

## Ćw.6.

# Pomiar ciśnienia krwi za pomocą światłowodowego czujnika do pomiaru ciśnienia

### Wstęp

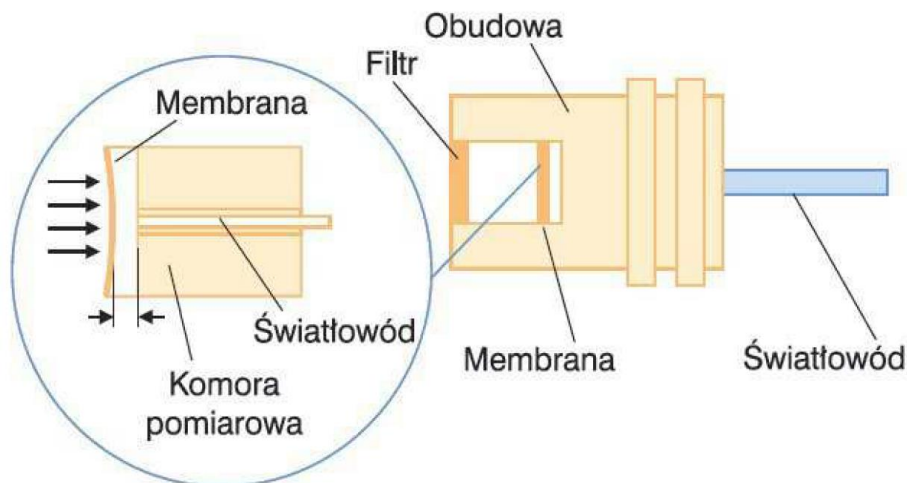
Ćwiczenie przedstawia metodę pomiaru ciśnienia krwi z zastosowaniem światłowodowego czujnika ciśnienia. Zaproponowano sposób pomiaru czujnikiem opartym na wykorzystaniu interferometru Fabry-Pérot.

### Zagadnienia do samodzielnego opracowania:

budowa czujników ciśnienia; definicje jednostek ciśnienia (także poza układem SI); klasyfikacja czujników światłowodowych, metody pomiaru ciśnienia krwi, ciśnienie skurczowe i rozkurczowe, tony Korotkowa;

### 1. Zasada działania czujnika światłowodowego

Zasada działania czujnika opiera się na interferencji fali świetlnych, które przetwarzane są na informację cyfrowe. Zjawisko to jest przedstawione na rysunku 1.



Rysunek 1. Schemat działania czujnika ciśnienia. Źródło: [www.fiso.com](http://www.fiso.com)

Pomiar czujnikiem światłowodowym opiera się na wykorzystaniu interferometru Fabry-Pérot (IFP). Obraz interferencyjny uzyskiwany jest dzięki wnęce rezonansowej. W płaskim IFP równoległa wiązka światła może odbijać się wielokrotnie od płaskich zwierciadeł ustawionych równolegle lub nie odbijać się wcale. Wszystkie promienie (odbijające się i nie odbijające się) interferują ze sobą dając wkład do wypadkowego natężenia światła przechodzącego przez IFP. Natężenia światła na wyjściu określa wzór:

