

จังหวะซ่อนอยู่ในสรรพสิ่ง

Simple Harmonic Motion (SHM):
การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

ความลับของจังหวะการสั่นสะเทือน
ตั้งแต่นาฬิกาตุ้มไปจนถึงกีตาร์ไฟฟ้า

การเคลื่อนที่กลับไปกลับมาซ้ำรอยเดิม

การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย (SHM) ไม่ใช่แค่ทฤษฎี แต่คือกลไกพื้นฐานของธรรมชาติเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ผ่าน "ตำแหน่งสมดุล" กลับไปกลับมาอย่างสม่ำเสมอ



ตำแหน่งสมดุล
(Equilibrium)



3 ตัวแปรพื้นฐาน ของการสั่นสะท้อน

ความถี่ (f) —
จำนวนรอบใน 1 วินาที (Hz)

$$f = \frac{1}{T}$$



ข้อสังเกตสำคัญ: แอมพลิจูด
หรือระยะเริ่มต้น "ไม่มีผล"
ต่อคาบและความถี่ของการสั่น!

แอมพลิจูด (A) — ระยะกระจัดสูงสุดจากสมดุล (เมตร)

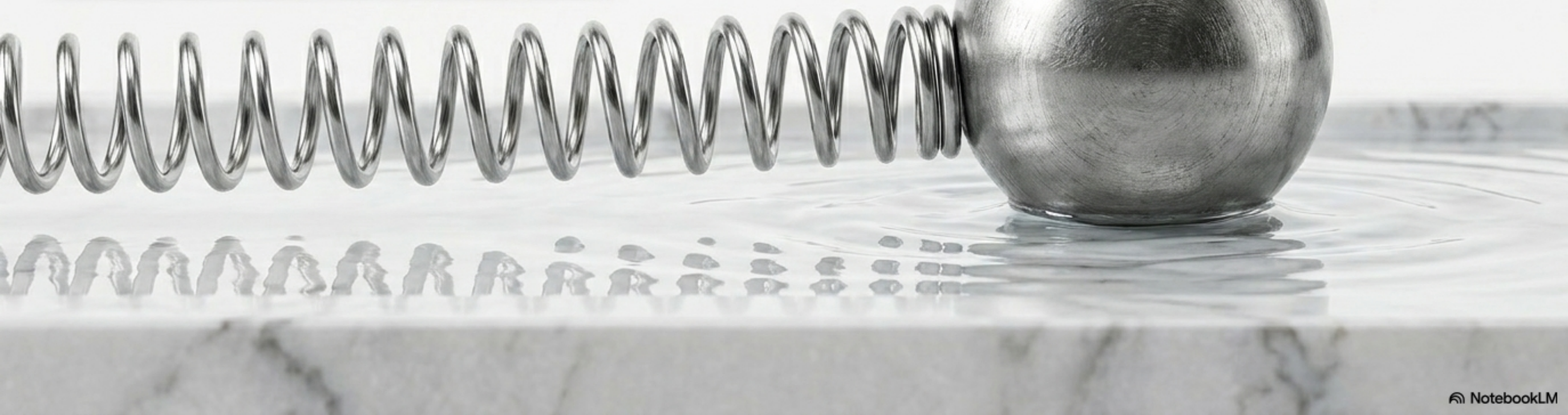
คาบ (T) — เวลาที่ใช้ครบ 1 รอบ (วินาที)

แรงดึงกลับคือหัวใจของกลไก

วัตถุจะสั่นกลับไปกลับมาได้ ต้องอาศัย
“แรงดึงกลับ” (Restoring Force)

