

Ćwiczenie nr. 8

Temat: Badanie rzutu poziomego; Badanie zderzeń sprężystych

#	1. średnica kuli [mm]	2. masa kuli [g]
1	19.47	32.5
2	19.47	32.5
3	19.46	32.5
4	19.46	32.5
5	19.46	32.5

Dokładność wartości pomiaru średnicy
 $\Delta_1 = \pm 0.01mm$

Dokładność wartości pomiaru masy
 $\Delta_2 = \pm 0.1g$

Zasięg kulki o $h_{stożek} = 18cm$

#	1. zasięg wyrzucanej kuli o $h = 34cm$ [cm]	2. zasięg wyrzucanej kuli o $h = 35cm$ [cm]	3. zasięg wyrzucanej kuli o $h = 36cm$ [cm]
1	28.7	29.5	30.0
2	28.7	29.7	31.1
3	29.4	30.5	31.3
4	30.6	30.9	33.4

Dokładność wartości pomiaru zasięgu
 $\Delta_1 = \pm 0.1cm$

Zasięg kulki o $h_{stożek} = 20cm$

#	1. zasięg wyrzucanej kuli o $h = 34cm$ [cm]	2. zasięg wyrzucanej kuli o $h = 35cm$ [cm]	3. zasięg wyrzucanej kuli o $h = 36cm$ [cm]
1	27.9	28.9	30.0
2	27.9	29.0	30.1
3	28.2	29.1	31.0
4	28.9	29.2	32.9

Dokładność wartości pomiaru zasięgu
 $\Delta_1 = \pm 0.1cm$

ZAGADNIENIA TEORETYCZNE

Eksperyment Badanie rzutu poziomego oraz Badanie zderzeń sprężystych ma na celu zbadanie zasad zachowania energii i pędu w układach fizycznych, w których występują zderzenia centralne oraz ruch ciała w polu grawitacyjnym. W tym eksperymencie wykorzystujemy dwie kulki o identycznych masach i średnicach, które są zawieszone na wahadle oraz na aparaturze pomiarowej.

1. Rzut poziomy

Rzut poziomy to ruch ciała, które zostaje wyrzucone z pewnej wysokości h z prędkością początkową skierowaną poziomo. W ruchu tym można wyróżnić dwa niezależne ruchy:

Ruch poziomy – jednostajny, z prędkością v_0 .

Ruch pionowy – jednostajnie przyspieszony, z przyspieszeniem g (przyspieszenie ziemskie).

Czas lotu t w rzucie poziomym zależy od wysokości h i jest określony wzorem:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Zasięg rzutu d (odległość, na jaką przemieści się ciało w poziomie) można obliczyć ze wzoru:

$$d = v_0 * t = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

gdzie v_0 to prędkość początkowa w kierunku poziomym.

2. Zderzenia sprężyste

Zderzenie sprężyste to takie zderzenie, w którym zarówno pęd, jak i energia kinetyczna układu są zachowane. W przypadku zderzenia centralnego dwóch ciał o jednakowych masach m , prędkości ciał po zderzeniu można opisać za pomocą zasad zachowania pędu i energii.

Przed zderzeniem:

Kulka 1 (wyrzucana) ma prędkość v_1 .

Kulka 2 (zawieszona) jest nieruchoma ($v_2 = 0$).

Po zderzeniu:

Kulka 1 zatrzymuje się ($v_1 = 0$).

Kulka 2 uzyskuje prędkość $v_2 = v_1$.

Zasada zachowania pędu:

$$m * v_1 + m * 0 = m * 0 + m * v_2$$

Zasada zachowania energii kinetycznej:

$$\frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}m * 0^2 = \frac{1}{2}m * 0^2 + \frac{1}{2}mv_2^2$$

3. Wahadło

Wahadło wykorzystane w eksperymencie pozwala na kontrolowane uwolnienie kulki z określonej wysokości h . Energia potencjalna kulki na wysokości h jest zamieniana na energię kinetyczną w momencie uderzenia w drugą kulkę. Energia potencjalna E_p jest dana wzorem:

$$E_p = m * g * h$$

gdzie m to masa kulki, g to przyspieszenie ziemskie, a h to wysokość.

4. Cel eksperymentu

Celem eksperymentu jest zbadanie, jak zmiana wysokości h wpływa na odległość, na jaką druga kulka zostanie przesunięta po zderzeniu. Wykorzystując zasady zachowania energii i pędu, można przewidzieć teoretycznie, jak zmienne te wpływają na wynik eksperymentu, a następnie zweryfikować te przewidywania doświadczalnie.

Eksperyment ten pozwala na praktyczne zrozumienie podstawowych zasad mechaniki klasycznej, takich jak zasady zachowania energii i pędu, oraz na zbadanie wpływu różnych parametrów fizycznych na wynik zderzenia sprężystego.

Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2015). Fizyka dla szkół wyższych. Tom 1: Mechanika. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.

Leyko, J. (2006). Mechanika ogólna. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.

OPIS DOŚWIADCZENIA

Doświadczenie polega na zderzeniu sprężystym dwóch kulek. Jedna zawieszona jest na napiętej lince, oraz przytwierdzona do elektromagnesu. Druga zaś leży na specjalnym łożu. Po zwolnieniu elektromagnesu, kulka druga wyrzucana jest na daną odległość dzięki zderzeniu sprężystemu. Eksperyment jest powtarzany kilkukrotnie, a następnie jest zmieniana wysokość elektromagnesu lub łoża.

OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARÓW

W eksperymencie mierzona była odległość wyrzutu kulki po zderzeniu sprężystym z drugą kulką w zależności od wysokości elektromagnesu, oraz wysokości stożka (łoża), na którym leży kulka wyrzucana. Zmierzona również została masa oraz średnica kulki. Wyniki pomiarów zostały zamieszczone w trzech tabelach jako wstęp do sprawozdania.

Z wyników pomiarów zostały policzone średnie, odchylenia standardowe i procentowe. **Wszystkie pomiary zostały wykonane za pomocą skryptu w języku Python^[1]**
Odchylenie standardowe zostało policzone ze wzoru

$$u(d) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (d_i - d_{sr})^2}$$

a odchylenie procentowe ze wzoru

$$\frac{\Delta d}{d} * 100\%$$

gdzie Δd - odchylenie pomiaru, a d - średnia pomiaru.

h [cm]	stożek 18cm			stożek 20cm		
	34	35	36	34	35	36
średnia [cm]	29,35	30,15	31,45	28,22	29,05	31
odchylenie standardowe	0,77	0,57	1,22	0,4	0,11	1,16
błąd standardowy	0,38	0,28	0,61	0,2	0,05	0,58
odchylenie procentowe [%]	2,64	1,89	3,91	1,44	0,38	3,75

Wyniki w powyższej tabeli pokazują, że wraz z zwiększaniem się wysokości elektromagnesu, zwiększa się zasięg wyrzucanej kulki zgodnie ze wzorem

$$E_p = m * g * h$$

Jednak w przypadku zwiększania się wysokości stożka, zasięg wyrzutu zmniejsza się (w porównaniu do tych samych wysokości elektromagnesu przy innej wysokości stożka).

Wynikać to może z różnicy wysokości w wyżej podanym wzorze, co możemy określić jako

$$E_p = m * g * (h_{elektromagnes} - h_{stożek})$$

Wyniki te zostały zobrazowane na Wykresie 1 na ostatniej stronie sprawozdania (wykonanym w języku Python^[1]).

Oczekiwane wartości

Wiedząc, że zjawisko zachodzi za pomocą zasady zachowania energii i zderzeń sprężystych, oraz znając zależność

$$m * g * h = \frac{1}{2} * m * v_1^2 \text{ oraz } v_2' = v_1$$

gdzie v_2' - prędkość kulki wyrzucanej po zderzeniu; v_1 - prędkość kulki na wahadle.

Możemy wyliczyć prędkość, z jaką kulka będzie się poruszała, czyli:

$$v_1 = \sqrt{2 * g * h}$$

Wiedząc, że czas lotu możemy określić przekształcając wzór na spadek swobodny

$$t = \sqrt{\frac{2 * h}{g}}$$

Możemy wyliczyć odległość wyrzutu kulki wiedząc, że odległość ta jest iloczynem prędkości i czasu

$$d = v_1 * t$$

A więc po uproszczeniu

$$d = 2 * h$$

Dzięki temu możemy określić wartości oczekiwane dla naszego eksperymentu

h [cm]	stożek 18cm			stożek 20cm		
	34	35	36	34	35	36
prędkość [cm/s]	17.71	18.28	18.79	16.57	17.15	17.71
czas lotu [s]	1.80	1.86	1.91	1.68	1.74	1.80
odległość [cm]	31.87	34.00	35.88	27.83	29.84	31.87

WNIOSKI

Wyniki doświadczenia wskazują na to, że

- Wraz ze wzrostem wysokości elektromagnesu, zasięg wyrzutu wzrasta
- Wraz ze wzrostem wysokości stożka, zasięg wyrzutu maleje

Jest to związane z Energią potencjalną, co zostało opisane w rozdziale "Opracowanie Wyników Pomiarów".
Zauważalnym swojego rodzaju błędem jest fakt, że różnica odległości wyliczonej od odległości zmierzonej jest odchyłona o średnio $\pm 2.14\text{cm}$.

