

Рух тіла під кутом до горизонту



Мета цього експерименту - зрозуміти загальні закони руху тіла під кутом до горизонту

Physics

Mechanics

Dynamics & Motion



Рівень складності

легко



Розмір групи

-



Час підготовки

45+ хвилини



Час виконання

45+ хвилини

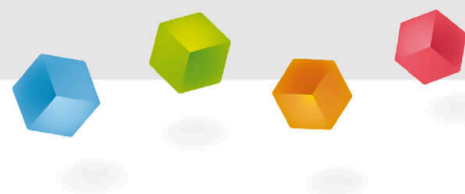
This content can also be found online at:



<http://localhost:1337/c/64e05c36e859cf00029ca4af>

PHYWE

Загальна інформація



Опис

PHYWE

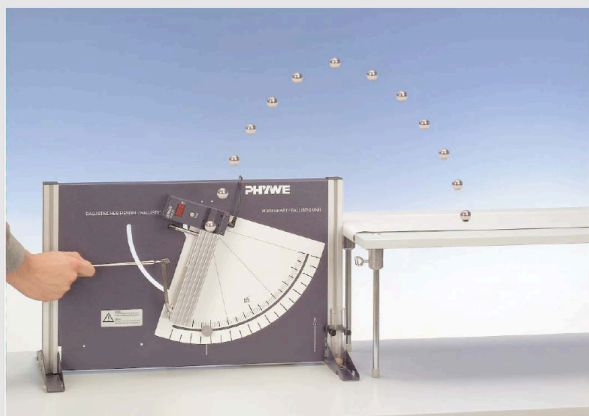


Рис. 1: Експериментальна установка для вимірювання максимальної дальності польоту тіла з додатковим обладнанням для вимірювання початкової швидкості.

Розуміння загального руху тіла під кутом до горизонту дуже важливе для таких галузей, як балістика.

Крім того, таке розуміння дає перші уявлення про закони гравітації.

Додаткова інформація (1/2)

PHYWE

Попередні
знання

Попередніх знань не потрібно.

Основний
принцип

Сталева куля вистрілюється пружиною з різною швидкістю і під різним кутом до горизонталі. Визначається взаємозв'язок між дальністю польоту, висотою вильоту, кутом нахилу та швидкістю вистрілу.

Додаткова інформація (2/2)

PHYWE

Мета
навчання

Мета цього експерименту - зрозуміти загальні закони руху тіла під кутом до горизонту.

Завдання



1. Визначте дальності польоту в залежності від кута нахилу.
2. Визначте максимальну висоту проекції в залежності від кута нахилу.
3. Визначте (максимальну) дальність польоту в залежності від початкової швидкості.

Теорія (1/2)

PHYWE

Якщо тіло масою m рухається у постійному гравітаційному полі (сила тяжіння $m\vec{g}$), то рух лежить у площині (див. рис. 2).

Якщо в цій площині побудувати систему координат (площина $x - y$, рис. 2) і скласти рівняння руху:

$$m \frac{d^2}{dt^2} \vec{r}(t) = m\vec{g}$$

$$\text{де } \vec{r} = (x, y); \vec{g} = (0, -g)$$

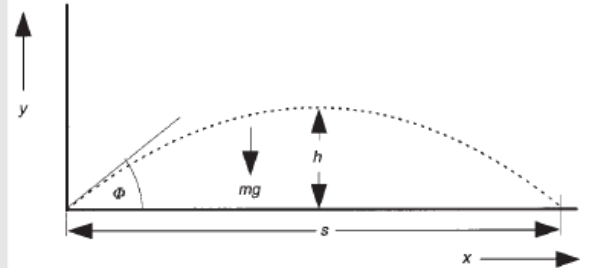


Рис. 2: Рух тіла (матеріальної точки) під дією сили тяжіння.

