



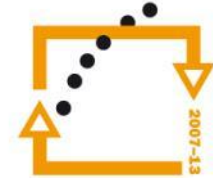
evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**FYZIKA PRO II. ROČNÍK GYMNÁZIA**

**2. VNITŘNÍ ENERGIE TĚLESA**

**Mgr. Monika Bouchalová**

Gymnázium, Havířov-Město, Komenského 2, p.o.

Tato prezentace vznikla na základě řešení projektu OPVK, registrační číslo: CZ.1.07/1.1.24/01.0114  
s názvem

„PODPORA CHEMICKÉHO A FYZIKÁLNÍHO VZDĚLÁVÁNÍ NA GYMNÁZIU KOMENSKÉHO V HAVÍŘOVĚ“

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

## 2. VNITŘNÍ ENERGIE TĚLESA

**Celková energie soustavy se skládá z:**

- **kinetické energie ( $E_k$ )** makroskopického pohybu jako celku
- **potenciální energie ( $E_p$ )** podmíněné přítomností vnějších silových polí (elektrického, gravitačního,...)
- **vnitřní energie  $U$**  související s vnitřní částicovou strukturou

### **Zákon zachování energie:**

při dějích probíhajících v izolované soustavě těles zůstává součet energií konstantní.

$$E_k + E_p + U = konst.$$

## 2.1. VNITŘNÍ ENERGIE (U) TĚLESA

souvisí s vnitřní částicovou strukturou.

### **Vnitřní energie soustavy se skládá ze součtu**

- celkové  $E_k$  neuspořádaně se pohybujících částic
- celkové  $E_p$  vzájemné polohy těchto částic
- energie elektronů v elektronových slupkách atomů a iontů (zanedbatelné...)
- vnitřní jaderné energie (zanedbatelné...!)

## 2.1. VNITŘNÍ ENERGIE (U) TĚLESA

**VE není konstantní.**

Mění se konáním práce nebo tepelnou výměnou.

Při teplotě absolutní nuly je vnitřní energie nulová.

$$T = 0K \Leftrightarrow U = 0J$$

$\Delta U$  – změna vnitřní energie

$U_1$  – počáteční stav

$U_2$  – konečný stav

$$\Delta U = U_2 - U_1$$

## 2.2. ZMĚNA VNITŘNÍ ENERGIE KONÁNÍM PRÁCE

**Tření** – částice ležící na styčných plochách se vzájemnými nárazy rozkmitají a předávají tak část své energie dalším částicím.

Zvětšuje se teplota a tím i vnitřní energie.

$$\Delta U = W = \Delta E_k$$

$$\Delta U = W = \Delta E_p$$

## 2.2. ZMĚNA VNITŘNÍ ENERGIE KONÁNÍM PRÁCE

Příklady:

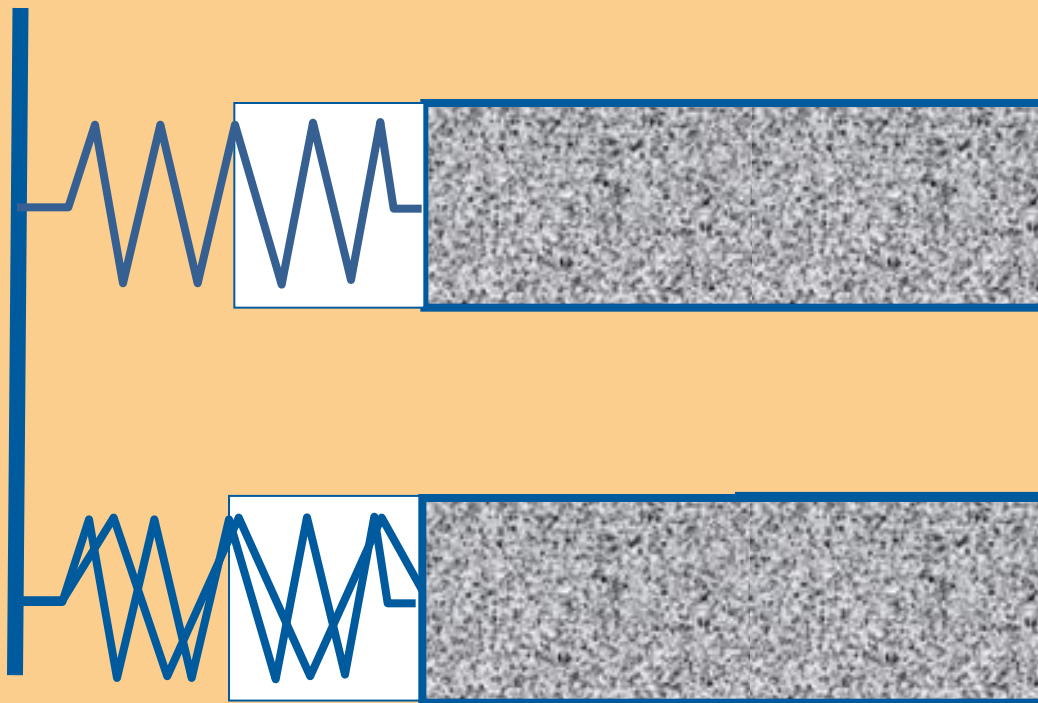
- stlačování plynu,
- vrtání,
- řezání,
- otáčení
- prudké míchání kapaliny,
- ohýbání předmětů,
- mletí kávy,...

