ศูนย์หนังสือ เมืองไทย
นำความรู้สู่ชีวิตที่ดี
หน่วยที่ 2
แรงและสมดุลของแรง

หัวข้อเรื่อง (Topics)

- 2.1 แรง
- 2.2 กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน
- 2.3 สมดุลของแรง
- 2.4 เสถียรภาพของการสมดุล

2.1 แรง

แรง (Force) หมายถึง อำนาจภายนอกที่สามารถทำให้วัตถุเปลี่ยนสถานะได้ เช่น ทำให้วัตถุที่อยู่นิ่งเคลื่อนที่ไป ทำให้วัตถุที่เคลื่อนที่อยู่แล้วเคลื่อนที่เร็วหรือช้าลง ทำให้วัตถุมีการเปลี่ยนทิศตลอดจนทำให้วัตถุมีการเปลี่ยนขนาดหรือรูปทรงไปจากเดิมได้

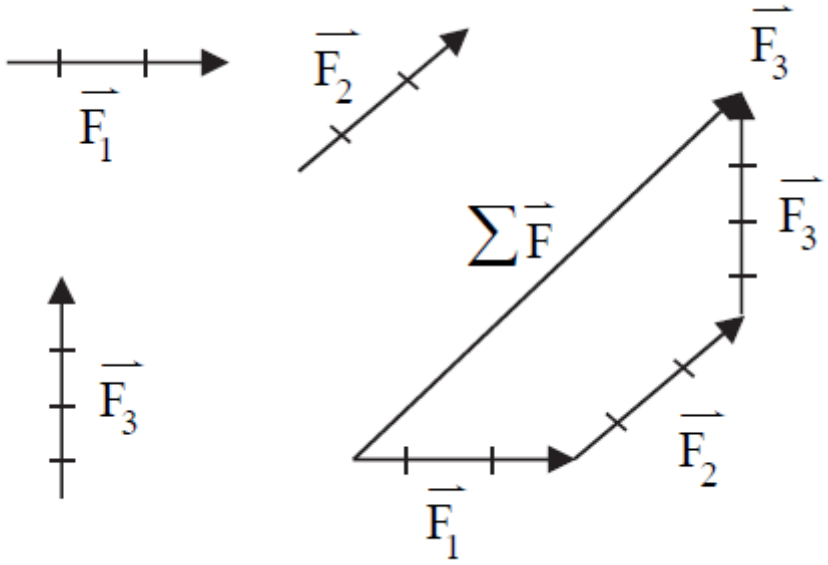
2.1.1 เวกเตอร์ของแรง

แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ ที่มีทั้งขนาดและทิศทางการรวมหรือหักล้างกันของแรงจึงต้องเป็นไปตามแบบเวกเตอร์

การรวมแรง คือ การหาค่าแรงลัพธ์ ΣF ของแรงย่อยทั้งหมด มีวิธีการหาเหมือนกันกับเวกเตอร์ลัพธ์ เพราะแรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ ซึ่งอาจสรุปวิธีการหาแรงลัพธ์ได้ดังนี้

1. โดยวิธีการวาดรูปแบบหางต่อหัว

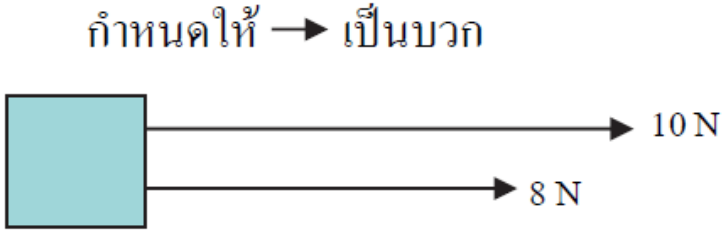
การหาแรงลัพธ์ด้วยวิธีการนี้ทำได้โดยนำหางของแรงที่สองไปต่อกับหัวลูกศรของแรงแรกและนำหางของแรงที่สามไปต่อกับหัวของแรงที่สอง ทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ



