

1

Цеплавья з'явы



- Як хутчэй астудзіць гарачы чай?
- Чаму зімой дзьме ад зачыненага акна?
- Чаму лёд слізкі?
- Ці заўсёды вада, што кіпіць, гарачая?





§ 1.

Унутраная энергія

Вы ведаеце, што цела, якое рухаецца, валодае кінетычнай энергіяй. А калі яно яшчэ і ўзаемадзейнічае з іншым целам, то валодае патэнцыяльнай энергіяй. Гэтыя абодва віды энергіі ўяўляюць сабой механічную энергію. Яны ўзаемна ператвараюцца: кінетычная энергія можа пераходзіць у патэнцыяльную і наадварот.

Успомнім, што любое цела мае дыскрэтную структуру, г. зн. складаецца з часціц (атамаў, малекул). Часціцы знаходзяцца ў бесперапынным хаатычным руху. А часціцы вадкасцей і цвёрдых цел яшчэ і ўзаемадзейнічаюць паміж сабой. Сілы ўзаемадзеяння паміж часціцамі газаў пры нармальных умовах можна не ўлічваць. Такім чынам, часціцы валодаюць кінетычнай, а часціцы вадкасцей і цвёрдых цел — яшчэ і патэнцыяльнай энергіяй. **Сума кінетычнай і патэнцыяльнай энергій**

усіх часціц цела называецца ўнутранай энергіяй. Унутраная энергія вымяраецца ў джоўлях. Чым адрозніваецца ўнутраная энергія ад механічнай? Ці можа механічная энергія пераходзіць ва ўнутраную?

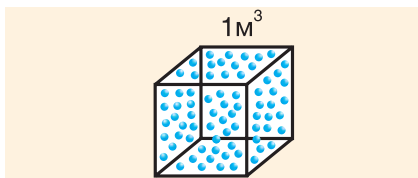
Для адказу на гэтыя пытанні разгледзім прыклад. Шайба, якая рухалася гарызантальна па лёдзе (мал. 1), спынілася. Як змянілася яе механічная энергія адносна лёду? Кінетычная энергія шайбы паменшылася да нуля. Становішча шайбы над узроўнем лёду не змянілася. Шайба не дэфармавалася. Значыць, змяненне патэнцыяльнай энергіі роўна нулю. Ці азначае гэта, што яе механічная (кінетычная) энергія знікла бяследна? Не. Механічная энергія шайбы перайшла ва ўнутраную энергію шайбы і лёду.

А ці можа ўнутраная энергія цела, як механічная, быць роўна нулю? Рух часціц, з якіх складаецца цела, не спыняецца нават пры самых нізкіх тэмпературах. Значыць, цела заўсёды валодае некаторым запасам унутранай энергіі. Яго можна або павялічыць, або паменшыць.

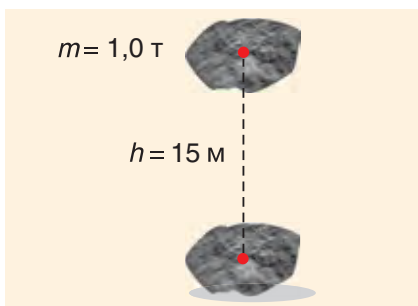
Ці вялікае значэнне ўнутранай энергіі цела? Энергія адной часціцы, напрыклад кінетычная, з прычыны нязначнасці яе масы надзвычай малая.



Мал. 1



Мал. 2



Мал. 3

Разлікі для сярэдняй энергіі паступальнага руху малекулы кіслароду паказваюць, што яе значэнне пры пакаёвай тэмпературы $\langle K_0 \rangle \approx 6,1 \cdot 10^{-21}$ Дж. Вядома ж, гэта вельмі малая велічыня. Цяпер знойдзем кінетычную энергію ўсіх малекул газападобнага кіслароду, якія змяшчаюцца ў аб'ёме 1 м^3 (мал. 2). Пры нармальным атмасферным ціску ў 1 м^3 колькасць малекул $n \approx 2,5 \cdot 10^{25}$, тады $K = \langle K_0 \rangle n = 6,1 \cdot 10^{-21} \text{ Дж} \cdot 2,5 \cdot 10^{25} \approx 0,15 \text{ МДж}$. Гэта значэнне энергіі ўжо вельмі вялікае. Яно, напрыклад, роўна механічнай энергіі каменя масай $m = 1,0 \text{ т}$, паднятага на вышыню $h = 15 \text{ м}$ (мал. 3).

