

## Експеримент P-49

# Рух горизонтально запущеного снаряду



### Задачі

- Зрозуміти принципи руху снаряда та траєкторій.
- Передбачити точку приземлення кулі шляхом вимірювання її початкової горизонтальної швидкості.
- Згенерувати різні швидкості та визначити закономірності руху.

### Модулі та датчики

- Програма NeuLog + ПК
- Модуль USB-200 
- Датчик-фотогейт NUL-209 

### Обладнання та периферія

▪ Універсальна підставка
▪ Прямокутний затиск
▪ Подовжений затиск
▪ Дерев'яна лінійка 60 см
▪ Шорсткий і гладкий дерев'яні блоки з гачками
▪ Вимірювальна стрічка 3 м
▪ Маленька куля (3,5 см в діаметрі)

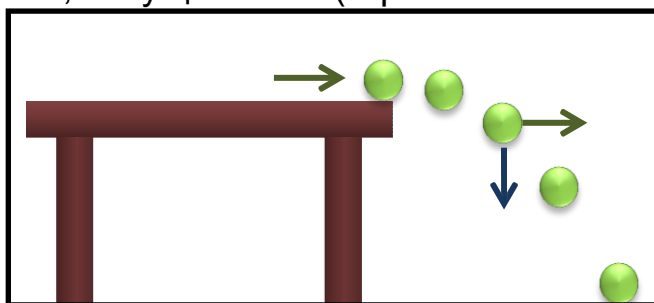
- Для цього експерименту ми рекомендуємо використовувати кулю-губку.
- Вищезазначені елементи (крім кулі) входять до комплекту для механіки NeuLog, МЕС-КІТ. Якщо у вас немає комплекту, ви можете створити власний нахил.

## Вступ

Снаряд - це будь-який предмет, який кидають, стріляють, запускають тощо. Шлях снаряда називається його траєкторією. Вона може описати, наприклад, рух бейсбольного м'яча, кулі рушниці або автомобіля, що злетів зі скелі. Коли предмет підкидується в повітрі, початкова швидкість, кут і положення визначають, скільки часу він буде знаходитися в повітрі і куди він впаде.

Горизонтальний запуск снаряда відбувається, коли об'єкт запускається з початковою горизонтальною швидкістю з піднесеного положення і параболічним шляхом рухається до землі. Це відрізняється від снаряда, який запускається під кутом.

Це приклад м'яча, запущеного зі (горизонтальний запуск):



М'яч штовхається горизонтально без нахилу вгору і з початковою швидкістю  $0,3 \text{ м / с}$ . Якби не було сили тяжіння, куля продовжувала би рух зі швидкістю  $0,3 \text{ м / с}$  у горизонтальному напрямку. Сила тяжіння змушує кулю прискорюватися вниз зі швидкістю  $9,8 \text{ м / с}^2$ .

Рух м'яча має два компоненти - горизонтальний та вертикальний; ці компоненти перпендикулярні, тому вони не залежать один від одного. Вирішуючи проблеми горизонтального запуску, ми повинні враховувати такі фактори: горизонтальна швидкість **залишається незмінною**, поки куля не впаде на землю, тоді як вертикальна швидкість **збільшується на  $9,8 \text{ м / с}$  щосекунди**, хоча, щоб це було правдою, ми повинні нехтувати силою опору повітря.

У цьому експерименті ми дозволимо кулі впасти вниз по схилу, щоб виміряти її горизонтальну швидкість, коли вона котиться по столу, за допомогою датчика-фотогейта. Точку падіння на

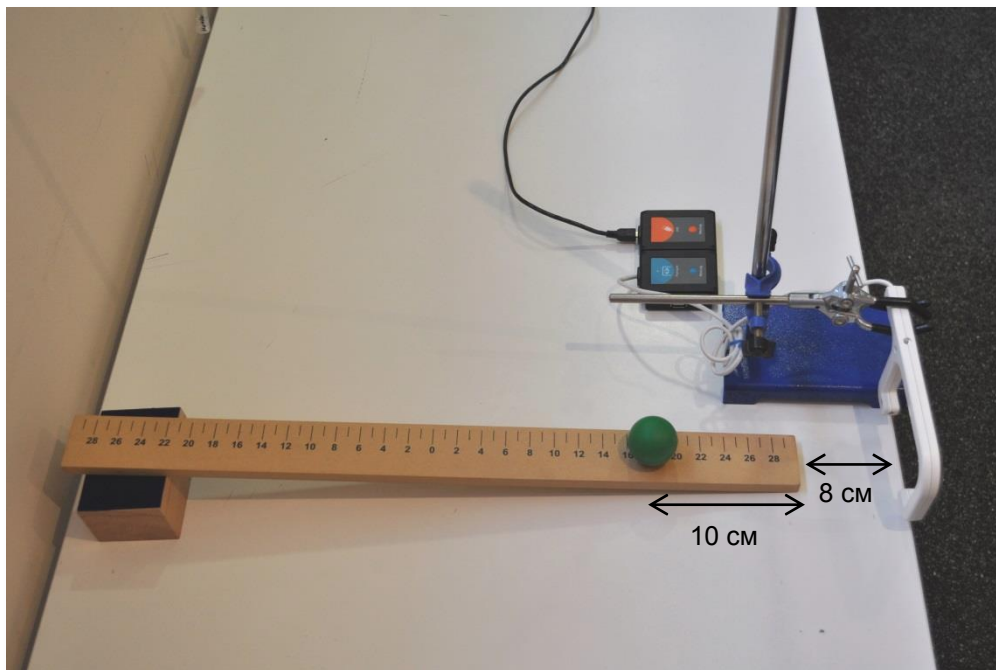
---

землю буде спрогнозовано, а потім порівняно з виміряною точкою за допомогою вимірювальної стрічки.