การหาแรงลัพธ์ด้วยการวาดรูป

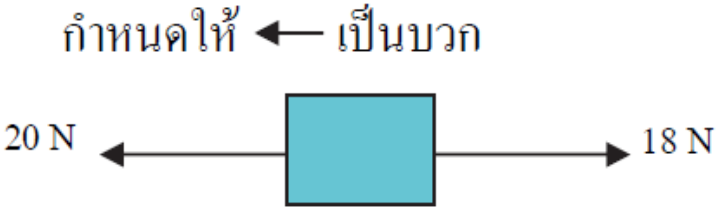
2. โดยวิธีการคำนวณ ใช้หาแรงลัพธ์ของแรงย่อยที่มี 2 แรง

(1) กรณีแรงมีทิศทางเดียวกัน เมื่อแรงทำมุม 0 องศา (แรงไปทางเดียวกัน) แรงลัพธ์ = ขนาดแรงทั้งสองบวกกัน และทิศของแรงลัพธ์ มีทิศเดิม



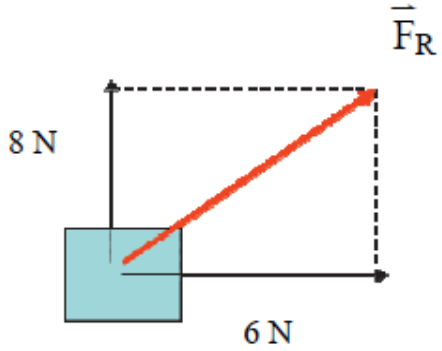
$\vec{F}_R = 10 + 8 = 18\ \text{N}$ ทิศ →

(2) กรณีแรงมีทิศทางสวนทางกัน เมื่อแรงทำมุมกัน 180 องศา (ทิศทางตรงข้าม) แรงลัพธ์เท่ากับแรงมากลบแรงน้อยทิศของแรงลัพธ์มีทิศเดียวกับแรงมาก



$\vec{F}_R = 20 + (-8) = 2\ \text{N}$ →

(3) กรณีแรง 2 แรงกระทำมุมตั้งฉากต่อกัน เมื่อแรงทำมุมกัน 90 องศา หาแรงลัพธ์โดยใช้ทฤษฎีบทของพีธากอรัส



หาขนาดแรงลัพธ์ $\vec{F}_R = \sqrt{X^2 + Y^2}$

$$\vec{F}_R = \sqrt{8^2 + 6^2}$$

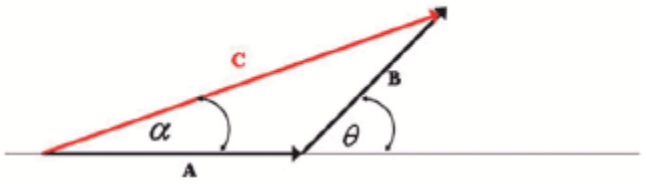
$$\vec{F}_R = 10$$

การหาทิศทางของแรงลัพธ์

$$\tan\alpha = \frac{F_y \sin\theta}{F_x + F_y \cos\theta} = \frac{8\sin 90}{6+8} = \frac{8(1)}{6+10} = \frac{8}{6} = 1.33$$

$$\alpha = \tan^{-1} 1.33 = 53^\circ$$

(4) เมื่อแรงสองแรงทำมุม θ หาขนาดของแรงลัพธ์โดยใช้สี่เหลี่ยมด้านขนานให้แรงทั้งสองเป็นด้านประกอบของสี่เหลี่ยมด้านขนาน เส้นทแยงมม คือ แรงลัพธ์ ขนาดของเวกเตอร์ C สามารถคำนวณได้จาก $|C| = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB\cos\theta}$



โดยทิศทางของเวกเตอร์ C จะทำมุมกับเวกเตอร์ A เป็นมุมเท่ากับ α โดย $\tan\alpha = \dfrac{B\sin\theta}{A + B\cos\theta}$

2.1.2 มวล (mass)

มวลของวัตถุใด (m) เป็นปริมาณที่บ่งบอกถึงการต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุนั้น วัตถุที่มีมวลมากจะต้านการเคลื่อนที่มากวัตถุที่มีมวลน้อยจะต้านการเคลื่อนที่น้อย หรือเรียกว่า ความเฉื่อยของวัตถุ มวลเป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยมูลฐานของระบบ SI เป็นกิโลกรัม (kg)