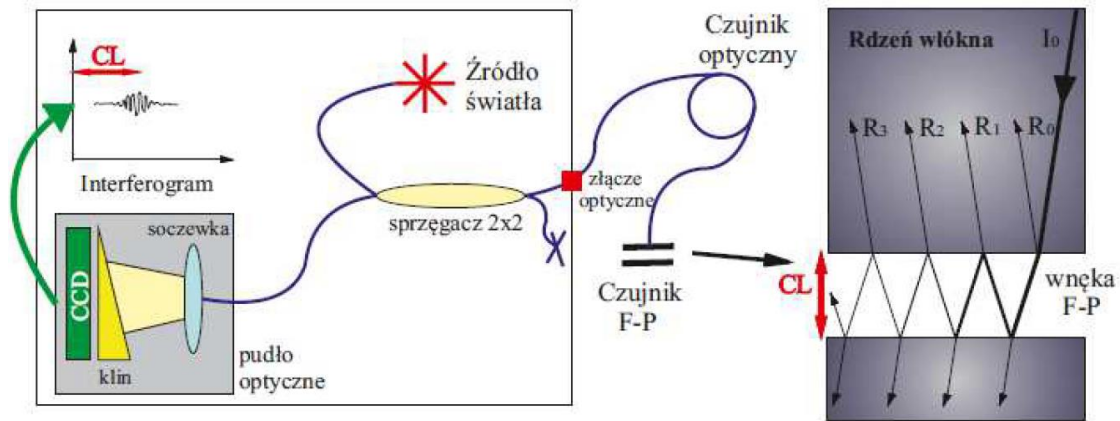
$$I = \frac{I_0}{1 + F \sin^2 \phi} \quad (1)$$

gdzie  $\phi$  jest opóźnieniem fazy, powstałym przy jednokrotnym przejściu wiązki przez wnękę rezonansową, natomiast wielkość

$$F = \frac{4R}{(1 - R)^2} \quad (2)$$

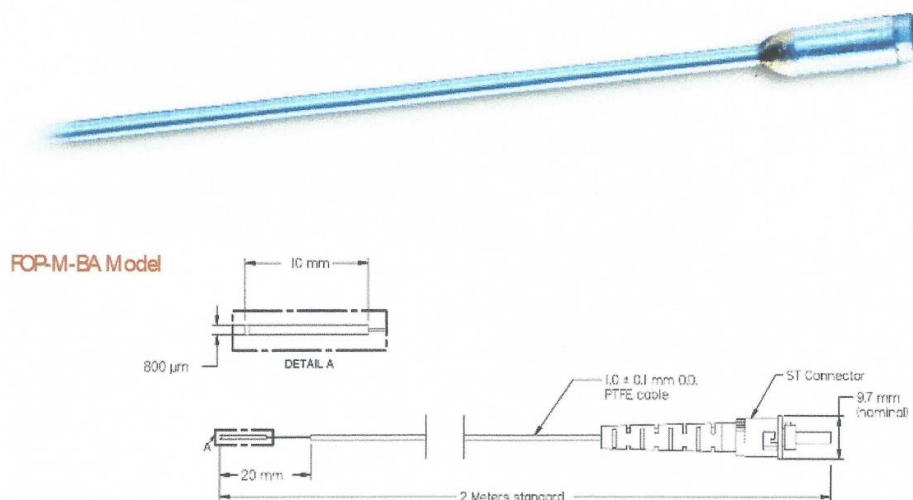
nazywana jest współczynnikiem smukłości prążków interferencyjnych,  $R$  oznacza natężeniowy współczynnik odbicia luster.

Zasada działania IFP przedstawiona jest na rysunku 2. Ciągłe szerokopasmowe źródło światła jest wprowadzane do czujnika optycznego, na którego zakończeniu zlokalizowany jest sensor F-P. Ten czuły element składa się z dwóch równoległych półprzepuszczalnych lusterek oddzielonych wnęką. Światło przechodzące przez pierwsze lustro jest po części odbijane z powrotem a część przedostaje się naprzód. Powtarza się to wiele razy pomiędzy dwoma równoległymi płaszczyznami tworzącymi interferometr F-P.



**Rysunek 2.** Schematyczny opis bezwzględnego sygnału pomiarowego F-P opartego na interferencji światła białego (po lewej) i struktura interferometru pomiarowego F-P pokazująca bieg promieni uzyskanych przez rozchodzenie się wiązki światła w rdzeniu włókna optycznego (po prawej).

