



จลนศาสตร์เคมี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรวิทย์ จันทรสุวรรณ



EP3 : อันดับปฏิกิริยา



 Chemographics

  woravith

 woravith.c@rmutp.ac.th

 <http://web.rmutp.ac.th/woravith>

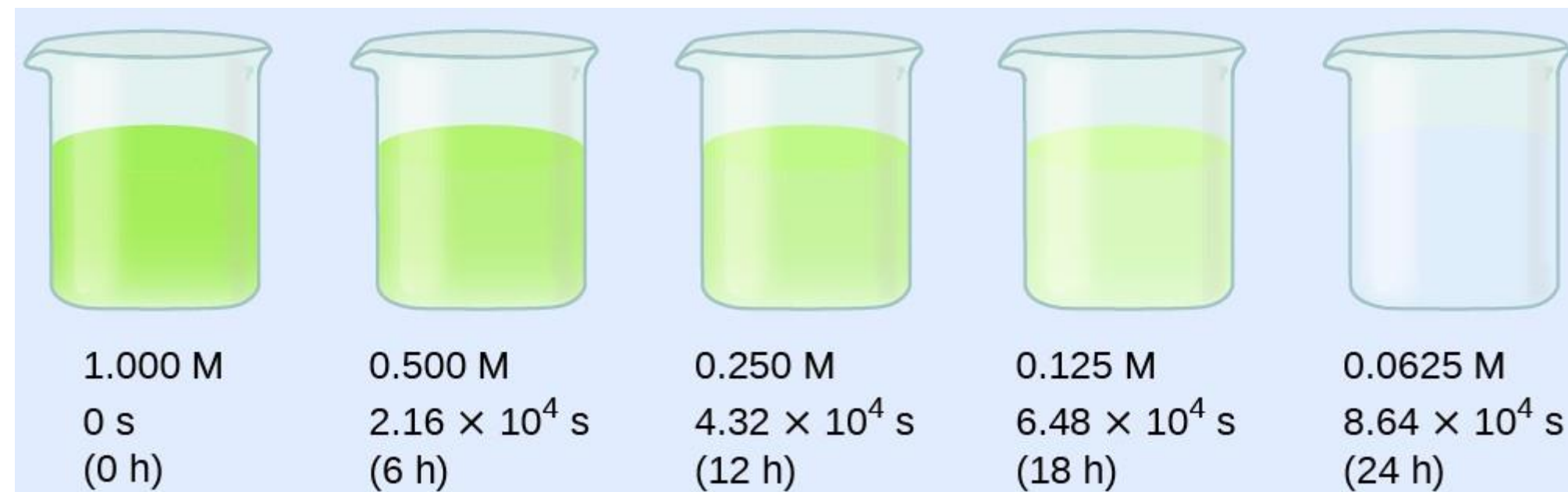
อันดับปฏิกิริยา

- ⊛ ปฏิกิริยาอันดับศูนย์
- ⊛ ปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง
- ⊛ ปฏิกิริยาอันดับสอง



