

# L OLIMPIADA FIZYCZNA ETAP I

## Zadanie doświadczalne

### ZADANIE D2

Nazwa zadania: „Strumień wody wyznacznikiem wartości przyspieszenia ziemskiego”

Mają do dyspozycji:

1. naczynie o znanej pojemności,
2. zegarek ze sekundnikiem lub stoper,
3. suwmiarkę,
4. linijkę, papier milimetrowy,
5. kran z wodą

wyznacz wartość przyspieszenia ziemskiego na podstawie kształtu strumienia wody wypływającej z kranu.

Przedstaw wyniki na wykresie umożliwiającym wyznaczenie przyspieszenia ziemskiego na podstawie dopasowania prostej do wielu punktów doświadczalnych. Korzystając z wykresu oszacuj błąd pomiarowy. Zaproponuj metodę jego minimalizacji.

### ROZWIĄZANIE ZADANIA D2

Proponowana metoda polega na pomiarze średnicy  $d$  strumienia wody wypływającej z kranu w sposób laminarny w różnych punktach poniżej miejsca wpływu. Z wielkości tej średnicy można wyznaczyć prędkość przepływu cząsteczek wody, a znając ją – przyspieszenie  $g$ .

Woda wypływająca z kranu przyspiesza pod wpływem siły ciężenia. Element objętości wody podczas spadku z wysokości  $h$  uzyskuje prędkość  $u$  równą  $u = \sqrt{u_0^2 + 2gh}$ , gdzie  $u_0$  jest prędkością wpływu strumienia wody na poziomie wylotu kranu.

Przekształcając powyższy wzór otrzymujemy zależność  $u(h)$  w postaci

$$\frac{u^2}{2} = gh + \frac{u_0^2}{2}. \quad (1)$$

Objętość wody jaka wypływa z kranu w jednostce czasu nie ulega zmianie, co oznacza, że pole przekroju poprzecznego  $S$  strumienia wody, a co za tym idzie i średnica strumienia  $d$  maleje ze zwiększeniem  $h$ . Biorąc pod uwagę wydajność kranu  $W$ , czyli objętość wody wypływającej z kranu w jednostce czasu, stwierdzamy, że

$$u = \frac{W}{S} = \frac{4W}{\pi d^2}. \quad (2)$$

Należy zatem dokonać pomiaru średnicy strumienia wody dla różnych odległości  $h$  od wylotu kranu. Można to uczynić za pomocą suwmiarki lub też używając umocowanego papieru milimetrowego, na tle którego leje się strumień wody. Następnie, znając średnicę strumienia wody jako funkcję  $h$ , można znaleźć zależność  $u(h)$ , korzystając z zależności (2). Przedstawiając wyniki w układzie współrzędnych  $(h, u^2/2)$ , można, jak wynika ze wzoru (1), z nachylenia dopasowanej prostej odczytać bezpośrednio  $g$ .

