

§ 20. АТМОСФЕРНИЙ ТИСК ТА ЙОГО ВИМІРЮВАННЯ. БАРОМЕТРИ. ЗАЛЕЖНІСТЬ АТМОСФЕРНОГО ТИСКУ ВІД ВИСОТИ

? Коли ми робимо, наприклад, ковток чаю, навряд чи розмірковуємо над фізикою цього процесу. Проте це, так само як і багато інших явищ, відбувається завдяки тиску повітря, що нас оточує. Відкриємо для себе деякі важливі властивості цього тиску і навчимося його вимірювати.

1 Переконаємося в існуванні атмосферного тиску та спостерігаємо його дію

Повітря, що оточує Землю, притягується до Землі та створює тиск на її поверхню і всі тіла поблизу неї. Це — *атмосферний тиск*.

Атмосферний тиск зумовлює існування всмоктування — підняття рідини за поршнем (у насосах, шприцах, авторучках тощо) (рис. 20.1). Якщо почати піднімати ручку поршня, то атмосферний тиск, впливаючи на вільну поверхню рідини в посудині, нагнітатиме рідину по трубці вгору, у порожнечу під поршнем. Ззовні все виглядає так, начебто рідина піднімається за поршнем сама по собі.

До речі, протягом тривалого часу це явище залишалося одним із доказів для відомого висновку Арістотеля, що «природа боїться порожнечі». Проте у середині XVII ст. в ході спорудження фонтанів у Флоренції зіткнулися з незрозумілим — виявилось, що вода, яка всмоктується насосами, не піднімається вище за 10,3 м (рис. 20.2). Галілео Галілей запропонував розібратися в цьому своїм учням — *Еванджелісті Торрічеллі та Вінченцо Вівіані*. Розв'язуючи цю проблему, Е. Торрічеллі (1608–1647) уперше довів існування атмосферного тиску.

2 Вимірюємо атмосферний тиск

Скляну трубку завдовжки близько метра, запаяну з одного кінця, Торрічеллі наповнив доверху ртуттю. Потім, щільно закривши отвір пальцем, перевернув трубку, опустив її в чашу із ртуттю і прибрав палець — частина рі-

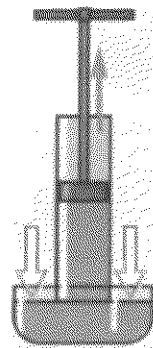


Рис. 20.1. Рідина піднімається за поршнем, тому що на вільну поверхню рідини в чашці діє атмосферне повітря

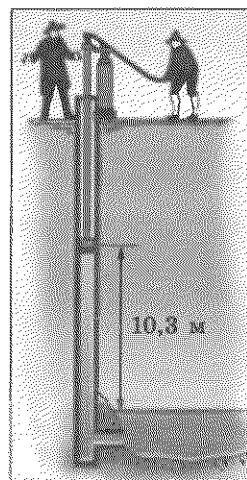


Рис. 20.2. У 1638 р. не вдалося прикрасити сади Флоренції фонтанами, оскільки вода не піднімалася вище за 10,3 м

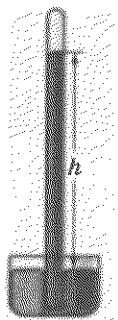


Рис. 20.3. Моделювання досліду Е. Торрічеллі: висота h ртуті в трубці завжди становить близько 760 мм

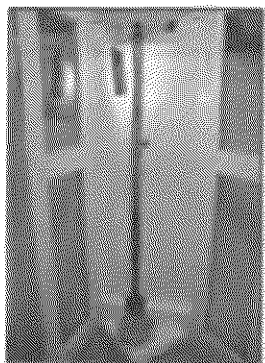


Рис. 20.4. Сучасний ртутний барометр

дини з трубки вилилася в чашу. У трубці залишився стовп ртуті приблизно 760 мм заввишки, а над ртуттю утворилася порожнина (рис. 20.3). Провівши численні досліди, Торрічеллі встановив: висота стовпа ртуті, що залишається в трубці, не залежить ані від довжини трубки, ані від її ширини. Висота трохи змінювалася тільки залежно від погоди.

Торрічеллі зумів також знайти відповідь на те, чим визначається така висота стовпчика ртуті. Однорідна рідина в трубці та чашці не рухається, і це означає, що тиск на поверхню ртуті з боку атмосфери та гідростатичний тиск стовпчика ртуті в трубці є однаковими. Тобто тиск стовпчика ртуті висотою 760 мм дорівнює атмосферному.