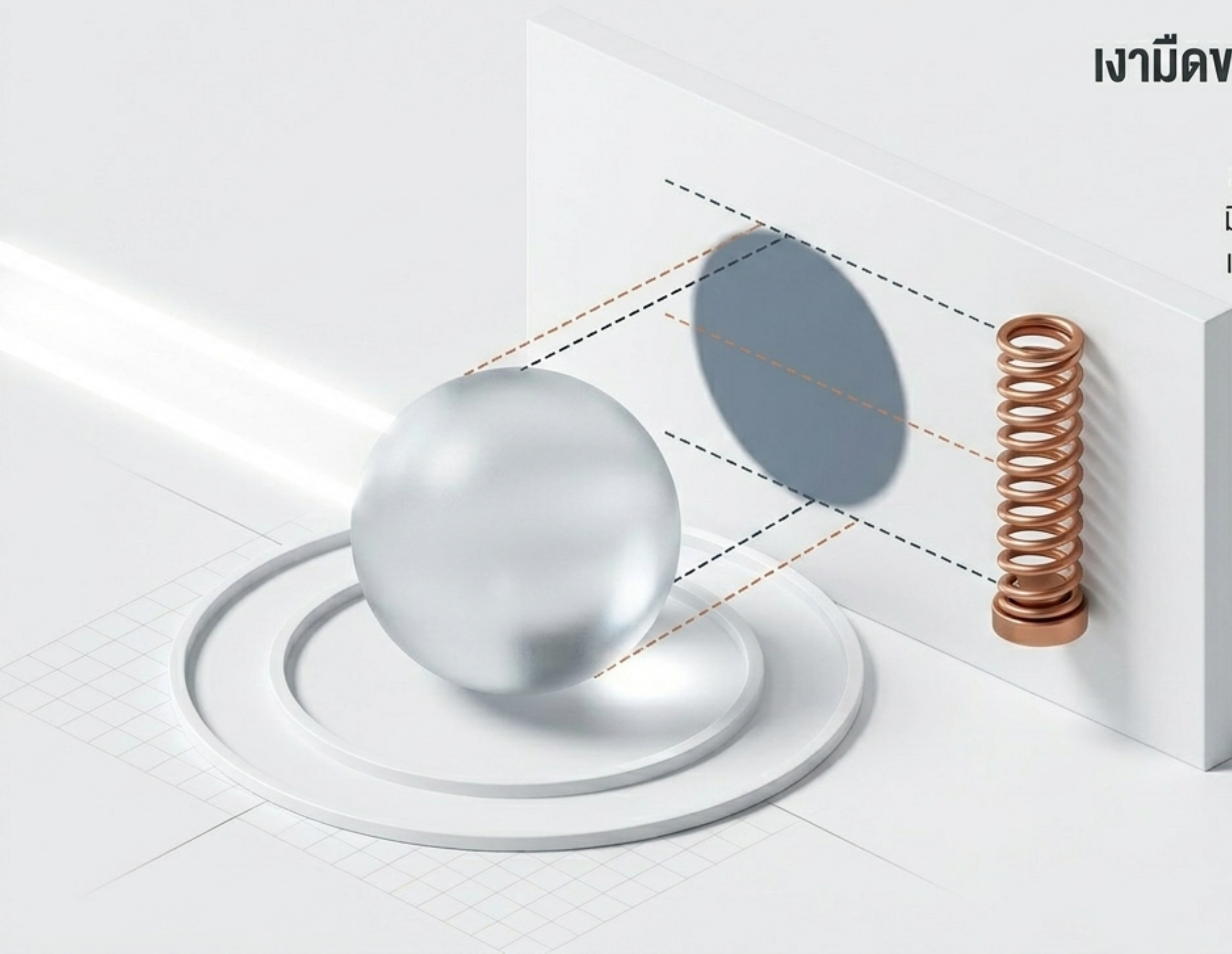
$$a(t) = -\omega^2 x(t)$$

ความเร่งของวัตถุจะแปรผันตรงกับระยะกระจัด
แต่มีทิศทางตรงกันข้ามเสมอ



เงามืดของการเคลื่อนที่แบบวงกลม

เบื้องหลังสมการตรีโกณมิติใน SHM คือการฉายภาพแบบ 1 มิติ — การสั่นขึ้นลงของสปริงมีพฤติกรรมเทียบเท่ากับ "เงา" ของการเคลื่อนที่แบบวงกลมหนึ่งหน่วยที่หมุนด้วยอัตราเร็วคงตัว



กลไกระบบมวลติดสปริง (Mass-Spring System)

ควบคุมด้วยแรงยืดหยุ่นตามกฎของฮุก ($F = -kx$)

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$



มวลมาก ($m \uparrow$):	ความถี่สูง → สั่นช้าลง (คาบยาวขึ้น)
สปริงแข็ง ($k \uparrow$):	ความถี่สูง → สั่นเร็วขึ้น (คาบสั้นลง)