## 2.2. ZMĚNA VNITŘNÍ ENERGIE KONÁNÍM PRÁCE

**Př1:** Pružina a pohyblivý píst v nádobě s plynem tvoří IS .

$$\Delta U = W = |\Delta E_p|$$

Změna vnitřní energie plynu se rovná práci, kterou vykonala pružina na úkor potenciální energie pružnosti.



$t_1$

$t_1 < t_2$

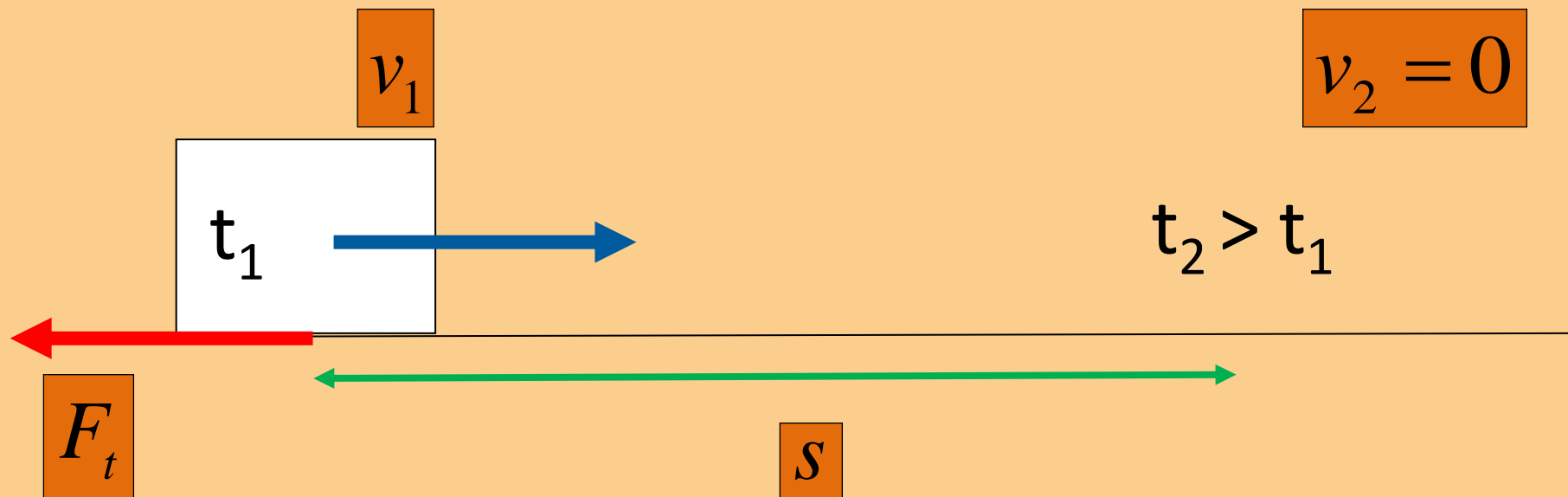


## 2.2. ZMĚNA VE KONÁNÍM PRÁCE

**Př2:** Těleso pohybující se rychlostí  $v$  a podložka tvoří IS.  
Třením se těleso zastaví.

$$\Delta U = W = | \Delta E_k |$$

Změna vnitřní energie soustavy se rovná práci, kterou vykoná třecí síla na úkor kinetické energie tělesa.



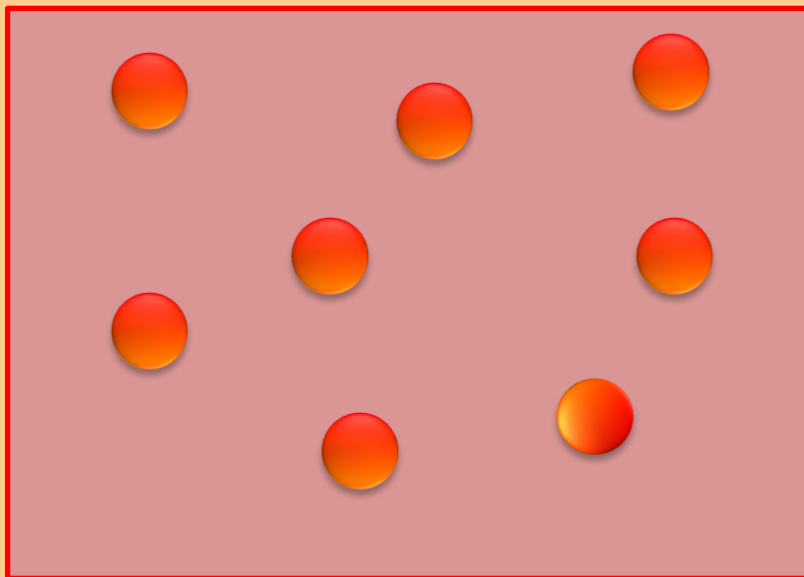
Třecí síla vykonala práci:

