

## УРОК 61

**Тема:** Виштовхувальна сила в рідинах і газах. Закон Архімеда.

**Мета:** Розкрити сутність та важливість виштовхувальної сили в фізиці.

**Компоненти ключових компетентностей:**

- ✓ **уміння** – учні дізнаються, що таке виштовхувальна сила, як вона виникає та як впливає на рух тіл та зрозуміють, як виштовхувальна сила використовується в різних областях, наприклад, в транспорті, інженерії та аерокосмічних технологіях.
- ✓ **ставлення** – вивчення теми допомагає створити науковий світогляд та розвиває аналітичне мислення.

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

**Тип уроку:** вивчення нового матеріалу.

**Можливі труднощі:** виконання дослідів, пов'язаних із виштовхувальною силою, може бути викликом. Учні повинні правильно виміряти об'єм рідини, вагу тіла та інші параметри.

## ХІД УРОКУ

### I. ПОЧАТКОВИЙ ЕТАП

### II. ОСНОВНА ЧАСТИНА

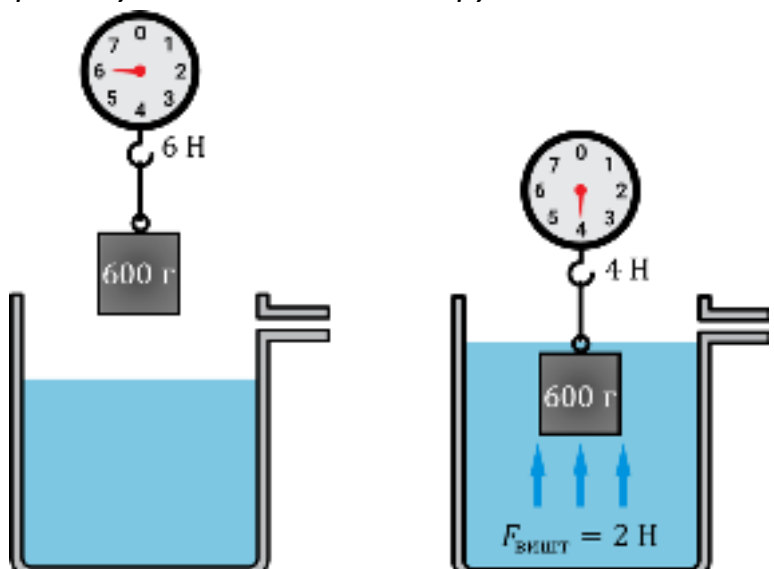
#### 1. Виштовхувальна сила

☺ Чому важкий камінь легше тримати у воді, ніж у повітрі? Чому м'яч, занурений у воду, виринає на поверхню? Чому повітряна куля піднімається вгору?

У всіх цих випадках діє **виштовхувальна сила**.

Прикріпимо кубик до гачка динамометра. Динамометр показує значення 6 Н. Опустимо кубик у воду. Тепер динамометр показує силу 4 Н. Отже, вода діє на камінець із силою 2 Н, направленою вертикально угору.

$$F_{\text{вишт}} = 6 \text{ Н} - 4 \text{ Н} = 2 \text{ Н}$$



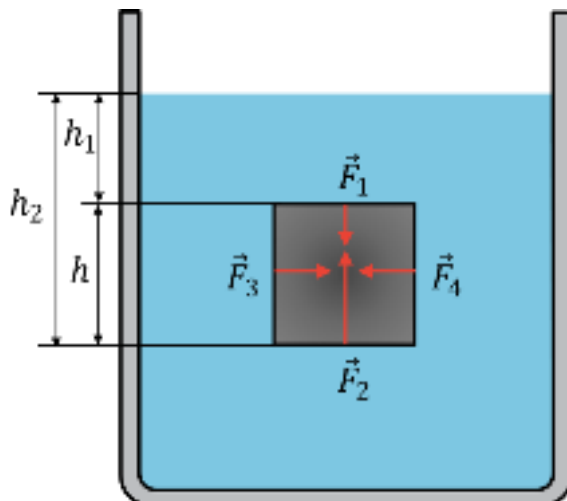
## 2. Архімедова сила

Виштовхувальну силу, що діє на тіло в рідині або газі, називають **архімедовою силою**, на честь давньогрецького вченого Архімеда (бл. 287-212 рр. до н.е.), який вперше дослідив цю силу.

Розглянемо кубик, занурений у рідину. На нього з усіх боків діють сили гідростатичного тиску рідини.

Сили гідростатичного тиску  $\vec{F}_3$  і  $\vec{F}_4$ , що діють на бічні грані кубика рівні за величиною, але протилежні за напрямком, тому вони врівноважують одна одну й не впливають на положення кубика. Під дією цих сил тіло тільки стискається.