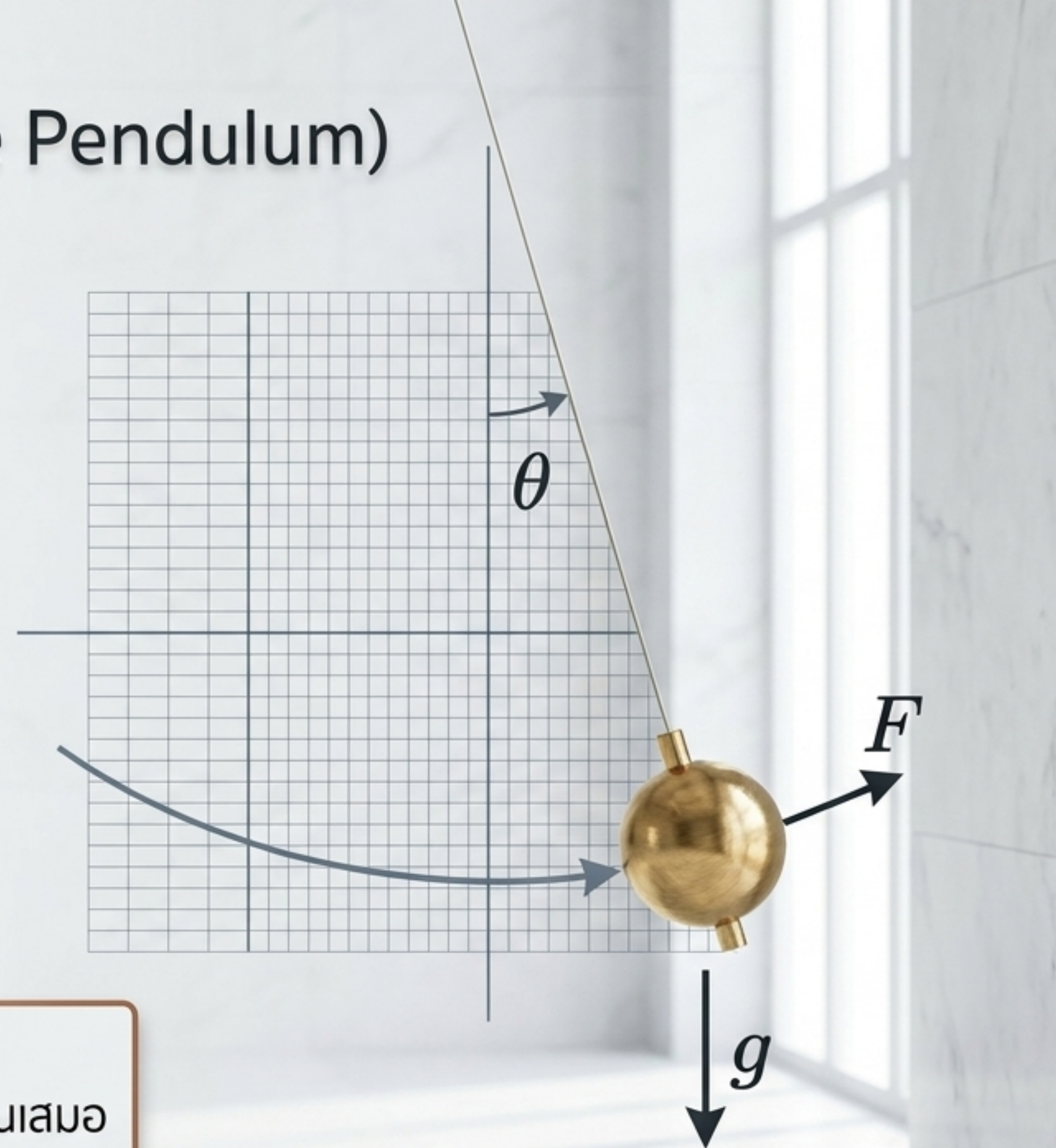
ปริศนาของลูกตุ้มอย่างง่าย (Simple Pendulum)

ขับเคลื่อนด้วยแรงดึงกลับจากแรงโน้มถ่วง ($F = -mg \sin\theta$)

