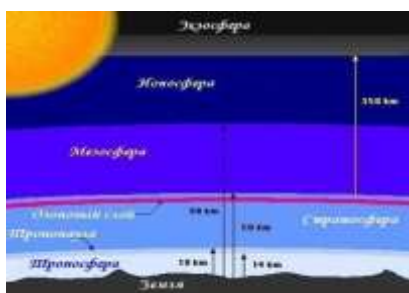


Атмосферний тиск.

Атмосфера Землі

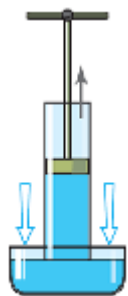
Як відомо, повітря оточує всю Землю у вигляді кулястого шару, тому повітряну оболонку Землі називають атмосферою (грецьк. «атмос» — пара, повітря; «сфера» — куля). Як і всяке інше тіло, що має масу, атмосфера притягується до Землі. Діючи на тіла своєю вагою, вона створює тиск, що називається атмосферним тиском. Відповідно до закону Паскаля, воно проникає у будинки, печери, шахти й діє на всі тіла, що стикаються з атмосферним повітрям. Космічні польоти показали, що атмосфера піднімається над поверхнею Землі на кілька сотень кілометрів, стаючи дедалі більш розрідженою (менш густою). Поступово вона переходить у порожній космічний простір — вакуум, де тиск практично дорівнює нулю.



Переконаємося в існуванні атмосферного тиску й спостерігаємо його дію

Існуванням атмосферного тиску пояснюється ціла безліч явищ.

Розглянемо одне з них — підняття рідини за поршнем. Звернемося до рисунка.



Якщо різко підняти рукоятку поршня, то між ним і рідиною утвориться безповітряний простір, тиск у якому практично дорівнює нулю. Тому атмосферний тиск, впливаючи на поверхню рідини в посудині, витисне рідину нагору по трубці в простір з меншим тиском.

Саме таким способом і набирають рідину в шприц. За цим же принципом працюють і всмоктувальні насоси, що піднімають воду з колодязів.



До якої ж висоти можна підняти воду поршнем? Виявляється, що підняти воду за допомогою поршня більш ніж на 10 метрів не можливо. Розгадку знайшов Торрічеллі: він зрозумів, що стовп води висотою 10 м створює тиск, рівний тиску атмосфери. Ось чому атмосферний тиск не може підняти воду більше, ніж на 10 метрів.

Дослід Торрічеллі

При виконанні багатьох наукових і технічних розрахунків необхідно знати числове значення атмосферного тиску. Розрахувати ж атмосферний тиск за формулою $p = \rho gh$ не можна, тому що, по-перше, густина повітря різна на різній висоті. По-друге, висоту атмосфери точно встановити не можна, тому що вона переходить у космічний простір поступово й лише приблизно вважається рівною 100 км. Тому атмосферний тиск вимірюють експериментально.

На питання «Як виміряти атмосферний тиск?» знайшов відповідь італійський фізик і математик Е. Торрічеллі. За його пропозицією в 1643 році був проведений такий дослід.

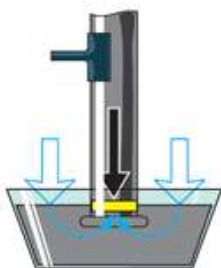


Скляну трубку довжиною близько метра, запаяну з одного кінця, наповнюють доверху ртуттю. Потім, щільно закривши отвір

пальцем, трубку перевертають й опускають у чашу із ртуттю. Після цього палець забирають. Ртуть із трубки починає виливатися, але не вся! Залишається «стовп» ртуті приблизно 76 см висотою, рахуючи від її рівня в чаші. Ця висота не залежить ні від довжини трубки, ні від глибини її занурення.



Пояснимо цей дослід. Подивіться на нижній рисунок. Світлим кольорами ми позначили невеликий шар ртуті усередині трубки біля її отвору. Вага шарів, що розміщені вище, діє вниз, штовхаючи «світлий» шар у чашу. Причина цього — сила тяжіння. А ртуть у чаші тисне на «світлий» шар нагору, штовхаючи його назад у трубку. Причина виникнення цієї сили — атмосферний тиск, що діє на поверхню ртуті в чаші. Відповідно до закону Паскаля воно поширюється через ртуть навіть усередину трубки. Оскільки ртуть перебуває в стані спокою, то названі сили врівноважують одна одну.



Таким чином, тиск, створюваний стовпом ртуті в трубці, дорівнює атмосферному тиску. Тому стовп ртуті перебуває у спокої.

За допомогою досліду Торрічеллі вдалося не тільки підтвердити існування атмосферного тиску, але й виміряти його. У досліді Торрічеллі висота стовпчика ртуті становила 760 мм. Це послужило підставою для твердження, що нормальний атмосферний тиск дорівнює тиску стовпчика ртуті висотою 760 мм. Тиск цього стовпчика дорівнює:

$$p = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 13600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,76 \text{ м} = 101,3 \cdot 10^3 \text{ Па} \approx 101 \text{ кПа}.$$

Тиск 1 мм рт. ст = 133,3 Па. Спостерігаючи щодня за висотою ртутного стовпа в трубці, Торрічеллі виявив, що ця висота змінюється, тобто атмосферний тиск може збільшуватися й зменшуватися.

