ปริมาณเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมี

เต็มสุข แตงหอม

สมการเคมี

- เป็นสัญลักษณ์ที่แสดงการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารตั้งต้น (อาจเป็นปฏิกิริยาระหว่างโมเลกุล อะตอม หรือไอออนก็ได้) เพื่อเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ โดยเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ และสูตรโมเลกุลที่เป็นตัวแทนของธาตุที่อยู่ในสารประกอบ

$$NH_4Cl(s) \longrightarrow NH_3(g) + HCl(g)$$

$$C(s) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$$

มวลของสารในปฏิกิริยา

- ส่วนที่อยู่ภายในขอบเขตของการศึกษา ซึ่งรวมทั้งก่อนการเปลี่ยนแปลงและหลังการเปลี่ยนแปลง เรียกว่า **ระบบ**
- ส่วนที่อยู่นอกขอบเขตที่ศึกษา เช่น ภาชนะ อุปกรณ์ หรือเครื่องมือวัดต่างๆ ซึ่งเรียกว่า **สิ่งแวดล้อม**
- **ระบบเปิด** คือระบบที่มีการถ่ายเทมวลกับสิ่งแวดล้อม

กฎทรงมวล

- อองตวน-โลรอง ลาวัวซิเอ ได้ทดลองเผาสารในหลอดที่ปิดสนิท
- พบว่า มวลรวมของสารก่อนเกิดปฏิกิริยา เท่ากับ มวลรวมของสารหลังเกิดปฏิกิริยา
- ถ้าทำการทดลองในระบบปิด มวลของสารก่อนเกิดปฏิกิริยา จะเท่ากับ มวลของสารหลังเกิดปฏิกิริยา

จากกฎทรงมวล

- เราจึงต้องทำให้แต่ละข้างของสมการต้องมีจำนวนอะตอม และประจุที่เท่ากัน เรียกว่า การดุลสมการ
- ข้อสังเกต

1. พยายามดุลธาตุที่เหมือนกันให้มีจำนวนอะตอมทั้งสองด้านเท่ากันก่อน
2. ในบางปฏิกิริยามีกลุ่มอะตอมให้ดุลเป็นกลุ่ม
3. ใช้สัมประสิทธิ์(ตัวเลขที่ใช้วางไว้หน้าอะตอม)ช่วยในการดุลสมการ แล้วนับจำนวนอะตอมแต่ละข้างให้เท่ากัน

http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/ap-chemistry1/mass_relationship/index_new003.htm

จงดุลสมการต่อไปนี้ $Fe(s) + O_2(g) \longrightarrow Fe_2O_3(g)$

- ให้ดุล Fe ก่อน ซึ่งด้านซ้ายมี 1 อะตอม ด้านขวามี 2 อะตอม ดังนั้นต้องใส่สัมประสิทธิ์ด้านซ้ายเป็น 2

$$2Fe(s) + O_2(g) \longrightarrow Fe_2O_3(g)$$

- ดุล O_2 ด้วย สัมประสิทธิ์ 3/2 $2Fe(s) + 3/2O_2(g) \longrightarrow Fe_2O_3(g)$

- ทำให้เป็นเลขจำนวนเต็มโดยการ x 2 ทั้งสมการ

$$2[\,2Fe(s) + 3/2O_2(g) \longrightarrow Fe_2O_3(g)\,]$$

$$4Fe(s) + 3O_2(g) \longrightarrow 2Fe_2O_3(g)\,]$$

http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/ap-chemistry1/mass_relationship/index_new003.htm

แบบฝึกหัด 4.11 หน้า 67

$$HNO_3(aq) \longrightarrow NO_2(aq) + H_2O(l) + O_2(g)$$

$$\underline{4}HNO_3(aq) \longrightarrow \underline{4}NO_2(aq) + \underline{2}H_2O(l) + O_2(g)$$

$$B_2O_3(s) + H_2O(l) \longrightarrow H_3BO_3(aq)$$

$$B_2O_3(s) + \underline{3}H_2O(l) \longrightarrow \underline{2}H_3BO_3(aq)$$

$$Cu(s) + AgNO_3(aq) \longrightarrow Ag(s) + Cu(NO_3)_2(aq)$$

$$Cu(s) + \underline{2}AgNO_3(aq) \longrightarrow \underline{2}Ag(s) + Cu(NO_3)_2(aq)$$

