

ЧОМУ
ТИСНІВ?

АТМОСФЕРА?

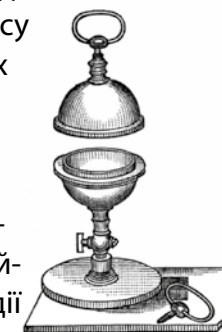
Історія дослідження атмосферного тиску розпочалася давно, з відомих кожному школяреві дослідів Отто фон Геріке та Єванджеліста Торрічеллі. Але, незважаючи на це, і досі наша атмосфера має чим нас здивувати. Цікаво, що **99 %** повітря знаходиться не вище 30 км від поверхні. Тобі здається, що це велика висота? Але це приблизно **0,24 %** у порівнянні з діаметром нашої планети. Подивися на шкільний глобус: товщина атмосфери у такому масштабі приблизно рівна товщині паперу, яким обклеєний глобус!

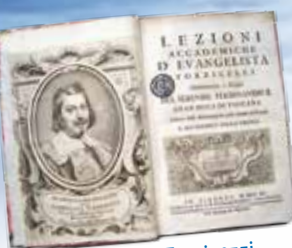


Отто фон Геріке

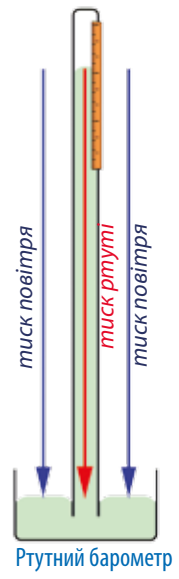
Тепер з'ясуємо, чому існує атмосферний тиск? Все просто: повітря, як і будь-який газ, що міститься у закритій посудині, чинить тиск на її стінки завдяки руху молекул. Рухаючись із швидкостями в сотні метрів на секунду, мікроскопічні легенькі молекули стикаються між собою, вдаряють у стінки посудини, і ці мільярди мільярдів ударів, власне, і створюють тиск. Але ж ти здогадуєшся: якщо посудину відкрити, то молекули розлетяться врізнобіч, і тиск у посудині зменшиться. Чому ж так не відбувається з атмосферою Землі? Звичайно ж, „винувата” у цьому сила земного тяжіння, яка утримує молекули. Деякі особливо швидкі молекули все ж вилітають у відкритий космос, і тому маса земної атмосфери щороку зменшується приблизно на **100 тонн!** Цифра вражаюча, але не катастрофічна: атмосфери вистачить ще надовго, особливо, якщо врахувати, що основні втрати – це легкі гази (водень і гелій), а вся наша атмосфера має масу понад **$5 \cdot 10^{18}$ кг**. Вміст відносно важких і так необхідних нам молекул кисню, азоту та водяної пари практично не змінюється.

Отже, природа атмосферного тиску така ж, як і тиску води – це звичайний ваговий тиск, який існує завдяки дії





Єванджеліста Торрічеллі



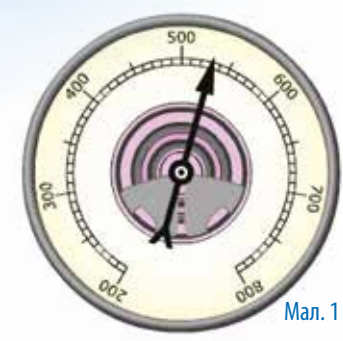
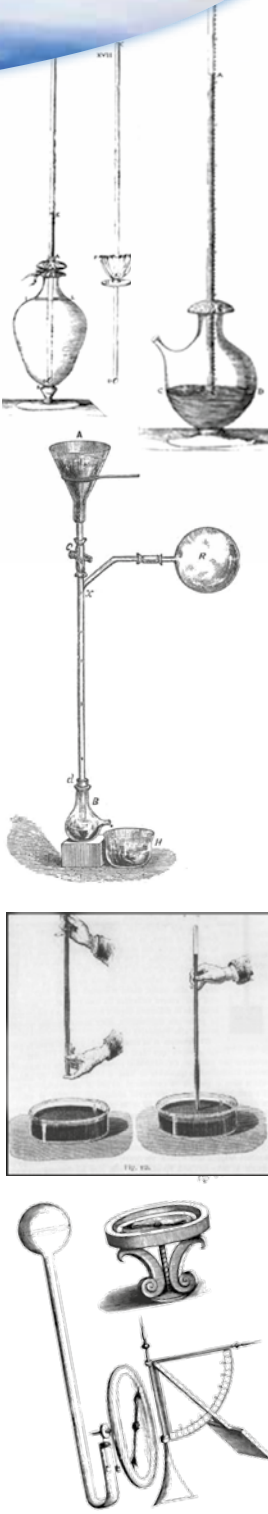
Ртутний барометр

сили тяжіння. Тож не дивно, що з висотою атмосферний тиск зменшується, адже у нас над головою залишається стовп повітря дедалі меншої висоти. Щоправда, є істотні відмінності. Тиск стовпа рідини пропорційний до висоти (здадай формулу $p = \rho g h$), а тиск повітря спадає з висотою нелінійно. Справа у тому, що повітря, на відміну від рідин, дуже стисливе, тому його густина швидко зменшується з висотою.

