

TEPLO

TEPLO A VNITŘNÍ ENERGIE:



LÁTKY jsou složeny z částic (atomů, molekul, iontů)

PEVNÉ	Částice vykonávají kmitavý pohyb kolem rovnovážných poloh.
KAPALNÉ	Částice se volně pohybují v celém objemu kapaliny. <u>POZNÁMKA:</u> Protože jsou částice blízko sebe, jsou kapaliny téměř nestlačitelné.
PLYNNÉ	Částice jsou zcela volné a jejich vzájemné působení je nepatrné. <u>POZNÁMKA:</u> Plyny jsou rozpínavé a snadno stlačitelné.

☞ Vykonávají neustálý neuspořádaný pohyb

Mají **POHYBOVOU = KINETICKOU ENERGIÍ** → E_K

☞ Navzájem na sebe silově působí

Mají **POLOHOVOU = POTENCIÁLNÍ ENERGIÍ** → E_P

Celková polohová energie všech částic tělesa je součástí

Celková pohybová energie všech částic tělesa je součástí

VNITŘNÍ ENERGIE TĚLESA

Při zahřívání tělesa se neuspořádaný pohyb jeho částic zrychluje.

Zvětšuje se pohybová energie částic tělesa.

Zvětšuje se vnitřní energie tělesa.

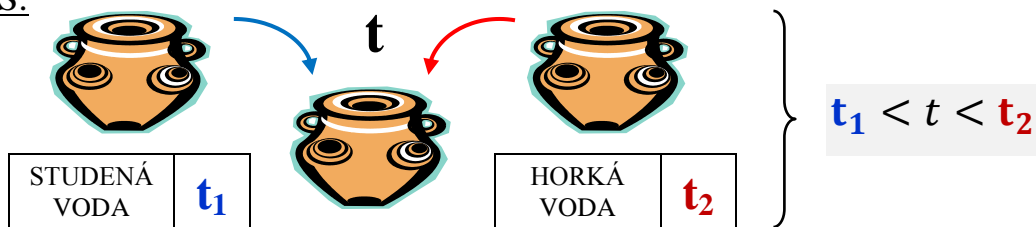
Zvětšení vnitřní energie tělesa se navenek projeví zvýšením jeho teploty (a naopak).

Protože se částice neustále pohybují, nemůže být vnitřní energie nulová.

POZNÁMKA:

Kromě E_K a E_P částic zahrnuje vnitřní energie tělesa také **VAZEBNOU ENERGIÍ** uvnitř atomů → Tato část vnitřní energie však nemá vliv na tepelný stav tělesa.

POKUS:



Molekuly horké vody předaly část své pohybové energie molekulám studené vody:

- Rychlost molekul horké vody se snížila → Zmenšila se její vnitřní energie → Teplota poklesla z t_2 na t .
- Rychlost molekul studené vody se zvýšila → Zvětšila se její vnitřní energie → Teplota vzrostla z t_1 na t .

☞ Jev, při kterém se jedno těleso ochladí a jiné těleso ohřeje, se nazývá **TEPELNÁ VÝMĚNA**
VNITŘNÍ ENERGII TĚLESA MŮŽEME ZMĚNIT:

**TEPELNÁ
VÝMĚNA**

- Konáním práce.
- Přeměnou jiného druhu energie.
- Tepelnou výměnou.

Probíhá tak dlouho, dokud se teplota obou těles nevyrovná.

☞ Energie, kterou teplejší těleso odevzdalo při tepelné výměně tělesu chladnějšímu, se nazývá **TEPLO** → **Q [J]**

TEPLO → Q [J]	TEPLOTA → t [°C; K]
= Energie, kterou těleso odevzdá nebo přijme při tepelné výměně.	= Fyzikální veličina, která charakterizuje tepelný stav tělesa.
Teplo nelze přímo měřit, jeho hodnotu určujeme výpočtem.	Teplotu měříme teploměrem.

POZNÁMKA:
 Starší (vedlejší) jednotkou tepla je **KILOKALORIE [kcal]**:
1 kcal = 4 186,8 J = 4,2 kJ
1 kJ = 0,23884 kcal
1 KILOKALORIE je množství tepla, kterým se ohřeje 1 kg destilované vody z 14,5 °C na 15,5 °C při normálním tlaku vzduchu.