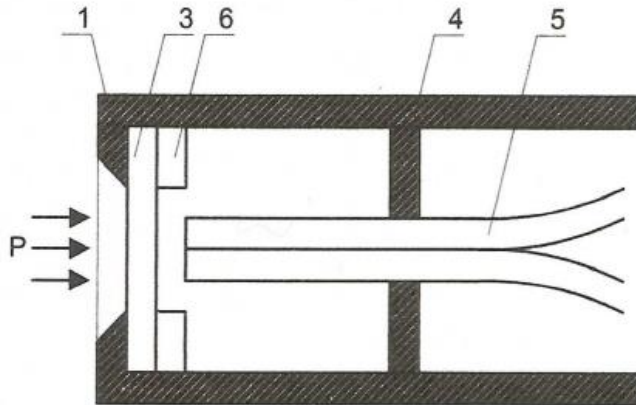
Sonda FOP-M jest solidnym, światłowodowym czujnikiem ciśnienia. Parametry geometryczne czujnika przedstawia rysunek 3.



**Rysunek 3.** Konstrukcja sondy pomiarowej FOP-M. Źródło: www.fiso.com

Zakres pomiarowy temperatury czujnika FOP-M wynosi od 0-5 psi, 0-50 psi, 0-150 psi, 0-1000 psi, rozdzielczość <math><0.2\%</math> całej skali, a dokładność pomiaru ciśnienia  $\pm 0,5\%$  całej skali.

Czujnik światłowodowy wykonany jest z materiałów izolacyjnych i jest niewrażliwy na zakłócenia elektromagnetyczne. Poniżej przedstawiony jest czujnik ciśnienia natężeniowy rysunek 4.



**Rysunek 4.** Natężeniowy czujnik ciśnienia

### Ciśnienie krwi

Ciśnienie krwi jest obecnie jednym z najczęściej mierzonych parametrów życiowych. Jego jednostką jest mm Hg. U zdrowego człowieka ciśnienie skurczowe w aorcie osiąga wartość ok. 120 mm Hg, a rozkurczowe ok. 80 mm Hg. Wyróżniam ciśnienie:

- ciśnienie skurczowe (systoliczne) - maksymalne ciśnienie występujące w układzie krwionośnym, osiągnęte w momencie wyrzutu krwi z komory serca,
- ciśnienie rozkurczowe (diastoliczne) - minimalne ciśnienie, występujące w końcowej fazie rozkurczu

Ze względu na wpływ ciśnienia hydrostatycznego, ciśnienie skurczowe i rozkurczowe wzrasta wraz z odległością poniżej serca. Na wielkość ciśnienia u zdrowego człowieka wpływ mają także:

- wiek,
- płeć,
- masa ciała,
- sposób odżywiania,
- czynniki środowiskowe (np. stres)

Wyróżnia się następujące metody pomiaru ciśnienia krwi:

- metody inwazyjne (wykorzystywane są w warunkach intensywnej opieki medycznej, przede wszystkim w stanach zagrożenia życia. Realizowane są poprzez wprowadzenie bezpośrednio do badanego miejsca cewnika nazywanego także kaniulą.),
- metody nieinwazyjne (Najpopularniejszym rodzajem badań należącym do grupy nieinwazyjnej są tzw. metody mankietowe, w których wykorzystywany jest mankieta)