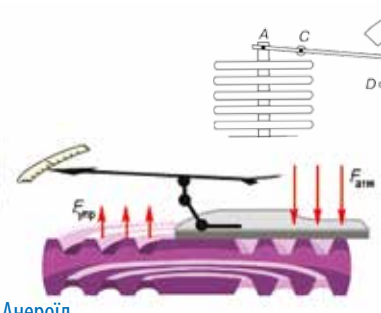
В існуванні атмосферного тиску легко переконатися дослідним шляхом. Завдяки його наявності прилипають присоски; саме атмосферний тиск штовхає сік у соломинку, з якої ми висмоктуємо повітря; вдихнути повітря у легені без атмосферного тиску також було би неможливо. До речі, без атмосферного тиску вода кипіла б не при 100°C , а приблизно за 0°C , оскільки ніщо б не заважало молекулам води „вистрибувати” з неї¹.

А як виміряти атмосферний тиск? Вперше це вдалося Торрічеллі. Він заповнив запаяну з одного кінця трубку завдовжки метр ртуттю. Потім відкритий кінець помістив у посудину з ртуттю. Частина рідини вилася з трубки, а частина залишилася. Торрічеллі помітив, що висота стовпчика ртуті з часом то збільшується, то зменшується, а згодом було встановлено зв'язок зміни тиску з погодою: зниження тиску – до хмарної погоди і опадів, підвищення – до ясної. Це і не дивно, адже вологе повітря має меншу густину і створює менший тиск. Різкі коливання тиску – до сильного вітру. Так з'явився перший барометр: дві сполучені посудини, одна з яких – метрова скляна трубка, заповнена ртуттю, а друга – атмосфера Землі, заповнена повітрям.

Із шкільного курсу фізики ти знаєш, що рівень сполучених посудин змінюється, доки тиски в обох посудинах



Мал. 1 Анероїд.



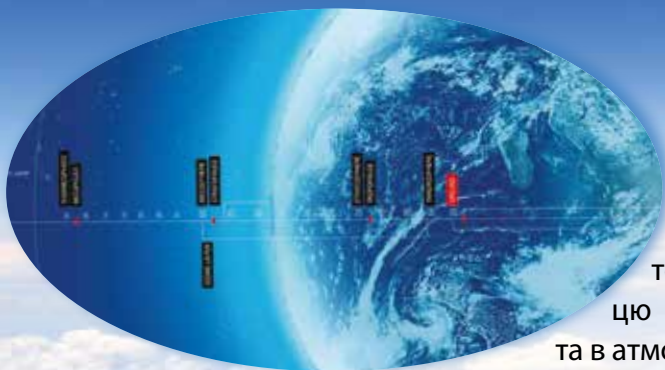
не вирівнюються. Так є і у випадку з барометром: висота стовпчика ртуті у трубці змінюється, доки її тиск не вирівняється з атмосферним. Вимірявши лінійкою висоту цього стовпчика, можна обчислити атмосферний тиск у міліметрах ртутного стовпчика. Часто ніяких розрахунків не проводять, а так і кажуть: сьогодні атмосферний тиск **760 міліметрів ртутного стовпчика**². Звичка вимірювати атмосферний тиск лінійкою так укорінилася, що навіть після винайдення барометрів-анероїдів, у яких нема ні ртуті, ні стовпчиків, атмосферний тиск вимірюють і у міліметрах ртутного стовпика, і у паскалях. Замість ртуті у рідинних барометрах можна використовувати і інші рідини, наприклад, воду. Але щоб урівняти атмосферний тиск, трубка з водою має бути заввишки понад **10 метрів**, і користуватися таким приладом буде не дуже зручно.

Згодом ртутні барометри практично перестали використовувати: вони громіздкі, а пари ртуті – отруйні. Винайшли безрідинні барометри-анероїди (гр. **α** – **заперечення**, **νῆρος** – **вода**). Такий барометр „відчуває” тиск атмосфери невеликою металевою коробочкою, усередині якої – вакуум. Що сильніше повітря стискає коробочку, то більше відхиляється стрілка, з'єднана з коробочкою. Але ці барометри мають невелику точність, а з часом потребують повторного регулювання через зміну пружних властивостей сталі, з якої виготовлено деталі барометра.

