

# Робота № 3.

## Дослідження руху тіла, кинутого під кутом до горизонту

*Дата проведення*

**Мета роботи:** експериментально довести, що вільне падіння тіл є прикладом прямолінійного рівноприскореного руху та визначити модуль прискорення вільного падіння

### *Питання для підготовки до роботи*

1. Який рух називається рівноприскореним? 2. Що таке прискорення? Чи змінюється прискорення під час рівноприскореного руху? 3. У якому випадку проекція прискорення має додатне, а в якому від'ємне значення? 4. Що таке кінематичне рівняння рівноприскореного руху?

### *Теоретичні відомості*

Будь-який складний рух матеріальної точки можна представити, як накладення незалежних рухів уздовж координатних осей, причому в напрямку різних осей вид руху може відрізнятися. Наприклад, у разі руху тіла, кинутого під кутом до горизонту можна представити, як накладення двох незалежних рухів: рівномірного руху вздовж горизонтальної осі ( $Ox$ ) і рівноприскореного руху вздовж вертикальної осі ( $Oy$ ) (рис. 4). Пояснюється це тим, що в польоті на тіло діють сила тяжіння й сила опору повітря. Якщо силою опору знехтувати, то залишається єдина сила – сила тяжіння. Тому внаслідок 2-го закону Ньютона тіло рухається з прискоренням, яке дорівнює прискоренню вільного падіння; проекції прискорення на координатні осі дорівнюють  $a_x = 0$ ,  $a_y = -g$ .

Проекції швидкості тіла, отже, змінюються з часом відповідно:

$$v_x = v_{0x} = v_0 \cdot \cos \alpha, \quad v_y = v_{0y} + g_y \cdot t$$

де  $v_0$  – початкова швидкість тіла,  $\alpha$  – кут, під яким кинуте тіло.

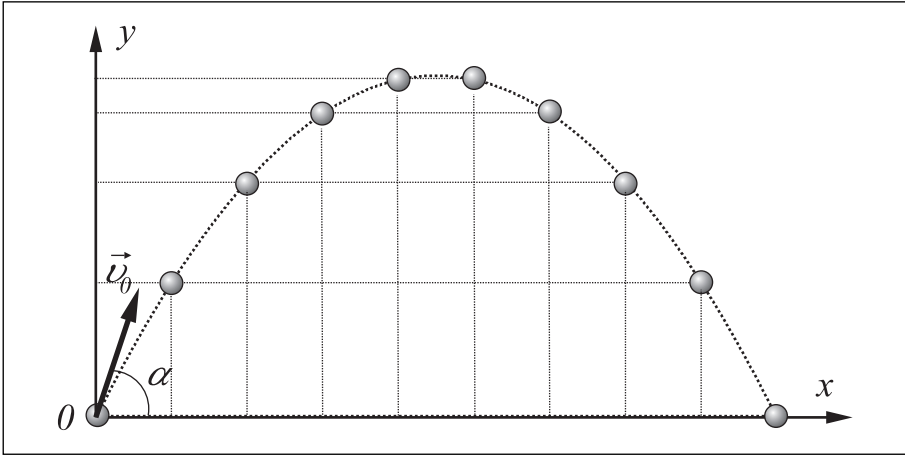


Рис. 4

Координати тіла, відповідно, змінюються за законами:

$$x = x_0 + v_{0x} \cdot t = x_0 + v_0 \cos \alpha \cdot t$$

$$y = y_0 + v_{0y} t + \frac{g_y}{2} t^2 = y_0 + v_0 \sin \alpha \cdot t + \frac{g_y}{2} t^2$$

У роботі необхідно експериментально довести справедливість зазначених співвідношень  $x=x(t)$ ,  $y=y(t)$ ,  $v_x=v(t)$ ,  $v_y=v(t)$ , отримати рівняння, які описують рух тіла та визначити модуль прискорення вільного падіння  $g$ .

## Варіант 1. Дослідження руху тіла, кинутого під кутом до горизонту за допомогою аналізу відео

**Обладнання:** комп'ютер із доступом до інтернету, програмний засіб навчального призначення *Tracker*

### Вказівки щодо виконання роботи

1. За адресою <http://phys.ipro.kubg.edu.ua> (“Вчимо” → “Експериментальні роботи”) під час відтворення відповідного відео натиснути праву кнопку миші, обрати “Завантажити відео, як ...” та завантажити відео фрагмент *Ball\_Toss\_Out.mp4*.