Množství tepla potřebného k ohřátí **1kg** látky o **1°C** udává veličina zvaná **MĚRNÁ TEPELNÁ KAPACITA** (Dříve tzv. měrné teplo)

$$c \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right]$$

TEPLO Q TĚLESEM PŘIJATÉ NEBO ODEVZDANÉ ZÁVISÍ:

- Na hmotnosti tělesa → m
- Na rozdílu konečné a počáteční teploty → (t - t₀)
- Na druhu látky, z níž je těleso vyrobeno → c

$$Q = m \cdot c \cdot (t - t_0)$$

VÝPOČET TEPLA

PŘÍKLAD-1

Do vody o objemu **0,1 litru** a teplotě **20 °C** jsme ponořili dvě **100gramová** ocelová závaží zahřátá na **100 °C**, až se teplota vody a závaží ustálily na **34 °C**.

Jaké teplo přijala chladná voda od obou zahřátých závaží a jaké teplo odevzdala závaží chladné vodě?

TEPLO PŘIJATÉ VODOU		TEPLO ODEVZDANÉ ZÁVAŽÍMI	
V = 0,1 litru → m ₁ = 0,1 kg	t ₁ = 20 °C	m = 2 · 100 g = 200 g = 0,2 kg	t ₂ = 100 °C
c ₁ = 4,18 $\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$ → H ₂ O	t = 34 °C	c ₂ = 0,45 $\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$ → Fe	t = 34 °C
Q ₁ = m ₁ · c ₁ · (t - t ₁)		Q ₂ = m ₂ · c ₂ · (t ₂ - t)	
Q ₁ = 0,1 · 4,18 · (34 - 20) ≐ 5,85 kJ		Q ₂ = 0,2 · 0,45 · (100 - 34) = 5,94 kJ	
Q ₂ > Q ₁ → Při tepelné výměně dochází k tepelným ztrátám.			

ZÁKON ZACHOVÁNÍ ENERGIE

ZÁKON ZACHOVÁNÍ ENERGIE platí v IZOLOVANÉ SOUSTAVĚ, v níž nedochází k energetickým ztrátám → Při tepelné výměně je teplo přijaté tělesem o nižší teplotě rovno teplu odevzdanému tělesem o vyšší teplotě.

Platí zde KALORIMETRICKÁ ROVNICE:

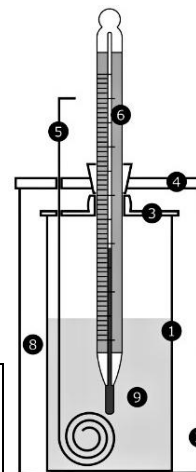
$$Q_1 = Q_2$$

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

K určování odevzdaného a přijatého tepla používáme KALORIMETR → Speciální nádoba s dvojitými stěnami, teploměrem a míchačkou:

PŘÍKLAD-2

- Do kalorimetru bylo nalito **0,2 kg** vody o teplotě **18 °C**.
- Měděný váleček o hmotnosti **0,1 kg** byl vytažen z vroucí vody a po osušení rychle vložen do kalorimetru.
- Po ustálení dosáhla teplota vody s válečkem v kalorimetru **21,6 °C**.
- Určete měrnou tepelnou kapacitu mědi.



$m_1 = 0,2 \text{ kg}$ $t_1 = 18 \text{ °C}$ $c_1 = 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{°C}}$	$m_2 = 0,1 \text{ kg}$ $t_2 = 100 \text{ °C}$ $t = 21,6 \text{ °C}$ $c_2 = ?$	$m_1 \cdot c_1 \cdot (t - t_1) = m_2 \cdot c_2 \cdot (t_2 - t)$ $0,2 \cdot 4,18 \cdot (21,6 - 18) = 0,1 \cdot c_2 \cdot (100 - 21,6)$ $2,98088 = c_2 \cdot 7,84 \quad /: 7,84$ $c_2 = 0,38 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{°C}}$
Odpověď: Měrná tepelná kapacita mědi je $0,38 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{°C}}$		

PŘÍKLAD-3

- Do kalorimetru bylo nalito **0,5 kg** vody, jejíž teplota se ustálila na **20 °C**.
- Ocelový váleček o hmotnosti **0,4 kg** byl vytažen z vroucí vody (**100 °C**) a po osušení rychle vložen do kalorimetru.
- Po ustálení dosáhla teplota vody s válečkem v kalorimetru **26 °C**.

Jaké teplo přijme voda v kalorimetru?		Jaké teplo odevzdá ocelový váleček?	
$m_1 = 0,5 \text{ kg}$ $t_1 = 20 \text{ °C}$ $t = 26 \text{ °C}$	$c_1 = 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{°C}}$	$m_2 = 0,4 \text{ kg}$ $t_2 = 100 \text{ °C}$ $t = 26 \text{ °C}$	$c_2 = 0,46 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{°C}}$
$Q_1 = m_1 \cdot c_1 \cdot (t - t_1)$ $Q_1 = 0,5 \cdot 4,18 \cdot (26 - 20)$ $Q_1 = 12,54 \text{ kJ}$		$Q_2 = m_2 \cdot c_2 \cdot (t_2 - t)$ $Q_2 = 0,4 \cdot 0,46 \cdot (100 - 26)$ $Q_2 = 13,616 = 13,62 \text{ kJ}$	
Voda v kalorimetru přijme teplo 12,54 kJ.		Ocelový váleček odevzdá teplo 13,62 kJ.	