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

เชือกยาว ($L \uparrow$): ระยะแกว่งกว้าง $\rightarrow$ แกว่งช้าลง

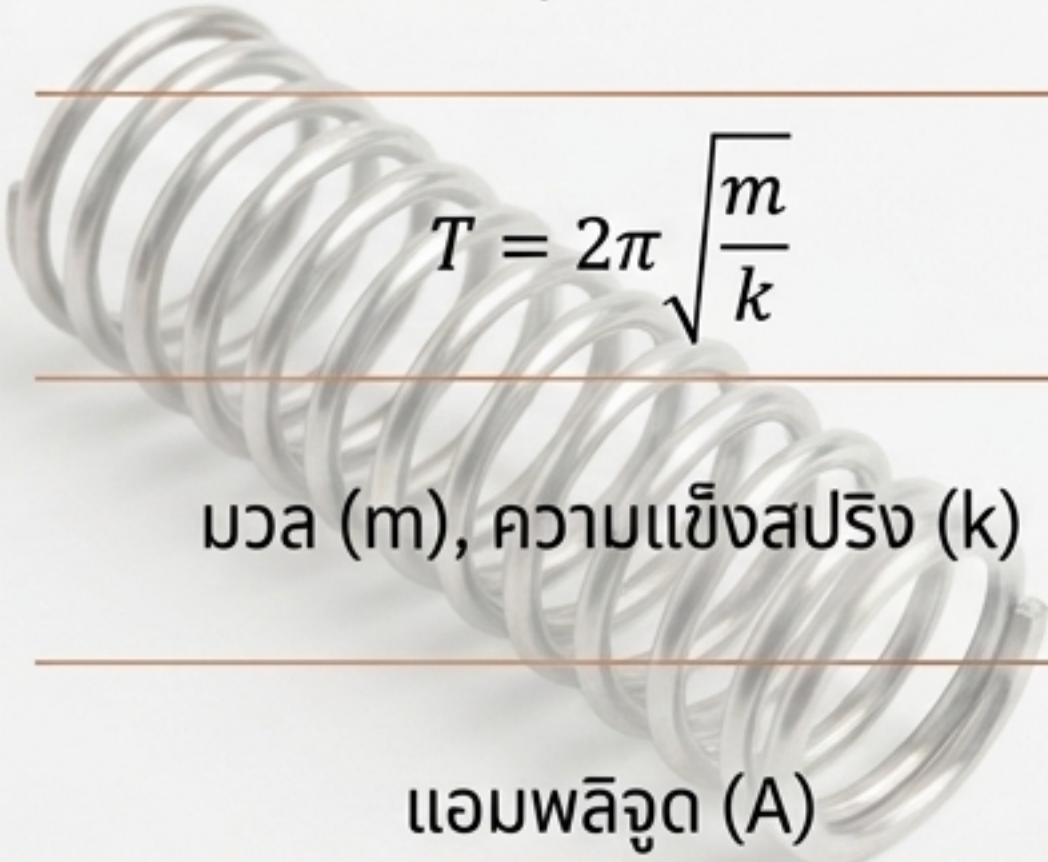
ข้อสังเกตสำคัญ: มวล (m) ไม่มีผลต่อคาบการแกว่งเลย!
ลูกตุ้มพลาสติกหรือเหล็ก หากสายยาวเท่ากัน จะแกว่งพร้อมกันเสมอ



วิเคราะห์ความแตกต่าง: สปริง vs ลูกตุ้ม

สปริง (Spring)

แรงยืดหยุ่น ($F = -kx$)


$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

มวล (m), ความแข็งสปริง (k)

แอมพลิจูด (A)

