

## Wprowadzenie teoretyczne

# Doświadczenie „K A M E R T O N”

### Drgania harmoniczne proste i tłumione

Drganiami harmonicznymi nazywamy ruch masy  $m$  (tzw. oscylatora) wzdłuż współrzędnej  $x$ , który może być opisany równaniem:

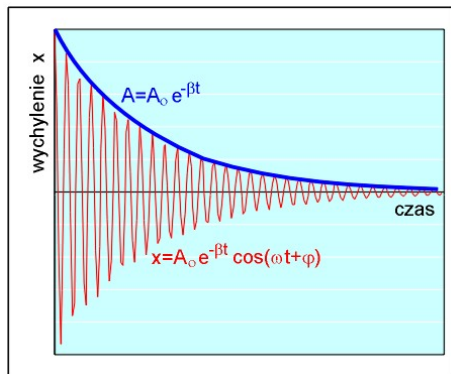
$$x(t) = A \cos(\omega t + \varphi)$$

gdzie:

$A$  - amplituda;  $\omega$  - częstość kołowa drgań;  $\varphi$  - faza początkowa.

W przypadku drgań tłumionych, równanie to przyjmuje postać funkcji:

$$x(t) = A_0 \cdot e^{-\beta \cdot t} \cdot \cos(\omega t + \varphi)$$

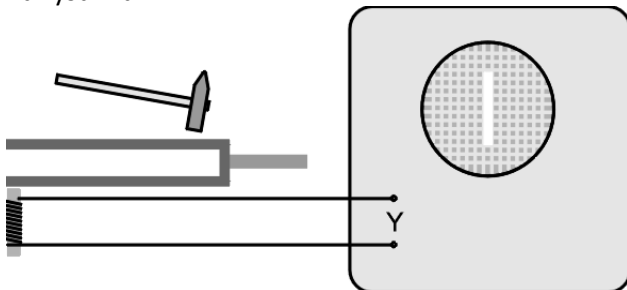


Funkcja ta jest iloczynem dwóch funkcji:  $A_0 e^{-\beta \cdot t}$  oraz  $\cos(\omega t + \varphi)$ . Druga funkcja informuje iż są to drgania harmoniczne, natomiast pierwsza określa zanik amplitudy w czasie.

W wykładniku eksponenty znajduje się współczynnik tłumienia  $\beta$  wyrażony w jednostkach [1/s].

### Miara amplitudy drgań kamertonu

Kamerton to przyrząd mechaniczny w formie stalowych widełek do wytwarzania fali dźwiękowej o ustalonej częstotliwości. Podstawowy kamerton wydaje dźwięk o częstotliwości 440 Hz (ton  $a^1$ ). W zasadzie rozważania o wartości amplitudy drgań kamertonu są nieuzasadnione, bowiem w każdym jego miejscu są różne. Natomiast niepozbawione sensu jest mówienie zarówno o zmianach amplitudy drgań kamertonu, jak o mierze amplitudy. Miara amplitudy odzwierciedla się na ekranie oscyloskopu. Technicznie odbywa się to w sposób przedstawiony na rysunku:



Rytm drgań stalowych widełek kamertonu przenosi się na zaburzenie pola magnetycznego, którego źródłem jest namagnesowany rdzeń otoczony cewką indukcyjną. Zmiany indukcji pola magnetycznego indukują siłę elektromotoryczną w zwojach cewki, która podłączona jest do wejścia „Y” oscyloskopu. Zmiana podstawy czasu (jednostka osi „X” oscyloskopu) pozwala na oglądanie przebiegu drgań na wyświetlaczu.

# „KAMERTON”

## Pytania do przygotowania:

1. Co to są drgania harmoniczne?
2. Omówić drgania harmoniczne tłumione i nietłumione.
3. Co to jest okres drgań?
4. Co to jest częstotliwość drgań?
5. Podać i omówić równanie drgań harmoniczných.
6. Jaka jest jednostka współczynnika tłumienia?
7. Podać zależność amplitudy drgań tłumionych od czasu.
8. Co to jest kamerton?
9. Od czego zależy częstotliwość drgań kamertonu?
10. Co to jest oscyloskop?
11. W jakim przedziale częstotliwości ucho ludzkie odbiera dźwięk?
12. Jaka jest jednostka natężenia dźwięku?
13. Co jest większe bel czy decybel?
14. Długość fali – definicja, jednostka.
15. Podać i omówić równie drgań harmoniczných tłumionych.

