข้มข้นหากได้รับการเสริมแรงที่เหมาะสม

การนำทฤษฎีพุทธิกรรมนิยมมาประยุกต์ใช้ในการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ได้แก่ การแบ่งเนื้อหาบทเรียนออกเป็นหน่วยย่อยจากง่ายไปสู่ยากในลักษณะเด่นตรง โดยมีการบอกเป้าหมาย จุดประสงค์แต่ละหน่วยย่อยชัดเจน มีเกณฑ์การวัดผลที่ชัดเจน ต่อเนื่องการให้ข้อมูลป้อนกลับในรูปแบบที่น่าสนใจทันที การนำเสนอเนื้อหาและการให้ข้อมูลย้อนกลับควรให้ความแปลกใหม่ซึ่งอาจใช้ภาพ เสียงหรือกราฟิกแทนที่จะใช้ข้อความเพียงอย่างเดียว เป็นต้น

### 2.2.2 ทฤษฎีปัญญาอนิยม (Cognitivism)

นักจิตวิทยาที่มีเชื่อสืบในกลุ่มนี้คือ คราวเดอร์ (Crowder) ทฤษฎีนี้เน้นเรื่องความแตกต่างระหว่างบุคคล โดยเชื่อว่ามนุษย์มีความแตกต่างกันทั้งในด้านความรู้สึกนึกคิด อารมณ์ ความสนใจและความสนใจ ดังนั้นในการเรียนรู้ก็ต้องมีกระบวนการและขั้นตอนที่แตกต่างกันด้วยอีกทั้งยังมีแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้ว่าการเรียนเป็นการสมมัสานข้อมูลข่าวสารเดิม กับข้อมูลข่าวสารใหม่เข้าด้วยกันหากผู้เรียนมีข้อมูลข่าวสารเดิมเพื่อนโยงกับข้อมูลข่าวสารใหม่ การรับรู้จะง่ายขึ้น นักทฤษฎีกลุ่มนี้ให้ความสนใจศึกษาองค์ประกอบในการจำที่ส่งผลต่อความจำระยะสั้น ความจำระยะยาวและความคงทนในการจำ

การนำทฤษฎีปัญญาอนิยมมาประยุกต์ใช้ในการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ได้แก่ การใช้เทคนิคสร้างความสนใจแก่ผู้เรียนก่อนเริ่มเรียนคำนึงถึงความแตกต่างของผู้เรียนในแต่ละบุคคล การเลือกกิจกรรมการเรียน และการควบคุม

### 2.2.3 ทฤษฎีโครงสร้างความรู้ (Scheme Theory)

ทฤษฎีนี้เชื่อว่าโครงสร้างภายในความรู้ของมนุษย์นั้นมีลักษณะที่เชื่อมโยงกันเป็นกลุ่มหรือโนนด (Node) การที่มนุษย์จะเรียนรู้อะไรใหม่ ๆ นั้นจะเป็นการนำความรู้ใหม่ ๆ ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่มีอยู่ นอกจากรูปแบบทฤษฎีนี้ยังเชื่อเกี่ยวกับความสำคัญของการรับรู้โดยเชื่อว่าไม่มีการเรียนรู้ได้เกิดขึ้น โดยปราศจากการรับรู้ การรับรู้จะเป็นการสร้างความหมายโดยการถ่ายโอนความรู้ใหม่เข้ากับความรู้เดิม นอกจากรูปแบบโครงสร้างความรู้ยังช่วยในการระลึก (Recall) ถึงสิ่งต่าง ๆ ที่เราเคยเรียนรู้มาอีกด้วย

การนำทฤษฎีโครงสร้างความรู้มาประยุกต์ใช้ในการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จะส่งผลให้ลักษณะการนำเสนอเนื้อหาที่มีการเชื่อมโยงกันไปมาด้วยไแมงมุน (Webs) หรือบทเรียนในลักษณะที่เรียกว่า บทเรียนแบบสื่อหลายมิติ (Hypermedia)

ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยบทเรียนออนไลน์หรือบทเรียนจึงน่าเอาระบบที่มีลักษณะต่าง ๆ มาสมมัสานกัน เพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะของผู้เรียนและโครงสร้างของรายวิชา ทั้งนี้เพื่อให้ได้สื่อออนไลน์ที่มีประสิทธิภาพตอบสนองต่อวิธีการเรียนรู้ที่แตกต่าง

กันของผู้เรียน โดยคำนึงถึงการเสริมแรง การสร้างความน่าสนใจ ความแตกต่างระหว่างบุคคล และการเชื่อมโยงความรู้กับความรู้ใหม่

### 2.3 หลักการออกแบบบทเรียนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

2.3.1 ให้แรงจูงใจแก่ผู้เรียน (Motivating the Learner) มีการใช้การออกแบบ บทเรียนโดยการวาง Layout ที่น่าสนใจและการใส่ภาพกราฟิกที่สวยงามการเลือกใช้สีที่ไม่น่าเกินไป โดยอาจมีการใช้ภาพเคลื่อนไหวประกอบน้ำเงิน แต่ข้อควรระวังคือไม่ใช้มากจนเป็นที่รำคาญสายตาของผู้เรียน การใช้คำตามน้ำก่อนเข้าสู่บทเรียน เพื่อความน่าติดตามและจูงใจให้ผู้เรียนอยากร่วม 참여

2.3.2 การบอกให้ผู้เรียนทราบว่าจะได้เรียนรู้อะไรบ้าง (Specifying What is to be Learned) หรือทำกิจกรรมอะไรบ้างหลังจากเรียนจบแล้ว โดยบอกในลักษณะของจุดประสงค์ เชิงพฤติกรรมปัญหาอย่างหนึ่งในการเรียนบนเว็บคือ ถ้ามีลิงค์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องไปยังหน้าเว็บ อื่น ๆ จำนวนมากและผู้เรียนเข้าไปยังเว็บเหล่านั้นจนหลงจากเป้าหมายเราระแก้ไขโดยการทำลิงค์ที่เกี่ยวข้องในบทเรียนของเราเฉพาะที่จำเป็นจริง ๆ เท่านั้น เพื่อป้องกันปัญหาการหลงทาง

2.3.3 การเชื่อมโยงความรู้เก่ากับความรู้ใหม่ (Reminding Learners of Past Knowledge) นักวิทยาศาสตร์ Cognitive มีความเชื่อว่าผู้เรียนสามารถจำข้อมูลต่าง ๆ ได้ง่าย และนานยิ่งขึ้นถ้าสามารถนำเสนอเนื้อหาโดยการเชื่อมโยงความรู้เก่า ๆ กับความรู้ใหม่อย่างมีความหมาย

2.3.4 การนำเสนอเนื้อหาใหม่ (Providing New Information) จำเป็นต้องออกแบบ อย่างรอบคอบ โดยพิจารณาจากคุณลักษณะที่ว่าไปของเร็ว ใช้ตัวผู้เรียนเอง

2.3.5 สร้างความกระตือรือร้นของผู้เรียน (Need Action Participation) ในการเรียน การสอนบนเว็บทำให้ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้นระหว่างเรียน (Active learner) โดยการให้ผู้เรียนทำกิจกรรมอย่าง地道หนึ่งระหว่างเรียนหรือจบบทเรียน เช่น มีการทำแบบฝึกหัด ในแต่ละหน่วย ให้นักเรียนทำบทสรุป วิจารณ์ นำเสนอแผ่นมุมมองของตนเอง

2.3.6 การให้ข้อเสนอแนะและข้อมูลย้อนกลับ (Offering guidance and Feedback) เราสามารถให้คำแนะนำและการตอบกลับโดยใช้การตั้งกระทู้ในหน้าเว็บหรืออีเมล์ก็ได้

2.3.7 การทดสอบ (Testing) สิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งคือการทดสอบว่าผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายหรือไม่

2.3.8 ให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมหรือการซ่อนเสริม (Supplying Enrichment or Remediation) โดยการทำลิงค์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาบทเรียนที่ผู้เรียนต้องการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

ส่วนการให้ข้อมูลซ่อมเสริมกีฬาสามารถทำได้ เช่น กัน โดยการสร้างขึ้นเองหรือการลิงค์ไปยัง เว็บไซต์ที่มีเนื้อหาไม่ซับซ้อนจนเกินไปสำหรับผู้ที่เรียนอ่อน

สรุปหลักการออกแบบที่ดีนั้นจำเป็นต้องคำนึงถึงผู้เรียนเป็นหลัก เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ โดยการนำคำาถามให้นักเรียนหาคำตอบ แข่งขันประสิทธิภาพเรียนให้ดีเด่น นักเรียนปฏิบัติได้ มีการนำเสนอเนื้อหาใหม่ ๆ เชื่อมโยงกับความรู้เดิม กระตุ้นให้นักเรียนทำ กิจกรรมทุกอย่างจนครบในบทเรียนและทราบผลทันที มีการทดสอบผลหลังจากเรียนครบ บทเรียนเพื่อประเมินสิ่งที่นักเรียนได้รับ

#### 2.4 องค์ประกอบของบทเรียนออนไลน์ (E-learning)

องค์ประกอบของบทเรียนออนไลน์ (E-learning) ประกอบด้วย

2.4.1 เนื้อหา (Content) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดสำหรับ E-learning เพราะเป็นส่วนที่ผู้สอนจะต้องเป็นผู้สอนและเพิ่มพูนความรู้ให้แก่ผู้เรียน เนื้อหาที่ดีสามารถทำให้ผู้เรียนเรียนได้อย่างเพลิดเพลิน เข้าใจและบรรลุวัตถุประสงค์ของหลักสูตรได้ เนื้อหาดังกล่าวจะประกอบไปด้วยหน้าเว็บต่าง ๆ ดังนี้

1) โฆษณาเป็นหน้าแรกของเว็บ บทเรียนส่วนใหญ่หน้าแรกจะมีการออกแบบสวยงามทำให้น่าสนใจและน่าติดตาม

2) เว็บเพจหน้าประกาศต่าง ๆ เป็นประกาศกำหนดการเรียนข้อตกลงต่าง ๆ ระหว่างผู้สอนกับผู้เรียนรวมทั้งข่าวสารต่าง ๆ

3) เว็บเพจหน้าแสดงชื่อรายวิชา จะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับรายละเอียดของเนื้อหาวิชา บอกวัตถุประสงค์ ผู้สอนจะทำการเชื่อมโยง (Link) ไปยังเว็บอื่นให้ผู้เรียนตามปัญหา และเปลี่ยนความคิดเห็น หรือมีการเชื่อมโยงไปยังคลิปวีดีโอ หรือไฟล์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิชาที่เรียน และมีการตั้งคำถามให้ผู้เรียนตอบและการทดสอบความรู้ย่อย โดยอาจจะให้ผู้เรียนสั่งค่าตอบให้ผู้สอนทางคอมพิวเตอร์

4) เว็บเพจตอบปัญหา ผู้สอนจะกระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งปัญหาส่งมาให้ผู้สอนทางอีเมล ผู้สอนจะตอบปัญหาทางคอมพิวเตอร์เพื่อให้ผู้เรียนคนอื่น ๆ ได้อ่านด้วย (มนตรี ดวงจิโน. 2544 : 39-44) และผู้เรียนคนอื่นยังสามารถแสดงความคิดเห็นอื่น ๆ ได้ถ้าหน้าเพจนั้นถูกออกแบบให้เป็นกระดาษขาว (Web Board)

5) เว็บเพจห้องเรียนเป็นหน้าเพจนำเสนอบทเรียนที่ผู้สอนจัดทำไว้สำหรับผู้เรียน ในที่นี้จะรวมทั้งเนื้อหาที่เป็นตัวยักษ์ ภาพ วีดีโอที่ค้นรวมทั้งสื่อประสมอื่น ๆ ที่ออกแบบมาเพื่อใช้กับบทเรียน

2.4.2 ระบบบริหารจัดการรายวิชา (Course/Contents Management System-CMS และ Learning Management System-LMS) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบที่รวมเครื่องมือออกแบบ ไว้เพื่อความสะดวกแก่ผู้ใช้ ในการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ ผู้ใช้แบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ ผู้สอน ผู้เรียนและผู้บริหารระบบเครือข่าย ระบบนี้จะช่วยผู้สอนที่ไม่คุ้นเคยกับเทคโนโลยี สามารถใช้ได้ โดยไม่จำเป็นที่จะต้องรู้จักภาษา HTML หรือ Java และยังสามารถช่วยผู้สอน ในการนำเนื้อหา จัดเก็บเนื้อหาทำการป้อนข้อมูลผ่านเว็บเพื่อเข้าสู่ระบบฐานข้อมูล ได้ง่ายขึ้น และสามารถเรียกข้อมูลออกมาแก้ไขได้อย่างสะดวก (อนอมพร เลาหรัตน์แสง. 2545 : 37-73)