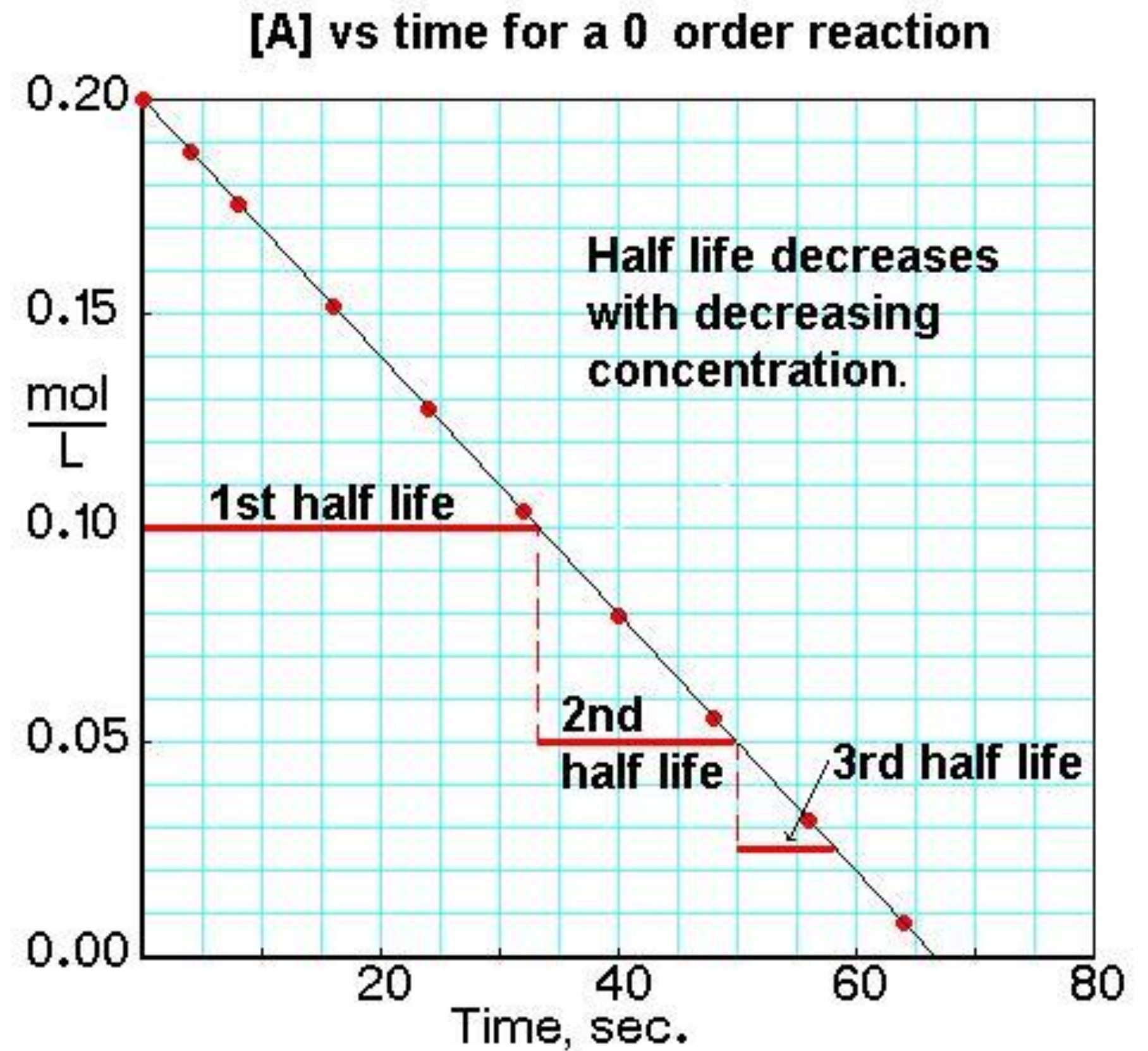
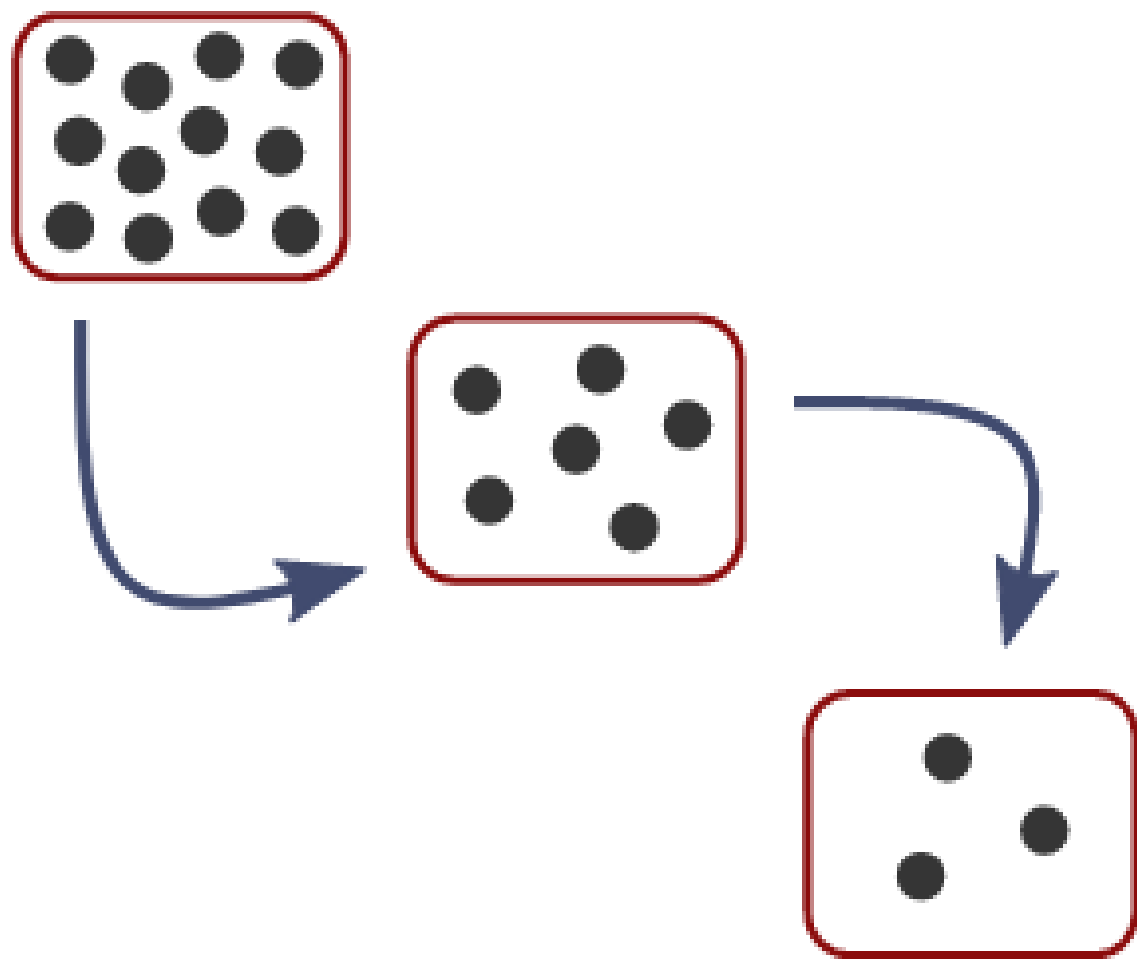
กฎอัตราอินทิเกรต (integral rate law)

- อันดับของปฏิกิริยาใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารตั้งต้นกับอัตราการเกิดปฏิกิริยา
- อันดับของปฏิกิริยาหาได้โดยติดตามการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารตั้งต้นเทียบกับเวลา



#ครึ่งชีวิต (Half-Life; $t_{1/2}$)

เวลาที่ต้องใช้เพื่อทำให้ความเข้มข้นของสารตั้งต้นลดลงไปครึ่งหนึ่งจากความเข้มข้นเริ่มต้น



อันดับปฏิกิริยา

เป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง
ความเข้มข้นของสารตั้งต้นกับเวลา

Integral law

อันดับศูนย์

0

$A \rightarrow B \quad r = k[A]^0 = k$
อัตราการเกิดปฏิกิริยาไม่ขึ้นกับ
ความเข้มข้นของสารตั้งต้น

$$[A]_t = [A]_0 - kt$$

$$t_{1/2} = \frac{[A]_0}{2k}$$

อันดับหนึ่ง

1

$A \rightarrow B \quad r = k[A]$
อัตราการเกิดปฏิกิริยาขึ้นกับความ
เข้มข้นของสารตั้งต้นกำลังหนึ่ง

$$\log[A]_t = \log[A]_0 - \frac{kt}{2.303}$$

$$t_{1/2} = \frac{0.693}{k}$$

อันดับสอง

2

$A \rightarrow B \quad r = k[A]^2$
อัตราการเกิดปฏิกิริยาขึ้นกับความ
เข้มข้นของสารตั้งต้นกำลังสอง

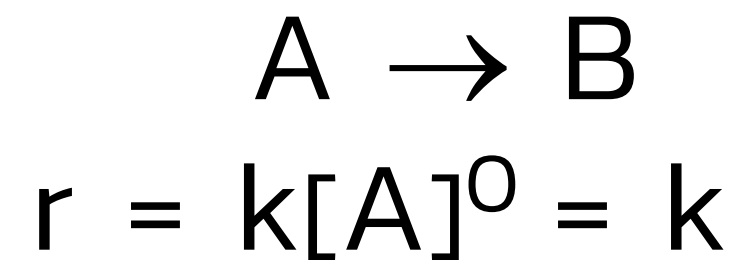
$$\frac{1}{[A]_t} = \frac{1}{[A]_0} + kt$$

$$t_{1/2} = \frac{1}{k[A]_0}$$

เมื่อ $[A]_0$ = ความเข้มข้นของสาร A ขณะเวลา $t = 0$
 $[A]_t$ = ความเข้มข้นของสาร A ขณะเวลา t ใดๆ
 k = ค่าคงที่อัตรา (rate constant)
 $t_{1/2}$ = ครึ่งชีวิต (half-life)

#ปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (Zero Order Reaction)

อัตราการเกิดปฏิกิริยาของปฏิกิริยาอันดับศูนย์
ไม่ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารตั้งต้น



