ТЕМА: АТМОСФЕРНИЙ ТИСК І ЙОГО ВИМІРЮВАННЯ. БАРОМЕТРИ

Коли ми робимо, наприклад, ковток чаю, навряд чи розмірковуємо над фізикою цього процесу. Проте він, так само як і багато інших процесів, відбувається завдяки тиску повітря навколо нас – атмосферному тиску. Відкриємо деякі важливі властивості цього тиску та навчимося його вимірювати.

 Згадуємо відомості про атмосферу Ви добре знаєте, що наша планета Земля оточена повітряною оболонкою. Повітряну оболонку Землі називають атмосферою (у перекладі з грецької – “пара” і “сфера”) (рис. 25.1).

Чому ж існує повітряна оболонка Землі?

Повітря, як і будь-які інші речовини, складається з молекул і атомів. Молекули й атоми мають масу, тому вони притягуються до Землі завдяки дії сили тяжіння. Разом із тим величезна кількість молекул газів, що складають атмосферу, перебувають у неперервному хаотичному русі – весь час вони зіштовхуються, відскакують одна від одної, змінюють значення та напрямок свого руху… Через це вони не падають на Землю, а перебувають у просторі біля неї.

****

Рис. 25.1.

Атмосфера починається біля поверхні землі й простягається в космічний простір приблизно на 100 км

 Доводимо існування атмосферного тиску

За підрахунками, атмосфера Землі має масу близько 5 -10 кг. Під дією сили тяжіння верхні шари атмосфери тиснуть на її нижні шари, тому повітряний шар навколо поверхні Землі стиснутий найбільше і, згідно із законом Паскаля, створює тиск на поверхню Землі й на всі тіла поблизу неї. Це і є атмосферний тиск (ратм).

Атмосферний тиск зумовлює існування всмоктування – підняття рідини за поршнем (у насосах, шприцах тощо) (рис. 25.2). Якщо піднімати поршень, то атмосферний тиск, діючи на вільну поверхню рідини в посудині, нагнітатиме рідину вгору, в порожнечу під поршнем. І ззовні все має такий вигляд, наче рідина піднімається за поршнем сама по собі.

До речі, протягом тривалого часу підняття рідини за поршнем, який рухається вгору, залишалось одним із доказів відомого принципу, автором якого був Аристотель, що “природа боїться порожнечі”. Проте в середині XVII ст. у ході спорудження фонтанів у Флоренції зіткнулися з незрозумілим – виявилося, що вода, яку всмоктують насоси, не піднімається вище за 10,3 м (рис. 25.3). Галілео Галілей запропонував розібратися в цьому своїм учням – Еванджелісті Торрічеллі (1608-1647) і Вінченцо Вівіані (1622-1703). Розв’язуючи цю проблему, Торрічеллі вперше довів існування атмосферного тиску.



Рис. 25.2. Рідина піднімається за поршнем, тому що на вільну поверхню рідини в посудині тисне атмосфера



Рис. 25.3.

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

Вимірюємо атмосферний тиск

Щоб загадкова межа підняття рідини була значно меншою за 10,3 м, Е. Торрічеллі здогадався замінити воду рідиною зі значно більшою густиною. Скляну трубку завдовжки близько метра, запаяну з одного кінця, Торрічеллі доверху наповнив ртуттю. Потім, щільно закривши отвір, перевернув трубку, опустив її в чашу із ртуттю і відкрив отвір – частина рідини з трубки вилилася в чашу. У трубці залишився стовп ртуті приблизно 760 мм заввишки, а над ртуттю утворилася порожнеча (рис. 25.4).



Рис. 25.4. Модель трубки торрічеллі: висота h стовпа ртуті в трубці завжди становить близько 760 мм

Провівши численні досліди, Торрічеллі встановив: висота стовпа ртуті, що залишається в трубці, не залежить ані від довжини трубки, ані від її діаметра. Висота трохи змінюється тільки залежно від погоди. Торрічеллі також знайшов відповідь на те, чим визначається саме така висота стовпа ртуті. Однорідна рідина в трубці та чаші не рухається, і це означає, що, згідно із законом Паскаля, тиск на поверхню ртуті з боку атмосфери і гідростатичний тиск стовпа ртуті в трубці є однаковими. Тобто тиск стовпа ртуті висотою 760 мм дорівнює атмосферному.

Тиск, який створює стовп ртуті висотою 760 мм, називають нормальним атмосферним тиском:

Ратм.н = 760 мм. рт. ст.

У даному випадку за одиницю атмосферного тиску прийнято один міліметр ртутного стовпа (1 мм рт. ст.).

Подамо нормальний атмосферний тиск в одиницях СІ – паскалях. Гідростатичний тиск обчислюють за формулою: p = pgh.

Ураховуючи, що густина ртуті ррт = 13 600 кг/м3, g = 9,8 Н/кг, а висота стовпа ртуті h = 0,76 м, маємо:

Ратм.н = Ppтgh = 13600   ∙ 9,8  ∙ 0,76 м =

= 101325   = 101325 Па = 100 кПа.

