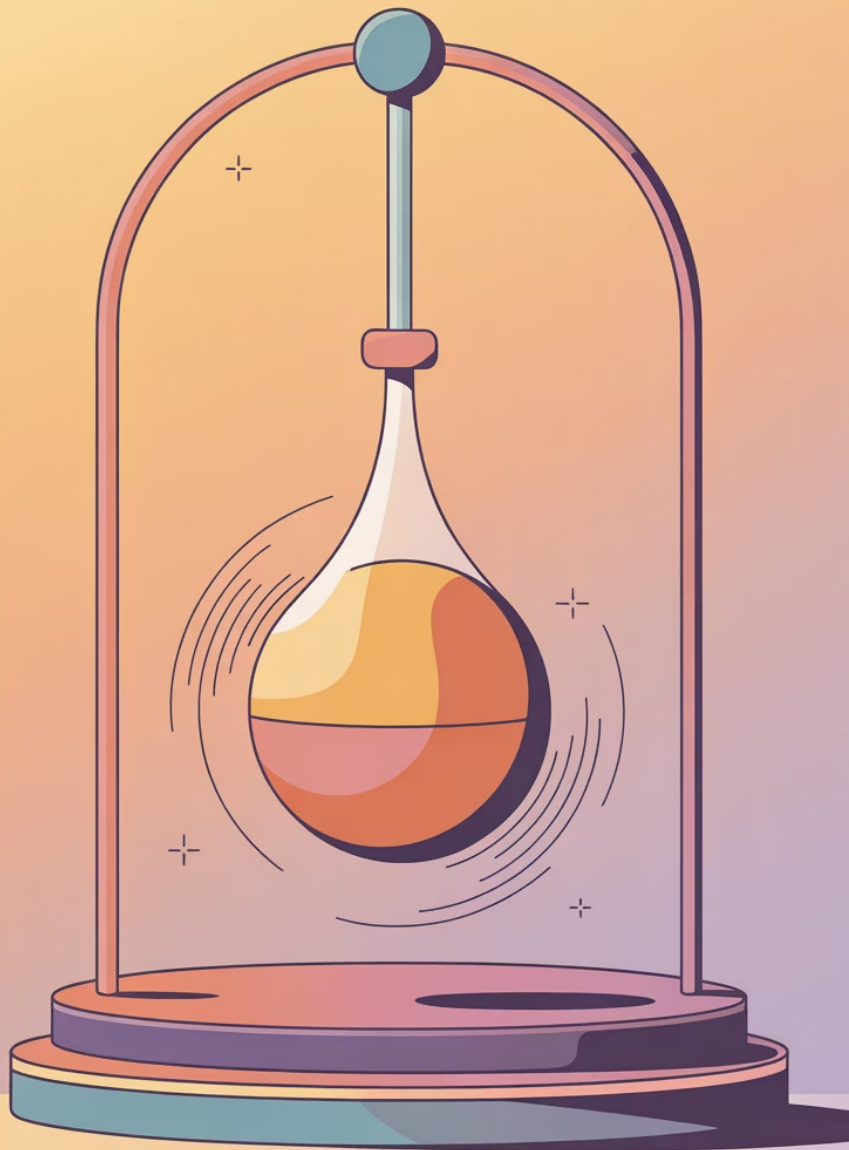




Коливальний рух. Маятники

Дослідження періодичних рухів та їх фундаментальних властивостей у природі

Що таке коливальний рух?

Коливання — це рух, який повторюється через рівні або майже рівні проміжки часу навколо положення рівноваги. Це один з найпоширеніших типів руху в природі та техніці.

Типи коливань:

- Періодичні та неперіодичні
- Вільні та вимушені
- Згасаючі та незгасаючі

Резонанс — це явище різкого зростання амплітуди коливань при збігу частоти зовнішньої сили з власною частотою системи.