$$NH_3(g) + O_2(g) \longrightarrow NO(g) + H_2O(l)$$

$$\underline{4}NH_3(g) + \underline{5}O_2(g) \longrightarrow \underline{4}NO(g) + \underline{6}H_2O(l)$$

$$C_3H_6O(l) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + H_2O(l)$$

$$C_3H_6O(l) + \underline{4}O_2(g) \longrightarrow \underline{3}CO_2(g) + \underline{3}H_2O(l)$$

$$CO_2(g) + H_2O(l) \longrightarrow C_6H_{12}O_6(aq) + O_2(g)$$

$$\underline{6}CO_2(g) + \underline{6}H_2O(l) \longrightarrow C_6H_{12}O_6(aq) + \underline{6}O_2(g)$$

$$S(s) + H_2SO_4(aq) \longrightarrow SO_2(g) + H_2O(l)$$

$$S(s) + \underline{2}H_2SO_4(aq) \longrightarrow \underline{3}SO_2(g) + \underline{2}H_2O(l)$$

$$Ag(s) + H_2S(g) + O_2(g) \longrightarrow Ag_2S(s) + H_2O(g)$$

$$\underline{4}Ag(s) + \underline{2}H_2S(g) + O_2(g) \longrightarrow \underline{2}Ag_2S(s) + \underline{2}H_2O(g)$$

$$Na_3PO_4(aq) + CaCl_2(aq) \longrightarrow Ca_3(PO_4)_2(s) + NaCl(aq)$$

$$\underline{2}Na_3PO_4(aq) + \underline{3}CaCl_2(aq) \longrightarrow Ca_3(PO_4)_2(s) + \underline{6}NaCl(aq)$$

$$NH_3(g) + NO(g) \longrightarrow N_2(g) + H_2O(g)$$

$$\underline{4}NH_3(g) + \underline{6}NO(g) \longrightarrow \underline{5}N_2(g) + \underline{6}H_2O(g)$$

$$Na_2O_2(s) + H_2O(l) \longrightarrow NaOH(aq) + H_2O_2(aq)$$

$$Na_2O_2(s) + \underline{2}H_2O(l) \longrightarrow \underline{2}NaOH(aq) + H_2O_2(aq)$$

$$Cu(NO_3)_2(aq) + NH_3(aq) + H_2O(l) \longrightarrow Cu(OH)_2(s) + NH_4NO_3(aq)$$

$$Cu(NO_3)_2(aq) + \underline{2}NH_3(aq) + \underline{2}H_2O(l) \longrightarrow Cu(OH)_2(s) + \underline{2}NH_4NO_3(aq)$$

$$SO_2(g) + H_2S(g) \longrightarrow S_8(l) + H_2O(g)$$

$$\underline{8}SO_2(g) + \underline{16}H_2S(g) \longrightarrow \underline{3}S_8(l) + \underline{16}H_2O(g)$$

$$NaCl(s) + SO_2(g) + H_2O(g) + O_2(g) \longrightarrow Na_2SO_4(s) + HCl(g)$$

$$\underline{4}NaCl(s) + \underline{2}SO_2(g) + \underline{2}H_2O(g) + O_2(g) \longrightarrow \underline{2}Na_2SO_4(s) + \underline{4}HCl(g)$$

กฎสัดส่วนคงที่

- โจเซฟ เพราสต์ ศึกษาการเตรียมสารประกอบบางชนิด
- พบว่า สารประกอบชนิดหนึ่งที่เตรียมด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน จะมีอัตราส่วนโดยมวลของธาตุที่รวมกันเป็นสารประกอบคงที่เสมอ

- เมื่อเผาโลหะแมกนีเซียม (Mg) 2.64 กรัม ในอากาศ ได้แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) เกิดขึ้น 4.40 กรัม และเมื่อนำโลหะแมกนีเซียม 2.42 กรัม มาเผากับออกซิเจน (O_2) 1.61 กรัม จะเกิดเป็นแมกนีเซียมออกไซด์ทั้งหมด ผลการทดลองนี้เป็นไปตามกฎสัดส่วนคงที่หรือไม่