$$W = F_t \cdot s$$

## 2.3. ZMĚNA VE PŘI TEPELNÉ VÝMĚNĚ. TEPLA

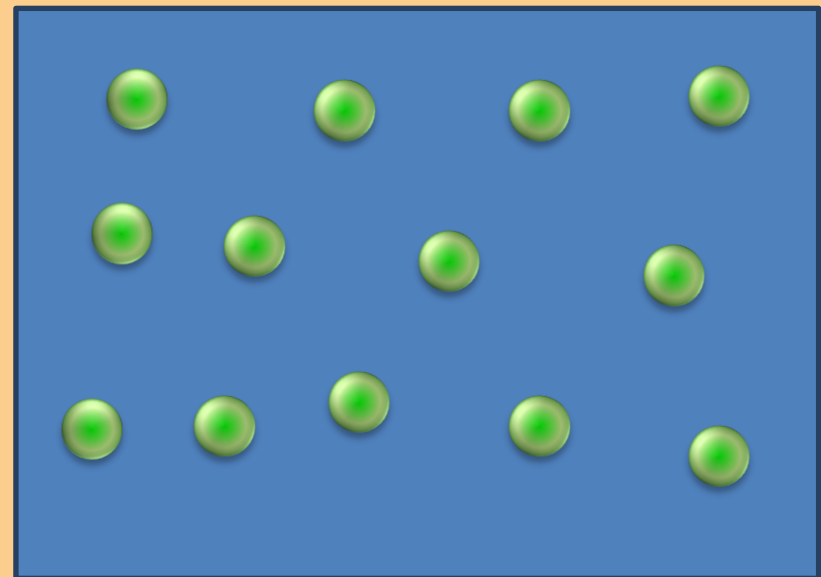
teplejší soustava

$t_1$



chladnější soustava

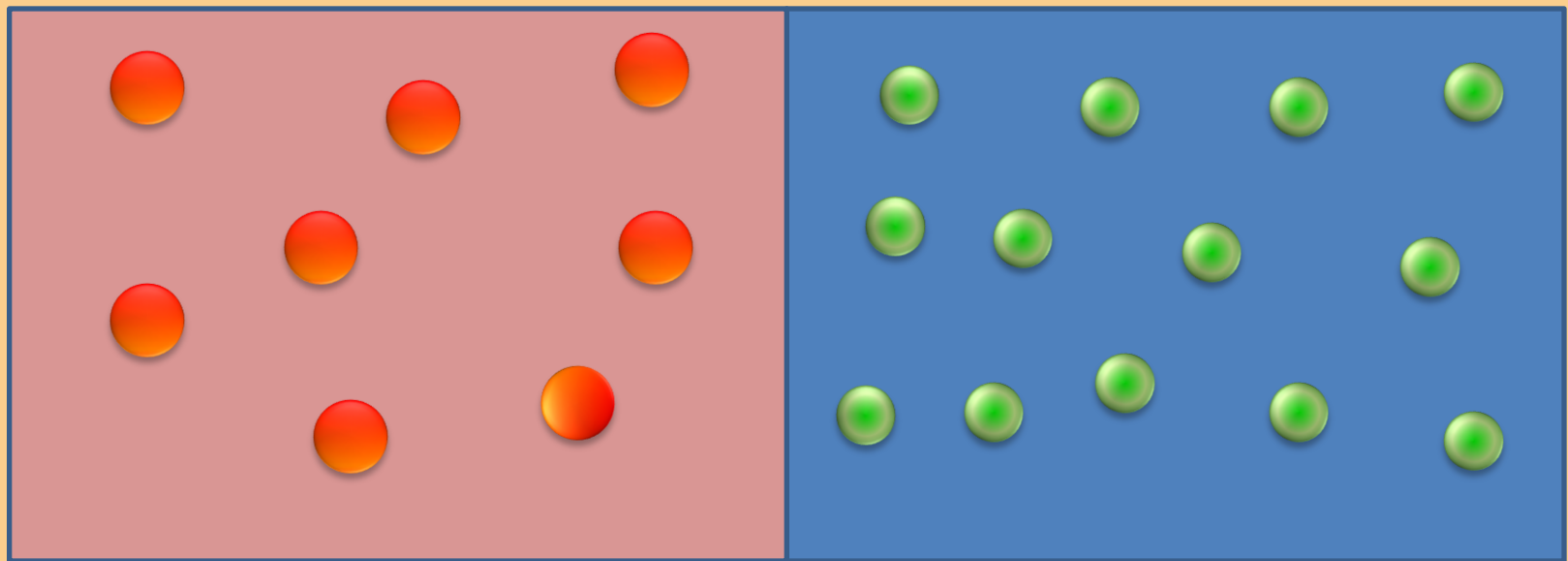
$t_2$



>

## 2.3. ZMĚNA VE PŘI TEPELNÉ VÝMĚNĚ. TEPLLO

**Tepelnou výměnou** nazýváme děj, při němž neuspořádaně se pohybující částice teplejšího tělesa narážejí na částice dotýkajícího se studenějšího tělesa a předávají jim část své energie.



$t_1$

>

$t$

>

$t_2$

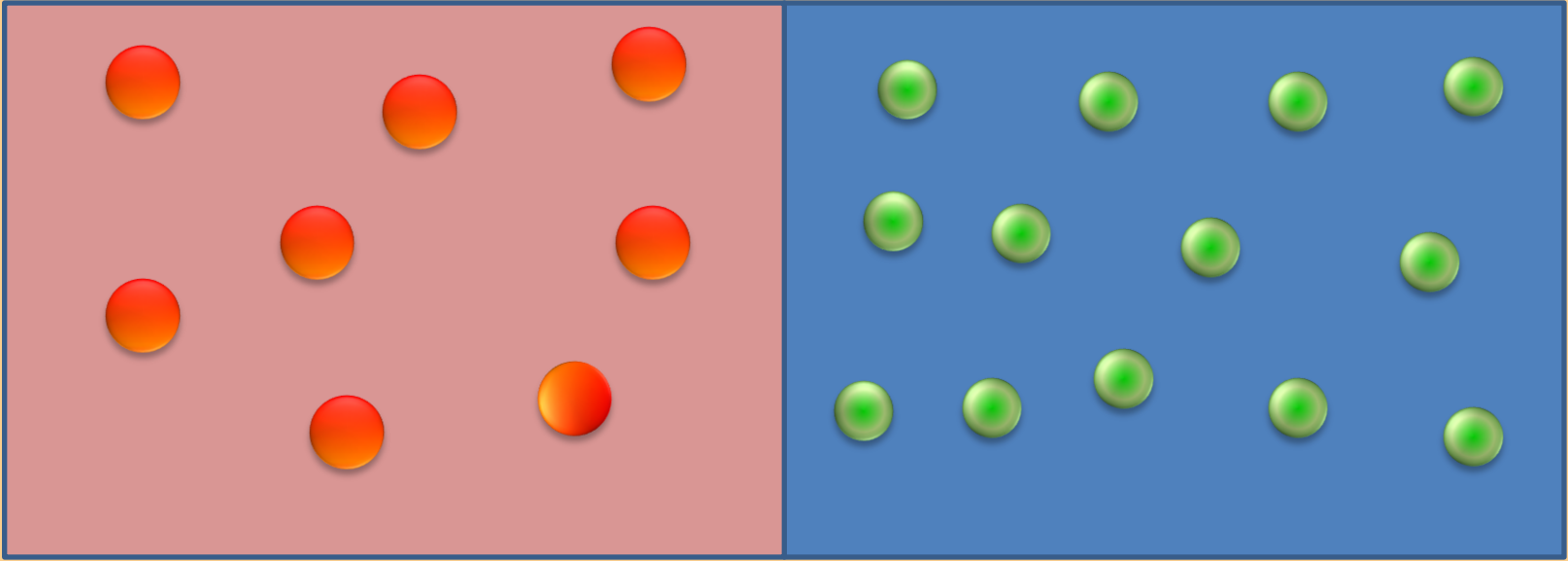
**výsledná teplota**

# 2.3. ZMĚNA VE PŘI TEPELNÉ VÝMĚNĚ. TEPLO

$$|\Delta U_1| = \Delta U_2$$

$|\Delta U_1|$   
úbytek VE  
(změna VE je -)

$\Delta U_2$   
přírůstek VE  
(změna VE je +)



Celková VE soustavy je konstantní.

$$U = konst.$$

## 2.3. ZMĚNA VE PŘI TEPELNÉ VÝMĚNĚ. TEPLO

**Teplo  $Q$**  je určeno energií, kterou při tepelné výměně odevzdá teplejší těleso studenějšímu.  **$[Q] = J$  (joule)**

### **Dějové veličiny**

popisují děj, změnu ( $W, Q$ ).