Маятник годинника

Точний механічний хід



Струна гітари

Звукові коливання



Вібрації мостів

Інженерні розрахунки

Вільні та вимушені коливання

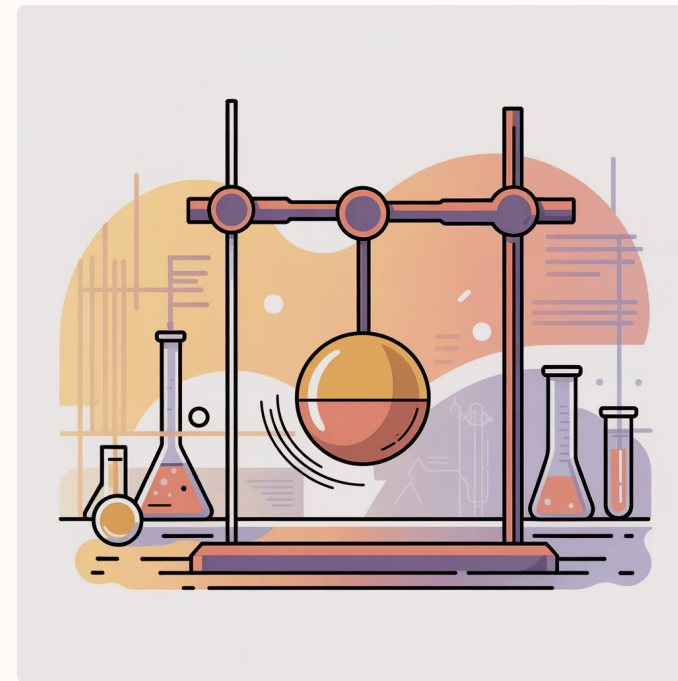
Вільні коливання

Вільні коливання – це коливання, що виникають, коли система виводиться з положення рівноваги та надалі коливається під дією внутрішніх відновлювальних сил. Після початкового збурення на систему не діють зовнішні періодичні сили.

Частота: Вільні коливання відбуваються на **власній (резонансній) частоті** системи, яка визначається лише її фізичними властивостями (маса, жорсткість, довжина тощо).

Приклади:

- Маятник, відпущений після відхилення.
- Струна гітари після щипка.
- Пружина з вантажем, розтягнута та відпущена.



Вимушені коливання

Вимушені коливання – це коливання, що виникають під дією постійної зовнішньої періодичної сили. Ця сила примушує систему коливатися, навіть якщо вона не має власних коливальних властивостей.

Частота: Вимушені коливання відбуваються на **частоті зовнішньої сили**, а не на власній частоті системи.

Приклади:

- Гойдалка, яку постійно штовхають.
- Динамік, що відтворює звук.
- Вібραції двигуна автомобіля, що передаються на кузов.