มวลของออกซิเจนทำปฏิกิริยาพอดีกับแมกนีเซียม

= มวลของแมกนีเซียมออกไซด์ – มวลของแมกนีเซียม

= 4.40 g – 2.64 g

= 1.76 g

ในการทดลองครั้งแรก อัตราส่วนโดยมวลของแมกนีเซียม : ออกซิเจน

= 2.64 : 1.76

= 1.50 : 1.00

ในการทดลองครั้งหลัง อัตราส่วนโดยมวลของแมกนีเซียม : ออกซิเจน

= 2.42 : 1.61

= 1.50 : 1.00

1. โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) 8.40 กรัม ทำปฏิกิริยากับสารละลายกรดแอซีติก ($C_2H_4O_2$) 20.0 กรัม ได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เกิดขึ้น หลังจากที่ปฏิกิริยาสิ้นสุดลงแล้วปรากฏว่ามีสารเหลืออยู่ทั้งสิ้น 24.0 กรัม แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นมีมวลกี่กรัม

มวลของสารก่อนทำปฏิกิริยา = มวลของโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต + มวลของกรดแอซีติก

= 8.40 g + 20.0 g

= 28.4 g

มวลของสารหลังเกิดปฏิกิริยา = มวลของสารที่เหลือ + มวลของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น

แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น = 28.4 g – 24.0 g

= 4.4 g

2. โซเดียม (Na) 2.30 กรัม ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับคลอรีน (Cl) 3.55 กรัม จะได้โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เกิดขึ้นกี่กรัม และเมื่อนำเกลือโซเดียมคลอไรด์ 2.92 กรัม มาวิเคราะห์พบว่าประกอบด้วยคลอรีน 1.77 กรัม จงแสดงว่าการเกิดสารประกอบโซเดียมคลอไรด์เป็นไปตามกฎสัดส่วนคงที่

โซเดียม 2.30 กรัม ทำปฏิกิริยาพอดีกับคลอรีน 3.55 กรัม

ดังนั้น อัตราส่วนโดยมวลของ Na : Cl = 2.30 : 3.55

= 1.00 : 1.54

จากการวิเคราะห์พบว่าโซเดียมคลอไรด์ 2.92 กรัม ประกอบด้วยคลอรีน 1.77 กรัม

จึงประกอบด้วยโซเดียม = 2.92 g – 1.77 g = 1.15 g

ดังนั้น อัตราส่วนโดยมวลของ Na : Cl = 1.15 : 1.77

= 1.00 : 1.54

ในกรณีของแก๊ส

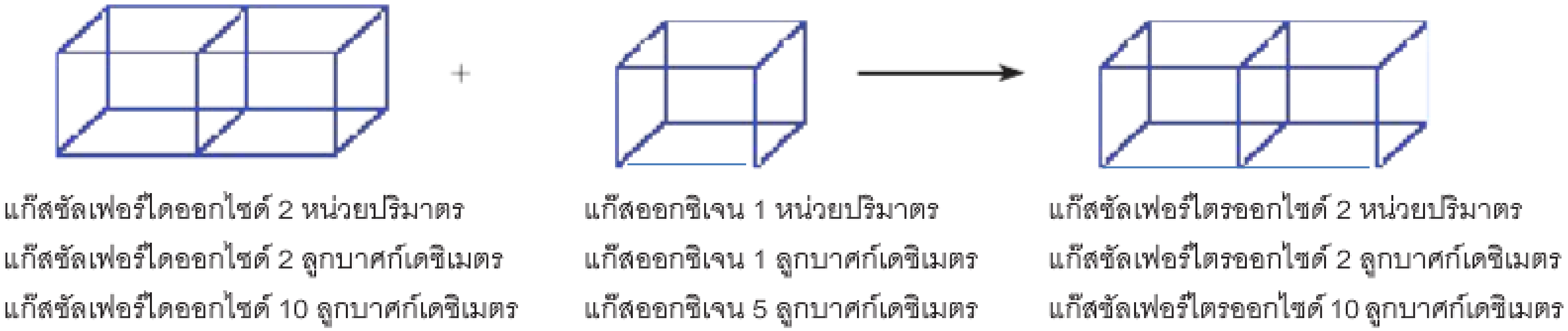
- เกย์-ลูสแซก หาอัตราส่วนโดยปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมี อาจทำได้โดยให้แก๊ส 2 ชนิดทำปฏิกิริยากัน หรือ แยกสลายองค์ประกอบของแก๊ส