2. У програмі *Tracker* (*File – Open File*) розгорнути файл *Ball\_Toss\_Out.mp4*.

3. Натиснути кнопку 1 (рис. 5) та встановити параметри: start frame (початковий кадр) – 9, step size (інтервал) – 1, end frame (кінцевий кадр) – 31, start time (початок часу) – 0,00 s, frame rate (частота кадрів) – 30. Завершити налаштування кнопкою “Ok”.



Рис. 5

4. Натиснути кнопку 2 (рис. 5) та обрати “*Calibration stick*” (калібрувальний відрізок). Утримуючи ліву кнопку миші, перетягнути початок відрізка та його кінець для зіставлення з початком і кінцем лінійки на відео відповідно. У вікні “*Length*” (довжина) вгорі вікна встановити параметр  $1,0\text{ м}$  та натиснути *Enter*.

5. Натиснути кнопку 3 (рис. 5). Утримуючи ліву кнопку миші, сполучити початок системи координат із початковим положенням кульки.

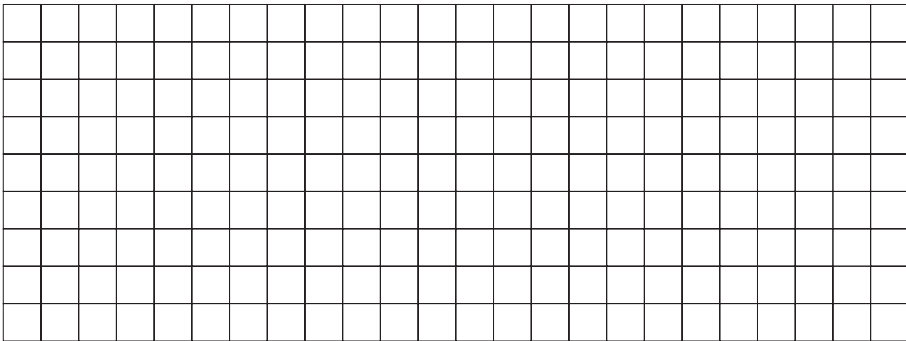
6. Натиснути кнопку 4 та обрати “*Point mass*”. Праворуч у вікні мають з’явитися поля. У розділі “*Table*” (таблиця) нижнього поля вибрати параметри  $X$ ,  $Y$  та  $v_y$ .

7. Утримуючи кнопку “*Shift*” навести курсор на центр кульки та натиснути ліву кнопку миші. Одночасно у верхньому полі вікна на графіку має позначитися точка.

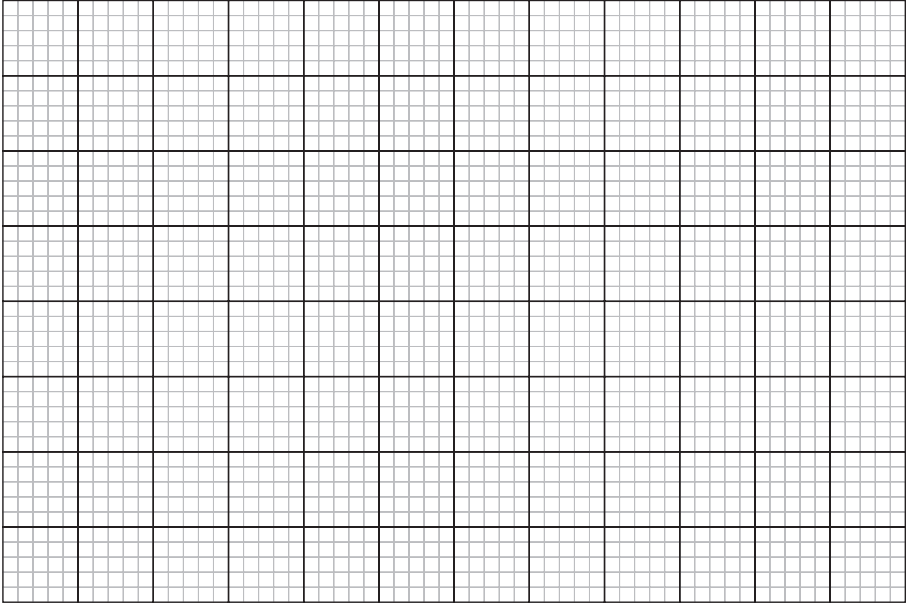
8. Налаштувати перегляд графіків. За замовчуванням у вікні будови графіків відтворюється графік залежності  $x = x(t)$ . Для перегляду графіків інших функційних залежностей необхідно натиснути на позначенні вісі ординат (в нашому випадку  $x$ ) та обрати зі списку необхідну функційну залежність. Кнопка “*Plot*” (сюжет) надає змогу відтворити одночасно декілька графіків.