Теорія (2/2)

PHYWE

то з урахуванням початкових умов:

$$\vec{r}(0) = 0 \text{ і } \vec{v}(0) = (v_0 \cos \phi, v_0 \sin \phi),$$

отримуємо координати тіла в залежності від часу t :

$$x(t) = v_0 \cdot \cos \phi \cdot t \quad y(t) = v_0 \cdot \sin \phi \cdot t - \frac{1}{2} g t^2.$$

Звідси знаходимо максимальну висоту польоту h в залежності від кута нахилу ϕ :

$$h = \frac{v_0^2}{2g} \sin^2 \phi$$

та максимальну дальність польоту: $s = \frac{v_0^2}{g} \sin(2\phi)$

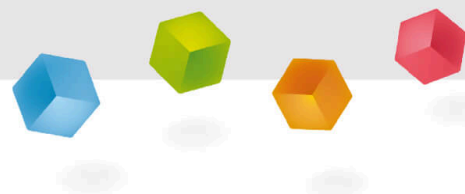
Обладнання

PHYWE

Позиція	Матеріал	Пункт №.	Кількість
1	Балістична установка	11229-10	1
2	Сталева кулька, d = 19 мм	02502-01	2
3	Лінійна шкала, l=750 мм	02200-00	1
4	Циліндрична опора expert	02004-00	1
5	Приставка для вимірювання швидкості кульки	11229-30	1
6	Джерело живлення, 5 В /4 А,	12651-99	1
7	Папір для записувального пристрою, 1 рулон, 25 м/210 мм (довжина/ширина)	11221-01	1
8	Стіл із 2 демонстр. панелями	02076-03	1

PHYWE

Підготовка та виконання роботи



Підготовка та виконання роботи (1/2)

PHYWE

Балістична установка відрегульована. Шкала встановлюється на 90° , кулька вистрілюється вгору (позиція 3) і потрапляє в руку. Регулювальні гвинти опорної основи обертаються до отримання вертикальної проекції.

Початкові швидкості кулі, що відповідають трьом стадіям натягу спускової пружини, можна визначити за допомогою пристосування для вимірювання швидкості або за максимальною висотою для вертикальної проекції з виразу $v_0 = \sqrt{2gh}$. Початкові швидкості кульки можуть сильно відрізнятися в залежності від установки. 2-рівнева опора платформи (02076-01) використовується для визначення дальності польоту.

Для визначення координати тіла (точок удару) стрічка для запису прикріплюється до столу за допомогою скотча. Найкраще вимірювати довгі відстані перед короткими (вторинні точки удару!), а первинні точки удару відмічати фломастером.

Підготовка та виконання роботи (2/2)

PHYWE

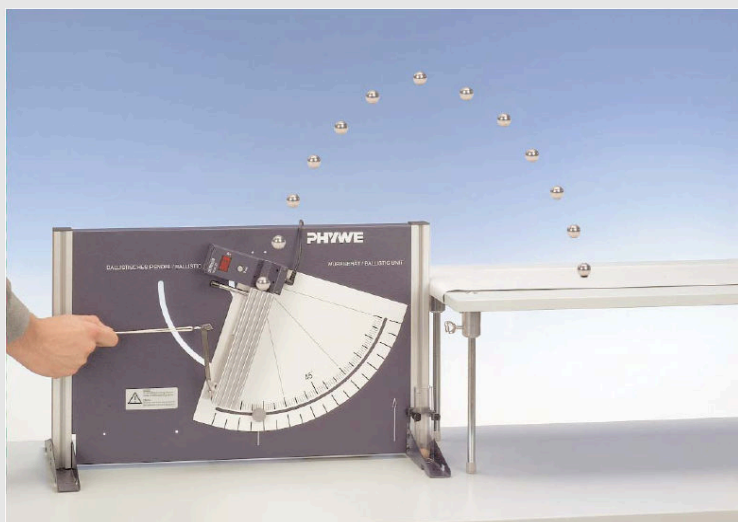


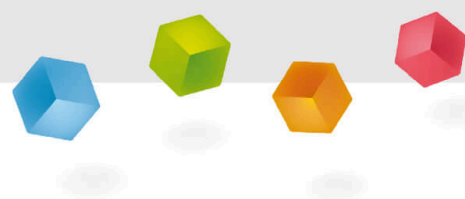
Рис. 3: Експериментальна установка

Під час проведення експерименту відстань до балістичної установки часто перевіряється за допомогою шкали вимірювального приладу. Щоб зловити кулі, за лавою можна розмістити порожню коробку.