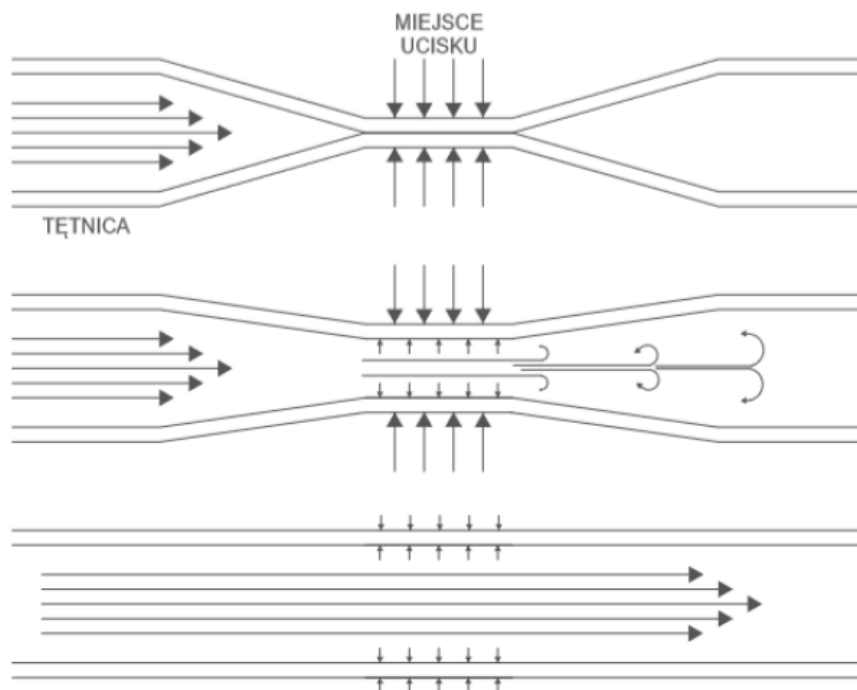
powietrzny. Standardowym miejscem pomiaru jest tętnica ramienna. Inne nieinwazyjne metody pomiaru ciśnienia krwi: Metoda oscylometryczna, Metoda osłuchowa nazywana także metodą Korotkowa)

### Metoda Korotkowa

Metodologia wykonania pomiaru metodą Korotkowa zawiera następujące etapy:

1. Montaż mankietu powietrznego około 2-3 cm powyżej miejsca, w którym możliwe jest wycucie pulsowania tętnicy ramiennej.
2. Przyłożenie głowicy stetoskopu do miejsca pulsacji (bez nadmiernego nacisku, aby nie wywierać dodatkowego nacisku na ściankę naczynia krwionośnego).
3. Napełnienie mankietu przy użyciu pompki, do ciśnienia o około 30 mm Hg większego od wartości przy której zanika tętno.
4. Stopniowa deflacja 1 (ok. 2-3 mm Hg/s). (Deflacja - stopniowe upuszczanie powietrza)
5. Osłuchiwanie pojawiających się dźwięków - tzw. tonów Korotkowa.

W momencie gdy ciśnienie wywierane przez mankiety doprowadza do zamknięcia światła naczynia krwionośnego, następuje zahamowanie przepływu krwi, dlatego nie jest możliwe usłyszenie żadnych dźwięków związanych z przepływem. Sytuacja zmienia się w chwili, w której ciśnienie krwi przewyższy ciśnienie panujące w mankiecie. Naczynie krwionośne jest jednak nadal zwężone co prowadzi do powstania turbulentnego, nieciągłego przepływu, który stopniowo przechodzi w przepływ ciągły. Następstwem tych zjawisk jest pojawienie się charakterystycznych, zsynchronizowanych z pracą serca dźwięków, nazywanych tonami Korotkowa.



**Rysunek 5.** Zmiany przepływu krwi w tętnicy uciskanej mankiety - opracowanie własne na podstawie.

Wraz z redukcją ciśnienia podczas opróżniania mankieta tony charakteryzują się różnym brzmieniem oraz natężeniem i można je podzielić na pięć faz:

**Faza I** - pierwsze, powtarzalne dźwięki, których natężenie wzrasta przez minimum dwa kolejne uderzenia serca.

**Faza II** - tony stają się łagodniejsze i dłuższe, w niektórych przypadkach mogą nawet chwilowo zupełnie zaniknąć ( jest to tzw. przerwa osłuchowa).