Зміна атмосферного тиску з висотою

Швидкості руху молекул, що входять до складу повітря, неоднакові. У певної частини молекул швидкість набагато вище, ніж у переважної більшості. За рахунок цього вони можуть підніматися над Землею на значну висоту. Відносна кількість таких молекул з висотою зменшується. Відповідно зменшується й створюваний ними тиск.

Атмосферний тиск зменшується при збільшенні висоти над поверхнею Землі. Залежність атмосферного тиску від висоти над поверхнею Землі вперше виявив Блез Паскаль.

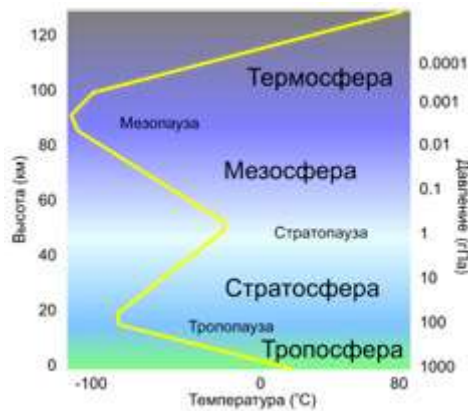


Група його учнів піднялася на гору То-де-Дом (Франція) і виявила, що на вершині гори стовп ртуті на 7,5 см коротше, ніж біля її підніжжя. Експериментально встановлено, що біля поверхні Землі при невеликих змінах висоти (у кілька сотень метрів) тиск змінюється на 1 мм рт. ст. кожні 11 м висоти. Коли висота змінюється на десятки або сотні метрів, густину повітря приблизно можна вважати постійною. При підйомі на висоту h тиск повітря зменшується на $\Delta p = \rho gh$, де ρ — густина повітря. На рівні моря вона приблизно дорівнює $1,3 \text{ кг/м}^3$, що приблизно в 10 000 разів менше за густину ртуті. Отже, зменшенню тиску на 1 мм ртутного стовпа відповідає підйом на висоту, в 10 000 разів більшу за 1 мм, тобто приблизно на 11 м (висота триповерхового будинку).

Для більших висот — наприклад, висот гір — потрібно враховувати, що зі збільшенням висоти зменшується густина повітря, внаслідок чого тиск зі збільшенням висоти зменшується повільніше.

Скажімо, при підніманні з рівня моря на 2 км тиск зменшується приблизно на 20 кПа, а при підніманні з 8 км до 10 км тиск зменшується тільки на 9 кПа.

На верхніх поверхах багатоповерхового будинку тиск повітря на кілька міліметрів ртутного стовпа менше, ніж на нижніх поверхах, — це можна помітити за допомогою звичайного барометра анероїда.



Вивчаємо конструкцію барометра-анероїда

Трубка Торрічеллі з лінійкою є найпростішим барометром — приладом для вимірювання атмосферного тиску.

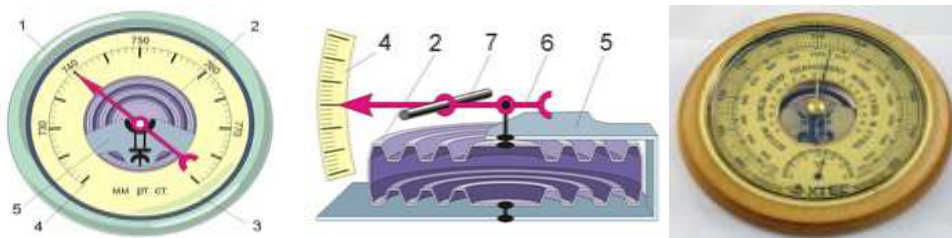


Виміри атмосферного тиску показують, що він у місцевостях, які лежать на рівні Світового океану, у середньому дорівнює близько 760 мм рт. ст. Такий тиск при температурі ртуті 0 °C називається **нормальним атмосферним тиском**.

Ртутний барометр — досить чутливий і точний прилад. Однак використання його супроводжується великими труднощами. Його незручно перевозити через велику масу. Крім того, ртуть екологічно небезпечна. Тому в практиці

для вимірювання атмосферного тиску використовують металеві барометри-анероїди (у перекладі із грецької — безрідинні).

Головна частина барометра-анероїда — легка, пружна, порожня усередині металева коробочка 2 з гофрованою (хвилястою) поверхнею. Повітря з коробочки відкачано. Її стінки розтягує пружна металева пластина 5. До неї за допомогою спеціального механізму прикріплена стрілка 6, що насаджена на вісь 7. Кінець стрілки пересувається по шкалі 4, розміченій у мм рт. ст. Всі деталі барометра поміщені усередину корпуса 1, закритого спереду склом 3.



Відповідно до формули $F = pS$, зміна атмосферного тиску призводитиме до зміни сили, що вдавлює стінки усередину коробочки. Отже, буде змінюватися й величина їх прогину. Рух стінок коробочки, що виникає, за допомогою механізму передається стрілці й зумовить її зрушення до іншої поділки шкали.

Спостерігаючи за барометром, ви легко виявите, що його показання міняються при зміні погоди. Перед негодою атмосферний тиск падає, а перед ясною погодою — зростає. Крім того, показання барометра залежать від висоти місця спостереження над рівнем моря. Чим вище ми будемо підніматися, тим меншим ставатиме атмосферний тиск.