

# T É M A :      OVĚŘENÍ HODNOTY MĚRNÉ TEPELNÉ KAPACITY VODY UŽITÍM ELEKTRICKÉHO KALORIMETRU

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 práce elektrického proudu a tepla přijatého kapalinou (vodou) a nádobou za stejnou dobu odvodí vztah pro výpočet **měrné tepelné kapacity** vody 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  $\Delta T$  (resp. o  $\Delta t$ ). **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  $\frac{J}{kg \cdot K}$ .

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

**Elektrický kalorimetr** (obr. 2, 3) je také tepelně izolovaná nádoba. Uvnitř je spirála z odporového drátu, která je součástí elektrického obvodu spolu s ampérmetrem, voltmetrem, spínačem, reostatem a zdrojem elektrického napětí. Jestliže spirálou bude procházet stálý proud  $I$  po dobu  $\tau$  a napětí na koncích spirály bude  $U_0$ , pak elektrická práce proudu je dána vztahem:  $W = U_0 I \tau$ . Podle zákona zachování energie musí být tato práce rovna celkovému teplu přijatému vodou a nádobou za stejnou dobu. Označíme-li hmotnost vody  $m$ , její měrnou tepelnou kapacitu  $c$  a přírůstek její teploty  $\Delta t$ , bude mít rovnice tvar:

$$W = Q_1 + Q_2$$

$$U_0 I \tau = m c (t_2 - t_1) + m_k c_k (t_2 - t_1)$$

$$U_0 I \tau = m c \Delta t + m_k c_k \Delta t$$

$$c = \frac{U_0 I \tau - m_k c_k \Delta t}{m \Delta t}$$

Průchodem elektrického proudu obvodem se spirála zahřeje a tím se zvýší teplota vody v kalorimetru. Množství tepla vzniklé ve spirále je závislé na napětí a proudu. Takto lze měřit teplo přijaté vodou, známe-li její hmotnost. Z určeného tepla pak ověříme výpočtem hodnotu měrné tepelné kapacity kapaliny (vody).

## 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.
4. Zopakujte si vztahy pro výpočet práce stejnosměrného elektrického proudu.
5. Nastudujte schéma zapojení elektrického kalorimetru.

## ÚKOL:

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

## POMŮCKY:

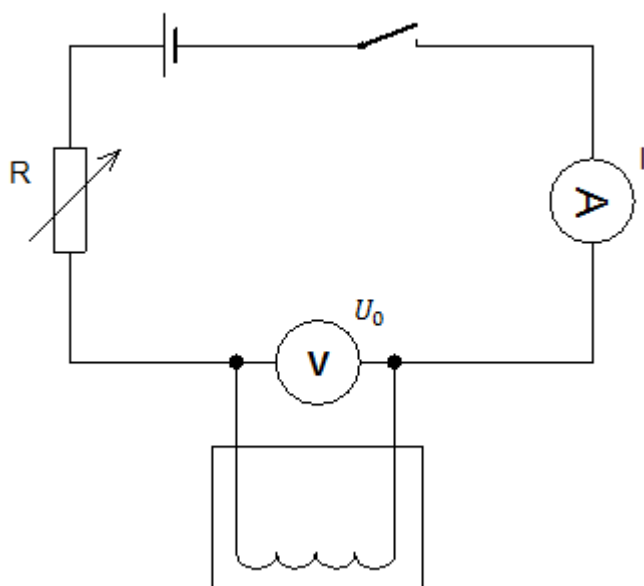
Elektrický kalorimetr, rovnoramenné váhy, sada závaží, teploměr, voda, odměrný válec, spínač, reostat, voltmetr, ampérmetr, zdroj stejnosměrného elektrického napětí, stopky

## POSTUP:

1. Nejprve změříme všechny potřebné fyzikální veličiny. Na rovnoramenných vahách zjistíme hmotnost kapaliny (vody). Před samotným měřením pečlivě zkontrolujeme polohu misek a jazýčku vah.
2. Od celkové hmotnosti nádoby naplněné vodou odečteme hmotnost prázdné nádoby. K určení hmotnosti vody můžeme také použít odměrný válec. Zjistíme objem vody a vypočítáme její hmotnost vynásobením objemu hustotou.
3. Pro určení tepelné kapacity kalorimetru budeme potřebovat změřit hmotnost  $m_k$  vnitřní nádoby kalorimetru s míchačkou.
4. Změříme teploměrem teplotu  $t_1$  vody v kalorimetru (ještě před zapojením elektrického obvodu).
5. Teplotu z bodu 4 budeme považovat i za teplotu kalorimetru, protože tato teplota byla změřena po dosažení rovnovážného stavu kapaliny (vody) a kalorimetru.



