

ZADANIE: Vnútoraná energia telesa

Vysvetlite pojem vnútoraná energia telesa a porovnajzte fyzikálny význam veličín teplota a teplo.

- vnútoraná energia telesa a jej zmeny
- tepelná výmena
- hmotnostná tepelná kapacita, teplo
- kalorimeter



VNÚTORNÁ ENERGIA TELESA

Doteraz sme sa stretli s rôznymi formami energie telesa. Neuvažovali sme ešte nad tým, či aj vnútornej štruktúre telesa môžeme priradiť určitú formu energie. Vychádzajúc z kinetickej teórie stavby látok by sme mali...

Všetky častice v telese sa ustavične a neusporiadane pohybujú, majú svoju okamžitú rýchlosť. Majú teda aj kinetickú energiu svojho pohybu. Častice na seba pôsobia príťažlivými aj odpudivými silami. Majú teda aj potenciálnu energiu vzájomného pôsobenia. **Vnútoraná energia telesa (značka U) je daná súčtom kinetickej energie častíc telesa a potenciálnej energie častíc telesa.** Je dôležité zdôrazniť, že uvažujeme o energii častíc, lebo súčet kinetickej a potenciálnej energie telesa navonok je mechanická energia telesa.

Je zrejmé, že rovnaké množstvo horúcej vody má väčšiu hodnotu vnútornej energie ako takéto množstvo studenej vody. V horúcej vode sa predsa molekuly vody pohybujú rýchlejšie. **Veľkosť vnútornej energie telesa sa teda navonok prejavuje jeho teplotou.**

Každé teleso má určitú veľkosť vnútornej energie. Čím rýchlejšie sa častice v telese pohybujú a čím väčšími silami na seba pôsobia, tým je vnútoraná energia telesa väčšia. Keby sa mala vnútoraná energia telesa blížiť k nule, tak by sa častice museli takmer zastaviť. Bolo by to možné priblížením sa k teplote absolútnej nuly.

Veľkosť vnútornej energie telesa nie je v čase stála. Môže sa **meniť dvoma spôsobmi:**

- **konaním práce** – napr. pri trení telies (brzdových doštičiek, dlaní rúk, šmirgľového papiera o stôl, rašple o drevo, lyží o sneh, korčúl o ľad, „škrtnutie“ zápalky, mletie látok, obrábanie kovov, prelet meteorov atmosférou...) alebo stláčaní plynu. Vnútoraná energia telesa sa zväčší o takú hodnotu, aká veľká práca sa vykonala.
- **tepelnou výmenou** – napr. pri vložení studenej lyžičky do horúceho čaju, pri roztápaní zmrzliny na jazyku, pri ohrievaní studenej polievky na varnej platni... Teplejšie teleso odovzdáva teplo studenšiemu telesu, ktoré teplo prijme. Proces končí vyrovnaním teplôt oboch telies, keď nastane rovnovážny stav.

TEPELNÁ VÝMENA (TV)

Príklady TV: studená lyžička v horúcom čaji, zmrazený nanuk na jazyku, studená polievka na horúcej platni, studený sneh v dlani, ...

Na obrázku je do horúceho čaju ponorená studená kovová lyžica.

- horúci čaj: má rýchle molekuly s veľkou kinetickou energiou
- studená lyžica: má pomalé molekuly s malou kinetickou energiou

Medzi čajom a lyžicou prebehne tepelná výmena. Opíšeme ju z vnútorného (časticového) aj vonkajšieho (termodynamického) pohľadu.

Opis TV na úrovni častíc: rýchlejšie molekuly horúceho čaju narážajú na pomalšie častice lyžice a odovzdávajú časť svojej kinetickej energie. Tým sa pôvodne rýchlejšie molekuly čaju spomalia a zároveň pôvodne pomalšie častice lyžice zrýchlia. Proces prebieha dovtedy, kým všetky častice oboch telies nenadobudnú rovnakú rýchlosť. Vtedy nastane **rovnovážny stav**.

Opis TV z termodynamického (vonkajšieho) hľadiska: horúci čaj odovzdáva teplo studenej lyžici, ktorá toto teplo prijíma. Tým sa teplota pôvodne horúceho čaju znižuje a zároveň teplota pôvodne studenej lyžice zvyšuje. Proces prebieha dovtedy, kým obe telesá nenadobudnú rovnakú výslednú teplotu. Vtedy nastane **rovnovážny stav**.

