

Внутрішня енергія. Види теплообміну.

Тепловий рух

Без світла ми не могли б бачити навколишній світ, без звуку — чути, а без теплих променів сонця ні ми самі, ні рослини, ні тварини не могли б виникнути й, звичайно, існувати.

Явища, пов'язані з нагріванням або охолодженням тіл, зі зміною температури, називають тепловими.

Теплові явища людина навчилася використовувати ще з давніх часів для обігрівання свого житла, готування їжі й т. ін. До теплових явищ належать, наприклад, нагрівання й охолодження повітря, танення льоду, плавлення металів й ін.

Молекули або атоми, з яких складаються тіла, перебувають у безперервному хаотичному русі. Хаотичний рух молекул можна продемонструвати за допомогою моделі броунівського руху.

Учні вже знають, що дифузія при вищій температурі відбувається швидше. Це означає, що швидкість руху молекул і температура зв'язані між собою. При підвищенні температури швидкість руху молекул збільшується, при зниженні — зменшується. Отже, швидкість руху молекул залежить від температури тіла.

- *Оскільки зі швидкістю руху молекул тіла пов'язана його температура, то хаотичний рух молекул, з яких складаються тіла, називають тепловим рухом.*

Звертаємо увагу учнів на те, що тепловий рух відрізняється від механічного тим, що в ньому бере участь дуже багато частинок і кожна рухається безладно.



Що таке внутрішня енергія?

Ми вже знаємо, що існують два види механічної енергії: кінетична й потенціальна. Кінетичною енергією тіла володіють внаслідок свого руху, потенціальною — внаслідок своєї взаємодії з іншими тілами. Кінетична й потенціальна енергія можуть перетворюватися одна в одну.

Кинемо на підлогу з деякої висоти пластилінову кульку. При падінні кульки її потенціальна енергія зменшується, а кінетична збільшується (повна ж механічна енергія кульки зберігається). Після того як кулька вдариться об підлогу, вона зупиниться. Кінетична й потенціальна енергія кульки відносно підлоги дорівнюватимуть нулю.



Чи означає це, що механічна енергія, якою володіла куля, безвісти зникла? Очевидно, ні.

Механічна енергія перетворилася в іншу форму енергії. Що ж являє собою ця інша форма енергії?

У результаті удару об підлогу пластилінова кулька нагрілася й деформувалася. При цьому швидкість теплового хаотичного руху молекул кульки (а отже, і їхня кінетична енергія) збільшилася.

Таким чином, механічна енергія кульки не «зникла», а перейшла в так звану внутрішню енергію.

Очевидно, ця «внутрішня» енергія пов'язана з рухом і взаємодією частинок, з яких складається тіло.

- *Суму кінетичної енергії хаотичного руху й потенціальної енергії взаємодії частинок (атомів і молекул), з яких складається тіло, називають внутрішньою енергією.*

За якими ознаками можна дізнатися, що внутрішня енергія змінилася?

При підвищенні температури тіла швидкість теплового руху молекул, а значить, і їхня кінетична енергія збільшується. Отже, при підвищенні температури тіла його внутрішня енергія збільшується, а при зниженні — зменшується.

Таким чином,

- *перша ознака: зміна температури тіла.*

Коли вода перетворюється на пару, потенціальна енергія взаємодії молекул збільшується: адже для того, щоб «розтягти» одна від одної молекули води, що притягаються, необхідно виконати роботу.



Тому

- *друга ознака: зміна агрегатного стану.*

При згорянні вугілля атоми Карбону, що входять до складу вугілля, з'єднуються з атомами Оксигену, що входять до складу повітря. При цьому потенціальна енергія взаємодії молекул переходить у кінетичну енергію хаотичного руху молекул, тобто підвищується температура й внутрішня енергія.



Отже,

- *третья ознака: зміна хімічного складу.*

Перетворення внутрішньої енергії під час стиску й розширення газу й при нагріванні тертям

Якщо ми спробуємо накачати велосипедну камеру насосом, то відчуємо, що насос нагрівся. Головною причиною нагрівання є в цьому випадку не тертя, а стиск повітря: стискаючи повітря, ми виконували роботу, збільшуючи внутрішню енергію газу.