แหล่งที่มาของแรง

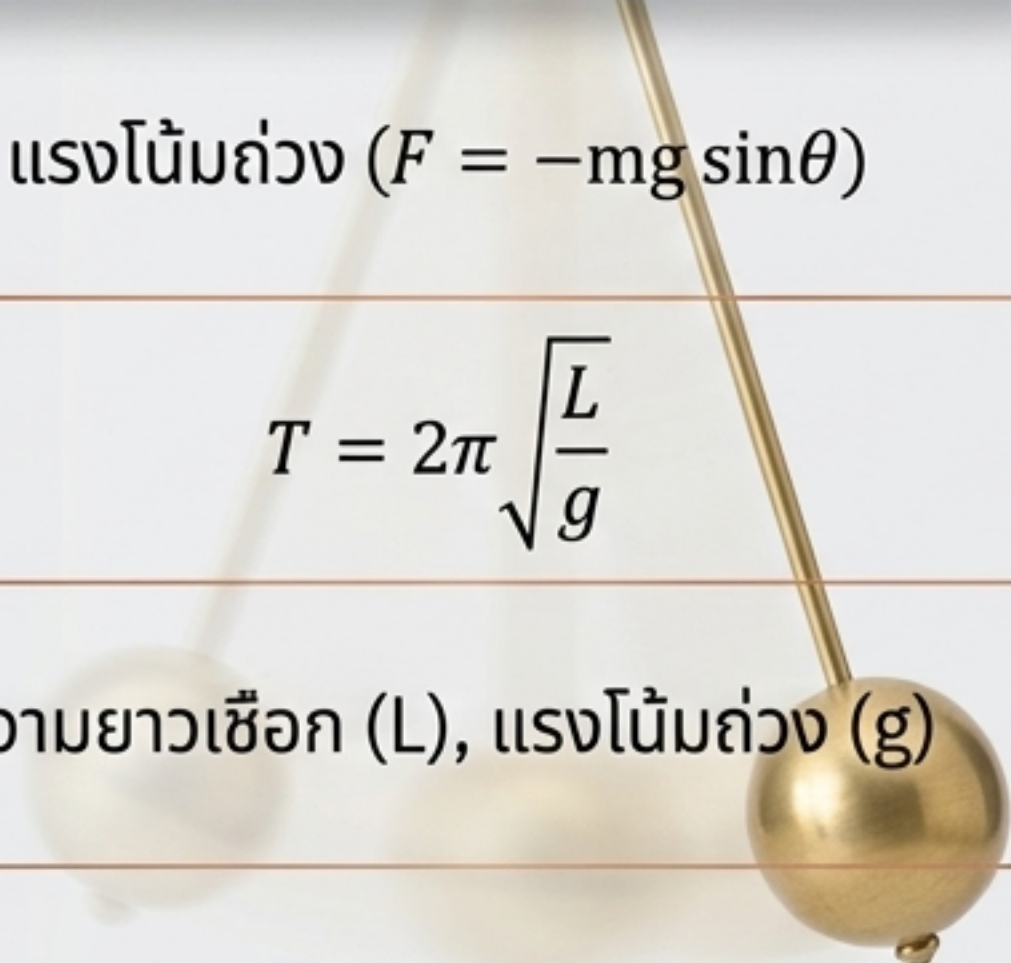
สมการคาบ T

ปัจจัยที่มีผล

ตัวแปรลอง ไม่มีผล

ลูกตุ้ม (Pendulum)

แรงโน้มถ่วง ($F = -mg \sin\theta$)


$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

ความยาวเชือก (L), แรงโน้มถ่วง (g)

มวล (m), แอมพลิจูด (A)

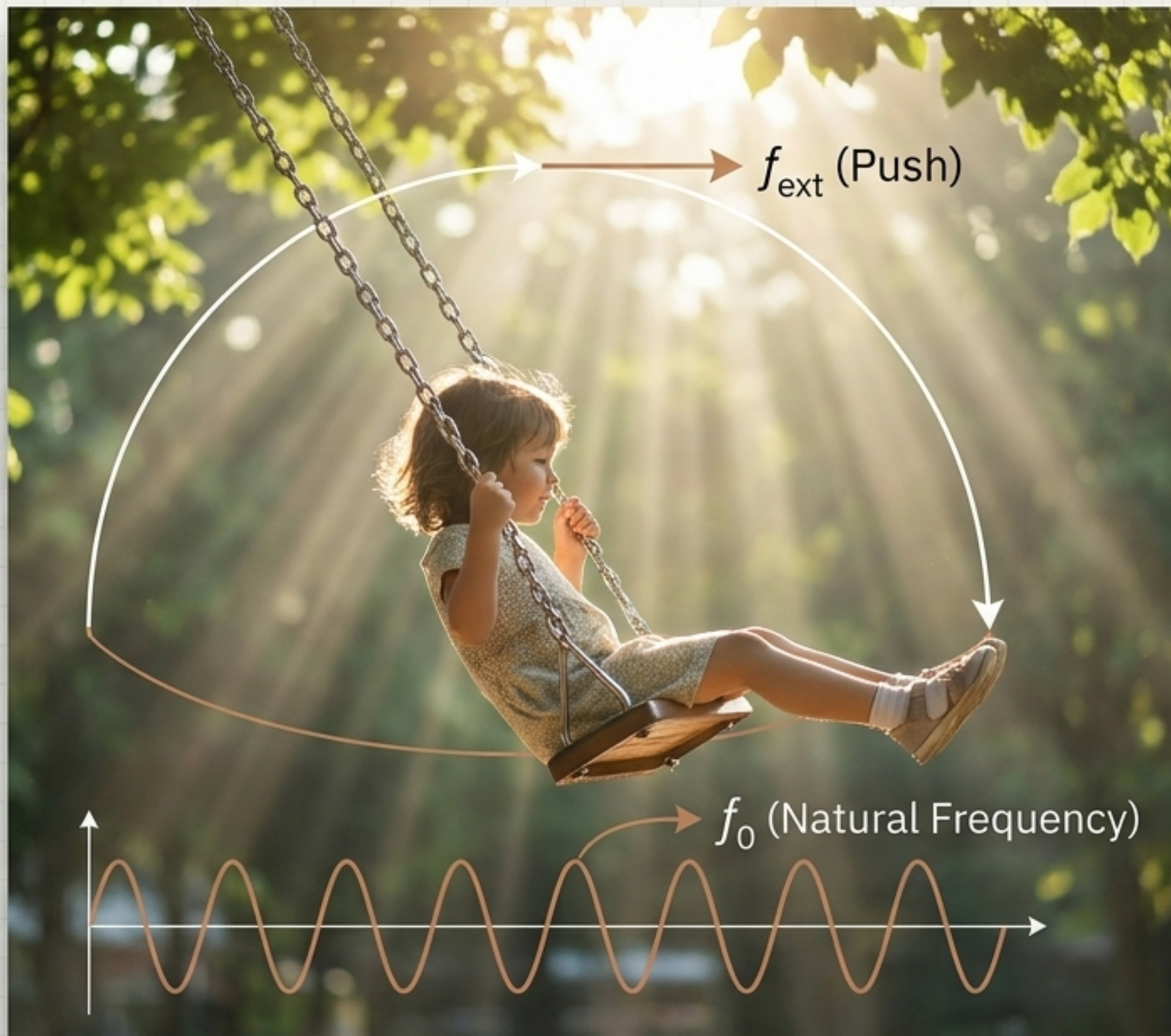
พลังของการสั่นพ้อง (Resonance)