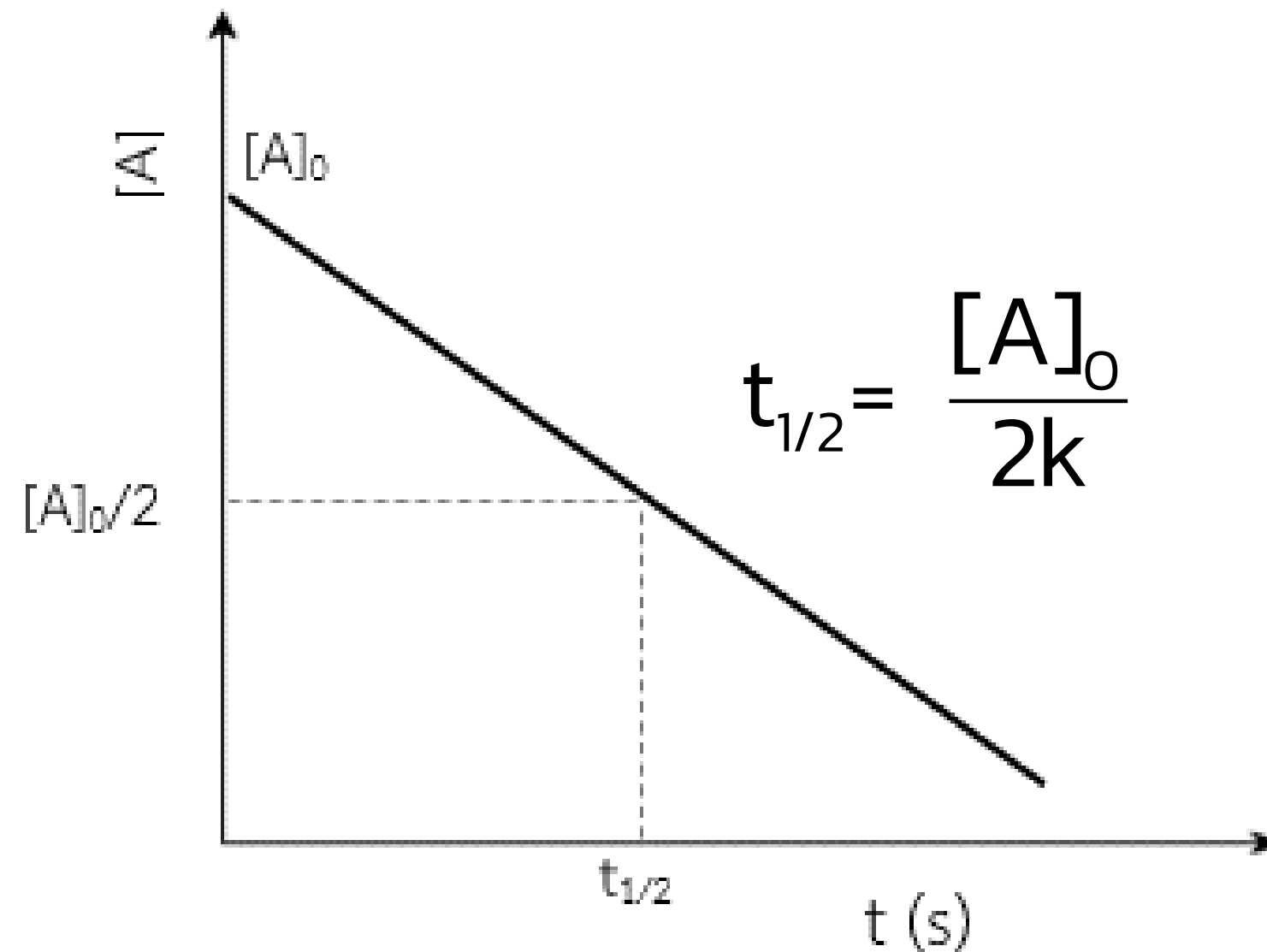
กฎดิฟเฟอเรนเชียล

$$-\frac{d[A]}{dt} = k$$

$$-\int_{[A]_0}^{[A]_t} d[A] = -k \int_{t_0}^t dt$$

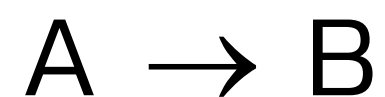
$$-[A]_t + [A]_0 = kt$$

$$[A]_t = [A]_0 - kt$$



#ปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (First Order Reaction)

เป็นปฏิกิริยาที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารตั้งต้นยกกำลังหนึ่ง