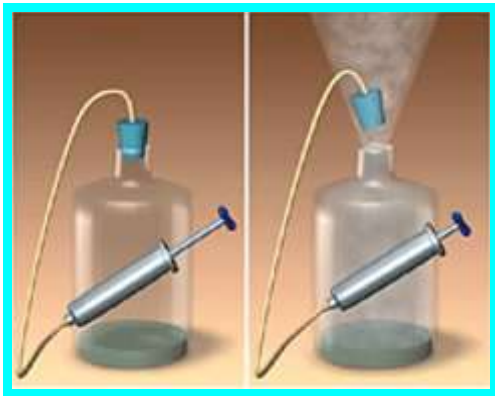
Якщо помістити на дно товстостінного прозорого циліндра суху ватку й різко вставити поршень у циліндр, ватка загориться (див. рисунок). Чому?



Це відбулося внаслідок сильного стиску: повітря в циліндрі нагрілося до дуже високої температури.

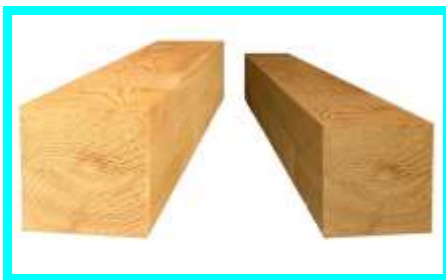
А чи зміниться внутрішня енергія газу, якщо при розширенні газ сам виконає роботу?

Будемо накачувати повітря в товстостінну скляну посудину, щільно закриту пробкою. Коли тиск повітря в посудині стане досить великим, пробка вискочить, причому в посудині з'явиться туман (див. *рисунок*).



У цьому досліді газ, розширюючись, виконав роботу, передавши пробці механічну енергію. При цьому внутрішня енергія газу зменшилася.

Потріть один брусок об інший — вони нагріваються. Потріть швидко долоні. Ви відчули, що вони нагрілися? Виходить, їхня внутрішня енергія збільшилася. У цьому випадку механічна енергія переходить у внутрішню: ми виконуємо роботу, долаючи силу тертя.



Таким чином,

- *внутрішню енергію можна змінити, виконавши роботу — за рахунок стиску (розширення) газу або за допомогою тертя.*

Необхідно звернути увагу учнів на практичне застосування отриманих висновків.

- По-перше, сильне нагрівання газу при стиску використовують у дизельних двигунах, установлених в автомобілях, тракторах, кораблях.
- По-друге, у наших дослідах ми змоделювали появу хмар: піднімаючись, водяна пара розширюється й охолоджується, перетворюючись у крапельки води.
- По-третє, перехід частини внутрішньої енергії в механічну енергію відбувається в теплових двигунах, наприклад, в автомобільних. Розширюючись у циліндрі під поршнем, газ виконує роботу. При цьому газ охолоджується, тобто його внутрішня енергія зменшується.

Два способи зміни внутрішньої енергії

Потremo долоні одна об одну. Вони нагрілися — отже їх внутрішня енергія збільшилася.

Опустимо в гарячий чай холодну ложку. Молекули гарячої води починають передавати частину своєї кінетичної енергії молекулам металу, і ті починають рухатися швидше.



Кінетична енергія молекул води при цьому зменшується, а кінетична енергія частинок ложки — збільшується. Разом з кінетичною енергією змінюється й внутрішня енергія, але ця зміна відбувається без виконання роботи.

Отже,

- *існують два способи зміни внутрішньої енергії: 1) шляхом виконання механічної роботи; 2) шляхом теплообміну.*

Необхідно звернути увагу учнів, що зміна внутрішньої енергії тіла завжди відбувається за рахунок енергії інших тіл: при виконанні роботи — за рахунок механічної енергії; при теплообміні — за рахунок зміни внутрішньої енергії.

Види теплообміну

Отже, у процесі теплообміну кількість теплоти може передаватися від більш нагрітого тіла до менш нагрітого. Наприклад, від батареї водяного опалення нагрівається повітря у квартирі. Теплообмін має місце й у природі.

Наприклад, теплова течія в океані (Гольфстрім) нагріває повітря біля його поверхні.



