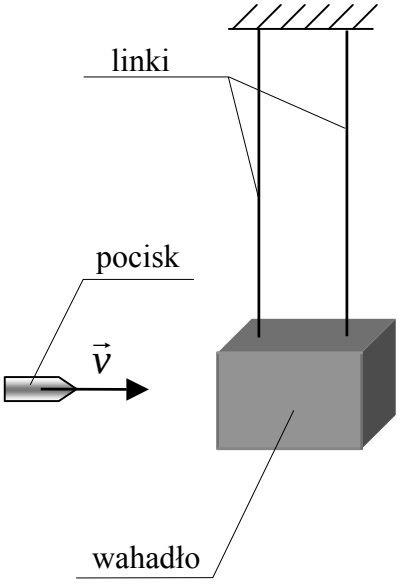
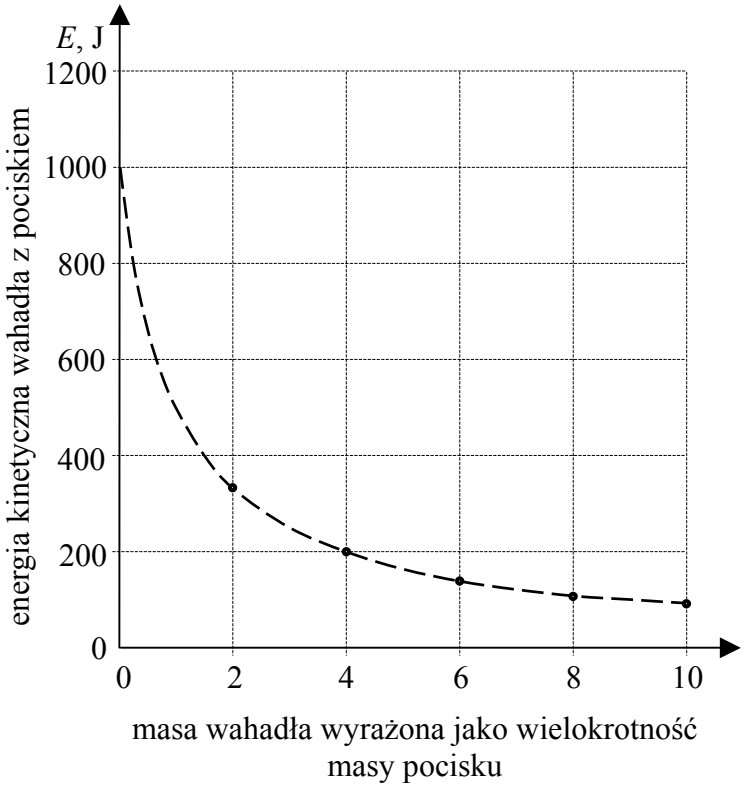
Zadanie 22. Wahadło balistyczne *(10 pkt)*

Na rysunku poniżej przedstawiono schematycznie urządzenie do pomiaru wartości prędkości pocisków wystrzeliwanych z broni palnej. Podstawowym elementem takiego urządzenia jest tzw. wahadło balistyczne będące (w dużym uproszczeniu) zawieszonym na linkach klockiem, w którym grzęzną wystrzeliwane pociski. Po trafieniu pociskiem wahadło wychyla się z położenia równowagi i możliwy jest pomiar jego energii kinetycznej.

Punkty na wykresie przedstawiają zależność energii kinetycznej **klocka wahadła z pociskiem** (który w nim ugrzązł) tuż po uderzeniu pocisku, od masy klocka. Pomiary wykonano dla 5 klocków o różnych masach (linia przerywana przedstawia zależność teoretyczną). Wartość prędkości pocisku, tuż przed trafieniem w klocek wahadła, za każdym razem wynosiła 500 m/s, a odległość od środka masy klocka wahadła do punktu zawieszenia wynosiła 1 m. W obliczeniach pomiń masę linek mocujących klocek wahadła.





22.1 *(3 pkt)*

Wykaż, analizując wykres, że masa pocisku jest równa 0,008 kg.

Analizując wykres można zauważyć, że dla masy klocka równej 0, energia kinetyczna wahadła z pociskiem jest równa 1000 J.

$$E_k = \frac{mv^2}{2} \quad \Rightarrow \quad m = \frac{2E_k}{v^2}$$

$$m = \frac{2 \cdot 1000\,J}{\left(500\,\frac{m}{s}\right)^2}$$

$$m = 0{,}008\,kg$$

22.2 ***(3 pkt)***

Oblicz wartość prędkości klocka z pociskiem bezpośrednio po zderzeniu w sytuacji, gdy masa klocka była 499 razy większa od masy pocisku.

Korzystając z zasady zachowania pędu można zapisać

$$m_p v_p = (m_k + m_p) v_k$$

$$v_k = \frac{m_p v_p}{m_k + m_p}$$

$$v_k = \frac{0{,}008 kg \cdot 500 \frac{m}{s}}{(499+1) \cdot 0{,}008\, kg}$$

$$v_k = 1 \frac{m}{s}$$

gdzie:

v_p *– wartość prędkości pocisku,*

v_k *– wartość prędkości klocka,*

m_p *– masa pocisku,*

m_k *– masa klocka.*

22.3 ***(4 pkt)***

Oblicz, jaka powinna być masa klocka wahadła, aby po wychyleniu z położenia równowagi wahadła o 60^o, zwolnieniu go, a następnie trafieniu pociskiem w chwili przechodzenia wahadła przez położenie równowagi, wahadło zatrzymało się w miejscu. Do obliczeń przyjmij, że masa pocisku wynosi 0,008 kg. W obliczeniach możesz skorzystać z podanych poniżej wartości funkcji trygonometrycznych.

$\sin 30° = \cos 60° = \frac{1}{2} = 0{,}50$	$\sin 60° = \cos 30° = \frac{\sqrt{3}}{2} \approx 0{,}87$

Aby wahadło zatrzymało się w miejscu wartości pędów pocisku i klocka muszą być równe.

$$m_p v_p = m_k v_k \Rightarrow m_k = \frac{m_p v}{v_k}$$

$$m_k = \frac{0{,}008\, kg \cdot 500 \frac{m}{s}}{3{,}16 \frac{m}{s}}$$

$$m_k \approx 1{,}27\ kg$$

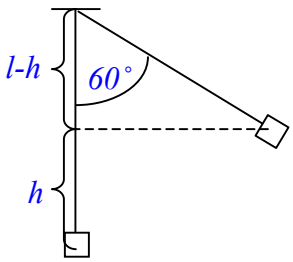
Korzystając z zasady zachowania energii

$$mgh = \frac{m v_k^2}{2}, \text{ zatem}$$

$$v_k = \sqrt{2gh}$$

$$v_k = \sqrt{2 \cdot 10 \frac{m}{s^2} \cdot 0{,}5\ m}$$

$$v_k \approx 3{,}16 \frac{m}{s}$$



$$\frac{l-h}{l} = \cos 60°$$

$$h = l(1 - \cos 60°)$$

$$h = 1m(1 - 0{,}5)$$

$$h = 0{,}5m$$