2.4.3 การทดสอบและการประเมินผลในการทดสอบออนไลน์ ระบบของ CMS มีเครื่องมือในการสร้างแบบทดสอบ สามารถกำหนดคะแนนได้ว่าจะสร้างกี่ข้อการคิดคะแนน ผู้สอนสามารถกำหนดลักษณะของแบบทดสอบได้ เช่น ลักษณะถูกผิด แบบปรนัย จับคู่ (ลาก แล้ววาง) การสั่งซื้อความเพื่อช่วยตรวจ CMS จะช่วยให้ผู้สอนสามารถที่จะจัดทำข้อสอบใน ลักษณะคล้ายข้อสอบ ไว้เพื่อการเลือกกลับมาใช้ใหม่หรือนำมาปรับปรุงแก้ไข ได้อย่างสะดวก นอกจากนี้ระบบยังสามารถช่วยผู้สอนคำนวณตัวเกรดคิดคะแนน รวมทั้งสามารถเดือกด้วย ประเมินผลผู้เรียนในลักษณะต่าง ๆ เช่น อิงค์ถั่ม อิงเกลท์หรือใช้สถิติในการคำนวณค่าเฉลี่ย ค่า T-Score รวมทั้งการแสดงผลในรูปกราฟ (อนอมพร เลาหรัตน์แสง. 2545 : 39-40)

2.4.4 โหมดการติดต่อสื่อสาร (Mode of Communications) เป็นองค์ประกอบ หนึ่งที่จัดการให้ผู้เรียนกับผู้เรียน ผู้เรียนกับผู้สอนสามารถติดต่อกันได้

สรุปองค์ประกอบของบทเรียนออนไลน์ที่สำคัญต้องมีทั้ง 4 อย่าง คือ เนื้อหา ต้องครอบคลุมชุดประสงค์ ระบบบริหารจัดการต้องพร้อมสามารถเข้าถึงได้ง่าย มีแบบทดสอบ ระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนเพื่อประเมินผลการเรียนของผู้เรียน มีโหมดการติดต่อ สื่อสาร ได้หลายช่องทางเพื่อແລກเปลี่ยนความคิดเห็นกัน

## 2.5 การประเมินคุณภาพตัวสื่อมัลติมีเดีย

ในการประเมินคุณภาพตัวสื่อมัลติมีเดียต้องกำหนดตัวบ่งชี้ เกณฑ์และมาตรฐานที่ เหมาะสมกับสื่อมัลติมีเดียและการกำหนดประเด็นของค่าประกอบหรือหัวข้อการประเมินจะต้อง พิจารณาจากส่วนสำคัญ 3 ส่วน ได้แก่ คุณภาพด้านการออกแบบการสอน การออกแบบ หน้าจอและการใช้งาน ดังนี้

2.5.1 การออกแบบการสอน บทเรียนที่ดีจะชูให้ผู้เรียนหรือให้ความรู้แก่ผู้เรียน ตามวัตถุประสงค์ของการเรียนจะต้องประกอบด้วยส่วนสำคัญดังต่อไปนี้ (บุปพชาติ พพิกรณ์ และคณะ. 2544 : 157-163)

1) วัตถุประสงค์การเรียนเป็นตัวบอกให้ทราบว่าเมื่อผู้เรียนศึกษาบทเรียนจะพบผู้เรียนจะได้ความรู้อะไรบ้าง นอกจากรู้สิ่งที่ยังไม่รู้แล้ว ผู้สอนต้องสอนให้ผู้เรียนสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน ที่เหมาะสมเดือดวิธีการนำเสนอและยังช่วยให้ผู้สอนตัดสินใจได้ว่าบทเรียนลักษณะใดเหมาะสมกับผู้เรียน

2) เนื้อหาถูกต้องตามหลักวิชาและหลักการใช้ภาษา

3) ความเหมาะสมกับความรู้ความสามารถของผู้เรียน ผู้สอนจะต้องพิจารณา ว่ามีความเหมาะสมกับระดับความรู้ อายุ ทักษะ ความสามารถของผู้เรียน มีความเหมาะสมในด้านภาษาและช่วงเวลาที่ใช้ศึกษาหรือไม่

4) ปฏิสัมพันธ์ต้องเหมาะสม เช่น ข้อมูลที่ผู้เรียนแก้ไขความผิดพลาดที่มาจากการพิมพ์ได้ ให้ผู้เรียนได้โต้ตอบและรับข้อมูลป้อนกลับได้ มีการเตรียมแรงที่เหมาะสมเพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนอย่างมีความสุข ผู้เรียนสามารถแบ่งขั้นกับคะแนนของตนเองกับคะแนนของเพื่อนได้

5) ปรับใช้ตามความต้องการของผู้เรียน บทเรียนบางบทเรียนจะให้ผู้เรียนเลือกระดับความยากง่ายของบทเรียน ได้ตามต้องการ และอาจมีส่วนที่ผู้สร้างบทเรียนสร้างให้มีการเก็บบันทึกและเก็บข้อมูลเห็นของผู้เรียนเมื่อเรียนจบแล้ว

6) การนำเสนอเนื้อหาที่น่าสนใจจะช่วยให้ผู้เรียนไม่เกิดความเบื่อหน่ายการจัด วางแผนของข้อความ ขนาดของตัวอักษร ความกระทัดรัด มีเสียงประกอบอย่างเหมาะสมจะช่วยให้บทเรียนน่าสนใจอยู่ตลอดเวลา

7) การประเมินความสามารถผู้เรียน คำตามที่เหมาะสมจะช่วยให้มีการประเมินที่เหมาะสมลักษณะคำถามที่มีในบทเรียนควรเป็นคำถามที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ประเมิน ไม่ว่ากวนและกำกวน ประเมินคำตอบได้ทุกแบบ ไม่ทำให้ผู้เรียนเกิดความพวย旺กับขั้นตอนหรือ กับการหาคำตอบที่ถูกต้อง

ในการประเมินคุณภาพการออกแบบการสอนใช้เครื่องมือ เช่น แบบสอบถาม แบบทดสอบ ข้อเขียนปรนัย อัตนัย แบบทดสอบภาคปฏิบัติ เป็นต้น

2.5.2 การออกแบบหน้าจอจะประเมินองค์ประกอบด้านข้อความ ภาพและกราฟิก เสียงและการควบคุมหน้าจอว่าได้คุณภาพอยู่ในระดับใด

1) การประเมินข้อความเป็นส่วนสำคัญของการออกแบบสื่อมัลติมีเดียให้ดู น่าสนใจ องค์ประกอบด้านข้อความประกอบด้วยส่วนย่อย ๆ หลายส่วน ได้แก่ รูปแบบต้อง อ่านง่าย ขนาดตัวอักษรต้องเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน ความหนาแน่นของตัวอักษรและ

องค์ประกอบอื่นบนหน้าจอมีขนาดปานกลางหรือเหมาะสมกับลักษณะเนื้อหาวิชา สีของพื้นหลังและสีของข้อความจะต้องเข้าคู่อย่างเหมาะสม ให้ผู้เรียนอ่านง่ายและสนับสนุน เป็นต้น

### 2) การประเมินภาพและกราฟิก ภาพที่ใช้ประกอบมีตั้งแต่ภาพนิ่งไปจนถึง

ภาพเคลื่อนไหว สื่อมัลติมีเดียจะต้องได้รับการประเมินว่าการใช้ภาพหรือกราฟิกต้องมีความชัดเจน ดูง่าย น่าสนใจ มีความหมายและมีขนาดพอเหมาะสมกับหน้าจอ สอดคล้องกับข้อมูลที่นำเสนอ เช่น ภาพที่มีความหมาย เนื้อหาและวัยของผู้เรียน การเสนอภาพต้องเป็นระเบียบ มีลำดับขั้นและดูง่าย ไม่ควรใช้ภาพจำนวนมาก ภาพ ๆ หนึ่งควรใช้เพื่อเสนอแนวคิดหลักแนวเดียว

### 3) การประเมินเสียง เสียงที่ใช้ประกอบบทเรียนทั่วไปจะเป็นเสียงที่พูดบรรยาย

และเติบโตประกอบซึ่งรวมเสียงคนตระหนักรู้ หลักเกณฑ์การพิจารณาการใช้เสียงที่เหมาะสมควรพิจารณาจากคุณภาพเสียงและการออกแบบเสียง ซึ่งได้แก่

#### 3.1) คุณภาพเสียง เสียงที่ใช้ประกอบไม่ว่าจะเป็นเสียงพูด เสียงบรรยายหรือ

เสียงดนตรีจะต้องมีความชัดเจนและถูกต้อง

#### 3.2) การออกแบบเสียงประเมินในเรื่องความเหมาะสมกับเนื้อร้องและระดับ

ของผู้เรียน ความเหมาะสมกับเวลาและโอกาส ความยาวของเสียงสอดคล้องกับระดับการแสดงภาพ การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถเลือกที่จะฟังหรือไม่ฟังและปรับระดับความดังของเสียง

#### 4) การประเมินการควบคุมหน้าจอเกี่ยวกับการประเมินในส่วนที่เป็นเมนู

หรือหน้าโภมเพลในเว็บว่า

##### 4.1) มีการกำหนดเส้นทางเดินและการใช้งานที่ง่าย สะดวกและคงเส้นคงวา

ไม่สร้างความยุ่งยากและสับสนให้กับผู้เรียน มีความเป็นมิตรกับผู้เรียน แม้ผู้เรียนจะเลือกคำสั่งที่ไม่ถูกต้องก็ไม่ทำให้โปรแกรมหยุดทำงาน

##### 4.2) ผู้เรียนมีความสะดวกในการใช้เมนู กีบบอร์ดหรือส่วนประกอบอื่น ๆ

หรือมีคำสั่งที่ให้ผู้เรียนสามารถข้ามบางขั้นตอนได้ หากผู้เรียนเข้าใจเนื้อหานั้น ๆ แล้ว

##### 4.3) ผู้เรียนสามารถควบคุมอัตราการแสดงผลทางหน้าจอ จัดลำดับของ

บทเรียน เลือกบทเรียนที่ต้องการ เลือกที่จะข้อนไปคุ้นหูกับผู้เรียนมา เลือกแบบการแสดงผลได้

##### 4.4) การออกแบบเส้นทางเดินของบทเรียนและปุ่มควบคุมหน้าจอมีความ

สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนและหลักการออกแบบสื่อที่ทำให้เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

เครื่องมือที่ใช้ประเมินคุณภาพการออกแบบหน้าจอ เช่น แบบสังเกตทั้งแบบตรวจสอบรายการ แบบมาตรฐานส่วนประเมินค่า แบบสอบถามความคิดเห็น ความพึงพอใจ

#### 2.5.3 การประเมินการใช้งานพิจารณาลักษณะสำคัญดังต่อไปนี้

### 1) การนำໄມ້ໄປງານ

- 1.1) บทเรียนง่ายและสะดวกต่อการนำไปใช้
  - 1.2) บทเรียนไม่มีข้อผิดพลาดและสามารถทำงานได้โดยไม่มีการสังคุณ
  - 1.3) เครื่องต้องไม่มีการหยุดเป็นระยะ ๆ
  - 1.4) คำสั่งหรือรายละเอียดต่าง ๆ ในโปรแกรมผู้ใช้สามารถอ่านหรือทำความ

เข้าใจได้ง่ายและมีความหมายสมกับผู้ใช้งาน

- 1.5) ผู้เรียนไม่จำเป็นต้องใช้คู่มืออยู่ตลอดเวลา
  - 1.6) ไม่มีการเปลี่ยนแยกเพศ เข้าชั้น
  - 1.7) ไม่ต้องให้ผู้สอนช่วยเหลืออยู่ตลอดเวลา

## 2) កំណើនគរ

- 2.1) มีคุณลักษณะมีเครื่องมือที่จำเป็นหรืออุปกรณ์ประกอบ
  - 2.2) มีคำแนะนำการทำแผนการสอน
  - 2.3) มีการแนะนำและจัดเครื่องมือทางการศึกษาอื่น ๆ
  - 2.4) มีการแนะนำการขัดกลืนผู้เรียน
  - 2.5) คุณลักษณะมีการระบุไว้ว่าผู้เรียนจะต้องมีทักษะใดมาก่อนเพื่อให้