Познайомимося з основними видами теплообміну.

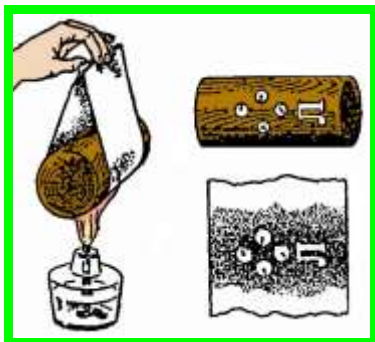
Існують три способи теплообміну: **теплопровідність, конвекція, випромінювання.**

Теплопровідність

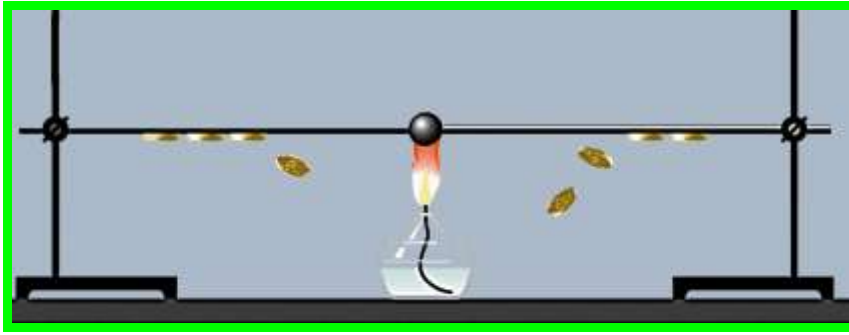
Познайомимося з першим способом — теплопровідністю.

Поставимо два проблемних досліди:

а) на дерев'яний циліндр наколюємо ряд кнопок, обертаємо його одним шаром паперу (див. *рисунок*). При короткочасному розміщенні циліндра в полум'ї пальника відбувається нерівномірне обвуглювання паперу. Ставимо питання: «Чому папір, що прилягає до кнопок, обвуглюється менше?»



б) Закріпимо в одному штативі кінець мідного стрижня, а в іншому штативі — кінець сталевого стрижня таких самих розмірів. До кожного стрижня приліпимо знизу воском кілька монеток і будемо нагрівати вільні кінці стрижнів (див. *рисунок*). Незабаром віск почне плавитися, й монетки почнуть відпадати від стрижнів.

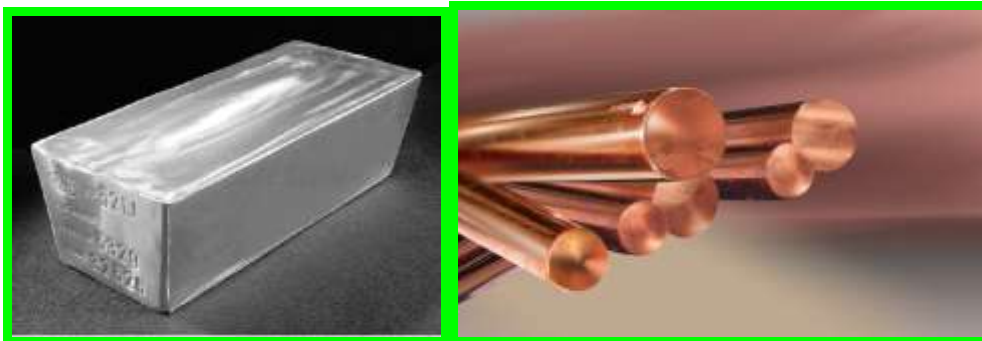


Узагальнюючи відповіді учнів, з'ясовуємо, що при нагріванні відбувається збільшення швидкості руху молекул, з яких складається тіло. Цей рух передається сусіднім молекулам, у результаті швидкість цих молекул й, отже, температура даної частини тіла зростає.

- Вид теплообміну, обумовлений передачею енергії від одного тіла до іншого або від одних частин тіла до інших у результаті теплового руху й взаємодії частинок, називають **теплопровідністю**.

Найбільш відмітна властивість теплопровідності: при цьому процесі не відбувається переносу речовини.