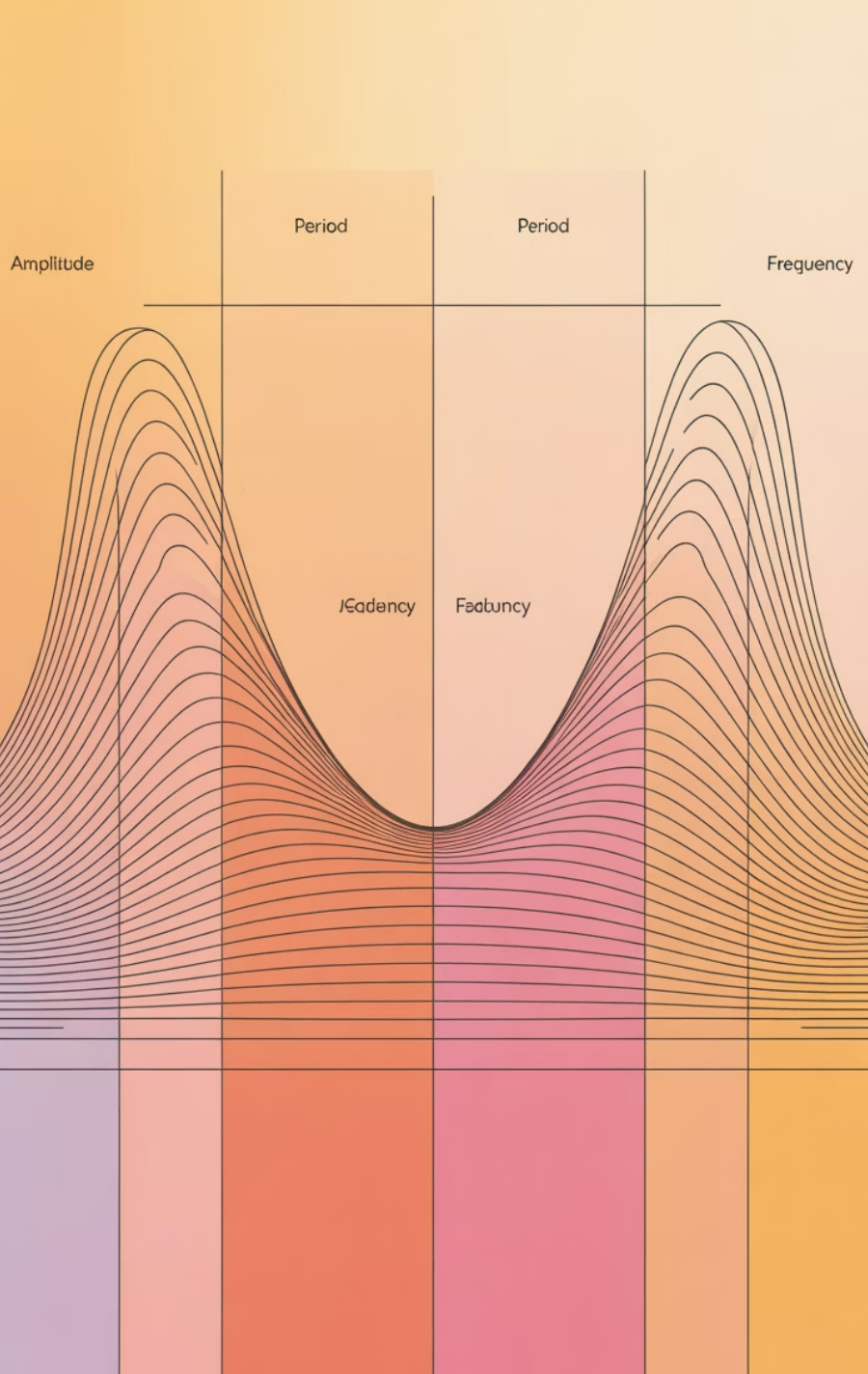
Резонанс: Якщо частота зовнішньої сили збігається з власною частотою системи, виникає резонанс, що призводить до різкого збільшення амплітуди вимушених коливань.

Вільні коливання

- Виникають після одноразового збурення.
- Відбуваються на власній частоті системи.
- Згасають з часом через опір середовища.
- Діють лише внутрішні сили.

Вимушені коливання

- Виникають під дією постійної зовнішньої сили.
- Відбуваються на частоті зовнішньої сили.
- Можуть бути незгасаючими (енергія поповнюється).
- Діють як внутрішні, так і зовнішні періодичні сили.



Основні характеристики коливань

1

Амплітуда (A)

Максимальне відхилення від положення рівноваги. Вимірює «розмах» коливань та визначає енергію системи.

2

Період (T)

Час, необхідний для одного повного коливання. Вимірюється в секундах.

3

Частота (n)

Кількість коливань за одиницю часу. Зв'язок з періодом: $n = 1/T$. Вимірюється в герцах (Гц).

4

Кутова частота (ω)

Швидкість зміни фази коливань: $\omega = 2\pi f$. Використовується в математичному описі.