$$\text{rate} = -\frac{d[A]}{dt} = k[A]$$

กฎดิฟเฟอเรนเชียล

$$\frac{d[A]}{dt} = -k[A]$$

$$\frac{d[A]}{[A]} = -k dt$$

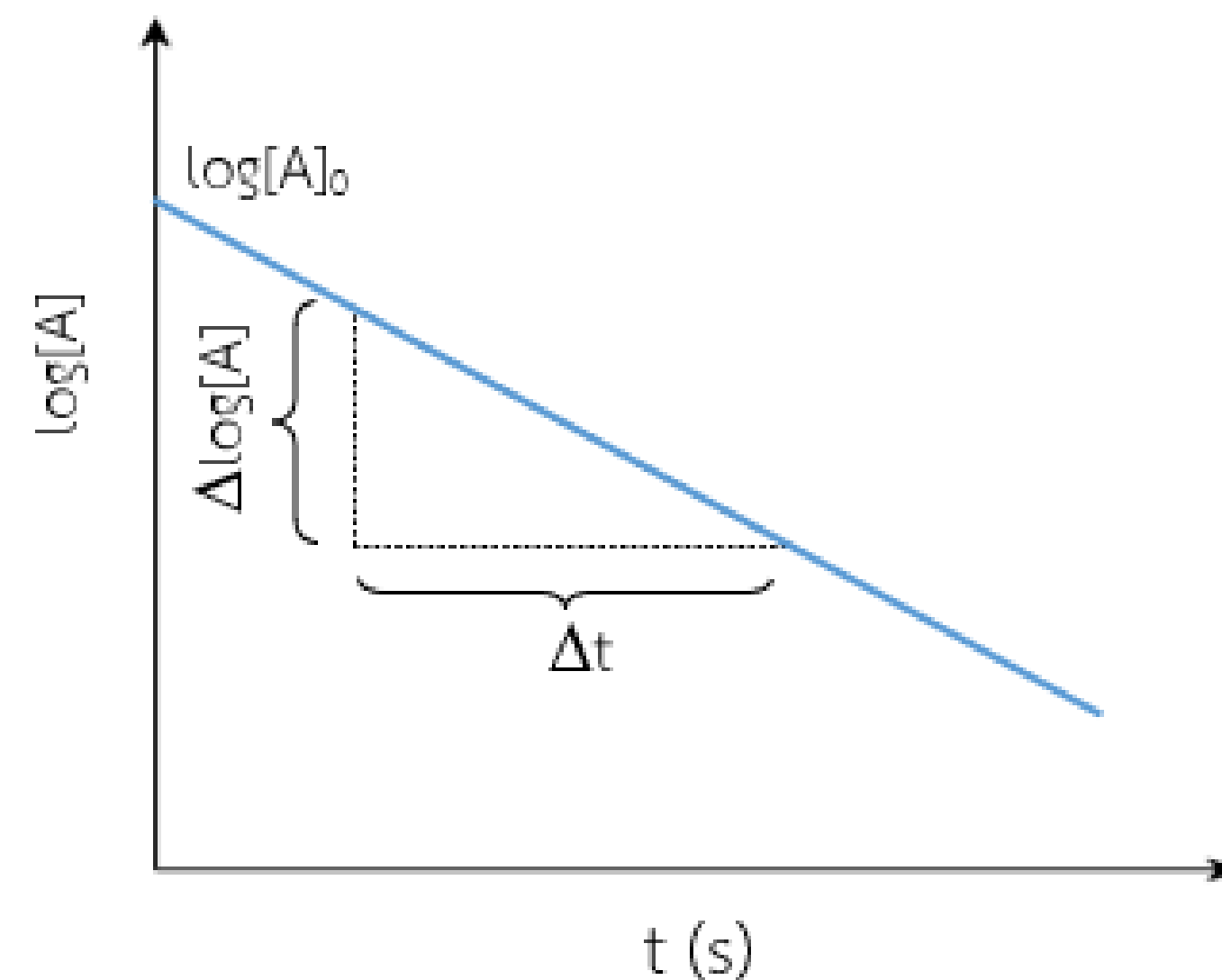
$$-\int_{[A]_0}^{[A]_t} \frac{d[A]}{[A]} = -k \int_{t_0}^t dt$$

$$\ln[A]_t - \ln[A]_0 = -kt$$

$$\ln[A] = \ln[A]_0 - kt$$

$$\ln \frac{[A]_t}{[A]_0} = -kt$$

- ปฏิกิริยาที่อัตราเร็วการเกิดปฏิกิริยาแปรผันตรงกับความเข้มข้นของสารตั้งต้นที่เข้าทำปฏิกิริยา
- โดยความเร็วของปฏิกิริยาจะขึ้นกับความเข้มข้นและเป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นของสารที่ยังไม่ทำปฏิกิริยา