$\vec{F}$ = แรงลัพธ์ ในหน่วยนิวตัน (N)

m = มวล ในหน่วยกิโลกรัม (kg)

a = ความเร่ง ในหน่วยเมตร/วินาที^{2} (m/s^2)

จากนิยาม ฉะนั้น $\vec{F} = m\vec{a}$

ดังนั้นหน่วยของแรง คือ $\frac{kg \cdot m}{s^2}$ เรียกว่า นิวตัน (N)

2.1.3 น้ำหนัก (Weight)

น้ำหนัก (W) ของวัตถุใดในสนามความโน้มถ่วงของโลก คือ แรงที่โลกดึงดูดวัตถุนั้นซึ่งในบริเวณใกล้ผิวโลก โลกมีแรงดึงดูดวัตถุทุกวัตถุให้มีความเร่งเท่ากัน เท่ากับ g

$$\text{จาก } \vec{F} = m\vec{a}$$

$$\text{ฉะนั้น } W = mg$$

น้ำหนักมีหน่วย คือ นิวตัน (N)

2.2 กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

กฎข้อ 1 เมื่อไม่มีแรงใด ๆไปกระทำต่อวัตถุ หรือ เมื่อแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเท่ากับศูนย์วัตถุจะอยู่ในสภาวะสมดุล

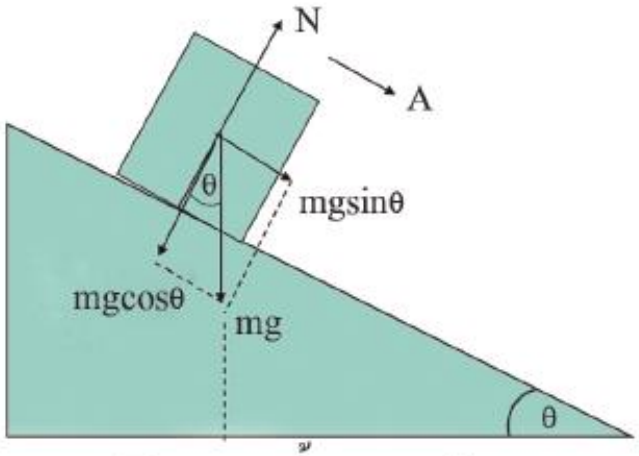
กฎข้อ 2 เมื่อมีแรงลัพธ์ที่มีค่าไม่เท่ากับศูนย์ไปกระทำต่อวัตถุ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งโดยความเร่งมีทิศเดียวกับแรงลัพธ์ แปรตรงกับแรงลัพธ์นั้น และแปรผกผันกับมวลของวัตถุ

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

กฎข้อ 3 เมื่อมีแรงกิริยาก็ย่อมมีแรงปฏิกิริยา ซึ่งมีขนาดเท่ากัน ทิศทางตรงข้าม

Action = Reaction

2.2.1 วัตถุพื้นเอียงลื่น

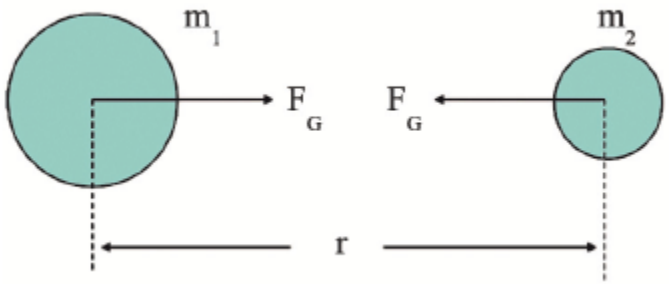


จาก F = ma ฉะนั้น mgsinθ = ma

จากรูปจะได้ว่า a = g sin θ ทิศลงตามพื้นเอียงθ

2.2.2 กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน

นิวตัน พบว่า เมื่อพิจารณามวล 2 มวลที่อยู่ห่างกันระยะหนึ่ง จะมีแรงดึงดูดกันซึ่งเรียกว่าแรงโน้มถ่วง (Gravity) เช่น