PŘÍKLAD-4

- Do hliníkového hrnce o hmotnosti **300 g** nalijeme vodu o hmotnosti **1 kg**.

- Teplota hrnce i vody je **15 °C**.

a) Jaké teplo přijme hrnec s vodou, zvýší-li se jejich teplota na **100 °C**?

HLINÍKOVÝ HRNEC	VODA
$m_1 = 300 \text{ g} = 0,3 \text{ kg}$ $(t - t_0) = 100 \text{ °C} - 15 \text{ °C} = 85 \text{ °C}$ $c_1 = 0,896 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{°C}}$	$m_2 = 1 \text{ kg}$ $(t - t_0) = 100 \text{ °C} - 15 \text{ °C} = 85 \text{ °C}$ $c_2 = 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{°C}}$
$Q_1 = m_1 \cdot c_1 \cdot (t - t_1)$ $Q_1 = 0,3 \cdot 0,896 \cdot 85$ $Q_1 = \mathbf{22,848 \text{ kJ}}$	$Q_2 = m_2 \cdot c_2 \cdot (t_2 - t)$ $Q_2 = 1 \cdot 4,18 \cdot 85$ $Q_2 = \mathbf{355,3 \text{ kJ}}$

b) Kolik procent tohoto tepla přijme voda a kolik hrnec?

$Q = Q_1 + Q_2$ $Q = 22,848 \text{ kJ} + 355,3 \text{ kJ} = 378,148 \text{ kJ}$	100 % 378,148 kJ 1 % 3,78 kJ
HLINÍKOVÝ HRNEC	VODA
$Q_1 \dots\dots\dots 22,848 : 3,78 = \mathbf{6 \%}$	$Q_2 \dots\dots\dots 355,3 : 3,78 = \mathbf{94 \%}$

PŘÍKLAD-5

Jaké teplo přijme voda o hmotnosti **3 kg**, když se zahřeje o **5 °C**?

$m = 3 \text{ kg}$ $t - t_0 = 5 \text{ °C}$	$c = 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{°C}}$	$Q = m \cdot c \cdot (t - t_0)$ $Q = 3 \cdot 4,18 \cdot 5 = \mathbf{62,7 \text{ kJ}}$
Odpověď: Voda přijme teplo 62,7 kJ.		

PŘÍKLAD-6

Jak velkou hmotnost má voda, která se ohřeje z teploty **20 °C** na teplotu varu (**100 °C**) množstvím tepla **2 MJ**?

$t = 100 \text{ °C}$ $t_0 = 20 \text{ °C}$ $m = ?$	$c = 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{°C}}$ $Q = 2 \text{ MJ} = 2\,000 \text{ kJ}$	$Q = m \cdot c \cdot (t - t_0)$ $2\,000 = m \cdot 4,18 \cdot (100 - 20)$ $2\,000 = 334,4 \cdot m \quad /: 334,4$ $m \doteq \mathbf{5,98 \text{ kg}}$
Odpověď: Voda má hmotnost 5,98 kg.		

PŘÍKLAD-7

V nádobě je voda o hmotnosti **3,5 kg**.

Jaké teplo odevzdá svému okolí, ochladí-li se o **40 °C**, avšak nezmrzne?

$m = 3,5 \text{ kg}$ $t - t_0 = 40 \text{ °C}$	$c = 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{°C}}$	$Q = m \cdot c \cdot (t - t_0)$ $Q = 3,5 \cdot 4,18 \cdot 40 = \mathbf{585,2 \text{ kJ}}$
Odpověď: Voda odevzdá teplo 585,2 kJ.		

PŘÍKLAD-8

Jaké teplo přijme voda o hmotnosti **250 g**, zvýší-li se její teplota o **20 °C**?

$m = 0,25 \text{ kg}$ $t - t_0 = 20 \text{ °C}$	$c = 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{°C}}$	$Q = m \cdot c \cdot (t - t_0)$ $Q = 0,25 \cdot 4,18 \cdot 20 = \mathbf{20,9 \text{ kJ}}$
Odpověď: Voda přijme teplo 20,9 kJ.		

