

Методична розробка (10 клас, I курс коледжу). Фізичний практикум – «Дослідження пружності удару двох тіл»

Мета роботи: перевірка виконання закону збереження імпульсу під час пружного удару.

Зазвичай, для такого досліду в кабінетах фізики використовують штатив з лапкою і металевий жолоб, який внизу перегинають щоб отримати горизонтальний відрізок, проте для виконання досліду в домашніх умовах простіше зробити пристрій з використанням водопровідної поліетиленової труби, довжиною 1 м (можливо взяти трубу і на 50 – 80 см). Конструкція пристрою показана на **фото 1**. Зробити такий пристрій зовсім не складно за 20 – 30 хвилин.

В принципі, конструкцію можливо зробити простішою – використати тільки рамку, або прямокутний трикутник з дерев'яних рейок.

Пристрій має вверху два металевих гачка і його можливо «навішувати» на металеву сітку на необхідній висоті, як це показано на **фото 1**.



Фото 1



Фото 2

Можливий і інший варіант – закріпити пристрій в лещатах, прикручених до табуретки, як це показано на **фото 2**.

Зазвичай, для цього фізичного практикума в підручниках фізики рекомендують використовувати дві металеві кульки з різною масою. Фізичний практикум проводимо в два етапи - спочатку проводимо п'ять дослідів на певній висоті з кулькою більшої маси (I етап) і проводимо експеримент, як було описано в: **Методична розробка (10 клас, I курс коледжу). Фізичний практикум – «Визначення руху тіла кинутого горизонтально»** - це необхідно для визначення початкової швидкості кульки V_0 та імпульсу кульки P_1 для кульки з більшою масою, а на другому етапі проводиться експеримент з двома кульками.

Прилади та матеріали: фанера товщиною 3...4 мм (по довжині довша розміру аркуша А4 на 4-5 см), смужка фанери такої ж товщини, рулетка, металева кулька масою 14 г, металева кулька масою 3 г, папір білий (А4) 1 шт., копіювальний папір, пристрій для пускання кульки, висок, скотч, ножиці, кулькова ручка, лещата, табуретка, посудний піднос, пісок просіяний 1 кг.

Набір необхідних матеріалів показано на **фото 3** – на табуретці, і на полу (окрім посудного підносу з піском).

1. Для проведення досліду першого етапу встановлюємо пристрій, закріпивши в лещатах, як це показано на **фото 2, фото 3**.



Фото 3

2. Щоб не псувати підлогу (стіл) від удару кульки, застелимо тканиною підлогу (стіл) - опускаємо кульку в трубку і фіксуємо орієнтовно місце падіння кульки.

3. Прикріплюємо аркуш паперу до фанери за допомогою скотчу і кладемо зверху аркушу копіювальний папір - копіювальним шаром до білого паперу.

4. Внизу, на підлозі під пристроєм ставимо смужку фанери (використавши висок - на смужці фанери ручкою ставимо мітку для відліку дальності польоту кульки), а далі в місці, де вірогідно впаде кулька при цій висоті кінця «трубки-жолоба» ставимо листок фанери з прикріпленим папером і копіювальним папером зверху.

5. Опускаємо кульку в «трубу-жолоб» по якій вона скочується і далі летить по траєкторії параболи з зниженням і падає на копіювальний папір – на білому папері залишається мітка від удару кульки.

6. Повторюємо дослід п'ять разів і вимірюємо дальність польоту кульки для п'яти дослідів - по горизонталі, не змінюючи висоту від поверхні смужки фанери до нижнього кінця «труби-жолоба». Визначаємо середнє значення дальності польоту кульки по горизонталі при даній висоті від поверхні смужки фанери до нижнього кінця «труби-жолоба», вимірявши дальності польоту для всіх п'яти дослідів (див. **рис. 1**).