## Wskazówki do wykonania pomiarów

1. Włączyć oscyloskop.
2. Zgodnie z instrukcją dostępną na stanowisku ustawić parametry pomiarowe oscyloskopu:
  - zakres mierzonego napięcia: 200 mV na działkę
  - zakres mierzonego czasu: 2 sekundy na działkę
3. Przy pomocy dostępnej na stanowisku pałeczki uderzyć w kamerton w połowie jego wysokości.
4. Zgodnie z instrukcją dostępną na stanowisku:
  - zatrzymać odczyt przebiegu wykresu tak, aby zajął on możliwie największą część ekranu,
  - ustawić symetrię przebiegu,
  - ustawić rozpoczęcie obwiedni na pierwszej działce,
  - ustawić odczyt wartości napięcia za pomocą kursora i ustawić kursor  $V_b$  (odniesienia) na osi symetrii przebiegu.
5. Odczytywać wartości amplitudy co 2 sekundy, jako wartości napięć na przecięciu obwiedni z kolejnymi pionowymi osiami czasu.
6. Po zakończonych pomiarach uporządkować stanowisko.
7. Wykonać obliczenia zgodnie z instrukcją i sporządzić wykres próbny w arkuszu kalkulacyjnym. W obliczeniach pamiętać o używaniu jednostek podstawowych układu SI dla napięć i czasu.
8. Sporządzić protokół z pomiarów i niepewności pomiarowych.

UWAGA:

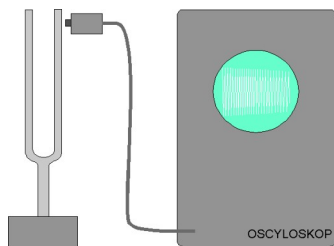
Szczegóły dotyczące obsługi oscyloskopu zostały zamieszczone na instrukcji znajdującej się na stanowisku laboratoryjnym.

## „KAMERTON”

**Student 1:** Wyznaczanie współczynnika tłumienia.

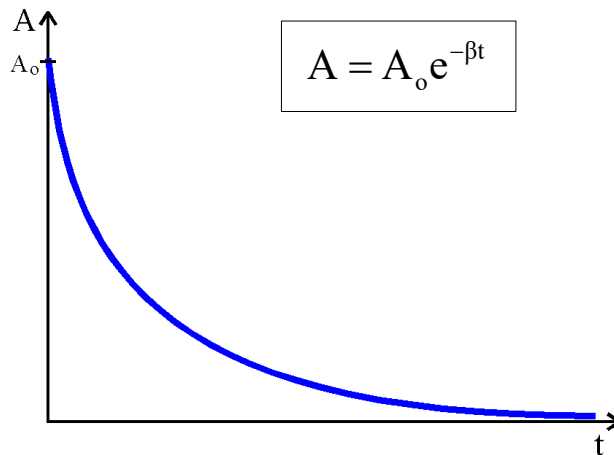
**Student 2:** Sprawdzanie zależności amplitudy drgań gasnących od czasu.

### Baza teoretyczna

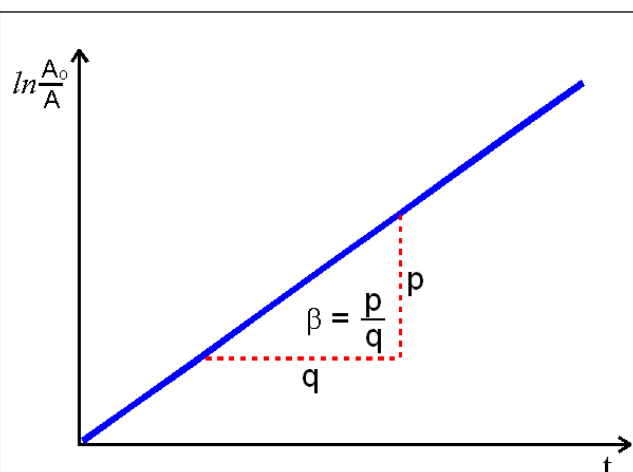


Zarówno w celu wyznaczenia współczynnika tłumienia jak i sprawdzenia teoretycznej zależności amplitudy drgań tłumionych od czasu, wystarczy zmierzyć wielkość proporcjonalną do amplitudy drgań.

Funkcja  $A(t)$  opisuje zanik amplitudy drgań gasnących w czasie.



Obserwację zaniku amplitudy drgań w czasie można przeprowadzić wykorzystując **kamerton**, **przetwornik elektromagnetyczny**, który drgania kamertonu przekształca w przebieg elektryczny (napięcie) oraz **miernik napięcia elektrycznego**, którym może być np. oscyloskop.