6. Zapojíme elektrický obvod podle schématu.



7. Spustíme na stopkách měření času  $\tau$ . Tuto hodnotu použijeme k výpočtu práce elektrického proudu. Budeme pozorovat, jak se teplota vody v kalorimetru zvyšuje.
8. Změříme elektrické napětí  $U_0$  na koncích topné spirály.
9. Změříme elektrický proud  $I$  procházející obvodem.
10. Jakmile ukončíme měření času, změříme teplotu  $t_2$  vody v kalorimetru.

11. Všechny naměřené hodnoty zapíšeme do připravené tabulky.
12. Zapišeme rovnici vyjadřující zákon zachování energie a odvodíme obecně měrnou tepelnou kapacitu kapaliny (vody).
13. Porovnáme zjištěnou hodnotu s tabulkami.
14. Měření provedeme pětkrát pro různé hodnoty elektrického napětí, proudu a doby  $\tau$ . Naměřené hodnoty zapíšeme do tabulky a vypočítáme měrnou tepelnou kapacitu vody.
15. Zapišeme závěr, zhodnotíme odchylku vypočtené hodnoty od hodnoty uvedené v tabulkách a navrhneme, které faktory ovlivnily během laboratorní práce přesnost měření.



## VYPRACOVÁNÍ:

### 1. KALORIMETRICKÁ ROVNICE POPISUJÍCÍ ZÁKON ZACHOVÁNÍ ENERGIE V OBVODU SE ZAPOJENÝM ELEKTRICKÝM KALORIMETREM:

$$W = Q_1 + Q_2$$

$$U_0 I \tau = m c (t_2 - t_1) + m_k c_k (t_2 - t_1)$$

$$U_0 I \tau = m c \Delta t + m_k c_k \Delta t$$

$$c =$$

### TABULKA:

Elektrické napětí $U_0$ na koncích topné spirály	Elektrický proud $I$ procházející obvodem	Doba $\tau$ průchodu proudu obvodem	Změna teploty $\Delta t$	Hmotnost kapaliny $m$	Hmotnost kalorimetru $m_k$	Měrná tepelná kapacita vody $c$

Střední hodnota měrné tepelné kapacity  $c =$

Průměrná odchylka měrné tepelné kapacity  $\Delta c =$

Relativní odchylka měrné tepelné kapacity  $\delta c =$

**ZÁVĚR:**  $c = (\dots \pm \dots) \frac{J}{kg \cdot K}$ ,  $\delta c = \dots$

2. Z naměřených hodnot jsme vypočítali měrnou tepelnou kapacitu vody, jejíž hodnota podle tabulek je

$$c = 4180 \frac{J}{kg \cdot K}$$

3. Měření proběhlo poměrně přesně, vypočtená hodnota se liší pouze o ..... % od hodnoty z tabulek. Přesnost měření mohla být ovlivněna těmito faktory:

4. Opakované měření s jinými vstupními hodnotami:

## ZÁVĚR:

Žáci si prakticky vyzkoušeli, jak lze pomocí elektrického kalorimetru zjistit měrnou tepelnou kapacitu kapaliny. Během laboratorní práce si procvičili měření na rovnoramenných vahách, čtení hodnoty teploty na stupnici teploměru, měření napětí a proudu na různých typech voltmetrů a ampérmetrů. 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. 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.

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

5. 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.

6. Zjistěte informace o elektromagnetickém 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, 18 – 19 let
Anotace	<p>Pracovní list je určen do výuky žákům - podklad pro laboratorní cvičení z fyziky. Informace žák čerpá z vlastních poznámek, odborné literatury a internetu.</p> <p>Náplň: Tepelná výměna mezi tělesy. Vyjádření měrné tepelné kapacity kapaliny z kalorimetrické rovnice, měření potřebných veličin a praktické využití elektrického kalorimetru</p>