

## УРОК 56

### Тема: Сполучені посудини. Манометри

**Мета:** Ознайомити з принципом роботи сполучених посудин, пояснити закони, що регулюють поведінку рідин в них. Навчити учнів проводити вимірювання тиску за допомогою манометра.

#### Компоненти ключових компетентностей:

- ✓ **уміння** – учні формують уміння пояснювати розподіл рідин в сполучених посудинах, вчаться аналізувати отримані дані та робити висновки на основі проведених вимірювань.
- ✓ **ставлення** – учні формують прагнення дізнаватися більше про фізичні явища та процеси.

**Навчальні ресурси:** підручник з фізики, фізичні прилади, таблиці СІ та префіксів, навчальна презентація.

**Тип уроку:** вивчення нового матеріалу.

**Можливі труднощі:** важкість у застосуванні абстрактних понять та математичних формул для розв'язання конкретних задач.

## ХІД УРОКУ

### I. ПОЧАТКОВИЙ ЕТАП

**Провести бесіду за матеріалом § 31**

1. З чого складається атмосфера?
2. Який зв'язок між атмосферою та атмосферним тиском?
3. Як було знайдено числове значення атмосферного тиску?
4. В яких одиницях вимірюють атмосферний тиск?
5. Як змінюється атмосферний тиск з висотою?
6. Чому барометри заповнюють ртуттю, а не водою?
7. Які переваги має барометр-анероїд?

**Перевірити виконання вправи № 31: завдання 2, 4, 6.**

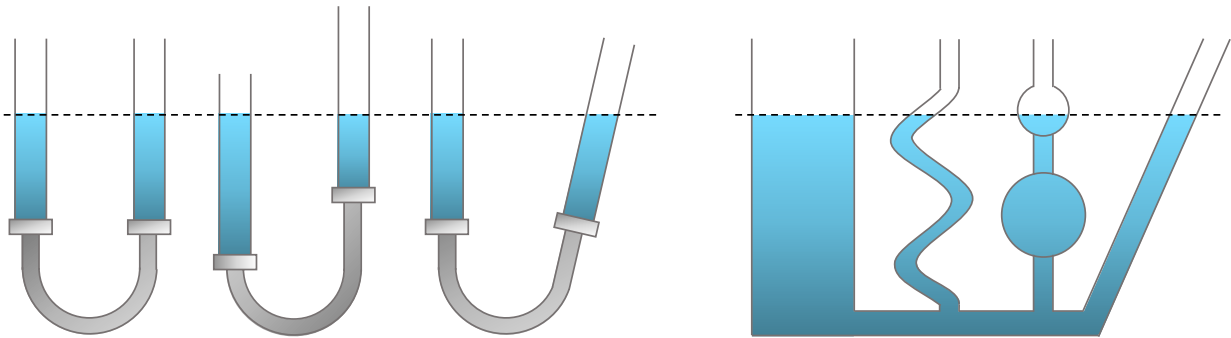
## II. ОСНОВНА ЧАСТИНА

### 1. Сполучені посудини

Атмосферний тиск впливає на різні процеси на Землі, на рідини у відкритих резервуарах або при зануренні предметів у воду. Розглянемо, як тиск діє на рідини в системі сполучених посудин.

**Сполучені посудини – це посудини, з'єднані між собою так, що між ними може перетікати рідина.**

☺ Ми з вами знаємо, як поводить себе рідина в одній посудині. А що буде, якщо рідину помістити у дві або більше сполучених посудин?



Найпростіші сполучені посудини – це дві з'єднані між собою трубки. Якщо налити воду в одну з них, вона перетікатиме в другу. Після зупинки руху води рівень води в обох трубках (обох колінах сполучених посудин) установиться на одному рівні. Якщо нахилити або підняти одну з трубок, вода перетікатиме з вищої трубки, доки рівні води в обох трубках не зрівняються.

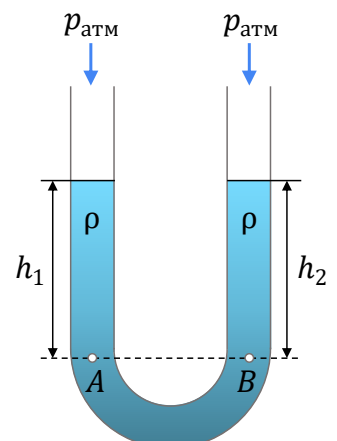
Вільні поверхні рідини встановлюються на одному рівні не лише у двох, але й у будь-якій кількості сполучених посудин, незалежно від їх форми та розташування в просторі.