Różnica ta może wynikać z wielu czynników takich jak:

1. Opór powietrza
2. Brak idealnej sprężystości zderzenia
3. Błędy pomiarowe

Sugerując się wartościami odchylenia standardowego i odchylenia procentowego, można wykluczyć błąd pomiarowy, gdyż nie są one na tyle duże, aby dorównać średniej odchylenia między odległościami wyliczonymi, a odległościami zmierzonymi.

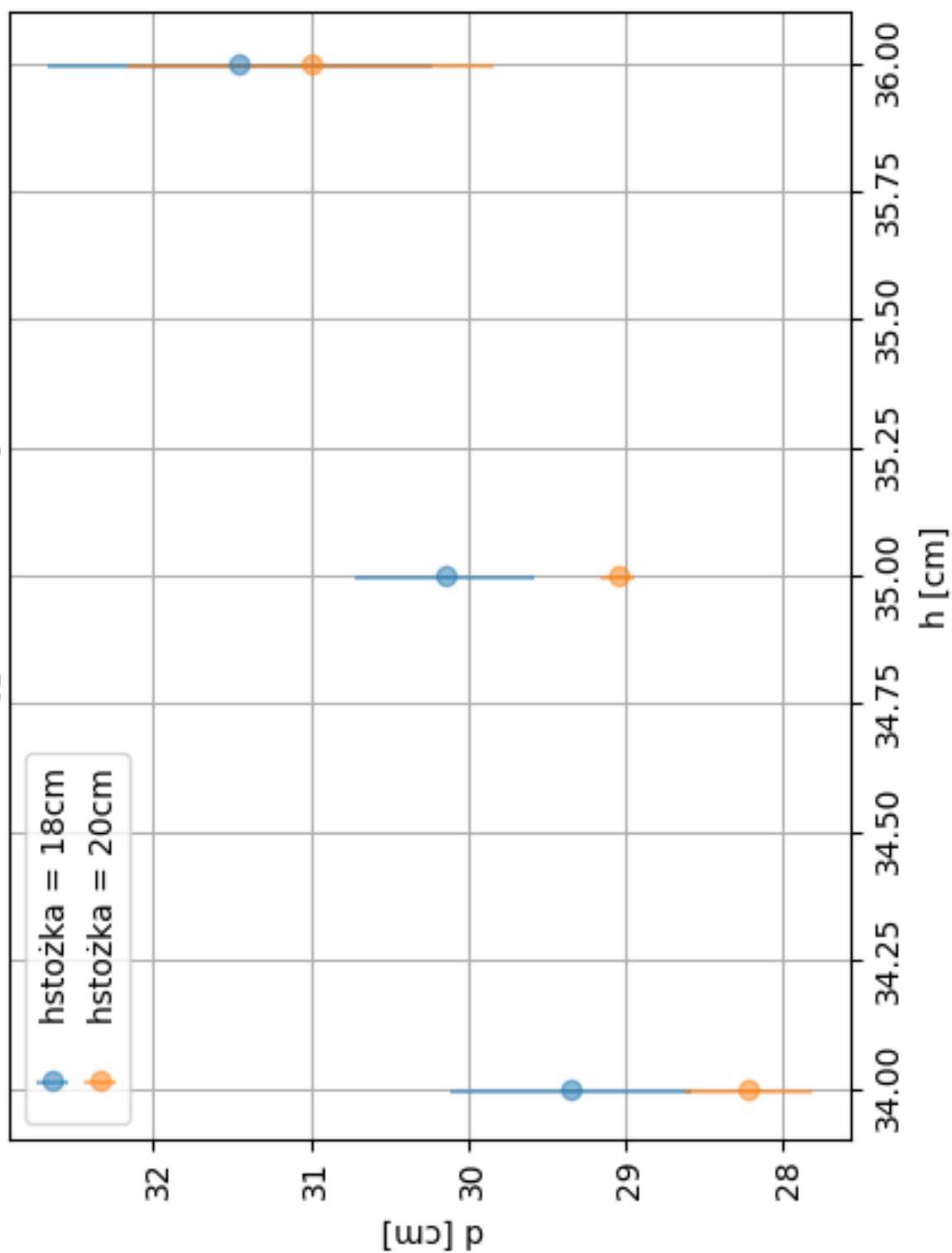
Mimo błędów można zgodzić się z tezą, że zasięg wystrzału kulki wyrzucanej jest wprost proporcjonalny do różnicy wysokości między kulką na wahadle, a kulką wyrzucaną.

W celu zwiększenia dokładności pomiarów, należy określić w przyszłym eksperymencie opór powietrza, oraz wykonać eksperyment dla kulek o różnej masie (m) i średnicy (ϕ).

Przypisy

[1] - <https://github.com/milosz0542/I-Pracownia-Fizyczna>

Zależność zasięgu lotu do wysokości zrzutu



Wykres 1