

T É M A : URČENÍ MĚRNÉ TEPELNÉ KAPACITY PEVNÉHO TĚLESA UŽITÍM KALORIMETRICKÉ ROVNICE

Vypracoval/a:

Třída:

Spolupracoval/a:

Datum:

ANOTACE:

Pomocí **kalorimetrické rovnice** žáci vyjádří zákon zachování energie při tepelné výměně. Budou uvažovat i tepelnou kapacitu kalorimetru s příslušenstvím. Z rovnosti tepla odevzdaného teplejším tělesem a tepla přijatého studenějším tělesem a kalorimetrem odvodí vztah pro výpočet **měrné tepelné kapacity** pevného tělesa a určí její hodnotu. Následně tuto experimentálně určenou hodnotu porovnají s hodnotou uvedenou v matematicko-fyzikálních tabulkách. Na závěr se žáci snaží vysvětlit, proč se vypočtená hodnota může do určité míry lišit od údaje zjištěného v tabulkách.

TEORIE:

Jestliže při tepelné výměně soustava o hmotnosti m přijme teplo Q a nenastane současně změna skupenství látky, zvýší se teplota tělesa (soustavy) o ΔT (resp. o Δt). **Tepelnou kapacitu** tělesa nebo termodynamické soustavy definujeme vztahem: $C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$. Jednotkou tepelné kapacity je tedy $J \cdot K^{-1}$.

Měrnou tepelnou kapacitu látky získáme tak, že tepelnou kapacitu vydělíme hmotností: $c = \frac{C}{m}$. Nenásobnou jednotkou této fyzikální veličiny je $\frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$.

Měrná tepelná kapacita je látková konstanta. Pro různé látky má tedy různou číselnou hodnotu. Např. pro vodu je hodnota $c = 4180 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$. Znamená to, že voda o hmotnosti 1 kg (o objemu 1 l) musí přijmout teplo 4180 J, aby se její teplota zvýšila o 1 $^\circ C$.

Z definice měrné tepelné kapacity lze odvodit **vztah pro výpočet tepla** $Q = m c (t_2 - t_1)$, kde m je hmotnost tělesa, c je měrná tepelná kapacita, t_1 je počáteční teplota a t_2 je výsledná teplota tělesa. Podle uvedeného vztahu můžeme vypočítat teplo přijaté tělesem při zvýšení teploty nebo teplo tělesem odevzdané při snížení teploty.



Obr. 1 – Směšovací kalorimetr



Obr. 2 Elektrický kalorimetr a jeho části



Obr. 3 – Elektrický kalorimetr

K experimentálnímu určení měrné tepelné kapacity látky používáme tzv. **směšovací kalorimetr**. Jde o tepelně izolovanou nádobu s teploměrem a míchačkou.

Kalorimetrická rovnice vyjadřuje zákon zachování energie při tepelné výměně mezi tělesy v kalorimetru a samotným kalorimetrem. Budeme pomocí ní počítat měrnou tepelnou kapacitu dané látky. K tomu potřebujeme: znát měrnou tepelnou kapacitu druhé látky v kalorimetru, hmotnost kalorimetru, měrnou tepelnou kapacitu látky, ze které je kalorimetr vyroben, a změřit hmotnosti a teploty obou látek a výslednou teplotu soustavy po dosažení rovnovážného stavu.

Budeme předpokládat, že látka, z níž je těleso vyrobeno, chemicky nereaguje s kapalinou. Dále je nutné vzít v úvahu, že během tepelné výměny mezi kapalinou a tělesem nebude kapalina měnit skupenství. Označme počáteční teplotu teplejšího tělesa t_1 , jeho měrnou tepelnou kapacitu c_1 a hmotnost m_1 , počáteční teplotu chladnější kapaliny t_2 , její měrnou tepelnou kapacitu c_2 a hmotnost m_2 , hmotnost kalorimetru m_k a měrnou tepelnou kapacitu látky, ze které je kalorimetr vyroben, c_k . Výměna tepla bude probíhat tak dlouho, dokud nenastane rovnovážný stav. To znamená, že se teploty tělesa, kapaliny a kalorimetru vyrovnají. Výslednou teplotu označíme bez indexu: $t \in (t_2 ; t_1)$.

Teplo odevzdané teplejším tělesem je určeno podle vztahu $Q_1 = m_1 c_1 (t_1 - t)$, teplo přijaté kapalinou podle vztahu $Q_2 = m_2 c_2 (t - t_2)$ a teplo přijaté kalorimetrem $Q_3 = m_k c_k (t - t_2) = C_k (t - t_2)$.

