

ФІЗИКА З ОСНОВАМИ БІОФІЗИКИ

Загальні методичні рекомендації до розв'язку задач і виконання контрольних робіт

1. Розв'язування задач варто супроводжувати короткими, але вичерпними поясненнями; у разі, коли це можливо, дати рисунок.

2. Розв'язувати задачу потрібно в загальному вигляді, тобто виразити шукану величину в літерних позначеннях величин, заданих в умові задачі. При такому способі розв'язування не виконуються обчислення проміжних величин.

3. Після одержання розрахункової формули для перевірки правильності, її варто підставити в праву частину формули замість символів позначення одиниць цих величин, провести з ними необхідні дії і переконатися в тому, що отримана при цьому одиниця вимірювання відповідає шуканій величині. Якщо такої відповідності немає, то це означає, що задачу розв'язано невірно.

4. Числові значення величин при підстановці їх у розрахункову формулу варто виражати тільки в одиницях СІ. Як виняток допускається виражати в будь-яких, але однакових одиницях, числові значення однорідних величин, що перебувають у чисельнику і знаменнику та мають однаковий ступінь.

5. При підстановці в розрахункову формулу, а також у відповіді числові значення величин варто записувати як добуток десяткового дробу з однією значущою цифрою перед комою на відповідну ступінь десяти. Наприклад, замість 3520 треба записати $3,52 \cdot 10^3$, замість 0,00129 записати $1,29 \cdot 10^{-3}$ і т.п.

6. Обчислення за розрахунковою формулою слід проводити з дотриманням правил наближених обчислень. Остаточну відповідь варто записувати з трьома значущими цифрами. Це стосується і випадку, коли результат отримано з використанням калькулятора.

Лабораторна робота № 2

Тема: Тиск

Приклад 1.

Кров в артерії діаметром 0,6 мм тече із швидкістю 0,1 м/с. Артерія переходить у капілярів діаметром $8 \cdot 10^{-3}$ мм. Швидкість руху крові у капілярі становить 10^{-3} м/с. Чому дорівнює кількість капілярів?

Розв'язання.

Середній об'ємний потік Q_a крові в артерії визначається виразом:

$$Q_a = V_a \cdot S_a, \quad (1)$$

де S_a – переріз артерії; V_a – швидкість руху крові по артерії.

Середній об'ємний потік Q_k крові у капілярі пов'язаний з Q_a співвідношенням :

$$Q_a = n \cdot Q_k, \quad (2)$$

де n – кількість капілярів.

Використовуючи закон нерозривності потоку (рівняння $\rho = \frac{F}{S}$), отримаємо:

$$S_a \cdot V_a = n \cdot S_k \cdot V_k, \quad (3)$$

або

$$\pi \cdot \frac{D_a^2}{4} \cdot V_a = n \cdot \frac{D_k^2}{4} \cdot V_k, \quad (4)$$

Звідси

$$n = \frac{D_a^2 \cdot V_a}{D_k^2 \cdot V_k}, \quad (5)$$

Підставляємо числові значення:

$$n = \frac{(0,6 \cdot 10^{-3} \text{ м})^2 \cdot 0,1 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}}{(8 \cdot 10^{-3} \text{ м})^2 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}} = 5,6 \cdot 10^5, \quad (6)$$

Приклад 2.

Визначити надлишковий тиск, що виникає в аорті діаметром 10 мм у процесі її розширення до 15 мм, якщо швидкість руху крові складає $40 \cdot 10^{-2}$ м/с.

Для розв'язання завдання необхідно використати рівняння Бернуллі: в стаціонарному потоці повний тиск, що складається з статичного, гідростатичного та динамічного тисків, є величина стала для будь-яких перерізів потоку:

$$p + \rho \cdot g \cdot h + \frac{\rho \cdot v^2}{2} = \text{const}. \quad (1)$$

де p – статичний тиск, тобто тиск, який утворює рідина на поверхню тіла, яке вона обтікає;

ρ, g, h – гідростатичний тиск, викликаний вагою рідини;

$\frac{\rho \cdot v^2}{2}$ – динамічний тиск, обумовлений рухом рідини.

Для горизонтально розміщеної трубки рівняння Бернуллі має вигляд:

$$p + \frac{\rho \cdot v^2}{2} = \text{const}. \quad (2)$$

Таким чином, повна енергія одиниці об'єму ідеальної рідини в будь-якому перерізі потоку є величина стала.

Розв'язання.

Запишемо рівняння нерозривності потоку в такій формі:

$$S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2, \quad (3)$$

$$\pi \cdot \frac{D_1^2}{4} \cdot v_1 = \pi \cdot \frac{D_2^2}{4} \cdot v_2, \quad (4)$$

звідки:

$$\frac{v_1}{v_2} = \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2. \quad (5)$$

Використовуючи рівняння Бернуллі для горизонтальної трубки, одержимо:

$$p_1 + \frac{\rho \cdot v_1^2}{2} = p_2 + \frac{\rho \cdot v_2^2}{2}, \quad (6)$$

звідки:

$$\Delta p = p_2 - p_1 = \frac{\rho}{2} \cdot (v_1^2 - v_2^2) = \frac{\rho \cdot v_1^2}{2} \cdot \left(1 - \frac{v_2^2}{v_1^2} \right). \quad (7)$$

Комбінуючи рівняння нерозривності потоку і рівняння Бернуллі, можна одержати:

$$\Delta p = \frac{\rho \cdot v_1^2}{2} \cdot \left[1 - \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^4 \right]. \quad (8)$$

Підставляємо числові значення:

$$\Delta p = \frac{10^3 \cdot 0,4^2}{2} \cdot \left[1 - \left(\frac{10}{15} \right)^4 \right] = 13 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \sim 0,1 \text{ мм рт.ст.} \quad (9)$$

Контрольне завдання

Визначити надлишковий тиск, що виникає у вені з площею поперечного перерізу 10^{-4} м^2 під час її розширення до $4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$, якщо швидкість руху крові у ній дорівнює $2 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}$.