

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Державний вищий навчальний заклад
«Національний гірничий університет»

Методичні вказівки
до лабораторної роботи
№ 4.37

ДОДАВАННЯ ВЗАЄМНО ПЕРПЕНДИКУЛЯРНИХ КОЛИВАНЬ

м. Дніпропетровськ
2011

Матеріали методичного забезпечення дисципліни “Фізика” для студентів усіх спеціальностей. / Укладачі: А.В. Чернай, Л.І. Барташевська, А.С. Зайцев, В.М. Мандрікевич, – Д.: НГУ, 2007.– 43 с.

Укладачі:

Кандидати фіз.-мат. наук

Л.І. Барташевська;

А.С. Зайцев.

Старші викладачі

В.М. Мандрікевич;

Т.В. Морозова.

Д-р фіз.-мат. наук, професор

А.В. Чернай.

Усі укладачі приймали участь в розробці методичних вказівок до лабораторних робіт та удосконаленні їх макетів.

Затверджено методичною комісією з напряму підготовки 8.092204 №3 від 19.12.11 р. за поданням кафедри фізики (протокол № 4 від 6.12 2011 р.)

Відповідальний за випуск: завідувач кафедрою фізики, канд.фіз.-мат., наук, проф. І.П. Гаркуша.

Додавання взаємно перпендикулярних коливань

Прилади і приладдя: 1) осцилограф; 2) генератор гармонійних електромагнітних коливань звукової частоти.

Мета роботи: ознайомлення з методом визначення частоти гармонійних коливань за допомогою фігур Ліссажу.

Опис приладу і теоретичні відомості

Для визначення частоти гармонійних коливань використовується метод фігур Ліссажу – траєкторій, накреслених точкою, яка виконує одночасно два гармонійних коливання в двох взаємно перпендикулярних напрямках. Вигляд фігур Ліссажу залежить від співвідношення між частотами, фазами і амплітудами обох коливань. Фігури Ліссажу можна спостерігати на екрані електронно-променевого осцилографа, якщо до двох пар відхиляючих пластин підведені змінні напруги з рівними або кратними частотами. Спостереження фігур Ліссажу – зручний метод дослідження співвідношень між частотами коливань.

Нехай коливання променя на відповідних осях відбувається за законами:

$$x = A_1 \cos(\omega t + \varphi_1); \quad y = A_2 \cos(n\omega t + \varphi_2), \quad (1)$$

де φ_1, φ_2 – початкові фази коливань; n – число, яке дорівнює відношенню частот коливань.

Щоб з'ясувати характер результуючої траєкторії, потрібно з цих рівнянь виключити t і знайти рівняння $f(x, y) = 0$. В окремому випадку при $n = 1$ відбувається додавання коливань з однаковими частотами, тому рівняння траєкторії має вигляд

$$\left(\frac{x}{A_1}\right)^2 + \left(\frac{y}{A_2}\right)^2 - \frac{2xy}{A_1 A_2} \cdot \cos(\varphi_2 - \varphi_1) = \sin^2(\varphi_2 - \varphi_1). \quad (2)$$

Приймаючи участь одночасно в двох взаємно перпендикулярних коливальних рухах з однаковою частотою, точка описує еліпс (2). Вигляд цього еліпса залежить від різниці фаз коливань; в окремих випадках еліпс може виродитися в пряму лінію (рис. 1).

Якщо різниця фаз дорівнює $\frac{\pi}{2}$ або $\frac{3\pi}{2}$, причому амплітуди коливань рівні ($A_1 = A_2 = A$), то точка описує коло.