Na úspešný priebeh musia byť splnené dve podmienky TV:

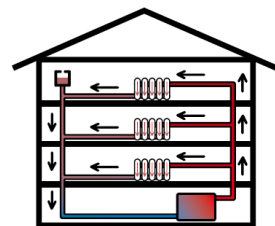
- telesá musia byť v tepelnom kontakte (dotýkať sa),
- telesá musia mať rôznu počiatočnú teplotu.

Špeciálne prípady TV, pri ktorých nie splnená niektorá z uvedených podmienok:

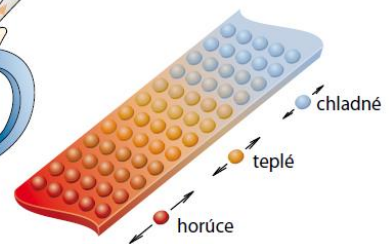
- a) **TV žiarením:** telesá sa nemusia dotýkať, lebo teplo sa vyžiarí a prenáša elektromagnetickými vlnami, napríklad Slnko žiari na zemský povrch, Solux (infražiarí) na ľudská tvár...



- b) **TV prúdením:** šírenie tepla zabezpečuje pohyb častíc prostredia, napríklad horúci radiátor zohrieva vzduch obiehajúci v miestnosti, šírenie tepla v tekutinách, ohrievač s ventilátorom zahrieva miestnosť vo vagóne vlaku, ...



- c) **TV vedením:** prebieha len v jednom telese medzi jeho dvoma koncami s rôznou počiatočnou teplotou, napríklad medzi dvoma koncami kovovej naberačky ponorenej v horúcej polievke, ... Rôzne látky prenášajú – vedú teplo medzi svojimi koncami rôzne. Delíme ich na dve skupiny:
- **tepelné vodiče** prenášajú teplo medzi svojimi koncami rýchlo a ľahko, napríklad kovy a ich zliatiny
 - **tepelné izolanty** prenášajú teplo medzi svojimi koncami pomaly a ťažko, napríklad



drevo, papier, plasty, textílie, korok, vzduch (najlepši) a všetko, čo ho obsahuje (vata, perie, koberce...)



Subjektívne pri dotyku sa nám niektoré predmety zdajú teplejšie, iné chladnejšie. Na obrázku je človek v kúpeľni stojaci na dvoch rôznych povrchoch. Obe podlahy majú určite nižšiu teplotu ako ľudské nohy, preto podlahy odoberajú teplo nohám. Nohy cítia chlad. **Chlad je subjektívny pocit živých organizmov, keď im studšie teleso odoberá teplo.** Keramické dlaždice sú tepelný vodič, preto odoberajú viac tepla a rýchlejšie – nohy cítia väčší chlad. Korok je tepelný izolant, preto odoberá menej tepla a pomalšie – nohy cítia menší chlad. Chlad

cítíme, ak máme v rukách sneh, na jazyku zmrzlinu...

Na záver porovnajme veličiny teplota a teplo, aby sme ich vedeli správne používať:

Teplota opisuje stav určitého telesa, je prejavom veľkosti vnútornej energie telesa.

Teplota je stavová veličina.

Teplo je forma energie, ktorú si telesá vymieňajú v procese tepelnej výmeny.

Teplo je procesová veličina.

HMOTNOSTNÁ TEPELNÁ KAPACITA. TEPLO

Už vieme, že ak sa do tepelného kontaktu dostanú dve telesá s rôznou počiatočnou teplotou, tak si medzi sebou budú vymieňať teplo dovtedy, kým sa ich teploty nevyrovnajú. Prebehol **proces tepelnej výmeny**, ktorý skončil dosiahnutím rovnovážneho stavu. Ak teleso teplo odovzdáva, tak sa jeho teploty znižuje. Ak teleso teplo prijíma, tak sa jeho teplota zvyšuje.

Aké veľké teplo musia telesá prijať počas zohrievania? Zahrievajú sa všetky látky rovnako rýchlo a ľahko? Odpovede na otázky dostaneme meraním a počítaním. Na obrázku sú rôzne látky rôzneho skupenstva. Prijaté teplá počas zohrievania najľahšie porovnáme, ak má každá látka rovnakú hmotnosť 1 kg a zohrievame ich práve o 1 °C. Zistilo sa, že rôzne látky prijali rôzne množstvo tepla, ktoré je uvedené pod obrázkom.

