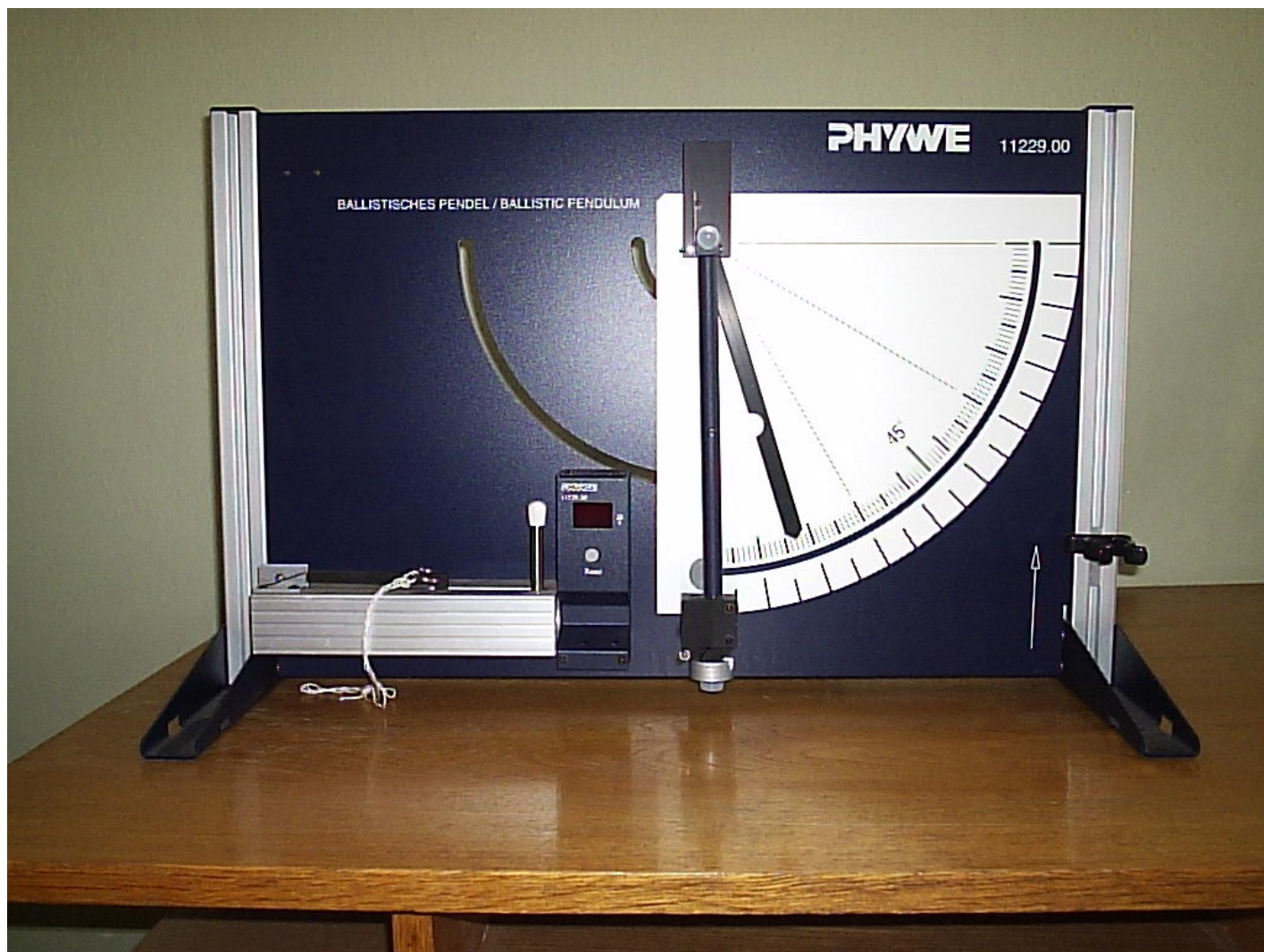


WYZNACZANIE PRĘDKOŚCI LOTU CIAŁA PRZY POMOCY WAHADŁA BALISTYCZNEGO



1. Opis teoretyczny do ćwiczenia

zamieszczony jest na stronie www.wtc.wat.edu.pl w dziale
DYDAKTYKA – FIZYKA – ĆWICZENIA LABORATORYJNE.

2. Opis układu pomiarowego

Stanowisko laboratoryjne wyposażone jest w sprężynową wyrzutnię kul o trzech stopniach naciągu umożliwiających uzyskanie trzech różnych prędkości wylotowych kul. Kule trafiają w specjalny koszyk

posiadający zaczep do ich wylapywania. Zaczep ten jest zamocowany przy końcu wahadła z długim ramieniem. Ramie jest dodatkowo obciążone poniżej zamocowania koszyka.

Lecąca prawie poziomo kula o masie m uderza w koszyk wahadła i pozostaje w nim. Przyjmujemy że jest to zderzenie idealnie niesprężyste. W wyniku zderzenia układ wahadło-kula obraca się o pewien kąt φ . Zastosowane w eksperymencie laboratoryjnym urządzenie zaopatrzone jest we wskazówkę, która zapamiętuje maksymalne wychylenie wahadła i pozwala odczytać ten kąt.

