



Składanie drgań harmonicznych. Figury Lissajous

M4

Przyrządy:

Oscyloskop dwukanałowy, 2 generatory (lub jeden generator z dwoma wyjściami).

Informacje:

Okresy drgań poszczególnych części wahadła zmieniają się wraz z ich długością. Korzystając z wzoru na okres drgań wahadła matematycznego można wykazać, że stosunek okresów dwóch wahadeł o różnych długościach jest równy

$$\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\frac{l_1}{l_2}}$$

Do nakładania drgań elektrycznych stosujemy dwukanałowy oscyloskop cyfrowy. Sygnał sinusoidalny z jednego generatora (lub jednego jego wyjścia) doprowadzamy do jednego wejścia oscyloskopu. Sygnał z drugiego generatora (lub drugiego jego wyjścia) podajemy na wejście drugiego kanału oscyloskopu. Jeżeli napięcie sinusoidalne podamy na oba wejścia oscyloskopu (i wyłączymy wewnętrzną podstawę czasu), nałożą się na siebie dwa drgania wzajemnie prostopadłe i oscyloskop kreśli na ekranie krzywe Lissajous.

Rozważmy dwa liniowe ruchy harmoniczne proste wzajemnie prostopadłe w których częstości drgań ω są takie same. Powstały w wyniku ruch jest sumą dwóch niezależnych drgań np.

$$x = A_x \cos(\omega t + \phi_x)$$

$$y = A_y \cos(\omega t + \phi_y)$$

gdzie

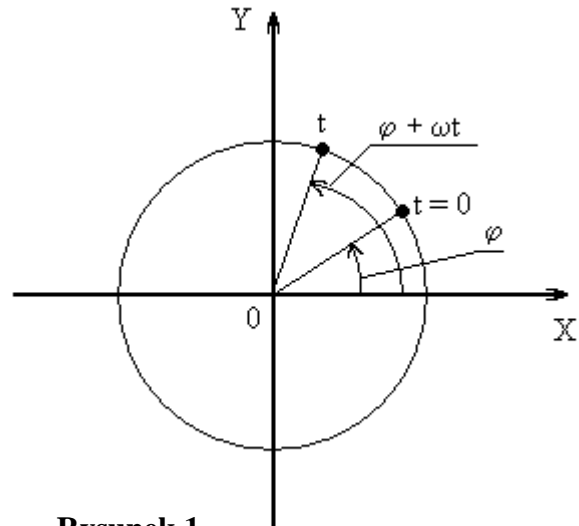
A – amplituda, czyli największe wychylenie

ϕ - faza początkowa, czyli kąt jaki tworzy wektor

położenia punktu poruszającego się ruchem

jednostajnym po okręgu z osią x

$(\omega t + \phi)$ - faza po czasie t



Rysunek 1

$$\phi = \omega t = \frac{2\pi t}{T} = 2\pi f t$$

gdzie:

ϕ – faza w ruchu harmonicznym prostym

f – częstotliwość

$f = \frac{1}{T}$ – częstość drgań, czyli liczba pełnych drgań w ciągu 1 sekundy

$\omega = \frac{2\pi}{T}$ – częstość kołowa, czyli liczba pełnych drgań w 2π sekundach

$T = \frac{2\pi}{\omega}$ – okres, jest to przedział czasu po którym ruch się powtarza

Ruch wzdłuż x i y mają jednak różne amplitudy i fazy.

Gdy fazy początkowe są takie same, a więc

$$\phi_x = \phi_y = \phi,$$

tor powstałego ruchu jest linią prostą.

Otrzymujemy z w/w wzorów eliminując t z równań:

$$y = \frac{A_y}{A_x} x$$

Jest to równanie linii prostej o nachyleniu

określonym przez stosunek $\frac{A_y}{A_x}$.

Jeżeli fazy początkowe są różne, tor

powstałego ruchu nie jest linią prostą, jeżeli

różnią się one o $\frac{\pi}{2}$ to maksymalne wychylenie

x następuje wtedy, gdy wychylenie y równa się zero i na odwrót.

Gdy amplitudy są równe, wtedy tor

powstałego ruchu jest okręgiem; gdy amplitudy są różne wtedy tor powstałego ruchu jest

elipsą. Ponieważ okrąg i odcinek prostej są szczególnymi przypadkami elipsy, więc

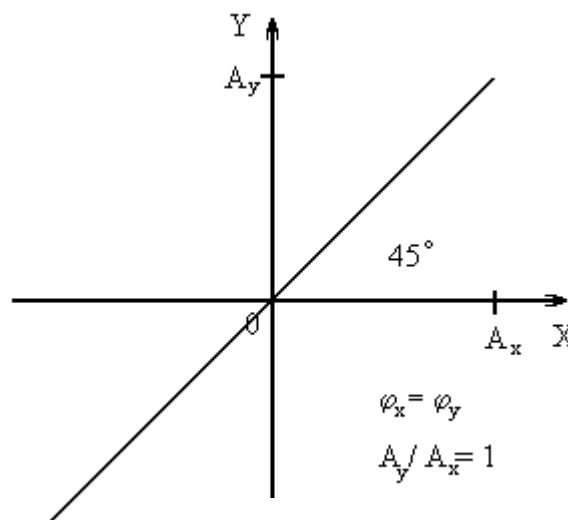
wszystkie możliwe kombinacje dwóch prostych ruchów harmonicznym odbywających się

pod kątami prostymi i mających tę samą częstość, odpowiadają torom eliptycznym. Jeżeli

składane są dwa drgania o różnych częstościach, wzajemnie prostopadłe, to powstały w

wyniku tego ruchu jest bardziej skomplikowany.

