



Валерій Старощук

Навіщо ми струшуємо термометр?

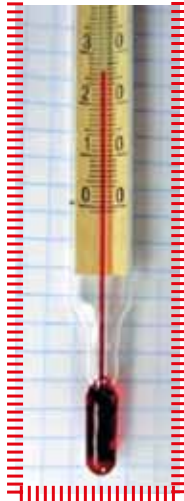
Якщо ти занедужав, хтось з рідних обов'язково запитає тебе: „А ти температуру вимірював?“. Напевне, ти користувався таким термометром, як на мал. 1, і знаєш, що перед вимірюванням треба подивитися на його покази. Якщо він показує більше 36°C , треба енергійно тряснути його декілька разів. Процес вимірювання триває довго, хвилин десять. Потім ми дістаємо термометр і визначаємо за шкалою, яка у нас температура. Дивовижно, але термометр збереже цю температуру, доки прийде лікар, який наш прилад назве правильно: „термометр медичний максимальний“.



Мал. 1

Чому термометр медичний, зрозуміло, а максимальним його назвали, тому що він показує максимальну температуру в процесі вимірювання. Наприклад, якщо у тебе під пахвою $38,2^{\circ}\text{C}$, а у кімнаті 20°C , то покази термометра, коли ти його виймеш, все одно будуть $38,2^{\circ}\text{C}$. Але якби ти вимірював температуру у пустелі, де повітря має температуру 40°C , він згодом показав би 40°C .





Мал. 2

Щоб пояснити цю чудову властивість, з'ясуємо, як працює звичайний кімнатний рідинний термометр (мал. 2).

Він складається з резервуару, як правило, циліндричного, наповненого підфарбованим деревним спиртом – метанолом, температура кипіння якого $t_k = 64,5 \text{ }^\circ\text{C}$, або толуолом (продукт нафтопереробки, $t_k = 110,6 \text{ }^\circ\text{C}$). Резервуар сполучений з тонкою трубкою діаметром менше міліметра. Повітря з трубки викачане, вона запаєна. Трубка прикріплена до шкали і закрита захисним скляним кожухом. Як бачите, виготовити такий прилад досить складно, але завдяки масовому виробництву він дешевий.

Під час нагрівання рідини у закритому резервуарі швидкість руху її молекул збільшується, і тиск всередині зростає. Він може бути таким високим, що розірве скло.

Однак наш резервуар є відкритий, з виходом у вигляді тонкої трубочки. Тому рідина буде її заповнювати, доки тиск стовпчика спирту і його парів у іншій частині трубки не зрівноважаться з молекулярним тиском. Якщо температура падає, тиск у рідині зменшується, і тиск парів і спирту „заштовхує” рідину назад до резервуару. Тому термометри працюють не лише у вертикальному положенні, але й у будь-якому іншому. Точність таких термометрів зазвичай $\pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$. Якщо ми забажаємо виміряти температуру тіла таким термометром, то нам доведеться дивитись на його покази, не виймаючи термометр з-під пахви. Погодьтеся, це незручно, і перед рідними не „похизуєшся”, яка в тебе температура, щоб завтра не йти до школи.



Мал. 3

Медичний термометр працює так само, але у ньому є одна хитрість. Придивіться уважно до трубочки, яка виходить з резервуара, і ви побачите ділянку, де вона вигинається і стає тоншою чи не у 10 разів (мал. 3)!

Стовпчик ртуті у цьому місці розірваний (мал. 4) і заповнений парами ртуті.

За нагрівання резервуару ртуть у ньому розширюється і проміжок зникає, оскільки тиск парів ртуті невисокий (за температури $25 \text{ }^\circ\text{C}$ він становить $0,223 \text{ Па}$) і його легко подолати.