Удосконалена так звана трубка Торрічеллі з лінійкою є найпростішим *барометром* — приладом для вимірювання атмосферного тиску (рис. 20.4).

Тиск 760 мм рт. ст. називають *нормальним атмосферним тиском*. Подамо його в одиницях СІ — паскалях. Відомо, що гідростатичний тиск стовпчика ртуті обчислюють за формулою $p = \rho gh$; густина ртуті становить $\rho = 13\,600 \text{ кг/м}^3$; $g = 9,8 \text{ Н/кг}$; висота стовпчика ртуті $h = 0,76 \text{ м}$. Отже: $p = \rho gh = 13\,600 \text{ кг/м}^3 \times 9,8 \text{ Н/кг} \cdot 0,76 \text{ м} = 101\,325 \text{ Па} \approx 101 \text{ кПа}$.

У фізиці та техніці також використовують позасистемну одиницю атмосферного тиску — *атмосферу (атм)*: $1 \text{ атм} = 100 \text{ кПа}$.

3

Вивчаємо конструкцію барометра anerоїда

Барометр Торрічеллі є досить точним приладом, але великий розмір, отруйні пари ртуті та скляна трубка роблять його незручним для повсякденного користування. Тому сьогодні частіше застосовують так звані *барометри-анероїди* (рис. 20.5, а).

Головна частина барометра-анероїда — легка і пружна порожня металева коробочка 1 (рис. 20.5, б) з гофрованою (ребристою) поверхнею. Повітря в коробці практично немає. До стінки коробочки прикріплена стрілка 2, насаджена на вісь 3. Кінець стрілки пересувається по шкалі 4, розміченій у міліметрах ртутного стовпа або паскалях. Усі деталі барометра поміщено всередину корпусу, спереду закритого склом.

Зміна атмосферного тиску приводить до зміни сили, що стискає стінки коробочки. Отже, змінюватиметься й вигин стінок. Вигин стінок коробочки передається стрілці й спричиняє її рух.

Барометри-анероїди зручніші у використанні, ніж ртутні прилади, вони легкі, компактні та безпечні.

4 Виявляємо залежність атмосферного тиску від погоди та висоти

Спостерігаючи за барометром, можна легко виявити, що його показання змінюються в разі зміни погоди. Зазвичай атмосферний тиск перед негодою падає, а перед сонячною погодою зростає.

Проте показання барометра залежать не тільки від погоди, а й від висоти місця спостереження над рівнем моря. Чим вище підніматися вгору, тим меншим ставатиме атмосферний тиск. З'ясовано, що *поблизу поверхні Землі тиск змінюється так: через кожні 11 м висоти тиск зменшується приблизно на 1 мм рт. ст.*

Завдяки тому що атмосферний тиск залежить від висоти, барометр можна проградуювати таким чином, щоб за тиском повітря визначати висоту. Так був отриманий *альтиметр* — прилад для вимірювання висоти (рис. 20.6).

! Підбиваємо підсумки

Тиск повітря на поверхню Землі та на всі тіла поблизу неї називають атмосферним тиском.

За нормальне значення атмосферного тиску умовно прийнято тиск у 760 мм рт. ст. (в СІ це дорівнює 101 325 Па, або приблизно 101 кПа = 10^5 Па) за температури 0 °С.

Точне вимірювання атмосферного тиску забезпечує ртутний барометр (барометр Торрічеллі). На практиці користуються барометрами-анероїдами завдяки їх зручності, невеликим розмірам та безпечності.

За допомогою барометрів можна прогнозувати зміну погоди та визначати висоту: атмосферний тиск зменшується з висотою, а також перед негодою.

