

Kalorymetryczny pomiary przepływu krwi

Zagadnienia do kolokwium:

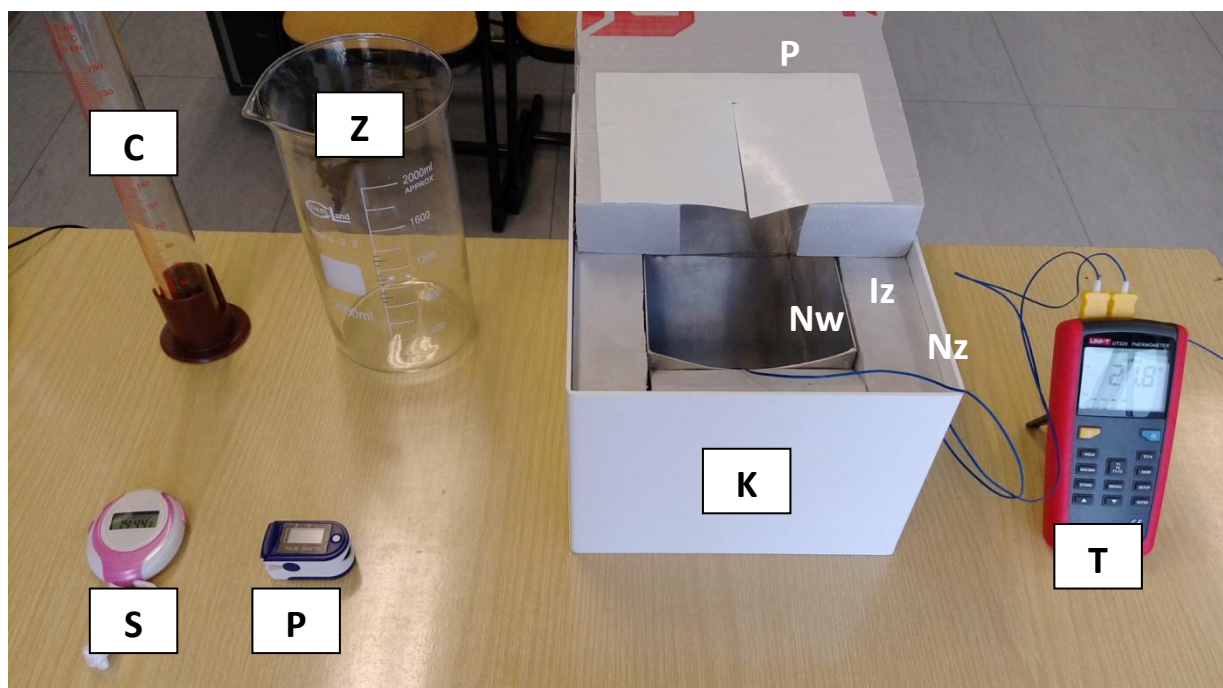
1. Skład, funkcje i właściwości krwi,
2. Układ krwionośny, mały i duży krwioobieg,
3. Ciepło, pojemność cieplna, ciepło właściwe, prawo bilansu cieplnego, prawa termodynamiki,
4. Prawo Hagena-Poiseuille'a
5. Budowa kalorymetru i badania kalorymetryczne.

Wartości podawane przez prowadzącego zajęcia:

- ciepło właściwe ciała ludzkiego: $c_r = 3400 \frac{J}{kg \cdot K'}$
- ciepło właściwe krwi: $c_{kr} = 3600 \frac{J}{kg \cdot K'}$
- ciepło właściwe wody: $c_w = 4190 \frac{J}{kg \cdot K'}$
- ciepło właściwe naczynia wewn. kalorymetru: $c_k = 873 \frac{J}{kg \cdot K}$
- gęstość ciała ludzkiego: $d_r = 1066 \frac{kg}{m^3}$
- gęstość krwi dla mężczyzn: $d_{kr} = 1060 \frac{kg}{m^3}$
- gęstość krwi dla kobiet: $d_{kr} = 1050 \frac{kg}{m^3}$
- gęstość wody: $d_w = 1000 \frac{kg}{m^3}$
- objętość wyrzutowa serca: $w = 70 cm^3$,
- temperatura krwi: $T_{kr} = 310 K$

W skład zestawu eksperymentalnego wchodzi: (rys.1)

- K – kalorymetr (naczynie wewnętrzne Nw, izolacja Iz, naczynie zewnętrzne Nz, pokrywa P)
Z – zlewka 2000 ml.
C – cylinder miarowy 250 ml.
P – pulsoksymetr
T – termometr cyfrowy z dwiema termoparami
S – stoper



Rys. 1. Stanowisko pomiarowe.