ผู้สอนได้เตรียมทักษะที่จำเป็นนั้นให้แก่ผู้เรียนก่อนการใช้บทเรียน

### 3) เอกสารประกอบการใช้งาน

- 3.1) มีเอกสารให้อ่านประกอบและเขียนไว้อ่านชัดเจนเกี่ยวกับการใช้งาน  
3.2) มีการสรุปการใช้บทเรียนไว้อ่านชัดเจนและเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้  
รึองมือที่ใช้ประเมินคุณภาพการใช้งาน เช่น แบบสอบถามความคิดเห็น

## แบบสังเกต แบบต้มภายนอก

## 2.6 การนำบทเรียนออนไลน์ไปใช้

ตอนมพร เลขาธรัศแสง กล่าวว่าการนำบทเรียนออนไลน์ไปใช้ประกอบการเรียน การสอนทำได้ใน 3 ลักษณะ ดังนี้

2.6.1 สื่อเสริม (Supplementary) หมายถึงการนำทรัพยากร่องออนไลน์ไปใช้เป็นสื่อเสริม กล่าวคือนักเรียนสามารถนำสื่อเสริมที่ได้จากการสอนของครูในห้องเรียนมาประกอบการเรียนของตัวเองได้ ผู้เรียนยังสามารถศึกษาเนื้อหาเดียวกันนี้จากแหล่งอื่น ๆ เช่น จากเอกสารประกอบการสอนจากวิชานั้น ๆ ฯลฯ การใช้สื่อเสริมออนไลน์ในลักษณะนี้ท่ากับว่าผู้สอนเพียงต้องการจัดทำทางเลือกใหม่ให้กับนักเรียน หนึ่งสำหรับผู้เรียนในการเข้าถึงเนื้อหาเพื่อให้ประสบการณ์พิเศษเพิ่มเติมแก่ผู้เรียนเท่านั้น

2.6.2 สื่อเพิ่มเติม (Complementary) หมายถึงการนำบทเรียนออนไลน์ไปใช้เพิ่มเติมจากวิธีการสอนในลักษณะอื่น ๆ นอกจากการบรรยายในห้องเรียนแล้วผู้สอนยังออกแบบเนื้อหาให้ผู้เรียนเข้าไปศึกษาเพิ่มเติมจากบทเรียนออนไลน์ ได้แก่ ให้ผู้เรียนศึกษาเนื้อหาจากบทเรียนออนไลน์เพื่อวัดคุณประสพสกัดวัดคุณประสพสกัดหนึ่ง เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะของผู้เรียน ซึ่งยังต้องการคำแนะนำจากครูผู้สอน รวมทั้งการที่ผู้เรียนส่วนใหญ่ยังขาดการปฏิบัติให้มีความฝรั่งโดยธรรมชาติ

2.6.3 สื่อหลัก (Comprehensive Replacement) หมายถึงการนำบทเรียนออนไลน์ไปใช้แทนที่การบรรยายในห้องเรียนผู้เรียนจะต้องศึกษานៅห้องเรียนด้วยตนเอง ปัจจุบันบทเรียนออนไลน์ส่วนใหญ่ในต่างประเทศจะได้รับการพัฒนาขึ้น เพื่อวัดคุณประสพสกัดในการใช้เป็นสื่อหลักแทนครูเพื่อสอนทางไกล ด้วยแนวคิดที่ว่ามัลติมีเดียที่นำเสนอทางบทเรียนออนไลน์สามารถช่วยในการถ่ายทอดเนื้อหาได้ใกล้เคียงกับการสอนจริงของครูผู้สอน

สรุปบทเรียนออนไลน์ที่สร้างขึ้นใช้เป็นสื่อหลักในการเรียนรู้เรื่องสมุดเคลมี ซึ่งผู้เรียนจะต้องเข้าศึกษานៅห้องเรียนด้วยตนเองพร้อมทำกิจกรรมครบถ้วนเนื้อหาด้วยตนเอง ครูเป็นผู้ดูแลและกระตุ้นนักเรียนให้เรียนรู้จนครบกระบวนการ และเปลี่ยนเรียนรู้พร้อมตอบข้อสงสัยกับนักเรียนผ่านช่องทางการสื่อสาร

## 2.7 ข้อดี ข้อเสียและข้อคำนึงในการเรียนการสอนออนไลน์

### 2.7.1 ข้อดี

- 1) เอื้ออำนวยให้การติดต่อสื่อสารที่รวดเร็วไม่จำกัดเวลาสถานที่รวมทั้งบุคคล
- 2) ผู้เรียนและผู้สอนไม่ต้องเรียนและสอนในเวลาเดียวกัน
- 3) ผู้เรียนและผู้สอนไม่ต้องมาพบกันในห้องเรียน
- 4) ตอบสนองความต้องการของผู้เรียนและผู้สอนที่ไม่พร้อมด้านเวลา ระยะทาง

ในการเรียนได้เป็นอย่างดี

- 5) ผู้เรียนที่ไม่มีความมั่นใจลักษณะตอบคำถามมีความกล้ามากกว่าเดิมเนื่องจากไม่ต้องแสดงตนต่อหน้าผู้สอนและเพื่อนร่วมชั้น สามารถแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ

### 2.7.2 ข้อเสีย

- 1) ไม่สามารถรับรู้ความรู้สึก ปฏิกิริยาที่แท้จริงของผู้เรียนและผู้สอน
- 2) ไม่สามารถสื่อความรู้สึก อารมณ์ในการเรียนรู้ได้อย่างแท้จริง
- 3) ผู้เรียนและผู้สอนจะต้องมีความพร้อมในการใช้คอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ตทั้งด้านอุปกรณ์ ทักษะการใช้งาน

4) ผู้เรียนบางคนไม่สามารถศึกษาด้วยตนเองได้

### 2.7.3 ข้อคำนึง

1) ความพร้อมของอุปกรณ์และระบบเครือข่าย ด้วยการเรียนการสอนผ่านเว็บ จำเป็นต้องมีเครื่องมือ อุปกรณ์และระบบเครือข่ายที่พร้อมและสมบูรณ์ เพื่อให้ได้บทเรียนที่มีคุณภาพและทันต่อความต้องการเรียน ผู้เรียนสามารถเลือกเวลาเรียนได้ทุกเวลาราตอนที่ต้องการ

2) ทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ต ผู้เรียนและผู้สอนต้องมีความรู้ และทักษะทั้งด้านคอมพิวเตอร์และเครือข่ายอินเทอร์เน็ตพอสมควร โดยเฉพาะผู้สอนจำเป็นต้องมีทักษะอื่น ๆ ประกอบ เพื่อสร้างเว็บไซต์การสอนที่น่าสนใจให้กับผู้เรียน

3) ความพร้อมของผู้เรียน ผู้เรียนจะต้องมีความพร้อมทั้งทางจิตใจและความรู้ คือ มีความกระตือรือร้น ตื่นตัว ใฝ่รู้ มีความรับผิดชอบ กล้าแสดงความคิดเห็นและศึกษาความรู้ใหม่ ๆ

4) ผู้สอนจะต้องเปลี่ยนบทบาทจากผู้แนะนำมาเป็นผู้อำนวยความสะดวกยึด ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง กระตุนให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากรเหมือน เตรียมเนื้อหาและแหล่งค้นคว้าที่มีคุณภาพ

5) เนื้อหาบทเรียนจะต้องเหมาะสมกับผู้เรียนให้มากกถ้วนที่สุด ผู้เรียนแต่ละคนกู้่ม เลือกเรียนได้ด้วยตนเอง มีกิจกรรมวัดถูกประสิทธิภาพที่ชัดเจน เลือกใช้สื่อการสอน การดำเนินเนื้อหา ไม่ซับซ้อนไม่ก่อให้เกิดความสับสน ระบุแหล่งค้นคว้าอื่น ๆ ที่เหมาะสม

สรุปบทเรียนออนไลน์อำนวยความสะดวกในเรื่องสถานที่และเวลา ตอบสนองความต้องการของบุคคลและการติดต่อสื่อสารกัน แต่ก็มีข้อเสียและข้อควรคำนึงคือครูไม่สามารถรับรู้ความรู้สึกที่แท้จริงของผู้เรียน ผู้เรียนที่ไม่มีทักษะการใช้คอมพิวเตอร์จะไม่สามารถเรียนได้ ครุจึงต้องเตรียมความพร้อมทั้งอุปกรณ์ และทักษะแก่ผู้เรียนให้พร้อมก่อนนำบทเรียนไปใช้

## 2.8 การหาประสิทธิภาพตัวสื่อมัลติมีเดีย

บุญพชาติ พัทธิกรณ์ และคณะ (2544 : 162-163) การหาประสิทธิภาพตัวสื่อมัลติมีเดียจะช่วยให้ผู้ใช้สื่อมีความมั่นใจว่าจะเกิดประโยชน์ต่อผู้เรียนจริงเมื่อใช้สื่อนั้นแล้ว การหาประสิทธิภาพ (E) หาจากอัตราส่วนของประสิทธิภาพของกิจกรรมหรืองานที่ได้รับมอบหมาย ( $E_1$ ) ต่อประสิทธิภาพของผลลัพธ์โดยพิจารณาจากผลการสอน ( $E_2$ ) หรือ  $E = E_1 : E_2$

$E_1$  หมายถึง การประเมินพฤติกรรมต่อเนื่องของการทำกิจกรรมหรือความรู้ที่เกิดขึ้นระหว่างการเรียนที่ได้รับมอบหมาย

$E_2$  หมายถึง การประเมินพฤติกรรมขั้นสุดท้ายโดยพิจารณาจากคะแนนสอบหลังการใช้แบบเรียน

$$E_1 \text{ หาได้จาก } \frac{\sum X}{N} \times 100$$

—

A

เมื่อ  $\sum X$  แทน คะแนนรวมของแบบฝึกหัดของผู้เรียนแต่ละคนในกิจกรรมที่ผู้เรียนได้รับมอบหมาย

A แทน ผลรวมของคะแนนเต็มของแบบฝึกหัดทุกชิ้น

N แทน จำนวนผู้เรียน

$$E_2 \text{ หาได้จาก } \frac{\sum X}{N} \times 100$$

—

B

เมื่อ  $\sum F$  แทน คะแนนรวมของผลลัพธ์หลังเรียน

B แทน คะแนนเต็มของการสอบหลังเรียน

N แทน จำนวนผู้เรียน

ระดับประสิทธิภาพจะช่วยให้ผู้เรียนได้รับความรู้จากการใช้สื่อถึงระดับที่ผู้สร้าง

ตั้งใจหรือเรียกว่า มีเกณฑ์ประสิทธิภาพ การกำหนด  $E_1:E_2$  ให้มีค่าเท่ากันนี้ ผู้สร้างเป็นผู้พิจารณาตามความเหมาะสม โดยปกติวิชาประเภทเนื้อหาบังคับกำหนดเป็น 80:80 ถึง 90:90 ส่วนวิชาประเภททักษะจะกำหนดเป็น 75:75 แต่ไม่ควรตั้งเกณฑ์ไว้ต่ำ เพราะตั้งไว้ไม่เท่ากันจะได้ผลเท่านั้น ประสิทธิภาพของสื่อและเทคโนโลยีการเรียนการสอนจะมาจากการผลลัพธ์ของการกำหนด  $E_1$  และ  $E_2$  เป็นตัวเลขตัวแรกและตัวหลังตามลำดับ ถ้าตัวเลขเข้าใกล้ 100 มากเท่าไร ยิ่งถือว่ามีประสิทธิภาพมากขึ้น เป็นเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาการรับรองประสิทธิภาพของสื่อการเรียนการสอน

สรุปในการหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยบทเรียนออนไลน์ เรื่อง สมดุลเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ ใช้เกณฑ์ ( $E_1:E_2$ ) เท่ากับ 80:80

### 3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

#### 3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คุณลักษณะรวมถึง ความรู้ ความสามารถของบุคคลอันเป็นผลมาจากการเรียนการสอนหรือมีความสามารถที่บุคคลได้รับจากการเรียนการสอนทำให้บุคคลเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านต่าง ๆ ของสมรรถภาพทางสมอง ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อเป็นการตรวจสอบระดับความสามารถสมองของบุคคล เรียนแล้วรู้อะไรบ้าง และมีความสามารถด้านใดมากน้อยเท่าไรตลอดจนผลที่เกิดขึ้นจากการเรียนการสอน การฝึกฝน หรือประสบการณ์ต่าง ๆ ทั้งที่โรงเรียน ที่บ้านและสังคมอื่น ๆ รวมทั้งความรู้สึก ค่านิยม จริยธรรมต่าง ๆ ก็เป็นผลมาจากการฝึกฝนด้วย