Галоўныя вывады

1. Незалежна ад таго, ёсць у цела механічная энергія ці няма, яно валодае ўнутранай энергіяй.
2. Унутраная энергія цела роўна суме кінетычнай і патэнцыяльнай энергій часціц, з якіх яно складаецца.
3. Механічная энергія цела можа пераходзіць у яго ўнутраную энергію.

? Кантрольныя пытанні


1. Што ўяўляе сабой унутраная энергія цела?
2. У якіх адзінках у СІ вымяраецца ўнутраная энергія?
3. Чым прынцыпова адрозніваецца ўнутраная энергія цела, якое знаходзіцца ў цвёрдым, вадкім і газападобным станах?
4. Ці можа механічная энергія ператварацца ва ўнутраную? Прывядзіце прыклады.

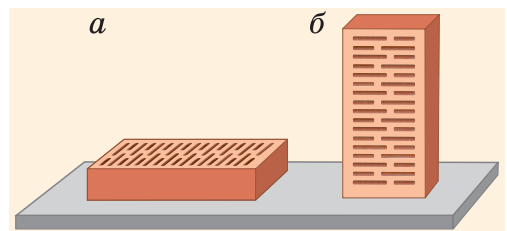
Практыкаванне 1

1. Ці можа цела валодаць унутранай энергіяй і не мець пры гэтым механічнай? А наадварот? Прывядзіце прыклады.

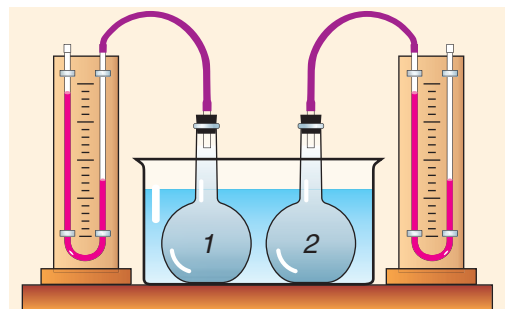
2. Ці змяняцца ўнутраная і механічная энергіі цагляны, калі яе са становішча *a* перавесці ў становішча *б* (мал. 4)?

3. З якіх відаў энергіі складаецца ўнутраная энергія дадзенай масы паветра, калі яно знаходзіцца: а) у пакоі пры нармальным атмасферным ціску; б) у балоне ў вадкім стане?

 4. Ці роўныя ўнутраныя энергіі паветра, якое запаўняе дзве аднолькавыя колбы 1 і 2 (мал. 5), апушчаныя ў вадку? Чаму?



Мал. 4

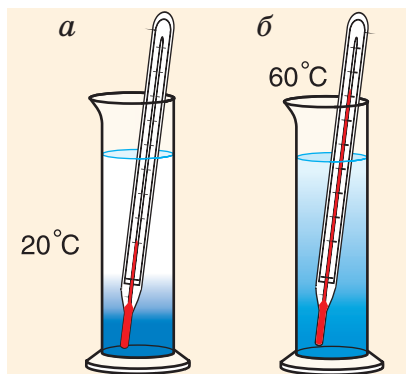


Мал. 5

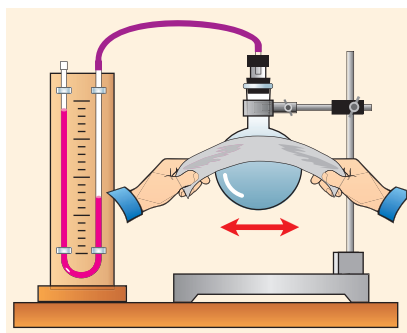


§ 2.

