

Определение скорости полета пули при помощи баллистического маятника

Баргатын Михаил

1 Метод баллистического маятника, совершающего поступательные движения

Вычислим скорость пули по отклонению баллистического маятника после попадания в него пули.

При попадании пули в маятник сохраняется импульс:

$$mv = (M + m)u \quad (1)$$

где m – масса пули, M – масса маятника, v – скорость пули до попадания в маятник, u – скорость маятника после застревания в нем пули.

Масса маятника много больше массы пули:

$$M \gg m \quad (2)$$

$$mv \approx Mu \quad (3)$$

$$v = \frac{M}{m}u \quad (4)$$

При подъеме маятника сохраняется энергия:

$$\frac{Mu^2}{2} = Mgh \quad (5)$$

$$u = \sqrt{2gh} \quad (6)$$

где h – высота подъема маятника.

$$h = l(1 - \cos \alpha) = l(1 - \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}) \quad (7)$$

где α – угол, на который отклоняется маятник, l – длина нити, на которой подвешен маятник.

Горизонтальное отклонение маятника Δx :

$$\Delta x = l \sin \alpha \quad (8)$$

Отклонение маятника мало:

$$\alpha \ll 1 \quad (9)$$

$$h \approx l \left(\frac{\alpha^2}{2} \right) \quad (10)$$

$$\Delta x \approx l\alpha \quad (11)$$

$$\alpha = \frac{\Delta x}{l} \quad (12)$$

$$h = \frac{\Delta x^2}{2l} \quad (13)$$

Из (6) и (13) получаем:

$$u = \sqrt{\frac{g\Delta x^2}{l}} = \Delta x \sqrt{\frac{g}{l}} \quad (14)$$

Из (4) и (14) получаем:

$$v = \Delta x \frac{M}{m} \sqrt{\frac{g}{l}} \quad (15)$$

2 Метод крутильного баллистического маятника

Вычислим скорости пули по отклонение крутильного баллистического маятника после попадания в него пули.

При попадании пули в маятник его момент импульса P становится равным:

$$P = I\omega = mvr \quad (16)$$

$$v = \frac{I\omega}{mr} \quad (17)$$

где m – масса пули, v – скорость пули до попадания в маятник, I – момент инерции маятника, ω – угловая скорость вращения маятника после попадания в него пули.

После попадания пули в маятник сохраняется энергия:

$$k \frac{\phi^2}{2} = I \frac{\omega^2}{2} \quad (18)$$

где k – модуль кручения проволоки, маятника, ϕ – максимальный угол, на который маятник отклоняется.

$$\omega = \phi \sqrt{\frac{k}{I}} \quad (19)$$

Из (17) и (19) получаем:

$$v = \phi \frac{\sqrt{kI}}{mr} \quad (20)$$