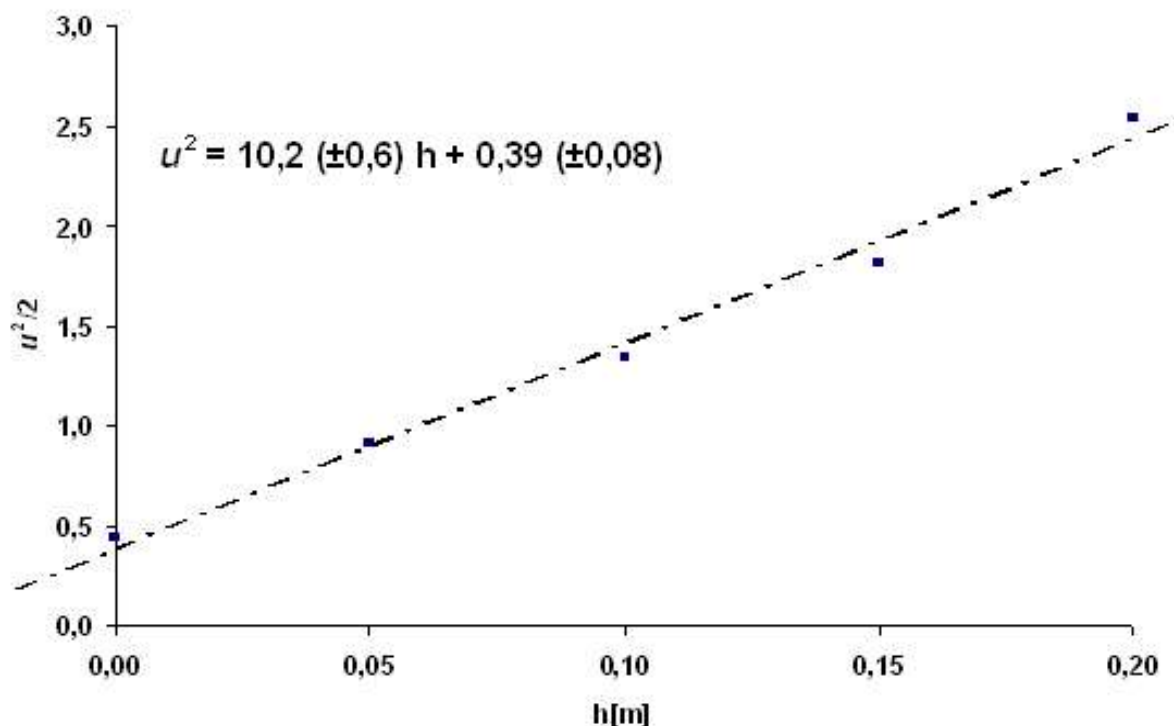
Procedura doświadczalna powinna zatem obejmować w pierwszym kroku wyznaczenie wydajności  $W$  dla naszego kranu. Należy ustawić laminarny przepływ wody i dobrać taką jego wielkość, aby można było zaobserwować mierzalne zężenie się strumienia wody. Następnie należy zmierzyć czas napełniania naczynia o znanej pojemności. Potem można przystąpić do wyznaczania zależności średnicy strumienia wody od wysokości  $h$ . Tu należy zaznaczyć, że należy dokonać pomiarów tylko dla tych odległości od wylotu kranu, dla których strumień wody ma przekrój kołowy i nie rozpada się na pojedyncze krople. Po zakończeniu pomiarów można zmierzyć ponownie wydajność kranu, aby w ten sposób sprawdzić czy nie zmieniła się w czasie eksperymentu.

Przykładowe wyniki dla wydajności kranu  $W = 0,0000595 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $= 3,6 \text{ l/min}$ ) przedstawione są w tabeli 1.

Tabela 1.

$h$ [m]	$d$ [m]	$S$ [m <sup>2</sup> ]	$u$ [m/s]	$u^2/2$ [m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> ]
0,00	0,0090	6,36E-05	0,94	0,44
0,05	0,0075	4,42E-05	1,35	0,91
0,10	0,0068	3,63E-05	1,64	1,34
0,15	0,0063	3,12E-05	1,91	1,82
0,20	0,0058	2,64E-05	2,25	2,54

Graficzna reprezentacja tych wyników przedstawiona jest na ryc.5



Ryc.5

Dopasowanie prostej daje tu wartość  $g = 10,2 \text{ m/s}^2$ . Niepewność otrzymanego wyniku wynosi ok. 6%. Jest to wynik stosunkowo dokładny, biorąc pod uwagę prostotę pomiaru.

Z prostych metod zwiększenia dokładności wyniku należy wymienić wykonanie pomiarów dla różnych wydajności kranu jak również zwiększenie liczby punktów

pomiarowych dla danej serii pomiarowej. To ostatnie może jednak nastręczyć nieco trudności, gdyż i tak różnice w wielkości średnic zmierzonych dla większych wartości  $h$  są bardzo niewielkie.

### **Punktacja**

Pomysł i poprawne rozwiązanie teoretyczne – 8 pkt

Część eksperymentalna:

- a) wykonanie (możliwych do powtórzenia) pomiarów – 5 pkt
- b) zgodność metody pomiaru z rozwiązaniem teoretycznym – 3 pkt
- c) poprawny wynik końcowy wraz z analizą błędu pomiaru – 2 pkt

Wykres – 2 pkt

Źródło:  
Zadanie pochodzi z czasopisma „Fizyka w Szkole” 00/01r.

Komitet Okręgowy Olimpiady Fizycznej w Szczecinie  
[www.of.szc.pl](http://www.of.szc.pl)