### **Stavové veličiny**

popisují konkrétní stav termodynamické soustavy  
( $U, T, V, p$ ).

**Teplo se vztahuje k ději, ne k tělesu.  
K tělesu se vztahuje teplota.**

### Jestliže je změna VE

- **kladná**, pak nastal přírůstek energie,
  - vnější síly vykonaly práci
  - nebo bylo teplo soustavě dodáno z okolí
- **záporná**, pak nastal úbytek energie,
  - termodynamická soustava sama vykonala práci
  - nebo bylo soustavě odebráno teplo

## 2.4. MĚRNÁ TEPELNÁ KAPACITA

Jestliže těleso přijme teplo  $Q$ , vzroste jeho vnitřní energie o  $\Delta U$  a jestliže nenastane změna skupenství zvýší se teplota tělesa o  $\Delta t$ .

### tepelná kapacita

množství tepla, které musíme dodat tělesu, aby se jeho teplota zvýšila o 1K.

$$C = \frac{Q}{\Delta t}$$

$$[C] = \text{JK}^{-1}$$

## 2.4. MĚRNÁ TEPELNÁ KAPACITA

### měrná tepelná kapacita

množství tepla, které musíme dodat 1 kg látky, aby se jeho teplota zvýšila o 1K.

$$c = \frac{C}{m} = \frac{Q}{m\Delta t}$$

$$[c] = \text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$$

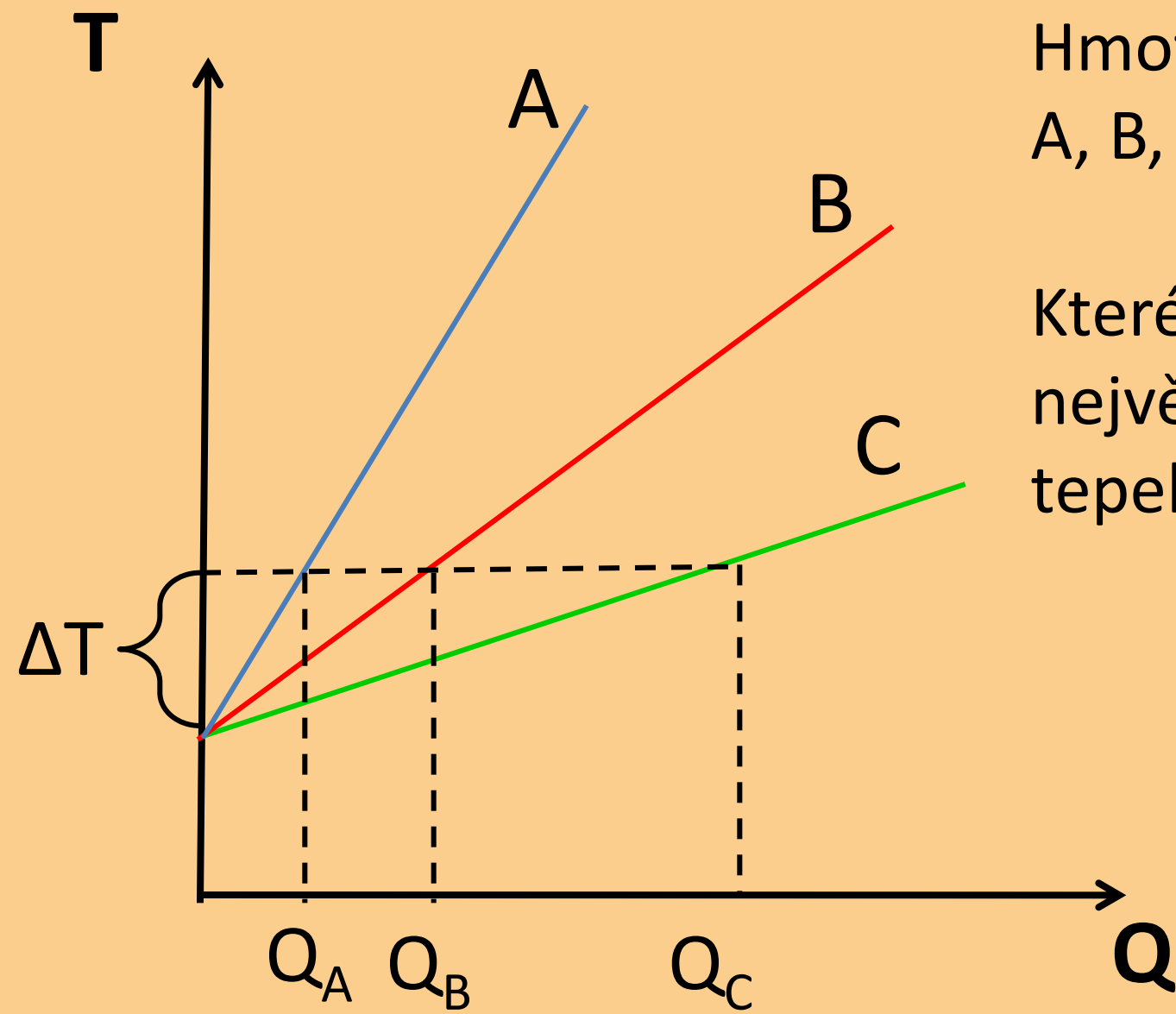
(je charakteristická pro danou látku, MFCHT při 20° C)

