

### Tematy powiązane

Współczynnik załamania światła, długość fali, częstotliwość, faza, modulacja, technologia heterodynowa, przenikalność elektryczna, przenikalność magnetyczna.

### Podstawy

Będziemy modulować z wysoką częstotliwością jasność świecenia diody laserowej. Powstający strumień światła będziemy obserwować po przebyciu pewnej odległości - tam i z powrotem. Porównamy fazę odbieranego sygnału z fazą sygnału przesyłanego. Prędkość światła wyznaczymy na podstawie zmierzonej różnicy faz, częstotliwości modulacji i długość drogi światła.

### Wyposażenie

|   |          |
|---|----------|
| 1 Urządzenie do pomiaru prędkości światła (komplet)         | 11226-88 |
| 1 Oprogramowanie do urządzenia do pomiaru prędkości światła | 14411-61 |
| 1 Przewód USB, wtyk typu A/B, 1,8 m                         | 14608-00 |
| PC Windows XP lub nowszy                                    |          |



Rys. 1: Zestaw pomiarowy do pomiaru prędkości światła w szkle akrylowym.

### Zadania

1. Wyznacz prędkość światła w powietrzu.
2. Wyznacz prędkość światła w wodzie i oblicz jej współczynnik załamania.
3. Wyznacz prędkość światła w szkle akrylowym i oblicz jego współczynnik załamania.

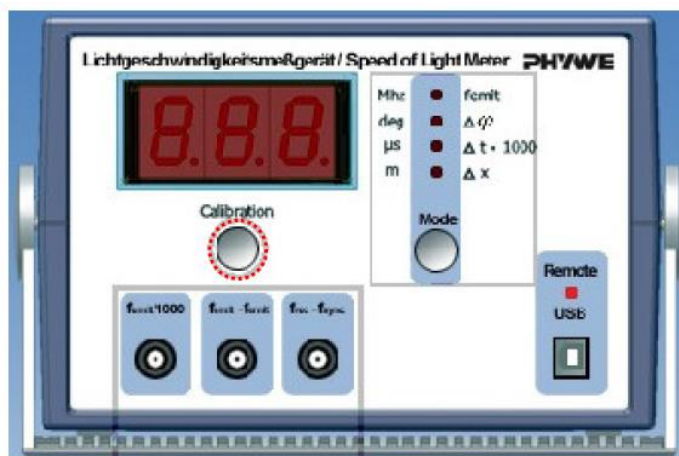
### Przygotowanie i wykonanie doświadczenia

Urządzenie do pomiaru prędkości światła i lusterka ustaw tak, aby promień lasera trafił w lustro, nie jest ważne, gdzie jest ono umieszczone (wzdłuż podstawy). Dokładniejsze wskazówki można znaleźć w instrukcji obsługi urządzenia.

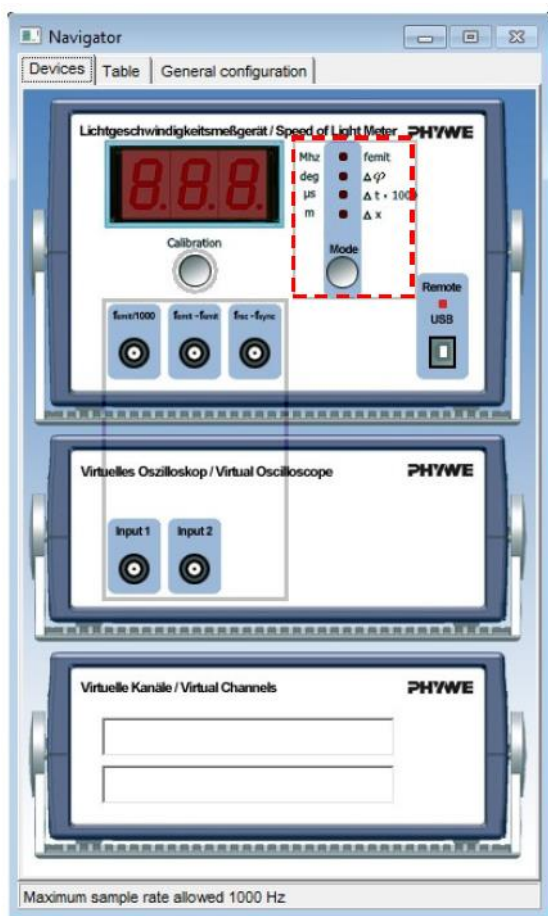
Podłącz aparat do pomiaru prędkości światła za pomocą przewodu USB do komputera. Uruchom program „*measure*”. Na ekranie pojawi się okno do pomiaru prędkością światła. Obszary czułe na kliknięcie myszki mają szary obrys, podobnie jak odpowiednie elementy rzeczywistego urządzenia.

