

Завдання з дисципліни «Фізика і Астрономія»

Заняття 1 курс

Тема: ГІДРОСТАТИКА. ТИСК РІДИН І ГАЗІВ. ЗАКОН АРХІМЕДА.

**Засвоєння нових знань.**

Під час відпочинку на різних водоймах ми спостерігаємо багато цікавих фізичних явищ. У багатьох виникали наступні питання:

*Чому важко занурити м'яч у воду і чому, як тільки ми його відпустимо, він вистрибує з води? Чому в морі легше плавати, ніж в озері? Чому у воді ми можемо підняти камінь, який у повітрі важко навіть зрушити з місця?*

З курсу фізики 7-го класу вам відомо, що результат дії сили залежить не тільки від її модуля, а й від площі тієї поверхні, перпендикулярно до якої вона діє.

**Тиск** — фізична величину, що чисельно дорівнює відношенню сили тиску ( $\overline{F_T}$ ) до площі поверхні ( $S$ ) вздовж якої діє ця сила.

$$p = \frac{F_T}{S}$$

Одиницею тиску в СІ є Паскаль  $1\text{Па} = 1\text{Н}/1\text{м}^2$ . Тиск вимірюють манометром.

На всі рідини на Землі діє гравітаційна сила, внаслідок чого рідина має вагу.

Тиск стовпа нерухомої рідини чи газу, що зумовлений їхньою вагою, називають **гідростатичним тиском**:

$$P = \rho gh$$

де  $h$  - висота стовпа рідини або газу над певним нульовим рівнем;  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ ;  $\rho$  — густина рідини (газу).

Гідростатичний тиск стовпа рідини не залежить ні від площі дна, ні від форми посудини в якій міститься рідина. Явище непропорційності тиску рідини на дно посудини вазі налитої в неї рідини називають гідростатичним парадоксом, або парадоксом Паскаля (Рис. 7.1). Тиск на дні всіх трьох посудин однаковий.

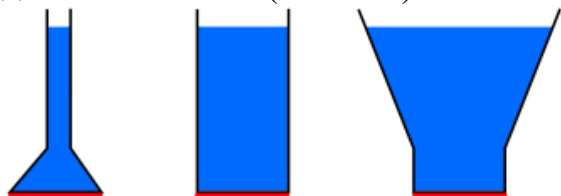


Рис. 7.1. Парадокс Паскаля

У 1648 році Б. Паскаль вставив у закриту діжку, наповнену водою, тонку трубку і, піднявшись на балкон другого поверху, влив у цю трубку кухоль води. Через малий діаметр трубки вода в ній піднялася до великої висоти, і тиск у діжці збільшився настільки, що кріплення діжки не витримали, і вона почала пропускати воду крізь щілини.

Крім того, Паскаль встановив, що зовнішній тиск, який чиниться на нерухому рідину або газ, передається ними в усіх напрямках однаково.

Це твердження одержало назву **закон Паскаля**.

Із закону Паскаля випливає, що якщо на поверхню рідини або газу площею  $S_1$  діє зовнішня сила  $F_1$ , то на поверхню площею  $S_2$  діє зовнішня сила  $F_2$ , причому

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} = p, \text{ де } p - \text{ тиск рідини або газу.}$$

Повний тиск у будь-якій точці рідини дорівнює  $p = p_0 + \rho gh$ , де  $p_0$  - тиск на відкритій поверхні рідини (зазвичай атмосферний тиск).

У стані рівноваги тиск усередині рідини або газу на одному рівні однаковий в усіх напрямках.

**Сполучені посудини. Гідравлічний прес.** Виходячи із закону Паскаля можна пояснити співвідношення між рівнями рідини, наливої в сполучені посудини (Рис. 7.2. а). Нагадаємо, сполученими посудинами називають посудини, з'єднані між собою в нижній їх частині так, що рідина може перетікати з однієї посудини в іншу.

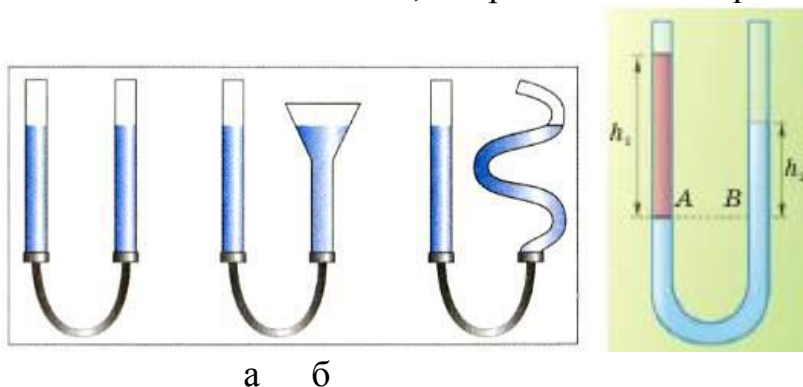


Рис.7.2. Розподіл рівнів рідин у сполучених посудинах

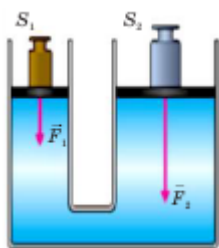
У сполучених посудинах будь-якої форми поверхні однорідної рідини встановлюються на однаковому рівні (за умови, що тиск повітря над рідиною однаковий).