Виміри показують, що великою теплопровідністю володіють метали, особливо срібло й мідь. Вода, цегла й скло «проводять тепло» у сотні разів гірше, ніж мідь, і в десятки разів гірше, ніж сталь. Теплопровідність дерева в кілька разів менше, ніж цегли.



Дуже мала теплопровідність газів. Цим обумовлена мала теплопровідність пухнастих тканин, наприклад вовни: між їхніми волокнами багато повітря. З тієї ж причини мала й теплопровідність пористих матеріалів (типу пінопласту), а також снігу, особливо який тільки-но випав. «Теплий» сніжний покрив уберегає взимку від вимерзання ґрунт і рослини (озимі).

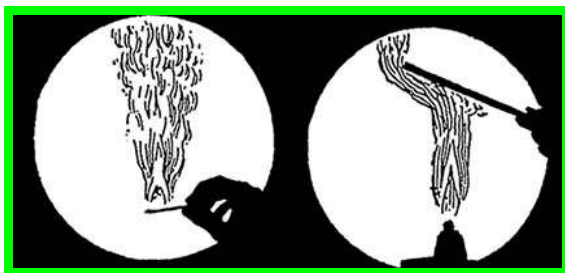


Речовини з малою теплопровідністю використовують як утеплювачі й теплоізолятори.

Спостерігаємо конвекцію в рідинах і газах

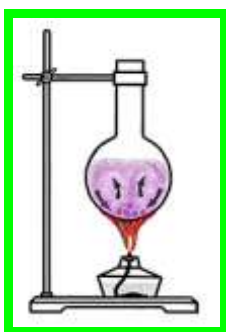
Теплопровідність рідин і газів дуже мала, але й у газах, і в рідинах існує теплообмін. Це відбувається за рахунок перемішування холодного й теплового повітря або холодної й теплої частин рідини.

Вид теплообміну, обумовлений переносом речовини,— потоками газу або рідини — називають конвекцією.



Великий інтерес учнів викликає спостереження «конвекції в повітрі» у тіньовій проекції.

Конвекцію в рідині можна спостерігати, нагріваючи колбу з водою, на дні якої поміщений кристалик перманганату калію, що забарвлює конвекційні потоки.



Конвекція відбувається тільки в рідинах і газах. Вона може бути природною й вимушеною.

Природна конвекція виникає в полі сили ваги при нерівномірному нагріванні текучих речовин. При природній конвекції перемішування речовини відбувається внаслідок різниці температури окремих місць середовища й зумовленої нею відмінності густин.

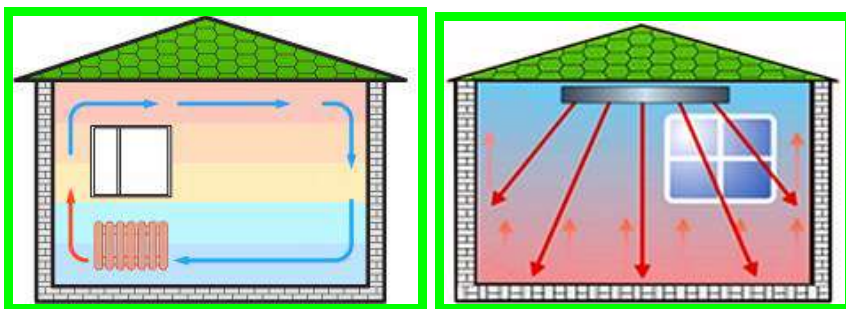
Вимушена конвекція відбувається головним чином від зовнішнього впливу (за допомогою насоса, мішалки й т. ін.).

Познайомимосся з механізмом конвекції

Явище конвекції можна пояснити законом Архімеда та явищем теплового розширення тіл. При підвищенні температури об'єм рідини зростає, а густина

зменшується. Під дією архімедової сили менш густа нагріта рідина піднімається вгору, а більш густа холодна рідина опускається вниз.

Якщо ж рідину нагрівати зверху, то менш густа тепла рідина там і залишається й конвекція не виникає.



Спостерігаємо конвекцію в природі й використовуємо її в нашому житті

І нагрівання, й охолодження повітря в приміщеннях засновано на конвекції. Охолоджувальні пристрої доцільно розташовувати нагорі, ближче до стелі, щоб здійснювалася природна конвекція.