Wykonanie zadania:

1. Zważyć naczynie wewnętrzne kalorymetru, zanotować masę m_k .
2. Na nadgarstku zaznaczyć flamastrem poziomy znacznik, do którego zanurzana będzie badana dłoń.
3. Do zlewki o pojemności 2000ml. wlać 1200ml. zimnej wody.
4. W celu dokonania pomiaru objętości badanej dłoni zanurzyć ją w przygotowanej wodzie do głębokości znacznika. Z podziałki na zlewce odczytać przyrost poziomu wody. Przyrost ten jest równy objętości dłoni V_r .
5. W celu wstępnego schłodzenia dłoni umieścić ją pod zimną bieżącą wodą na ok. 30 sekund. Wstępne schłodzenie ma na celu oddanie ciepła przez skórę dłoni i zwiększa dokładność wykonywanych pomiarów.
6. Przygotować 250 ml wody w cylindrze miarowym. Woda powinna mieć temperaturę ok. 20°C.
7. Włożyć badaną dłoń do kalorymetru i zalać przygotowaną wodą do wysokości znacznika na nadgarstku. Zanotować objętość wody V_r która została wlana do kalorymetru. Prawidłowe ułożenie dłoni w kalorymetrze pokazuje Rys. 2.



Rys. 2. Prawidłowa pozycja dłoni w kalorymetrze.

8. Ostrożnie założyć pokrywę kalorymetru. Uruchomić stoper i dokonać odczytu początkowej temperatury wody.
9. Na palec drugiej ręki założyć pulsoksymetr i dokonać pomiaru tętna n .
10. Pomiarów tętna n i temperatury wody T dokonywać co minutę. Pomiarów prowadzić przez minimum 30 minut.
11. Obliczyć przyrost temperatury wody w kalorymetrze podczas badania ΔT .
12. Pomiarów zestawień w tabeli:

Masa kalorymetru m_k [kg]	Objętość dłoni V_r [m ³]	Objętość wody w kalorymetrze V_w [m ³]	Nr. pomiaru	Tętno n	Temperatura wody T [°C]	Przyrost temperatury ΔT [°C]
			1			
			2			
			3			
			...			
			30			

Uwaga! Podczas pomiaru:

- Starać się dotykać dna kalorymetru paznokciami, a nie powierzchnią skóry,
- Nie wyciągać ręki z wody,
- Delikatnie mieszać wodę palcami,
- Nie dotykać dłonią złącza termopary.

Opracowanie wyników:

1. Sporządzić wykres $T(t)$ zależności temperatury wody w kalorymetrze od czasu.
2. Obliczyć średnią temperaturę wody w kalorymetrze T_{sr} oraz średni puls n_{sr} podczas badania.
3. Wykorzystując zasadę bilansu cieplnego obliczyć objętość krwi V_{kr} przepływającej przez dłoń w trakcie badania. Wyprowadzić formułę końcową na V_{kr} stosując poniższe wzory:

- a) Zasada bilansu cieplnego:

$$Q_{odd} = Q_{pobr}$$

- b) W doświadczeniu ciepło jest oddawane przez krew a pobierane przez dłoń (tkanki dłoni), wodę w kalorymetrze oraz naczynie wewnętrzne kalorymetru. Zatem zasada bilansu cieplnego dla tego 4-ciałowego układu będzie miała postać:

$$Q_{kr} = Q_r + Q_w + Q_k$$

- c) Ciepło oddane przez krew:

$$Q_{kr} = V_{kr} \cdot d_{kr} \cdot c_{kr} \cdot (T_{kr} - T_{sr})$$

gdzie: Q_{kr} - ciepło oddane przez krew w czasie badania
 V_{kr} - szukana objętość krwi przepływającej przez dłoń w czasie badania
 d_{kr} - średnia gęstość krwi
 c_{kr} - ciepło właściwe krwi
 T_{kr} - średnia temperatura krwi człowieka
 T_{sr} - średnia temperatura wody w kalorymetrze podczas badania

- d) Ciepło pobrane przez dłoń:

$$Q_r = V_r \cdot d_r \cdot c_r \cdot \Delta T$$

gdzie: Q_r - ciepło pobrane przez dłoń (tkanki dłoni) w czasie badania
 V_r - objętość dłoni
 d_r - średnia gęstość dłoni (ciała ludzkiego)
 c_r - ciepło właściwe dłoni (ciała ludzkiego)
 ΔT - przyrost temperatury wody w kalorymetrze (przyrost temperatury dłoni)

- e) Ciepło pobrane przez wodę w kalorymetrze:

$$Q_w = V_w \cdot d_w \cdot c_w \cdot \Delta T$$

gdzie: Q_w - ciepło pobrane przez wodę w trakcie badania
 V_w - objętość wody w kalorymetrze
 d_w - gęstość wody
 c_w - ciepło właściwe wody
 ΔT - przyrost temperatury wody w kalorymetrze

- f) Ciepło pobrane przez naczynie wewnętrzne kalorymetru

$$Q_k = m_k \cdot c_k \cdot \Delta T$$

gdzie: Q_k - ciepło pobrane przez naczynie wewnętrzne kalorymetru w trakcie badania
 m_k - masa naczynia wewnętrznego kalorymetru
 c_k - ciepło właściwe naczynia wewnętrznego kalorymetru (aluminium)
 ΔT - przyrost temperatury wody w kalorymetrze (przyrost temperatury naczynia wewnętrznego)

4. Obliczyć objętość krwi przepompowanej przez serce w trakcie pomiaru:

$$V_s = w \cdot n_{sr} \cdot \tau$$

gdzie: w - objętość wyrzutowa serca
 n_{sr} - średnie tętno podczas badania
 τ - czas badania

5. Obliczyć jakim procentem całkowitej ilości krwi pompowanej przez serce jest krew przepływająca przez dłoń:

$$p = \frac{V_r}{V_s} \cdot 100\%$$