<u>ปริมาตรของแก๊สที่ทำปฏิกิริยาพอดี และปริมาตรของแก๊สที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมี</u>

ปฏิกิริยาที่	แก๊สและปริมาตรของแก๊สที่ทำปฏิกิริยาพอดี				แก๊สและปริมาตรของแก๊สที่เกิดขึ้น			
	แก๊ส	ปริมาตร (หน่วย)	แก๊ส	ปริมาตร (หน่วย)	แก๊ส	ปริมาตร (หน่วย)	แก๊ส	ปริมาตร (หน่วย)
1	ไฮโดรเจน	1	ฟลูออรีน	1	ไฮโดรเจนฟลูออไรด์	2	-	-
2	ไนโตรเจน	1	ไฮโดรเจน	3	แอมโมเนีย	2	-	-
3	แอมโมเนีย	4	ออกซิเจน	5	ไนโตรเจนมอนอกไซด์	4	ไอน้ำ	6
4	ซัลเฟอร์-ไดออกไซด์	2	ออกซิเจน	1	ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์	2	-	-
5	ไอน้ำ	1	คาร์บอน-มอนอกไซด์	1	ไฮโดรเจน	1	คาร์บอน-ไดออกไซด์	1

กฎการรวมปริมาตรของแก๊ส หรือ กฎของเกย์-ลูสแซก

- ที่อุณหภูมิและความดันคงที่ อัตราส่วนระหว่างปริมาตรของแก๊สที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับปริมาตรของแก๊สที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาจะเป็นเลขจำนวนเต็มลงตัวน้อยๆ



$2SO_2$ O_2 $2SO_3$

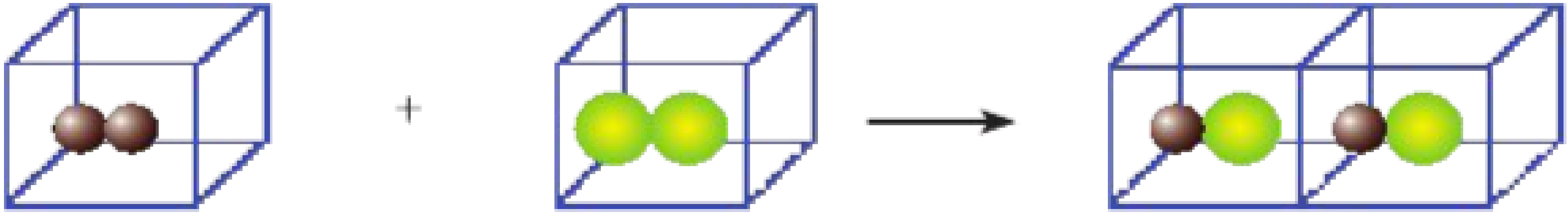
กฎของอาโวกาโดร

- ที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน แก๊สใดๆ ที่มีปริมาตรเท่ากัน จะมีจำนวนโมเลกุลเท่ากัน

ถ้าใช้กฎของอาโวกาโดรอธิบายปริมาตรของแก๊สที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาเคมีตามกฎของเกย์-ลูสแซก

แก๊สไฮโดรเจน + แก๊สคลอรีน ⟶ แก๊สไฮโดรเจนคลอไรด์

1 ปริมาตร | 1 ปริมาตร | 2 ปริมาตร



H_2 1 หน่วยปริมาตร | Cl_2 1 หน่วยปริมาตร | HCl 2 หน่วยปริมาตร

H_2 1 โมเลกุล | Cl_2 1 โมเลกุล | HCl 2 โมเลกุล

- แก๊สไฮโดรเจน (H_2) ทำปฏิกิ๊ริยากับแก๊สออกซิเจน (O_2) เกิดเป็นไอน้ำ (H_2O) มีอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 2:1:2 ตามลำดับ จงคำนวณหาปริมาตรของแก๊สไฮโดรเจนที่ทำปฏิกิ๊ริยาพอดีกับแก๊สออกซิเจน 40 ลูกบาศก์เดซิเมตร ที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส ความดัน 1 บรรยากาศ