**У відкритих сполучених посудинах вільні поверхні однорідної нерухомої рідини встановлюються на одному рівні.**

☺ Як можна пояснити дану властивість?

Дану властивість можна пояснити так: рідина в спокої не переміщується з однієї посудини в іншу, отже, тиски її в обох посудинах на будь-якому одному горизонтальному рівні однакові (наприклад на рівні AB):

$$\begin{aligned}p_A &= p_B \\p_{\text{атм}} + \rho g h_1 &= p_{\text{атм}} + \rho g h_2 \\ \rho g h_1 &= \rho g h_2\end{aligned}$$



Оскільки рідина в обох посудинах одна й та сама, тобто має однакову густину, то має бути однаковою й висота стовпчика рідини:

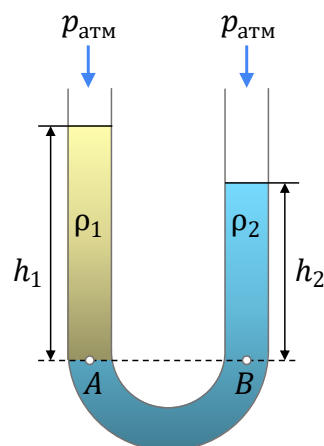
$$h_1 = h_2$$

☹️ Що відбуватиметься в сполучених посудинах якщо рідини в колінах будуть різними?

В праве і ліве коліна сполучених посудин наливаєм рідини з різними густинами, наприклад гас і воду, результат буде інакшим (рівень гасу – вищий, води – нижчий).

На рівні  $AB$  тиск рідин у посудинах однаковий:

$$\begin{aligned} p_A &= p_B \\ p_{\text{атм}} + \rho_1 g h_1 &= p_{\text{атм}} + \rho_2 g h_2 \\ \rho_1 g h_1 &= \rho_2 g h_2 \\ \rho_1 h_1 &= \rho_2 h_2 \\ \frac{\rho_1}{\rho_2} &= \frac{h_2}{h_1} \end{aligned}$$



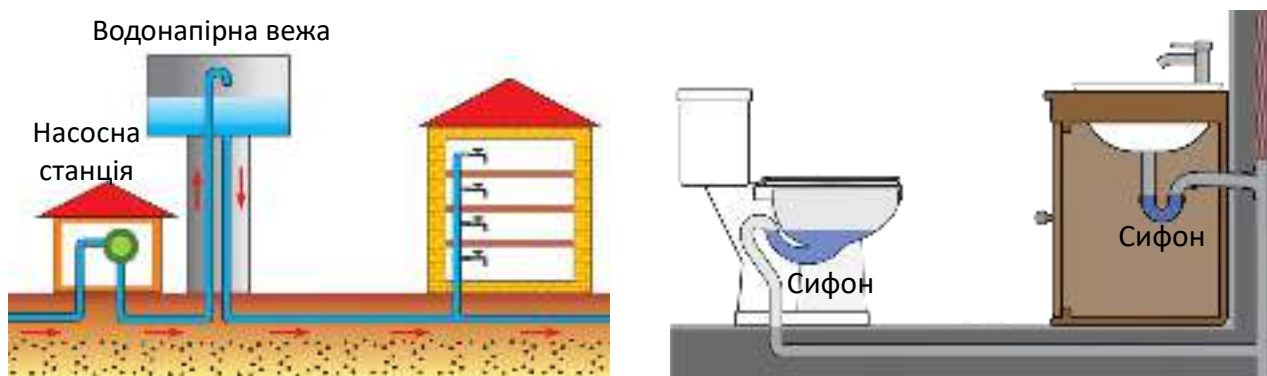
Якщо,  $\rho_1 < \rho_2$ , то  $h_1 > h_2$

**У відкритих сполучених посудинах стовпчик нерухомої рідини меншої густини вищий, ніж стовпчик нерухомої рідини більшої густини.**

## 2. Використання сполучених посудин

☹️ Яке практичне застосування сполучених посудин у побуті і техніці?

Принцип сполучених посудин широко використовується при створенні різних технічних пристроїв.



