

## HIPERBARIA, HIPOBARIA I ICH PRZYDATNOŚĆ W OKREŚLONYCH STANACH CHOROBYCH

### 1. Cel

Zapoznanie się z możliwościami jakie niesie ze sobą terapia hiperbaryczna.

### 2. Przebieg ćwiczenia

Rozwiąż następujące zadania, przyjmując wartości: ciśnienie atmosferyczne  $p_A = 10^5 \text{ Pa}$ , przyspieszenie ziemskie  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , gęstość wody  $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$ . Skorzystaj z wzorów i wykresów umieszczonych pod zadaniami. Pamiętaj:  $1 \text{ Pa} = 1 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-2} = 1 \text{ N/m}^2$

#### Zadanie 1.

Na powierzchni napełniono balonik powietrzem o objętości 15 litrów. Po zanurzeniu balonika na głębokość 10 m objętość zmniejszy się czy zwiększy? Jaką uzyska objętość?

#### Zadanie 2.

Przyjmijmy, że objętość maksymalna powietrza w płucach może wynosić 5 litrów. Czy nurek na głębokości 50 m, aby maksymalnie wypełnić płuca, musi wciągnąć mniej czy więcej powietrza niż pozostając na powierzchni? O ile?

#### Zadanie 3.

Nurek może zanurzyć się bez użycia kombinezonu maksymalnie do głębokości 100 m. Oblicz ile razy siła działająca na bębenki uszne jest wtedy większa od siły działającej w powietrzu z zewnątrz.

#### Zadanie 4.

Okręt podwodny znajduje się na głębokości 200 m. Oblicz, ile razy ciśnienie działające na okręt jest większe od ciśnienia atmosferycznego.

#### Zadanie 5.

Okręt podwodny znajduje się na głębokości 100 m. Z jaką prędkością przez otwór w kadłubie okrętu będzie wdzierać się strumień wody? Ile wypłynie w ciągu 1 godz., jeżeli średnica otworu jest równa 2 cm? Ciśnienie w okręcie jest równe ciśnieniu atmosferycznemu.

#### Zadanie 6.

Do szerokiego naczynia w kształcie walca nalano wody do wysokości 2 m. Okazało się, że naczynie to ma małą dziurkę na dnie, przez którą zaczęła wypływać woda. Jaką prędkość na woda wypływająca z otworu?

#### Zadanie 7.

Jaka jest moc serca człowieka, jeżeli podczas każdego cyklu jego pracy lewy przedsionek kurcząc się wtłacza do aorty krew o masie 70 g pod ciśnieniem  $2,6 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$ , a w ciągu 1 minuty następuje 75 skurczów przedsionka serca? Gęstość krwi  $\rho_k = 1,05 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ .

#### Zadanie 8.

Oblicz pracę jaką układ oddechowy wykonuje pokonanie oporów sprężystości płuc przy wdechu.

#### Zadanie 9.

Oblicz, jak zmieni się pojemność płuc nurka zanurzonego na głębokość, przy której działać na niego będzie ciśnienie 2000 hPa. Przyjmij że pojemność płuc nurka na powierzchni wynosi 4l.

#### Zadanie 10.

Jakie ciśnienie jest wywierane na człowieka zanurzonego w słodkiej wodzie na głębokości 20 m.

## Wzory i wykresy

**Wzór Boyle'a – Mariotta:**  $pV = const$  lub  $V \sim \frac{1}{p}$

gdzie:  $p$  – ciśnienie,  $V$  – objętość.

**Przemiana izotermiczna:**  $V_1 p_1 = V_2 p_2$

gdzie:  $V_1, V_2$  – objętość początkowa i końcowa,  $p_1, p_2$  - ciśnienie początkowe i końcowe.

**Ciśnienie hydrostatyczne** słupa cieczy na głębokości  $h$ :  $p_h = \rho g h$

gdzie:  $p_h$  – ciśnienie hydrostatyczne;  $\rho$  - gęstość cieczy,  $g$  - przyspieszenie ziemskie,  $h$  - wysokość słupa cieczy odpowiadająca np. głębokości zanurzenia.