1 kg o 1 °C

lieh

1 kg o 1 °C

voda

1 kg o 1 °C

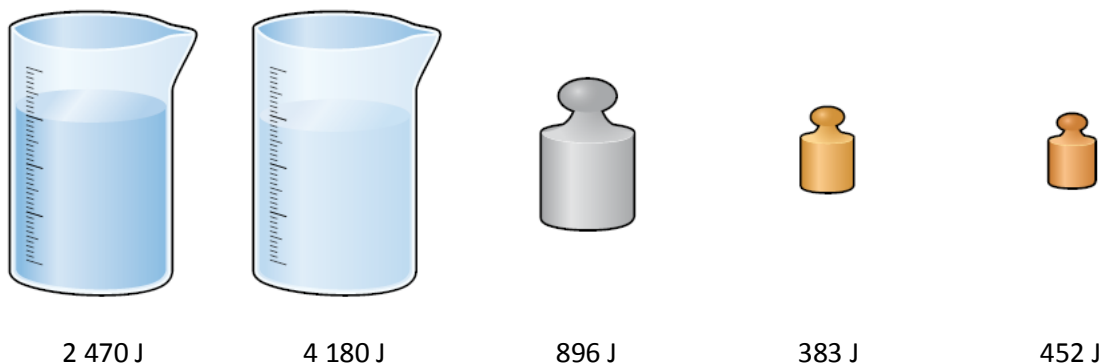
hliník

1 kg o 1 °C

meď

1 kg o 1 °C

železo



Vidíme, že 1 kg vody potreboval na zohriatie o 1 °C teplo veľkosti 4 180 J, ale lieh len 2 470 J tepla. Podobné rozdiely registrujeme aj pri kovoch. Iba 383 J tepla potrebovala meď, ale až 896 J potreboval hliník. Príčinou bude rôzna vnútorná štruktúra látok. Akoby sa do rôznych látok počas zohrievania „zmestilo“ rôzne množstvo tepla... Zistené rozdiely vyjadruje číselne nová fyzikálna veličina.

Hmotnostná tepelná kapacita látky udáva množstvo tepla, ktoré musí prijať 1 kg látky, aby sa zohriala práve o 1 °C.

- značkou veličiny je c

- jednotkou veličiny je **Joule na kilogram a na stupeň Celzia** ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$)
- $$[c] = 1 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

tuhé		kvapalné		plynné	
látka	$c (\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1})$	látka	$c (\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1})$	látka	$c (\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1})$
cín	227	acetón	2 160	dusík	1 037
hliník	896	benzín	2 090	chlór	481
kobalt	389	etanol	2 470	kyslík	912
meď	383	olej	1 800	vzduch	1 005
olovo	129	ortuť	140		
platina	133	petrolej	2 140		
striebro	234	glycerol	2 430		
zinok	385	voda	4 180		
zlato	129				
železo	452				

Hmotnostná tepelná kapacita látky (materiálu) naznačuje, ako rýchlo a ľahko sa zahrieva a koľko tepla na to potrebuje. Veľmi malé hodnoty majú kovy. Zohrievajú sa rýchlo a ľahko, stačí im malé teplo a dajú sa dobre tepelne spracovať (taviť, tvarovať), rýchlo aj vychladnú. Najväčšiu hmotnostnú tepelnú kapacitu má voda. Ohrieva sa pomaly a ťažko, potrebuje na to veľké teplo, ktoré v sebe uchováva, pomaly chladne. Preto sa voda používa na prenos tepla (napríklad v ústrednom kúrení) alebo na chladenie strojov. Veľké masy vody zmierňujú klímu prímorských oblastí (tlmia teplotné rozdiely).

Teraz už môžeme odvodiť vzťah pre výpočet celkového tepla Q , ktoré si vymení teleso s hmotnosťou m , aby zmenilo svoju teplotu o hodnotu Δt . Vieme, že 1 kg látky potrebuje na zohriatie o 1 °C teplo c . Ťažšie telesá zohrievané na vyššiu teplotu budú potrebovať priamo úmerne viac tepla:

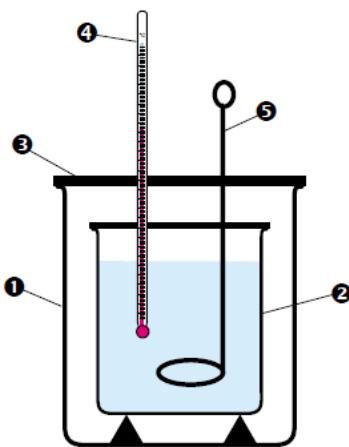
čím je teleso ťažšie, tým potrebuje prijať tepla viac $Q \approx m$