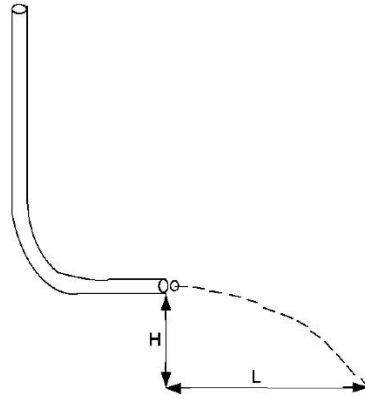


Рис. 1

7. Обчислюємо значення початкової швидкості кульки при заданій висоті і середньому значенню дальності польоту по формулі:

$$V_0 = L \sqrt{\frac{g}{2 \cdot H}}$$

де: V_0 – початкова швидкість кульки

g – прискорення вільного падіння $9,8 \text{ м/с}^2$

H – висота при вильоті кульки

L – дальність польоту кульки

8. Обчислюємо значення імпульсу кульки по формулі:

$$P_1 = m_1 \times V_0$$

Приклад проведення дослідів - I етап (фото 3):

$$H_1 = 0,53 \text{ м}, L_{1\text{сеп.}} = 0,5514 \text{ м}. V_{01 \text{ розрах.}} = 1,676 \text{ м/с}$$

Розрахунок $L_{1\text{сеп.}}$ для першого варіанту:

$$L_{1\text{сеп.}} = (L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5)/5 = (545 \text{ мм} + 557 \text{ мм} + 555 \text{ мм} + 545 \text{ мм} + 555 \text{ мм})/5 = 551,4 \text{ мм}$$

Обчислимо середню абсолютну похибку для I варіанту:

$$\Delta_{L_{1\text{сеп.}}} = (\Delta_{L_1} + \Delta_{L_2} + \Delta_{L_3} + \Delta_{L_4} + \Delta_{L_5})/5 = (|L_{1\text{сеп.}} - L_1| + |L_{1\text{сеп.}} - L_2| + |L_{1\text{сеп.}} - L_3| + |L_{1\text{сеп.}} - L_4| + |L_{1\text{сеп.}} - L_5|)/5 = (|551,4 - 545| + |551,4 - 557| + |551,4 - 555| + |551,4 - 545| + |551,4 - 555|)/5 = 5,12 \text{ мм.}$$

$$\Delta H = 1 \text{ мм}, \Delta g = 0,02 \text{ м/с}^2 \text{ при } g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

Обчислимо відносну похибку вимірювання швидкості за формулою:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{V_{01}} &= \varepsilon_{L_{1\text{сеп.}}} + 1/2\varepsilon_g + 1/2\varepsilon_H = \Delta_{L_{1\text{сеп.}}}/L_{1\text{сеп.}} + 1/2(\Delta g/g) + 1/2(\Delta H/H) = \\ &= 0,00512/0,551,4 + 1/2(0,02/9,8) + 1/2(0,001/0,53) = 0,009285 + 0,0010204 + 0,0009433 = 0,0112487 \end{aligned}$$

Обчислимо середню абсолютну похибку для початкової швидкості для I варіанту: $\Delta V_{01} = V_{01 \text{ розрах.}} \times \varepsilon_{V_0} = 1,676 \times 0,0112487 = 0,0188528$

$$V_{01} = V_{0 \text{ розрах.}} \pm \Delta V_{01} = (1,676 \pm 0,0188528) \text{ м/с}$$

Обчислюємо значення імпульсу: $P_1 = 0,014 \times 1,676 = 0,0234 \text{ кг м/с}$

Проведення досліду – II етап (фото 3)