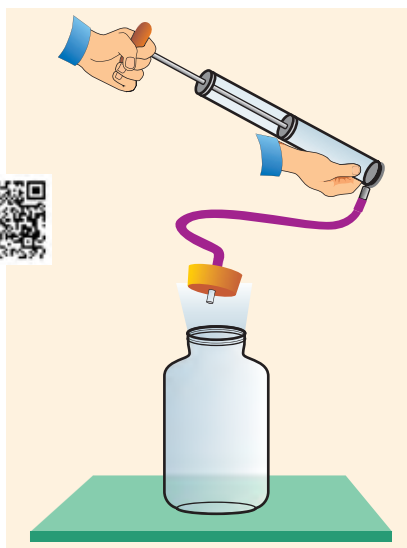
Спосабы змянення ўнутранай энергіі



Мал. 6



Мал. 7



Мал. 8

Каб змяніць механічную энергію цела, трэба змяніць скорасць яго руху, узаемадзеянне з іншымі цэламі або ўзаемадзеянне частак цела. Вы ўжо ведаеце, што гэта дасягаецца выкананнем работы.

Як можна змяніць (павялічыць або паменшыць) унутраную энергію цела? Будзем разважаць лагічна. Унутраная энергія вызначаецца як сума кінетычнай і патэнцыяльнай энергій часціц. Значыць, трэба змяніць або скорасць руху часціц, або іх узаемадзеянне (змяніць адлегласці паміж імі). Відавочна, можна змяніць і скорасць, і адлегласці паміж часціцамі адначасова. Змяніць скорасць руху часціц цела можна, павялічыўшы або паменшыўшы яго тэмпературу. Сапраўды, назіранні за дыфузіяй паказваюць, што хуткасць яе праходжання павялічваецца пры награванні (мал. 6, а, б). Такім чынам, павялічваецца сярэдняя скорасць руху часціц, а значыць, іх сярэдняя кінетычная энергія. Адсюль вынікае важны вывад: **тэмпература з'яўляецца мерай сярэдняй кінетычнай энергіі часціц.**

Як змяніць кінетычную энергію часціц цела? Існуюць два спосабы. Разгледзім іх на доследах. Будзем націраць колбу з паветрам палоскай сукна. Праз некаторы час узровень вадкасці ў правым калене манометра (мал. 7) апусціцца. Ціск паветра ў колбе павялічыцца. Гэта сведчыць аб награванні паветра. Такім чынам, павялічылася скорасць руху і кінетычная энергія яго малекул, а значыць, і ўнутраная энергія. Але за кошт чаго? Відавочна, за кошт выканання механічнай работы пры трэнні сукна аб колбу. Нагрэлася колба, а ад яе — газ.

Правядзём яшчэ адзін дослед. У таўстасценную шкляную пасудзіну нальём крыху вады (чайную ложку) для ўвільгатнення паветра ў ёй. Помпай

будзем напампоўваць у пасудзіну паветра. Праз некаторы час корак вылеціць (мал. 8), а ў пасудзіне ўтворацца туман. З назіранняў за навакольным асяроддзем мы ведаем, што туман з'яўляецца тады, калі пасля цёплага дня надыходзіць халодная ноч. Утварэнне туману ў пасудзіне сведчыць аб ахаладжэнні паветра, г. зн. аб памяншэнні яго ўнутранай энергіі. Але чаму паменшылася энергія? Таму што за кошт яе была выканана работа па выштурхванні корка з пасудзіны.

Параўнаем вынікі доследаў. У абодвух выпадках змянілася ўнутраная энергія газу. У першым доследзе яна павялічылася, паколькі работа выконвалася знешняй сілай (пры трэнні колбы з газам). У другім — паменшылася, бо работу выконвала сіла ціску самога газу.