Сили гідростатичного тиску  $\vec{F}_1$  і  $\vec{F}_2$ , що діють на верхню та нижню грані кубика, не зрівноважуються. Нижня грань перебуває на більшій глибині, ніж верхня ( $h_2 > h_1$ ), тому сила тиску  $F_2$  більша за силу тиску  $F_1$  ( $F_2 > F_1$ ). Рівнодійна цих сил дорівнює різниці значень сил  $\vec{F}_2$  і  $\vec{F}_1$  напрямлена в бік дії більшої сили, тобто вертикально вгору.



**По вертикалі вгору на кубик, занурений у рідину, діє сила, зумовлена різницею тисків на його нижню і верхню грані, – виштовхувальна сила (архімедова сила):**

$$F_{\text{арх}} = F_2 - F_1$$

$$F_1 = p_1 S = \rho_{\text{рід}} g h_1 S \quad F_2 = p_2 S = \rho_{\text{рід}} g h_2 S$$

$S$  – площа грані.

$$F_{\text{арх}} = \rho_{\text{рід}} g h_2 S - \rho_{\text{рід}} g h_1 S = \rho_{\text{рід}} g S (h_2 - h_1)$$

$h = h_2 - h_1$  – висота кубика.

$$F_{\text{арх}} = \rho_{\text{рід}} g S h$$

$V = S h$  – об'єм кубика.

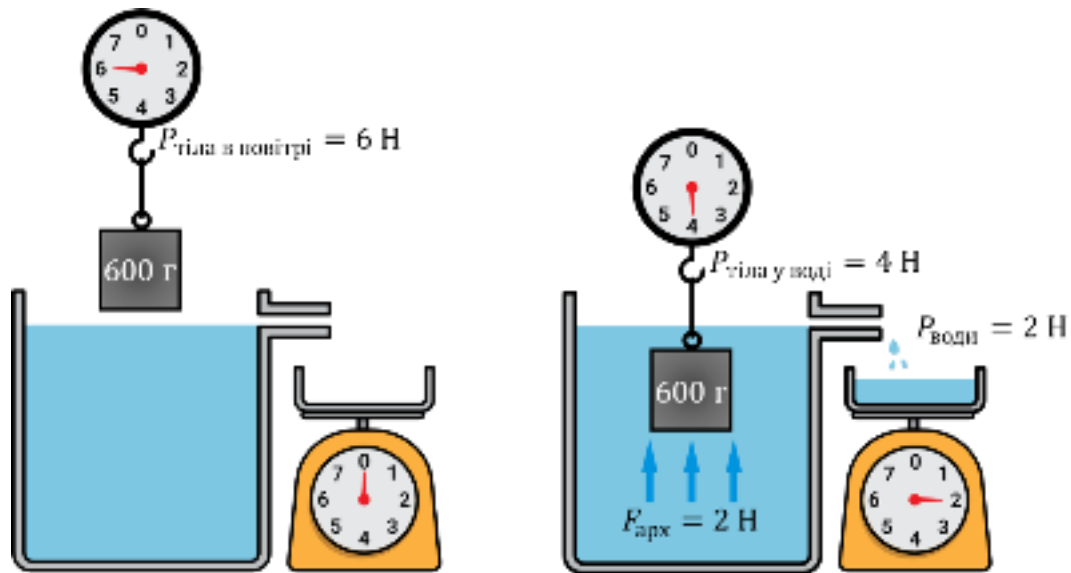
**Формула для розрахунку архімедової сили:**  $F_{\text{арх}} = \rho_{\text{рід}} g V$

$\rho_{\text{рід}} V$  – це маса рідини в об'ємі кубика, тобто маса рідини, об'єм якої дорівнює об'єму кубика. Оскільки  $\rho_{\text{рід}} V = m_{\text{рід}}$ , то  $F_{\text{арх}} = m_{\text{рід}} g = P_{\text{рід}}$ .

**Архімедова сила дорівнює вазі рідини в об'ємі зануреного в неї тіла:**

$$F_{\text{арх}} = P_{\text{рід}}$$

Тіло в повітрі важило 6 Н, у воді – 4 Н, виштовхувальна сила – 2 Н. Під час занурення тіло витіснило воду, вага якої 2 Н. Отже, виштовхувальна сила дорівнює вазі рідини, витісненої тілом.