## Хід експерименту

### Підготовка експерименту

1. Налаштуйте експеримент, як показано на малюнку нижче.



2. Покладіть лінійку на дерев'яний блок, щоб налаштувати схил.
3. Закріпіть подовжений затиск на підставці з прямокутним затиском.
4. З'єднайте фотогейт з підставкою за допомогою подовженого затиска.
5. Позиція всіх предметів повинна бути такою, як на малюнку вище, щоб кулю можна було котити вниз по схилу, а потім через фотогейт.
6. Розташуйте фотогейт на такий висоті, на якій його промінь (який виходить з одного із рук фотогейту) буде проходити по середину кулі. Ви введете діаметр кулі, і він буде використовуватися для розрахунків, тому важливо правильно розташувати фотогейт.

7. Помістіть вимірювальну стрічку на підлогу для вимірювання горизонтальної відстані від краю столу, на якій приземляється куля.
8. Початкова точка кулі знаходиться приблизно в 10 см від краю лінійки (між інтервалами 16 і 20 см на лінійці). Край лінійки повинен знаходитися на відстані приблизно 8 см від краю столу.
9. Потренуйтеся в скатуванні кулі та відстеженні її горизонтальної відстані від краю столу.

### **Налаштування датчика**


10. Підключіть модуль USB-200  до ПК.
11. Переконайтеся, що датчик-фотогейт  підключений до модуля USB-200.

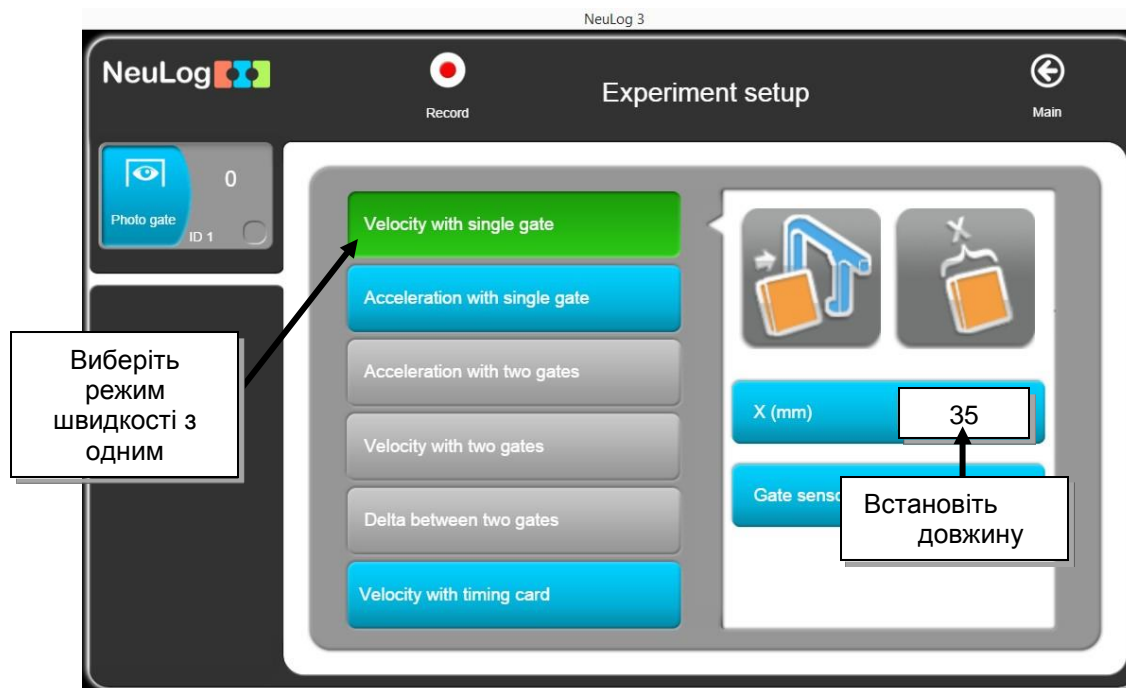
#### **Примітка:**

Функції програми пояснені коротко. Рекомендовано заздалегідь ознайомитися з функціями програми NeuLog (які описані в посібнику користувача).

12. Запустіть програму NeuLog і переконайтеся, що датчик-фотогейт було ідентифіковано.