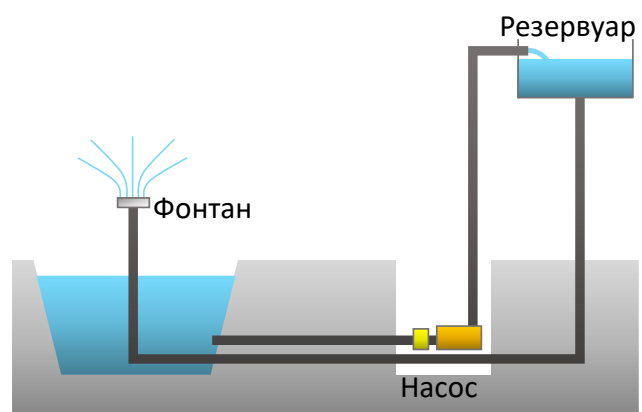
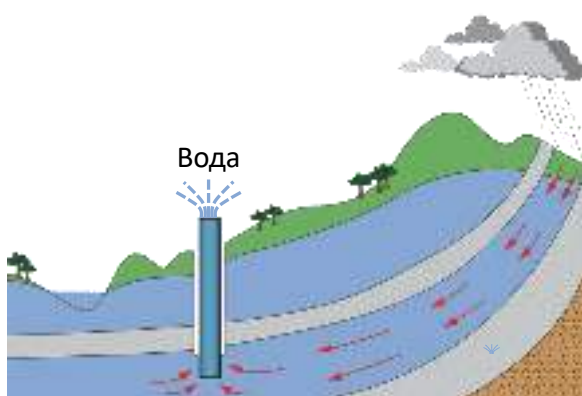
В основі **водопостачання житлових будинків** лежить принцип сполучених посудин. Насосна станція закачує воду у водонапірну вежу, яка вище від найвищого будинку. З резервуара, який знаходиться у водонапірній вежі, підземними трубами вода потрапляє

у водопроводи будинків, де прагне піднятися на таку ж висоту, на якій знаходиться резервуар водонапірної вежі.

Щоб не потрапляли неприємні запахи із каналізації до будинку використовують **сифон**.

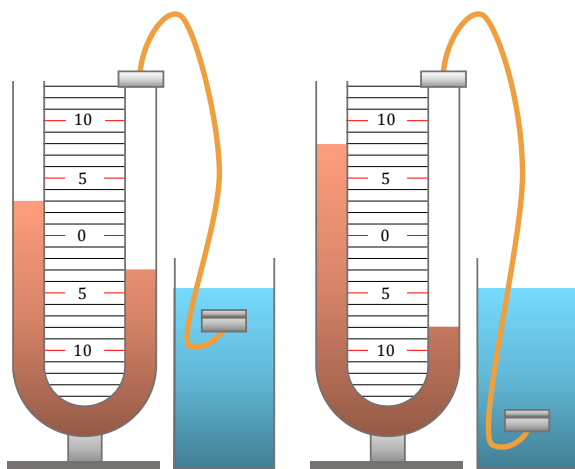
У природі прикладом сполучених посудин є **джерела** і **артезіанські колодязі (свердловини)**, в яких свердловина знаходиться нижче від рівня ґрунтових вод, і вода сама б'є зі свердловини. Такі місця, де вода сама б'є зі свердловини, порівняно рідкісні. Зазвичай артезіанський колодязь влаштовують, пробуривши дуже глибоку свердловину, обладнану насосом.

Принцип дії сполучених посудин лежить в основі роботи **фонтанів** і висота струменя у фонтані залежить від взаємного розташування цих посудин.

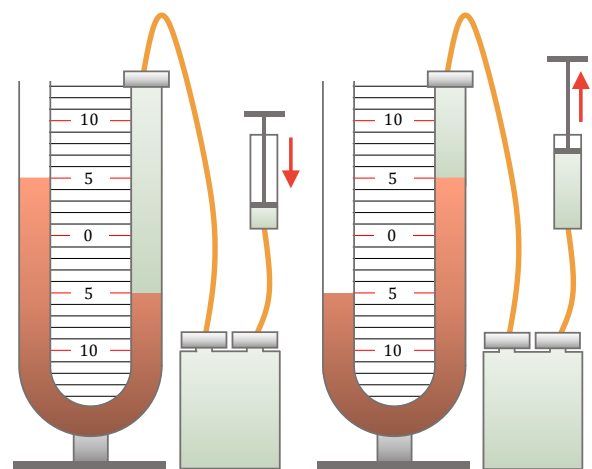


### 3. Манометри

Манометр – це прилад для вимірювання тиску рідин і газів.