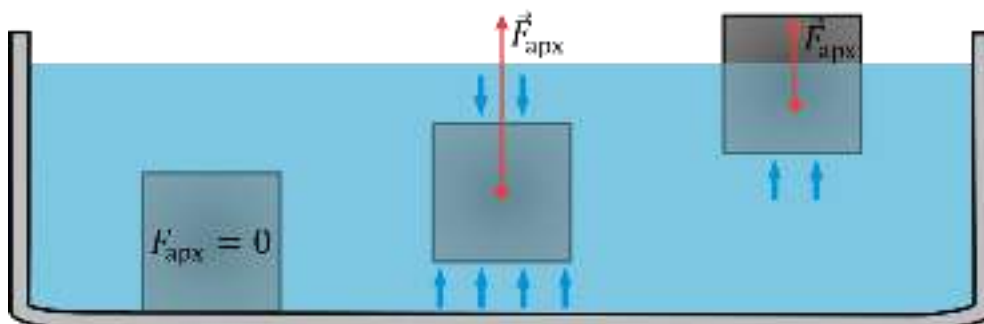


Ми розглянули випадок із кубиком, який був повністю занурений у рідину. Проте отриманий результат справджується для тіла будь-якої форми і у випадках, коли тіло занурене в рідину частково, – для розрахунків лише потрібно брати об'єм зануреної в рідину частини тіла. Крім того, результат справджується й для газів.

**Закон Архімеда:** На тіло, занурене в рідину або газ, діє виштовхувальна сила, яка дорівнює вазі рідини або газу в об'ємі зануреної частини тіла.

$$F_{\text{арх}} = \rho_{\text{рід(газу)}} g V_{\text{зан}}$$

$F_{\text{арх}}$  – архімедова сила;  $\rho_{\text{рід(газу)}}$  – густина рідини або газу;  $V_{\text{зан}}$  – об'єм зануреної частини тіла.



Архімедова сила прикладена до центра зануреної частини тіла і напрямлена вертикально вгору. Однак, коли тіло ляжить на дні та щільно до нього прилягає, рідину не може потрапити під тіло і створити виштовхувальну силу (силу Архімеда). У цьому випадку, щоб відірвати тіло від дна, потрібно подолати не тільки силу тяжіння, але й додатковий тиск рідини на верхню поверхню тіла. Наприклад, якщо підводний човен опуститься на глинисте дно і витіснить з-під себе воду, він не зможе самотійно піднятися, оскільки тиск води буде заважати цьому.

### 3. Легенда про Архімеда та золоту корону

Цар Сиракуз, Гієрон II, підозрював, що ювелір, який виготовив його золоту корону, міг підмішати в золото дешевші метали, щоб обманути царя. Архімеду було доручено перевірити, чи корона зроблена з чистого золота, але без пошкодження самої корони.

Спочатку Архімед визначив, що шматок чистого золота у 19,3 разів важчий такого ж об'єму води. Виходить, що густина золота у 19,3 разів більша густини води. Архімеду треба було знайти густину речовини корони. Якщо ця густина виявилася б більша густини води не у 19,3 разів, а в менше число разів, отже, корона була виготовлена не з чистого золота.

Багато днів Архімед міркував над цією задачею. Одного разу, перебуваючи у ванні, він занурився у воду і помітив, як вода переливається через край. Це раптово привело його до вирішення задачі: об'єм зануреного предмета дорівнює об'єму витісненої води.

Розуміючи значення цього відкриття, Архімед вибіг на вулиці, кричачи «Еврика!» («Знайшов!»).

Архімед зважив корону спочатку в повітрі, потім у воді. За різницею у вазі він розрахував виштовхувальну силу, рівну вазі води в об'ємі корони. Визначив потім об'єм корони, він зміг обчислити її густину, а, знаючи густину, дати відповідь на питання царя: чи немає домішок дешевих металів у золотій короні? Густина речовини корони виявилася менше густини чистого золота. Тим самим майстер був викритий в обмані.

Це завдання з короною привело Архімеда до дослідження плавання тіл і написання його відомої праці «Про плаваючі тіла», яка стала основою для вивчення виштовхувальної сили.



### III. РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ

1. Чому по кам'янистому дні річки не так боляче ходити босими ногами, як по кам'янистому березі?

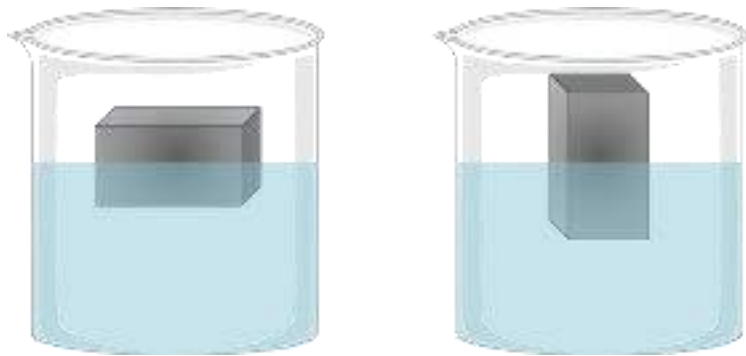
На кам'янисте дно людина чинить менший тиск через дію сили Архімеда у воді.