นิวตันกล่าวว่า “ ขนาดของแรงดึงดูดระหว่างมวล (FG) แปรผันตรงกับผลคูณของมวลทั้งสอง”

$$F_G \propto m_1 m_2$$

$$F_G \propto \frac{1}{r^2}$$

จากความสัมพันธ์ทั้งสอง $F_G \propto \frac{m_1 m_2}{r^2}$

$$F_G = \frac{G m_1 m_2}{r^2}$$; เมื่อ G = ค่านิจโน้มถ่วงสากล

จากการทดลอง G $= 6.67 \times 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2}$

พิจารณาวัตถุมวล m ภายใต้สนามความโน้มถ่วงของโลกมวล M รัศมี r

น้ำหนักของวัตถุใด = แรงดึงดูดระหว่างมวลของมวลนั้นกับโลก

$$W = \frac{GMm}{r^2}$$

$$mg = \frac{GMm}{r^2}$$

$$g = \frac{GM}{r^2}$$

สนามความโน้มถ่วงของโลก ณ บริเวณใด หมายถึง แรงดึงดูดของโลกที่กระทำต่อวัตถุมวล 1 kg ที่บริเวณนั้น ๆ

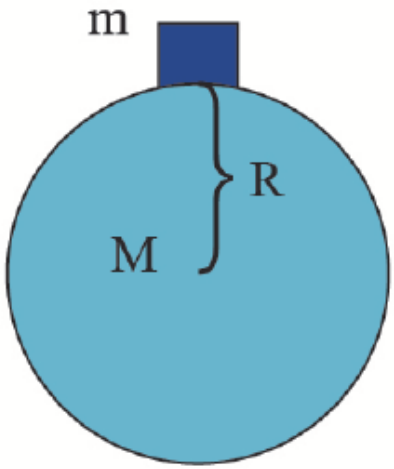
$$\text{สนามความโน้มถ่วงของโลกบริเวณผิวโลก} = 1x\ g = gN/kg$$

$$\text{สนามความโน้มถ่วงของโลกบริเวณผิวโลก} = \frac{GM}{R^2}\ N/kg$$

ฉะนั้น สนามความโน้มถ่วงของโลก ณ บริเวณใด = ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ณ บริเวณนั้น

2.2.3 การหามวลของโลก

ใช้การคำนวณจากการนำวัตถุมวล m วางไว้ที่ผิวโลกที่ทราบค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงเท่ากับ g ดังนี้



$$\text{จาก } mg = \frac{GMm}{R^2};\ g = \frac{GM}{R^2}$$

$$\text{จะได้ } M = \frac{g \cdot R^2}{G}$$

2.3 สมดุลของแรง

สมดุล (Equilibrium) สภาพสมดุลของวัตถุ คือ การคงสภาพของวัตถุโดยแบ่งได้เป็น 2 กรณี คือ

2.3.1 **สมดุลสถิต** (Static Equilibrium) คือ สภาพสมดุลของวัตถุหรือสิ่งก่อสร้างที่อยู่นิ่ง เช่น หนังสือวางอยู่บนโต๊ะ อาคารบ้านเรือน สะพานเขื่อน เสาไฟฟ้า เป็นต้น

2.3.2 **สมดุลจลน์** (Kinetic Equilibrium) คือ สภาพสมดุลของวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่เช่น รถยนต์รถไฟ เครื่องบิน เรือ หรือลิฟต์ที่กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่

