

ДВУХУРОВНЕВАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНОГО ФИЗПРАКТИКУМА

А.А. Гладыщук, Н.И. Чопциц

Брестский государственный технический университет, кафедра физики, г. Брест

Рассмотрены основные особенности двухуровневого подхода к организации лабораторного физпрактикума на примере лабораторной работы по измерению скорости пули с помощью баллистического крутильного маятника.

В последнее время в силу ряда хорошо известных причин и обстоятельств различие в уровнях подготовки по физике у студентов первых курсов достигло таких размеров, что используемые традиционные варианты математических моделей для описания ситуаций лабораторного физпрактикума и их верификаций для части студентов слишком сложны, а для другой части не позволяют раскрыть потенциал студентов. В этой связи представляется оправданным использование двух уровней описания экспериментальной ситуации: базового и основного. Основные особенности рассматриваемого подхода рассмотрим на примере хорошо известной лабораторной работы «Определение скорости пули с помощью крутильного баллистического маятника». Установка позволяет производить прямые измерения периода крутильных колебаний при различных фиксируемых положениях грузов на крестовине, а также максимального угла отклонения системы после неупругого соударения с ней пули из пружинного пистолета. Если пренебречь моментом инерции прилипшей пули по сравнению с моментом инерции крестовины с грузами, то имеем следующие выражения для периода колебаний T и максимального угла отклонения φ_m :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I_0 + 2md^2}{C}} \quad (1)$$

$$\varphi_m = \frac{m_n v r}{\sqrt{C(I_0 + 2md^2)}} \quad (2)$$

где I_0 – момент инерции крестовины без грузов массой m каждый; d – расстояние от грузов до оси вращения; c – коэффициент, определяющий момент сил упругости, m_n – масса пули; v – ее скорость, r – расстояние от точки попадания пули до оси вращения.

На базовом уровне измеряются два периода колебаний при двух различных значениях d_1 и d_2 , и значения I_0 и c находят из системы уравнений:

$$\begin{cases} \frac{T_1^2}{4\pi^2} = \frac{I_0 + 2md_1^2}{C} \\ \frac{T_2^2}{4\pi^2} = \frac{I_0 + 2md_2^2}{C} \end{cases}$$

Получим:

$$I_0 = \frac{2m(T_2^2 d_1^2 - T_1^2 d_2^2)}{T_1^2 - T_2^2},$$

$$C = \frac{8\pi^2 m(d_2^2 - d_1^2)}{T_2^2 - T_1^2}.$$

Для лучшей обусловленности системы следует использовать минимально и максимально возможные значения d . Тогда скорость пули находится из соотношения (2), при этом, в принципе, значение d в формуле (2) может быть выбрано отличным от значений, использованных при нахождении I_0 и C , но с целью сокращения вычислений удобно использовать одно из предыдущих. Представляется, что на базовом уровне нецелесообразно использовать методы теории погрешностей, основанные на вероятностных моделях, тем более что в свете постоянно ведущихся дискуссий на эту тему применимость этих моделей в условиях изложенного подхода представляется сомнительной.

На основном уровне производится измерение периода колебаний при всех возможных значениях d . Далее производится линеаризация зависимости (1). Это может быть осуществлено, например, следующим образом:

$$Y = Ax + B, \quad (3)$$

где $Y = \frac{T^2}{4\pi^2}$, $x = d^2$, $A = \frac{2m}{C}$, $B = \frac{I_0}{C}$,

а затем с помощью метода наименьших квадратов находятся значения A , B и $C = \frac{2m}{A}$,

$$I_0 = \frac{2mB}{A}.$$

Скорость пули при этом опять находится по формуле (2).

Для лучшего усвоения метода представляется необходимым, чтобы студенты визуализировали линеаризованную зависимость и произвели верификацию модели на основе, например, критерия χ^2 . Погрешности коэффициентов A и B определяются стандартным образом, а погрешности C , I_0 и v_0 определяются как погрешности косвенных измерений. Представляется полезным также провести графическое определение погрешностей A и B в формуле (3) с последующим сравнением со значениями, полученными на основе аналитических выражений. Тем самым на основном уровне студенты знакомятся с адаптированными вариантами расчета погрешностей на основе фишеровской статистики. Отдельно может быть обсужден вопрос о возможности усреднения скорости пули по различным попыткам выстрела.

Оценки выполнения работы для разных уровней должны быть, конечно, различными, и здесь свою роль могут сыграть различные варианты рейтинговых систем оценки знаний, в которых должны быть предусмотрены ситуации неполного выполнения заданий.