

§ 19. ГІДРОСТАТИЧНИЙ ТИСК РІДИНИ

?!

На рис. 19.1 зображений сучасник Блезя Паскаля, що стоїть на шкіряній подушці, заповненій водою. З подушкою з'єднана відкрита зверху трубка, яку дослідник тримає в руках. Чому дошка, на якій він стоїть, не стискає подушку повністю і не виганяє через трубку всю воду назовні? Відповіді на це та багато інших запитань ви знайдете в наступному параграфі.

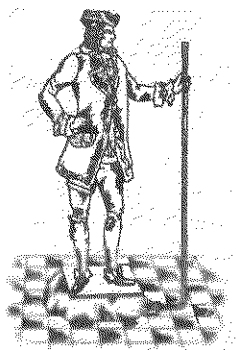


Рис. 19.1. Сила тиску води в шкіряній подушці є достатньою, щоб утримувати вагу дорослої людини

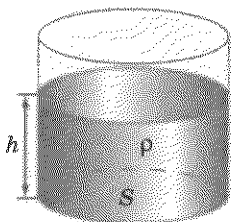


Рис. 19.2. Тиск рідини залежить від висоти h рідини в посудині та густини рідини ρ ; S — площа дна посудини

1 Досліджуємо тиск рідин

Поставимо на стіл циліндричний стакан і наллємо в нього води (див. рис. 19.2). Вода діє на дно стакана і створює тиск. Причиною виникнення тиску води є притягання її до Землі.

За означенням тиск $p = \frac{F}{S}$ (1), де F — сила тиску, S — площа, на яку вона діє. У даному випадку сила, яка діє на дно стакана, — це вага рідини: $F = P = mg$ (2). Масу рідини можна подати через об'єм та густину рідини: $m = \rho V$; об'єм наливої в стакан рідини — через висоту стовпчика рідини та площу дна стакана: $V = hS$. Отже, $m = \rho hS$ (3). Підставивши формули (2) і (3) у формулу (1), отримуємо рівність: $p = \frac{mg}{S} = \frac{\rho hSg}{S} = \rho gh$.

Отже, маємо формулу для визначення тиску, що створює рідина на дно посудини:

$$p = \rho gh$$

Як бачимо, тиск рідини на дно посудини залежить тільки від густини рідини та висоти стовпчика рідини в посудині (рис. 19.2, 19.3).

Цей тиск називають *гідростатичним* (від грец. *hydro* — вода та *statos* — стоячий).

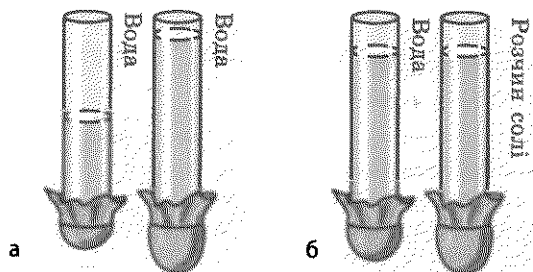


Рис. 19.3. Дослід, що доводить залежність тиску рідини від висоти її стовпчика та густини. За розтягненням гумової плівки видно: а — збільшення висоти стовпчика води спричиняє її більший тиск; б — рідина більшої густини створює більший тиск за однакової висоти стовпчиків

2 Спостерігаємо дію гідростатичного тиску

Залежність гідростатичного тиску певної рідини тільки від висоти її стовпчика вперше продемонстрував Блез Паскаль. Узявши бочку, до країв заповнену водою, дослідник герметично закрив її кришкою зі вставленою довгою тонкою трубкою. Забезпечивши герметичність з'єднання трубки й кришки, Паскаль налив у трубку лише одну склянку води. Вода заповнила всю трубку і створила на стінки та дно бочки додатковий тиск. Через те в бічних стінках бочки з'явилися щілини (рис. 19.4).



Рис. 19.4. У 1648 р. Блез Паскаль склянкою води розірвав бочку

Із закону Паскаля та існування гідростатичного тиску випливає: *тиск усередині нерухомої однорідної рідини на одному рівні є однаковим*. Погляньте на рис. 19.5: здавалося б, що тиск води на дні підводної печери менший, ніж на дні відкритого моря. Проте якби це дійсно було так, внаслідок більшого тиску вода з моря ринула б до печери. Але цього не відбувається.