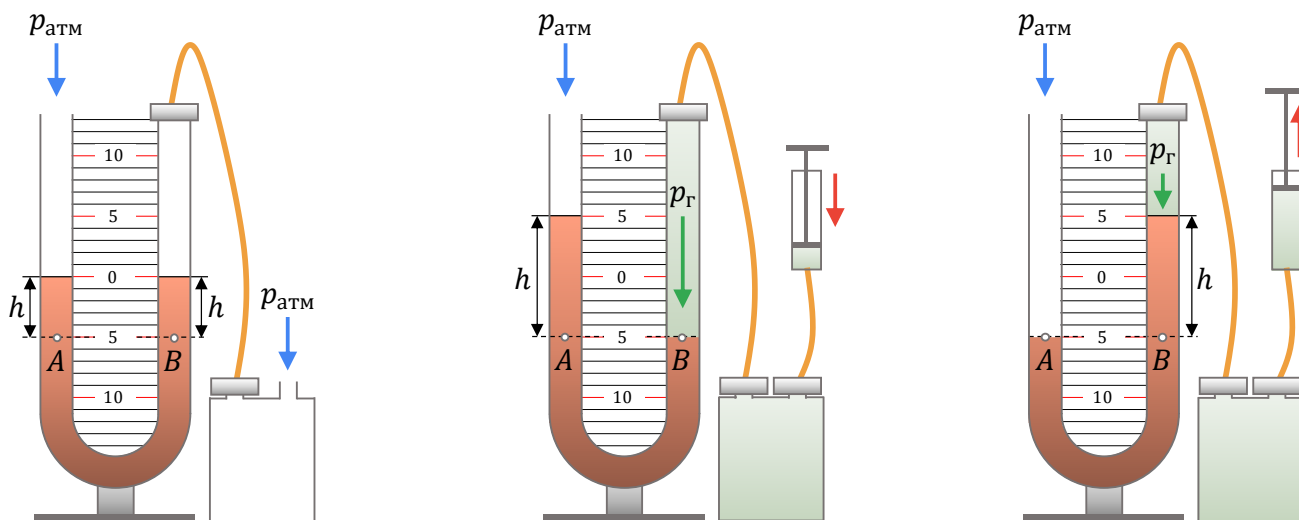
Використання рідинного манометра для вимірювання тиску рідин



Використання рідинного манометра для вимірювання тиску газів

Розглянемо принцип роботи **рідинного манометра**.

Відкритий рідинний манометр складається з лінійки, до якої приєднана U-подібна трубка. Трубка заповнена підфарбованою рідиною так, що рівень рідини розташований на позначці 0.



Розглянемо *перший випадок*. Коли обидві ці посудини відкриті зверху, рівень рідини в них однаковий і тиски в точках A і B однакові  $p_A = p_B$ .

$$p_{\text{атм}} + \rho gh = p_{\text{атм}} + \rho gh$$

Розглянемо *другий випадок*. Коли трубка приєднана до балона, підфарбована рідина розташовується так, що тиски в обох трубках на одній горизонталі однакові. Запишемо цю умову для точок A і B  $p_A = p_B$ . Тиск у точці A складається із гідростатичного тиску стовпчика рідини  $h$  та атмосферного. Тиск у точці B дорівнює тиску газу у балоні.  $p_{\text{атм}} + \rho gh = p_{\text{Г}}$ , тобто  $p_{\text{Г}} > p_{\text{атм}}$ . (відбулось накачування повітря в балон)

Розглянемо *третій випадок*.  $p_A = p_B$  Тиск у точці A дорівнює атмосферному. Тиск у точці B складається із гідростатичного тиску стовпчика рідини  $h$  та тиску газу у балоні.  $p_{\text{атм}} = \rho gh + p_{\text{Г}}$ , або  $p_{\text{атм}} - \rho gh = p_{\text{Г}}$ , тобто  $p_{\text{Г}} < p_{\text{атм}}$ . (відбулося відкачування повітря з балону)

На практиці широко застосовують **металеві деформаційні манометри**.