1. Для проведення досліду встановлюємо пристрій, закріпивши в лещатах, як це показано на **фото 2, фото 3**.
2. Кульку з меншою масою ставимо всередину «трубки-жолоба», скраю.
3. Щоб не псувати підлогу (стіл) від удару кульок, застелимо тканиною підлогу (стіл) - опускаємо кульку з більшою масою в трубку і фіксуємо орієнтовно місце падіння кульок.
3. Прикріплюємо аркуш паперу до фанери за допомогою скотчу і кладемо зверху аркушу копіювальний папір - копіювальним шаром до білого паперу – для фіксації місця падіння кульки з більшою масою.
4. Далі від фанери встановлюємо посудний підніс з шаром піску – для фіксації падіння кульки з меншою масою.
5. Внизу, на підлозі під пристроєм ставимо смужку фанери (використавши висок - на смужці фанери ручкою ставимо мітку для відліку дальності польоту кульок), а далі в місці, де вірогідно впадуть кульки при цій висоті кінця «трубки-жолоба» ставимо листок фанери з прикріпленим папером і копіювальним папером зверху і підніс з піском.
6. Опускаємо кульку з більшою масою в «трубу-жолоб» по якій вона скочується і далі вдаряє по кульці з меншою масою і обидві кульки летять по траєкторіях параболи з зниженням і падають: на копіювальний папір – кулька з більшою масою і в пісок – кулька з меншою масою. На білому папері залишається мітки від удару кульки з більшою масою, а кулька з малою масою залишається в піску. Як показує практика, таке «розділення» покращує точність фіксації місця падіння кульок – кулька з масою 3 г дає незначну мітку, якщо використовувати копіювальний папір.
7. Вимірюємо висоту від смужки фанери до краю «труби-жолоба». Визначаємо середнє значення дальності польоту кульок по горизонталі при даній висоті від поверхні смужки фанери до нижнього кінця «труби-жолоба», вимірюємо дальності польоту для обох кульок (див. **рис. 2**).

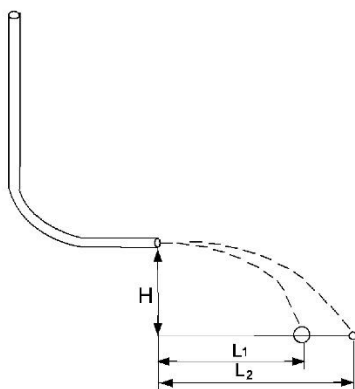


Рис. 2

7. Проводимо обчислення сумарного значення імпульсу кульок по формулах:

$$P_1 = P_{1\text{імп.}} + P_{2\text{імп.}}$$

$$P_1 = m_1 \cdot V_0 = m_1 L_{\text{сер.}} \sqrt{\frac{g}{2 \cdot H}}$$

$$P_{1\text{імп.}} = m_1 \cdot V_{1\text{імп.}} = m_1 L_1 \sqrt{\frac{g}{2 \cdot H}}$$

$$P_{2\text{імп.}} = m_2 \cdot V_{2\text{імп.}} = m_2 L_2 \sqrt{\frac{g}{2 \cdot H}}$$

$$\frac{P_1}{P_{1\text{імп.}} + P_{2\text{імп.}}} \approx 1$$

Приклад проведення дослідів – II етап

При висоті 0,53 м від смужки фанери до краю «труби-жолоба» - отримано дальність польоту кульки з масою 0,014 кг становить 0,39 м, а дальність польоту кульки з масою 0,003 кг становить 0,6 м.

Проводимо обчислення:

$$P_1 = 0,014 \cdot 0,551 \sqrt{\frac{9,8}{2 \cdot 0,53}} = 0,0234 \frac{\text{КГ} \cdot \text{М}}{\text{С}}$$

$$P_{1\text{імп.}} = 0,014 \cdot 0,39 \sqrt{\frac{9,8}{2 \cdot 0,53}} = 0,0166 \frac{\text{КГ} \cdot \text{М}}{\text{С}}$$

$$P_{2\text{імп.}} = 0,003 \cdot 0,6 \sqrt{\frac{9,8}{2 \cdot 0,53}} = 0,0055 \frac{\text{КГ} \cdot \text{М}}{\text{С}}$$

$$P_{1\text{імп.}} + P_{2\text{імп.}} = 0,0166 + 0,0055 = 0,0221 \frac{\text{КГ} \cdot \text{М}}{\text{С}}$$

$$\frac{0,0234}{0,0221} = 1,059$$

Відношення $P_1 / (P_{1\text{імп.}} + P_{2\text{імп.}})$ приблизно дорівнюють 1, тобто закон збереження імпульсу справджується.