Мал. 4



Мал. 5

Набагато складніше „протиснути” ртуть у вузьке горлечко трубки. Нагадаємо, що ртуть не змочує скло, тому на кінці стовпчика утворюється опуклість (меніск), тиск якої заважає ртуті пересуватися трубкою. У трубочці з діаметром 0,1 мм цей тиск дорівнює приблизно 10 000 Па! Тому тиском парів ртуті можна легко знехтувати. Отже, коли тиск у резервуарі більший, ніж тиск меніску, проміжок зникає (мал. 5).

Ртуть піднімається капіляром, і ми бачимо за шкалою, що температура зростає. Звичайний медичний термометр розрахований на максимальну температуру 42 °С і має точність вимірювання $\pm 0,1$ °С. За вищих температур ртуть заповнює всю трубку, резервуар не витримує і руйнується.

Що ж відбувається, коли ми вийняли термометр з-під пахви? У кімнаті температура менша, тому тиск ртуті зменшується, і вона прагне зайняти менший об'єм. Ртуть рухається назад трубкою, але щоб пройти вузьку ділянку необхідний більший надлишковий тиск. А пари ртуті на іншому кінці трубки практично не тиснуть, і стовпчик ртуті у вузькому місці рветься! Частина ртуті повертається у резервуар, а решта – залишається у капілярі (мал. 6). Завдяки цьому ми бачимо, яка максимальна температура була на момент вимірювання.



Мал. 6

Щоб виміряти температуру ще раз, тобі доведеться струснути термометр. Стовпчик ртуті у капілярі набирає швидкості, а під час різкої зупинки руки продовжує рухатися за інерцією. Звуження у трубці перешкоджає рухові, тому збільшується тиск рідини у стовпчику, і якщо він перевищує тиск меніску, ртуть протискається у горлечко трубки. Як правило, проходить не одразу весь стовпчик. Ртуть протискається буквально краплями (мал. 7). Тож доводиться струшувати термометр декілька разів.

Тобі цікаво, чи можна замінити небезпечну ртуть у медичних термометрах на спирт? Щоб відповісти на це питання, з'ясуємо, чому використовують саме ртуть¹.





По-перше, точність показів термометра відчутно залежить від чистоти рідини у ньому. Виявляється, отримати чисту ртуть досить легко. По-друге, коефіцієнт поверхневого натягу ртуті 472 мН/м (у спирту – лише 22 мН/м), тому необхідний тиск створюється у ртутному меніску за більших діаметрів звуження трубки. Нагадуємо, що йдеться про долі міліметра, тому застосування рідини з меншим поверхневим натягом вимагає інших технологій виготовлення термометра і врешті призведе до збільшення його вартості. По-третє, ртуть не змочує скло, не забруднює його і рухається практично без тертя. По-четверте, ртуть має добру теплопровідність, отже, теплообмін відбувається порівняно швидко. Згадайте, яким холодним здається термометр під пахвою на початку вимірювання.



Мал. 7

Можна перелічувати переваги ртутних термометрів, проте всі вони тьмяніють на тлі небезпеки², яка виникає, коли термометр розбивається. А б'ється він саме під час струшування.

У продажі є цифрові термометри (мал. 8), цілком безпечні, здатні виміряти температуру за 10 с, а не за 10 хв. та запам'ятати декілька значень виміряної температури. Ми знаємо, що часто важлива не лише температура, але й динаміка її зміни у хворого. Цифрові термометри у 5–10 разів дорожчі, ніж ртутні, вони менш точні, зате цілком безпечні.

Коли ви знову візьмете в руки медичний термометр максимальний, згадайте, як багато цікавих фізичних явищ відбувається у ньому. Однак ми радимо вам придбати сучасний безпечний термометр, у якому фізичні процеси та технології набагато цікавіші! Але щоб зрозуміти їх, шкільної освіти вже замало, треба навчатися в університеті.



Мал. 8

¹Ртутні термометри заборонені для використання в медицині в США, країнах ЄС та в багатьох інших.

²Перші ознаки хронічного отруєння виникають після декількох місяців проживання у приміщенні, де концентрація парів ртуті перевищує допустиму норму. Навіть зібравши ртуть, утилізувати її за всіма правилами у побуті важко.