Aby przełączać między trzema trybami pracy, klikaj wewnątrz prostokąta oznaczonego czerwoną, przerywaną linią pokazaną na Rysunku 2. W pierwszym trybie pojawią się zmierzone wartości  $f$  w MHz,  $\Delta\varphi$  w stopniach i  $\Delta t \cdot 1000$  w  $\mu\text{s}$ . Ponadto, na ekranie wirtualnego oscyloskopu widać informacje jak z rzeczywistego oscyloskopu, a  $\Delta t$  można wyznaczyć z obu sygnałów jak na prawdziwym oscyloskopie (patrz Rysunek 6). W drugim trybie widać  $\Delta x$ . Trzeci tryb miernika prędkości światła jest trybem ręcznym, a laser jest wyłączony.

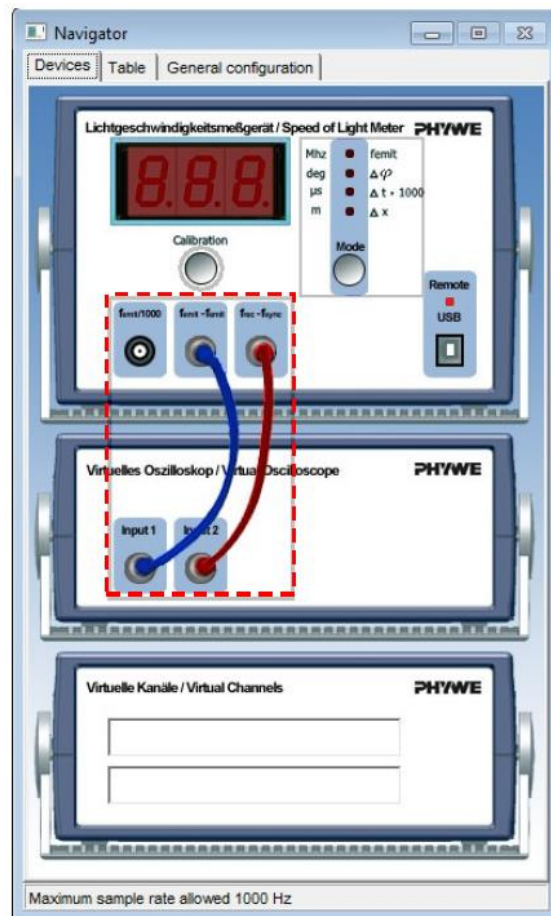
Wirtualny oscyloskop składa się z okienka z nawigatorem z wirtualnymi połączeniami. Co więcej, ekran wirtualnego oscyloskopu pojawia się w głównym oknie programu (patrz Rysunki 5 i 6). Możesz zmieniać połączenia wirtualnego oscyloskopu z obrazem urządzenia do pomiaru prędkości światła klikając na przewody (patrz Rysunek 3, prostokąt oznaczony czerwoną przerywaną linią). Aby uzyskać bardziej szczegółowe informacje, zajrzyj do instrukcji oprogramowania do urządzenia do pomiaru prędkości światła (14411-61). Wirtualne połączenia, do wyznaczenia  $\Delta t$  przedstawia Rysunek 3.