Якщо рідини мають різну густину, то висоти їх стовпів над рівнем розподілу цих рідин обернено пропорційні до їхніх густин.

Якщо в одну зі сполучених посудин наливо рідину однієї густини, а в другу - іншої, то при рівновазі рівні цих рідин не будуть однакові (мал. 7.2, б). У цьому випадку співвідношення між густинами рідин та їхніми висотами пов'язані між собою законом.

**Висоти стовпів рідин над рівнем їхнього розподілу обернено пропорційні до густин цих рідин.**

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



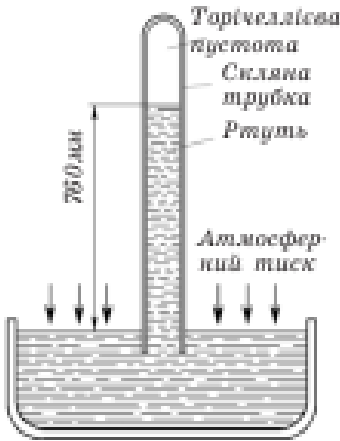
Закон Паскаля дає змогу пояснити принцип дії гідравлічних машин. Основною їхньою частиною є два циліндри різного діаметра, забезпечені поршнями і сполучені трубкою. Простір під поршнями і трубку заповнюють рідиною (зазвичай мастилом).

Гідравлічну машину, в якій за допомогою гідравлічних циліндрів створюється велика стискаюча сила, називають гідравлічним пресом. Гідравлічний прес складається з двох сполучених посудин різного діаметра, закритих поршнями і заповнених рідиною. Виграш у силі, що дає гідравлічний прес,

визначається за формулою:

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

**Атмосферний тиск.** Планета Земля оточена газовою оболонкою - атмосферою. Молекули газів, які входять до складу атмосфери, перебувають у неперервному русі. Внаслідок гравітаційної взаємодії із Землею атмосфера діє з певною силою на тіла, що перебувають поблизу земної поверхні і зумовлюють атмосферний тиск.



Вперше атмосферний тиск виміряв у XVII ст. італійський учений Еванджеліста Торічеллі, учень Галілео Галілея

Шари повітря біля поверхні Землі стиснуті шарами повітря, які лежать над ними. Чим вище від поверхні Землі шар повітря, тим менше він стиснутий, тим менша його густина, а отже, тим менший атмосферний тиск. Спостереження показують, що атмосферний тиск у місцевостях, які лежать на рівні моря, в середньому врівноважується ртутним стовпом у 760 мм рт. ст. за температури 0°C. Цей тиск називають нормальним атмосферним тиском. Нормальний атмосферний тиск  $p_{\text{ат}} = 760 \text{ мм рт. ст.} = 101\,300 \text{ Па}$ .

*Чим більша висота над рівнем моря, тим менший тиск. При невеликих підйомах у середньому на кожні 11 м підйому тиск зменшується на 1 мм рт. ст. = 133,3 Па.*

Атмосферний тиск вимірюють барометром. Різницю між атмосферним тиском і тиском газу у резервуарі вимірюють манометром.

Знаючи залежність тиску від висоти, можна за зміною показів барометра визначити висоту над рівнем моря.

### Закон архімеда.

Проведемо декілька дослідів

Підвісимо до пружини тіло (Рис. 7.5. а). У зв'язку з тим що на тіло діє сила тяжіння  $F_{\text{тяж}}$ , пружина розтягнеться. Тіло перебуватиме в рівновазі, тому що сила тяжіння і сила пружності  $F_{\text{пр}}$ , які діють на тіло, рівні за значенням, але протилежні за напрямком. Зануримо це тіло у воду. Видовження пружини зменшиться. Маса тіла не змінювалась, відтак, сила тяжіння, яка діє на тіло, також не змінилася. Отже, зменшилася сила пружності.