PŘÍKLAD-9

Jakým množstvím tepla se ohřeje voda o hmotnosti **2,5 kg** z teploty **16 °C** na **50 °C**?

$m = 2,5 \text{ kg}$ $t - t_0 = 34 \text{ °C}$	$c = 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{°C}}$	$Q = m \cdot c \cdot (t - t_0)$ $Q = 2,5 \cdot 4,18 \cdot 34 = \mathbf{355,3 \text{ kJ}}$
Odpověď: Voda se ohřeje teplem 355,3 kJ.		

PŘÍKLAD-10

Voda přitékající do radiátoru ústředního topení má teplotu **90 °C**.

Kolik tepla odevzdá na vyhřátí pokoje **10 kg** vody, když se přitom ochladí na **60 °C**?

$m = 10 \text{ kg}$ $t - t_0 = 30 \text{ °C}$	$c = 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{°C}}$	$Q = m \cdot c \cdot (t - t_0)$ $Q = 10 \cdot 4,18 \cdot 30 = \mathbf{1\ 254 \text{ kJ}}$
Odpověď: Voda odevzdá 1 254 kJ tepla.		

PŘÍKLAD-11

Ocelové závaží o hmotnosti **0,2 kg** a počáteční teplotě **15 °C** ponoříme do vody o teplotě **90 °C**.

Jaké teplo přijalo ocelové závaží od vody, ustálila-li se teplota na **80 °C**?

$m = 0,2 \text{ kg}$ $t - t_0 = 65 \text{ °C}$	$c = 0,46 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{°C}}$	$Q = m \cdot c \cdot (t - t_0)$ $Q = 0,2 \cdot 0,46 \cdot 65 = \mathbf{5,98 \text{ kJ}}$
Odpověď: Ocelové závaží přijalo od vody teplo 5,98 kJ.		

PŘÍKLAD-12

Do vody o objemu **350** litrů a teplotě **80 °C** nalijeme vodu o objemu **120** litrů a teplotě **18 °C**.

Jakou teplotu má směs?

$V_1 = 350 \text{ l} \rightarrow m_1 = 350 \text{ kg}$ $t_1 = 80 \text{ °C}$ $V_2 = 120 \text{ l} \rightarrow m_2 = 120 \text{ kg}$ $t_2 = 18 \text{ °C}$ $t = ?$ $c_1 = c_2 = 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{°C}}$	$m_1 \cdot c_1 \cdot (t - t_1) = m_2 \cdot c_2 \cdot (t_2 - t)$ $350 \cdot 4,18 \cdot (80 - t) = 120 \cdot 4,18 \cdot (t - 18)$ $2\,800 - 35t = 12t - 216$ $3\,016 = 47t \quad /: 47$ $t \doteq \mathbf{64,17 \text{ °C}}$
Odpověď: Směs má teplotu 64,17 °C .	

POZNÁMKA:

Úlohu lze rovněž řešit klasicky jako matematickou úlohu o směsích:

$$350 \cdot 80 + 120 \cdot 18 = (350 + 120) \cdot t$$
$$28\,000 + 2\,160 = 470 t$$
$$t = 30\,160 : 470$$
$$t = 64,17 \text{ °C}$$

PŘÍKLAD-13

Bazén kryté plovárny má délku **50 m** a šířku **21 m**. Hloubka vody v bazénu je **1,8 m**. Teplota vody je **10 °C**.

Jaké teplo přijme voda v bazénu, zvýší-li se její teplota na **25 °C**?

$V = 50 \cdot 21 \cdot 1,8 = 1\,890 \text{ m}^3$ $\rho = 1\,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ $m = \rho \cdot V = 1\,000 \cdot 1\,890 = 1\,890\,000 \text{ kg}$ $c_1 = c_2 = 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{°C}}$	$Q = m \cdot c \cdot (t - t_0)$ $Q = 1\,890\,000 \cdot 4,18 \cdot (25 - 10)$ $Q = 118\,503\,000 \text{ kJ}$ $Q = \mathbf{118\,503 \text{ MJ}}$
Odpověď: Voda v bazénu přijme teplo 118 503 MJ .	

PŘÍKLAD-14

Teplota měděného tělesa o hmotnosti **5 kg** se zvýší z **20 °C** na **30 °C**.

Urči změnu vnitřní energie tělesa?

$m = 5 \text{ kg}$ $t - t_0 = 10 \text{ °C}$	$c = 0,383 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{°C}}$	$Q = m \cdot c \cdot (t - t_0)$ $Q = 5 \cdot 0,383 \cdot 10 = \mathbf{19,15 \text{ kJ}}$
Odpověď: Vnitřní energie tělesa se zvýšila o 19,15 kJ .		