Якщо відношення $P_1 / (P_{1\text{імп.}} + P_{2\text{імп.}})$ буде значно відрізнятись від 1, то експеримент в II етапі необхідно повторити.

Лабораторний практикум учнями (студентами) слід проводити при інших значеннях H і результативних значеннях $L_{\text{сер.}}$, а початкова швидкість розрахована по формулі повинна бути така ж як в приведеному вище прикладі, якщо виконувати лабораторний практикум на цьому ж пристрої.

Початкова швидкість кульки залежить від конструкції пристрою, тобто залежить від довжини «трубки-жолоба» – від шляху скочування кульки.

В принципі водопровідну трубу можливо поставити і похило, а не вертикально, але при цьому габарити пристрою будуть значно більшими. Варіанти отримання міток для першого етапу показані на **фото 4** – при $L_1 = 545$ мм, $L_2 = 557$ мм, $L_3 = 555$ мм, $L_4 = 545$ мм, $L_5 = 555$ мм, $L_{\text{сер.}} = 551,4$ мм. Копіювальний папір забирається після п'яти дослідів – позначки L – умовні.

В принципі, пристрій можливо в домашніх умовах не зачіплювати на

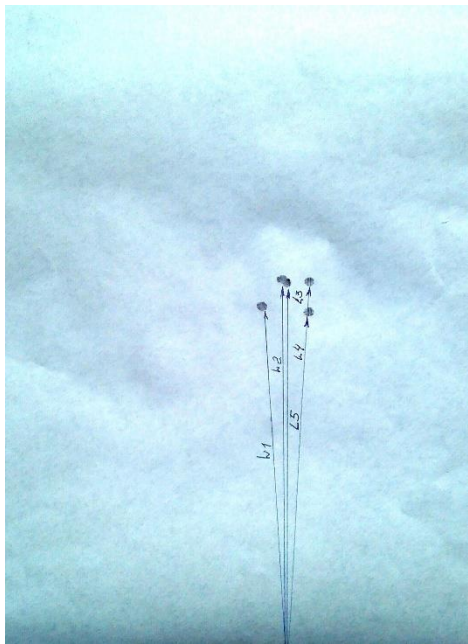


Фото 4

решітку (проте на решітці легко змінювати висоту H), а закріпити в лещатах на певній висоті, як це показано на **фото 2**, **фото 3**.

Важливо щоб у всіх дослідів пристрій був у нерухомому стані, при цьому кулька буде «приземляється» - «кучно» при повторенні дослідів. Як видно на **фото 4** кулька два рази майже попала в одне й те саме місце (L_2 , L_3).

Внутрішній діаметр труби 24 мм, а діаметр металеві кульки 16 мм, в зв'язку з чим горизонтальну частину труби бажано трохи стиснути, щоб вона мала вихідний отвір у вигляді вертикального еліпса – це покращить «кучність» при проведенні дослідів.

Приклад міток при «приземленні» кульок на I етапі дослідів показано на **фото 4**.

При повторенні виготовлення пристрою початкова швидкість може бути іншою, проте при різних значеннях H , при дослідів вона має бути сталою величиною для виготовленого пристрою, якщо початкове місце руху кульки однакове у всіх дослідів.

Виконати фізичний практикум: – «Дослідження пружності удару двох тіл» в домашніх умовах цілком реально за 10...15 хвилин.

Автор: Бабин Дмитро Святославович