แก๊สไฮโดรเจน	+	แก๊สออกซิเจน	⟶	ไอน้ำ
2 ปริมาตร		1 ปริมาตร		2 ปริมาตร

แก๊สออกซิเจน 1 ลูกบาศด์เดซิเมตร ทำปฏิกิรยาพอดีกับแก๊สไฮโดรเจน 2 ลูกบาศก์เดซิเมตร

แก๊สออกซิเจน 40 ลูกบาศด์เดซิเมตร ทำปฏิกิรยาพอดีกับแก๊สไฮโดรเจน 2x 40 =80 ลูกบาศก์เดซิเมตร

- กำหนดให้ แก๊สทุกชนิดวัดที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน ถ้าแก๊สไฮโดรเจน (H_2) ปริมาตร 50.60 ลูกบาศก์เดซิเมตร มี $1.024 x 10^{24}$ โมเลกุลจงคำนวณ
- แก๊สไนโตรเจน (N_2) $1.024 x 10^{24}$ โมเลกุล จะมีปริมาตรกี่ลูกบาศก์เดซิเมตร
- 50.60ลูกบาศก์เดซิเมตร
- แก๊สไฮโดรเจน จำนวน $3.612 x 10^{24}$ โมเลกุลมีปริมาตรกี่ลูกบาศก์เดซิเมตร

H_2 $1.024 X 10^{24}$ โมเลกุล มีปริมาตร 50.60 ลูกบาศก์เดซิเมตร

ถ้า H_2 $3.612 x 10^{24}$ โมเลกุลมีปริมาตร 178.5 ลูกบาศก์เดซิเมตร

- ที่ STP แก๊ส ไนโตรเจน (N_2) 30 ลูกบาศก์เซนติเมตร ทำปริกิริยาพอดีกับแก๊สไฮโดรเจน (H_2) 90 ลูกบาศก์เซนดิเมตร ได้แก๊สชนิดหนึ่ง 60 ลูกบาศก์เซนดิเมตร จงหาสูตรโมเลกุลของแก๊สที่เกิดขึ้น

	$N_2(g)$ +	$H_2(g)$ →	$N_xH_y(g)$
ปริมาตรของแก๊ส (ลูกบาศก์เซนติเมตร)	30	90	60
หาอัตราส่วนอย่างต่ำ	$\frac{30}{30} = 1.0$	$\frac{90}{30} = 3.0$	$\frac{60}{30} = 2.0$

$$N_2(g) + 3\,H_2(g) \longrightarrow 2\,N_xH_y(g)$$

2N

6H

2N/2

6H/2

NH_3

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารในสมการเคมี

	$CO_2(g)$	+	$Ca(OH)_2(aq)$	$\longrightarrow$	$CaCO_3(s)$	+	$H_2O(l)$
จำนวนโมล	1		1		1		1
จำนวนโมเลกุล หรืออนุภาค	6.02×10^{23}		6.02×10^{23}		6.02×10^{23}		6.02×10^{23}
มวล (กรัม)	44.0096		74.0930		100.0874		18.0152
ปริมาตร (ลูกบาศก์เดซิเมตร)	22.4		-		-		-

ปฏิกิริยาการเผาไหม้มีเทนเกิดขึ้นดังสมการ

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$$

- จงคำนวณหามวลของแก๊สออกซิเจน ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับแก๊สมีเทน 24.00 กรัม
- ถ้าใช้แก๊สมีเทน 96.00 กรัม ทำปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจนที่มากเกินพอจะเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาตรเท่าใด ที่ STP
- จะต้องใช้มวลของแก๊สมีเทนเท่าใด ทำปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจนที่มากเกินพอ เพื่อให้เกิดไอน้ำ จำนวน 3.01×10^{23} โมเลกุล

- จงคำนวณหามวลของแก๊สออกซิเจน ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับแก๊สมีเทน 24.00 กรัม

	$CH_4(g)$	+	$2O_2(g)$	$\longrightarrow$	$CO_2(g)$	+	$2H_2O(g)$
จำนวนโมล	1		2		1		2
มวล (กรัม)	1(16.0424)		2(31.9988)		1(44.0096)		2(18.0152)
ปริมาตร (ลูกบาศก์เดซิเมตร)	1(22.4)		2(22.4)		1(22.4)		2(22.4)
จำนวนโมเลกุล	$1(6.02 \times 10^{23})$		$2(6.02 \times 10^{23})$		$1(6.02 \times 10^{23})$		$2(6.02 \times 10^{23})$