### 3.2 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

#### 3.2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Achievement Test) หมายถึง แบบทดสอบที่วัดสมรรถภาพสมองด้านต่าง ๆ ที่นักเรียนได้รับการเรียนรู้ผ่านมาแล้วว่ามีอยู่เท่าใด แบบทดสอบประเภทนี้มี 2 ชนิด คือ (สมนึก ก้าททิยชัย. 2555 : 63) แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น (Teacher Made Test) และแบบทดสอบมาตรฐาน (Standardized Test)

1) แบบทดสอบแบบเลือกตอบ (Multiple Choice Test) โดยทั่วไป

ประกอบด้วย 2 ตอน คือ ตอนนำหรือคำาณ (Stem) กับตอนเลือก (Choice) ในตอนเลือกนี้จะประกอบด้วยตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกและตัวเลือกที่เป็นตัวลง

1.1) หลักในการสร้างแบบทดสอบ

1.1.1) เทียนตอนนำให้เป็นประโยชน์คำาณสมบูรณ์อาจใส่เครื่องหมายปริศนา (?) แต่ไม่ควรสร้างตอนนำให้เป็นแบบอ่านต่อคำาณ เพราะทำให้คำาณไม่กระชับ สับสน

1.1.2) เน้นเรื่องจะถามให้มีชัดเจนและตรงจุดไม่คุณเครือ เพื่อผู้อ่านจะไม่ให้คำาณนั้น แต่คำาณนี้จะช้อนไม่ควรใช้อ่านยังไง

ไขว่ใจ

1.1.3) คำาณในเรื่องที่มีคุณค่าต่อการวัดหรือตามในสิ่งที่ดีงามมีประโยชน์

1.1.4) หลักเดียงคำาณปฏิเสธถ้าจำเป็นต้องใช้กีการพิมพ์ตัวหนาหรือปีกเส้น

ให้คำาณนี้ แต่คำาณนี้จะช้อนไม่ควรใช้อ่านยังไง

1.1.5) อย่าใช้คำาณเพื่อย

1.1.6) เทียนตัวเลือกให้เป็นเอกพันธ์หมายถึงเทียนตัวเลือกทุกตัวเป็นเดียวกัน ได้ลักษณะหนึ่งหรือมีพิเศษแบบเดียวในรูปแบบที่เหมือนกันช่วยให้การใช้ตัวลงมีค่ามากขึ้น

1.1.7) ควรเรียงลำดับตัวเลขในตัวเลือกต่าง ๆ ได้แก่ คำตอบที่เป็นตัวเลข นิยมเรียงจากน้อยไปมาก เพื่อช่วยให้ผู้ตอบพิจารณาหาคำตอบได้สะดวก ไม่หลงและป้องกันการคาดเดาตัวเลือกที่นิ่มค่านาก

1.1.8) ใช้ตัวเลือกปลายเปิดและปลายปิดให้เหมาะสม

1.1.9) ข้อเดียวต้องมีคำตอบเดียว

1.1.10) เขียนทั้งตัวถูกและตัวผิดให้ถูกหรือผิดตามหลักวิชา

1.1.11) เขียนตัวเลือกให้อิสระจากกัน

1.1.12) ควรมีตัวเลือก 4 – 5 ตัว

1.1.13) อย่างແນະคำตอบ

1.2) ข้อดีของข้อสอบแบบเลือกตอบ

1.2.1) มีความเที่ยงตรงสูงพระสามารถเขียนคำ답วัดได้ครอบคลุมทุก

เนื้อหาและทุกพฤติกรรมด้านพุทธศาสนา

1.2.2) ตรวจให้คะแนนง่าย สะดวกรวดเร็วและบุคคลร่วม

1.2.3) สามารถนำมามีเคราะห์และปรับปรุงให้สิ่งขึ้นจนเป็นมาตรฐานได้

1.2.4) ตัดปัญหาเรื่องการอ่านเนื่องจากลายมือผู้ตอบอ่านยาก

1.2.5) สามารถวินิจฉัยข้อบกพร่องหรือความไม่เข้าใจในเนื้อหาได้อย่างเป็นระบบ

1.3) ข้อจำกัดของข้อสอบแบบเลือกตอบ

1.3.1) สิ่งเปลี่ยนค่าใช้จ่ายสูง

1.3.2) ใช้เวลาในการสร้างมาก โดยเฉพาะการเขียนตัวลงให้มีคุณภาพ

1.3.3) ไม่เหมาะสมที่จะวัดความคิดเห็นสร้างสรรค์

1.4) คุณภาพของแบบทดสอบ แบบทดสอบที่ดีควรมีคุณสมบัติ ดังนี้

1.4.1) ความเชื่อมั่น (Reliability) เป็นความคงเส้นคงวาของคะแนนที่ได้จาก

การทดสอบโดยใช้แบบทดสอบนั้นหลาย ๆ ครั้งกับผู้เข้าสอบกลุ่มเดียวกัน ความเชื่อมั่นเป็น

คุณภาพของแบบทดสอบทั้งฉบับมีค่าตั้งแต่ 0 – 1 โดยมีแนวทางในการพิจารณา ดังนี้

ความเชื่อมั่นน้อยกว่า 0.70 หมายความว่าความน่าเชื่อถือค่อนข้างต่ำ

ความเชื่อมั่นมากกว่าหรือเท่ากับ 0.70 หมายความว่าความน่าเชื่อถือยอมรับได้

ความเชื่อมั่นมากกว่าหรือเท่ากับ 0.80 หมายความว่าความน่าเชื่อถือยอมรับได้

ความเชื่อมั่นมากกว่าหรือเท่ากับ 0.90 หมายความว่าความน่าเชื่อถือได้

มาตรฐานระดับสากล

1.4.2) ความเที่ยงตรง (Validity) เป็นความสอดคล้องของแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์ในการวัดคือวัดได้ตรงกับสิ่งที่ต้องการจะวัดความเที่ยงตรงแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ

(1) ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity) หมายถึง คุณสมบัติของแบบทดสอบที่สามารถวัดเนื้อหาวิชาได้ตรงตามที่กำหนดไว้ในหลักสูตร

(2) ความเที่ยงตรงตามเกณฑ์ (Criterion-related Validity) หมายถึง คุณสมบัติของแบบทดสอบที่สามารถนำคะแนนจากการทดสอบนั้นมาใช้ในการพยากรณ์ผลการเรียนได้

(3) ความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง (Construct Validity) หมายถึงคุณสมบัติของแบบทดสอบที่สามารถวัดสมรรถภาพของสมองด้านต่าง ๆ ได้

1.4.3) ความเป็นปรนัย (Objectivity) เป็นคุณสมบัติของแบบทดสอบ 3 ประการ

(1) อ่านแล้วเข้าใจตรงกัน

(2) การตรวจให้คะแนนตรงกัน

(3) การแปลความหมายของคะแนนตรงกัน

1.4.4) ความยาก (Difficulty) หมายถึงสัดส่วนของจำนวนผู้ที่ทำข้อสอบถูกกับจำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด ความยากมีค่าตั้งแต่ 0-1 ใช้สัญลักษณ์  $p$  แทนความยาก โดยมีความหมายดังนี้ ถ้า  $p$  ตั้งแต่ 0.20- 0.80 แสดงว่าข้อสอบมีคุณภาพควรเลือกไว้ใช้ ถ้า  $p$  ตั้งแต่ 0.40- 0.60 แสดงว่าข้อสอบมีความยากปานกลาง ถ้า  $p$  เข้าใกล้ 1.00 แสดงว่าข้อสอบง่ายมาก ถ้า  $p$  เข้าใกล้ 0.00 แสดงว่าข้อสอบยากมาก

1.4.5) อำนาจจำแนก (Discrimination) เป็นประสิทธิภาพของข้อสอบในการจำแนกเด็กเก่งออกจากเด็กอ่อน อำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ -1 ถึง +1 ใช้สัญลักษณ์  $r$  แทน อำนาจจำแนก โดยมีความหมายดังนี้ ถ้า  $r$  ตั้งแต่ 0.20- 0.80 แสดงว่าข้อสอบมีคุณภาพควรเลือกไว้ใช้ ถ้า  $r$  เข้าใกล้ 1.00 แสดงว่าข้อสอบมีอำนาจจำแนกสูง ถ้า  $r$  เข้าใกล้ 0.00 แสดงว่าข้อสอบมีอำนาจจำแนกต่ำ ถ้า  $r$  เป็นลบแสดงว่าจำนวนคนในกลุ่มต่ำตอบข้อนี้ถูกมากกว่าจำนวนคนในกลุ่มสูงซึ่งเป็นข้อสอบที่ใช้ไม่ได้

1.5) คุณสมบัติที่ดีของตัวตีอภิ

1.5.1) ค่าความยากง่ายมีค่าอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80

1.5.2) ค่าอำนาจจำแนกมีค่าเป็นบวกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

1.6) คุณสมบัติที่ดีของตัวหลวง

1.6.1) ต้องมีผู้เลือกตอบไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 และควรเลือกตอบน้อยกว่าตัวเลือก

1.6.2) ค่าอำนาจจำแนกต้องมีค่าเป็นลบ

สรุปการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กือการวัดความรู้ความสามารถ และทักษะของผู้เรียนโดยใช้แบบทดสอบชนิดต่าง ๆ ตามความเหมาะสม ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ วัดพฤติกรรม 3 ระดับ กือความรู้-ความจำ ความเข้าใจและการนำไปใช้

#### 4. ความพึงพอใจในการเรียน

##### 4.1 ความหมายของความพึงพอใจ

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน (2542 : 775) ได้ให้ความหมายของความพึงพอใจ หมายถึง พอยใจ ชอบใจ

สุภากัลย์ ชัยอนันต์ (2540 : 17) ได้ให้ความหมายของความพึงพอใจ ไว้ว่าความพึงพอใจเป็นความรู้สึกส่วนตัวที่รู้สึกเป็นสุขหรืออินดีที่ได้รับการตอบสนองความต้องการในสิ่งที่ขาดหายไปหรือสิ่งที่ทำให้เกิดความไม่สมดุล ความพึงพอใจเป็นสิ่งที่กำหนดพฤติกรรมที่จะแสดงออกของบุคคล ซึ่งมีผลต่อการเลือกที่จะปฏิบัติในกิจกรรมใด ๆ นั้น

อุทัยพรรดา ฉุดใจ (2545 : 7) ความพึงพอใจหมายถึงความรู้สึกหรือทัศนคติของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง โดยอาจจะเป็นไปในเชิงประเมินค่าว่าความรู้สึกหรือทัศนคติต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใดนั้นเป็นไปในทางบวกหรือทางลบ

Wolman (1973) ได้ให้คำจำกัดความของความพึงพอใจ (Gratification) ไว้ว่า หมายถึงความรู้สึกที่ดีมีความสุข เมื่อคนเราได้รับผลสำเร็จตามความมุ่งหมาย (Goals) ความต้องการ (Need) หรือแรงจูงใจ (Motivation)

Quirk (1987) ความพึงพอใจหมายถึงความรู้สึกที่มีความสุขหรือความพอใจเมื่อได้รับความสำเร็จหรือได้รับสิ่งที่ต้องการ

Hornby (2000) ความพึงพอใจหมายถึงความรู้สึกที่ดีเมื่อประสบความสำเร็จหรือได้รับสิ่งที่ต้องการให้เกิดขึ้นเป็นความรู้สึกที่พอใจ

โดยสรุปความพึงพอใจ หมายถึง ความพอใจ ความชอบใจและมีความสุขกับสิ่งที่กระทำหรือความต้องการหรือเป้าหมายที่ตั้งใจไว้บรรลุผลหรือสมหวัง สำหรับการวิจัยครั้งนี้

ต้องการให้นักเรียนพอใจมีความสุขกับการทำกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยบทเรียนออนไลน์ ซึ่งวัดได้จากแบบสอบถามความวัดความพึงพอใจที่สร้างขึ้นจำนวน 20 ข้อ

