



LIII OLIMPIADA FIZYCZNA

(2003/2004)

ZAWODY I STOPNIA

Zadanie doświadczalne – D1

Nazwa – Badanie drgań kamertonu.

Źródła – Komitet Główny Olimpiady Fizycznej

– Andrzej Dragan, Andrzej Wysmołek¹: *Fizyka w Szkole* nr 2, 2004, s. 111–118

– T.M. Molenda, IF US, www.OF.szc.pl.

Masz do dyspozycji:

- kamerton, z pudłem rezonansowym, o częstotliwości 440 Hz lub zbliżonej,
- cztery obciążniki o równych masach, które można sztywno zamocować do ramion kamertonu,
- mikrofon,
- oscyloskop,
- stoper.

1. Wyznacz czas połowicznego zaniku amplitudy drgań kamertonu.
2. Zmierz czasy połowicznego zaniku amplitudy drgań po zamocowaniu do jednego z ramion kamertonu l , a do drugiego p obciążników, gdzie $(l, p) = (1, 0), (1, 1), (2, 0), (2, 1), (2, 2), (3, 0), (3, 1), (4, 0)$. Obciążniki należy mocować w równej odległości od końców kamertonu.
3. Przedyskutuj zauważone prawidłowości.

Uwaga!

- a) Do pomiarów wybierz kamerton o jak najdłuższym czasie zaniku drgań.
- b) Jako obciążników możesz użyć np. spinaczy biurowych lub kawałków drutu miedzianego o masie zbliżonej 0,5 g każdy.
- c) Zamiast zwykłego oscyloskopu możesz użyć komputera z zainstalowaną kartą dźwiękową i odpowiednim programem. Możesz, na przykład, wykorzystać program Winscope, dostępny na stronie Olimpiady Fizycznej: <http://www.kgof.edu.pl/of53/winscope/> lub program *Oscyloskop*, dostępny na płycie CD dołączonej do podręcznika: J. Blinowski, W. Zielicz, *Fizyka z astronomią. Kształcenie w zakresie rozszerzonym*, tom I, WSiP, Warszawa 2002 (i 2003, II wydanie).

¹ Andrzej Wysmołek był sekretarzem naukowym ds. zadań doświadczalnych w KGOF: XLIII–XLVIII OF (wówczas dr), LII–LX OF; w tym okresie był współautorem artykułów w *Fizyce w Szkole* z OF, do czasu ich publikowania w tym czasopiśmie, tj. do LV OF. Od LXIX OF pełni funkcję Przewodniczącego KGOF. Opracowane zad. na zawody OF w postaci edytowalnych plików były przez sekretarza (AW) udostępniane sekretarzowi KO w Szczecinie (TM), co bardzo ułatwiło umieszczenie tych zad. dośw. w bazie na stronie www.OF.szc.pl (przyp. red.).

Rozwiązanie zadania D1 – LIII OF, I stopień

Dysponując mikrofonem oraz oscyloskopem lub komputerem z odpowiednim oprogramowaniem, można rejestrować zmiany amplitudy sygnałów akustycznych, o których mowa w zadaniu. Umieszczając mikrofon w pobliżu pobudzonego do drgań kamertonu, należy zmierzyć czas, po jakim amplituda emitowanego przez kamerton dźwięku zmniejszy się do połowy.

Opis pomiarów

Wykonując pomiary należy odpowiednio dobierać odległość kamertonu od mikrofonu oraz poziom wzmocnienia w taki sposób, aby uniknąć nasycenia sygnału na ekranie oscyloskopu (komputera). Po wzbudzeniu kamertonu odczekujemy aż amplituda zmaleje osiągnie pewną wartość A_0 i dopiero wtedy włączamy stoper. Wyłączamy go w chwili, gdy amplituda osiągnie wartość $A_0/2$. Powtarzamy pomiar kilka razy. Następnie wyznaczamy wartość średnią czasu połowicznego zaniku $T_{1/2}$ i jego niepewność pomiarową $u(T_{1/2})$.