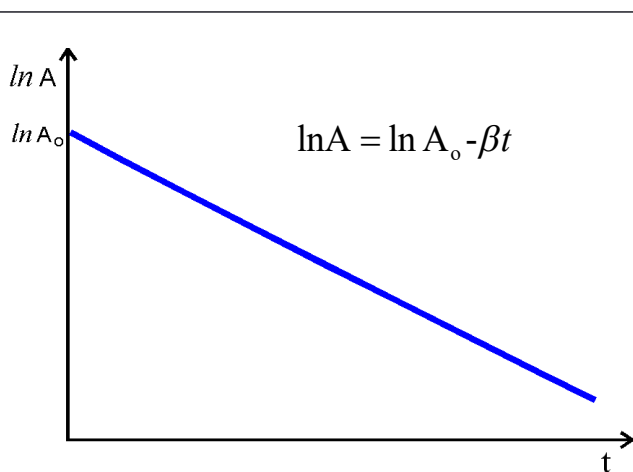


Zatem, aby **wyznaczyć współczynnik tłumienia** kamertonu należy:

- wykonać pomiary zależności amplitudy (w praktyce mierzymy wielkość elektryczną proporcjonalną do amplitudy) od czasu,
- sporządzić wykres zależności

$$\ln \frac{A_0}{A} \text{ od } t$$

- odczytać wartość współczynnika tłumienia.



Zatem, aby **sprawdzić zależność** amplitudy drgań kamertonu od czasu należy:

- wykonać pomiary zależności amplitudy (w praktyce mierzymy wielkość elektryczną proporcjonalną do amplitudy) od czasu,
- sporządzić wykres zależności

$$\ln A \text{ od } t$$

- zanalizować jego liniowość.

## „KAMERTON”

**Student 1:** Wyznaczanie współczynnika tłumienia.

**I. Metodyka** (ideowy plan ćwiczenia)

**II. Przebieg ćwiczenia**

**II.1. Przebieg czynności**

**II.2. Szkic układu pomiarowego**

**III. Wyniki**

**III.1. Wyniki pomiarów**

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	[...]										
t	[s]										

$\Delta A = \dots$

$\Delta t = \dots$

**III.2. Obliczenia** (przykładowe – odnoszą się np. do pomiaru nr 4)

$$\ln \frac{A_0}{A} = \dots$$

$$\Delta \ln \frac{A_0}{A} = \frac{\Delta A}{A} + \frac{\Delta A}{A_0} = \dots$$

**III.3. Wyniki obliczeń**

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t	[...]										
$\ln \frac{A_0}{A}$	[...]										
$\Delta \ln \frac{A_0}{A}$	[...]										

$\Delta t = \dots$

**III.4. Wykres**

+ obliczenie  $\beta$  (nachylenia prostej „najlepszego dopasowania”)

+ obliczenie  $\beta'$  (nachylenia prostej odchylonej)

+ obliczenie  $\Delta \beta = |\beta - \beta'|$

**IV. Podsumowanie**

Wyznaczona wartość ... wynosi ...

Dokładność metody: ...

Dodatkowe wnioski, spostrzeżenia, przyczyny niepewności pomiarowych.

## „KAMERTON”

**Student 2:** Sprawdzanie zależności amplitudy drgań gasnących od czasu.

**I. Metodyka** (ideowy plan ćwiczenia)

**II. Przebieg ćwiczenia**

**II.1. Przebieg czynności**

**II.2. Szkic układu pomiarowego**

**III. Wyniki**

**III.1. Wyniki pomiarów**

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$A$	[...]										
$t$	[s]										

$\Delta t = \dots$

$\Delta A = \dots$

**III.2. Obliczenia** (przykładowe – odnoszą się np. do pomiaru nr 4)

$\ln A = \dots$

$\Delta \ln A = |\ln A - \ln (A + \Delta A)| = \dots$

**III.3. Wyniki obliczeń**

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$t$	[s]										
$\ln A$	[...]										
$\Delta \ln A$	[...]										

$\Delta t = \dots$

**III.4. Wykres**

**IV. Podsumowanie**

Ponieważ na wykresie ... można poprowadzić prostą przechodzącą przez wszystkie prostokąty niepewności pomiarowych, nie ma podstaw do stwierdzenia odstępstwa od ...

*Ewentualnie:* Odstępstwo od liniowości w zakresie ... może wynikać z ....

Dodatkowe wnioski, spostrzeżenia, przyczyny niepewności pomiarowych.