#### 4.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

##### 4.2.1 ทฤษฎีแรงจูงใจ

ทฤษฎีแรงจูงใจที่นักจิตวิทยาใช้อธิบายพฤติกรรมในปัจจุบันมี 3 ทฤษฎี ดังนี้

###### 1) ทฤษฎีพฤติกรรมนิยม

นักจิตวิทยาพฤติกรรมนิยม (Hull, 1952) ได้สร้างทฤษฎีแรงขับ โดยถือหลักของความสมดุล (Homeostasis) ที่กล่าวว่าโดยธรรมชาติแล้วมนุษย์เราแสวงหาสถานภาพสมดุล อยู่เสมอหรือมีความโน้มเอียงที่รักษาความคงตัวภายในทฤษฎีเป็นที่รู้จักโดยทั่วไปว่าเป็นทฤษฎีลดแรงขับ (Drive reduction theory) หัล (Hull) ได้อธิบายว่าสิ่งเร้าก่อ起 เกิดพฤติกรรมหมายถึง สภาพที่เกิดการขาดทำให้เกิดความต้องการและเป็นแรงขับกระตุ้นให้เกิดพฤติกรรมสนองตอบ และทำให้มีการลดความต้องการ

เมอร์เรย์ (Murray, 1938) ได้สร้างทฤษฎีความต้องการ โดยถือว่าความต้องการ เป็นพื้นฐานที่จะทำให้เกิดแรงขับหรือแรงจูงใจ ซึ่งเป็นผลให้มนุษย์เราแสดงพฤติกรรมไปใน ทิศทางที่จะนำไปสู่เป้าหมาย

###### 2) ทฤษฎีมาตุณยานิยม

มาสโลว์ ได้แบ่งความต้องการพื้นฐาน (Basic Needs) ออกเป็น 5 ประเภท คือความต้องการทาง生理 หรือความต้องการทางร่างกาย ความต้องการความมั่นคงปลอดภัย หรือสวัสดิภาพ ความต้องการความรักและเป็นส่วนหนึ่งของหมู่ ความต้องการที่จะรู้สึกว่า คนเองนี่ค่า ความต้องการรู้สึกตนของย่างแท้จริงและพัฒนาตนเต็มที่ตามศักยภาพของตน

###### 3) ทฤษฎีปัญญาณิยม

นักจิตวิทยาที่ยึดถือทฤษฎีปัญญาณิยมเกี่ยวกับแรงจูงใจเชื่อว่ากระบวนการรู้คิด มีส่วนทำให้เกิดพฤติกรรมเป้าหมาย เน้นความสำคัญของความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมและ ความรู้ความเข้าใจ ซึ่งอธิบายได้ว่าสิ่งเร้าทำให้เกิดความรู้สึกทำให้เกิดพฤติกรรม ทฤษฎีนี้ใช้กับ แพร่หลายในปัจจุบัน คือ ทฤษฎีการอ้างสาเหตุ (Attribution Theory) ของเวยเนอร์ (Weiner, 1979) ซึ่งมีพื้นฐานความคิดว่ามนุษย์เราถูกจำกัดด้วยความสามารถของตัวเอง แต่ก็ สามารถพัฒนาตัวเองได้

##### 4.2.2 แรงจูงใจไฝสัมฤทธิ์ (Achievement Motivation)

แรงจูงใจให้สัมฤทธิ์ หมายถึง แรงจูงใจที่เป็นแรงขับให้บุคคลพยายามที่จะประกอบพฤติกรรมที่จะประสบสัมฤทธิ์ผลตามมาตรฐานความเป็นเลิศที่ตนเองตั้งไว้

สกินเนอร์ (Skinner, 1972) มีความเห็นว่าการปรับพฤติกรรมไม่สามารถทำได้โดยเทคโนโลยีทางกายภาพและชีวภาพแต่ต้องอาศัยเทคโนโลยีของพฤติกรรมคือเสรีภาพและความภาคภูมิ จุดหมายปลายทางที่แท้จริงของการศึกษา โดยการทำให้มีความเป็นตัวของตัวเองรับผิดชอบต่อการกระทำ เสรีภาพคือความเป็นอิสระจากการควบคุม วิเคราะห์ ปรับเปลี่ยนหรือปรับปรุงรูปแบบใหม่ให้แก่สิ่งแวดล้อมนั้น โดยทำให้อำนาจการควบคุมอ่อนลงจนเกิดความรู้สึกว่าตนเองมีได้ถูกควบคุม นอกจากนี้ Skinner ได้ให้ข้อคิดกับครูว่าจงทำให้เด็กเกิดความเชื่อว่าเขาอยู่ในความควบคุมของตัวเขาเองแม้ผู้ควบคุมที่แท้จริงคือครู

แม็คเคลแลนด์ (McClelland) วัดแรงจูงใจให้สัมฤทธิ์ของคนทั้งในอเมริกาญี่ปุ่นและเอเชียพบว่าบุคคลที่มีแรงจูงใจให้สัมฤทธิ์สูงจะมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. ตั้งมาตรฐานที่เป็นเลิศในการทำงานและรับผิดชอบที่จะทำให้ได้ตามนั้น
2. กล้าเสี่ยงคือกล้าทำแม้ว่ามีโอกาสประสบผลสำเร็จ 50-50
3. พยายามอย่างไม่ย่อท้อจนกว่าจะบรรลุความมุ่งหมาย
4. มีความสามารถในการวางแผนระยะยาว
5. ต้องการข้อมูลย้อนกลับ (รีฟล) ของงานที่ทำ  
.) เมื่อประสบความสำเร็จจะคิดหรือเชื่อว่าเป็นความสามารถหรือความมานะ

#### พยายามของตน

แอลชูลเลอร์ (Alschuler, 1973) รวบรวมผลงานการศึกษาเกี่ยวกับการอบรมแรงจูงใจให้สัมฤทธิ์กับเด็กวัยรุ่นที่เรียนวิชาต่าง ๆ ในโรงเรียน ผลของการอบรมทำให้นักเรียนที่ได้รับการอบรมมีการเรียนดีขึ้นและมีความสนใจในวิชาใหม่ ๆ และประกอบกิจกรรมต่าง ๆ ที่ไม่เคยทำ หลักที่ใช้ในการอบรมแรงจูงใจให้สัมฤทธิ์ในโรงเรียนมีดังต่อไปนี้

1. สอนให้นักเรียนพิจารณาตนเองว่ามีจุดเด่นหรือความสามารถพิเศษอะไร
2. ให้นักเรียนตั้งจุดมุ่งหมายในการทำงานให้เหมาะสมกับความสามารถ
3. ให้นักเรียนรู้จักเสียงเพื่อความสำเร็จหากมีโอกาสที่จะประสบความสำเร็จ
4. ให้นักเรียนรู้จักวางแผนการทำงานให้ประสบความสำเร็จ
5. ให้นักเรียนรู้จักประเมินผลงานที่ทำแล้วใช้เป็นข้อมูลย้อนกลับเพื่อปรับปรุง

ให้ดูขั้น

แรงจูงใจเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการเรียนรู้ ความสัมฤทธิ์ผลในการเรียนของนักเรียน บทบาทของครูเกี่ยวกับการส่งเสริมแรงจูงใจของนักเรียน นอกจากจะชี้นำความสามารถแล้วยังชี้นำแรงจูงใจ นักเรียนที่มีความสามารถสูงแต่ขาดแรงจูงใจในการเรียนรู้ก็จะมีสัมฤทธิ์ผลในการเรียนต่ำ

บทบาทของครูเกี่ยวกับการส่งเสริมแรงจูงใจของนักเรียนแบ่งออกเป็น 3 อายุ  
ดังนี้ (สุรังค์ โค้กตระกูล. 2544 : 180-182)

1. การปรับปรุงวิธีสอนของครูโดยตรง วิธีการที่นักจิตวิทยาการศึกษาเชื่อว่าจะเป็นการช่วยส่งเสริมแรงจูงใจของนักเรียน มีดังต่อไปนี้

1.1 ครูควรจัดห้องเรียนให้มีบรรยากาศที่ท้าทายความอยากรู้อยากเห็นของนักเรียน

นักเรียน

1.2 บอกวัตถุประสงค์เฉพาะของบทเรียนให้นักเรียนทราบ

1.3 พยายามให้งานแก่นักเรียนตามความสามารถและให้โอกาสแก่นักเรียนทุกคนมีโอกาสที่เกี่ยวกับความสำเร็จในการเรียนรู้

1.4 พยายามให้ข้อมูลข้อ nok แก่นักเรียนและแนะนำให้นักเรียนใช้ข้อมูล

ข้อมูลช่วยปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้น

1.5 พยายามพบนักเรียนเป็นรายบุคคล เพื่อช่วยนักเรียนวิเคราะห์สาเหตุ

ความสำเร็จหรือไม่สำเร็จในการเรียนของนักเรียน

1.6 ใช้หลักการในการอบรมแรงจูงใจให้สัมฤทธิ์ช่วยนักเรียน

1.7 บรรยายขอของห้องเรียนต้องปราศจากการซู่แซมหรือต้องเป็นบรรยายภาพที่นักเรียนให้ความไว้วางใจในคราวว่าเป็นผู้ที่เคยอธิบายเรื่องนักเรียนอยู่เสมอ

1.8 ใช้หลักการสอนของนักจิตวิทยามนุษยนิยม มาสโลว์ กล่าวว่า “นักเรียนจะเรียนรู้ก็ต่อเมื่อความต้องการพื้นฐานที่จะต้องซ่อน秘密 ประดانا”

1.9 ครูจะต้องเป็นผู้ที่เป็นแบบในการแสดงความกระตือรือร้นในเวลาที่สอน

2. การทำงานร่วมกับนักเรียนเพื่อส่งเสริมแรงจูงใจในการเรียน

2.1 ช่วยนักเรียนในการตั้งวัตถุประสงค์ในการเรียนรู้วิชาต่าง ๆ

2.2 ช่วยนักเรียนให้รู้จักวางแผนในการทำงานทั้งระยะสั้นและระยะยาว

2.3 ช่วยนักเรียนให้รู้จักประเมินผลของงานที่ทำและนำข้อมูลช้อนกลับมา

ปรับปรุงการเรียนให้ดีขึ้น

2.4 ช่วยนักเรียนในการวิเคราะห์สาเหตุของความสำเร็จหรือไม่สำเร็จ

- 2.5 ช่วยให้นักเรียนเห็นคุณค่าของความพยายามในการทำงาน
- 2.6 ช่วยนักเรียนให้ค้นพบความสามารถพิเศษของตนในวิชาต่าง ๆ
- 2.7 ชี้แจงให้นักเรียนเข้าใจความแตกต่างระหว่างบุคคล
- 2.8 ช่วยนักเรียนจัดเวลาทำการบ้านดูหนังสือที่บ้านและการเตรียมตัวสอบ
3. การทำงานร่วมกับผู้ปกครองเพื่อส่งเสริมแรงจูงใจในการเรียนรู้ของนักเรียน
- 3.1 ส่งเสริมให้ผู้ปกครอง nanopap และแจ้งให้ผู้ปกครองทราบถึงความก้าวหน้าทางการเรียนและให้ผู้ปกครองช่วยส่งเสริมแรงจูงใจให้นักเรียน
- 3.2 วางแผนร่วมกับผู้ปกครองเกี่ยวกับการใช้เวลาของนักเรียนเวลาอยู่บ้าน
- 3.3 ขอความร่วมมือให้ผู้ปกครองช่วยดูแลนักเรียนให้ทำการบ้านให้เสร็จ
- 3.4 ผู้ปกครองต้องให้เวลาอันนักเรียนในการทำการบ้าน
- 3.5 สนับสนุนให้ผู้ปกครองร่วมกิจกรรมของโรงเรียน
- โดยสรุปแรงจูงใจในการเรียนเป็นสิ่งที่นักเรียนจะต้องมี เพื่อจะประสบสัมฤทธิผลในการเรียนแม้ว่าเด็กนักเรียนเองเป็นผู้ที่มีความรับผิดชอบโดยตรง แต่ครูและผู้ปกครองก็มีบทบาทสำคัญในการช่วยส่งเสริมแรงจูงใจในการเรียนรู้ของนักเรียน ดังนั้นการร่วมมือระหว่างครู นักเรียนและผู้ปกครองจึงเป็นสิ่งที่สำคัญมาก

#### 4.3 การวัดความพึงพอใจ

การวัดความพึงพอใจในนั้นมีขอบเขตที่จำกัดอาจมีความคาดเคลื่อนขึ้น ด้านบุคคล เหล่านี้แสดงความคิดเห็นไม่ตรงกับความรู้สึกที่จริง ความคาดเคลื่อนเหล่านี้ย่อมเกิดขึ้นได้เป็นธรรมชาติของการวัดทั่ว ๆ ไป การวัดความพึงพอใจนั้นสามารถทำได้หลายวิธี ดังต่อไปนี้  
(สมนึก กพททิยชนี. 2555 : 37-43)