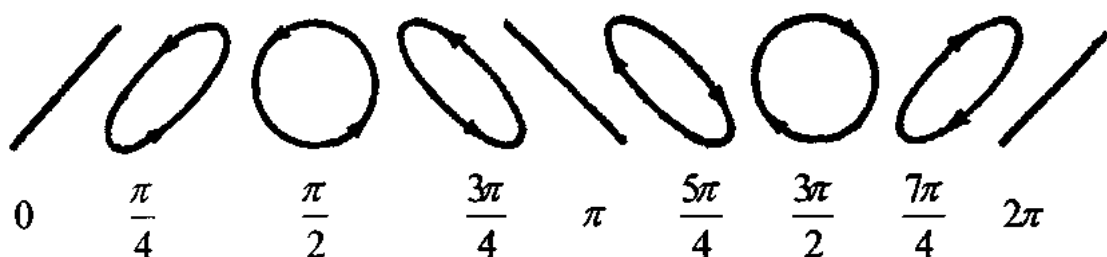


Рис. 1

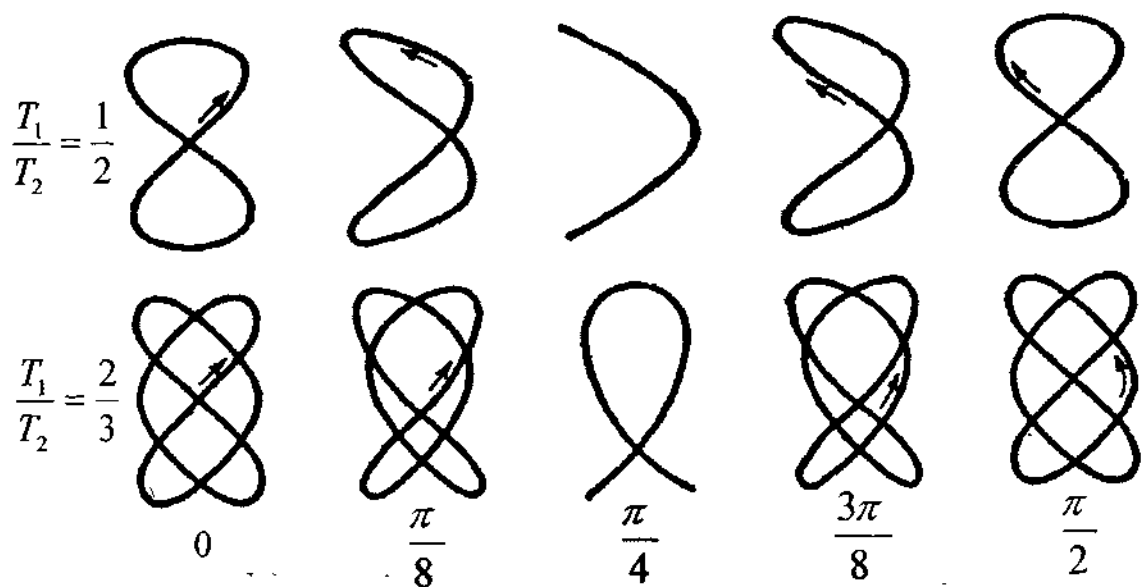


Рис. 2

Якщо частота одного з коливань відома, то по вигляду фігури Ліссажу визначають частоту іншого. Таке порівняння частот можна зробити, подаючи на горизонтально відхиляючі пластини напругу з відомою частотою ν_x , яка дорівнює 50 Гц, а на вертикально відхиляючі – напругу з досліджуваною частотою ν_y .

Існує таке правило для визначення частот. Проводять через задану фігуру дві довільні взаємно перпендикулярні прямі (осі x та y), це зображено на рис. 3.

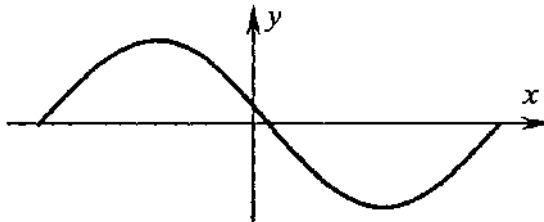


Рис. 3

Підраховують число точок перетинання з віссю x (n_x) і з віссю y (n_y).

(у зазначеному прикладі $n_x = 3$, $n_y = 1$). Тоді

$$\nu_y = \frac{n_x}{n_y} \nu_x. \quad (4)$$

У випадку, коли пряма проходить через точку перетину частин фігури, то при підрахунку число перетинів врахують двічі.

Частоту ν_y досліджуваного сигналу можна також обчислити, знаючи число торкань фігурою Ліссажу сторін умовного прямокутника (n_x і n_y), у який вона вписана (рис. 4), що дає відношення частот обох коливань.

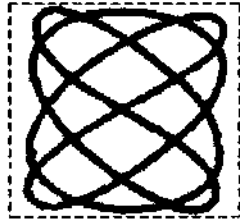


Рис. 4

У наведеному прикладі $n_x = 3$, $n_y = 4$. Ці значення підставляють у формулу (4).

Вимірювання

Завдання полягає в градуванні генератора гармонійних електромагнітних коливань звукової частоти по фігурах Ліссажу. У роботі використовується генератор з діапазоном частот 20 – 20000 Гц.

1. Зібрати схему відповідно до рис. 5. Напругу з генератора подати на вхід „Y” осцилографа, а коливання з частотою 50 Гц – на вхід „X”.

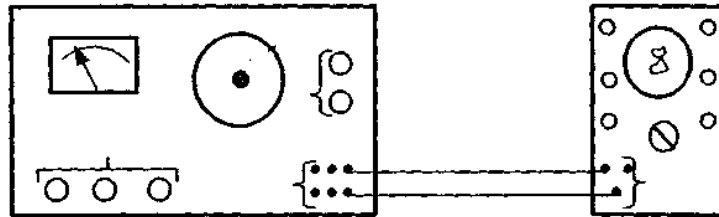


Рис. 5

2. Включити в мережу осцилограф і генератор. Вимкнути генератор розгортки осцилографа.
3. Обертаючи регулятор частоти генератора, домогтися появи стійкої фігури. Регуляторами вертикального і горизонтального підсилювачів осцилографа встановлюють відповідну величину зображення по вертикалі і горизонталі.
4. Визначити число точок перетинів або торкань n_x і n_y фігури та за формулою і (4) обчислити частоту ν_y , яка відповідає поділці шкали генератора.
5. Змінюючи частоту генератора, домогтися нової стійкої фігури і знайти ν_{y2} . Зафіксувати поділку N_2 шкали. Вимірювання провести для восьми фігур Ліссажу.
6. За експериментальними даними побудувати графік $\nu_y = f(N)$.

Контрольні питання

1. Як можна визначити, аналізуючи фігури Ліссажу, співвідношення додаваних коливань?
2. Що собою уявляє траєкторія результуючого коливання, якщо частоти додаваних коливань рівні, а різниця фаз:
 - а) $\Delta\varphi=0$; б) $\Delta\varphi=\pi/2$; в) $\Delta\varphi=\pi$.
3. Як змінюється траєкторія результуючого коливання, якщо змінюється співвідношення амплітуд додаваних коливань.

Література

1. Кучерук І.М., Горбачук І.Т., Луцик П.П. Загальний курс фізики. – К.:Техніка, 2001. – Т.2, розд.2.
2. Савельев И.В. Курс общей физики.– М.: Наука, 1997.- Т.2, 4.1, гл.5.