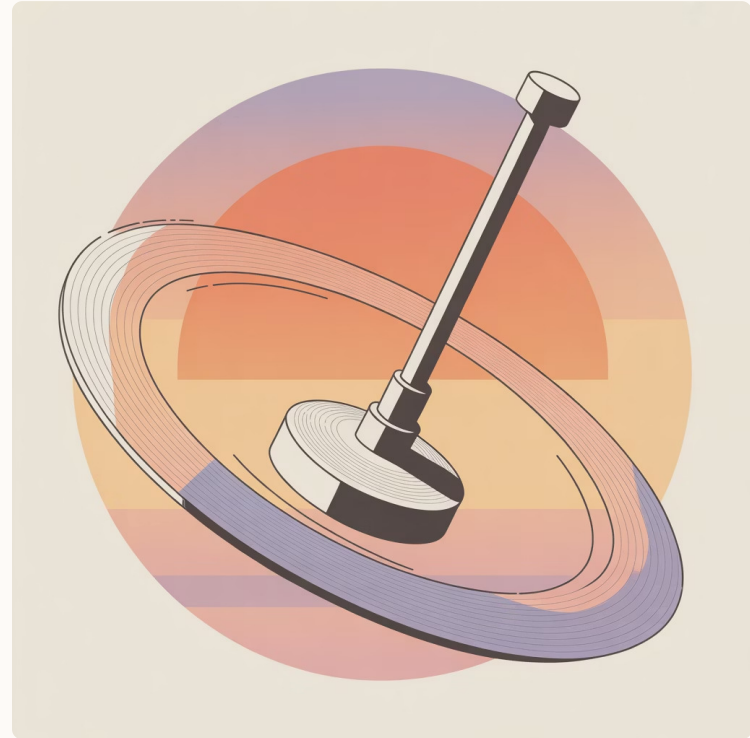
Фізичний маятник

На відміну від математичного маятника, фізичний маятник — це реальне тверде тіло, яке має розміри, форму та розподіл маси. Він обертається навколо горизонтальної осі, що не проходить через центр мас.

Період коливань

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgd}}$$

де I — момент інерції відносно осі обертання, m — маса тіла, d — відстань від осі до центру мас.



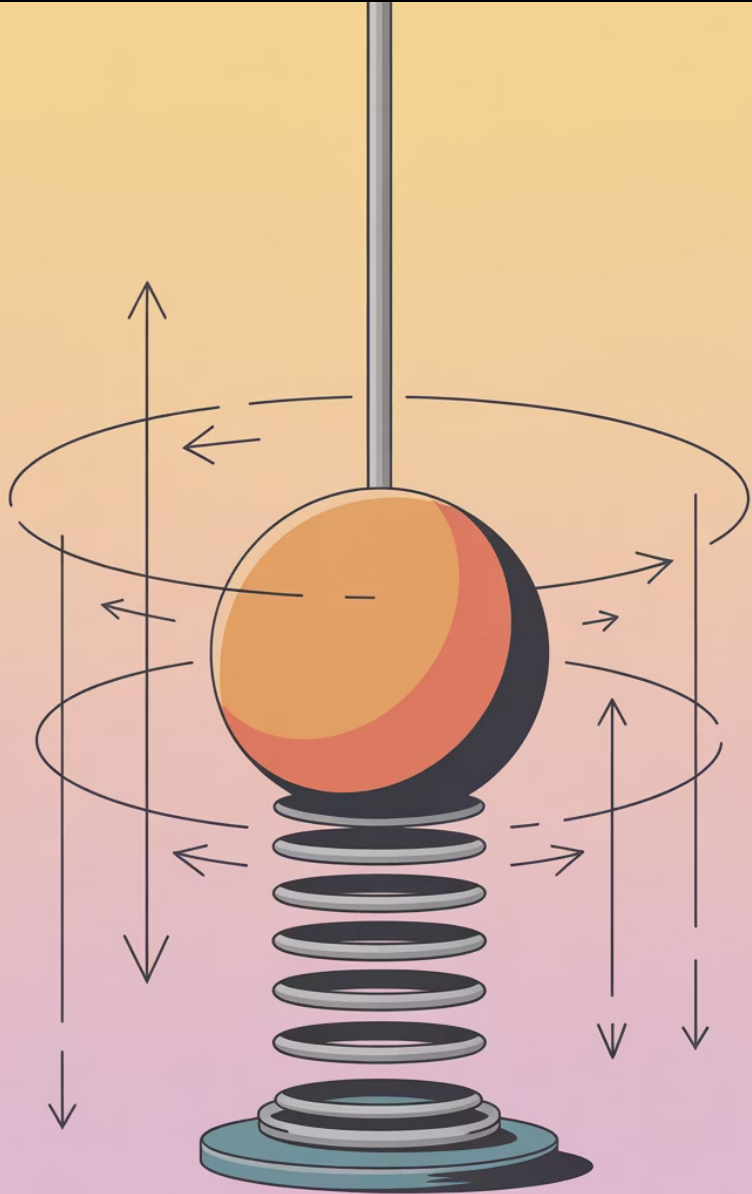
Геометрія має значення

Форма і розподіл маси впливають на момент інерції та період



Приклади в природі

Коливання гілок дерев, руху кінцівок тварин



Пружинний маятник

Пружинний маятник — це фізична система, що складається з тіла масою m , прикріпленого до пружини з коефіцієнтом жорсткості k , яке може здійснювати коливання. Цей тип коливань є класичним прикладом простого гармонічного руху.