4.3.1 การใช้แบบสอบถาม เพื่อต้องการทราบความคิดเห็นซึ่งสามารถกระทำได้ในลักษณะกำหนดให้เลือกหรือตอบคำถามอิสระ คำถามดังกล่าวอาจตามความพอดีในด้านต่าง ๆ

4.3.2 การสัมภาษณ์ เป็นวิธีวัดความพึงพอใจทางตรง ซึ่งต้องอาศัยเทคนิคและวิธีการที่ดีจึงจะได้ข้อมูลที่เป็นจริง

4.3.3 การสังเกต เป็นวิธีวัดความพึงพอใจ โดยการสังเกตพฤติกรรมของบุคคล

เป้าหมายไม่ว่าจะแสดงออกจากการพูดจา กริยา ท่าทาง วิธีนี้ต้องอาศัยการกระทำอย่างจริงจัง และสังเกตอย่างมีระเบียบแบบแผน

ในที่นี้ผู้วัดใช้แบบสอบถามในการวัดความพึงพอใจ ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมาก เพราะสะดวกและสามารถวัดได้กว้างขวาง แบบสอบถามส่วนใหญ่อยู่ในรูปของคำถามเป็นชุด ๆ เพื่อวัดถึงที่ต้องการจะวัดเป็นเครื่องมือที่นิยมใช้วัดทางค้านจิตพิสัย (Affective domain) ชุด ๆ

#### 4.3.1 แบบสอบถาม

1) โครงสร้างของแบบสอบถามมีส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ 3 ส่วนดังนี้

1.1) คำชี้แจงในการตอบแบบสอบถาม โดยระบุชุดมุ่งหมายและความสำคัญที่ให้ตอบแบบสอบถาม (หรือการนำคำตอบที่ได้ไปใช้ประโยชน์) คำอธิบายลักษณะของแบบสอบถามและวิธีตอบพร้อมยกตัวอย่างย่างประกอบและตอนสุดท้ายของคำชี้แจงควรกล่าวขอบคุณล่วงหน้าพร้อมระบุชื่อเจ้าของแบบสอบถามทุกครั้ง

1.2) สภาพทั่วไป ในส่วนนี้จะเป็นรายละเอียดส่วนตัวของผู้ตอบ เช่น อายุ เพศ ระดับการศึกษา อาชีพ ฯลฯ

1.3) ข้อคำถามเกี่ยวกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด ซึ่งแยกเป็นพฤติกรรมย่อย ๆ แล้วสร้างข้อคำถามวัดพฤติกรรมย่อย ๆ นั้น

2) หลักในการสร้างแบบสอบถาม มีดังนี้

2.1) กำหนดคุณมุ่งหมายของแบบสอบถาม ผู้สร้างแบบสอบถามต้องระบุ จุดมุ่งหมายให้ชัดเจนว่าจะนำแบบสอบถามไปใช้ในเรื่องอะไร เช่น เป็นข้อมูลรวมรวบในการทำวิจัยหรือใช้เป็นเครื่องมือในการประเมิน

2.2) กำหนดประเด็นหลักหรือพฤติกรรมหลักที่จะวัดให้ครบถ้วนครอบคลุม ว่าจะมีประเด็นอะไรบ้าง ซึ่งสิ่งที่จะช่วยให้ผู้สร้างสามารถกำหนดประเด็นหลักได้ถูกต้องครบถ้วนนั้นผู้สร้างต้องเป็นผู้ที่มีความรู้ในสาระหรือทฤษฎีหรือโครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ต้องการวัดแล้วจำแนกออกเป็นประเด็นย่อย ๆ

2.3) กำหนดชนิดหรือรูปแบบของแบบสอบถาม โดยเลือกให้เหมาะสมกับเรื่องที่ต้องการวัด แล้วจำแนกออกเป็นประเด็นย่อย ๆ

2.4) กำหนดข้อคำถาม โดยวิธีอาจกำหนดเบื้องต้นว่าการสอบถามมีความยาวมากน้อยเพียงใดและคุณประเด็นหลัก ประเด็นย่ออย่างไรบ้าง โดยวิธีกำหนดสัดส่วนหรือน้ำหนักของแต่ละประเด็น แบบสอบถามควรมีจำนวนพอเหมาะไม่มากหรือน้อยเกินไป

2.5) สร้างข้อคำถามตามจุดมุ่งหมาย ชนิดหรือรูปแบบ จำนวนข้อในประเด็นต่างๆ ที่กำหนดไว้ในโครงสร้างของแบบสอบถาม

2.6) ตรวจทาน แก้ไขปรับปรุง แบ่งออกเป็น 2 ตอนคือ ตอนแรกตรวจทานโดยผู้สร้างแบบสอบถามเองเป็นการแก้ไขปรับปรุงคำถามตลอดจนการเรียงลำดับ ตอนที่สองตรวจสอบพิจารณาให้คำแนะนำและวิจารณ์ โดยผู้รู้หรือผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ชำนาญการ

2.7) นำแบบทดสอบไปทดลองใช้ (Try out) ควรนำไปทดลองกับกลุ่มที่มีลักษณะเหมือนหรือใกล้เคียงกับกลุ่มที่จะไปเก็บข้อมูลจริงเพียงจำนวนหนึ่ง

2.8) วิเคราะห์แบบสอบถาม โดยนำผลการทดลองมาวิเคราะห์เพื่อหาคุณภาพและปรับปรุงแบบสอบถามในส่วนที่ยังมีข้อบกพร่อง ซึ่งในส่วนนี้หากแบบสอบถามยังไม่มีคุณภาพ เมื่อปรับปรุงแล้วก็ควรนำไปทดลอง วิเคราะห์และปรับปรุงจนกระทั่งได้แบบสอบถามที่ดีมีคุณภาพหรือเป็นไปตามเกณฑ์ที่ต้องการจึงนำไปใช้จริง

2.9) จัดพิมพ์เป็นแบบสอบถามฉบับจริง

3) ถัดมาของแบบสอบถามที่คิดถึงนี้

3.1) ไม่ควรรายงานเกินไป ควรใช้ข้อความสั้น กระชับตรงจุด

3.2) ข้อความหรือภาษาที่ใช้ต้องชัดเจน เข้าใจง่าย โดยผู้สร้างแบบสอบถามจะต้องระวังในเรื่องเหล่านี้คือ

3.2.1) หลีกเลี่ยงคำตามที่เป็นปฏิเสธ ซึ่งอาจทำให้ผู้ตอบตีความหมายผิด

ได้แต่กรณีที่ต้องใช้คำปฏิเสธจริงๆ ก็ควรจัดเต็มให้เน้นให้เห็นคำปฏิเสธนั้น

3.2.2) ควรจัดเต็มให้คำที่ต้องการเน้นเป็นพิเศษ เพื่อให้ผู้ตอบตีความได้ถูกต้องตรงจุด

3.2.3) ไม่ควรใช้คำนิ่น เนิน บอยๆ เสมอ ทันที ฯลฯ เพราะอาจจะทำให้ผู้ตอบตีความได้ไม่เหมือนกัน เช่น ถามว่า วิชาอะไรที่อาจารย์ขาดสอนเสมอ คำว่า เสมอ บางคนอาจจะตีความว่า ขาดทุกสักภาคหรือทุก 2 สักภาคหรือทุกเดือนเป็นต้น

3.2.4) อย่าใช้คำที่มีความหมายหลายนัย เพราะผู้ตอบอาจจะตีความได้ไม่เหมือนกัน เช่น ถามว่าท่านมีอายุ...ปี บางคนอายุเต็มเศษเดือนปีดังที่ แต่บางคนอาจจะปีเศษเดือนมาเป็นปี ทำให้ข้อมูลคลาดเคลื่อนได้ จึงควรทำให้ชัดเจน เช่น ท่านอายุ....ปี....เดือน

3.3) ไม่ใช้คำถามถามนำหรือเสนอแนะให้ตอบ

3.4) ไม่ถามในเรื่องที่เป็นความลับหรือค่อนข้างเป็นเรื่องส่วนตัวมากเกินไป เพราะจะทำให้ผู้ตอบตอบไม่ตรงกับความจริง

3.5) ไม่สามารถเรื่องที่ทราบแล้วหรือตามในเรื่องที่รู้ได้ด้วยวิธีอื่น เช่น จากการสังเกต จากเอกสารรายงาน เป็นต้น

3.6) ข้อคำถามต้องเหมาะสมกับผู้ตอบ คือ ต้องคำนึงถึงระดับการศึกษา ความสนใจ สมบูรณ์ ฯลฯ

3.7) ข้อคำถามซ้ำหนึ่ง ๆ ควรถามเพียงปัญหาเดียวเพื่อให้ได้คำตอบที่ชัดเจน

ตรงๆ

3.8) คำตอบหรือตัวเลือกในข้อคำถามควรมีมากพอหรือให้เหมาะสมกับข้อคำถามนั้น ๆ

3.9) คำตอบที่ได้จากแบบสอบถามควรจะสามารถแปลงออกมายังรูปของปริมาณและใช้สอดคล้องกับข้อเท็จจริงได้

4) รูปแบบของแบบสอบถาม โดยทั่วไปแบ่งเป็น 2 ชนิดคือ

4.1) แบบสอบถามชนิดปลายเปิด (Open Ended Form) แบบสอบถามชนิดนี้ไม่ได้กำหนดคำตอบไว้เพื่อปิดโอกาสให้ผู้ตอบเขียนตอบอย่างอิสระ แบบสอบถามชนิดนี้ตอบยากและเสียเวลาในการตอบมาก เพราะผู้ตอบจะต้องคิดวิเคราะห์อย่างกว้างขวางนิยมใช้เมื่อต้องการทราบเจตคติ แรงจูงใจหรือเงื่อนไข ตลอดจนแนวคิดต่าง ๆ ที่เป็นสาเหตุของการตัดสินใจตอบ และใช้เป็นแนวทางในการสร้างคำถามแบบปลายเปิด แบบสอบถามชนิดนี้สร้างง่ายแต่วิเคราะห์และสรุปผลยาก

4.2) แบบสอบถามชนิดปลายเปิด (Closed Ended Form) แบบสอบถามชนิดนี้ประกอบด้วย ข้อคำถามและตัวเลือก (คำตอบ) ซึ่งตัวเลือกนี้สร้างขึ้นโดยคาดว่าผู้ตอบสามารถเลือกตอบได้ตามความต้องการ แบบสอบถามนี้สร้างยากและใช้เวลามากแต่ผู้ตอบตอบง่ายสะดวกเร็ว ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์และสรุปผลง่าย แบบสอบถามชนิดปลายเปิดแบ่งเป็น 4 แบบ ดังนี้

4.2.1) แบบตรวจสอบรายการ (Check List) เป็นการสร้างรายการของข้อคำถามที่เกี่ยวหรือสัมพันธ์กับลักษณะของพฤติกรรมหรือการปฏิบัติแต่ละรายการจะถูกประเมินหรือซึ่งให้ตอบในແรັດໝຶກໜຶກ ເຊັ່ນ ມີ-ມີບໍ່ ຈະ-ຈະບໍ່ ແທ້ນີ້-ມີບໍ່ຫຼັນີ້ ແລະ ທີ່ຮູ້ອາຈານມີຄຳตอบໃຫ້ເລືອກໄດ້ຫຍາຍຄຳຕອບນິຍົມໃຊ້ໃນการประเมินความสนใจของຜູ້ຮຽນ ເຕັກຕີ ກິຈການທັກຍະ ແລະ ຄຸນລັກພະສ່ວນຕົວ ແລະ

4.2.2) มาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) เป็นเครื่องมือที่ครູ້ໃຊ້ໃນการประเมินັກຮຽນທີ່ໃນการประเมินการปฏิบັນຕິກິຈການ ທັກຍະຕ່າງໆ ແລະ ພຸດິກິຈການດ້ານຈິຕິພິຕິຍ

มุ่งให้ผู้ตอบประเมินข้อความที่ถ้าหากมาเป็นระดับเพียงคำตอบเดียวจากมาตรฐานส่วนประมาณค่าที่มีระดับความเข้มให้พิจารณาตั้งแต่ 3 ระดับขึ้นไป ซึ่งควรมีระดับตรงกลางเป็นจุดสมดุล

4.2.3) แบบจัดลำดับ (Rank Order) แบบสอบถามนี้มักจะให้ผู้ตอบจัดอันดับความสำคัญหรือคุณภาพจากมากไปหาน้อย

4.2.4) แบบเติมคำสั้น ๆ ในท่องว่าง แบบสอบถามลักษณะนี้จะต้องกำหนดขอบเขตจำเพาะเจาะจงลงไป