3. Przeprowadzenie pomiarów

1. Zaznajomić się z układem pomiarowym.

2. Umieścić stalową kulę w wyrzutni.

Kulę przyczepiamy do namagnesowanej igły wyrzutni **zwracając uwagę na to aby była umieszczona współosiowo z iglicą!**

3. Ustawić wskaźnik końcowego wychylenia wahadła w pozycji pionowej.

4. Naciągnąć wyrzutnię do pierwszego stopnia i zabezpieczyć zastawką.

5. Pociągając za sznurek zwolnić zastawkę. Po prawidłowym strzale kula pozostaje w koszu wahadła.

6. Odczytać i zapisać kąt φ końcowego wychylenia wahadła.

7. Powtórzyć minimum 10 razy procedurę od punktu 2 do punktu 6.

8. Powtórzyć czynności od punktu 2 do 7 stosując naciągi drugiego i trzeciego stopnia.

4. Opracowanie wyników pomiarów

Wyznaczenie prędkości lotu kuli i jej niepewności

Wykonać oddzielnie dla każdego z naciągów.

1. Z każdej serii pomiarowej obliczyć średnią arytmetyczną $\bar{\phi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \phi_i$,

oraz jej niepewność standardową $u(\bar{\phi}) = \sigma_{\bar{\phi}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\phi_i - \bar{\phi})^2}{(n-1)n}}$.

2. Wyznaczyć prędkości kuli ze wzoru $V = \frac{2 R (M + m)}{L m} \sqrt{g R} \sin\left(\frac{\varphi}{2}\right)$ gdzie:

R – odległość środka ciężkości wahadła z kulą od osi obrotu,

L – odległość od punktu wychwyty kuli do osi obrotu,

M – masa ramienia wahadła,

m – masa kuli,

g – przyspieszenie ziemskie,

φ – maksymalny kąt wychylenia wahadła po wychwyceniu kulki.

3. Wyznaczyć niepewność złożoną względną prędkości kulki:

$$u_{c,r}(V) = \frac{1}{V} \sqrt{\left(\frac{\partial V}{\partial R} u(R)\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial M} u(M)\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial m} u(m)\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial L} u(L)\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial \phi} u(\phi)\right)^2} =$$

$$u_{c,r}(V) = \sqrt{\left(\frac{3}{2R} \cdot u(R)\right)^2 + \left(\frac{M}{m(m+M)} u(m)\right)^2 + \left(0,5 \operatorname{ctg}\left(\frac{\phi}{2}\right) u(\phi)\right)^2}$$

przy założeniu, że tylko wielkości R , m , φ posiadają istotne niepewności pomiarowe.

Przy podstawianiu wartości $u(\phi)$ kąt należy wyrazić w radianach.

4. Wyznaczyć niepewność bezwzględną (złożoną) prędkości kulki $u_c(V) = u_{c,r}(V) \cdot V$

5. Wyznaczyć niepewność rozszerzoną ze współczynnikiem rozszerzenia 2, $U(c) = 2 \cdot u_c(V)$

Wykonać Wykres-1 zależności $V = f(x)$

nanosząc uzyskane punkty pomiarowe wraz z niepewnościami pomiarowymi

6. Wykonać wykres $V = f(x)$. Przeprowadzić aproksymację metodą najmniejszych przez punkty pomiarowe prowadząc prostą $y = \bar{a}x + \bar{b}$, gdzie x – wartość naciągu (przeszyczenia) sprężyny, y – prędkość wylotu kulki z wyrzutni, a parametry prostej oraz ich niepewności wyznaczamy z

$$\bar{a} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_i\right) \cdot \left(\sum_{i=1}^n y_i\right) - n \cdot \left(\sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i\right)}{\left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2 - n \cdot \left(\sum_{i=1}^n x_i^2\right)}, \quad \bar{b} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n y_i\right) - \bar{a} \cdot \left(\sum_{i=1}^n x_i\right)}{n},$$

$$u(\bar{a}) = \sigma_{\bar{a}} = \sqrt{\frac{n}{n-2} \cdot \frac{\left(\sum_{i=1}^n y_i^2\right) - \bar{a} \cdot \left(\sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i\right) - \bar{b} \cdot \left(\sum_{i=1}^n y_i\right)}{n \cdot \left(\sum_{i=1}^n x_i^2\right) - \left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2}}, \quad u(\bar{b}) = \sigma_{\bar{b}} = \sigma_{\bar{a}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n}}.$$

Przy wyznaczaniu parametrów prostych zaleca się wykonanie tabeli zawierającym kolumny z poszczególnymi wartościami: x_i , y_i , x_i^2 , y_i^2 , $x_i \cdot y_i$ oraz ich sumy w celu uniknięcia błędów przy przetwarzaniu wartości zmierzonych.

Prostą wraz z wyznaczonymi parametrami nanieść na wykres (1).