Основний елемент металевого деформаційного манометра – гнучка дугоподібна трубка 1, один кінець якої є запаяним. Другий кінець трубки сполучають з резервуаром, де потрібно виміряти тиск. Принцип дії цих манометрів такий. Якщо тиск газу всередині трубки більший за атмосферний, то гнучка трубка

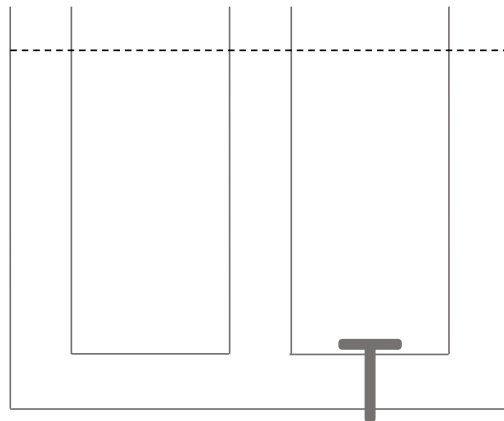


розпрямляється і її рух передається через механізм 2 до стрілки 3, що рухається вздовж шкали 4 приладу. Після зменшення тиску газу до атмосферного трубка повертається в початкове (недеформоване) положення, а стрілка зупиняється на позначці 0. Шкала металевого манометра проградуєвана в атмосферах або паскалях. Металевий деформаційний манометр показує, на скільки вимірюваний тиск більший або менший, ніж атмосферний.

### III. РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ

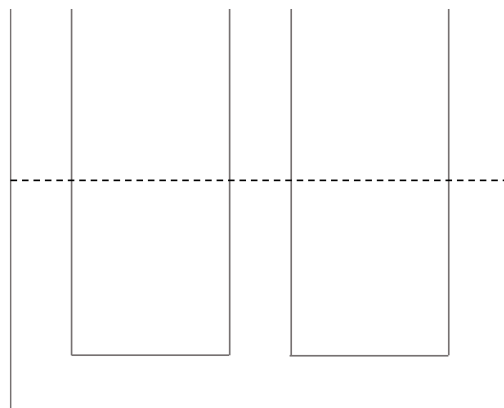
1. До системи з двох сполучених посудин додали третю посудину, з'єднану з першими двома. Як зміниться рівень рідини в кожній з трьох посудин? Чому?

Коли до системи з двох сполучених посудин додають третю посудину, з'єднану з першими двома, рівень рідини в кожній з трьох посудин залишається однаковим. У сполучених посудинах рівень рідини вирівнюється, оскільки рідина створює однаковий тиск на стінки посудини.



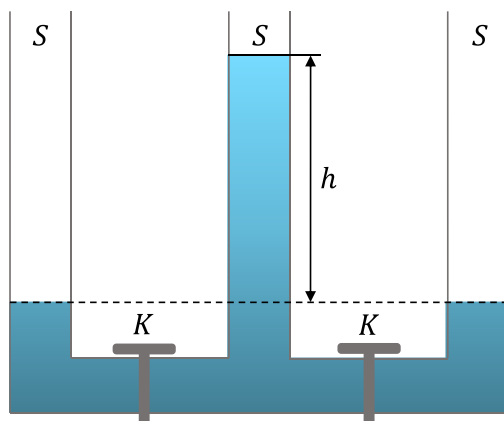
2. Як зміниться рівень рідини у сполучених посудинах, якщо атмосферний тиск збільшується чи зменшується?

Рівень рідини у сполучених посудинах залишиться на одному рівні, незалежно від змін атмосферного тиску. Тому що рівень рідини в сполучених посудинах врівноважується шляхом рівняння тисків у кожній частині системи.



3. На скільки підніметься рівень води в лівій посудині, якщо відкрити обидва крани  $K$ ? Площі перерізу всіх посудин однакові.  $h = 12$  см.

Коли відкриють крани, об'єм рідини у середньому коліні, відповідно до властивості сполучених посудин, розподілиться на одному рівні в усіх трьох посудинах. При однаковій площі поперечного перерізу в них, за умовою задачі, стовпчик рідини, висотою 12 см в середній посудині, лінійно розподілиться в усіх посудинах, тобто висота у кожній буде складати 4 см.