$$Q = cm\Delta t$$

**Teplo**, které přijme chemicky stejnorodé těleso, je přímo úměrné hmotnosti tělesa a přírůstku teploty.



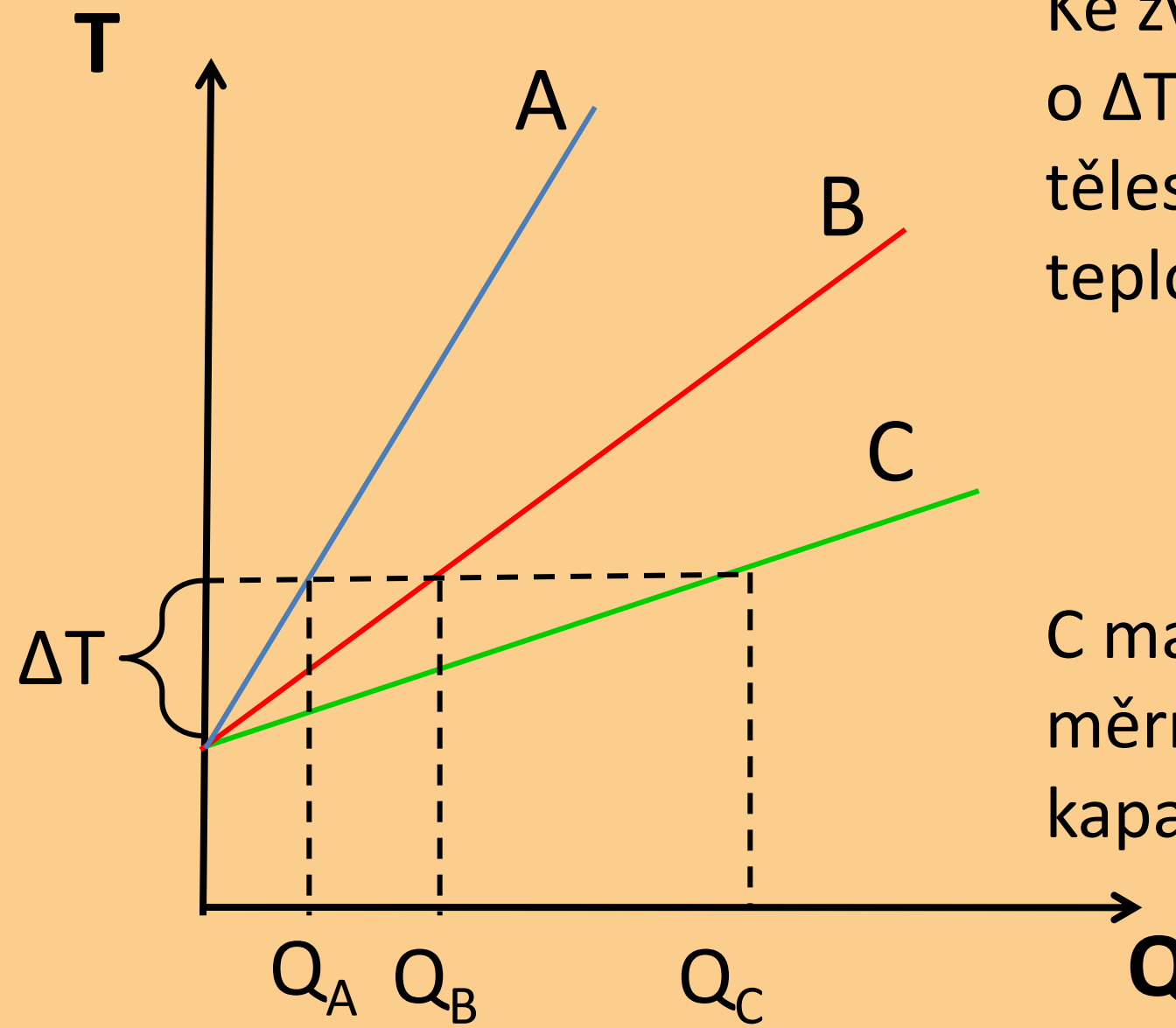
## 2.4. MĚRNÁ TEPELNÁ KAPACITA



Hmotnosti těles  
A, B, C jsou stejné.