Podle zákona zachování energie tedy platí: $Q_1 = Q_2 + Q_3$

Kalorimetrická rovnice má proto tvar:

$$m_1 c_1 (t_1 - t) = m_2 c_2 (t - t_2) + m_k c_k (t - t_2)$$

$$m_1 c_1 (t_1 - t) = m_2 c_2 (t - t_2) + C_k (t - t_2)$$

$$m_1 c_1 (t_1 - t) = (t - t_2) (m_2 c_2 + C_k)$$

Pomocí ekvivalentní úpravy získáme:

$$c_1 = \frac{(t - t_2) (m_2 c_2 + C_k)}{m_1 (t_1 - t)}$$

PŘÍPRAVA:

1. Zopakujte si kapitolu Teplota a teplo, tepelná výměna. Dále se soustředte na rozdíl mezi teplotou a teplem a mezi teplem a měrnou tepelnou kapacitou.
2. Zopakujte si řešení úloh o odevzdávání a přijímání tepla potřebného ke změně teploty tělesa.
3. Připomeňte si různé tvary kalorimetrické rovnice. Zaměřte se na fyzikální význam všech členů vystupujících v rovnici.

ÚKOL:

1. Pomocí směšovacího kalorimetru určete měrnou tepelnou kapacitu daného kovu.
2. Získanou hodnotu porovnejte s hodnotou uvedenou v tabulkách.
3. Rozeberte chyby, které mohou vzniknout při měření měrné tepelné kapacity látky. Navrhněte, jakým způsobem lze tyto chyby omezit.

POMŮCKY:

Směšovací kalorimetr, rovnoramenné váhy, sada závaží, kovový předmět, 2 teploměry, voda, rychlovarná konvice, odměrný válec

POSTUP:

1. Nejprve změřte všechny potřebné fyzikální veličiny. Na rovnoramenných vahách zjistěte hmotnost kovového předmětu. Před samotným měřením pečlivě zkontrolujte polohu misek a jazýčku vah.
2. Budete popisovat výměnu tepla mezi zahřátým kovovým tělesem, vodou a kalorimetrem. Pomocí vah změřte hmotnost vody. Od celkové hmotnosti nádoby naplněné vodou odečtete hmotnost prázdné nádoby. K určení hmotnosti vody můžete také použít odměrný válec. Zjistíte objem vody a vypočítáte její hmotnost vynásobením objemu hustotou.
3. Pro určení tepelné kapacity kalorimetru budete potřebovat změřit hmotnost m_k vnitřní nádoby kalorimetru s míchačkou.



4. Změřte teplotu vody v kalorimetru teploměrem.
5. Teplotu z bodu 4 považujte i za teplotu kalorimetru, protože jste tuto teplotu změřili po dosažení rovnovážného stavu kapaliny (vody) a kalorimetru.
6. Pomocí druhého teploměru změřte teplotu pevného tělesa. To bude zahříváno pomocí rychlovarné konvice. Změřte tedy teplotu vody, s níž bylo pevné těleso ohříváno v konvici.
7. Zahřáté těleso odejměte z rychlovarné konvice a vložte je do kalorimetru s vodou. Přesun provádějte velmi rychle, abyste minimalizovali výměnu tepla mezi zahřátým tělesem a okolním prostředím.
8. Kalorimetr uzavřete a pozorujte, jak se mění teplota soustavy v kalorimetru.
9. Čekajte na dosažení rovnovážného stavu. Během tepelné výměny se v kalorimetru vyrovnají teploty zahřátého tělesa a chladnější vody.
10. Soustavu tvořenou tělesem a vodou promíchejte míchačkou. Urychlíte tak výměnu tepla a dosažení rovnovážného stavu.
11. Jakmile se teplota na teploměru přestane měnit, запиšte její hodnotu. Změřili jste teplotu soustavy po dosažení rovnovážného stavu.
12. Všechny naměřené hodnoty запиšte do připravené tabulky.
13. Napište kalorimetrickou rovnici a odvoďte obecně měrnou tepelnou kapacitu kovového tělesa.
14. Porovnejte zjištěnou hodnotu s tabulkami.
15. Zformulujte závěr, zhodnoťte odchylku vypočtené hodnoty od hodnoty uvedené v tabulkách a navrhněte, které faktory ovlivnily během laboratorní práce přesnost měření.