วัตถุทุกชนิดมี "ความถี่ธรรมชาติ
(Natural Frequency, f_0)" ของตนเอง

1. แรงภายนอก (f_{ext}) กระตุ้นระบบ

2. หาก $f_{\text{ext}} = f_0$ (จังหวะตรงกันพอดี)

3. เกิดการถ่ายโอนพลังงานสูงสุด
แอมพลิจูด (A) ขยายใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ



ภัยนะจากการสั่นพ้องทางโครงสร้าง



คลื่นเสียงสั่นแก้ว: เมื่อความถี่เสียงตรงกับความถี่ธรรมชาติของแก้วคริสตัล แรงสะสมจะฉีกโครงสร้างจนแตกละเอียด

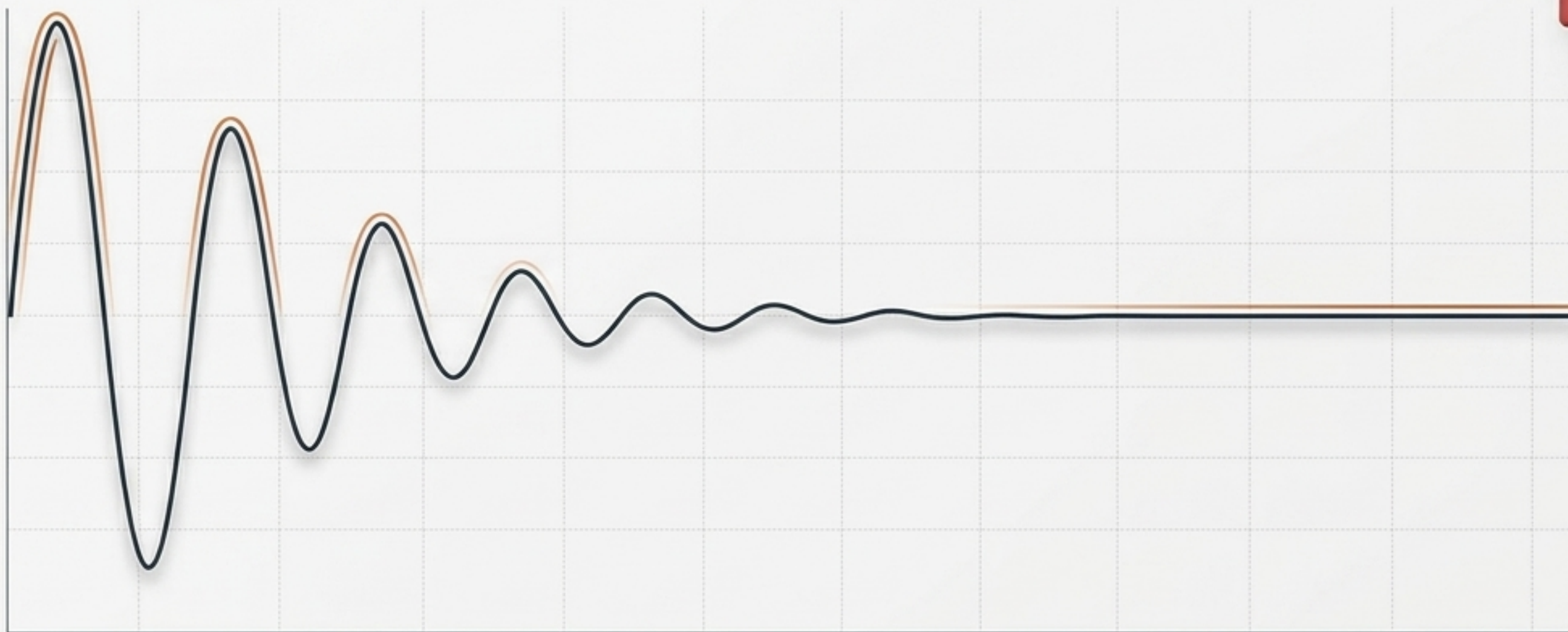


สะพาน Tacoma Narrows: กระแสลมพัดด้วยความถี่ที่พ้องกับโครงสร้างสะพาน ทำให้เกิดการบิดตัวสะสมรุนแรงจนพังทลาย