čím viac je treba teleso zohriať, tým potrebuje prijať tepla viac $Q \approx \Delta t$

teda $Q = c \cdot m \cdot \Delta t$

KALORIMETER

Pri pokusnom uskutočňovaní tepelnej výmeny musíme počítať s tým, že teplo si nebudú vymieňať len určené telesá, ale aj pokusná nádoba a teplo bude „unikáť“ aj do okolia – **vzniknú tepelné straty**. Pre minimalizovanie týchto nepresností je vhodné uskutočniť tepelnú výmenu v izolovanej sústave. Doma môžeme použiť **termosku**. V nej je vnútorná nádoba od vonkajšej izolovaná vákuom (medzi nádobami je vyčerpaný vzduch) a povrchová úprava býva lesklá, aby „odrážala“ slnečné (tepelné) lúče.



V laboratóriu sa používa **zmiešavací kalorimeter**. Je to **pomôcka (zariadenie) na praktické uskutočnenie tepelnej výmeny**. Kalorimeter je **tvorený sústavou dvoch kovových hliníkových nádob vzájomne tepelne izolovaných (vzduchom, drevenou podložkou) doplnených teplomerom a miešadlom**.



Časti kalorimetra:

- 1 – vonkajšia nádoba
- 2 – vnútorná nádoba
- 3 – plastový kryt
- 4 – teplomer
- 5 – miešadlo

V praxi sa zmiešavací kalorimeter najčastejšie používa na experimentálne určenie hmotnostnej tepelnej kapacity určitej látky. Napríklad do kalorimetra nalejeme studenú vodu (označíme ju indexom 1) hmotnosti m_1 s nízkou teplotou t_1 a známou hmotnostnou tepelnou kapacitou c_1 . Neskôr vložíme horúci kovový valček (označíme indexom 2) hmotnosti m_2 s vysokou teplotou t_2 a neznámou tepelnou kapacitou c_2 .

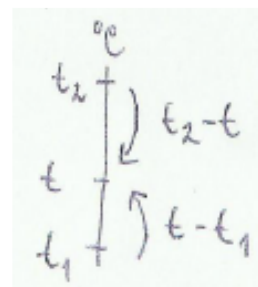


V kalorimetri **prebehne tepelná výmena**. Ak zanedbáme vplyv nádoby kalorimetra, tak **horúci kovový valček bude odovzdávať teplo Q_2** , čím bude klesať jeho teplota (z hodnoty t_2 na t , pozri teplomer):

$$Q_2 = c_2 \cdot m_2 \cdot (t_2 - t)$$

a **studená voda bude prijímať teplo Q_1** , čím sa bude zvyšovať jej teplota:

$$Q_1 = c_1 \cdot m_1 \cdot (t - t_1)$$



Proces podporujeme opatrným miešaním miešadlom. Zmeny teploty sledujeme vloženým teplomerom. Tepelnú výmenu medzi kovom a vodou môžeme považovať za skončenú, keď sa už teplota v sústave nemení. (Ak vplyv nádoby kalorimetra nemôžeme zanedbať, tak musíme počítať s tým, že aj studená vnútorná nádoba bude prijímať teplo spolu so studenou vodou).

Uvedomíme si, že kalorimeter predstavuje izolovanú nádobu, teda **odovzdané a prijaté teplo sa veľkosťou rovnajú**. Deje v kalorimetri zapíšeme matematickou rovnicou:

$$Q_2 = Q_1$$

$$c_2 \cdot m_2 \cdot (t_2 - t) = c_1 \cdot m_1 \cdot (t - t_1)$$



Tento zápis sa označuje **kalorimetrická rovnica**. **Vyjadruje zákon zachovania energie počas tepelnej výmeny v izolovanej sústave kalorimetra**. Možno z nej vyjadriť ľubovoľnú neznámu. Ak vplyv nádoby kalorimetra nemôžeme zanedbať, tak na pravú stranu rovnice ešte musíme pripočítať teplo prijaté hliníkovou nádobou kalorimetra. Tvar rovnice závisí od toho, ako si indexujeme jednotlivé látky.