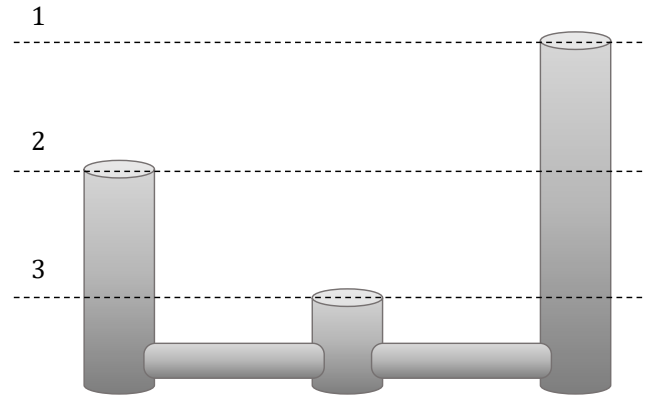


4. Як зміниться рівень рідини в сполучених посудинах, якщо одну з них нахилити?

Рівень рідини залишиться на одному рівні, так як розподіл тиску залишається рівномірним у всіх частинах системи.

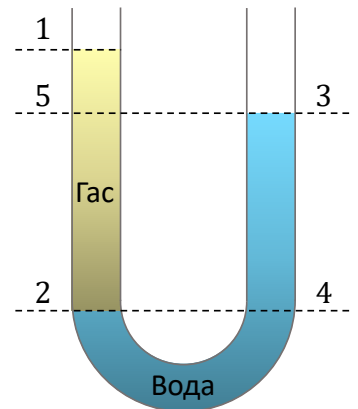
5. На якому рівні будуть поверхні однорідної рідини в посудинах, якщо наливати її в отвір лівої посудини?

На рівні 3, бо у відкритих сполучених посудинах вільні поверхні однорідної нерухомої рідини встановлюються на одному горизонтальному рівні. Так як висоти трубок різні, то при наповненні рідиною, вона не зможе піднятися вище за рівень 3, інакше буде виливатися.



6. На яких рівнях тиск рідини в сполучених посудинах однаковий?

Відповідь: тиск однаковий на рівні 2-4 як тиск в однорідній рідині на одному горизонтальному рівні.



7. У лівому коліні заповнених водою сполучених посудин над водою знаходиться шар гасу висотою 10 см. В якому з колін рівень рідини вище? На скільки?

**Дано:**

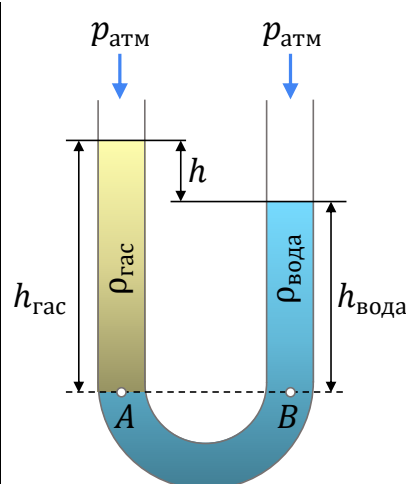
$$h_{\text{гас}} = 10 \text{ см} \\ = 0,1 \text{ м}$$

$$\rho_{\text{вода}} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho_{\text{гас}} = 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$h_{\text{вода}} - ?$$

$$h - ?$$



**Розв'язання**

На рівні AB тиск рідин у посудинах однаковий:

$$p_A = p_B \\ p_{\text{атм}} + \rho_{\text{гас}} g h_{\text{гас}} = p_{\text{атм}} + \rho_{\text{вода}} g h_{\text{вода}}$$

$$\rho_{\text{гас}} g h_{\text{гас}} = \rho_{\text{вода}} g h_{\text{вода}}$$

$$\rho_{\text{гас}} h_{\text{гас}} = \rho_{\text{вода}} h_{\text{вода}}$$

$$h_{\text{вода}} = \frac{\rho_{\text{гас}} h_{\text{гас}}}{\rho_{\text{вода}}}$$

$$[h_{\text{вода}}] = \frac{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{м}}{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = \text{м}$$

$$h_{\text{вода}} = \frac{800 \cdot 0,1}{1000} = 0,08 \text{ (м)}$$

Різниця висот стовпчиків гасу і води:

$$h = h_{\text{гас}} - h_{\text{вода}} \quad [h] = \text{м} - \text{м} = \text{м}$$

$$h = 0,1 - 0,08 = 0,02 \text{ (м)}$$

**Відповідь:**  $h_{\text{вода}} = 8 \text{ см}$ ;  $h = 2 \text{ см}$ .

8. У рідинному манометрі міститься ртуть. Ліве коліно манометра відкрите в атмосферу. Який тиск у балоні, якщо атмосферний тиск дорівнює 100 кПа?