Ruch ten jest okresowy tylko, kiedy stosunek częstości składowych ω_1 i ω_2 jest równy stosunkowi liczb całkowitych.



Wykres 1

Kolejność wykonywanych czynności:

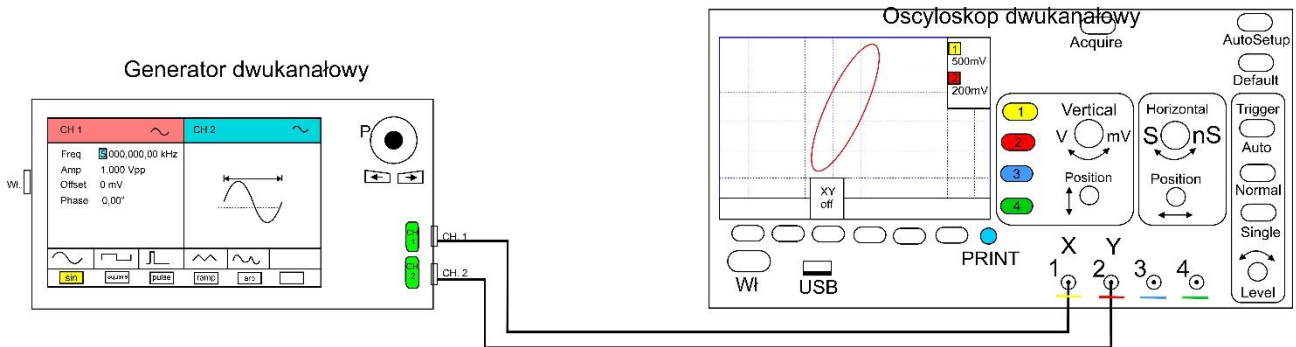
UWAGA: Na stronie internetowej I Pracowni Fizycznej i w samej Pracowni są dostępne skrócone instrukcje obsługi generatora dwukanałowego i oscyloskopu.

Włącznik generatora znajduje się na lewym boku urządzenia. Kręcąc pokrętkiem generatora P podświetlamy najwyższą pozycję na ekranie „Freq”. Następnie naciskamy pokrętko do usłyszenia wyraźnego „kliknięcia”. Teraz obrót pokrętkła zmienia częstość przebiegu. Po włączeniu generatora obracając pokrętkiem domyślnie zmieniamy pierwszą od lewej cyfrę określającą częstość. Przykładowo – jeśli w wartości 5.000,000,00 kHz podświetlona jest cyfra 5, to ona będzie zmieniana przez obrót pokrętkła. Jeśli chcemy zmieniać inną cyfrę w szeregu liczbowym, wykorzystujemy przyciski strzałek w lewo, lub w prawo umieszczone pod pokrętkiem. W tym ćwiczeniu najlepiej wykorzystać raster 1 kHz

(czyli zmieniać częstotliwość co 1 kHz). W tym celu strzałkami należy podświetlić (przy ciągu liczbowym 5.000,000,00 kHz) pierwszą cyfrę od strony lewej. Przy takim ustawieniu obroty pokręta będą zmieniać częstotliwość generatora co 1 kHz. Ponowne wciśnięcie pokręta zmienia jego funkcję na wybór danego parametru.

Aby sygnał z generatora dochodził do oscyloskopu, należy wcisnąć obydwa przyciski „Output” znajdujące się w prawym, dolnym rogu ścianki przedniej generatora (tuż obok gniazd wyjściowych (typu BNC) które znajdują się na ścianie bocznej przyrządu. Przyciski zostaną podświetlone.

Oscyloskop musi pracować w trybie XY. Jeśli tak nie jest należy wcisnąć przycisk „Acquire”. Na dolnej części ekranu oscyloskopu pojawi się menu z polem wyboru – XYon/XYoff. Przyciskiem funkcyjnym pod tym polem wyboru ustawiamy parametr XYon.



Rysunek 2

1. Połączyć układ wg schematu
2. Pokrętłami generatorów uzyskiwać stosunek nastawionych częstotliwości: 1:1, 1:2, 1:3, 2:3 (obserwujemy częstotliwości ustawiane przez nas na ekranie generatora, raz ustawiając częstotliwość jednego kanału generatora, a potem drugiego jego kanału (lub ekranach, jeśli generatory są dwa). Ustawiane częstotliwości są dowolne – jedyny warunek do ich wzajemny stosunek: ma wynosić kolejno 1:1, 1:2, 1:3, 2:3.
3. Obserwować składanie drgań harmonicznnych o różnych częstościach.
4. Narysować na papierze milimetrowym figury Lissajous (zrobić zdjęcie, lub zrzut ekranu do pamięci USB – przycisk „Print”) dla $\omega_1:\omega_2 = 1:1, 1:2, 1:3$ i $2:3$ dla różnych wartości stosunku częstotliwości na wejściach 1 i 2 (X i Y).

Wymagania:

- drgania harmoniczne proste, wahadło matematyczne. Składanie drgań wzajemnie prostopadłych o jednakowych częstotliwościach a różnych amplitudach i fazach, składanie drgań wzajemnie prostopadłych o różnych częstotliwościach. [2, 4, 5, 9]