**Faza III** - ponowny wzrost natężenia.

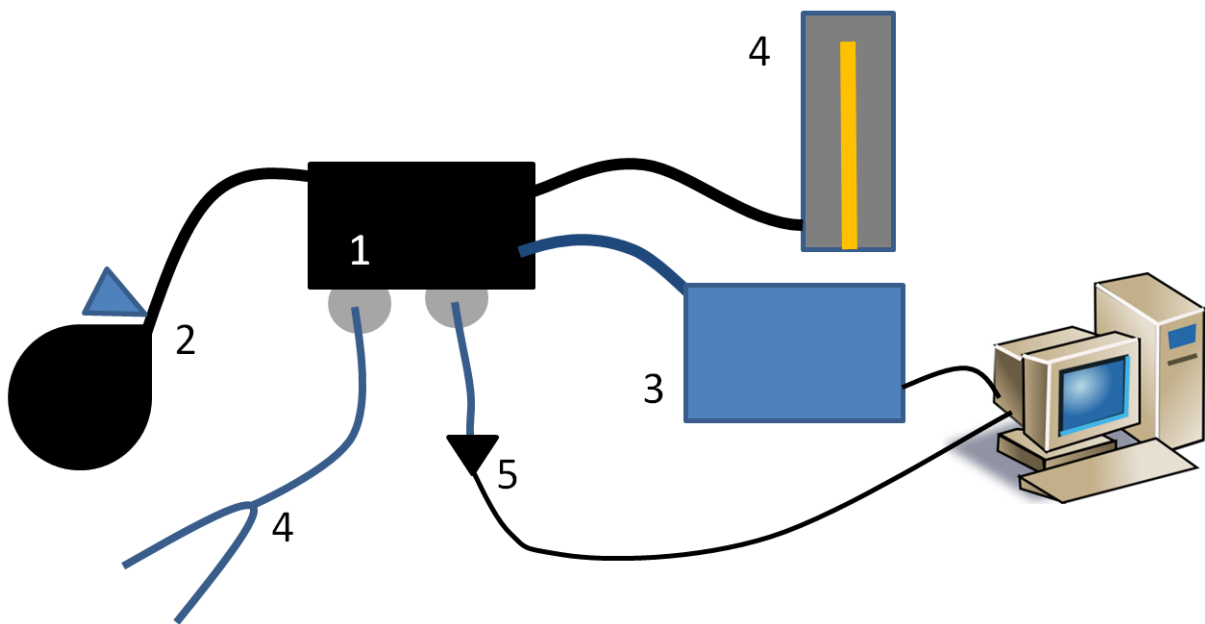
**Faza IV** - nagłe stłumienie.

**Faza V** - całkowity zanik.

Na dokładność pomiaru metodą osłuchową wpływają następujące czynniki:

- umiejętność rozpoznania faz Korotkowa przez osobę przeprowadzającą badanie,
- właściwie dobrany rozmiar mankietu powietrznego i jego prawidłowe założenie,
- dokładność i odpowiednia kalibracja czujnika ciśnienia,
- znajomość techniki pomiarowej - w szczególności odpowiednie ułożenie ramienia oraz optymalizacja tempa deflacji [4,5].

### Układ pomiarowy



**Rysunek 6.** Schemat układu pomiarowego: 1) mankiety do ciśnieniomierza; 2) pompka z zaworem do zmniejszania ciśnienia mankiecie; 3) czujnik światłowodowy podłączony do kondycjonera sygnału i komputera; 4) manometr; 5) stetoskop lekarski; 6) stetoskop lekarski podłączony do mikrofonu i komputera;