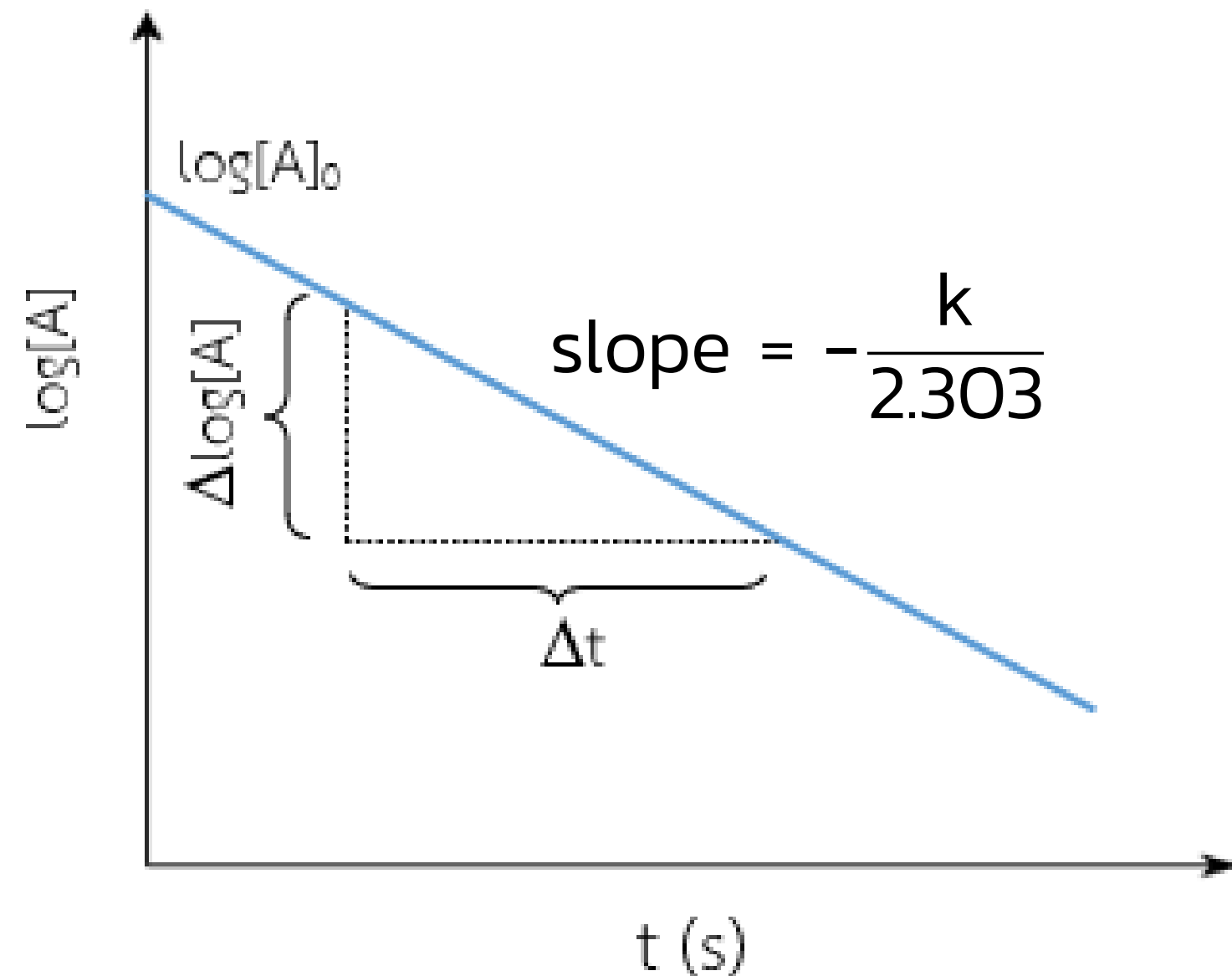
$$\log[A]_t = \log[A]_0 - \frac{kt}{2.303}$$
$$t_{1/2} = \frac{0.693}{k}$$

การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารตั้งต้นเทียบกับเวลา

- เขียนกราฟระหว่าง $\log [A]$ กับ t แล้วถ้าได้กราฟเป็นเส้นตรง แสดงว่าปฏิกิริยานั้นเป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง
- ค่าคงที่อัตราหาได้จากความชัน
- แต่ถ้าผลจากการเขียนกราฟไม่ได้เส้นตรง แสดงว่าปฏิกิริยานั้นจะไม่เป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง

$$\log[A]_t = \log[A]_0 - \frac{kt}{2.303}$$

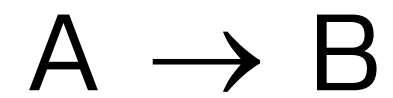
$$t_{1/2} = \frac{0.693}{k}$$



ครึ่งชีวิตของปฏิกิริยาอันดับหนึ่งไม่ขึ้นกับความเข้มข้นเริ่มต้นของสารตั้งต้น หมายความว่า ไม่ว่าความเข้มข้นเริ่มต้นของสารตั้งต้นจะเป็นเท่าใดก็ตาม ความเข้มข้นจะลดลงครึ่งหนึ่งในช่วงเวลาครึ่งชีวิต และเมื่อเวลาผ่านไปอีกหนึ่งครึ่งชีวิต ความเข้มข้นจะลดลงอีกหนึ่งครึ่ง และเป็นเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ

#ปฏิกิริยาอันดับสอง (Second Order Reaction)

เป็นปฏิกิริยาที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับ
ความเข้มข้นของสารตั้งต้นยกกำลังสอง

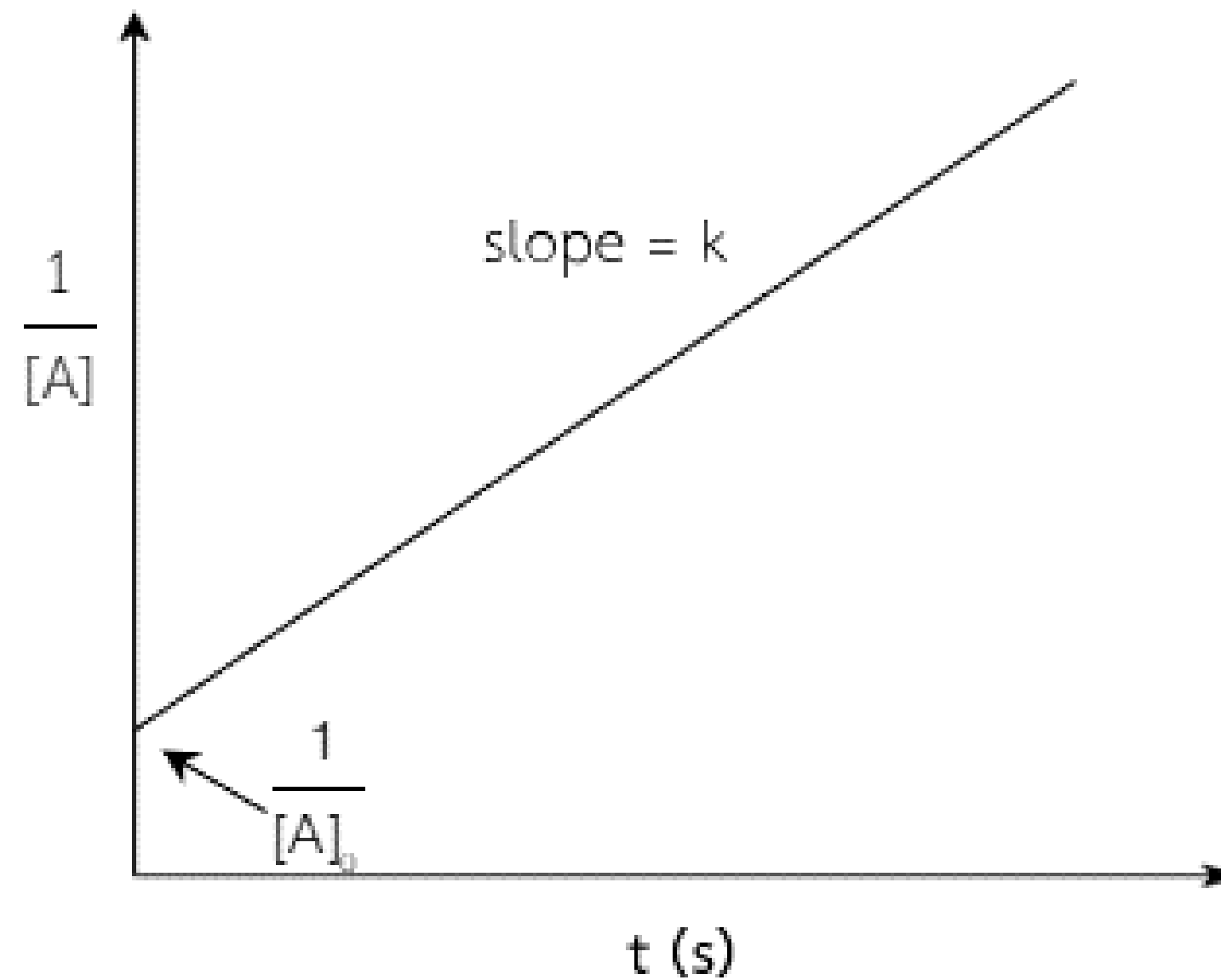


$$\text{rate} = -\frac{d[A]}{dt} = k[A]^2$$

$$-\int_{[A]_0}^{[A]_t} \frac{d[A]}{[A]^2} = -k \int_{t_0}^t dt$$

$$\frac{1}{[A]_t} = \frac{1}{[A]_0} + kt$$

$$t_{1/2} = \frac{1}{k[A]_0}$$





การสลายตัวของ N_2O_5 ที่ $35^\circ C$ เป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของ N_2O_5 เท่ากับ 0.50 mol/L และมีค่า k เท่ากับ $1.35 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$