Které těleso má  
největší měrnou  
tepelnou kapacitu?

## 2.4. MĚRNÁ TEPELNÁ KAPACITA



Ke zvýšení teploty o  $\Delta T$  potřebuje těleso C největší teplo.

$$c = \frac{Q}{m\Delta t}$$

C má největší měrnou tepelnou kapacitu.

## 2.4. MĚRNÁ TEPELNÁ KAPACITA

**Př:** Vodu a petrolej téže hmotnosti a teploty zahříváme po stejnou dobu.  
Která kapalina se více ohřeje?

$$Q = cm\Delta t$$

$$c_{\text{voda}} = 4180 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$c_{\text{petrolej}} = 2140 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

**petrolej**

$$Q_v = Q_p$$

$$m_v = m_p$$

$$c_v > c_p$$

$$\Delta t_v < \Delta t_p$$

U všech látek se s klesající teplotou měrná tepelná kapacita zmenšuje (při 0 K je velmi malá).

## 2.4. MĚRNÁ TEPELNÁ KAPACITA

Příklad látek s **vysokou** měrnou tepelnou kapacitou:

$$c_{\text{voda}} = 4180 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

- výhodné jako chladicí kapalina
- nebo k přenosu energie (topení)

Příklad látek s **malou** měrnou tepelnou kapacitou:  
(kovy)

$$c_{\text{Fe}} = 452 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

- snadné tepelné zpracování.

## 2.4. MĚRNÁ TEPELNÁ KAPACITA

Látka	$[c] = \text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
voda	4 180
vzduch	1 003
ethanol	2 460
led	2 090
olej	2 000
kyslík	917

dřevo	1 450
železo	450
měď	383
zinek	385
hliník	896
platina	133
olovo	129
cín	227
křemík	703
zlato	129
stříbro	235

## 2.5. KALORIMETRICKÁ ROVNICE

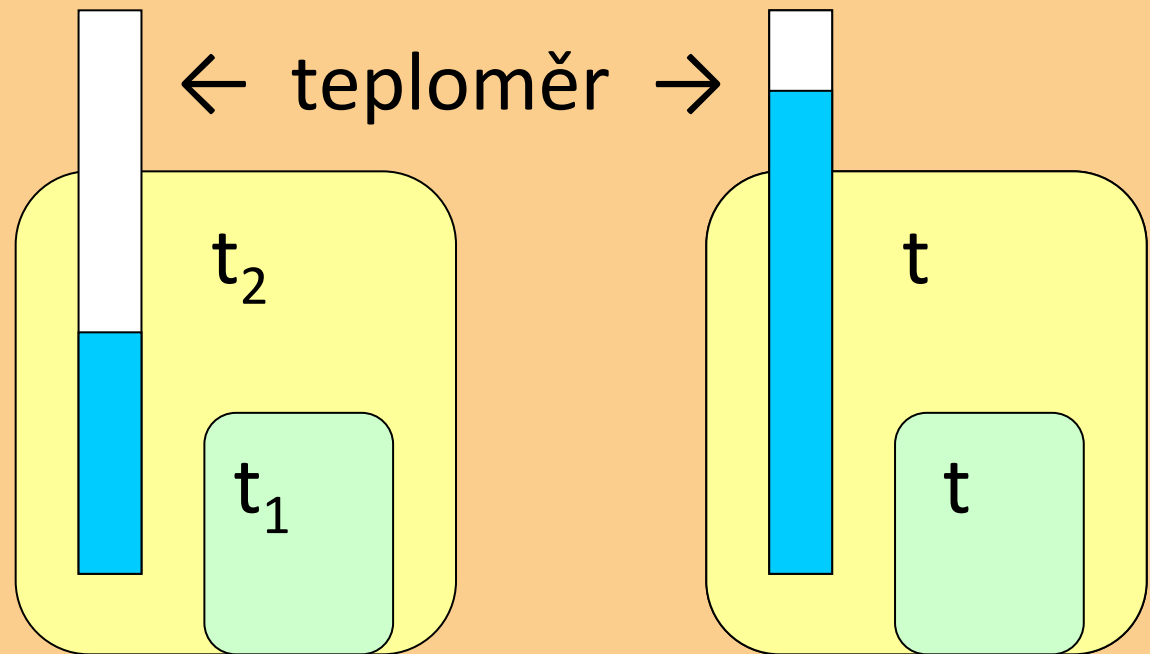
Př.:

teplejší těleso

$$t_1, m_1, c_1$$

chladnější kapalina

$$t_2, m_2, c_2$$



$$t_1 > t_2$$

$$t_1 > t > t_2$$

Tepelná výměna bude pokračovat,  
dokud nenastane rovnovážný stav.

