

Тема 11. Механіка рідин та газів.

Тиск p – скалярна величина, що дорівнює відношенню сили, яка діє перпендикулярно до поверхні (сила тиску), до площі цієї поверхні:

$$p = \frac{F}{S}.$$

Одиниця тиску в СІ – паскаль (Па). 1 Па – це тиск, який створює сила 1 Н, що діє перпендикулярно до поверхні площею 1 м²: $1 \text{ Па} = \frac{1 \text{ Н}}{1 \text{ м}^2}.$

Закон Паскаля. Тиск, створюваний на нерухому рідину, передається рідиною однаково в усіх напрямках.

На законі Паскаля ґрунтується дія системи гальмування багатьох транспортних засобів, дія домкратів, насосів та інших *гідравлічних машин*.

Гідравлічний прес – це найпростіша гідравлічна машина, яку використовують для створення великих сил тиску. Він складається із двох сполучених між собою циліндрів різного діаметра, які заповнені робочою рідиною і закриті рухомими поршнями.

Виграш у силі для гідравлічних машин можна обчислити за формулою:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}.$$

Гідростатичний тиск

Тиск нерухомої рідини називають **гідростатичним тиском**. Він визначається за формулою:

$$p = \rho g h,$$

де ρ – густина рідини, h – висота стовпа рідини.

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

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

У відкритих сполучених посудинах стовпчик нерухомої рідини з меншою густиною буде вищим, ніж стовпчик нерухомої рідини з більшою густиною. Для двох відкритих сполучених посудин співвідношення висот стовпчиків рідин і густин цих рідин має вигляд:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}.$$

Закон Архімеда

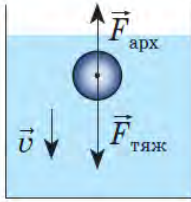
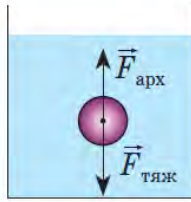
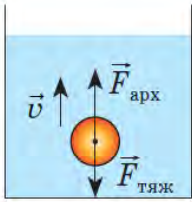
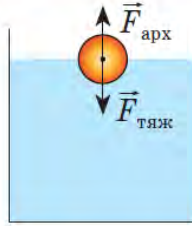
На тіло, занурене в рідину або газ, діє виштовхувальна сила, яка дорівнює:

$$F_{\text{арх}} = \rho g V,$$

де $F_{\text{арх}}$ – архімедова сила; ρ – густина рідини або газу; V – об'єм зануреної в рідину частини тіла.

Архімедова сила прикладена до центра зануреної частини тіла і напрямлена вертикально вгору.

Умови плавання тіл

Занурення	Плавання всередині рідини	Спливання	Плавання на поверхні рідини
 $F_{\text{тяж}} > F_{\text{арх}}$	 $F_{\text{тяж}} = F_{\text{арх}}$	 $F_{\text{тяж}} < F_{\text{арх}}$	 $F_{\text{тяж}} = F_{\text{арх}}$
$\rho_{\text{т}} > \rho_{\text{рід}}$	$\rho_{\text{т}} = \rho_{\text{рід}}$	$\rho_{\text{т}} < \rho_{\text{рід}}$	

1. Тіло тоне в рідині або газі, якщо густина тіла є більшою за густина рідини або газу.
2. Тіло плаває в товщі рідини або газу, якщо густина тіла дорівнює густині рідини або газу.

3. Тіло спливає в рідині чи газі або плаває на поверхні рідини, якщо густина тіла є меншою, ніж густина рідини або газу.

Приклад 1. На скільки відрізняється тиск у воді на глибині 10 м і 30 м? Відповідь запишіть у кПа. Прийняти $g = 10 \text{ м/с}^2$.

$$p = \rho gh ,$$

$$p_1 = 1000 \cdot 10 \cdot 10 = 100 \text{ кПа}$$

$$p_2 = 1000 \cdot 10 \cdot 30 = 300 \text{ кПа}$$

$$p_2 - p_1 = 300 - 100 = 200 \text{ (кПа)}$$

Відповідь: 200 кПа.

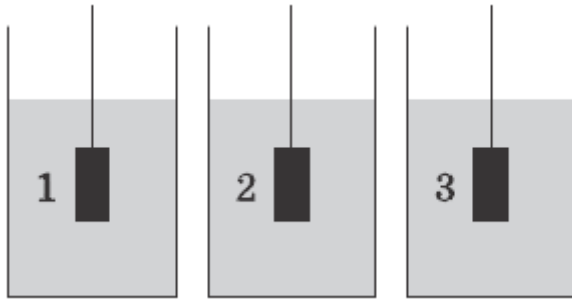
Приклад 2. М'яч піднімається з дна озера з прискоренням 1 м/с^2 . Маса м'яча 1 кг. Чому дорівнює сила Архімеда? Опором води знехтувати. Прийняти $g = 10 \text{ м/с}^2$.

$$ma = F_{\text{арх}} - F_{\text{тяж}},$$

$$F_{\text{арх}} = ma + mg = m(a+g) = 1 \cdot (1+10) = 11 \text{ (Н)}$$

Відповідь: 11 Н.