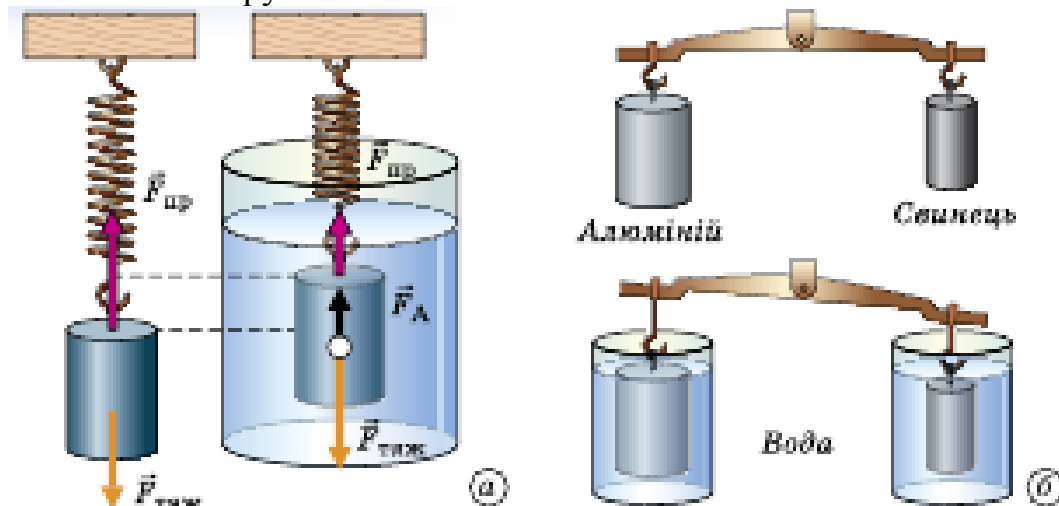


Рис.7.4. Виштовхувальна сила та її дія

Звідси можна зробити висновок, що з боку води на тіло діє сила, яка його виштовхує з води. Цю силу називають **виштовхувальною силою, або архімедовою силою (силою Архімеда)**.

Цим самим можна пояснити, чому ми під водою можемо легко підняти камінь, який з великим зусиллям утримуємо в повітрі. Якщо занурити м'яч під воду, то він вистрибне з води.

Гази багато в чому подібні до рідин. На тіла, розміщені в газах, також діє виштовхувальна сила. Саме під дією цієї сили повітряні кулі, метеорологічні зонди, дитячі кульки, наповнені воднем, піднімаються вгору.

*А від чого залежить виштовхувальна сила?*

Два тіла різного об'єму, але однакової маси зануримо повністю в одну й ту саму рідину (воду). Ми бачимо, що тіло більшого об'єму виштовхується з рідини (води) з більшою силою (Рис. 7.4. б).

**Виштовхувальна сила (сила Архімеда) залежить від об'єму зануреного в рідину тіла. Що більший об'єм тіла, то більша виштовхувальна сила діє на нього.**

Зануримо повністю два тіла однакового об'єму й маси в різні рідини, наприклад воду й гас (Рис. 7.5). Порушення рівноваги в цьому разі свідчить про те, що у воді на тіло діє більша виштовхувальна сила, це можна пов'язати з тим, що густина води більша, ніж густина гасу.

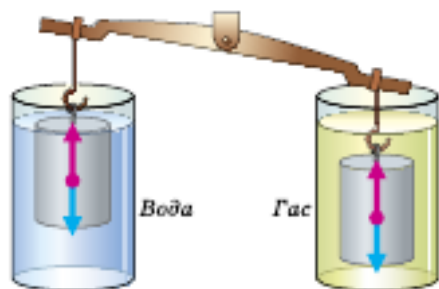


Рис. 7.5. Залежність виштовхувальної сили від густини рідини

**Виштовхувальна сила (сила Архімеда) залежить від густини рідини, у яку занурене тіло. Що більша густина рідини, то більша виштовхувальна сила діє на занурене в неї тіло.**

Узагальнюючи результати спостережень і дослідів, можна зробити такий висновок.

**На тіло, занурене в рідину (газ), діє виштовхувальна сила (сила Архімеда), яка дорівнює вазі рідини (газу), витиснутої цим тлом.**

Це твердження називають **законом Архімеда**. На основі закону Архімеда можна одразу записати формулу для обчислення виштовхувальної сили, але, щоб краще зрозуміти, унаслідок чого вона виникає, виконаємо прості розрахунки. Для цього розглянемо тіло у формі прямокутного

бруска, зануреного в рідину так, що його верхня і нижня грані розташовані паралельно поверхні рідини (Рис. 7.6). Подивимося, яким буде результат дії сил тиску на поверхню цього тіла.