9. Налаштувати перегляд графіків у вікні “*Data Tool*” (аналіз даних). Двічі натиснути мишкою на графіку руху тіла  $x=x(t)$  й перейти до вікна “*Data Tool*”. Навести курсор миші послідовно на початок, середину, кінець будь-якої вісі й отримати відповідні зображення курсору у вигляді стрілок. Пересуваючи курсор налаштуйте зручне відтворення системи координат та графіку.

10. У вікні “*Data Tool*” натиснути вгорі кнопку “*Fit*”. У полі “*Fit Name*” вибрати варіант “*Line*” (лінія) та записати у зошиті рівняння, яке описує графік, враховуючи значення коефіцієнтів у полі “*Value*” (значення) праворуч. Провести аналіз графіку залежності  $x=x(t)$ , визначити значення проекції початкової швидкості  $v_{0x}$  на вісь  $0x$  та зробити висновки.

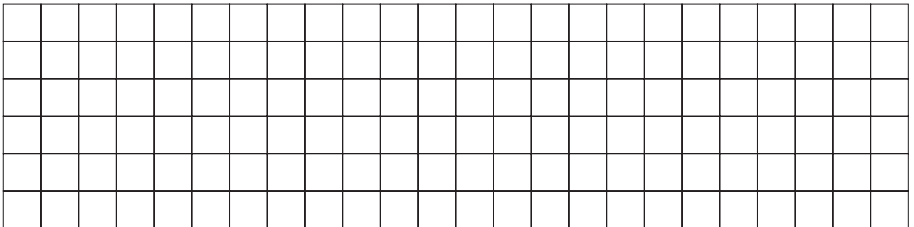


11. Роздрукувати (накреслити на *мм* папері) графік залежності  $x = x(t)$  та вклеїти в зошит. Згорнути вікно “*Data Tool*” (*File* → *Close*) без збереження.

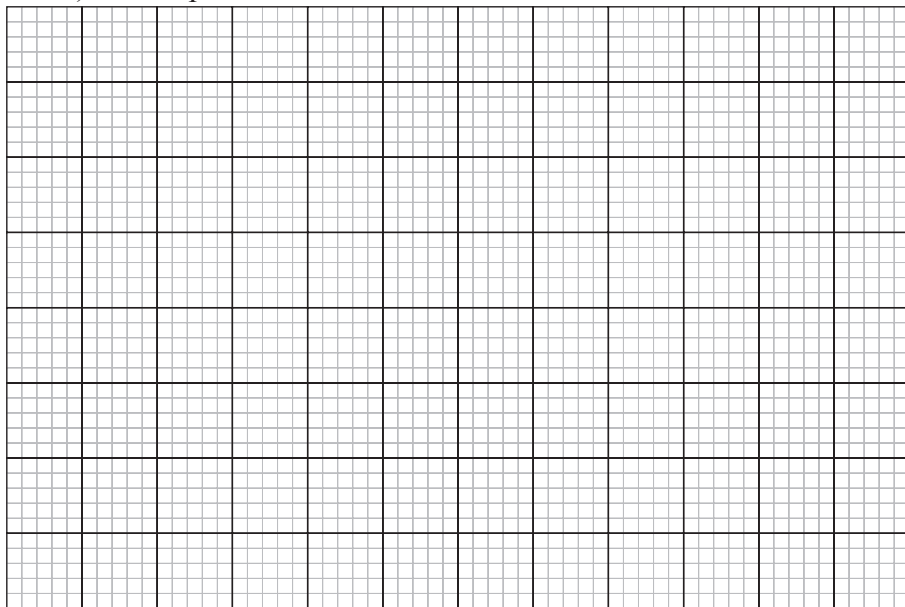


12. У вікні будови графіків відтворити графік залежності  $y = y(t)$  (див. п. 8). Двічі натиснути мишкою на графіку руху тіла  $y = y(t)$  і перейти до вікна “*Data Tool*”. Налаштувати зручне відтворення системи координат та графіку.