Przykładowo, dla nieobciążonego kamertonu uzyskano wartości $\{5,9 \text{ s}; 6,3 \text{ s}; 5,6 \text{ s}; 5,8 \text{ s}; 5,9 \text{ s}\}$, co daje wartość średnią $T_{1/2} = 5,9 \text{ s}$ z niepewnością $u(T_{1/2}) = 0,1 \text{ s}$. Przykładowe wyniki pomiarów dla różnych wartości i konfiguracji obciążeń ramion kamertonu zebrano w tabeli 1.

Tabela 1. Średnie wartości czasu połowicznego zaniku drgań kamertonu w sekundach dla wszystkich konfiguracji $(l, p)^2$

	$p = 0$	$p = 1$	$p = 2$
$l = 0$	5,9(1)*	–	–
$l = 1$	4,6(2)	5,6(3)	–
$l = 2$	3,5(2)	4,3(2)	5,6(3)
$l = 3$	2,7(2)	3,6(2)	–
$l = 4$	2,4(2)	–	–

* Cyfra w nawiasie oznacza niepewność pomiaru, tj. $u(T_{1/2}) = 0,1 \text{ s}$.

Ujednoczenie problematyki dot. niepewności pomiarowych, też zapisów, reguluje od 1993 r. *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*, u nas w nauczaniu od 2018 r. *Rekomendacja Polskiego Towarzystwa Fizycznego dotycząca nauczania o opracowywaniu wyników pomiarów w szkołach* – <https://www2022.ptf.net.pl/programy/edukacja/rekomendacja> (przyp. red.).

Otrzymane wyniki sugerują, że symetryczne obciążenie kamertonu zmienia czas połowicznego zaniku w znacznie mniejszym stopniu niż obciążenie niesymetryczne. Konfiguracje, dla których obciążenie ramion jest symetryczne tzn.: $(0, 0)$, $(1, 1)$, $(2, 2)$ wykazują zbliżone czasy zaniku $(5,6\text{--}5,9 \text{ s})$, pomimo, że odpowiada to różnym masom obciążenia. Natomiast konfiguracje o identycznych masach obciążenia, ale niesymetrycznych obciążeniach, np. grupa $(2, 0)$ i $(1, 1)$, $(3, 0)$ i $(2, 1)$ lub grupa $(4, 0)$, $(3, 1)$, $(2, 2)$, wykazują różne czasy zaniku.

Asymetryczne obciążenie powoduje powstawanie w kamertonie drgań, które nie mają węzła w miejscu jego mocowania do podstawy. Wywołuje to szybszy przekaz energii do pudła rezonansowego, a zatem szybszy zanik drgań podstawowych kamertonu. W przypadku, gdy pomiary wykonywane są przy użyciu programu komputerowego umożliwiającego obserwację widma częstotliwości drgań, można zauważyć, że przy niesymetrycznym obciążeniu kamertonu pojawiają

² Symbole l oraz p w tabeli oznaczają liczbę obciążników zamocowanych do ramion kamertonu, np. $l = 0$ i $p = 0$ dotyczy konfiguracji obciążników $(0, 0)$ (przyp. red.).

się niezerowe amplitudy drgań o częstotliwościach bliskich zeru. Jest to bezpośredni dowód na to, że oprócz częstotliwości własnej pojawiają się w kamertonie drgania o innej częstotliwości.

Uzyskanie czytelnej zależności od obciążenia kamertonu wymaga takiego dobrania masy obciążników, aby zmiany czasu zaniku dla obciążeń niesymetrycznych nie były zbyt duże. Bardzo ważne jest sztywne przymocowanie obciążników do ramion kamertonu. W przypadku gdy są one „luźne”, straty energii mogą być na tyle duże, że drgania zanikać będą bardzo szybko i efekty związane z symetrią obciążenia zostaną zamaskowane.

Punktacja

1. Pomysł pomiaru zaniku drgań przy użyciu oscyloskopu 4 pkt.
2. Wykonanie pomiarów wartości średnich i niepewności pomiarowej czasu zaniku amplitudy drgań dla wszystkich konfiguracji podanych w treści zadania (po jednym punkcie za konfigurację) 9 pkt.
3. Wykonanie tabeli pozwalającej na zauważenie prawidłowości w zależności czasu zaniku od konfiguracji obciążenia 2 pkt.
4. Prawidłowe wyjaśnienie uzyskanych wyników dla symetrycznych i niesymetrycznych obciążeń ramion kamertonu 5 pkt.