## 5. บริบทโรงเรียนแก้วเด็จพิทยาคม

โรงเรียนแก้วเด็จพิทยาคมเป็นโรงเรียนมัธยมประจำตำบลหนองแวง ชั้นปีก่อน ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 – 6 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 24 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ บุคลากรในโรงเรียนมีดังนี้ ครูผู้สอน 11 คน นักเรียน 117 คน ซึ่งครุภัณฑ์จำนวน 2 คน เจ้าหน้าที่ธุรการ 1 คน ที่เดี่ยงเด็กพิการ 1 คน ผู้บริหาร 2 คน ผู้อำนวยการโรงเรียนคนปัจจุบัน คือ นายสมนึก จิตตภานันท์

ลักษณะภูมิประเทศ ตั้งอยู่เลขที่ 125 หมู่ที่ 4 ตำบลหนองแวง อำเภอสามเต็จ จังหวัดกาฬสินธุ์ รหัสไปรษณีย์ 46150 มีพื้นที่ทั้งหมด 55 ไร่ มีหมู่บ้านในเขตพื้นที่บริการในตำบลหนองแวงทั้งหมด 16 หมู่บ้าน ประชากรส่วนใหญ่ทำไร่ ทำนา

ความพร้อมของบุคลากรในโรงเรียน บุคลากรในโรงเรียนมีเพียงพอ กับจำนวนนักเรียน แต่ยังขาดครูในรายวิชาที่สำคัญ เช่น ครูพิสิกส์ ครูชีววิทยาและครุศิลปะ

อาคารสถานที่มีความพร้อมแต่ยังขาดการปรับปรุง เช่น ห้องสมุด ห้องปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์จำนวน 1 ห้อง และห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ จำนวน 1 ห้อง มีคอมพิวเตอร์จำนวน 20 เครื่อง มีระบบ Wi-Fi ทั่วถึงทุกห้อง คณาจารย์และบุคลากรทางการศึกษามี คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊กครบถ้วน นักเรียนใช้คอมพิวเตอร์เป็นทุกคน

สภาพผู้เรียนในเชิงปริมาณและคุณภาพ นักเรียนโรงเรียนแก้วเด็จพิทยาคม จำนวน 117 คน ร้อยละ 80 มีฐานะยากจน ร้อยละ 90 มีคุณธรรม จริยธรรม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทุกรายวิชาอยู่ในระดับคะแนนเฉลี่ย 2.00 (สารสนเทศโรงเรียนแก้วเด็จพิทยาคม ปีการศึกษา 2555)

## 6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 6.1 งานวิจัยในประเทศ

เยาวเรศ ใจเย็นและคณะ (2550 : บพคดย่อ) ศึกษาแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 125 คน จากโรงเรียน 3 แห่งในจังหวัดขันทบุรี โดยให้นักเรียนตอบคำถามในแบบสำรวจแนวคิดเรื่องสมดุลเคมี (Chemical Equilibrium Concept Survey : CECS) ซึ่งประกอบด้วยคำถามจำนวน 10 ข้อ ผลการวิจัยพบว่า แนวคิดเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในเรื่องการดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุลภาวะสมดุลในปฏิกิริยาเคมี ลักษณะของสมดุลเคมี ค่าคงที่สมดุล ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุลหลักของเลอชาเตอร์ลิโอ สมดุลเคมีในสิ่งมีชีวิตและการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม เป็นแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์จนถึงไม่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์เป็นส่วนมากนิ่นักเรียนเพียงบางส่วนเท่านั้นที่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องสมดุลเคมี ผลที่ได้จากการวิจัยได้ข้อเสนอแนะว่าควรมีการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนเรื่องสมดุลเคมีให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องสมดุลเคมี

ชนยศ ฤทธิ์เฉลิม (2550 : บพคดย่อ) ให้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนรูปแบบห้องปฏิบัติการเสมือน วิชาเคมี เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีระหว่างก่อนและหลังเรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนรูปแบบห้องปฏิบัติการเสมือน ผลการศึกษาพบว่า 1) ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนรูปแบบห้องปฏิบัติการเสมือน วิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ( $E_1/E_2$ ) มีค่าเท่ากับ 81.11/83.33 รูปแบบห้องปฏิบัติการเสมือน วิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (E<sub>1</sub>/E<sub>2</sub>) มีค่าเท่ากับ .001 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนรูปแบบห้องปฏิบัติการเสมือนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 3) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนวิชาเคมีโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนรูปแบบห้องปฏิบัติการเสมือนอยู่ในระดับมาก

พรพรรณ กานะ ยิ่งเจง (2551 : บพคดย่อ) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการเรียนบนเว็บเรื่องการเขียนแบบภาษาอังกฤษ-ภาษาไทย พลิตภัณฑ์ เพื่อ 1) สร้างบทเรียนบนเว็บเรื่องการเขียนแบบภาษาอังกฤษ-ภาษาไทย งานพลิตภัณฑ์ รายวิชาการเขียนแบบพลิตภัณฑ์ สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาออกแบบพลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาลัยเพาะช่างที่มีคุณภาพจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญและ 2) เปรียบเทียบคะแนนทดสอบก่อนเรียนกับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนบทเรียนบนเว็บ เรื่องการเขียนแบบภาษาอังกฤษ-ภาษาไทย พลิตภัณฑ์ รายวิชาการเขียนแบบพลิตภัณฑ์ ผลการวิจัยพบว่า 1) บทเรียนบนเว็บ

เรื่องการเขียนภาษาอังกฤษ-ข่ายงานผลิตภัณฑ์ รายวิชาการเขียนแบบผลิตภัณฑ์มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก และ 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการเขียนแบบภาษาอังกฤษ-ข่ายงานผลิตภัณฑ์สูงกว่าคะแนนทดสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เกิดศักดิ์ เสาระวิเศษ (2552 : 3-4) ได้สร้างและพัฒนาสื่อการเรียนรู้ออนไลน์ เรื่องสมุดเคมีนำเสนอเนื้อหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ ภาวะสมดุล ความสัมพันธ์ของความเข้มข้น ณ ภาวะสมดุล ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุล หลักของเลอชาเตอร์ลีโอลอดดาเนื้อหาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ผ่านระบบการเรียนรู้ Learn Square ตามมาตรฐานของ SCORM โดยส่วนของเนื้อหาบทเรียนจะประกอบด้วย แบบทดสอบก่อนเรียน แบบทดสอบหลังเรียน เนื้อหาในแต่ละบท เอกสารประกอบการเรียน ในงาน ตัวอย่างการทดลอง มีเกมเสริมความรู้ ซึ่งสร้างจาก Macromedia Flash 8.0 Power Point Acrobat และ VDO ตัวอย่างการทดลองในลักษณะของภาพนิ่งตัวหนังสือภาพเคลื่อน ให้เวลาเดียงพิงทั้งเสียงบรรยายและเสียงดนตรีประกอบ

รชนี กลอนสน (2552 : บทคัดย่อ) สร้างบทเรียนออนไลน์คอมพิวเตอร์มัลติมีเดียโดยใช้แบบจำลองสถานการณ์ เรื่องปรากฏการณ์ไฟโตอิเล็กตริก สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อสร้างและประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียโดยใช้แบบจำลองสถานการณ์ เรื่องปรากฏการณ์ไฟโตอิเล็กตริก สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6 2) เพื่อหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียนจากบทเรียนมัลติมีเดีย 3) เพื่อหาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนมัลติมีเดีย จากการทดลองปรากฏว่าคะแนนการทดสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน และจากการประเมินความพึงพอใจได้ระดับความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์มากที่สุดสรุปได้ว่าบทเรียนมัลติมีเดียโดยใช้แบบจำลองสถานการณ์ เรื่องปรากฏการณ์ไฟโตอิเล็กตริก มีคุณภาพสามารถนำไปใช้ในการสอนได้

ณัฐพร โพธิ์ทองคนอง (2552 : บทคัดย่อ) ได้สร้างบทเรียนออนไลน์ผ่านเว็บไซต์ Think Quest เรื่องการสร้างเว็บเพื่อสำหรับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนครุระบุรี 1) เพื่อสร้างและหาคุณภาพบทเรียนออนไลน์ผ่านเว็บไซต์ Think Quest เรื่องการสร้างเว็บเพื่อ ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนและประเมินผลงานของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนออนไลน์ 3) เพื่อประเมินผลงานนักเรียนจากบทเรียนออนไลน์ 4) เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนออนไลน์ ผลการวิจัยพบว่า 1) บทเรียนออนไลน์ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพด้านเนื้อหาของบทเรียนออนไลน์ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.53 อยู่ในระดับดีมาก ผลการประเมินคุณภาพด้านการผลิตสื่อเทคโนโลยีของบทเรียนออนไลน์มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.37 อยู่ในระดับดี

2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนและการประเมินผลงานของนักเรียนที่เรียนค่วยบทเรียน  
ออนไลน์พบว่าคะแนนสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3)  
ผลการประเมิน ผลงานนักเรียนจากบทเรียนออนไลน์มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.43 อยู่ในระดับคี่  
และ 4) ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อนบทเรียนออนไลน์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 อยู่ในระดับ  
มากที่สุด ผลการ วิจัยดังกล่าวแสดงว่าบทเรียนนี้สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้จริง

สุภารรณ์ บุญมา (2552 : บทคัดย่อ) "ได้สร้างบทเรียนออนไลน์โดยใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือเรื่องระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนไทยรัฐวิทยา 22 (ไตรรัมย์) โดยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อสร้างและหาคุณภาพบทเรียนออนไลน์โดยใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือ เรื่องระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ 2) เพื่อศึกษาผลลัพธ์ที่ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียนออนไลน์โดยใช้การเรียนแบบร่วมมือ เรื่องระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนออนไลน์แบบโดยใช้การเรียนแบบร่วมมือ เรื่องระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ และ 4) เพื่อประเมินการเรียนตามสภาพจริงของผู้เรียนที่เรียนจากบทเรียนออนไลน์โดยใช้การเรียนแบบร่วมมือ เรื่องระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ผลการวิจัยพบว่า 1) บทเรียนออนไลน์ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพด้านเนื้อหาของบทเรียนออนไลน์ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.24 อยู่ในระดับดี ผลการประเมินคุณภาพด้านการผลิตสื่อของบทเรียนออนไลน์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.97 อยู่ในระดับดี 2) ผลลัพธ์ที่ทางการเรียนของผู้เรียนด้วยบทเรียนออนไลน์โดยใช้การเรียนแบบร่วมมือ เรื่องระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 3) ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนออนไลน์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.31 อยู่ในระดับมากและ 4) ผลการประเมินการเรียนตามสภาพจริงจากการเรียนบทเรียนออนไลน์โดยใช้การเรียนแบบร่วมมือ เรื่องระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.44 แสดงว่าผู้ที่เรียนด้วยบทเรียนออนไลน์โดยใช้การเรียนแบบร่วมมือ เรื่องระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ อยู่ในระดับดี

สุนทรีย์ ศรีรักษ์ (2553 : บทคัดย่อ) ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้จากการแก้ปัญหาวิชาเคมี เพื่อศึกษาความเข้าใจในมติวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่าการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้จากการแก้ปัญหาทำให้นักเรียนร้อยละ 80 ของนักเรียนพึงพอใจความเข้าใจในมติวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมีร้อยละ 70 จีนไปนักเรียนร้อยละ 100 มีความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่องสมดุลเคมี ขั้นทำความเข้าใจปัญหาร้อยละ 70 จีนไป นักเรียนร้อยละ 80 มีความสามารถในการแก้ปัญหาเรื่องสมดุลเคมีขั้นวางแผน

แผนการแก้ปัญหาร้อยละ 70 ขึ้นไป นักเรียนร้อยละ 80 มีความสามารถในการแก้ปัญหาเรื่อง

สมดุลเคมี ขั้นนำแผนไปใช้แก้ปัญหาร้อยละ 70 ขึ้นไปและนักเรียนร้อยละ 48.57 มีความ

สามารถในการแก้ปัญหาเรื่องสมดุลเคมี ขั้นตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหาร้อยละ 70 ขึ้นไป

สรุป วุฒิศาสตร์ (2553 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้บนเว็บด้วย

ระบบมัลติมีเดียที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อสาระเทคโนโลยีสารสนเทศของ

นักเรียน ขั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เพื่อ 1) ศึกษาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80

2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสาระเทคโนโลยีสารสนเทศกับเกณฑ์ที่ระดับ 80