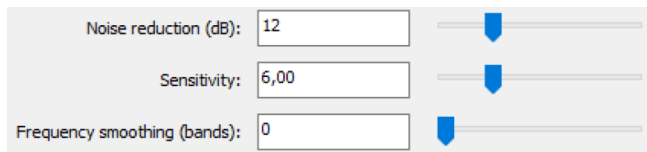
## Przebieg ćwiczenia

1. Włączyć program *FISOCommander 2 Standard Edition* (ikonka dostępna jest na pulpicie). Wykonać następujące czynności:
  - a. W menu *Connection/Calibration* ustawić port USB jako port urządzenia pomiarowego.
  - b. W menu *Gage/Chananel Configuration* w oknie *Channel Settings* ustawić odpowiedni czujnik do pomiaru ciśnienia (na wiersz odpowiadający portowi do którego podłączony jest czujnik światłowodowy należy kliknąć dwukrotnie lewym klawiszem myszy i wybrać *Guage Factor* zgodny z tym na karcie informacyjnej i czujniku światłowodowym).
  - c. Ustawić poziom odniesienia czujnika światłowodowego na wartość 0 (menu *Reference*).
2. Włączyć systemowy rejestrator dźwięku (po kliknięciu na menu start wpisać słowo rejestrator. Ikonka rejestratora powinna pojawić się w menu).
3. Przeszukać dźwignię umieszczoną w dolnej części manometru rtęciowego w pozycję ON, oraz zakręcić gałkę znajdującą się przy pompce.
4. Mankiet do pomiaru ciśnienia założyć na ramię osoby badanej. Końcówki stetoskopu należy włożyć pod mankiet. Osoba wyznaczona przez prowadzącego, zakłada słuchawki stetoskopu na uszy. Osoba ta będzie przeprowadzała pomiar ciśnienia metodą tradycyjną, odczytując ciśnienie z manometru rtęciowego.
5. Włączyć rejestrator dźwięku.
6. Przejść do zakładki *Graphics*. Włączyć pomiar ciśnienia czujnikiem światłowodowym. **Uwaga: w celu zsynchronizowania pomiaru ciśnienia i zapisu dźwięku nagrywanego za pomocą mikrofonu podłączonego do stetoskopu, należy dźwiękowo zasygnalizować włączenie zapisu ciśnienia.**
7. Za pomocą pompki napompować układ nieznacznie o około 30 mm Hg niż spodziewane ciśnienie skurczowe.
8. Upuszczając powietrze za pomocą pokrętła stopniowo zmniejszać ciśnienie. Zmniejszanie ciśnienia powinno odbywać się w sposób ciągły.
9. Po zakończeniu pomiaru (zaniku tonów Korotkowa) zapisać plik dźwiękowy i dane do wykresu ciśnienia.

## Opracowanie wyników pomiarów

1. Zaczynając od momentu włączenia zapisu ciśnienia (ozn.  $t = 0$ ), w oparciu o nagranie wyznaczyć chwile pojawienia się i zaniku tonów Korotkowa.
2. Narysować wykres ciśnienia w zależności od czasu ( $p(t)$ ). Ciśnienie podać w mm Hg, a czas w sekundach. Zaznaczyć na nim wyznaczone w poprzednim punkcie chwile czasu i odczytać odpowiadające im ciśnienia.
3. Przeprowadzić procedurę odszumiania pliku dźwiękowego. W tym celu:
  - a. przekonwertować plik dźwiękowy o rozszerzeniu wma do formatu mp3 (np.: za pomocą <https://online-audio-converter.com/pl/>) aby umożliwić jego otwarcie w edytorze plików dźwiękowych Audacity (do pobrania za darmo w internecie).

- b. za pomocą funkcji dostępnej w programie Audacity o nazwie *redukcja szumu* kilkakrotnie wykonać operację redukcji szumów z zadanymi parametrami:



- c. W sprawozdaniu umieścić zrzuty ekranu przedstawiające kolejne etapy procedury odsumiania. Na ostatnim wykresie zaznaczyć tony Korotkowa.
4. Otrzymane na podstawie pomiaru tradycyjnego i pomiaru za pomocą czujnika światłowodowego i mikrofonu porównać we wnioskach. Opisać przydatność (wady i zalety) zaprezentowanej metody pomiaru ciśnienia krwi za pomocą światłowodowego czujnika ciśnienia.