А ці можна, выконваючы работу, змяніць патэнцыяльную энергію ўзаемадзеяння малекул?

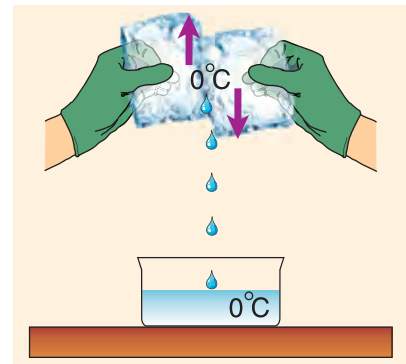
Зноў звернемся да доследу. Два кавалкі лёду пры $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ будзем церці адзін аб аднаго. Лёд ператвараецца ў ваду, пры гэтым тэмпература вады і лёду застаецца пастаяннай, роўнай $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (мал. 9). На што ідзе механічная работа сілы трэння?

Вядома ж, на змяненне ўнутранай энергіі! Але кінетычная энергія малекул не змянілася, паколькі тэмпература не змянілася. Лёд ператварыўся ў ваду. Пры гэтым змяніліся сілы ўзаемадзеяння малекул H_2O (нагадаем, што лёд і вада складаюцца з аднолькавых малекул). Значыць, змянілася іх патэнцыяльная энергія.

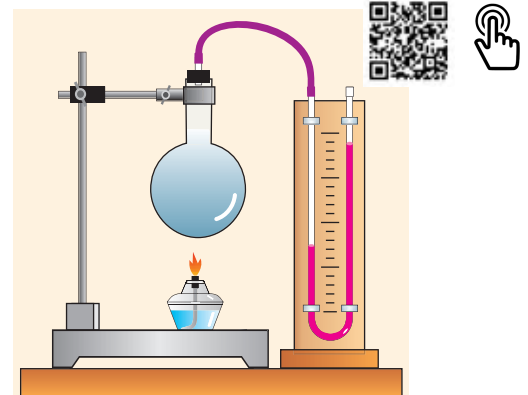
Выкананне механічнай работы — адзін са спосабаў змянення ўнутранай энергіі цела.

А ці ёсць магчымасць змяніць унутраную энергію цела, не выконваючы механічную работу? Так, ёсць. Нагрэць паветра ў колбе (мал. 10), расплавіць лёд (мал. 11) можна з дапамогай запаленай спіртоўкі. У абодвух выпадках унутраная энергія павялічыцца.

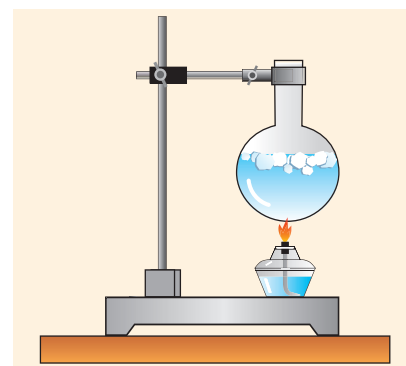
Пры ахаладжэнні цел (калі колбы з лёдам і паветрам змясціць у маразільнік) іх унутраная энергія паменшыцца. Частка ўнутранай энергіі цел (паветра, лёду) будзе перададзена навакольнаму асяроддзю.



Мал. 9



Мал. 10



Мал. 11

Працэс змянення ўнутранай энергіі цела, які адбываецца без выканання работы, называецца цеплаабменам.

Такім чынам, *выкананне механічнай работы і цеплаабмен* — два спосабы змянення ўнутранай энергіі цела.

Велічыню, роўную змяненню ўнутранай энергіі пры цеплаабмене, называюць колькасцю цеплаты (абазначаецца Q). Асноўнай адзінкай колькасці цеплаты, як работы і энергіі, у СІ з'яўляецца 1 джоўль.

