

Вкладка **ВСТУП**

Експериментуйте з одним або двома маятниками і виявляйте, які змінні (такі як довжина, маса, гравітація або кут) впливають на період.

ПОДИВІТЬСЯ на початковий кут

ВІДСЛІДКУЙТЕ повний період за шляхом

ПОРІВНЯЙТЕ два маятника

ВСТАНОВІТЬ довжини і маси

ДОСЛІДЖУЙТЕ ефекти з тертям

Ruler
 Stopwatch
 Period Trace

Pendulum Lab

Вкладка **ЕНЕРГІЯ**

Досліджуйте енергію в системі в режимі реального часу і виявляйте збереження механічної енергії.

ОБЕРІТЬ маятник

СПОСТЕРІГАЙТЕ за енергією в системі в реальному часі

ПЕРЕГЛЯНЬТЕ легенду

ЗМІНЮЙТЕ масштаб

ЗРОБІТЬ ПАУЗУ, щоб встановити всі параметри експерименту; **РОБІТЬ КРОКИ** по 0,01 секунд

Ruler
 Stopwatch
 Period Trace

Pendulum Lab

Вкладка **ЛАБОРАТОРІЯ**

Точно виміряйте період і перегляньте швидкість і прискорення протягом коливання маятника.

The screenshot shows the 'Pendulum Lab' simulation interface. It features a central pendulum with a blue bob and a yellow string, swinging on a blue arc. The interface includes several control panels and data displays:

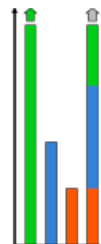
- Top Left:** A panel with checkboxes for 'Velocity' (green arrow), 'Acceleration' (yellow arrow), and 'Energy Graph' (green square).
- Top Right:** A panel with sliders for 'Length 1' (0.70 m), 'Mass 1' (1.00 kg), 'Gravity' (9.81 m/s²), and 'Friction' (None to Lots). A dropdown menu shows 'Earth' and a question 'Яка величина гравітації?' with a 'Планета X' option.
- Bottom Left:** A 'Period' display showing '1.7306 s' with a play button. Below it are checkboxes for 'Ruler', 'Stopwatch', and 'Period Timer'.
- Bottom Center:** A control bar with a red stop button, a play button, and a 'Normal'/'Slow' selector.
- Bottom Right:** A 'ЗУПИНЯЙТЕ рух маятника' (STOP the motion of the pendulum) button.

Callout boxes point to these features:

- СПОСТЕРІГАЙТЕ за векторами** (OBSERVE the vectors) points to the Velocity and Acceleration checkboxes.
- ВИМІРЯЙТЕ час повного періоду коливань** (MEASURE the full period of oscillation) points to the Period display.
- КОНТРОЛЮЙТЕ гравітацію; ВИЗНАЧТЕ гравітацію на невідомій планеті** (CONTROL gravity; DETERMINE gravity on an unknown planet) points to the Gravity and Friction sliders and the Planet dropdown.
- ЗУПИНЯЙТЕ рух маятника** (STOP the motion of the pendulum) points to the Stop button.

Управління симуляцією

- Кнопка видалення тепла в енергетичному графіку миттєво видаляє теплову енергію з системи. Якщо тертя увімкнене, теплова енергія буде продовжувати накопичуватися.
- Коли енергія відсутня, стрілка з'явиться над смугою на графіку енергії. Щоб змінити масштаб графіка, зменшіть масштаб, доки стрілки більше не будуть видимі.



Поради для використання учнями

- Учні можуть спробувати використати формулу для періоду маятника, що діє лише в режимі малого кута. Учні можуть експериментувати, використовуючи Юпітер або Місяць, щоб виявити, що означає «малий», або вони можуть провести пошук у літературі. Зауважимо, що немає абсолютно чіткої відповіді на це питання - це залежить від рівня точності.
- Під час експерименту може бути корисно спочатку призупинити роботу симуляції, а потім налаштувати експеримент.
- Метою лінійки є встановлення масштабу. Учні зазвичай використовують лінійку, щоб переконатися, що довжина вимірюється до центру маси маятника.

$$T = 2\pi\sqrt{l/g}$$

Спрощення в моделюванні

- Під час переміщення маятника кути обмежуються точним цілим числом градусів.
- Потенційна енергія є відносно точки спокою маси, тому маятники з різною довжиною будуть мати різні нульові точки.
- Таймер періоду функціонує як тригерний механізм (photogate), який

починається, коли маятник перетинає вертикальну пунктирну лінію. Період буде відображатися після одного циклу.

- Якщо параметр (наприклад, гравітація, маса) змінюється в середині коливання, миттєва довжина, маса, кут і тангенціальна швидкість будуть використовуватися як нові початкові умови для рівняння руху. Як наслідок, амплітуда коливання може бути порушена і більше не буде відповідати позначці на вимірювальному приладі.
- Тертя моделюється як квадратична функція від швидкості ($F_{\text{drag}} \propto v^2$), яке дійсне у великому обмеженні числа Рейнольда, придатному для макроскопічних об'єктів. Збільшення тертя призведе до збільшення значення коефіцієнта опору в моделі.
- Для отримання додаткової інформації про силу або рівняння руху див. [Модель маятника \(Pendulum Lab Model\)](#)

Пропозиції для використання

Приклади завдань для учнів

- Поясніть, що являє собою період маятника.
- Визначити метод вимірювання періоду без використання інструмента

Таймер періоду

- Створити контрольований експеримент, щоб (якісно чи кільксно) визначити, як змінна - така, як довжина, маса, гравітація або кут - впливає на період.
- Оцініть швидкість маятника з енергетичного графіка (наприклад, максимальний, середній або нульовий).
- Передбачити положення маятника з енергетичного графіка.
- Порівняйте період на планеті X із періодом на Землі. Яка планета має більший гравітаційне прискорення
- Обчислити значення g на Планеті X.
- Передбачити напрямок і величину вектора швидкості в різних точках коливання.
- Визначте, що являє собою «малий» кут. (Зауважте, що відповідь залежить від бажаного рівня точності.)

Див. усі опубліковані заходи і приклади уроків для **Лабораторії маятників [тут](#)**.

Для отримання додаткових порад щодо використання симуляцій PhET з учнями див. [Поради щодо використання PhET](#).