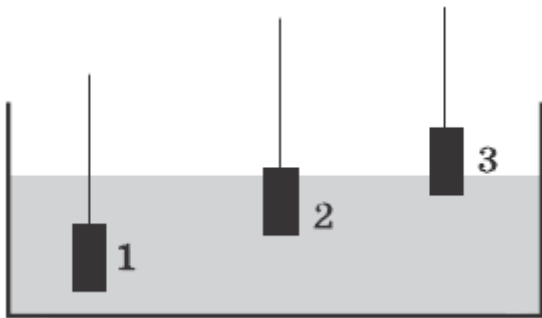
Приклад 3. Три однакові металеві циліндри занурили у склянки з рідинами (див. рисунок). Порівняйте сили Архімеда, що діють на циліндри, якщо в першій склянці – гас, у другій – вода, у третій – машинне масло.



- А Сили однакові в усіх трьох склянках
 Б У першій — найбільша, у третій — найменша
 В У другій — найбільша, у першій — найменша
 Г У третій — найбільша, у першій — найменша

Відповідь: В.

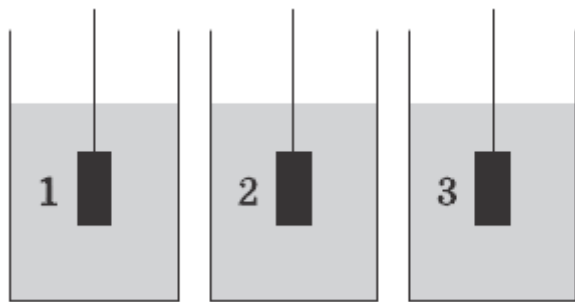
Приклад 4. У посудину з рідиною на нитках опускають суцільні металеві циліндри однакового об'єму так, як вказано на рисунку. Порівняйте густини металів, з яких виготовлені циліндри, якщо сили натягу ниток, на яких підвішені циліндри, однакові.



А $\rho_1 < \rho_2 < \rho_3$	Б $\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$	В $\rho_1 < \rho_3 < \rho_2$	Г $\rho_2 < \rho_1 < \rho_3$
------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------

Відповідь: Б.

Приклад 5. Три суцільні металеві циліндри однакового об'єму занурили у склянки з водою (див. рисунок). Порівняйте сили Архімеда, що діють на циліндри, якщо перший циліндр — мідний, другий — сталевий, третій — алюмінієвий.



- А** Сили однакові в усіх трьох випадках
- Б** Для першого — найбільша, для третього — найменша
- В** Для другого — найбільша, для третього — найменша
- Г** Для третього — найбільша, для першого — найменша

Відповідь: А.

Приклад 6 (1.108). Гідростат глибинної бомби встановлено на тиск води $5 \cdot 10^5$ Па. На якій глибині вибухне бомба?

$$p = \rho g h, \quad h = \frac{p}{\rho g} = \frac{5 \cdot 10^5}{1000 \cdot 10} = 50(\text{м})$$

Відповідь: 50 м.

Приклад 7 (1.114). Малий поршень гідравлічного преса за один хід опускається на відстань 0,2 м, а великий поршень піднімається на 0,01 м. З якою силою прес діє на затиснуте в ньому тіло, якщо на малий поршень діє сила 500 Н?

$$h_1 = 0,2 \text{ м}, \quad h_2 = 0,01 \text{ м}, \quad F_1 = 500 \text{ Н}.$$

$$V_1 = V_2, \quad S_1 h_1 = S_2 h_2, \quad \frac{S_2}{S_1} = \frac{h_1}{h_2},$$

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1} = \frac{h_1}{h_2} = \frac{0,2}{0,01} = 20.$$

$$F_2 = 20 F_1 = 20 \cdot 500 = 10000 \text{ (Н)} = 10 \text{ кН}.$$

Відповідь: 10 кН.

Приклад 8 (1.121). Прямокутна коробочка, маса якої дорівнює 76 г, площа дна 38 см^2 і висота 6 см плаває у воді. Знайти висоту надводної частини коробочки.

$$m = 76 \text{ г} = 0,076 \text{ кг}, \quad S = 38 \text{ см}^2 = 3,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2, \quad h = 6 \text{ см} = 0,06 \text{ м}$$

$$F_{\text{тяж}} = F_{\text{арх}}, \quad mg = \rho g V, \quad V_{\text{занур}} = m/\rho = 0,076/1000 = 7,6 \cdot 10^{-5},$$

$$V_{\text{занур}} = S \cdot h_{\text{занур}},$$

$$h_{\text{занур}} = V_{\text{занур}}/S = 7,6 \cdot 10^{-5} / 3,8 \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 10^{-2} = 2 \text{ см}$$

$$h_{\text{над водою}} = 6 - 2 = 4 \text{ см}.$$

Відповідь: 4 см.

Приклад 9 (1.125). Вага тіла у воді в три рази менша ніж у повітрі. Знайти густину матеріалу тіла.

$$P_{\text{у воді}} = mg - F_{\text{арх}} = mg - \rho_{\text{води}} g V = \rho_{\text{тіла}} V g - \rho_{\text{води}} g V = \\ = g V (\rho_{\text{тіла}} - \rho_{\text{води}})$$

$$P_{\text{у повітрі}} = mg = \rho_{\text{тіла}} V g = 3 P_{\text{у воді}} = 3 g V (\rho_{\text{тіла}} - \rho_{\text{води}}),$$

$$\rho_{\text{тіла}} = 3(\rho_{\text{тіла}} - \rho_{\text{води}})$$

$$\rho_{\text{тіла}} = 1,5 \rho_{\text{води}} = 1500 \text{ кг/м}^3 = 1,5 \text{ г/см}^3$$

Відповідь: $1,5 \text{ г/см}^3$.

Домашнє завдання:

1.109, 1.111, 1.115, 1.116, 1.119, 1.123.