▼ Для дапытлівых

Фізікі XVIII ст. і першай паловы XIX ст. разглядалі цеплату не як змяненне энергіі, а як прысутнасць у целе цеплароду — бязважкай вадкасці, якая можа перацякаць ад аднаго цела да другога. Калі цела награвалася, то лічылася, што ў яго ўліваўся цепларод, а калі ахалоджвалася — то выліваўся. Пры награванні целы расшыраюцца. Гэта тлумачылася тым, што цепларод мае аб'ём. Пры гэтым узважванні паказвалі, што маса цела не змянялася. Таму цепларод лічылі бязважкім. Тэорыю цеплароду падтрымлівалі многія вучоныя, у тым ліку і такі геніяльны вучоны, як Г. Галілей. Пазней Д. Джоўль на падставе праведзеных ім доследаў прыйшоў да высновы, што цепларод не існуе і што цеплата ёсць мера змянення кінетычнай і патэнцыяльнай энергій часціц цела, якія рухаюцца.

У далейшым выраз «перадаць целу колькасць цеплаты» мы будзем разумець як «змяніць унутраную энергію цела без выканання механічнай работы, г. зн. шляхам цеплаабмену». А выраз «нагрэць цела» будзем разумець як «павысіць яго тэмпературу» любым з двух спосабаў.

■ Галоўныя вывады

1. Унутраную энергію цела можна змяніць шляхам выканання механічнай работы або цеплаабменам.
2. Змяненне ўнутранай энергіі пры награванні або ахалоджэнні цела пры пастаянным аб'ёме звязана са змяненнем сярэдняй кінетычнай энергіі яго часціц.
3. Змяненне ўнутранай энергіі цела пры нязменнай тэмпературы звязана са змяненнем патэнцыяльнай энергіі яго часціц.

? Кантрольныя пытанні

1. Якімі спосабамі можна змяніць унутраную энергію цела?
2. Як змяняецца ўнутраная энергія цела, калі яго:
 - а) нагрываць;
 - б) ахалоджваць?
3. Ці можна змяніць унутраную энергію цела, не змяняючы яго тэмпературу? Прывядзіце прыклады.
4. Які працэс называецца цеплаабменам?
5. Што такое колькасць цеплаты і ў чым яна вымяраецца?

→ Дамашняе заданне


Вазьміце кавалак алюмініевага дроту і хутка сагнуце яго некалькі разоў. Пасля гэтага дакраніцеся пальцам да месца згіну. Растлумачце, як і чаму змянілася ўнутраная энергія дроту.

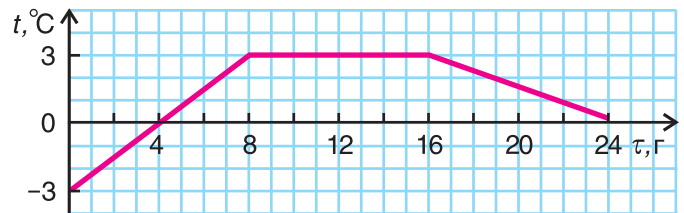
Практыкаванне 2

1. Як і якім спосабам змяняецца ўнутраная энергія:
 - а) свердла пры свідраванні адтуліны ў бетоннай сцяне;
 - б) пакета малака, змешчанага ў халадзільнік?


2. Адзін металічны цыліндр нацерлі кавалкам сукна, выканаўшы работу $A_1 = 1$ Дж, а другі такі ж самы цыліндр паднялі ўверх, выканаўшы работу $A_2 = 1$ Дж. Ці аднолькава змянілася іх унутраная энергія? Чаму?

3. Чаму чалавек, каб сагрэць рукі, трэ іх адна аб адну?

-  4. Графік залежнасці тэмпературы надворнага паветра ад часу сутак прадстаўлены на малюнку 12. У які час сутак унутраная энергія забытых на вуліцы канькоў змянялася найбольш моцна?



Мал. 12

-  5. Ці змянілася ўнутраная энергія эспандара, калі яго расцягнулі (мал. 13)?



Мал. 13