

P1.5.4

Łączenie drgań

P1.5.4.1
Sprzężone wahadło.
Pomiar przy pomocy ręcznego stopera.

P1.5.4.2
Sprzężone wahadło.
Rejestracja i analiza za pomocą kamery VideoCom

Wahadło sprzężone .
Pomiar przy pomocy ręcznego stopera (P1.5.4.1)

Nr kat.	Opis	P	P
		1. 5. 4. 1	1. 5. 4. 2
346 45	Podwójne wahadło	1	1
300 02	Podstawa statywu, w kształcie litery-V, 20 cm	2	2
300 44	Pręt do statywu 100 cm, 12 mm Ø	2	2
300 42	Pręt do statywu 47 cm, 12 mm Ø	1	1
301 01	Uchwyt uniwersalny Leybolda	4	4
460 97	Skalowana szyna metalowa, 0,5 m	1	1
309 48ET2	Żyłka, zestaw 2 szt.	1	1
313 07	Stoper I, 30 s/0,1 s	1	
337 47USB	Kamera video VideoCom USB		1
300 59	Statyw do kamery		1
	Dodatkowo wymagane: Komputer PC z Windows 2000/XP/Vista		1

Dwa sprzężone wahadła oscylują w fazie z pulsacją $w+$ gdy są odchylone od położenia równowagi o tę samą wartość. Gdy drugie wahadło jest odchylone w przeciwnym kierunku, oba wahadła oscylują z przeciwną fazą z pulsacją $w-$. Odchylenie tylko jednego wahadła generuje sprzężone oscylacje z pulsacją

$$\omega = \frac{\omega_+ + \omega_-}{2}$$

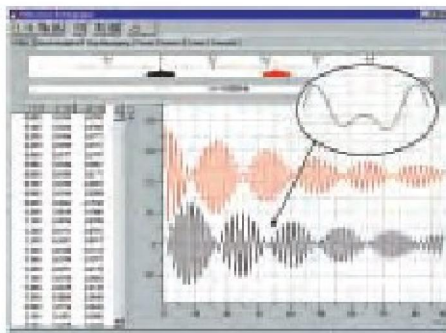
W której energia oscylacji jest przesyłana pomiędzy dwoma wahadłami. Pierwsze wahadło przechodzi przez stanu spoczynku po pewnym czasie podczas, gdy drugie wahadło równocześnie osiąga największą amplitudę. Następnie proces ten przebiega w sposób odwrotny. Czas od stanu spoczynku jednego wahadła do drugiego nazywany jest okresem dudnienia T_s . Dla odpowiedniej częstotliwości dudnienia, można powiedzieć

$$\omega_s = \omega_+ - \omega_-$$

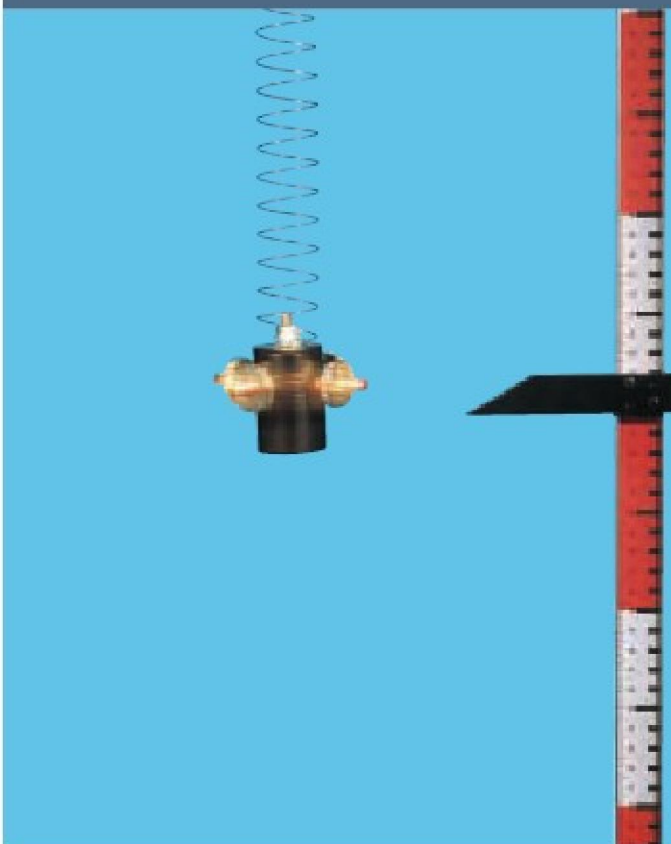
Celem doświadczenia P1.5.4.1 jest obserwacja oscylacji w fazie, w przeciwnej fazie i sprzężonych. Pulsacje $w+$, $w-$, w_s i T są obliczane z okresów oscylacji T_+ , T_- , T_s i T zmierzone za pomocą stopera i porównane ze sobą.