13. У вікні “*Data Tool*” натиснути вгорі кнопку “*Fit*”. У полі “*Fit Name*” вибрати варіант “*Parabola*” та записати в зошиті рівняння, яке описує графік з огляду на значення коефіцієнтів у полі “*Value*” (значення) праворуч. Провести аналіз графіку залежності  $y = y(t)$ , визначити значення проекцій початкової швидкості  $v_{0y}$ , прискорення  $a_y$  на вісь  $Oy$  та зробити висновки.



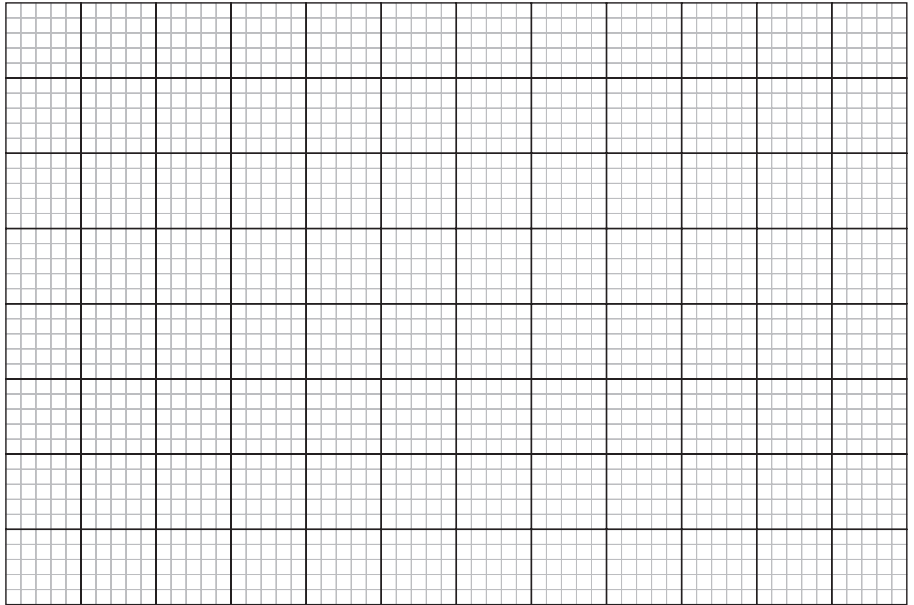
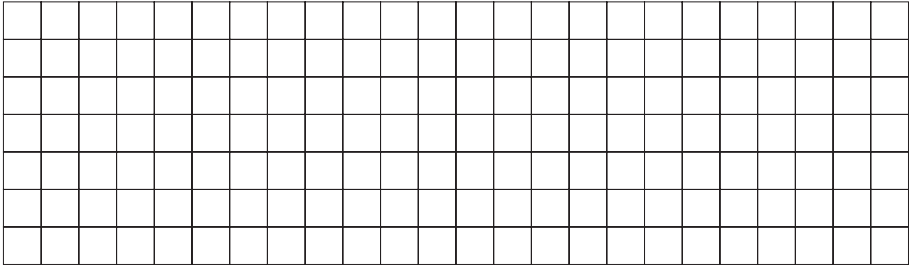
14. Роздрукувати (накреслити на *мм* папері) графік залежності  $y = y(t)$  та вклеїти в зошит. Згорнути вікно “*Data Tool*” (*File* → *Close*) без збереження.



15. У вікні будови графіків відтворити графік залежності  $v_y = v(t)$  (див. п. 8). Двічі натиснути мишкою на графіку залежності проекції швидкості  $v_y = v(t)$  і перейти до вікна “*Data Tool*”. Налаштувати зручне відтворення системи координат та графіку.

16. У вікні “*Data Tool*” натиснути вгорі кнопку “*Fit*”. У полі “*Fit Name*” вибрати варіант “*Line*” та записати в зошиті рівняння (с. 28), яке описує графік з огляду на значення коефіцієнтів у полі “*Value*” (значення) праворуч. Провести аналіз графіку залежності  $v_y = v(t)$ , визначити значення проекцій початкової швидкості  $v_{0y}$ , прискорення  $a_y$  на вісь  $Oy$  та зробити висновки. Порівняти значення  $v_{0y}$ ,  $a_y$  із значеннями, які були отримані у п. 14.

17. Роздрукувати (накреслити) графік залежності  $v_y = v(t)$  та вклеїти в зошит. Згорнути вікно “*Data Tool*” (*File* → *Close*) без збереження.



18. Визначити модуль початкової швидкості  $v_0 = \sqrt{v_{0x}^2 + v_{0y}^2}$ .