การดูดซับและควบคุมแรงสั่นสะเทือน

หากมีแค่สปริง รถจะสั่นไม่หยุดยามตกหลุม วิศวกรจึงออกแบบ “โช้กอัพ (Damper)”

หลักการ **Damped Oscillation** — โช้กอัพทำหน้าที่จำกัดและดูดซับพลังงานจลน์ เพื่อทำให้การสั่นสะเทือนสงบลงอย่างรวดเร็วที่สุด



นวัตกรรมการต้านทานแผ่นดินไหว (Tuned Mass Damper)

อาคารสูงอย่างตึก Taipei 101 ใช้ลูกตุ้มน้ำหนักหลายร้อยตันแขวนไว้บนยอดตึก

อาศัยหลักการแกว่งสวนทางด้วยแรงเฉื่อยในทิศตรงกันข้าม
เพื่อหักล้างแรงสั่นสะเทือนของตัวตึก ปกป้องโครงสร้างจากการพังทลาย





การสั่นพ้องที่มองไม่เห็น ในวงจรไฟฟ้า

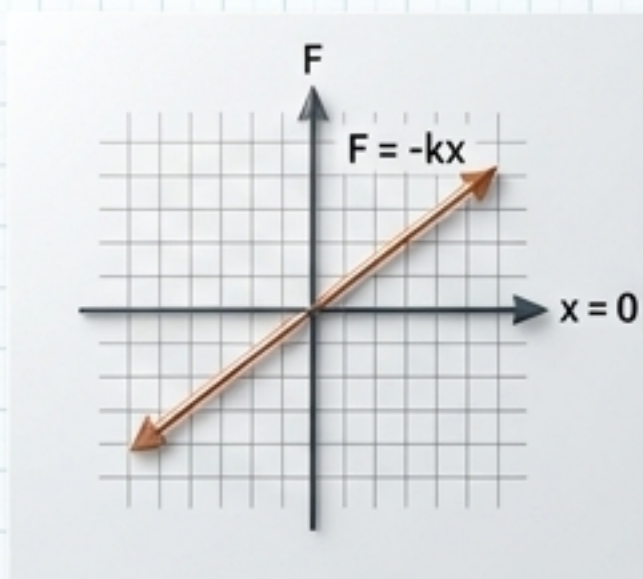
SHM เป็นมากกว่ากลไกทางกล
ในวงจรรับสัญญาณวิทยุ (LC Circuit)

การปรับค่าตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำ
คือการจูน “**ความถี่ธรรมชาติ**” ของวงจรให้เกิด
Resonance พอดีกับคลื่นสถานีวิทยุที่ต้องการรับ
เพื่อดึงสัญญาณนั้นให้โดดเด่นขึ้นมา

Blueprint: สรุปกฎเกณฑ์ของธรรมชาติ (The SHM Framework)

Section 1: นิยามหลัก

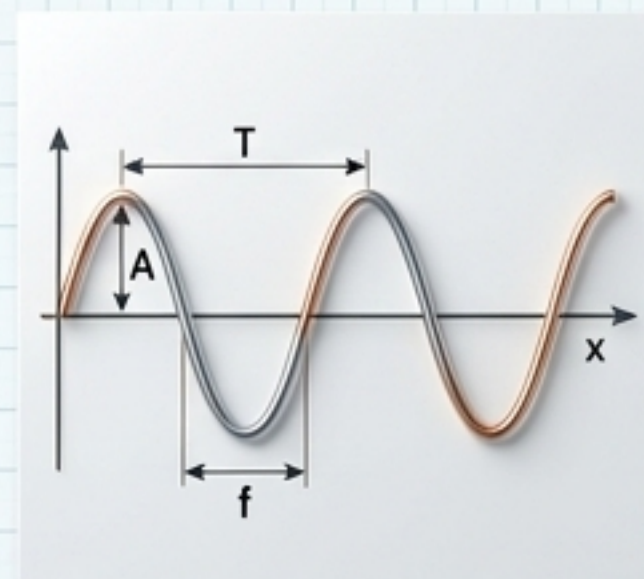
เคลื่อนที่ซ้ำรอยเดิมผ่านสมดุล
โดยมีแรงดึงกลับ $F \propto -x$



Section 2: 3 ตัวแปรหัวใจ

คาบ (T), ความถี่ (f),
แอมพลิจูด (A)