W doświadczeniu P1.5.4.2, ruch sprzężony dwóch wahadeł jest badany za pomocą jednoliniowej CCD kamery VideoCom. Wyniki obejmują wykresy drogi w czasie $s_1(t)$ i $s_2(t)$ wahadeł 1 i 2, z których są obliczane wykresy drogi w czasie $s_+(t) = s_1(t) + s_2(t)$ ruchu w fazie i $s_-(t) = s_1(t) - s_2(t)$ ruchu w przeciwnej fazie.

Odpowiednie częstotliwości charakterystyczne są wyznaczane za pomocą transformaty Fouriera. Porównanie identyfikuje dwie częstotliwości charakterystyczne oscylacji sprzężonych $s_1(t)$ i $s_2(t)$ jako częstotliwości charakterystyczne $w+$ funkcji $s_+(t)$ i $w-$ funkcji $s_-(t)$.



Przesunięcie fazowe sprzężonych drgań – zarejestrowane przez kamerę VideoCom (P1.5.4.2)



Sprężenie drgań

P1.5.4.3

Sprężenie drgań wzdłużnych i obrotowych za pomocą sprężyny śrubowej według Wilberforce

P1.5.4.4

Sprężone wahadło – Rejestracja oraz analiza za pomocą CASSY

Sprężenie drgań wzdłużnych i obrotowych za pomocą sprężyny śrubowej według Wilberforce (P1.5.4.3)

Nr kat..	Opis	P 1. 5. 4. 3	P 1. 5. 4. 4
346 51	Sprężyna według Wilberforce	1	
311 22	Pionowa skala, l = 1 m	1	
300 11	Statyw podłużny	1	
313 17	Stoper II, 60 s/0,2 s	1	
346 03	Pręty wahadeł, para		1
340 85	Odważniki, 50 g każdy, zestaw 6 szt.		1
314 04ET5	Uchwyt wspomagający podłączenie, zestaw 5 szt.		1
352 10	Sprężyna spiralna 3 N/m		1
579 43	Silnik elektryczny oraz prądnica tachometryczna, STE 4/19/50		2
524 013	Czujnik-CASSY 2		1
524 220	CASSY Lab 2		1
301 25	Uchwyt mocujący MF		2
301 26	Pręt do statywu, 25 cm, 10 mm Ø		1
301 27	Pręt do statywu, 50 cm, 10 mm Ø		2
301 21	Podstawa MF		2
501 46	Kabel 100 cm, czerwono/niebieski, para		2
	Dodatkowo wymagany: Komputer PC z Windows XP/Vista/7		1

Wahadło Wilberforce'a jest układem do demonstracji sprzężonych wzdłużnych i rotacyjnych oscylacji. Gdy sprężyna śrubowa jest wydłużona, jest zawsze także skręcona. Zatem, oscylacje wzdłużne sprężyny śrubowej zawsze wzbudzają także oscylacje rotacyjne. Tym samym, oscylacje rotacyjne generują oscylacje wzdłużne jako, że skręcanie zawsze zmienia długość sprężyny.

Częstotliwość charakterystyczna f_1 oscylacji wzdłużnych jest wyznaczana przez masę m zawieszonego metalowego cylindra podczas, gdy częstotliwość charakterystyczna f_2 oscylacji rotacyjnych jest ustalana przez moment bezwładności I metalowego cylindra. Montując nakręcaną dysk na promieniście ułożoną śrubę, możliwa staje się zmiana momentu bezwładności I bez zmiany masy m .

Pierwszym krokiem w doświadczeniu P1.5.4.3 jest dobranie dwóch częstotliwości f_1 i f_2 poprzez zmianę momentu bezwładności. Aby przetestować te warunki, cylinder metalowy jest przekreślony o jeden pełny obrót wokół osi i w tym samym czasie podniesiony o 10 cm. Gdy częstotliwości zostaną poprawnie dobrane, ciało to wykona oscylacje wzdłużne i rotacyjne, które nie wpływają na siebie. Gdy zostanie to wykonane, możliwe jest zaobserwowanie w jaki sposób dowolne odchylenia oscylacji wzdłużnych i rotacyjnych naprzemiennie zatrzymują się. Innymi słowy, układ zachowuje się jak dwa klasyczne wahadła sprzężone.

Dwa wahadła sprzężone wahają się w doświadczeniu P1.5.4.4 w fazie z częstotliwością f_1 gdy są odchyłone z położenia równowagi na tą samą odległość. Gdy drugie wahadło jest odchyłone w przeciwnym kierunku, oba wahadła oscylują w fazie przeciwnej do siebie z częstotliwością f_2 . Odchylając tylko jedno wahadło powoduje wytworzenie sprzężonych oscylacji z częstotliwością

$$f_n = \frac{f_1 + f_2}{2}$$

gdzie energia oscylacji jest przesyłana pomiędzy dwoma wahadłami. Pierwsze wahadło przechodzi przez stanu spoczynku po pewnym czasie podczas, gdy drugie wahadło równocześnie osiąga największą amplitudę. Czas od stanu spoczynku jednego wahadła do drugiego nazywany jest okresem dudnienia T_s . Dla odpowiedniej częstotliwości dudnienia, można powiedzieć

$$f_s = |f_1 - f_2|$$



Sprężone wahadło – Rejestracja oraz analiza za pomocą CASSY (P1.5.4.4)