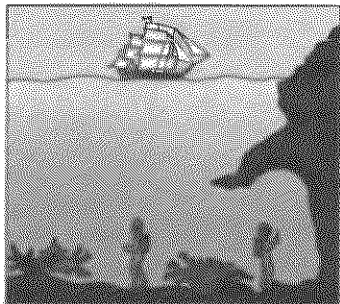


Рис. 19.5. Тиск води в печері дорівнює тиску води у відкритому морі

3 Учимося розв'язувати задачі

Задача. На дні басейна розташований круглий отвір, закритий пробкою. Яку мінімальну силу потрібно прикласти до пробки, щоб витягти її з отвору? У басейн налито воду до висоти 2 м, радіус пробки — 5 см. Масу пробки та силу тертя між пробкою та отвором не враховувати.

Дано:

$$h = 2 \text{ м}$$

$$r = 5 \text{ см} = 0,05 \text{ м}$$

$$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$g = 10 \text{ Н/кг}$$

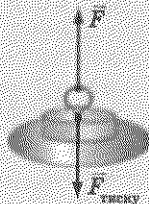
$$F = ?$$

Аналіз фізичної проблеми

Пробку заважає витягти сила тиску води в басейні. Масу пробки та силу тертя враховувати не потрібно, тому мінімальна сила, яка знадобиться для витягування пробки з отвору, за значенням дорівнює силі тиску води на пробку: $F = F_{\text{тиску}}$ (див. рисунок).

Пошук математичної моделі, розв'язання

Щоб знайти силу тиску води на пробку, скористаємося означенням тиску: $p = \frac{F_{\text{тиску}}}{S} \Rightarrow F_{\text{тиску}} = pS$ (1);



* Рівнем називають будь-яку горизонтальну поверхню.

формулою гідростатичного тиску води: $p = \rho gh$ (2);
формулою площі круга: $S = \pi r^2$ (3).

Підставивши у формулу (1) формули (2) і (3), отримаємо: $F_{\text{тиску}} = \rho gh \cdot \pi r^2$. Остаточно: $F = \pi \rho g h r^2$.

Перевіримо одиницю шуканої величини:

$$[F] = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot \text{м} \cdot \text{м}^2 = \frac{\text{кг} \cdot \text{Н} \cdot \text{м}^3}{\text{м}^3 \cdot \text{кг}} = \text{Н}.$$

Визначимо значення шуканої величини:

$$\{F\} = 3,14 \cdot 1000 \cdot 10 \cdot 2 \cdot (0,05)^2 = 157; F = 157 \text{ Н}.$$

Відповідь: слід прикласти силу 157 Н.

! Підбиваємо підсумки

Унаслідок притягання до Землі рідина створює тиск на дно посудини. Тиск p рідини на дно посудини називається гідростатичним і залежить тільки від густини ρ рідини та висоти h стовпчика рідини. Обчислюється гідростатичний тиск за формулою $p = \rho gh$.

Тиск усередині нерухомої однорідної рідини на одному рівні є однаковим.

? Контрольні запитання

1. Що спричиняє виникнення тиску рідини на дно посудини?
2. За якою формулою обчислюється гідростатичний тиск рідини?
3. Як змінюється тиск у рідині залежно від висоти стовпчика рідини? від густини рідини?
4. Опишіть дослід Б. Паскаля, за допомогою якого він продемонстрував залежність гідростатичного тиску певної рідини тільки від висоти її стовпчика.
5. Чому тиск усередині нерухомої однорідної рідини на одному рівні є однаковим?

Вправа № 19

1. Якщо занурити палець у склянку з водою, не торкаючись дна, чи зміниться сила тиску води на дно склянки? Якщо зміниться, то як?
2. Тиск води на дно посудини в точці А дорівнює 200 Па (рис. 1). Який тиск на дно створює вода в точках В, С?
3. На якій глибині тиск у машинному маслі становить 8 кПа?
4. Яких зусиль треба докласти, щоб відчинити люк підводного човна на глибині 50 м, якщо площа люка становить 0,2 м²?
5. У дві посудини налили рідину до одного рівня (рис. 2). Порівняйте тиски та сили тисків на дно посудин. Зробіть висновок.
6. Якою є маса дослідника (див. рис. 19.1), якщо площа стикання дошки, на якій він стоїть, і подушки дорівнює 800 см², а вода в трубі встановилася на висоті 1 м?

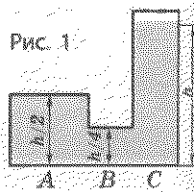
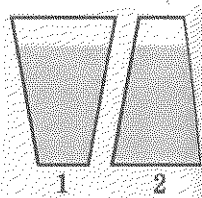


Рис. 2



? Експериментальне завдання

Занурте надуту повітрям гумову кульку у ванну з водою. Простежте за зміною об'єму кульки. Зробіть висновок. Визначте, на скільки змінився тиск повітря всередині кульки на максимальній глибині занурення.