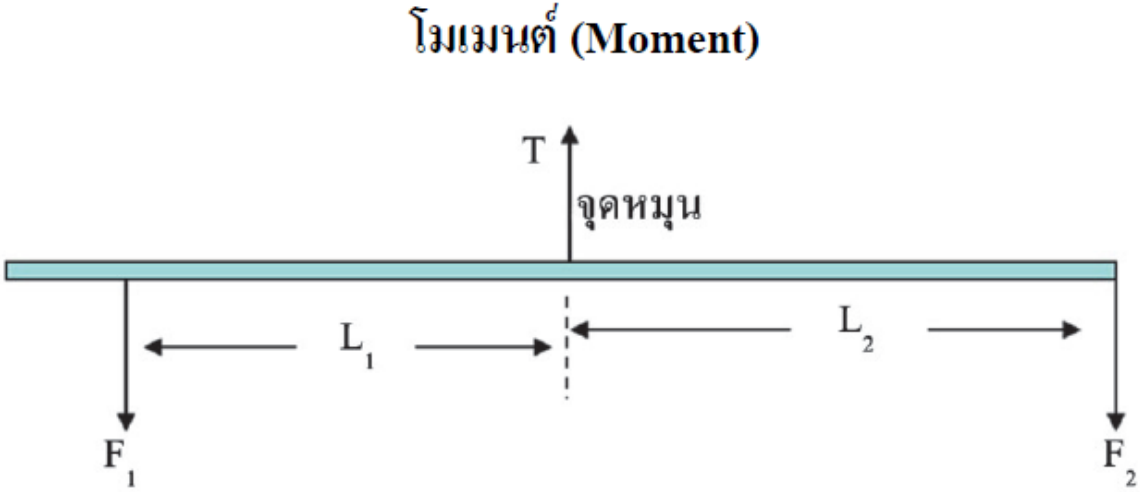
ลักษณะของสมดุลแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. สมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่ง

สมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่ง (Translation Equilibrium) คือ สมดุลที่วัตถุอยู่นิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ จากกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

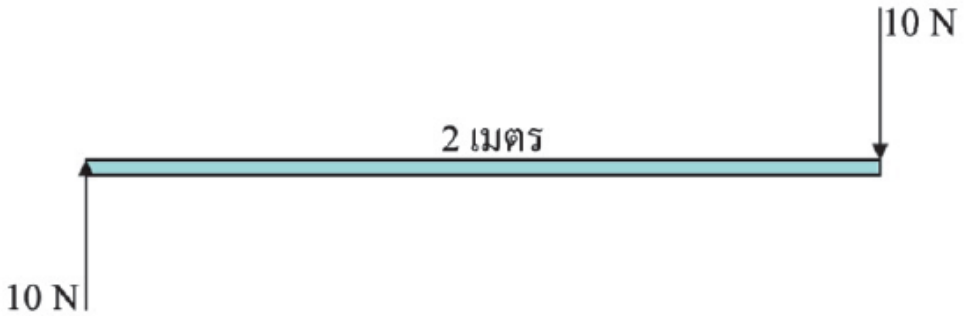
2. สมดุลต่อการหมุน

โมเมนต์ของแรงใด มีค่าเท่ากับ ผลคูณของขนาดของแรงนั้นกับระยะจากจุดหมุนไปตั้งฉากกับแนวแรงนั้น



3. แรงคู่ควบ (Couple)

แรงคู่ควบ คือ แรงขนาน 2 แรง ที่กระทำกับวัตถุเดียวกัน มีขนาดเท่ากันแต่ทิศตรงข้าม เช่น



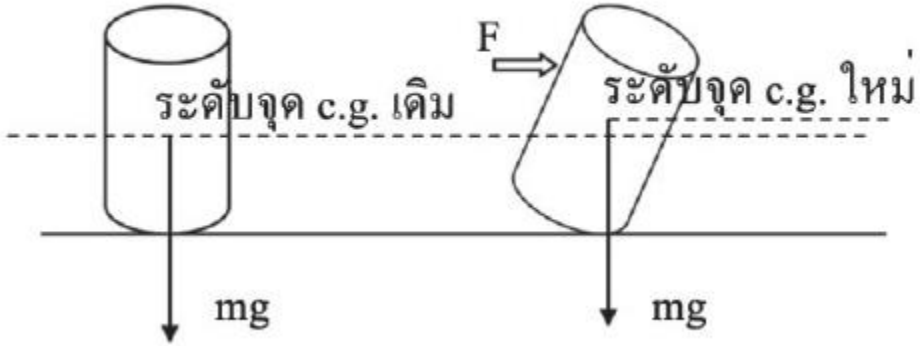
โมเมนต์ของแรงคู่ควบ (Moment of couple)