Обігрівальні прилади розташовують унизу поблизу підлоги під підвіконням. Повітря, що нагрівається ними, піднімаючись угору, змішується з холодним повітрям, що опускається від вікна. У результаті в кімнаті встановлюється майже рівномірна температура.

Цього не відбувалося б, якби батареї розташовувалися біля стелі.



У повітряному зазорі між шибками взимку також відбувається конвекція: уздовж холодного зовнішнього скла повітря, охолоджуючись, «стікає» униз, а уздовж теплого внутрішнього скла, нагріваючись, піднімається. Якщо повітряний зазор досить малий (як у склопакетах), зустрічні повітряні потоки гальмують один одного, тому такі вікна забезпечують кращу теплоізоляцію.

Конвекційні потоки виникають й усередині каструль із рідинами, які нагріваються на кухонній плиті.



Всі вітри в атмосфері являють собою конвекційні потоки величезного масштабу. Конвекцією пояснюються, наприклад вітри бризи (між сушею й морем; між лісом і ріллею, між горами й долиною).



Ознайомлюємося з випромінюванням

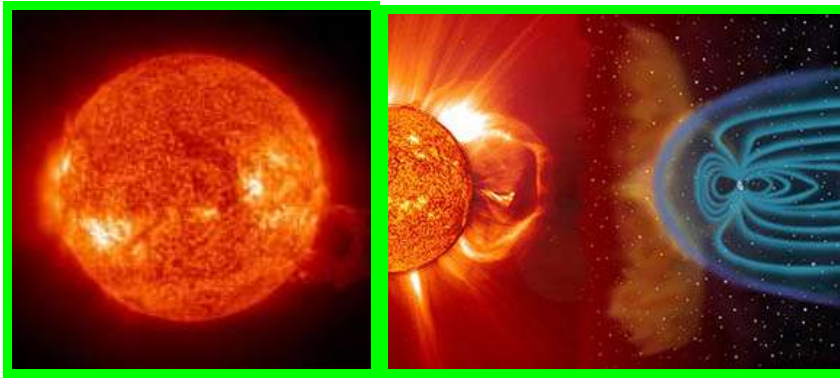
Нам добре відомо, що основним джерелом тепла на Землі є Сонце. У який же спосіб передається тепло від Сонця? Адже Земля перебуває від нього на відстані $1,5 \cdot 10^8$ км. Весь цей простір за межами нашої атмосфери містить дуже розріджену речовину.

Як відомо, у вакуумі перенесення енергії шляхом теплопровідності майже неможливе. Не може відбуватися воно і за рахунок конвекції. Отже, існує ще один вид теплообміну.

Теплообмін між Сонцем і Землею відбувається за допомогою випромінювання.

- Вид теплообміну, обумовлений перенесенням теплоти шляхом випромінювання, називають **випромінюванням**.

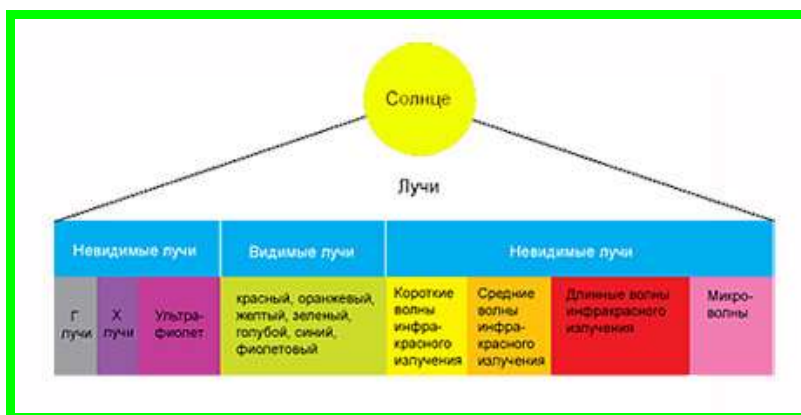
Випромінюють енергію не тільки світні тіла: піднесіть руку до нагрітої праски знизу, і ви відчуєте таке саме тепло, як від лампи накаливання. І в цьому випадку теплообмін відбувається завдяки випромінюванню.



