

VI OLIMPIADA FIZYCZNA (1956/1957). Stopień I, zadanie doświadczalne – D2

Źródło: Komitet Główny Olimpiady Fizycznej;
Janusz Ostrowski: Olimpiady Fizyczne V i VI. PZWS, Warszawa 1963,
str. 135 – 137

Nazwa zadania: Wypływ cieczy: doświadczalne potwierdzenie wzoru Torricelli'ego

Działy: Mechanika płynów

Słowa kluczowe: prędkość, wypływ, wzór Torricelli'ego, woda

Zadanie teoretyczne – D2, zawody I stopnia, VI OF

Wiadomo, że prędkość wypływu cieczy pod jej własnym ciężarem jest dana wzorem Torricelli'ego: $v = \sqrt{2gh}$, którym prędkość jest proporcjonalna do pierwiastka z wysokości słupa cieczy h .

Obmyśl metody sprawdzenia tej zależności i wykonaj odpowiednie pomiary.

Spróbuj uzasadnić ewentualne różnice między prędkością wypływu obliczoną ze wzoru i zmierzoną. Podaj szczegółowy opis pomiarów.

Rozwiązanie

Każda metoda, która daje możliwość bezpośredniego wyznaczenia jakiejś wielkości, wiążącej się z prędkością wypływu v (prędkość wpływu trudno jest zmierzyć bezpośrednio), może być tu użyta. Podamy przykładowo dwie metody:

a) Objętość cieczy W (wydatek), jaka wypłynie w danym czasie przez danej wielkości otwór w bocznej ścianie naczynia, jest wprost proporcjonalna do prędkości wpływu v

$$W = v \cdot s \cdot t,$$

gdzie s i t oznaczają odpowiednio przekrój strugi i czas wypływu.

Stąd

$$v = \frac{W}{st},$$

W , s , t – dają się bezpośrednio i łatwo zmierzyć.

Stałość poziomu zapewniamy stosując butelkę Mariotte'a¹ lub stały i odpowiedni dopływ cieczy.

Zmieniając odległość h otworu od poziomu cieczy, otrzymujemy szereg wartości, które przedstawiamy graficznie. Rysując wykresy, staramy się zawsze tak dobrać wielkości odkładane na osiach, aby otrzymać linie proste. W naszym przypadku zależność Torricelli'ego

$$v = \sqrt{2g} \cdot \sqrt{h} \quad (1)$$

przybierze na wykresie postać linii prostej przechodzącej przez początek układu współrzędnych, jeśli na osi odciętych odłożymy wartość \sqrt{h} , a na osi rzędnych prędkość wypływu v (rys. 1).

Zamieszczona tabelka (Tabela 1) zawiera wynik pomiaru przy wypływie cieczy przez rurkę przytykaną do otworu w bocznej ścianie naczynia w różnych odległościach od poziomu cieczy.

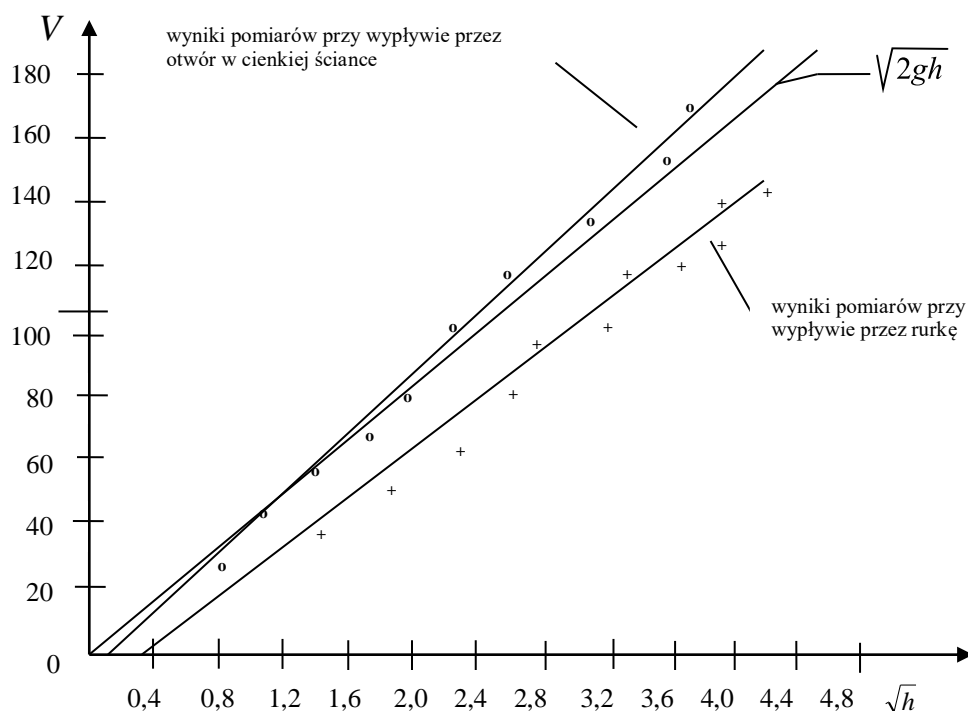
¹ Dokładnie zasadę działania butelki Mariotte'a przedstawiono w rozwiązaniu zadania doświadczalnego z III stopnia IX Olimpiady Fizycznej (http://www.of.szc.pl/pdf/9OF4D_roz660.pdf)

Tabela 1.

v , cm/s	h , cm	\sqrt{h} , $\sqrt{\text{cm}}$
45	2	1,41
60	3	1,73
67	4	2,00
87	6	2,44
107	8	2,82
117	10	3,16
135	12	3,46
137	14	3,74
149	16	4,00
163	18	4,24
167	20	4,46

b) Innym związkiem między prędkością wypływu v a wielkościami bezpośrednio mierzonymi jest zależność zasięgu poziomego l strugi wypływającej poziomo z pewnej stałej wysokości H . Zależność tę łatwo wyprowadzić (wzór na rzut poziomy), w rezultacie otrzymalibyśmy:

$$v = l \sqrt{\frac{g}{2H}} \quad (2)$$



Rys. 1

Na rysunku 1 linia środkowa przedstawia zależność (1) – prawo Torricelli’ego, prosta dolna została wykreślona na podstawie wyniku pomiarów zamieszczonych w tabelce; prosta górna, przecinająca linię teoretyczną, przedstawia wynik pomiarów wykonanych w przypadku wypływu cieczy przez otwór w cienkiej ścianie naczynia.

Odstępstwa od prawa Torricelli’ego przy wypływie cieczy przez rurkę można wytłumaczyć oporem, jaki rurka stawia przepływowi cieczy wnioskujemy o tym z przesunięcia pro-

stej doświadczalnej ku dołowi; przy tym opór ten nieznacznie rośnie z prędkością wypływu, (mniejsze nachylenie prostej doświadczalnej). Natomiast przy wypływie cieczy przez otwór w cienkiej ściance, opór, jaki stawia otwór, jest bardzo mały (małe przesunięcie prostej doświadczalnej dla małych prędkości). W tym przypadku prosta doświadczalna jest nachylona bardziej stromo niż teoretyczna, co świadczy o nieznacznym zmniejszeniu się oporu ze wzrostem prędkości wypływu.