Rys. 4: Przycisk kalibracji jest oznaczony czerwonym, przerywanym kółkiem



Rys. 2: Aparatura pomiarowa do prędkości światła i wirtualny oscyloskop na ekranie.

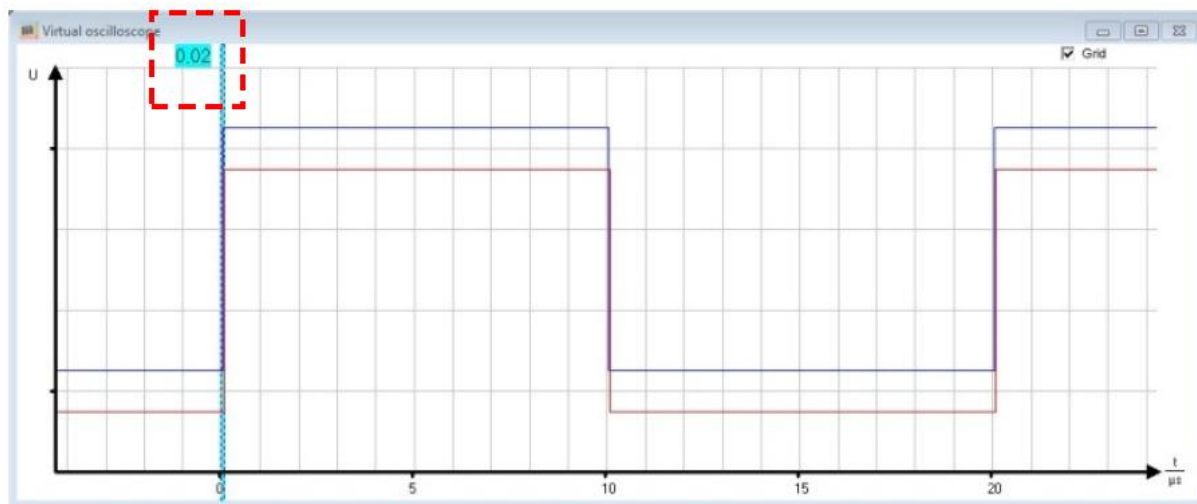


Rys. 3 Podłączenie wirtualnego oscyloskopu do urządzenia.

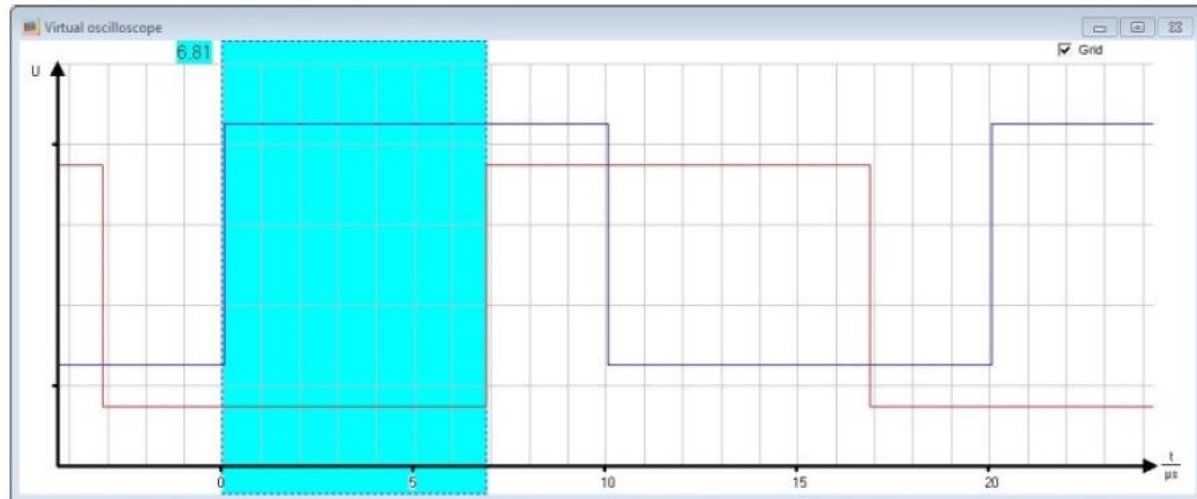
**Zadanie 1: prędkość światła w powietrzu**