Основні особливості

- **Маса (m):** Впливає на інерцію системи.
- **Жорсткість (k):** Визначає силу, яка повертає тіло до положення рівноваги.
- **Положення рівноваги:** Точка, де пружина не деформована або сила тяжіння збалансована силою пружини.

Період коливань

На відміну від математичного маятника, період пружного маятника не залежить від амплітуди (для ідеальної пружини) і гравітації (для горизонтальних коливань).

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

Де T — період, m — маса, k — жорсткість пружини.

📌 **Практичне застосування:** Пружинні маятники є основою для багатьох вимірювальних приладів, таких як сейсмографи, а також використовуються в амортизаційних системах автомобілів та інших механізмів.

Математичний маятник

Ідеалізована модель: матеріальна точка масою m , підвішена на невагомій нерозтяжній нитці довжиною ℓ , що коливається під дією сили тяжіння.

Період коливань

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

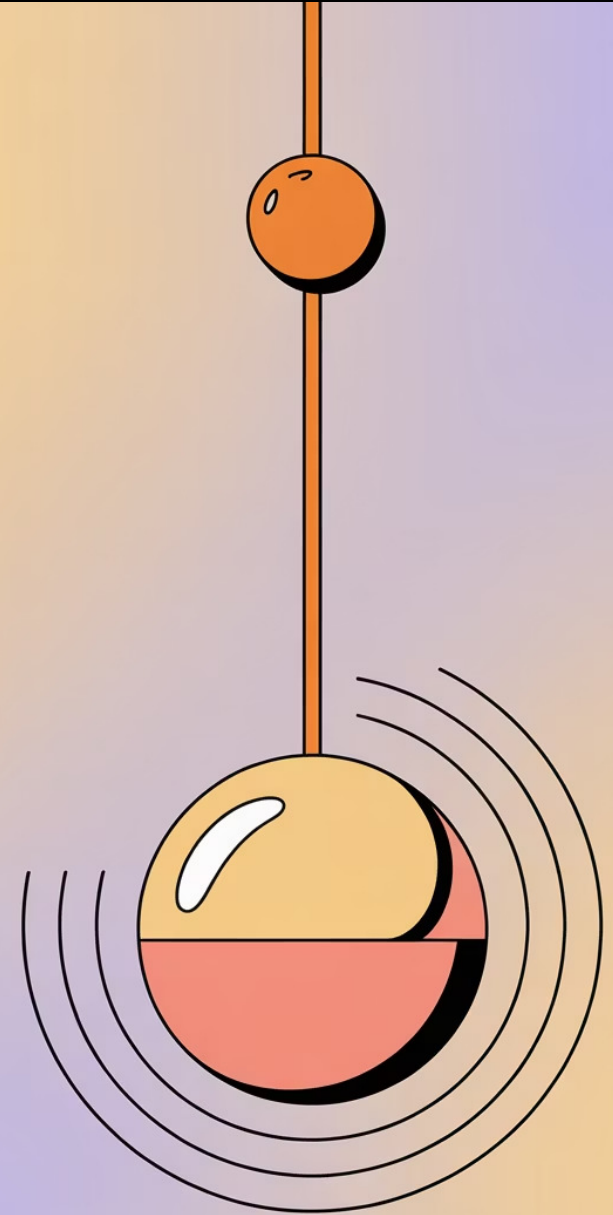
де g — прискорення вільного падіння ($\approx 9.8 \text{ м/с}^2$)

Ключова властивість

Період **не залежить** від маси маятника і амплітуди (при малих кутах відхилення)