Wyznaczenie współczynnika sprężystości sprężyny i jego niepewności

Wykonać oddzielnie dla każdego z naciągów.

7. Wyznaczyć współczynnik sprężystości sprężyny z zasady zachowania energii $k = \frac{mV^2}{x^2}$,

gdzie x – wartość naciągu sprężyny.

8. Wyznaczyć niepewność złożoną współczynnika sprężystości sprężyny

$$u_c(k) = \sqrt{\left(\frac{V^2}{x^2} u(m)\right)^2 + \left(\frac{2mV}{x^2} u(V)\right)^2 + \left(\frac{-2mV^2}{x^3} u(x)\right)^2}$$

9. Wyznaczyć niepewność względną współczynnika sprężystości sprężyny $u_{c,r}(k) = \frac{u_c(k)}{k}$

10. Wyznaczyć niepewność rozszerzoną ze współczynnikiem rozszerzenia 2, $U(k) = 2 \cdot u_c(k)$

5. Podsumowanie

1. Zgodnie z regułami prezentacji wyników zestawień wyznaczone wielkości

V , $u_c(V)$, $u_{c,r}(V)$, $U(V)$ oraz ich wartości odniesienia lub $\Delta V = V_{\max} - V_{\min}$,

k , $u_c(k)$, $u_{c,r}(k)$, $U(k)$ oraz ich wartości odniesienia lub $\Delta k = k_{\max} - k_{\min}$,

dla badanych naciągów sprężyny.

2. Przeanalizować uzyskane rezultaty:

a) która z niepewności wnosi największy wkład do niepewności złożonej $u_c(V)$,

b) która z niepewności wnosi największy wkład do niepewności złożonej $u_c(k)$,

c) czy spełniona jest relacja $u_{c,r}(V) < 0.1$,

d) czy spełniona jest relacja $u_{c,r}(k) < 0.1$,

e) czy spełniona jest relacja $|V_{\text{odniesienie}} - V| < U(V)$ lub $\Delta V < U(V)$,

f) czy spełniona jest relacja $|k_{\text{odniesienie}} - k| < U(k)$ lub $\Delta k < U(k)$,

g) Wykres 1 pod kątem występowania i przyczyn błędów grubych, systematycznych i przypadkowych.

3. Wyciągnąć wnioski pod kątem występowania błędów grubych, systematycznych i przypadkowych i ich przyczyn.

Zaproponować działania zmierzające do podniesienia dokładności wykonywanych pomiarów.

Wyjaśnić czy cele ćwiczenia zostały osiągnięte.

6. Przykładowe pytania

Zamieszczone są na stronie www.wtc.wat.edu.pl w dziale

DYDAKTYKA – FIZYKA – ĆWICZENIA LABORATORYJNE.

Zadania dodatkowe do wyznaczenia i analizy:

$$1. \text{ Wyznaczyć współczynnik korelacji liniowej } R^2 = \frac{\left[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y}) \right]^2}{\left[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right] \cdot \left[\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \right]} \text{ dla wyznaczonej prostej.}$$

Wynik poddać analizie i wyciągnąć wnioski.

2. Potwierdzić, czy zaszło zderzenie idealnie niesprężyste.

grupa, zespół w składzie.....

cele ćwiczenia:

1. wyznaczenie prędkości lotu kuli uwolnionej z naciągu 1, 2, 3;
2. wyznaczenie współczynnika sprężystości sprężyny dla naciągu 1,2, 3

3.

3.1 Wartości teoretyczne wielkości wyznaczanych lub określanych:

.....
.....
.....

3.2 Parametry stanowiska (wartości i niepewności), wartości należy potwierdzić na stanowisku!

R – odległość środka ciężkości C wahadła z kulą od osi obrotu = $178 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$,

L – odległość od punktu wychwyty kuli do osi obrotu = $240 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$,

M – masa ramienia = $121,0 \text{ g} \pm 0,1 \text{ g}$, m – masa kuli = $32,5 \text{ g} \pm 0,1 \text{ g}$,

naciągi (przemieszczenia x) sprężyny: 1) $23 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, 2) $37 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, 3) $50 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$.

.....
.....
.....

3.3 Pomiary i uwagi do ich wykonania.

.....
.....
.....

Naciąg 1 (23 mm +/- 1 mm)		Naciąg 2 (37 mm +/- 1 mm)		Naciąg 3 (50 mm +/- 1 mm)	
Próba	φ – kąt wychylenia wahadła w stopniach niepewność	Próba	φ – kąt wychylenia wahadła w stopniach niepewność	Próba	φ – kąt wychylenia wahadła w stopniach niepewność
1		1		1	
2		2		2	
3		3		3	
4		4		4	
5		5		5	
6		6		6	
7		7		7	
8		8		8	
9		9		9	
10		10		10	
11		11		11	
12		12		12	
13		13		13	
14		14		14	
15		15		15	
16		16		16	
17		17		17	
18		18		18	
19		19		19	
20		20		20	

3.4 Data i podpis osoby prowadzącej