Щоб виміряти висоту проекції, вимірювальну шкалу закріплюють в основі балістичної установки і переміщують паралельно до площини проекції. Порожню коробку знову використовують для вловлювання кульок. Висоту проекції можна визначити балістично досить добре на око.

PHYWE

Оцінка



Оцінка (1/3)

PHYWE

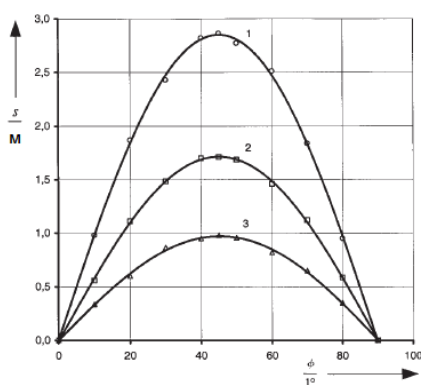


Рис. 3: Максимальна дальність s в залежності від кута нахилу ϕ для різних початкових швидкостей v_0 : крива 1: $v_0 = 5.3 \text{ м/с}$ крива 2: $v_0 = 4.1 \text{ м/с}$ крива 3: $v_0 = 3.1 \text{ м/с}$.

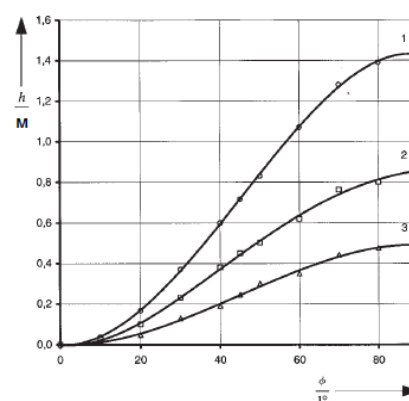


Рис. 4: Максимальна висота проекції h в залежності від кута нахилу ϕ для початкових швидкостей, як на рис. 1.

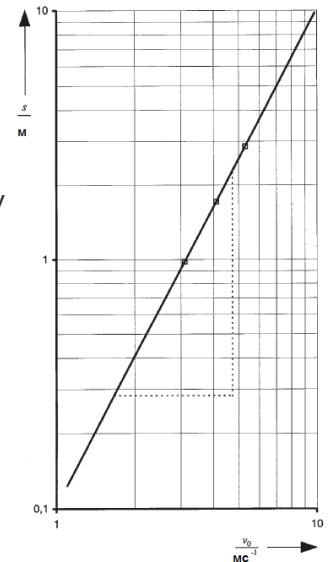
Оцінка (2/3)

PHYWE

Максимальна дальність польоту s досягається при куті нахилу 45° для кожної початкової швидкості. На рис. 5 показано графік дальності польоту s для кута нахилу 45° , побудований для різних початкових швидкостей v_0 .

Вибравши логарифмічний масштаб до виміряних даних можна застосувати лінію регресії і використовувати її для визначення максимальної дальності для довільних початкових швидкостей.

Рис. 5:
Максимальна дальність польоту s як функція початкової швидкості v_0 при фіксованому куті нахилу $\phi = 45^\circ$.



Оцінка (3/3)

PHYWE

Щоб забезпечити точне визначення початкової швидкості, необхідно враховувати час, необхідний для подолання кулькою вимірюваної відстані. Залежно від кута нахилу, кулька вже залишає світловий бар'єр зі зменшеною швидкістю. Тому експериментально визначену початкову швидкість v_{exp} , можна розглядати як фактичну початкову швидкість:

$$v_0 = \sqrt{v_{exp}^2 + gd \sin \phi},$$

де d — відстань від пружини спускового механізму до центру між світловими бар'єрами.