VYPRACOVÁNÍ:

1. KALORIMETRICKÁ ROVNICE POPISUJÍCÍ TEPELNOU VÝMĚNU MEZI TĚLESY V KALORIMETRU (BUDEME UVAŽOVAT I TEPELNOU VÝMĚNU MEZI TĚLESY A KALORIMETREM):

$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$

$$m_1 c_1 (t_1 - t) =$$

$c_1 =$

TABULKA:

Fyzikální veličina	Zahřáté kovové těleso	Voda v kalorimetru	Soustava v kalorimetru po dosažení rovnovážného stavu
hmotnost	$m_1 =$	$m_2 =$	-
teplota	$t_1 =$	$t_2 =$	-
měrná tepelná kapacita	$c_1 = ?$	$c_2 =$	-
výsledná teplota	-	-	$t =$

DOSAZENÍ HODNOT DO KALORIMETRICKÉ ROVNICE:

$$c_1 =$$

$$\{c_1\} =$$

$$c_1 = \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$$

2. Z naměřených hodnot jsme vypočítali měrnou tepelnou kapacitu kovového tělesa. Porovnáním s tabulkami jsme potvrdili myšlenku, že jsme pracovali s předmětem. Naše hodnota je nejbližší měrné tepelné kapacitě....., jejíž hodnota podle tabulek je $c = \dots\dots\dots \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$.
3. Měření proběhlo....., vypočtená hodnota se liší pouze o % od hodnoty z tabulek. Přesnost měření mohla být ovlivněna těmito faktory:
 - a)
 - b)
4. Opakované měření s jinými vstupními hodnotami:

ZÁVĚR:

Žáci si prakticky vyzkoušeli, jak lze pomocí kalorimetrické rovnice zjistit měrnou tepelnou kapacitu látky. Během laboratorní práce si procvičili měření na rovnoramenných vahách a čtení hodnoty teploty na stupnici teploměru. Zopakovali si měření objemu kapaliny pomocí odměrného válce a užití vztahu mezi hmotností, objemem a hustotou látky. Procvičili si vyjádření neznámé veličiny ze vzorce.

Cílem práce je ukázat žákům využití kalorimetrické rovnice při experimentálním měření.

V teoretické části se laboratorní práce snaží žákům ucelit informace o tepelné a měrné tepelné kapacitě, vysvětlit vytvoření kalorimetrické rovnice pro dané měření a objasnit jejich fyzikální smysl a podstatu.

SHRNUTÍ:

Na základě poznatků získaných při domácí přípravě a během laboratorního cvičení vyřešte následující úkoly:

1. Co je teplo a jaký je rozdíl mezi teplotou, teplem a tepelnou kapacitou?
2. Co je to měrná tepelná kapacita látky, jakou má jednotku a jaký je její fyzikální význam?
3. Jaké teplo přijme voda o objemu 840 ml, jestliže ji zahřejeme z počáteční teploty 17 °C na teplotu 41 °C?
4. Na jakou hodnotu klesla teplota mosazného válečku o hmotnosti 280 g, jestliže odevzdal během tepelné výměny s chladnější kapalinou teplo 2,7 kJ? Původní teplota válečku byla 60 °C. Měrnou tepelnou kapacitu mosazi vyhledejte v tabulkách.
5. Vysvětlete, která z nabízených variant představuje správně zapsanou kalorimetrickou rovnici:
 - a) $m_1 c_1 (t_1 - t) = m_2 c_2 (t - t_2) + C_k (t - t_2)$
 - b) $m_1 c_1 (t - t_1) = m_2 c_2 (t - t_2) + m_k C_k (t - t_2)$
 - c) $m_1 c_1 (t - t_1) = m_2 c_2 C_k (t_2 - t)$
 - d) $m_1 c_1 (t - t_1) = (m_2 c_2 + C_k) (t - t_2)$
6. Vyřešte následující slovní úlohu:

Do kalorimetru obsahujícího čtvrt litru vody o teplotě 14 °C jsme přilili 208 ml vody o teplotě 49 °C. Po dosažení rovnovážného stavu se v kalorimetru ustálila teplota 29 °C. Určete tepelnou kapacitu kalorimetru.

SEZNAM ZDROJŮ:

- [01] Bartuška Karel, Svoboda Emanuel: Fyzika pro gymnázia – Molekulová fyzika a termika, 4. vydání. Prometheus Praha, 2005 ISBN 80-7196-200-7
- [02] Svoboda Emanuel a kol.: Přehled středoškolské fyziky, 3. vydání. Prometheus Praha, 1996 ISBN 80-7196-116-7

METODICKÝ LIST

Název školy	Gymnázium a Jazyková škola Zlín
Autor	Mgr. Petr Zezulka
Vzdělávací oblast	Kalorimetrická rovnice
Vzdělávací obor	Fyzika
Tematický okruh	Vnitřní energie a teplo
Druh učebního materiálu	Laboratorní cvičení – žák
Cílová skupina	Žák, 16 – 17 let
Anotace	Pracovní list je určen do výuky žákům - podklad pro laboratorní cvičení z fyziky. Informace žák čerpá z vlastních poznámek, odborné literatury a internetu. Náplň: Tepelná výměna mezi tělesy. Vyjádření měrné tepelné kapacity látky z kalorimetrické rovnice, měření potřebných veličin