- จากสมการ แก๊สมีเทน 1(16) g ทำปฏิกิริยาพอดีกับ O_2 2(32) g

  แล้ว แก๊สมีเทน 24 g ทำปฏิกิริยาพอดีกับ O_2 95.74 g

- ถ้าใช้แก๊สมีเทน 96.00 กรัม ทำปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจนที่มากเกินพอจะเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาตรเท่าใด ที่ STP

	$CH_4(g)$ +	$2O_2(g)$ $\longrightarrow$	$CO_2(g)$ +	$2H_2O(g)$
จำนวนโมล	1	2	1	2
มวล (กรัม)	1(16.0424)	2(31.9988)	1(44.0096)	2(18.0152)
ปริมาตร (ลูกบาศก์เดซิเมตร)	1(22.4)	2(22.4)	1(22.4)	2(22.4)
จำนวนโมเลกุล	$1(6.02 \times 10^{23})$	$2(6.02 \times 10^{23})$	$1(6.02 \times 10^{23})$	$2(6.02 \times 10^{23})$

- ใช้แก๊สมีเทน 16 กรัม ได้แก๊ส CO_2 22.4 dm^3

  ถ้าใช้มีเทน 96 กรัม จะได้แก๊ส CO_2 134 dm^3

- จะต้องใช้มวลของแก๊สมีเทนเท่าใด ทำปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจนที่มากเกินพอ เพื่อให้เกิดไอน้ำ จำนวน 3.01×10^{23} โมเลกุล

	$CH_4(g)$	+	$2O_2(g)$	$\longrightarrow$	$CO_2(g)$	+	$2H_2O(g)$
จำนวนโมล	1		2		1		2
มวล (กรัม)	1(16.0424)		2(31.9988)		1(44.0096)		2(18.0152)
ปริมาตร (ลูกบาศก์เดซิเมตร)	1(22.4)		2(22.4)		1(22.4)		2(22.4)
จำนวนโมเลกุล	$1(6.02 \times 10^{23})$		$2(6.02 \times 10^{23})$		$1(6.02 \times 10^{23})$		$2(6.02 \times 10^{23})$

- ได้ไอน้ำ 2(6.02x1023) โมเลกุล จาก มีเทน 16 กรัม
- ถ้าได้ไอน้ำ 3.01×10^{23} โมเลกุล จากมีเทน 4.01 กรัม

- หินตัวอย่างชนิดหนึ่งประกอบด้วย แคลเซียมคาร์บอเนต และทราย ถ้าใช้หินตัวอย่างจำนวน 40.0 กรัม ทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริก จำนวนมากเกินพอพบว่าเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 0.448 ลูกบาศก์เดซิเมตร ที่ STP จงคำนวณหาร้อยละของแคลเซียมคาร์บอเนตในหินตัวอย่าง (ถือว่าทรายไม่ทำปฏิกิริยากับกรด) สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$CaCO_3(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow CaCl_2(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$$

1(100.0874) g　　　　　　　　　　　　　　　　　1(22.4) dm^3

5%

สารกำหนดปริมาณ

- เป็นตัวกำหนดว่าจะเกิดผลิตภัณฑ์ตามปฏิกิริยาเคมีนั้นได้มากที่สุดเท่าใด
- เช่น ถ้าให้แก๊สมีเทน 8 กรัม เผาไหม้ในบรรยากาศของออกซิเจนจำนวน 48 กรัม 1. สารใดเป็นสารกำหนดปริมาณ สารใดเหลือและหรืออยู่กี่กรัม 2. จงคำนวณหามวลของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น

	$CH_4(g)$ +	$2O_2(g)$ →	$CO_2(g)$ +	$2H_2O(l)$
จำนวนโมล	1	2	1	2
มวล (กรัม)	1(16.0424)	2(31.9988)	1(44.0096)	2(18.0152)