## Налаштування

13. Клікніть на іконку **Run experiment**  на головній панелі NeuLog.
14. Повинна з'явитися наступне меню. Встановіть конфігурацію, як пояснено нижче.



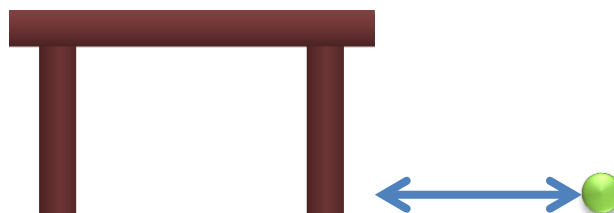
15. Встановіть діаметр кулі в мм (3,5 см = 35 мм).

## Тестування та вимірювання

16. Клікніть на іконку **Record**  , щоб розпочати вимірювання.



17. Котіть кулю від початкової точки, не застосовуючи до нього сили. Призначення схилу - запустити кулю зі столу з відносно фіксованою горизонтальною швидкістю. Подивіться, де саме куля впала на землю, і запишіть це в наступній таблиці.



Відстань між точкою падіння та краєм столу [см]

	Відстань між точкою падіння і краєм столу [см]	
Номер вимірювання	Експеримент-зразок	Експеримент учня
1	12	
2	11	
3	10	
4	12	
5	11	
Середнє:	11,2 см = <b>0,112 м</b>	

18. Ви побачите нове значення часу на екрані для кожного зробленого вимірювання.

Time[sec] Avg :	0.2941	Velocity[m/s] Avg :	0,276 м /
0.1212		0.2888	
0.1193		0.2934	
0.162		0.216	
0.1206		0.2902	
0.1202		0.2912	

19. Повторіть цей процес ще чотири рази, не припиняючи експеримент.
20. Ви побачите середню швидкість у верхній частині таблиці на екрані.
21. Клікніть на іконку **Stop**  , щоб зупинити запис даних.
22. Натисніть на іконку **Export**  , а потім на Save value table (.CSV) , щоб зберегти дані.
23. Введіть середню відстань між краєм столу та точкою падіння [см] у таблиці вище.

### Розрахунки:

Для того, щоб розрахувати передбачувану горизонтальну відстань, яку проходить куля, нам потрібно знати її швидкість і час, який їй знадобився, щоб впасти на землю.

**Прогнозована відстань = Виміряні час x швидкість**



$$d(x) = v(x) * t$$

Потім ми порівняємо ці значення з виміряною відстанню.

**24. Час, необхідний для падіння кулі (для експерименту-зразка):**

Наступне рівняння описує час, протягом якого об'єкт падав цю на відстань  $d(y)$ .

$$t = \sqrt{\frac{2d(y)}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 0.74 \text{ m}(y)}{9.8 \text{ m/s}^2}} = 0.388 \text{ s}$$

Ми знаємо, що куля падає вертикально відповідно до прискорення сили тяжіння ( $9,8 \text{ м / с}^2$ ) без ефекту горизонтального руху.

Висота столу  $74 \text{ см} = 0,74 \text{ м}$ . Тому ми можемо розрахувати прогнозований час.

**25. Прогнозована відстань (для експерименту-зразка):**

$$d(x) = v(x) * t = 0.276 \text{ m/s} \times 0.388 \text{ s} = 0.107 \text{ m}$$

Співвідношення між двома значеннями відстані:

$$(\text{Виміряна } d(x) / \text{спрогнозована } d(x)) * 100\%$$

$$0,112 \text{ м} / 0,107 * 100\% = 104,6\%$$

Ми можемо бачити, що прогнозовані та виміряні значення відстані дуже близькі в експерименті-зразку.

26. Застосуйте ці розрахунки для власних вимірювань.

## Дослідницькі випробування

27. Приберіть дерев'яний ящик і лінійку (або ваш схил).

28. Клікніть на іконку **Record** , щоб розпочати вимірювання.

29. Прикладіть силу до кулі рукою, щоб прокотити його через фотогейт. Запишіть кожен результат у наступній таблиці. Спробуйте досягти декількох різних відстанях, спустивши кулю з різною швидкістю.

	$v(x)$ Виміряна горизонт. швидкість	(Те саме для кожного вимірюв ання) [с]	Спрогнозована $d(x)^*$ Відстань між краєм столу та точкою падіння [м]	Виміряна $d(x)$ Відстань між краєм столу та точкою падіння [м]	Коефіцієнт: $(\text{Виміряна } d(x) / \text{спрогнозована } d(x)) * 100\%$
1					
2					
3					
4					
5					

## Підсумкові питання

1. Поясніть різницю між прогнозованими значеннями відстані та вимірними значеннями відстані, які ви отримали в цьому експерименті (в обох частинах).
2. Якщо ми би провели експеримент із таблицею вище, як це вплинуло б на кожен параметр? Як це вплине на відстань місця падіння і чому?
3. Бейсбольний м'яч кидається зі швидкістю  $37 \text{ м / с}$  горизонтально і досягає землі на відстані  $23 \text{ м}$  від пітчера. Який зріст пітчера, якщо він кинув м'яч прямо над головою?