Зверніть увагу: виражаючи атмосферний тиск у паскалях, для розрахунків слід брати g = 9,8  .

У фізиці й техніці також використовують позасистемну одиницю атосферного тиску – фізичну атмосферу (1 атм). Одна фізична атмосфера дорівнює нормальному атмосферному тиску: 1атм ≈ 100 кПа.

Вивчаємо конструкцію барометра-анероїда

Якщо вдосконалити трубку Торрічеллі, приєднавши до неї вертикальну шкалу (лінійку), то отримаємо найпростіший барометр.

Барометр – прилад для вимірювання атмосферного тиску.

Барометр Торрічеллі є доволі точним приладом, але великий розмір, отруйні пари ртуті та скляна трубка роблять його незручним для повсякденного використання. Тому сьогодні частіше застосовують так звані барометри-анероїди – прилади для вимірювання атмосферного тиску, які діють без допомоги рідини (рис. 25.5).

Головна частина барометра-анероїда – легка й пружна порожня металева коробочка 1 з гофрованою (ребристою) поверхнею. Повітря в коробочці перебуває за зниженого тиску. До стінки коробочки прикріплена стрілка 2, насаджена на вісь 3. Кінець стрілки пересувається по шкалі 4, розміченій у міліметрах ртутного стовпа або в паскалях. Усі деталі барометра розміщені в корпусі, спереду закритому склом.

Зміна атмосферного тиску приводить до зміни сили, що стискає стінки коробочки. Відповідно, змінюється 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.



Рис. 25.5.

Барометр-анероїд: а – зовнішній вигляд; б – будова

 Залежність атмосферного тиску від погоди та висоти

Спостерігаючи за барометром, можна легко виявити, що його покази змінюються в разі зміни погоди. Зазвичай атмосферний тиск перед негодою падає, а перед сонячною погодою зростає. Проте покази барометра залежать не тільки від погоди, а й від висоти місця спостереження над рівнем моря. Чим вище вгору, тим меншим є атмосферний тиск. Поблизу поверхні Землі через кожні 11 м висоти тиск меншає приблизно на 1 мм рт. ст.

Завдяки тому що атмосферний тиск залежить від висоти, барометр можна проградуювати так, щоб за тиском повітря визначати висоту. Так було винайдено альтиметр – прилад для вимірювання висоти (рис. 25.6).



Рис. 25.6. Альтиметр на руці парашутиста

Висновки:

Повітря має масу. Через притягання Землі верхні шари повітряної оболонки Землі – атмосфери – тиснуть на нижні. Тиск повітря на поверхню Землі та на всі тіла поблизу неї називають атмосферним тиском.

Точне вимірювання атмосферного тиску забезпечує ртутний барометр (барометр Торрічеллі).

Тиск стовпа ртуті висотою 760 мм (101325 Па “100 кПа) – це нормальний атмосферний тиск.

На практиці використовують барометри-анероїди завдяки їхній зручності, невеликим розмірам і безпечності. За допомогою барометрів можна прогнозувати зміну погоди та визначати висоту: атмосферний тиск зменшується перед негодою, а також із висотою.

Контрольні запитання

1. Що таке атмосфера і чому вона існує? 2. Чому існує атмосферний тиск? 3. Які факти свідчать про існування атмосферного тиску? 4. Опишіть будову та принцип дії ртутного барометра. 5. У яких одиницях вимірюють атмосферний тиск? 6. Дайте означення нормального атмосферного тиску. Подайте нормальний атмосферний тиск у паскалях. 7. Опишіть конструкцію та принцип дії барометра-анероїда. 8. Які переваги барометрів-анероїдів зумовили їх широке використання? 9. Чому за допомогою барометрів можна прогнозувати погоду та вимірювати висоту?

Дом.завдання:

1. Чи діє на рибок в акваріумі атмосферний тиск? Чому?

2. Чому вода піднімається, якщо її втягувати через соломинку?

3. Чому неможливо розрахувати атмосферний тиск за формулою p = pgh, де р – густина повітря, а h – висота атмосфери?

4. Подайте тиск 1 мм рт. ст. у паскалях.

5. Поясніть, чому зі збільшенням висоти над рівнем моря атмосферний тиск зменшується.

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. Скористайтесь додатковими джерелами інформації і знайдіть відомості про роль атмосферного тиску в житті людей і тварин.

Експериментальне завдання

1. “Пастка для руки”. Надіньте на трилітрову скляну банку гумову рукавичку, як показано на рис. 1. Загерметизуйте місце з’єднання рукавички і банки скотчем, а потім всуньте в рукавичку руку (рис. 2). Тепер спробуйте витягти руку. Що заважає це зробити? Чи стане легше витягти руку, якщо рукавичку проколоти? Чому?



Рис. 1



Рис. 2