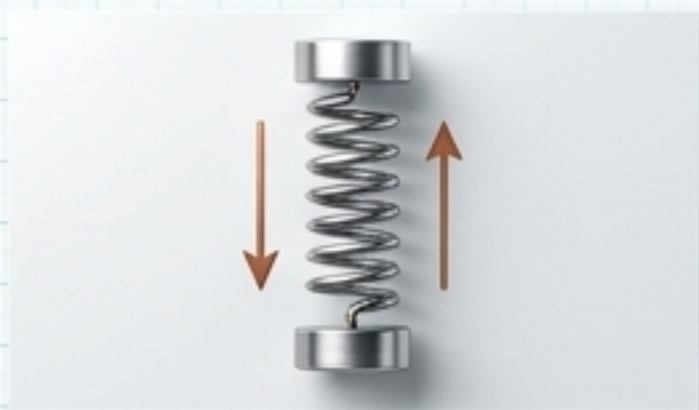
[จำไว้: A ไม่มีผลต่อ T, f]



Section 3: กลไก 2 ระบบ

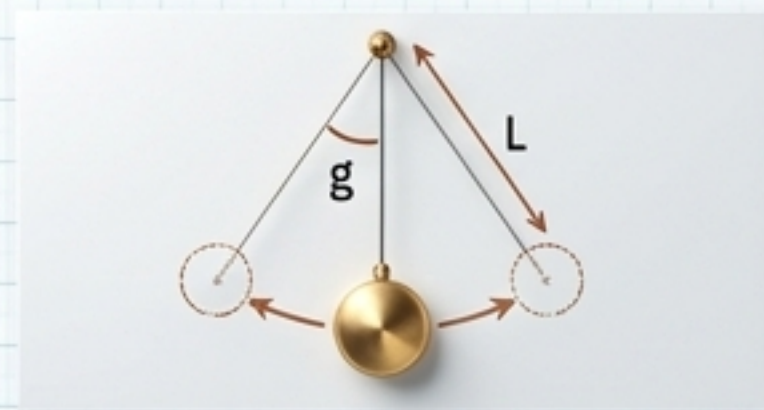
มวลติดสปริง:

$$T = 2\pi\sqrt{m/k} \text{ (m มีผล, k มีผล)}$$



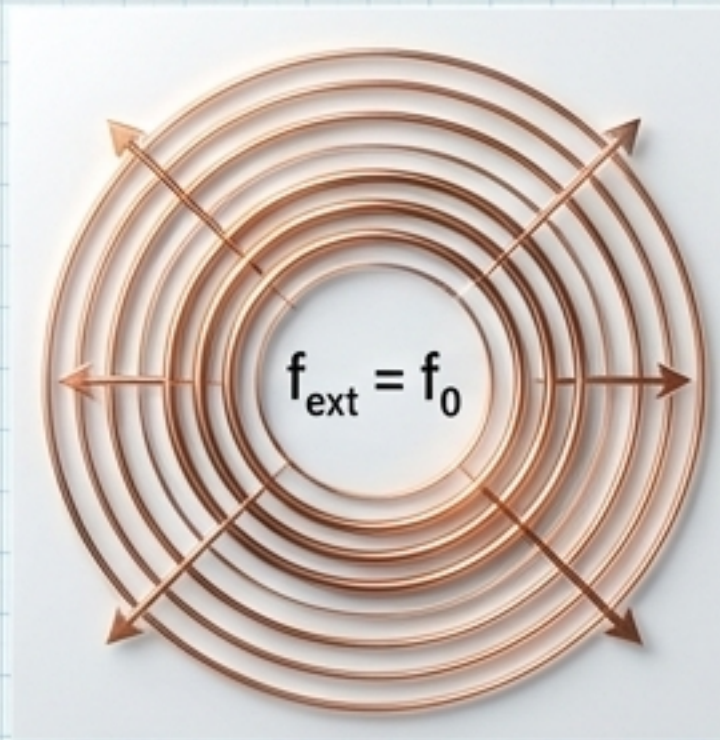
ลูกตุ้มอย่างง่าย:

$$T = 2\pi\sqrt{L/g} \text{ (L มีผล, m ไม่มีผล!)}$$



Section 4: Resonance

การถ่ายโอนพลังงานสูงสุด
เมื่อ $f_{\text{ext}} = f_0$





คุณพร้อมที่จะทดสอบความเข้าใจแล้ว

จากลูกตุ้มนาฬิกาถึงตีกระฟ้า คุณได้มองเห็นและเข้าใจ "จังหวะที่ซ่อนเร้นของธรรมชาติ" อย่างทะลุปรุโปร่ง

Mastery Unlocked 100%
เข้าสู่แบบทดสอบประเมินความรู้ท้ายบทเรียน (10 ข้อ)