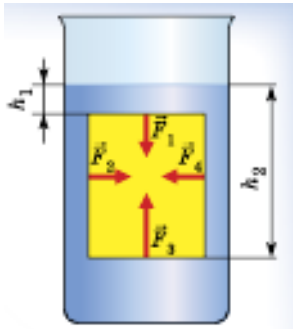


Рис.7.6. До закону Архімеда

Відповідно до закону Паскаля горизонтальні сили  $F_2$  і  $F_4$ , що діють на симетричні бічні грані бруска, попарно рівні за значенням і протилежно напрямлені. Вони не виштовхують брусок вгору, а тільки стискають його з боків. Розглянемо сили гідростатичного тиску на верхню і нижню грані бруска.

Нехай верхня грань площею  $S$  розташована на глибині  $h_1$ , тоді сила тиску  $F_1$  на неї дорівнюватиме:  $F_1 = g \rho_p h_1 S$ , де  $\rho_p$  - густина рідини.

Нижня грань бруска площею  $S$  розташована на більшій глибині  $h_2$ , тому сила тиску  $F_3$  на неї буде також більшою за  $F_1$ :  $F_3 = g \rho_p h_2 S$ .

Обидві сили тиску  $F_1$  і  $F_2$  діють уздовж вертикалі, їхня рівнодійна й буде силою Архімеда  $F_A$ , яка напрямлена вгору в бік більшої сили  $F_3$ , а її значення дорівнюватиме різниці сил  $F_3$  і  $F_1$ :

$$F_A = F_3 - F_1 = g \rho_p h_2 S - g \rho_p h_1 S = g \rho_p S (h_2 - h_1).$$

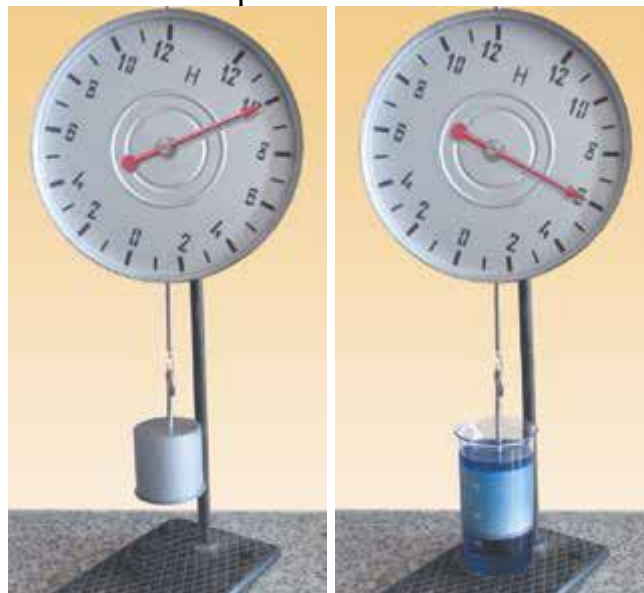
Оскільки різниця  $h_2 - h_1$  є висотою бруска, то добуток  $S(h_2 - h_1)$  дорівнює об'єму тіла  $V_T$ . Ми остаточно одержуємо формулу, яка є **математичним виразом закону Архімеда**:

$$F_A = g \rho_p V_T.$$

Дійсно, оскільки рідина не стискається, то об'єм витиснутої тілом рідини дорівнює об'єму цього тіла і добуток  $\rho_p V_T$  дорівнює масі рідини  $m_p$  в об'ємі тіла  $V_T$ . У свою чергу, добуток  $g m_p$  є вагою цієї рідини.

З наведеного розрахунку наочно видно, що виштовхувальна (архімедова) сила виникає внаслідок того, що значення гідростатичного тиску на різних глибинах неоднакові й збільшуються з глибиною.

Архімедову силу можна визначити експериментально.



4. Підвісимо тіло до дина-

мометра. На тіло діє сила тяжіння майже 10 Н. Зануримо тіло в рідину. Динамометр показує 6 Н. Визначимо різницю показів динамометра. Вона дорівнює 4 Н. Отже, на тіло діє сила Архімеда, яка дорівнює 4 Н.

Отже, під час занурення тіла в рідину або газ його вага зменшується. Щоби визначити вагу тіла, зануреного в рідину, необхідно знайти різницю між його вагою в повітрі ( $P_0$ ) та силою Архімеда ( $F_A$ ):

$$P = P_0 - F_A.$$

Знаючи густину тіла і густину рідини, можна передбачити, як поводитиме себе тіло в рідині або газі:

- якщо густина тіла більша за густину рідини або газу,  $\rho_t > \rho$ , то воно тоне;
- якщо густина тіла дорівнює густині рідини або газу,  $\rho_t = \rho$ , то тіло плаває всередині рідини або газу;
- якщо густина тіла менша за густину рідини або газу,  $\rho_t < \rho$ , то тіло спливає.