Na początku lustro jest umieszczone w pobliżu jednostki operacyjnej, kliknij obszar przycisku „calibration”, uzyskując zbieżność obu sygnałów widocznych na ekranie wirtualnego oscyloskopu (patrz Rysunki 4 i 5)

Teraz przesunąć lustro wzdłuż skali. Zmierz, dla co najmniej 10 różnych położenia  $\Delta x$  ( $> 100$  cm), różnicę czasu  $\Delta t$ . Różnica jest obliczana automatycznie przez wirtualny oscyloskop (patrz czerwony prostokąt na Rysunku 5).

**Zadanie 2: prędkość światła w wodzie i Zadanie 3: Prędkość światła w szkłe akrylowym**

Rys. 5 Sygnał wirtualnego oscyloskopu po kalibracji.



Rys. 6 Pomiar różnicy czasu przy użyciu wirtualnego oscyloskopu.

Rurkę wypełnioną wodą lub pręt ze szkła akrylowego umieszczamy na drodze wiązki lasera, lustro powinno być umieszczone bezpośrednio za nimi. Naciśnij przycisk „Calibration”. Wirtualny oscyloskop ponownie pokaże wykres podobny do Rysunku 5. Następnie usuń rurkę/pręt z drogi promienia, teraz sygnały nie będą się już pokrywać. Teraz lustro przenieś na taką odległość  $\Delta x$ , że oba sygnały pokryją się ponownie (tak jak przed umieszczeniem medium). Przemieszczenie lustra  $\Delta x$  zmierz kilka razy.

**Teoria i ocena wyników**

Chociaż światło porusza się bardzo szybko, jego prędkość jest skończona. Od 1676 roku, gdy Romer oszacował prędkość światła przy użyciu skali przestrzennej, z wykorzystaniem odległości do księżyców Jowisza, nastąpił znaczny rozwój technik. Teraz możemy dokonać pomiaru prędkości światła w sposób komfortowy na blacie stołu. W układzie SI, metr jest zdefiniowany, jako odległość, którą światło pokonuje w próżni w czasie  $1/299792458$  s. Dzięki tej definicji możemy dokładnie ustalić prędkości światła w próżni:

299 792 458 m / s

**Zadanie 1: Prędkość światła w powietrzu:**

Do uzyskania prędkości światła, należy obliczyć wartość  $\Delta t/\Delta s$ . Gdzie  $\Delta t$  jest czasem, w jakim światło pokonuje dystans  $\Delta s$ . Odległość jest  $\Delta s$  wynosi  $2 \cdot \Delta x$ , ponieważ wiązka laserowa przebywa ten odcinek dwa razy: do lustra i z powrotem.

Tabela 1 przedstawia przykład pomiaru:

Tabela 1

| $\Delta x$ w mm | $\Delta s$ w mm | $\Delta t$ w ns | $c = \Delta s/\Delta t$<br>w (m/s $\cdot 10^8$ ) |
|-----------------|-----------------|-----------------|--|
| 1000            | 2000            | 6.6             | 3.03   |
| 1100            | 2200            | 7.3             | 3.01   |
| 1200            | 2400            | 7.9             | 3.03   |
| 1300            | 2600            | 8.6             | 3.02   |
| 1350            | 2700            | 9.0             | 3.00   |
| 1400            | 2800            | 9.3             | 3.01   |
| 1450            | 2900            | 9.6             | 3.02   |
| 1500            | 3000            | 9.9             | 3.03   |
| 1550            | 3100            | 10.3            | 3.01   |
| 1600            | 3200            | 10.6            | 3.02   |
|                 |                 |                 | średnia 3.018                                    |