Виготовити саморобний барометр на кшталт промислових зразків досить складно. Де взяти металеву коробочку? Як створити всередині неї вакуум? А ртутний – дорогий і небезпечний. Якщо спростити задачу і не прагнути виміряти тиск, а лише його зміни, то згодиться барометр Гете. Виготовити модель такого приладу нескладно з підручних матеріалів: порожньої скляної або жорсткої пластикової пляшки, прозорої трубки та підфарбованої води (мал. 2).

¹Продемонструвати прояви атмосферного тиску можна різними дослідями-фокусами, про які вже писав журнал „Колосок”, наприклад, у № 5 2010 р.

²760 мм рт. ст або 101325 Па — це нормальний атмосферний тиск на рівні моря



У такому барометрі над водою у закритій посудині міститься повітря, тому прилад показує різницю тисків усередині посудини та в атмосфері. Щоби він був точним, градувати та використовувати його необхідно за сталої температури.

Щоб випробувати чутливість приладу, знайди найнижчу точку у будинку або спустися у підвал. Познач рівень води у відкритій трубці, а потім піднімися з приладом на другий поверх або на горище (слідкуй за сталістю температури у посудині з повітрям і уникай її контакту з нагрівальними приладами та твоїм тілом). Ти помітиш, що рівень води піднявся на кілька міліметрів, отже, тиск ззовні зменшився. Щоб визначити зміну тиску, виміряй різницю рівнів води у лівій та правій частині трубки (наприклад, $\Delta h = 1 \text{ мм}$). Тоді різниця тисків:

$$\Delta p = \rho g \Delta h = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \times 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \times 0,001 \text{ м} = 9,8 \text{ Па}$$

Як відомо, поблизу поверхні Землі на кожен метр висоти тиск змінюється приблизно на **12,5 Па**. Отже, ми піднялися майже на 8 метрів. Чутливість приладу зростає, якщо збільшити об'єм посудини і її жорсткість. Тоді тиск у ній менше залежатиме від механічних навантажень та зміни об'єму повітря, спричиненого рухом рідини у трубці.

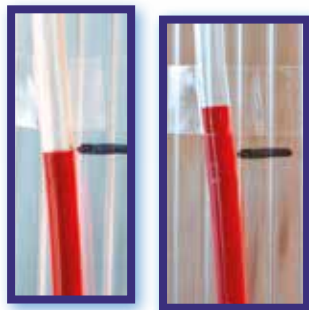
Дань історії – це чудово, але ж надворі XXI століття! Якщо у тебе є мінімальні навички роботи з паяльником та приятель-радіоаматор, можна виготовити високочутливий і точний барометр. Тобі знадобить-



Барометр Гете



Мал. 2. Модель барометра Гете



Радіодеталі, датчик тиску



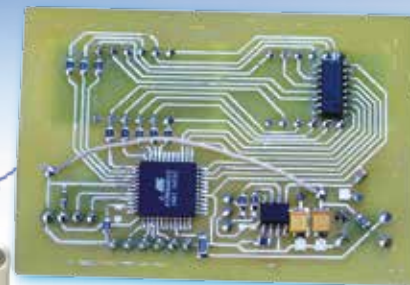
Барометр (атмосферний тиск 98871 Па)



Зміна тиску з висотою



Зміна тиску з висотою



Плата з елементами



Плата з елементами

ся трохи радіодеталей, серед яких обов'язково має бути електронний датчик атмосферного тиску, який працює за рахунок тензо-резистивного ефекту (детальна інформація щодо принципу його роботи належить компанії Bosh і не розголошується). Після „чарівних” рухів паяльником та ще деякими інструментами, а також кількох вечорів, витрачених на написання програми для мікроконтролера, матимеш чудовий прилад, який фіксуватиме зміни атмосферного тиску на **1-2 Па**.

Ми звикли вважати, що тиск усередині кімнати всюди однаковий, але з таким приладом можна перекоонатися, що це не так. А занурившись трохи глибше у теорію розрахунку залежності атмосферного тиску від висоти та температури, маючи навички у написанні програм на „Асемблері” або „С++”, ти зможеш виготовити альтиметр (прилад для вимірювання висоти) або ще досконаліший барометр та провести інші захоплюючі дослідження атмосферного тиску.



Шарий Андрій Михайлович, учитель фізики Кувечицької ЗОШ І-ІІ ступенів Чернігівської області фіналіст І Всеукраїнського Інтернет-конкурсу „УЧИТЕЛЬ РОКУ-2016” за версією науково-популярного природничого журналу „КОЛОСОК”