4.4.1 Визначення акустичних параметрів камертону

Детальний опис роботи подано в [4, (робота 1); 9, (робота 1)].

На практиці застосовують істотно простіший метод вимірювання з використанням установки, що не містить електронних схем. При цьому точність вимірювання зрозуміло зменшується, проте залишається достатньою для навчальної лабораторної роботи.

Метою роботи є визначення тих параметрів камертону, що характеризують загасання його коливань, а саме: декременту загасання коливань D, логарифмічного декременту загасання δ, та добротності коливної системи Q.

Оскільки зазначені параметри пов'язані між собою співвідношеннями

$$\delta = \ln D, \qquad Q = \pi/\delta, \qquad (4.1.1)$$

то достатньо відшукати один з них. Як такий у розглядуваній роботі зазвичай обирають *декремент загасання коливань D*.

Рисунок 13

Камертон - це акустичний прилад, частотний спектр власних коливань якого містить практично тільки одну частоту. Конструктивно він є невеликим сталевим вигнутим стрижнем з ніжкою на вигині. Камертон використовують для налагодження музичних інструментів. Якщо стукнути по одній з віток камертону молоточком, або стиснути та різко відпустити вітки камертону, він швидко увійде в режим усталених загасаючих механічних коливань на частоті ν з декрементом загасання, який є дуже близьким до одиниці.

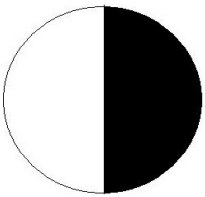

Рисунок 14

Експериментальна установка (рис. 13) містить камертон 1, мікроскоп 2 та освітлювач 3. Ніжка камертону та штативи мікроскопу й освітлювача закріплені на масивній підставці 4. На одній з віток камертону змонтовано невеличке кругле металеве кільце – оправа 5, усередині якої розташоване скельце 6. Скельце вертикально розділене по діаметру на дві частини – прозору та непрозору (рис. 14). Дифузний потік світла від освітлювача 3 скеровано на оправу 5 (рис. 15).

Рисунок 15

Мікроскоп 2 налагоджено таким чином, щоб впродовж коливань камертону можна було спостерігати рух зображення лінії межі розділу двох частин цього кола на фоні *нерухомої шкали мікроскопу*. Нуль цієї шкали розташований зліва від спостерігача.

За відсутності коливань камертону зображення лінії

межі розділу збігається з однією з поділок a_0 шкали мікроскопу. Одразу після збудження коливань камертону (шляхом стискання та різкого відпускання віток) ми побачимо, що лінія межі розділу різко відхилиться від початкової позначки та опиниться на новій позначці a.

☝ Зверніть увагу!

Через велику частоту коливань вітки камертону наше око не бачить окремих коливань лінії межі розділу, а лише її відносно повільне пересування від положення початкового відхилення до вихідного положення за рахунок загасання коливань. Таким чином різниця (a - a_0) може послуговувати *мірою амплітуди загасаючих коливань*.

Якщо виміряти відрізок часу t_1, за який амплітуда загасаючих коливань *зменшиться вдвічі*, то, як показано в посібниках [4, 9], *розрахункова формула* роботи для визначення декременту загасання коливань D набуває вигляду

$$D = 1 + \frac{\ln 2}{\nu t_1} = 1 + \frac{0,693}{\nu t_1}, \qquad (4.1.2)$$

де ν - відома власна частота коливань камертону. Стислий вивід цієї формули подано також на підставці 4.

Рекомендована таблиця вимірювань має таку голівку:

ν = … Гц		
№	t_{1i}, с	Δt_{1i}, с
1	2	3

Число вимірювань N рекомендовано обирати не меншим від 10.

Порядок виконання роботи

Роботу рекомендовано виконувати бригадою з двох студентів, один з яких веде спостереження через мікроскоп, а другий – запускає процес коливань камертону.

1. Занотувати у таблицю з підставки 4 власну частоту коливань ν.
2. Увімкнути освітлювач та підлагодити мікроскоп під око спостерігача
3. Занотувати до чернетки значення поділки a_0, на якій перебуває лінія межі розділу до збудження коливань.
4. Збудити коливання камертону шляхом стискання та різкого відпускання його віток. Спостерегти рух лінії межі розділу та занотувати значення тієї поділки шкали a, починаючи з якої цей рух стає плавним. Ці дії повторити декілька разів з тим, щоб упевнено обрати значення поділки a. Обчислити значення поділки (a - a_0)/2, доходження до якої лінії межі розділу означатиме зменшення вдвічі амплітуди загасаючих коливань.
5. Збуджуючи коливання камертону шляхом стискання та різкого відпускання його віток, з допомогою секундоміра виміряти й занотувати до таблиці не менше ніж

$N = 10$ значень часу t_1, за який амплітуда загасаючих коливань зменшується вдвічі, тобто лінія межі розділу доходить від поділки a (запуск секундоміра) до поділки $(a - a_0)/2$ (зупинка секундоміра).

Алгоритм опрацювання результатів експерименту

Опрацювання результатів у цій лабораторній роботі слід проводити за алгоритмом для непрямих вимірювань (п. 2.2 Гл.2).

1. Обчислити та занотувати до зошита середнє значення часу $<t_1>$, за який амплітуда загасаючих коливань зменшується вдвічі:

$$< t_1 >= \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} t_{1i} \ . \qquad (4.1.3)$$

2. Вирахувати Δt_{1i} та занотувати їхні значення до стовпчику 3 таблиці:

$$\Delta\, t_1 = |< t_1 > - t_{1i}|. \qquad (4.1.4)$$

3. Відшукати абсолютну похибки $\Delta\ t_1$ (коефіцієнт Стьюдента $t_{0,7}(N)$ взяти з таблиці глави 2):

$$\Delta t_1 = t_{0,7}(N)\sqrt{\frac{1}{N(N-1)}\sum_{i=1}^{N}\left(\Delta t_{1i}\right)^2} \ . \qquad (4.1.5)$$

4. Обчислити середнє значення декременту загасання $<D>$ з допомогою формули (4.1.2) та занотувати його до зошита.
5. Знайти похибку вимірювання величини D:

$$\Delta D = \frac{0,693 \cdot \Delta t_1}{\nu\left\langle t_1 \right\rangle^2} \ . \qquad (4.1.6)$$

6. Записати результат вимірювання декременту загасання коливань камертону у стандартному вигляді

$$D = < D > \pm \Delta D \qquad (4.1.7)$$

7. Використовуючи співвідношення (4.1.1) та відомі значення $< D >$ і ΔD обчислити середні значення та похибки вимірювання логарифмічного декременту загасання δ та добротності Q досліджуваної коливної системи.