Фактори впливу

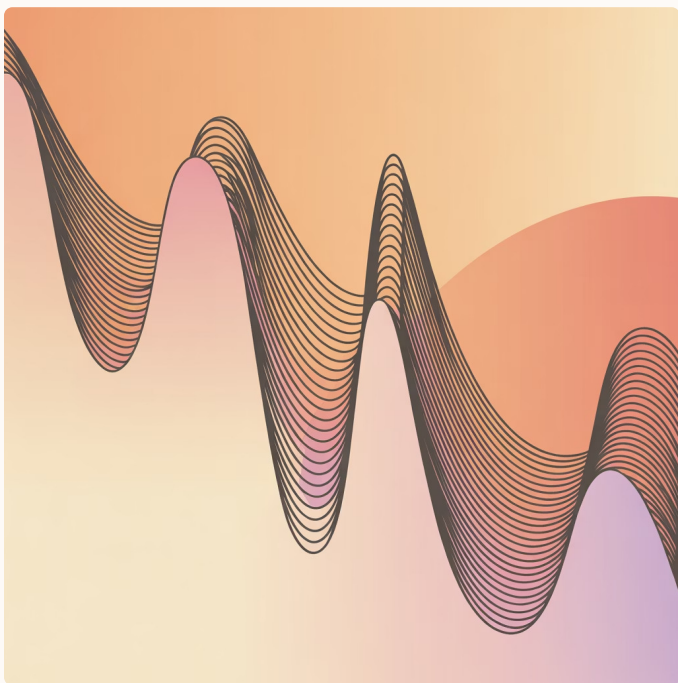
- Довжина нитки (ℓ)
- Прискорення тяжіння (g)



Демпфування та резонанс

Демпфування

Процес зменшення амплітуди коливань через дію сил опору (тертя, в'язкість). Енергія системи розсіюється, коливання поступово згасають.

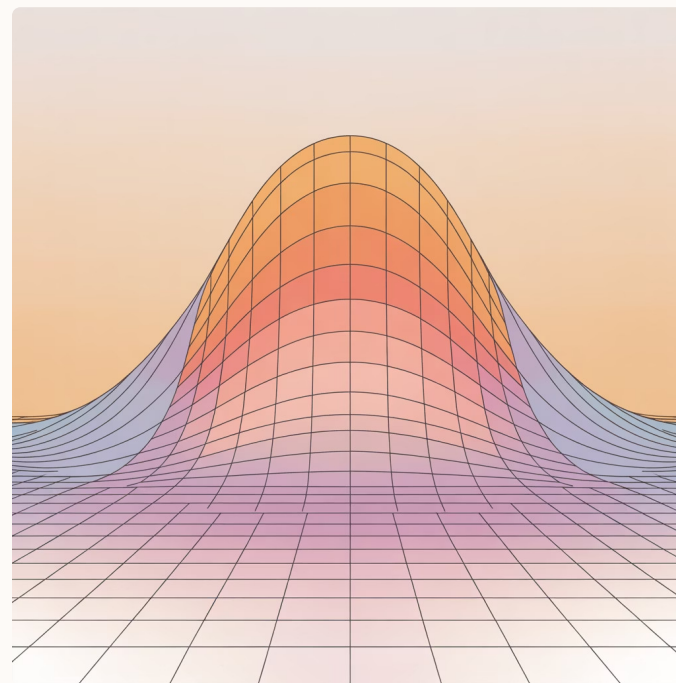


Вимушені коливання

Система коливається під дією періодичної зовнішньої сили. Частота коливань дорівнює частоті зовнішньої сили.

Резонанс

Явище різкого зростання амплітуди вимушених коливань при збігу частоти зовнішньої сили з власною частотою системи.



Небезпека резонансу

Може призвести до руйнування конструкцій: мости, будівлі, механізми. Потребує ретельного врахування при проектуванні.

Застосування маятників

Маятники знайшли широке практичне застосування в різних галузях науки і техніки завдяки своїм унікальним властивостям.

Точні годинники

Сталий період маятника забезпечує високу точність ходу механічних годинників. Використовувався століттями для вимірювання часу.

Сейсмографи

Реєстрація та вимірювання коливань земної кори під час землетрусів. Критично важливі для попередження катастроф.

Архітектурні демпфери

Величезні маятники в хмарочосах гасять коливання будівель від вітру та сейсмічної активності, забезпечуючи безпеку.

Від мікроскопічних MEMS-датчиків до гігантських інженерних систем — принципи коливань маятників працюють на всіх масштабах.