**Objętość cieczy**, przepływającej w ciągu jednostki czasu przez dowolny przekrój strugi:  $V = vS$

gdzie:  $v$  – szybkość cieczy.

**Szybkość wypływu cieczy** przez mały otwór w szerokim naczyniu:  $v = \sqrt{2gh}$

gdzie:  $h$  – głębokość otworka względem poziomu powierzchni cieczy w szerokim naczyniu.

**Siła parcia:**  $F = pS$

gdzie:  $p$  – ciśnienie,  $S$  – powierzchnia.

**Prawo Bernoulliego**, będące postacią zasady zachowania energii dla cieczy w polu grawitacyjnym,

dla stacjonarnego przepływu nielepkiej i nieściśliwej cieczy:  $p + \rho gh + \frac{\rho v^2}{2} = const$

gdzie:  $p$  – ciśnienie płynu,  $\rho$  – gęstość cieczy,  $v_h$  – prędkość przepływu cieczy,  $h$  – wysokość.

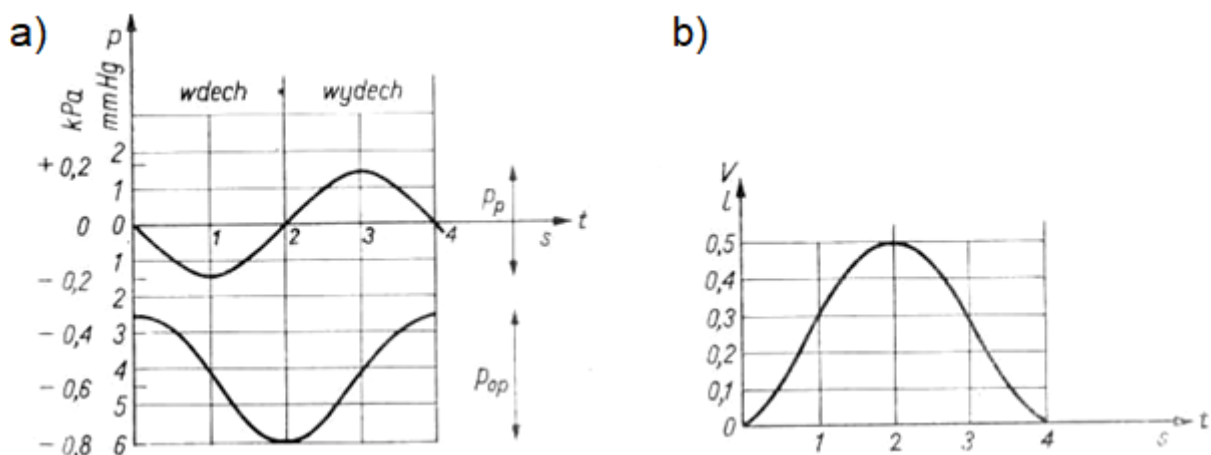
Dla poziomej strugi cieczy:  $p + \frac{\rho v^2}{2} = const$

**Praca przy przejściu objętości  $V$  cieczy** przez obszar o różnym ciśnieniu:  $L = (p_2 - p_1)V$

gdzie:  $p_1, p_2$  – ciśnienie w obszarze pierwszym i drugim.

**Praca układu oddechowego:**  $W_{sp} = \frac{1}{2} (p_0 + p_T) V_T$

gdzie:  $W_{sp}$  - praca nad siłami sprężystości,  $p_0$  - ciśnienie wewnątrzopłucnowe początkowe,  $p_T$  - ciśnienie wewnątrzopłucnowe po wprowadzeniu do płuc powietrza o obj. oddechowej,  $V_T$  - objętość oddechowca płuc.



**Rys. 1. a)** zmiany ciśnienia wewnątrzopłucnowego  $p_{op}$  i pęcherzykowego  $p_p$  podczas oddechania;  
**b)** zmiany objętości oddechowej.