2. Чи однаковий натяг рибальської жилки, коли риба у воді і в повітрі?

Меншим буде натяг у воді через виштовхувальну силу.

3. В однакових посудинах з однаковою кількістю води плавають два однакових тіла. В якому рівень води вищий?

Рівень води однаковий за законом Архімеда: густина рідин однакова, об'єми занурених частин тіл також, що видно з малюнка.



4. Об'єм зануреної частини крижини складає  $450 \text{ м}^3$ . Визначте виштовхувальну силу, що діє на крижину. Для розрахунків взяти густину морської води.

**Дано:**

$$V_{\text{зан}} = 450 \text{ м}^3$$

$$\rho_{\text{м.вода}} = 1030 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$F_{\text{арх}} = ?$$

**Розв'язання**

$$F_{\text{арх}} = \rho_{\text{м.вода}} g V_{\text{зан}}$$

$$[F_{\text{арх}}] = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot \text{м}^3 = \text{Н}$$

$$F_{\text{арх}} = 1030 \cdot 10 \cdot 450 = 4635000 \text{ (Н)}$$

**Відповідь:**  $F_{\text{арх}} = 4,635 \text{ МН}$ .

5. Джастін Бекерман, підліток з Нью-Джерсі, побудував і обладнав свій власний підводний човен. Який об'єм зануреного підводного човна, якщо відомо, що у прісній воді на нього діє виштовхувальна сила  $1107 \text{ Н}$ ?

**Дано:**

$$F_{\text{арх}} = 1107 \text{ Н}$$

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

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$V = ?$$

**Розв'язання**

$$F_{\text{арх}} = \rho_{\text{вода}} g V$$

$$V = \frac{F_{\text{арх}}}{\rho_{\text{вода}} g}$$

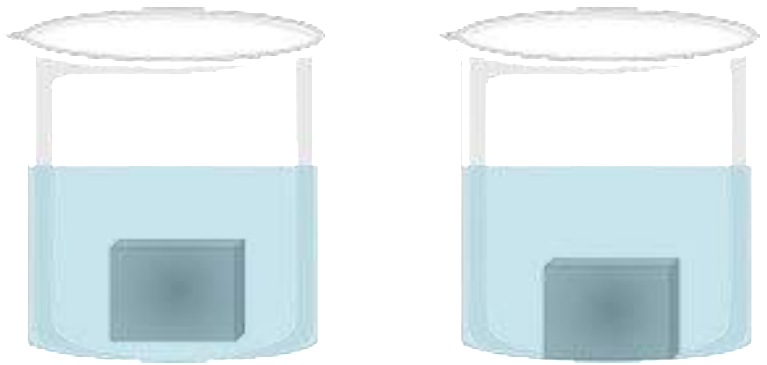
$$[V] = \frac{\text{Н}}{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{кг}}} = \frac{\text{Н}}{\frac{\text{Н}}{\text{м}^3}} = \text{м}^3$$

$$V = \frac{1107}{1000 \cdot 10} = 0,1107 \text{ (м}^3\text{)}$$

**Відповідь:**  $V = 0,1107 \text{ м}^3$ .

6. У посудині з рідиною на дні лежать два однакових тіла. Під перше підтікає вода, під друге – ні. Яке з тіл сильніше діє на дно посудини?

На перше тіло діє сила Архімеда, бо за умовою задачі, вода під нього підтікає. На друге тіло, яке щільно прилягає до дна, сила Архімеда не діє. Так як сила Архімеда спрямована вгору, то дія з боку першого тіла на дно посудини буде менше на значення виштовхувальної сили за силу, яка діє з боку другого тіла на дно посудини. Отже, сильніше діє на дно посудини тіло 2.



#### IV. УЗАГАЛЬНЕННЯ ТА ПІДСУМКИ

##### Обговорення вивченого матеріалу

1. Що є причиною виникнення виштовхувальної сили?
2. Куди напрямлена сила, яка діє з боку рідини або газу на тіло, що в них занурене?
3. Як ще називають виштовхувальну силу?
4. Чи втрачає вагу тіло, занурене в рідину або газ?
5. У яких випадках на тіло, занурене в рідину, не діє виштовхувальна сила?
6. Яка формула обчислення виштовхувальної сили?
7. Чому важливо розуміти силу Архімеда?

#### V. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

Опрацювати § 34, Вправа № 34 (1, 2, 3)

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