3) ศึกษาเจตคติ ผลการวิจัยพบว่า 1) บทเรียนบนเว็บด้วยระบบมัลติมีเดียมีประสิทธิภาพ

82.37/81.25 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ขั้นประถม

ศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้บนเว็บด้วยระบบมัลติมีเดีย เปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่

ผลสัมฤทธิ์ที่ได้สูงกว่าเกณฑ์ที่ระดับ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) เจตคติต่อ

สาระเทคโนโลยีสารสนเทศของนักเรียน ขั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การจัดการเรียนรู้บนเว็บ

ด้วยระบบมัลติมีเดียมีค่าเฉลี่ย ( $\bar{X} = 3.71$ ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $S.D. = 0.88$ ) แสดงว่า

นักเรียนที่เรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้บนเว็บด้วยระบบมัลติมีเดีย มีเจตคติต่อสาระเทคโนโลยี

สารสนเทศอยู่ในระดับมาก

กิตติพงษ์ ณ นคร (2553 : บทคัดย่อ) ได้สร้างบทเรียนออนไลน์ผ่านระบบการ

จัดการเรียนรู้บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) เรื่องระบบเครือข่าย

คอมพิวเตอร์ วัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างบทเรียนออนไลน์ผ่านระบบการจัดการเรียนรู้บน

เครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) เรื่องระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ 2)

ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วย

หาคุณภาพของบทเรียนออนไลน์ 3) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนออนไลน์ ผลการวิจัย

บทเรียนออนไลน์ 4) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนออนไลน์ ผลการวิจัย

พบว่า บทเรียนออนไลน์ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพด้านเนื้อหาของบทเรียนออนไลน์อยู่ในระดับมาก

( $\bar{X} = 4.00$ ,  $S.D. = 0.17$ ) ผลการประเมินคุณภาพด้านสื่อและนำเสนอของบทเรียนอยู่ในระดับ

มากที่สุด ( $\bar{X} = 4.65$ ,  $S.D. = 0.38$ ) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนพบว่า ค่าเฉลี่ยของ

คะแนนก่อนเรียน ( $\bar{X} = 6.80$ ,  $S.D. = 1.82$ ) และค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังเรียน ( $\bar{X} = 14.83$ ,

$S.D. = 0.38$ ) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ( $t = 24.575$ ) และผู้เรียน

มีความพึงพอใจต่อบทเรียนออนไลน์อยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.58$ ,  $S.D. = 0.43$ ) สรุปได้ว่า

บทเรียนออนไลน์ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุดซึ่งให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการ

เรียนสูงขึ้นและมีความพึงพอใจในการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นอยู่ในระดับมากที่สุด

แสดงว่างทเรียนออนไลน์ผ่านระบบการจัดการเรียนรู้บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยใช้ปัญหา เป็นฐาน (PBL) เรื่องระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์สามารถนำไปประกอบการเรียนการสอนได้ อย่างครี ไทยสก (2554 : บทคัดย่อ) ได้พัฒนาบทเรียนออนไลน์แบบโครงการที่ส่งเสริมกระบวนการคิดเชิงสร้างสรรค์ วิชาเอนิเมชั่น 2 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เพื่อ 1) พัฒนาและประเมินคุณภาพบทเรียนออนไลน์แบบโครงการที่ส่งเสริมกระบวนการคิดเชิงสร้างสรรค์ วิชาเอนิเมชั่น 2 2) ประเมินประสิทธิภาพของบทเรียนออนไลน์ 3) หาผลลัพธ์จากการเรียนของผู้เรียนที่ได้จากบทเรียนออนไลน์ 4) ประเมินโครงการของผู้เรียน 5) ประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนออนไลน์ ผลการวิจัยพบว่า การประเมินคุณภาพบทเรียนออนไลน์ด้านเนื้อหาปรากฏว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.77 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.43 อยู่ในระดับดีมาก และด้านสื่อและการนำเสนอปรากฏว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.57 อยู่ในระดับดีมาก 0.05 อยู่ในระดับดีมาก ผลการประเมินประสิทธิภาพบทเรียน สัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่ได้จากบทเรียนออนไลน์ ปรากฏว่าผู้เรียนมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการประเมินโครงการส่งเสริมกระบวนการคิดเชิงสร้างสรรค์ ปรากฏว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.68 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.47 อยู่ในระดับดีมาก และผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.32 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.43 ซึ่งอยู่ในระดับพึงพอใจมาก สรุปได้ว่าการพัฒนาบทเรียนออนไลน์ที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้ ที่รานาถ ทีปะปາล (2554 : บทคัดย่อ) ได้สร้างบทเรียนออนไลน์เพื่อส่งเสริมการอ่านอย่างมีวิจารณญาณโดยใช้ยุทธศาสตร์เมตาคอกนิชัน วิชาภาษาอังกฤษพื้นฐานระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เพื่อ 1) สร้างและประเมินคุณภาพบทเรียนออนไลน์เพื่อส่งเสริมการอ่าน อย่างมีวิจารณญาณโดยใช้ยุทธศาสตร์เมตาคอกนิชัน 2) ศึกษาการอ่านอย่างมีวิจารณญาณโดยใช้ยุทธศาสตร์เมตาคอกนิชัน 3) ศึกษาผลลัพธ์ที่ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนจากบทเรียนออนไลน์เพื่อส่งเสริมการอ่านอย่างมีวิจารณญาณและ 4) ประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนโดยใช้บทเรียนออนไลน์เพื่อส่งเสริมการอ่านอย่างมีวิจารณญาณ พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้บทเรียนออนไลน์เพื่อส่งเสริมการอ่านอย่างมีวิจารณญาณโดยใช้ยุทธศาสตร์เมตาคอกนิชัน มีคะแนนผลลัพธ์หลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนมีความพึงพอใจต่อบทเรียนออนไลน์เพื่อส่งเสริมการอ่านอย่างมีวิจารณญาณมีค่าเฉลี่ย

เท่ากับ 4.28 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.39 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาก สรุปได้ว่าการสร้างบทเรียนออนไลน์เพื่อส่งเสริมการอ่านอย่างมีวิจารณญาณโดยใช้ยุทธศาสตร์เมตากognition มีคุณภาพและสามารถนำไปใช้สอนได้

เสริมสูง แก้วอํารัตน์ (2554 : บทคัดย่อ) ได้พัฒนาบทเรียนออนไลน์แบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เพื่อ 1) หาคุณภาพบทเรียนออนไลน์โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและด้านสื่อเทคโนโลยี 2) หาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียนบทเรียนออนไลน์แบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 3) ประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนออนไลน์แบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 4) หาประสิทธิภาพบทเรียนออนไลน์แบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนออนไลน์แบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีผลการประเมินด้านเนื้อหาไม่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.41 ค่า S.D. เท่ากับ 0.34 อยู่ในระดับคุณภาพดี มีผลการประเมินคุณภาพด้านการผลิตสื่อและการนำเสนอ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.44 ค่า S.D. เท่ากับ 0.20 อยู่ในระดับคุณภาพดี บทเรียนออนไลน์ที่มีประสิทธิภาพในระดับ 83.72/86.50 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อบทเรียนมีค่าเท่ากับ 4.65 ค่า S.D. เท่ากับ 0.55 อยู่ในระดับมากที่สุด

## 6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

โรบินสัน (Robinson. 2000 : 2134-A) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการประเมินประสิทธิภาพการเรียนรู้ของนักเรียน เมื่อใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในการนักลงคุณและหารจำนวนเต็ม โดยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน สอบก่อนเรียนหลังจากนั้นทำการเรียนโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนและสอบหลังเรียน ผลการสอบบ่งบอกถึงพัฒนาการที่ดีขึ้นของนักเรียนภายใต้เวลาเรียนที่จำกัด

บิงแฮม (Bingham. 2002 : 1222-A) ได้ศึกษาผลการสอนโดยการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับการเรียนแบบดั้งเดิมสำหรับนักศึกษาผู้ใหญ่ที่เรียนในระดับมัธยมศึกษา โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่มทดลอง ได้แก่ นักศึกษาที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและกลุ่มควบคุม ได้แก่ นักศึกษาที่เรียนด้วยบทเรียนแบบดั้งเดิม โดยทั้ง 2 กลุ่มใช้เวลาในการเรียน 20 ชั่วโมงมีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน แล้วนำผลมาเปรียบเทียบกัน ผลการวิจัยพบว่า

กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน แสดงว่าวิธีสอนห้องสองวิชามีผลต่อประสิทธิภาพของนักศึกษาเท่ากัน แต่การสอนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทำให้นักศึกษาจดจำความรู้ได้ดีกว่า

เคริลและพลานา (Keles and Pinar. 2010 : 3111-A) ได้ศึกษาหาปริมาณความคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เกี่ยวกับเรื่องการสังเคราะห์และการหายใจ จากการสัมภาษณ์ แล้วนำที่เรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) มาใช้แก่นักเรียน ผลการวิจัยพบว่า การใช้ภาพเคลื่อนไหวในคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทำให้นักเรียนเข้าใจกระบวนการสังเคราะห์และการหายใจได้ดีขึ้น พร้อมทั้งตอบคำถามได้ถูกต้องมากขึ้น

เนซิม (Nazime. 2010 : 2026-A) ได้สำรวจปัจจัยในการเรียนออนไลน์ของนักเรียนในประเทศไทยและใช้ปรัสดอยใช้แบบสอบถามตามออนไลน์ 20 รายการบนเว็บ Surveymonkey.com ผลปรากฏว่านักเรียนทั้ง 2 ประเทศชอบเข้าใช้เว็บ Skype และ Wiki เพื่อรวมปัจจัยหลากหลายช่วงช่วงในการเรียน เช่น หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ การเปลี่ยนข้อความ แหล่งสืบค้นข้อมูล อีเมล และการพูดคุยในห้องสนทนาและความง่ายในการเข้าถึงบทเรียน

อิตุกรุด (Ertugrul. 2011 : 262-A) ได้ศึกษาผลของการใช้เว็บของนักเรียนในตุรกี กับทัศนคติในการใช้คอมพิวเตอร์และการใช้อินเทอร์เน็ตในหลักสูตรคอมพิวเตอร์ 2 ผลการวิจัยพบว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่เรียนด้วยคอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ตก่อนเรียนและหลังเรียนไม่แตกต่างกัน

โครูคุและซิมซิดิน (Korucu and Semseddin. 2011 : 1931-A) ได้ศึกษาผลการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนในหลักสูตรคอมพิวเตอร์ โปรแกรมสำนักงานระดับมัธยมศึกษาตอนปลายสายอาชีวศึกษา โดยเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับการเรียนแบบดั้งเดิม (การสอนปกติ) และศึกษาเจตคติต่อบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผลการวิจัยสรุปว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถนำมาใช้เพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสายอาชีวศึกษาได้และนักเรียนมีเจตคติที่ดีในการเรียนหลักสูตรคอมพิวเตอร์ โปรแกรมสำนักงาน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังกล่าวมาข้างต้น แสดงให้เห็นว่าบทเรียนออนไลน์ เป็นสื่อที่ช่วยพัฒนาการเรียนรู้ได้ นักเรียนได้ศึกษาเรียนรู้ด้วยตนเอง มีการสร้างองค์ความรู้ใหม่ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เรียนรู้ได้ทุกที่ ทุกเวลา ส่งเสริมการพัฒนาวิชคิด และทักษะต่าง ๆ เช่น การสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้ทักษะชีวิต และการใช้เทคโนโลยี ในเนื้อหาเรื่องสมคุตเคมีที่เป็นนามธรรม เช่น การเปลี่ยนแปลงของสารในภาวะสมคุตที่เกิดขึ้น

ตลอดเวลา ซึ่งเราไม่สามารถมองเห็น แต่ก็เป็นสิ่งที่เราสามารถพิสูจน์ได้ โดยสังเกตจากการทดลองผู้วิจัยเชื่อว่าการกระตุ้นผู้เรียนโดยการใช้บทเรียนออนไลน์จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้มากขึ้นนักเรียนกล้าแสดงความคิดเห็นค้นคว้าข้อมูลได้กว้างขวางและสามารถทบทวนบทเรียนได้ตามที่ต้องการ ช่วยเรื่องความแตกต่างระหว่างบุคคลได้ดี ผู้วิจัยจึงได้สร้างกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยบทเรียนออนไลน์ เรื่องสมดุลเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนแก้วเด็จพิทยาคม จังหวัดกาฬสินธุ์ เพื่อแก้ปัญหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียน และปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ให้น่าสนใจมากขึ้น



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY