

รวมสูตรคณิตศาสตร์ม.ปลาย โดยครุฑน้อย (อ. นันทวัน มั่นจิตร์)

1. เซต

สมบัติบางประการที่เกี่ยวกับการปฏิบัติการทางเซต

1. กฎการสลับที่ $A \cup B = B \cup A$ $A \cap B = B \cap A$
2. กฎการเปลี่ยนกลุ่ม $(A \cup B) \cup C = A \cup (B \cup C)$ $(A \cap B) \cap C = A \cap (B \cap C)$
3. กฎการแจกแจง $A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C)$ $A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C)$
4. กฎเอกลักษณ์ $A \cup \emptyset = A$ $A \cup U = U$ $A \cap \emptyset = \emptyset$ $A \cap U = A$
5. กฎการซ้ำ $A \cup A = A$ $A \cap A = A$
6. กฎคอมพลีเมนต์ $A \cup A' = U$ $\emptyset' = U$ $(A')' = A$ $A \cap A' = \emptyset$ $U' = \emptyset$
7. กฎเดอมอร์แกน $(A \cup B)' = A' \cap B'$ $(A \cap B)' = A' \cup B'$

สูตรนี้ออกบ่อยค่ะ ♥***** $A - B = A \cap B'$ *****♥ จำไว้ให้ขึ้นคาคะ

สมบัติของสับเซต กำหนด A เป็นเซตใดๆ แล้วจะได้

- 1) $\emptyset \subset A$
- 2) $A \subset A$
- 3) ถ้าจำนวนสมาชิก A มี m ตัว แล้วจำนวนสมาชิกสับเซตของ A จะมี 2^m เซต
- 4) จำนวนสับเซตแท้ของ A จะมี $2^m - 1$ เซต
- 5) ให้ $A = \{1, 2, 3, \dots, m\}$ และ $B = \{1, 2, 3, \dots, n\}$ โดยที่ $m < n$ แล้วจะได้
 - 5.1) ถ้า $A \subset X \subset B$ แล้วจำนวนเซต $X = 2^{n-m}$ เซต
 - 5.2) ถ้า $A \cap X \neq \emptyset$ และ $X \subset B$ แล้วจำนวนเซต $X = 2^n - 2^{n-m}$ เซต

นิยาม ให้ A เป็นเซต เพาเวอร์เซตของ A หมายถึง $\{x \mid x \subset A\}$ ใช้สัญลักษณ์ $P(A)$ แทนเพาเวอร์เซตของ A

สมบัติของเพาเวอร์เซต (Power set) กำหนด A เป็นเซตใดๆ จะได้ว่า

- 1) $\emptyset \in P(A)$ และ $\{\emptyset\} \subset P(A)$
- 2) $A \in P(A)$ และ $\{A\} \subset P(A)$
- 3) ถ้า $n(A) = m$ ตัวแล้ว $n(P(A)) = 2^m$
- 4) ถ้า $n(A) = m$ ตัวแล้ว $n(P(P(A))) = 2^{2^m}$

2. ตรรกศาสตร์

สมมูล (\equiv)

1. $\sim(\sim p) \equiv p$
2. เดอมอร์แกน $\sim(p \vee q) \equiv \sim p \wedge \sim q$, $\sim(p \wedge q) \equiv \sim p \vee \sim q$
3. สลับที่ $p \wedge q \equiv q \wedge p$, $p \vee q \equiv q \vee p$, $p \leftrightarrow q \equiv q \leftrightarrow p$
4. เปลี่ยนกลุ่ม $p \wedge (q \wedge r) \equiv (p \wedge q) \wedge r$, $p \vee (q \vee r) \equiv (p \vee q) \vee r$
5. แจกแจง $p \wedge (q \vee r) \equiv (p \wedge q) \vee (p \wedge r)$, $p \vee (q \wedge r) \equiv (p \vee q) \wedge (p \vee r)$

6. ถ้าแล้วที่ควรรู้ ♥* ออกข้อสอบตลอดเลยคะ ♥*

$$\begin{aligned} \Rightarrow p \rightarrow q &\equiv \sim p \vee q \\ \Rightarrow \sim(p \rightarrow q) &\equiv p \wedge \sim q \\ \Rightarrow p \rightarrow q &\equiv \sim q \rightarrow \sim p \end{aligned}$$

7. ก็ต่อเมื่อที่ควรรู้

$$\begin{aligned} \Rightarrow (p \leftrightarrow q) &\equiv (p \rightarrow q) \wedge (q \rightarrow p) \\ \Rightarrow \sim(p \leftrightarrow q) &\equiv \sim p \leftrightarrow q \equiv p \leftrightarrow \sim q \\ \Rightarrow (p \leftrightarrow q) &\equiv \sim p \leftrightarrow \sim q \equiv \sim q \leftrightarrow \sim p \end{aligned}$$

8. พิเศษสุด ๆ (\rightarrow เข้าข้างหน้า \wedge, \vee ไม่เปลี่ยนเครื่องหมาย) ♥

$$P \rightarrow (q \wedge r) \equiv (p \rightarrow q) \wedge (p \rightarrow r), \quad P \rightarrow (q \vee r) \equiv (p \rightarrow q) \vee (p \rightarrow r)$$

พิเศษสุด ๆ (แต่ \rightarrow เข้าข้างหลัง \wedge, \vee ต้องเปลี่ยนเครื่องหมาย) ♥

$$(p \wedge q) \rightarrow r \equiv (p \rightarrow r) \vee (q \rightarrow r), \quad (p \vee q) \rightarrow r \equiv (p \rightarrow r) \wedge (q \rightarrow r)$$

นิเสธของประพจน์ที่มีตัวบ่งปริมาณ

1. $\sim \forall x[P(x)] \equiv \exists x[\sim P(x)]$
2. $\sim \exists x[P(x)] \equiv \forall x[\sim P(x)]$
3. $\sim \forall x \forall y[P(x, y)] \equiv \exists x \exists y[\sim P(x, y)]$
4. $\sim \forall x \exists y[P(x, y)] \equiv \exists x \forall y[\sim P(x, y)]$
5. $\sim \exists x \forall y[P(x, y)] \equiv \forall x \exists y[\sim P(x, y)]$
6. $\sim \exists x \exists y[P(x, y)] \equiv \forall x \forall y[\sim P(x, y)]$

3. ระบบจำนวนจริงและทฤษฎีจำนวน

ทฤษฎีบทเศษเหลือ (Remainder Theorem) : พหุนาม $P(x)$ หารด้วย $x - a$ จะมีเศษเหลือเท่ากับ $P(a)$

ทฤษฎีบทตัวประกอบจำนวนตรรกยะ : ถ้า $x - \frac{a}{b}$ โดยที่ ห.ร.ม. $(a, b) = 1$ เป็นตัวประกอบของพหุนาม

$$a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + a_{n-2} x^{n-2} + \dots + a_2 x^2 + a_1 x + a_0 \quad \text{แล้ว } a \mid a_0 \text{ และ } b \mid a_n$$

ค่าสัมบูรณ์ (Absolute value)

$$\text{นิยาม} \quad |a| = a \text{ เมื่อ } a \geq 0 \text{ และ } |a| = -a \text{ เมื่อ } a \leq 0$$

สมบัติค่าสัมบูรณ์

1. $|ab| = |a| |b|$
2. $|a+b| \leq |a| + |b|$
3. $|a-b| \geq |a| - |b|$
4. $\sqrt{a^2} = |a|$ ♥* ออกข้อสอบตลอดเลยคะ ♥*
5. $\sqrt[n]{a^n} = \begin{cases} |a|, & \text{เมื่อ } n = 2, 4, 6, \dots \\ a, & \text{เมื่อ } n = 3, 5, 7, \dots \end{cases}$
6. $|x| \leq a$ เมื่อ $-a \leq x \leq a$
7. $|x| \geq a$ เมื่อ $x \leq -a$ หรือ $x \geq a$

ทฤษฎีจำนวน

1. ถ้า $n|m$ แล้ว $m = nc$ เมื่อ $c \in I$
2. ถ้า $n \nmid m$ แล้ว $m = nq + r$ เมื่อ $0 < r < |n|$
3. $(a, b)[a, b] = |ab|$

4. ความสัมพันธ์และฟังก์ชัน

สมบัติเกี่ยวกับผลคูณคาร์ทีเซียน

1. $A \times (B \cup C) = (A \times B) \cup (A \times C)$
2. $(A \cup B) \times C = (A \times C) \cup (B \times C)$
3. $A \times (B \cap C) = (A \times B) \cap (A \times C)$
4. $(A \cap B) \times C = (A \times C) \cap (B \times C)$
5. $A \times (B - C) = (A \times B) - (A \times C)$
6. $(A - B) \times C = (A \times C) - (B \times C)$
7. $A \times B = \emptyset$ ก็ต่อเมื่อ $A = \emptyset$ หรือ $B = \emptyset$
8. ถ้า $A \times C = B \times C$ และ $C \neq \emptyset$ แล้ว $A = B$
9. ถ้า A และ B เป็นเซตจำกัด แล้ว $n(A \times B) = n(A) \times n(B)$

ฟังก์ชัน

บทนิยาม กำหนดให้ f เป็นฟังก์ชันจาก A ไป B จะได้

$$D_f = \{x \mid (x, y) \in f\}, \quad R_f = \{y \mid (x, y) \in f\}$$

บทนิยาม ถ้า r เป็นความสัมพันธ์จากเซต A ไป B แล้ว r^{-1} เป็นความสัมพันธ์จากเซต B ไป A

$$D_{r^{-1}} = R_r \text{ และ } R_{r^{-1}} = D_r$$

คอมโพสิทฟังก์ชัน

1. $f \circ g(x) = f(g(x))$
2. $f \circ g(x) \neq g \circ f(x)$

พีชคณิตของฟังก์ชัน กำหนดให้ f และ g เป็นฟังก์ชันในเซตของจำนวนจริง

1. $f + g = \{(x, y) \mid y = f(x) + g(x) \text{ และ } x \in D_f \cap D_g\}$
2. $f - g = \{(x, y) \mid y = f(x) - g(x) \text{ และ } x \in D_f \cap D_g\}$
3. $f \cdot g = \{(x, y) \mid y = f(x) \cdot g(x) \text{ และ } x \in D_f \cap D_g\}$
4. $\frac{f}{g} = \{(x, y) \mid y = \frac{f(x)}{g(x)} \text{ และ } x \in D_f \cap D_g \text{ และ } g(x) \neq 0\}$

6. เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเรขาคณิตวิเคราะห์

1. ระยะทางระหว่างจุดสองจุด

ทฤษฎีบท ถ้า $p_1(x_1, y_1)$ และ $p_2(x_2, y_2)$ เป็นจุดในระนาบ ระยะทางระหว่าง $p_1 p_2 = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$

2. จุดกึ่งกลางระหว่างจุดสองจุด

ทฤษฎีบท ถ้าจุด $p(x, y)$ เป็นจุดกึ่งกลางระหว่างจุด $p_1(x_1, y_1)$ และ $p_2(x_2, y_2)$ แล้ว $x = \frac{x_1 + x_2}{2}$ และ $y = \frac{y_1 + y_2}{2}$

3. จุดแบ่งอัตราส่วน $m : n$

ทฤษฎีบท ถ้าจุด $p(x, y)$ เป็นจุดที่อยู่ระหว่างจุด $p_1(x_1, y_1)$ และ $p_2(x_2, y_2)$ และแบ่งส่วนของเส้นตรง p_1p_2 ออกเป็น อัตราส่วน $p_1p : pp_2 = m : n$ แล้ว $x = \frac{mx_2 + nx_1}{m+n}$ และ $y = \frac{my_2 + ny_1}{m+n}$

4. จุดตัดเส้นมัธยฐาน

ทฤษฎีบท กำหนด $\triangle ABC$ มีพิกัด $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3)$ และ $O(x, y)$ เป็นจุดตัดเส้นมัธยฐานทั้งสามเส้น

$$\text{จะได้ } x = \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3} \text{ และ } y = \frac{y_1 + y_2 + y_3}{3}$$

5. ความชันของเส้นตรง

บทนิยาม กำหนดให้ L เป็นเส้นตรงที่ผ่านจุด $A(x_1, y_1)$ และ $B(x_2, y_2)$ แล้วความชันเส้นตรง $L = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$

6. สมการเส้นตรง

เส้นตรงที่ผ่านจุด (x_1, y_1) และมีความชัน m จะมี สมการเส้นตรงคือ $y - y_1 = m(x - x_1)$

7. ระยะห่างระหว่างเส้นตรงกับจุด

ทฤษฎีบท ระยะห่างระหว่างเส้นตรง $Ax + By + C = 0$ กับจุด (x_1, y_1) คือ $d = \frac{|Ax_1 + By_1 + C|}{\sqrt{A^2 + B^2}}$

8. ระยะห่างระหว่างเส้นคู่ขนาน

ทฤษฎีบท ระยะห่างระหว่างเส้นตรง $Ax + By + C_1 = 0$ และ $Ax + By + C_2 = 0$ คือ $d = \frac{|C_1 - C_2|}{\sqrt{A^2 + B^2}}$

วงกลม คือ เซตของจุดทุกจุดบนระนาบ ซึ่งอยู่ห่างจากจุดคงที่จุดหนึ่งเป็นระยะทางเท่ากันเสมอ

- สมการของวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางที่จุดกำเนิด และมีรัศมีเท่ากับ r คือ $x^2 + y^2 = r^2$
- สมการของวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางที่ (h, k) และมีรัศมีเท่ากับ r คือ $(x - h)^2 + (y - k)^2 = r^2$
- สมการของวงกลมสามารถเขียนในรูปทั่วไปได้คือ $x^2 + y^2 + Ax + By + C = 0$ เมื่อ A, B และ C เป็นค่าคงตัวที่มี $(h, k) = (-\frac{A}{2}, -\frac{B}{2})$ และ $r = \sqrt{h^2 + k^2 - c}$

วงรี คือ เซตของจุดซึ่งผลบวกของระยะทางจากจุดใดๆ ไปยังจุดคงที่สองจุดมีค่าคงตัวเสมอ (ค่าคงตัว $= 2a$)

a. สมการของวงรีที่มีจุดศูนย์กลางที่จุดกำเนิด $(0, 0)$

- แกนเอกอยู่บนแกน x คือ $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ จุดยอด $(a, 0)$ กับ $(-a, 0)$ โฟกัส $(c, 0)$ กับ $(-c, 0)$
- แกนเอกอยู่บนแกน y คือ $\frac{x^2}{b^2} + \frac{y^2}{a^2} = 1$ จุดยอด $(0, a)$ กับ $(0, -a)$ โฟกัส $(0, c)$ กับ $(0, -c)$

b. สมการของวงรีที่มีจุดศูนย์กลางที่ (h, k)

- แกนเอกอยู่บนแกน x คือ $\frac{(x-h)^2}{a^2} + \frac{(y-k)^2}{b^2} = 1$ จุดยอด $(h \pm a, k)$ โฟกัส $(h \pm c, k)$
- แกนเอกอยู่บนแกน y คือ $\frac{(x-h)^2}{b^2} + \frac{(y-k)^2}{a^2} = 1$ จุดยอด $(h, k \pm a)$ โฟกัส $(h, k \pm c)$

c. เมื่อ a คือระยะทางจากจุดศูนย์กลางถึงจุดยอด มีแกนเอกยาว $= 2a$

b คือระยะทางจากจุดศูนย์กลางถึงจุดปลายของแกนโท มีแกนโทยาว $= 2b$

c คือระยะทางจากจุดศูนย์กลางถึงโฟกัส และ $a^2 = b^2 + c^2$ ความยาวลาตัสเรกตัม $= \frac{2b^2}{a}$

สมการทั่วไปของวงรีคือ $Ax^2 + By^2 + Cx + Dy + E = 0$ เมื่อ $A \neq B$ และ A, B มีเครื่องหมายเหมือนกัน

สรุปสูตรที่จำเป็นต่อการคำนวณข้อสอบฟิสิกส์ ม.ปลาย

โดยครุฑมิก (กนกพล ชัยวรวิทย์กุล)

การเคลื่อนที่แนวตรง

- เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอ : อัตราเร็วเฉลี่ย $v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$ ความเร็วเฉลี่ย $\bar{v} = \frac{\Delta \bar{S}}{\Delta t}$
- ความเร่ง $\bar{a} = \frac{\Delta \bar{v}}{\Delta t}$
- เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร่งสม่ำเสมอ $v = u + at$ $S = \frac{1}{2}(u + v)t$
 $v^2 = u^2 + 2as$ $S = ut + \frac{1}{2}at^2$

หมายเหตุ 1: กำหนดให้ทิศ u เป็น + เสมอ, ตัวแปรใดทิศตาม u เป็น + ถ้าทิศตรงข้าม u เป็น -

หมายเหตุ 2: ถ้าเป็นการตกแบบเสรี ให้เปลี่ยนความเร่งจาก a เป็น g (โยนขึ้น $g -$, ตกหรือขว้างลง $g +$)

- กราฟ $\bar{S} \& t$: ความเร็ว \bar{v} = ความชัน
- กราฟ $\bar{v} \& t$: ความเร่ง \bar{a} = ความชัน
- กราฟ $\bar{v} \& t$: การกระจัด \bar{S} = ผลต่างพื้นที่ใต้กราฟ, ระยะทาง S = ผลบวกพื้นที่ใต้กราฟ
- กราฟ $\bar{a} \& t$: ความเร็วที่เปลี่ยนไป $\Delta \bar{v}$ = ผลต่างพื้นที่ใต้กราฟ

แรง มวล กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

- กฎข้อที่ 1 ของนิวตัน $\sum \vec{F} = 0$ (แรงในแนวแกนเดียวกันหักล้างกันหมด)
- กฎข้อที่ 1 ใช้เมื่อวัตถุหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว
- กฎข้อที่ 2 ของนิวตัน $\sum \vec{F} = m\vec{a}$
- กฎข้อที่ 2 ใช้เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งหรือถูกแรงลัพธ์กระทำ
- กฎข้อที่ 3 ของนิวตัน (ใช้การกลับประจันเป็นกรรม, กรรมเป็นประธาน เพื่อหาแรงคู่กิริยา – ปฏิกิริยา)
- แรงดึงดูดระหว่างมวล $F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$, แรงโน้มถ่วงเป็นแรงดึงดูดระหว่างมวล $mg = \frac{GMm}{r^2}$
- ค่าความเร่งโน้มถ่วงบนดาวเคราะห์ $g = \frac{Gm}{r^2}$ (m และ r คือ มวลและรัศมีของดาวเคราะห์ ตามลำดับ)
- แรงเสียดทานสถิต, $f_{s,max} = \mu_s N$ และแรงเสียดทานจลน์, $f_k = \mu_k N$ โดยที่ $\mu_s > \mu_k$ เสมอ

การเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์

- แนวราบ: ไม่มีแรงกระทำ ($\sum \vec{F}_x = 0$) \rightarrow ไม่มีความเร่ง ($\bar{a}_x = 0$) \rightarrow ความเร็วคงที่ ($S_x = v_x t$)
- แนวตั้ง: แรงโน้มถ่วง ($\sum \vec{F}_y = m\vec{g}$) \rightarrow ความเร่งโน้มถ่วง ($\bar{a}_y = \vec{g}$) \rightarrow ความเร่งคงตัว (สูตรคำนวณ 4 สูตร)
- ความเร็วลัพธ์ $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$, มุมของทิศทางความเร็วที่ทำกับแนวระดับ $\theta = \tan^{-1} \frac{v_y}{v_x}$

- ความสัมพันธ์ระหว่างพิสัยแนวราบและแนวดิ่ง $\frac{y}{x} = \frac{1}{4} \tan \theta$
- สำหรับโปรเจกไทล์แบบเต็มใบ
 1. พิสัยแนวราบไกลสุดที่มุมยิง 45°
 2. การยิง 2 ครั้ง ถ้าเริ่มต้นยิงด้วยอัตราเร็วต้นเดียวกันแล้ว จะตกลงที่จุดเดียวกันได้เมื่อมุมยิงสองครั้ง $\theta_1 + \theta_2 = 90^\circ$

การเคลื่อนที่แบบวงกลม

- ความถี่และคาบ $f = \frac{1}{T}$
- ความเร็วเชิงมุม $\omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t} = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$, ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเชิงเส้นและเชิงมุม $v = \omega r$
- แรงสู่ศูนย์กลาง $\sum \vec{F}_C = m\vec{a}_C$ (เพื่อเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่)
- แรงตามแนวเส้นสัมผัส $\sum \vec{F}_T = m\vec{a}_T$ (เพื่อเปลี่ยนขนาดของความเร็ว)
- แนวสู่ศูนย์กลางและแนวสัมผัสมีทิศตั้งฉากกัน ดังนั้น $F = \sqrt{F_C^2 + F_T^2}$ $a = \sqrt{a_C^2 + a_T^2}$
- ความเร่งสู่ศูนย์กลาง $a_C = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r$
- แรงสู่ศูนย์กลาง $F_C = m \frac{v^2}{r} = m\omega^2 r$

สมดุล

- สภาพสมดุลต่อการเลื่อนที่ (ไม่เลื่อนเลย(สภาพนิ่ง) หรือเลื่อนด้วยความเร็วเชิงเส้นคงที่)
 $\sum \vec{F}_x = 0$ (แรงซ้ายเท่ากับแรงขวา) และ $\sum \vec{F}_y = 0$ (แรงขึ้นเท่ากับแรงลง)
- สภาพสมดุลต่อการหมุน (ไม่หมุนเลย(สภาพนิ่ง) หรือหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงที่)
 $\sum \vec{M} = 0$ (โมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกาเท่ากับโมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา)
- สภาพสมดุลสมบูรณ์ (สมดุลต่อการเลื่อนที่และต่อการหมุนในเวลาเดียวกัน)
 $\sum \vec{F}_x = 0, \quad \sum \vec{F}_y = 0$ และ $\sum \vec{M} = 0$
- การหาตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวล (C.M.) และจุดศูนย์กลางถ่วง (C.G.) ของอนุภาคที่เรียงอยู่บนแนวเส้นตรงเดียวกัน

$$x_{C.M.} = \frac{\sum m_i x_i}{\sum m_i} = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2 + m_3 x_3 + \dots}{m_1 + m_2 + m_3 + \dots}$$

งานและพลังงาน

- งาน $W = \vec{F} \cdot \vec{S}$
- กำลัง $P = \frac{W}{t} = \vec{F} \cdot \vec{v}$
- พลังงานกล $E = E_k + E_p$ ประกอบด้วย
 พลังงานจลน์ $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ พลังงานศักย์โน้มถ่วง $E_p = mgh$ พลังงานศักย์ยืดหยุ่น $E_{ps} = \frac{1}{2}kx^2$

- แรงดึงในสปริง $F = kx$
- กฎการอนุรักษ์พลังงาน (กฎทรงพลังงาน) $E_1 = E_2$ หรือ $v^2 = u^2 \pm 2gs$
- ทฤษฎีงาน – พลังงานจลน์ $E_{k2} = E_{k1} + W_{1 \rightarrow 2}$

การดลและโมเมนตัม

- โมเมนตัม $\vec{P} = m\vec{v}$
- การดล $\vec{I} = \Delta\vec{P} = \sum \vec{F} \cdot t = m(\vec{v} - \vec{u})$
 1. กราฟ \vec{F} & t : การดล \vec{I} = พื้นที่ใต้กราฟ
 2. ถ้ากระแทกแล้ววัตถุสะท้อนกลับ, ค่า $(\vec{v} - \vec{u})$ ให้นำความเร็วมาบวกกัน
- การชนแบบยืดหยุ่น (กรณีมีวัตถุในระบบ 2 ก้อน, ไม่มีแรงจากภายนอก)

สมการ 1: $\sum \vec{P}$ ก่อนชน = $\sum \vec{P}$ หลังชน : $m_1\vec{u}_1 + m_2\vec{u}_2 = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2$

สมการ 2: $\sum E_k$ ก่อนชน = $\sum E_k$ หลังชน : $\frac{1}{2}m_1u_1^2 + \frac{1}{2}m_2u_2^2 = \frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2$
- การชนแบบไม่ยืดหยุ่น (กรณีมีวัตถุในระบบ 2 ก้อน, ไม่มีแรงจากภายนอก)

สมการ 1: $\sum \vec{P}$ ก่อนชน = $\sum \vec{P}$ หลังชน : $m_1\vec{u}_1 + m_2\vec{u}_2 = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2$

$\sum E_k$ ก่อนชน > $\sum E_k$ หลังชน (ชนแล้วติดกันไป, ชนแล้วพลังงานสูญเสีย)
- การระเบิด

สมการ 1: $\sum \vec{P}$ ก่อนชน = $\sum \vec{P}$ หลังชน : $m_1\vec{u}_1 + m_2\vec{u}_2 = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2$

การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

- ทิศแรง (ทิศความเร่ง) มีทิศตรงข้ามกับทิศการกระจัดตลอดเวลา ($F = -kx$)
- ปริมาณการกระจัด, ความเร็ว และความเร่งมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลาที่เคลื่อนที่ (ไม่มีปริมาณใดคงที่เลย)
- การเคลื่อนที่ที่กลับไปกลับมารอบตำแหน่งสมดุลนี้ ถือว่า พลังงานในระบบคงที่ตลอดเวลา ไม่มีการสูญเสีย
- การกระจัด $S = A \sin \omega t$ (พิจารณาจากกรณีเริ่มต้นเคลื่อนที่จากตำแหน่งสมดุล, $x = 0$ เมื่อ $t = 0$)
- ความเร็ว $v = \omega A \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) = \omega A \cos \omega t$
- ความเร่ง $a = \omega A \sin(\omega t + \pi) = -\omega^2 A \sin \omega t = -\omega^2 S$ (แสดงได้ว่า $a \propto -S$)
- ที่ตำแหน่งไกลสุด (การกระจัด = A); ความเร็วน้อยสุด ($v_{\min} = 0$) แต่ ความเร่งมากที่สุด ($a_{\max} = \omega^2 A$)
- ที่ตำแหน่งสมดุล (การกระจัด = 0); ความเร็วมากที่สุด ($v_{\max} = \omega A$) แต่ ความเร่งน้อยสุด ($a_{\min} = 0$)
- พลังงานของการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์มอนิก $E = \frac{1}{2}kA^2$, k คือ ค่าคงที่ของระบบ ($k = m\omega^2$)
- คาบการแกว่งของมวลติดปลายสปริง $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ สั้นในแนวดิ่งหรือแนวนอนก็ได้
- คาบการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ ไม่ขึ้นกับมวลของลูกตุ้มที่นำมาแกว่ง

รวมสูตรวิชาเคมี โดยครุหน้อย (เจริญพร โชคบริบาล)

อะตอมและโครงสร้างอะตอม

แบบจำลองอะตอม

1. ดอลตัน



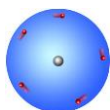
ธาตุประกอบด้วยอนุภาคเล็กๆที่เรียกว่า อะตอม ซึ่งแบ่งแยกทำให้สูญหายไม่ได้ อะตอมของธาตุชนิดเดียวกันจะมีสมบัติเหมือนกันและมีสมบัติแตกต่างจากธาตุอื่น

2. ทอมสัน



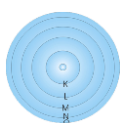
ทอมสันทดลองโดยใช้หลอดรังสีแคโทด จนได้ค่า e/m เป็นค่าคงที่พบว่าอะตอม ประกอบด้วยอนุภาคมูลฐานที่เรียกว่าอิเล็กตรอน โกลด์สไตน์ได้คิดแปลงหลอดรังสีพบว่าแก๊สทุกชนิดประกอบด้วยอนุภาคบวกที่เรียกว่า โปรตอน ดังนั้นแบบจำลองอะตอมของทอมสัน คืออะตอมเป็นทรงกลมตัน มีอนุภาคที่เป็น ลบ (อิเล็กตรอน) และ บวก (โปรตอน) กระจายอย่างสม่ำเสมอ

3. รัทเทอร์ฟอร์ด



รัทเทอร์ฟอร์ดทำการทดลองยิงอนุภาคแอลฟาไปยังแผ่นทองคำบาง ด้านหลังเป็นฉากเรืองแสง ได้แบบจำลองว่า อะตอมประกอบด้วย นิวเคลียสเป็นที่รวมของโปรตอน(+) มีขนาดเล็กแต่มวลมาก ส่วนอิเล็กตรอน(-) มีมวลน้อยมากเคลื่อนที่เป็นชั้นเดียวรอบนิวเคลียส

4. นีลส์ บอห์ร



บอห์รศึกษาสเปกตรัมและพลังงานไอออไนเซชัน สรุปว่าอะตอมประกอบด้วยนิวเคลียส เป็นที่รวมของโปรตอน(+) และนิวตรอน(0) ส่วนอิเล็กตรอน (-) เคลื่อนที่เป็นชั้นๆ ตามระดับพลังงานรอบนิวเคลียส

5. กลุ่มหมอก



อะตอมประกอบด้วยกลุ่มหมอกของอิเล็กตรอนรอบนิวเคลียส บริเวณที่มีกลุ่มหมอกที่บีบเป็นบริเวณที่มีโอกาสพบอิเล็กตรอนมาก

อนุภาคมูลฐานของอะตอม

อนุภาค	สัญลักษณ์	มวล(g)	ประจุ(C)	ชนิดของประจุ
โปรตอน	p	1.67×10^{-24}	1.6×10^{-19}	+1
นิวตรอน	n	1.67×10^{-24}	0	0
อิเล็กตรอน	e	9.1×10^{-28}	1.6×10^{-19}	-1

สัญลักษณ์นิวเคลียร์

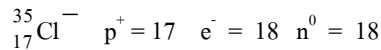
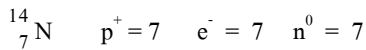
${}_Z^AX$

Z คือเลขอะตอม (atomic number) = p^+ ในอะตอมที่เป็นกลาง $p^+ = e^-$

A คือเลขมวล (mass number) = $p^+ + n^0$

$A - Z = n^0$

ตัวอย่างเช่น



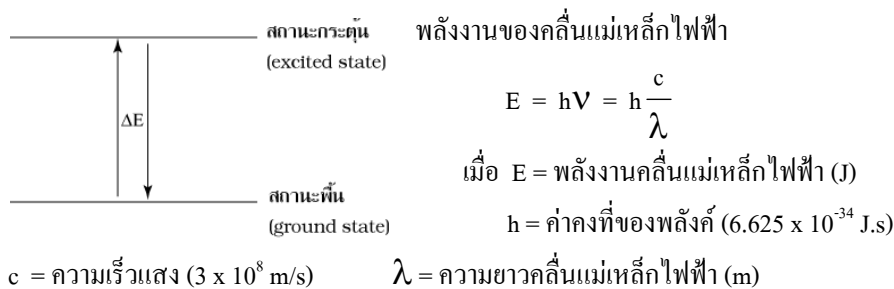
ไอโซโทป (Isotope) : อะตอมของธาตุชนิดเดียวกันจำนวนนิวตรอนต่างกัน เช่น ${}^1_1\text{H}$, ${}^2_1\text{H}$, ${}^3_1\text{H}$

ไอโซโทน (Isotone) : อะตอมของธาตุต่างชนิดกันมีจำนวนนิวตรอนเท่ากัน เช่น ${}^{13}_6\text{C}$, ${}^{14}_7\text{N}$

ไอโซบาร์ (Isobar) : อะตอมของธาตุต่างชนิดกันที่มีเลขมวลเท่ากัน เช่น ${}^{14}_6\text{C}$, ${}^{14}_7\text{N}$

ไอโซอิเล็กทรอนิก (Isoelectronic) : อะตอมหรือไอออนของธาตุต่างชนิดกันที่จำนวนอิเล็กตรอนเท่ากัน เช่น ${}_{11}\text{Na}^+$, ${}_{8}\text{O}^{2-}$

จากการศึกษาสเปกตรัมของแก๊ส จะได้ว่าสเปกตรัม คือ พลังงานในรูปแสงที่อะตอมในภาวะกระตุ้นคายพลังงานออกมาเพื่อกลับสู่ภาวะพื้น (ground state)



การศึกษาพลังงานไอออนในเซชันและการจัดเรียงอิเล็กตรอน

จากการศึกษาสเปกตรัมและค่าพลังงานไอออนในเซชันจะทำให้ได้การจัดเรียงอิเล็กตรอนตามแบบจำลองอะตอมของบอร์

การจัดเรียงอิเล็กตรอนตามระดับพลังงานหลัก มีหลักการการจัดเรียงดังนี้

1. จำนวนอิเล็กตรอนที่สามารถบรรจุได้สูงสุดในแต่ละชั้นเป็นไปตามสูตร $2n^2$
2. อิเล็กตรอนวงนอกสุด (valence electron) มีได้ไม่เกิน 8
3. อิเล็กตรอนก่อนวงนอกสุด ต้องเป็น 8 หรือ 18 เท่านั้น

จากการจัดเรียงอิเล็กตรอน จะได้ว่า เวเลนซ์อิเล็กตรอนบอกหมู่ จำนวนระดับพลังงานบอกคาบ

****สำหรับโลหะทรานซิชัน** อิเล็กตรอนวงนอกสุดต้องเป็น 2 เท่านั้น ยกเว้น Cr, Cu มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเป็น 1 และจำนวนอิเล็กตรอนที่เหลือจะบรรจุไว้ในชั้นก่อนวงนอกสุด

ตัวอย่าง เช่น

${}_{11}\text{Na} = 2, 8, 1$	Na เป็นธาตุในหมู่ 1 คาบ 3 ในตารางธาตุ
${}_{20}\text{Ca} = 2, 8, 8, 2$	Ca เป็นธาตุในหมู่ 2 คาบ 4 ในตารางธาตุ
${}_{24}\text{Cr} = 2, 8, 13, 1$	Cr เป็นโลหะทรานซิชันคาบ 4 ในตารางธาตุ

การจัดเรียงอิเล็กตรอนตามระดับพลังงานย่อย

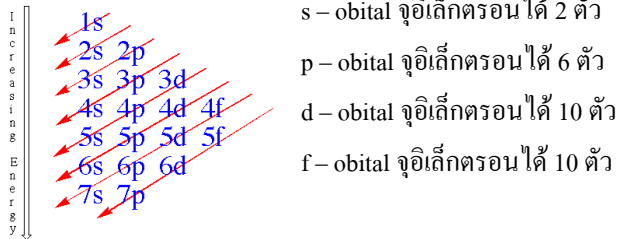
อิเล็กตรอนในแต่ละระดับพลังงานหลัก (shell) จะมีระดับพลังงานย่อย (sub-shell : s, p, d, f, ...) โดยอิเล็กตรอนจะบรรจุอยู่ในแต่ละระดับพลังงานย่อย บริเวณหรือรูปร่างที่บรรจุอิเล็กตรอนในแต่ละระดับพลังงานย่อย เรียกว่า ออร์บิทัล (orbital)

เช่น s-orbital มีรูปร่างเป็นทรงกลมจุอิเล็กตรอนได้สองตัว

p-orbital มีรูปร่างเป็นดัมเบล มี p_x , p_y , p_z จุอิเล็กตรอนได้ 6 ตัว

ทฤษฎีและกฎที่เกี่ยวกับการจัดเรียงอิเล็กตรอน มีหลักการดังนี้

1. หลักการกีดกันของเพาลี (Pauli Exclusion Principle) กล่าวคือ อิเล็กตรอนที่บรรจุในออร์บิทัลเดียวกันจะมีสปินต่างกัน
2. กฎของฮุนด์ (Hund's Rule) กล่าวคือ การบรรจุอิเล็กตรอนในออร์บิทัลที่มีระดับพลังงานเท่ากัน ให้บรรจุอิเล็กตรอนที่มีสปินขึ้นทุกออร์บิทัลก่อน แล้วจึงค่อยเติมอิเล็กตรอนที่มีสปินลง
3. หลักของอาฟบาว (Aufbau principle) กล่าวคือ ต้องบรรจุอิเล็กตรอนในออร์บิทัลที่ระดับพลังงานให้เต็มก่อน แล้วจึงไปเติมในระดับพลังงานที่อยู่สูงขึ้นไป



ตัวอย่างการจัดเรียงอิเล็กตรอน ตามระดับพลังงานย่อยของ

- $_{11}\text{Na} = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ Na เป็นธาตุในหมู่ 1 คาบ 3 อิเล็กตรอนวงนอกสุดบรรจุใน s - orbital
- $_{20}\text{Ca} = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$ Ca เป็นธาตุในหมู่ 2 คาบ 4 อิเล็กตรอนวงนอกสุดบรรจุใน s - orbital
- $_{23}\text{V} = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^3$ V เป็นโลหะทรานซิชันคาบ 4 ในตารางธาตุ มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเป็น 2

สมบัติของธาตุตามตารางธาตุ

IE1, EN, EA, ความเป็นโลหะ, รัศมีไอออนลบ

น้อย																		มาก															
↑																		↓															
IA																		VIIIA															
1																	2																
H																	He																
1.01																	4.00																
3	4																	5	6	7	8	9	10										
Li	Be																	B	C	N	O	F	Ne										
6.94	9.01																	10.8	12.0	14.0	16.0	19.0	20.2										
11	12																	13	14	15	16	17	18										
Na	Mg																	Al	Si	P	S	Cl	Ar										
23.0	24.3																	27.0	28.1	31.0	32.1	35.5	40.0										
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28						
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni						
39.1	40.1	45.0	47.9	50.9	52.0	54.9	55.9	58.9	58.7	63.5	65.4	69.7	72.6	74.9	79.0	79.9	83.8	39.1	40.1	45.0	47.9	50.9	52.0	54.9	55.9	58.9	58.7						
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46						
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd						
85.5	87.6	88.9	91.2	92.9	95.9	(99)	101	103	106	108	112	115	119	122	128	127	131	85.5	87.6	88.9	91.2	92.9	95.9	(99)	101	103	106						
55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	55	56	57	72	73	74	75	76	77	78						
Cs	Ba	La	Mf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	Cs	Ba	La	Mf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt						
133	137	139	179	181	184	186	190	192	195	197	201	204	207	209	(210)	(210)	(222)	133	137	139	179	181	184	186	190	192	195						
87	88	89	104	105	106	107	108	109	110	111	112		114		116			87	88	89	104	105	106	107	108	109	110						
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt										Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt							
(233)	(226)	(227)	(261)	(262)	(263)	(264)	(265)	(268)	(269)	(272)	(277)		(285)		(289)			(233)	(226)	(227)	(261)	(262)	(263)	(264)	(265)	(268)	(269)	(272)					

ขนาดอะตอม, ความเป็นโลหะ, รัศมีไอออนบวก

แนวโน้มสมบัติต่างๆ ตามหมู่และคาบ

2.1 ขนาดอะตอม

ตามหมู่ : เพิ่มขึ้นจากบนลงล่าง คืออะตอมด้านล่างจะมีขนาดใหญ่กว่าด้านบน

ตามคาบ : ลดลงจากซ้ายไปขวา คือ ด้านซ้ายจะใหญ่กว่าด้านขวา คือ โลหะขนาดใหญ่กว่าอโลหะ

2.2 ขนาดไอออน

ไอออนบวก แรงดึงดูดระหว่างนิวเคลียสกับอิเล็กตรอนสูง ขนาดจะเล็ก กล่าวคือ ยิ่งมีประจุบวกมากขนาดยิ่งเล็กลงมาก

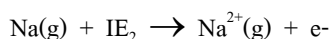
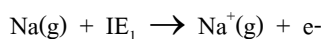
ตามหมู่ : เพิ่มขึ้นจากบนลงล่าง ตามคาบ : ลดลงจากซ้ายไปขวา

ไอออนลบ แรงดึงดูดระหว่างนิวเคลียสกับอิเล็กตรอนลดลงสำหรับไอออนลบ กล่าวคือ ยิ่งมีประจุลบมากขนาดไอออนยิ่งใหญ่มากขึ้น

ตามหมู่ : ลดลงจากบนลงล่าง ตามคาบ : เพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวา

2.3 พลังงานไอออไนเซชัน (Ionization energy : IE)

IE คือ พลังงานที่น้อยที่สุดที่ทำให้อิเล็กตรอนวงนอกสุดหลุดออกจากอะตอมในสถานะแก๊ส



แนวโน้มค่าพลังงานไอออไนเซชันอันดับหนึ่ง

ตามหมู่ : ลดลงจากบนลงล่าง ตามคาบ : เพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวา

2.4 อิเล็กโตรเนกาติวิตี (Electronegativity : EN)

อิเล็กโตรเนกาติวิตี คือ ความสามารถในการดึงดูดอิเล็กตรอน

แนวโน้มค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตี

ตามหมู่ : ลดลงจากบนลงล่าง ตามคาบ : เพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวา

2.5 สัมพรรคภาพอิเล็กตรอน (Electron affinity : EA)

สัมพรรคภาพอิเล็กตรอน คือ ความสามารถในการรับอิเล็กตรอนของธาตุ ซึ่งจะต้องคายพลังงานออกมา EA จึงมีค่าเป็นลบ (คายพลังงาน)

แนวโน้มค่าสัมพรรคภาพอิเล็กตรอน

ตามหมู่ : ลดลงจากบนลงล่าง ตามคาบ : เพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวา

2.6 จุดเดือดจุดหลอมเหลว (ของโลหะ หมู่ IA, IIA และ IIIA)

ตามหมู่ : เพิ่มขึ้นจากบนลงล่าง ตามคาบ : ลดลงจากซ้ายไปขวา

เลขออกซิเดชัน

คือ เลขที่บอกประจุสถานะของธาตุนั้นๆ มีหลักการหาค่าเลขออกซิเดชัน ดังนี้

1. ค่าเลขประจุมาตรฐาน

โลหะหมู่ IA = +1

โลหะหมู่ IIA = +2

โลหะหมู่ IIIA = +3

อโลหะหมู่ VA = -3

อโลหะหมู่ VIA = -2

อโลหะหมู่ VIIA = -3

CN = -1

NO₃ = -1

SO₄ = -2

CO₃ = -1

PO₄ = -3

H = +1

2. ผลรวมค่าเลขออกซิเดชันของทุกธาตุในสารประกอบเป็นศูนย์

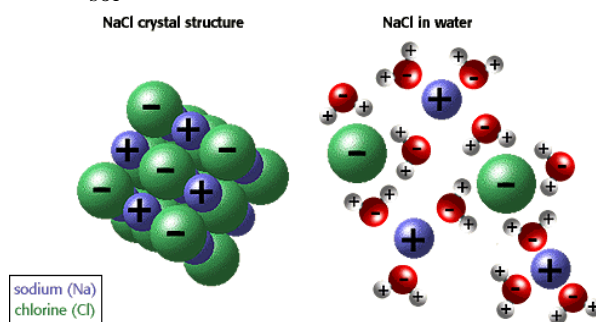
3. ผลรวมค่าเลขออกซิเดชันของทุกธาตุในสารประกอบไอออน ต้องเท่ากับประจุไอออนนั้น

สารประกอบออกไซด์ สารประกอบคลอไรด์

สารประกอบ	โลหะ	อโลหะ	สารประกอบไม่ละลายน้ำ
คลอไรด์	กลาง	กรด	NaCl ₃ CCl ₄
ออกไซด์	เบส	กรด	BeO MgO Al ₂ O ₃ SiO ₂

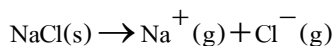
♦ การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก

สารประกอบไอออนิกที่ละลายน้ำได้	สารประกอบไอออนิกที่ไม่ละลายน้ำ
1. สารประกอบของโลหะหมู่ I ทุกตัว เช่น KNO_3 , Na_2CO_3 , LiClO_3 เป็นต้น	1. สารประกอบที่เกิดจากโลหะหมู่ VII หรือ CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} กับ Ag^+ , Hg^+ , Pb^{2+} เช่น AgCl , PbI_2 , Ag_2SO_4 เป็นต้น
2. สารประกอบของ NH_4^+ ทุกตัว เช่น $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, NH_4Cl เป็นต้น	
3. สารประกอบของ NO_3^- ทุกตัว เช่น $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ เป็นต้น	2. เป็นสารประกอบที่เกิดจากโลหะหมู่ II กับ CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} ยกเว้น MgSO_4 เช่น $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$, CaCO_3 เป็นต้น
4. สารประกอบของ ClO_3^- ทุกตัว เช่น NaClO_3 , $\text{Mg}(\text{ClO}_3)_2$ เป็นต้น	
5. สารประกอบของ ClO_4^- ทุกตัว ยกเว้น KClO_4 เช่น LiClO_4 , $\text{Fe}(\text{ClO}_4)_2$ เป็นต้น	3. เป็นสารประกอบที่เกิดจากโลหะทุกชนิดกับ S^{2-} , OH^- , O^{2-} ยกเว้น โลหะหมู่ I, II บางตัว ได้แก่ Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} เช่น Al_2S_3 , ZnS , $\text{Cu}(\text{OH})_2$ เป็นต้น
6. สารประกอบของ CH_3COO^- ทุกตัว ยกเว้น CH_3COOAg เช่น CH_3COONa , $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$ เป็นต้น	

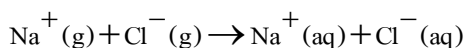
♦ พลังงานในการละลาย (ΔH_{sol}) ประกอบไปด้วยพลังงาน 2 ขั้นตอนดังนี้

รูปแสดงกลไกการละลายของสารประกอบไอออนิก

1. พลังงานแลตทิซ (LE) ทำลายโครงร่างผลึก (ดูดความร้อนเพื่อสลายพันธะ)



2. พลังงานไฮเดรชัน (HE) โมเลกุลของน้ำเข้ามัล้อมรอบไอออน (คายความร้อนเพื่อสร้างพันธะกับน้ำ)



หมายเหตุ

- ถ้า $\text{HE} > \text{LE}$ เป็นการละลายแบบคายพลังงาน สารละลายจะร้อน
- ถ้า $\text{LE} > \text{HE}$ เป็นการละลายแบบดูดพลังงาน สารละลายจะเย็น
- ถ้า $\text{LE} \gg \text{HE}$ สารประกอบจะไม่ละลายน้ำ

2.3. พันธะโควาเลนต์ (Covalent Bond)

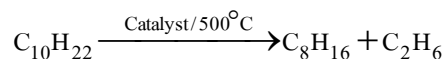
เป็นแรงยึดเหนี่ยวที่เกิดจากอโลหะกับอโลหะ (ยกเว้น Be กับ B ที่สามารถเกิดพันธะโควาเลนต์ได้) นำเอาวาเลนซ์อิเล็กตรอนมาใช้ร่วมกัน โดยสามารถมีส่วนร่วม 1 คู่ (พันธะเดี่ยว), 2 คู่ (พันธะคู่), 3 คู่ (พันธะสาม)

ผลิตภัณฑ์ที่ได้	จุดเดือด (°C)	สถานะ	จำนวนคาร์บอน	การใช้ประโยชน์
แก๊สปิโตรเลียม	< 30	แก๊ส	1 - 4	ทำสารเคมี วัสดุสังเคราะห์ เชื้อเพลิง แก๊สหุงต้ม
แนฟทาเบา	30 - 110	ของเหลว	5 - 7	น้ำมันเบนซิน ตัวทำละลาย
แนฟทาหนัก	65 - 170	ของเหลว	6 - 12	น้ำมันเบนซิน แนฟทาหนัก
น้ำมันก๊าด	170 - 250	ของเหลว	10 - 14	น้ำมันก๊าด เชื้อเพลิง เครื่องยนต์ไอพ่น และตะเกียง
น้ำมันดีเซล	250 - 340	ของเหลว	14 - 19	เชื้อเพลิงเครื่องยนต์ดีเซล
น้ำมันหล่อลื่น	> 350	ของเหลว	19 - 35	น้ำมันหล่อลื่น น้ำมันเครื่อง
ไข	> 500	ของแข็ง	> 35	ใช้ทำเทียนไข เครื่องสำอาง ขาขัดมัน ผลิตภัณฑ์ฟอก
น้ำมันเตา	> 500	ของเหลวหนืด	> 35	เชื้อเพลิงเครื่องจักร
ยางมะตอย	> 500	ของเหลวหนืด	> 35	ยางมะตอย เป็นของแข็งที่อ่อนตัวและเหนียวหนืดเมื่อถูกความร้อน ใช้เป็นวัสดุกันซึม

การปรับปรุงคุณภาพน้ำมัน มี 4 กระบวนการ ดังนี้

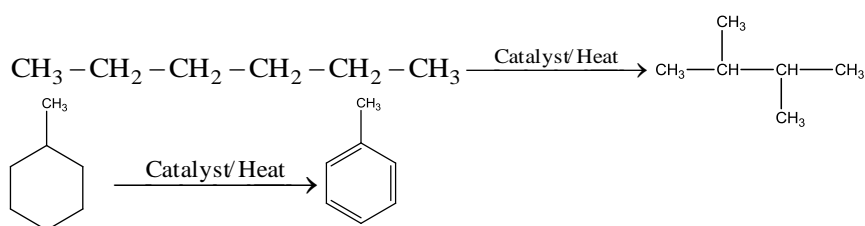
1. กระบวนการแตกสลาย (Cracking process)

เป็นกระบวนการทำให้สารประกอบไฮโดรคาร์บอนโมเลกุลใหญ่แตกออกเป็นโมเลกุลเล็กลง โดยใช้ความร้อนสูงประมาณ 500°C และมีตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสม



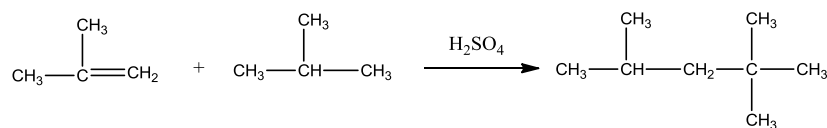
2. กระบวนการรีฟอร์มมิง (Reforming process)

เป็นกระบวนการเปลี่ยนสารประกอบไฮโดรคาร์บอนโซ่ตรงให้เป็นไอโซเมอร์แบบโซ่กิ่ง หรือการเปลี่ยนสารประกอบไฮโดรคาร์บอนแบบวงให้เป็นสารอะโรมาติก โดยใช้ความร้อนสูงและมีตัวเร่งปฏิกิริยา



3. กระบวนการแอลคิเลชัน (Alkylation process)

เป็นกระบวนการรวมสารประกอบแอลเคนและแอลคีนโซ่กิ่งที่มีมวลโมเลกุลต่ำ เกิดเป็นโมเลกุลสารประกอบแอลเคนที่มีโครงสร้างเป็นแบบโซ่กิ่งที่มีโมเลกุลใหญ่ขึ้น



2,2,4-trimethyl- pentane

4. กระบวนการโอลิโกเมไรเซชัน (Oligomerization process)

การเปรียบเทียบเซลล์กัลวานิกและเซลล์อิเล็กโทรไลต์

เซลล์กัลวานิก	เซลล์อิเล็กโทรไลต์
1. เป็นเซลล์ไฟฟ้าเคมีที่เปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า	1. เป็นเซลล์ไฟฟ้าเคมีที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานเคมี
2. ขั้วแอโนดเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน	2. ขั้วแอโนดเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน
3. ขั้วแคโทดเกิดปฏิกิริยารีดักชัน	3. ขั้วแคโทดเกิดปฏิกิริยารีดักชัน
4. ขั้วลบเป็นขั้วที่อิเล็กตรอนไหลออก	4. ขั้วลบเป็นขั้วที่ต่อกับขั้วลบจากแหล่งกำเนิด
5. ขั้วบวกเป็นขั้วที่อิเล็กตรอนไหลเข้า	5. ขั้วบวกเป็นขั้วที่ต่อกับขั้วบวกจากแหล่งกำเนิด
6. ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์เป็นขั้วบวก	6. ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์เป็นขั้วลบ
7. ปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นเอง	7. ปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นเอง ต้องใช้ไฟฟ้า

5. การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

- นำวัตถุที่จะชุบ ไปต่อเข้ากับขั้วลบของแบตเตอรี่หรือแคโทด ส่วนโลหะที่เป็นตัวชุบต่อเข้ากับขั้วบวกของแบตเตอรี่หรือเป็นแอโนด
- สารละลายอิเล็กโทรไลต์ต้องมีไอออนของโลหะชนิดเดียวกับโลหะที่เป็นแอโนดหรือโลหะที่ใช้ชุบ
- ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อให้ขั้วไฟฟ้าเป็นขั้วบวกและลบคงเดิม

6. การทำโลหะให้บริสุทธิ์

การทำโลหะให้บริสุทธิ์ด้วยกระบวนการอิเล็กโทรลิซิส ใช้หลักการเกี่ยวกับการชุบด้วยไฟฟ้า โดยใช้โลหะที่บริสุทธิ์เป็นแคโทด โลหะที่ไม่บริสุทธิ์เป็นแอโนด และใช้สารละลายที่มีไอออนของโลหะนั้นเป็นอิเล็กโทรไลต์ เช่นการทำทองแดงให้บริสุทธิ์

- นำทองแดงที่ไม่บริสุทธิ์มาต่อเป็นขั้วแอโนดของเซลล์ : $\text{Cu(s)} \rightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$
- ทองแดงบริสุทธิ์เป็นขั้วแคโทด : $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu(s)}$
- ขั้วไฟฟ้าทั้งสองจุ่มอยู่ในสารละลายผสมของ CuSO_4 และ H_2SO_4 Cu^{2+} ละลายลงไปในสารละลาย ส่วนโลหะที่

เจือปนอยู่กับทองแดง เช่น Fe Zn เป็นโลหะที่เสียอิเล็กตรอนได้ง่ายกว่า Cu จึงถูกออกซิไดส์เป็น Fe^{2+} และ Zn^{2+} ปนอยู่ในสารละลาย ส่วนโลหะ Ag Au และ Pt เสียอิเล็กตรอนได้ยากกว่า Cu จะไม่ถูกออกซิไดส์ จึงตกตะกอนอยู่ที่ก้นภาชนะ