**Zadanie 2: prędkość światła w wodzie/szkle akrylowym,**

Prędkość światła w wodzie lub szkle akrylowym  $c_m$ , mierzymy przez porównanie jej z prędkością światła w powietrzu  $c_a$  (Rysunek 7). W pierwszym pomiarze (z medium), światło przebywa odległość  $l_1$  w czasie  $t_1$  ( $l_1 = 2 \cdot x_1$ ).

$$n_m = \frac{(2\Delta x + 2l_m)}{2l_m} = \frac{(\Delta x + l_m)}{l_m}$$

i

$$c_m = \frac{c_a}{n_m}$$

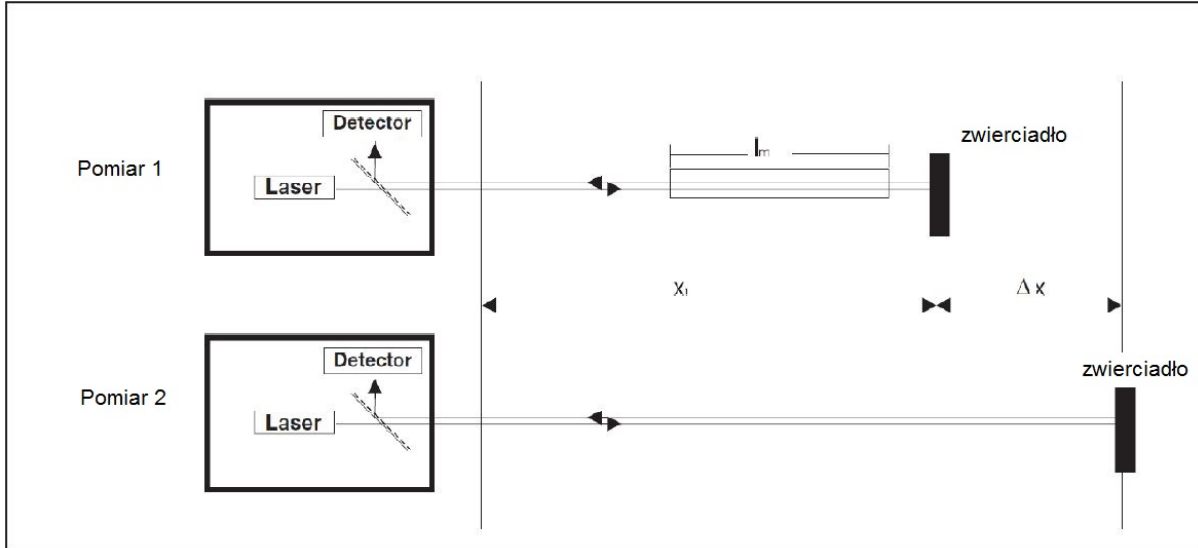
Dla rurki, wypełnionej wodą, długość słupa wody wynosi  $l_m = 500\text{mm}$ , a zmierzona wartość  $\Delta x$  wynosi  $170\text{mm}$ , co prowadzi do:

$n = 1:34$ , (wartość z literatury:  $n_{\text{water}} = 1,33$ ),

$c_{\text{water}} = 2,23 \cdot 10^8$  m/s

Do szklanego cylindra akrylowego z  $l_m = 490\text{mm}$  i  $\Delta x = 240\text{mm}$ :

$n = 1,49$  (wartości z literatury w zakresie od  $n = 1,48$  do  $n = 1,52$ )



Rys. 7: Zasada pomiaru prędkości światła w ośrodku

$$c_{\text{acrylic glass}} = 2,01 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$