โมเมนต์ของแรงคู่ควบ (MC) เป็นผลมาจากมีแรงคู่ควบกระทำต่อวัตถุจะทำให้วัตถุหมุนรอบจุดกึ่งกลางของวัตถุนั้น มีค่าเท่ากับ ผลคูณของแรงคู่ควบ 1 แรง กับ ระยะทางตั้งฉากระหว่างแรงทั้งสองนั้น

2.4 เสถียรภาพของการสมดุล

เสถียรภาพของการสมดุล แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

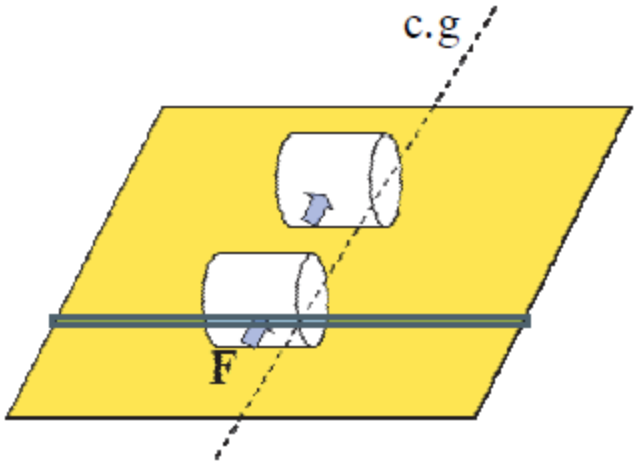
2.4.1 สมดุลเสถียร



เมื่อถูกแรงผลักให้วัตถุเอนไปจากแนวเดิมโดยฐานคงที่ จุด c.g.จะสูงกว่าเดิม และถ้าแนว mg ยังพ้นเส้นขอบฐานวัตถุ เมื่อหยุดออกแรง วัตถุจะกลับมายังตำแหน่งเดิม

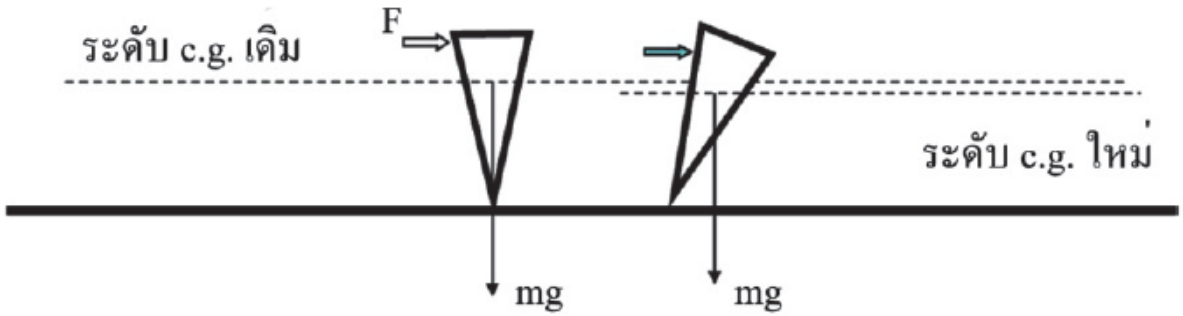
2.4.2 สมดุลสะเทิน

ระดับจุด c.g. เดิม และ ระดับจุด c.g. ใหม่



เมื่อถูกแรงผลักวัตถุ วัตถุจะเปลี่ยนตำแหน่งทันที จุด c.g. จะสูงเท่าเดิม และแนว mg และฐานวัตถุอยู่ในสภาพเดิม เมื่อหยุดออกแรง วัตถุจะมีลักษณะเดิม (ไม่ล้ม)

2.4.3 สมดุลไม่เสถียร



เมื่อถูกแรงผลักให้วัตถุเอนไปจากแนวเดิมโดยฐานคงที่ จุด c.g. จะต่ำกว่าเดิม และแนว mg จะพ้นเส้นขอบฐานวัตถุและล้มทันที (ไม่สามารถกลับมายังสภาพเดิมได้