**Дано:**

$$p_{\text{атм}} = 100 \text{ кПа}$$

$$= 100000 \text{ Па}$$

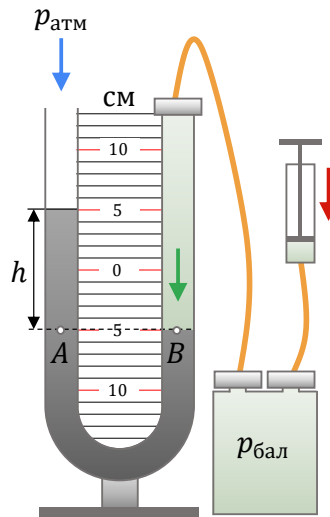
$$\rho = 13600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$h = 10 \text{ см}$$

$$= 0,1 \text{ м}$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$p_{\text{бал}} - ?$$



**Розв'язання**

На рівні АВ тиск однаковий:

$$p_A = p_B$$

$$p_{\text{атм}} + \rho g h = p_{\text{бал}}$$

$$[p_{\text{бал}}] = \text{Па} + \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot \text{м} = \text{Па} + \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \\ = \text{Па} + \text{Па} = \text{Па}$$

$$p_{\text{бал}} = 100000 + 13600 \cdot 10 \cdot 0,1 \\ = 113600 \text{ (Па)}$$

**Відповідь:**  $p_{\text{бал}} = 113,6 \text{ кПа}$ .

9. У рідинному манометрі міститься вода. Ліве коліно манометра відкрите в атмосферу. Який тиск у балоні, якщо атмосферний тиск дорівнює 100 кПа?

**Дано:**

$$p_{\text{атм}} = 100 \text{ кПа}$$

$$= 100000 \text{ Па}$$

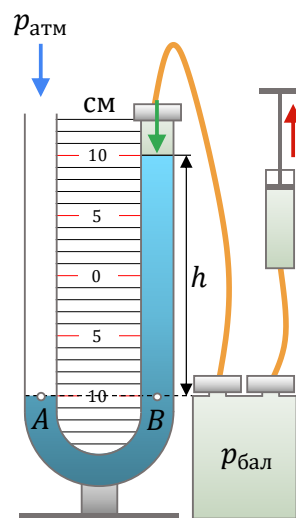
$$\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$h = 20 \text{ см}$$

$$= 0,2 \text{ м}$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$p_{\text{бал}} - ?$$



**Розв'язання**

На рівні АВ тиск однаковий:

$$p_A = p_B$$

$$p_{\text{атм}} = \rho g h + p_{\text{бал}}$$

$$p_{\text{бал}} = p_{\text{атм}} - \rho g h$$

$$[p_{\text{бал}}] = \text{Па} - \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot \text{м} = \text{Па} - \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \\ = \text{Па} - \text{Па} = \text{Па}$$

$$p_{\text{бал}} = 100000 - 1000 \cdot 10 \cdot 0,2 \\ = 98000 \text{ (Па)}$$

**Відповідь:**  $p_{\text{бал}} = 98 \text{ кПа}$ .



#### **IV. УЗАГАЛЬНЕННЯ ТА ПІДСУМКИ**

##### **Обговорення вивченого матеріалу**

1. Що таке сполучені посудини?
2. Яке основне правило визначає рівень рідин в сполучених посудинах?
3. Що станеться з рівнем рідини в сполучених посудинах, якщо в одну з них додати рідину іншої густини?
4. Що таке манометр і для чого його використовують?
5. Які є основні типи манометрів і як вони працюють?
6. Які переваги і недоліки мають різні типи манометрів?

#### **V. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ**

Опрацювати § 32, Вправа № 32 (1, 2, 3)

Виконане Д/з відправте на human, або на електронну адресу  
[kmitevich.alex@gmail.com](mailto:kmitevich.alex@gmail.com)