ออกซิเจนเหลือ 16.1 g / CO_2 เกิด 21.9 g

การคำนวณสมการที่เกี่ยวข้องมากกว่าหนึ่งสมการ

- จงคำนวณหามวลของแก๊สคลอรีน ที่ต้องใช้ในการเกิดคาร์บอนเตตระคลอไรด์ 5.00 กิโลกรัม จากการเปลี่ยนแปลงดังสมการ

$$CS_2(l) + 3Cl_2(g) \longrightarrow S_2Cl_2(l) + CCl_4(l)$$ คูณ 8

$$8S_2Cl_2(l) + 4CS_2(l) \longrightarrow 3S_8(s) + 4CCl_4(l)$$

$$8CS_2(l) + 24Cl_2(g) \longrightarrow 8S_2Cl_2(l) + 8CCl_4(l)$$

$$12CS_2(l) + 24Cl_2(g) \longrightarrow 3S_8(s) + 12CCl_4(l)$$ หาร 3

$$4CS_2(l) + 8Cl_2(g) \longrightarrow S_8(s) + 4CCl_4(l)$$

4.61 กิโลกรัม

ไฮโดรเจนไซยาไนด์ (HCN) สามารถเตรียมได้ดังนี้

$$NH_3(g) + O_2(g) \longrightarrow NO(g) + H_2O(g)$$

$$NO(g) + CH_4(g) \longrightarrow HCN(g) + H_2O(g) + H_2(g)$$

ถ้าใช้แก๊สแอมโมเนีย (NH_3) 24.2 กรัม และแก๊สมีเทน (CH_4) 25.1 กรัม จะเกิดไฮโดรเจนไซยาไนด์กี่กรัม

$$4NH_3(g) + 5O_2(g) + 4CH_4(g) \longrightarrow 4HCN(g) + 10H_2O(g) + 2H_2(g)$$

จะเกิดแก๊สไฮโดรเจนไซยาไนด์ 38.4 กรัม

ผลได้ร้อยละ

- ปริมาณสารผลิตภัณฑ์ที่คำนวณได้จากสมการเคมี เรียกว่า **<u>ผลได้ตามทฤษฎี</u>**
- แต่ในทางปฏิบัติปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจริงจะน้อยกว่าที่คำนวณ เรียกว่า **<u>ผลได้จริง</u>**
- การรายงานผลการทดลองนิยมรายงานเป็น**<u>ผลได้ร้อยละ</u>** เทียบกับผลตามทฤษฎี

$$\text{ผลได้ร้อยละ} = \frac{\text{ผลได้จริง (กรัมหรือโมล)}}{\text{ผลได้ตามทฤษฎี (กรัมหรือโมล)}} \times 100$$

ปัจจัยใดบ้างที่ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์น้อยกว่าที่คำนวณได้

- แยกสารผลิตภัณฑ์ออกไม่หมด
- ผลิตภัณฑ์ทำปฏิกิริยากันเอง
- ทำปฏิกิริยากับสารตั้งต้นได้สารใหม่
- เกิดปฏิกิริยาไม่สมบูรณ์

- ถ้านำเบนซีน จำนวน 15.6 กรัม มาทำปฏิกิริยากับกรดไนตริก จำนวนมากเกินพอ พบว่าเกิดไนโตรเบนซีน 18.0 กรัม จงหาผลได้ร้อยละ

	$C_6H_6(l)$	+ $HNO_3(aq)$	$\longrightarrow$	$C_6H_5NO_2(l)$	+ $H_2O(l)$
จำนวนโมล	1	1		1	1
มวล (กรัม)	1(78.1122)	1(63.0128)		1(123.1098)	1(18.0152)

ผลที่ได้ตามทฤษฎี 24.6 กรัม

$$\text{ผลได้ร้อยละ} = \left(\frac{18.0\ \not{g}}{24.6\ \not{g}}\right) \times 100 = 73.2$$

จากการทดลองนำกรดบิวทาโนอิก ($C_4H_8O_2$) 10.0 กรัม ทำปฏิกิริยากับเอทานอล (C_2H_6O) 3.14 กรัม ได้เอทิลบิวทาโนเอต ($C_6H_{12}O_2$) และน้ำ (H_2O) จงคำนวณหา

(1) สารใดเป็นสารกำหนดปริมาณ เอทานอล

(2) มวลของเอทิลบิวทาโนเอตที่เกิดขึ้น 7.92 กรัม

(3) ถ้าการทดลองพบว่าเกิดเอทิลบิวทาโนเอต 5.30 กรัม ผลได้ร้อยละเป็นเท่าใด 66.9%

ปฏิกิริยา :	$C_4H_8O_2(aq)$	+	$C_2H_6O(aq)$	$\longrightarrow$	$C_6H_{12}O_2(aq)$	+	$H_2O(l)$
จำนวนโมล	1		1		1		1
มวล (กรัม)	1(88.1052)		1(46.0684)		1(116.1584)		1(18.0152)