ก) คำนวณ $[N_2O_5]$ เมื่อเวลาผ่านไป 300 วินาที

$$\log[A]_t = \log[A]_0 - \frac{kt}{2.303}$$

$$\log[N_2O_5]_t = \log(0.50) - \left(\frac{(1.35 \times 10^{-4})(300)}{2.303} \right)$$

$$\log[N_2O_5]_t = -0.3186$$

ทำ *anti-log*

$$[N_2O_5] = 0.48 \text{ mol/L}$$



การทำ *anti-log* เพื่อถอด *log*

$$\log x = y$$

กดเครื่องคิดเลข 10^y จะเป็นการถอด *log* ออก ซึ่งจะได้คำตอบ x



การสลายตัวของ N_2O_5 ที่ $35^\circ C$ เป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของ N_2O_5 เท่ากับ 0.50 mol/L และมีค่า k เท่ากับ $1.35 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$

ข) คำนวณเวลา (วินาที) ที่ทำให้ $[N_2O_5]$ ลดลงเหลือ 0.30 mol/L

$$\log[A]_t = \log[A]_0 - \frac{kt}{2.303}$$

$$\frac{kt}{2.303} = \log[A]_0 - \log[A]_t$$

$$\frac{kt}{2.303} = \log\left(\frac{[A]_0}{[A]_t}\right)$$

$$t = \log\left(\frac{[A]_0}{[A]_t}\right)\left(\frac{2.303}{k}\right)$$

$$t = \log\left(\frac{[N_2O_5]_0}{[N_2O_5]_t}\right)\left(\frac{2.303}{k}\right)$$

$$= \log\left(\frac{0.50}{0.30}\right)\left(\frac{2.303}{1.35 \times 10^{-4}}\right)$$

$$= 3,784.6 \text{ s}$$



การสลายตัวของ N_2O_5 ที่ $35^\circ C$ เป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของ N_2O_5 เท่ากับ 0.50 mol/L และมีค่า k เท่ากับ $1.35 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$

ค) คำนวณเวลา (วินาที) ที่ทำให้ $[N_2O_5]$ สลายไป 90%

$$\begin{aligned}\log[A]_t &= \log[A]_0 - \frac{kt}{2.303} \\ t &= \log\left(\frac{[A]_0}{[A]_t}\right) \left(\frac{2.303}{k}\right) \\ &= \log\left(\frac{0.50}{0.050}\right) \left(\frac{2.303}{1.35 \times 10^{-4}}\right) \\ &= 17,059 \text{ s}\end{aligned}$$

$[N_2O_5]_0$ สลายไป 90%
แสดงว่ามี $[N_2O_5]_t$ เหลืออยู่ 10%



$$[N_2O_5]_t = \left(\frac{10}{100}\right) [N_2O_5]_0$$

$$[N_2O_5]_t = \left(\frac{10}{100}\right) \times 0.50$$

$$[N_2O_5]_t = 0.05 \text{ mol/L}$$

ง) ครึ่งชีวิต ($t_{1/2}$)

$$t_{1/2} = \frac{0.693}{k}$$

$$t_{1/2} = \frac{0.693}{1.35 \times 10^{-4}} = 5,134 \text{ s}$$

#ตัวอย่าง

การสลายตัวของ HI จากปฏิกิริยา $2\text{HI}(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g})$ เป็นปฏิกิริยาอันดับสอง มีค่าคงที่อัตราเท่ากับ $5.1 \times 10^{-4} \text{ L/mol}\cdot\text{s}$ ที่ 410°C ถ้าในการทดลองความเข้มข้นเริ่มต้นเท่ากับ HI เท่ากับ 0.36 mol/L จงหา

ก) ความเข้มข้นของ [HI] เมื่อเวลาผ่านไป 600 วินาที

ข) เวลาที่ใช้ (วินาที) เพื่อให้ [HI] เหลือ 0.25 mol/L

ค) จำนวนครึ่งชีวิต

#กิจกรรม work@class

แบ่งกลุ่มทำกิจกรรม 3.3

มอบหมายโจทย์ให้แต่ละกลุ่ม
ระดมสมองแก้ไขโดยวิธีการ
ร่วมแสดงความคิดเห็น

ให้แต่ละกลุ่มนำเสนอ วิธีการแก้ไขโจทย์ปัญหา

- 1) หลักการสำคัญหรือหลักพื้นฐานที่ถูกต้อง
- 2) วิธีการคำนวณค่าที่ถูกต้อง
- 3) วิธีอธิบายเชิงพฤติกรรม (วิธีปฏิบัติ) ที่ถูกต้อง

โดยให้กลุ่มอื่น ๆ รับฟัง และซักถามในข้อที่สงสัย