З'ясуємо деякі особливості випромінювання

При променистому теплообміні передача теплоти обумовлена перетворенням частини внутрішньої енергії тіла в енергію електромагнітного випромінювання, що переноситься в просторі й поглинається іншими тілами. У результаті поглинання тілом енергії випромінювання відбувається її зворотне перетворення у внутрішню енергію.

Характер випромінювання істотно залежить від температури тіла. Так, при температурі до $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ випускається невидиме інфрачервоне випромінювання, яке ми добре сприймаємо шкірою.



При температурах порядку $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ тіло випускає видиме випромінювання вишнево-червоних кольорів. З підвищенням температури до $1000\text{--}2000\text{ }^{\circ}\text{C}$ виникає випромінювання жовтогарячого і жовтого кольору. При температурі близько $6000\text{ }^{\circ}\text{C}$ (температура поверхні Сонця) випромінювання стає блакитнувато-білим. Але це не означає, що в ньому є тільки видиме оком випромінювання.

У ньому міститься й інфрачервоне випромінювання, яке в основному й дає відчуття тепла, а також ультрафіолетове випромінювання, дія якого викликає засмагу, і рентгенівське випромінювання.

У разі ще більш високої температури, близько $1000\text{--}2000\text{ }^{\circ}\text{C}$, колір випромінювання стає блакитним. Саме за кольорами зірок в астрономії визначають їхню температуру.

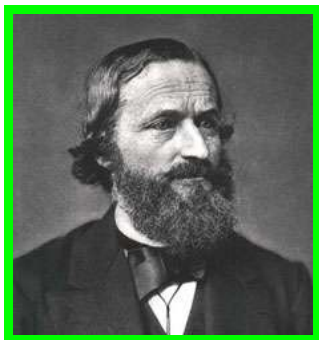
Чи всі тіла однаково нагріваються за допомогою електромагнітного випромінювання, що вони поглинають?

Виявляється, темні тіла краще нагріваються випромінюванням, ніж блискучі. Це відбувається тому, що темні тіла добре поглинають електромагнітні хвилі, що надходять до них, а тіла із блискучою й світлою поверхнею більшу частину електромагнітних хвиль, що надходять, відбивають.

У XIX столітті німецький фізик Г. Кірхгоф установив закон, з якого випливає, що тіла, які інтенсивно поглинають енергію, також інтенсивно будуть її випромінювати. Розглянемо приклад, що підтверджує цю закономірність.

Виконаємо дослід з металевим кубом: одна грань куба пофарбована чорною фарбою, друга — білою фарбою, а третя — відполірована до дзеркального блиску.

Усередину наливають окуп. Підносячи долоню на рівну відстань до різних граней, неважко помітити, що чорна грань сильно випромінює тепло, а біла й дзеркальна грані — набагато слабше.



Спостерігаємо випромінювання в природі

Здатність тіл по-різному поглинати енергію випромінювання знаходить широке застосування в побуті й техніці. Наприклад, улітку в чорній футболці краще не виходити на вулицю, тому що вона сильно нагрівається під променями сонця; у білій футболці помітно прохолодніше.

Літаки, скафандри космонавтів, призначені для виходу у відкритий космос, пофарбовані в сріблясті кольори.



Порівняння різних видів теплообміну

Давайте порівняємо різні види теплообміну:

- у випадку теплопровідності — це перенесення енергії частинками тіла, не пов'язане з переміщенням самої речовини;
- у випадку конвекції — перенесення енергії струменями самої речовини, що переміщаються;

- у випадку випромінювання — це перенесення енергії електромагнітним полем.

Турист зупинився відпочити. Живлюче тепло багаття зігріває і юшку в казанку, і самого туриста. Інакше кажучи, відбувається теплообмін.



На рисунку представлені три способи теплообміну: теплопровідність, випромінювання й конвекція. Шляхом теплопровідності через дно й стінки казанка внутрішня енергія полум'я переходить у внутрішню енергію туристської юшки. Шляхом випромінювання — у внутрішню енергію долонь туриста і його одягу. А шляхом конвекції — у внутрішню енергію повітря над багаттям.