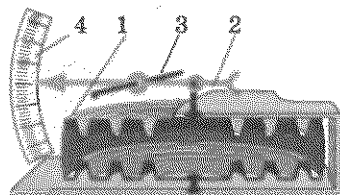
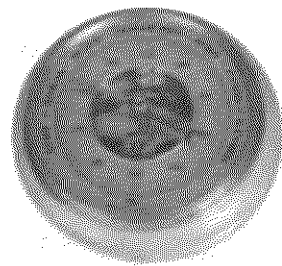


Рис. 20.5. Барометр-анероїд

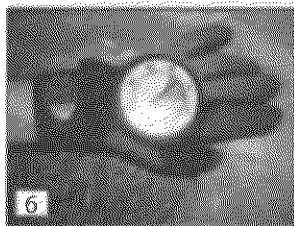
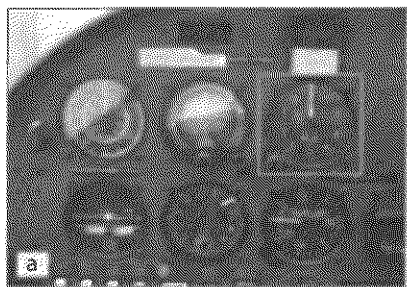


Рис. 20.6. Альтиметр на приладній дошці літака (а); на руці парашутиста (б)



Контрольні запитання

1. Чому існує атмосферний тиск? 2. Які факти свідчать про існування атмосферного тиску? 3. Опишіть будову та принцип дії ртутного барометра. 4. Що таке нормальний атмосферний тиск? 5. Опишіть конструкцію та принцип дії барометрів-анероїдів. 6. Які переваги барометрів-анероїдів зумовили їх широке використання? 7. Чому за допомогою барометрів можна передбачати погоду та вимірювати висоту?



Вправа № 20

1. Чи діє на рибок в акваріумі атмосферний тиск? Чому?
2. Поясніть, чому зі збільшенням висоти над рівнем моря атмосферний тиск зменшується.
3. У 1654 р. Отто фон Геріке, фізик і бургомістр Магдебурга, провів дослід із металевими півкулями, усередині яких було створено штучне розрідження (рис. 1). Магдебурзькі півкулі (таку назву вони отримали у фізиці пізніше) не змогли відірвати одну від одної 16 коней (по 8 з кожного боку). Що зрівноважило дію коней і не дало роз'єднати півкулі?
4. Чому неможливо розрахувати атмосферний тиск за формулою $p = \rho gh$, де ρ — густина повітря, а h — висота атмосфери?
5. Подайте тиск 550 мм рт. ст. у кПа, а тиск 93 324 Па — у мм рт. ст.
6. На якій висоті розташований оглядовий майданчик телевізійної вежі, якщо атмосферний тиск біля підніжжя вежі становить 760 мм рт. ст., а на висоті майданчика — 740 мм рт. ст.?
- 7*. Яку силу потрібно прикласти до магдебурзьких півкуль, щоб відірвати їх одну від одної? Діаметр півкуль становив 35,5 см, тиск усередині — 1/8 атмосферного тиску.

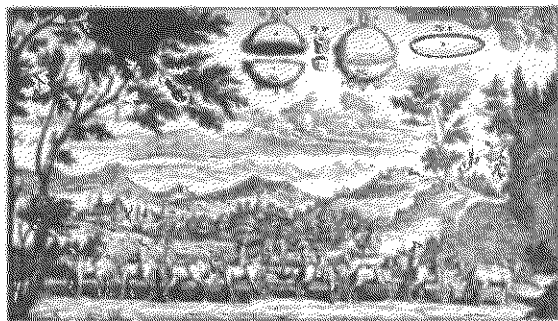


Рис. 1. Малюнок Гаспара Шотта «Магдебурзькі півкулі»

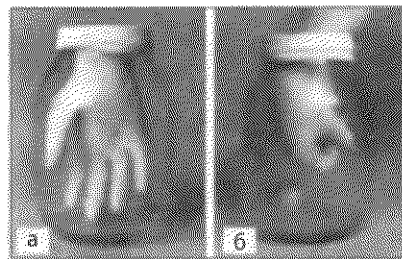


Рис. 2



Експериментальні завдання

1. Надіньте на трилітрову скляну банку гумову рукавичку, як показано на рис. 2, а, скотчем загерметизуйте місце з'єднання рукавички і банки та всуньте руку в рукавичку (рис. 2, б). Тепер спробуйте витягти руку. Що заважає це зробити? Чи стане легше витягти руку, якщо рукавичку проколоти? Чому?
2. До краю заповніть склянку водою і накрийте її пластиковим файлом. Притискуючи файл до країв склянки рукою, переверніть склянку догори дном, а потім приберіть руку. Що втримує воду всередині склянки і притискує до країв склянки файл? Якої максимальної висоти склянку можна використовувати в цьому досліді?