$t$  – výsledná teplota RS

## 2.5. KALORIMETRICKÁ ROVNICE

### Zákon zachování energie:

úbytek VE tělesa = přírůstku VE kapaliny,  
Celková VE soustavy se nemění.

$$Q_1 = Q_2$$
$$c_1 m_1 (t_1 - t) = c_2 m_2 (t - t_2)$$

$Q_1$  – teplo uvolněné

$Q_2$  – teplo přijaté

$$t_1 > t > t_2$$

## 2.5. KALORIMETRICKÁ ROVNICE

**kalorimetr** – nádoba k experimentálnímu měření měrné tepelné kapacity

**směšovací kalorimetr** – tepelně izolovaná nádoba s míchačkou a teploměrem



Obr. 2



Obr. 1



## 2.5. KALORIMETRICKÁ ROVNICE

$$C_k = c_k m_k$$



Obr. 3

- $C_k$  – tepelná kapacita kalorimetru
- $m_k$  – hmotnost vnitřní nádoby kalorimetru
- $c_k$  – měrná tepelná kapacita materiálu, ze které je kalorimetr vyroben (hliník....)

## 2.5. KALORIMETRICKÁ ROVNICE

Nemůžeme-li zanedbat teplo přijaté kalorimetrem, pak

$$Q_1 = Q_2 + Q_k$$

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

$Q_k$  – teplo přijaté kalorimetrem a příslušenstvím při přírůstku teploty  $\Delta t = t - t_2$

$$Q_k = C_k (t - t_2)$$

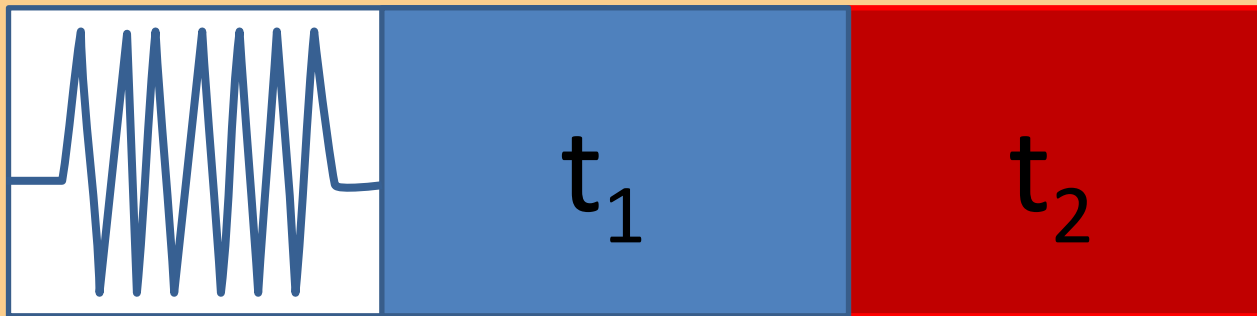
$C_k$  – tepelná kapacita kalorimetru

$$C_k = c_k m_k$$

## 2.6. 1. TERMODYNAMICKÝ ZÁKON

V praxi probíhá změna VE  
jak konáním práce, tak tepelnou výměnou.

$$W \rightarrow \Delta U \leftarrow Q$$

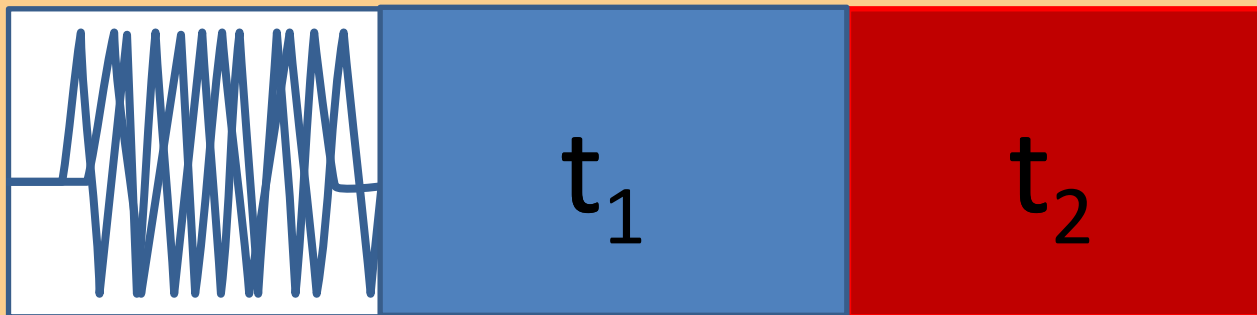


**Př.:** Plyn v nádobě je stlačován pístem  
a současně zahříván teplejším tělesem.

## 2.6. 1. TERMODYNAMICKÝ ZÁKON

V praxi probíhá změna VE  
jak konáním práce, tak tepelnou výměnou.

$$W \rightarrow \Delta U \leftarrow Q$$



$$t_1 < t < t_2$$

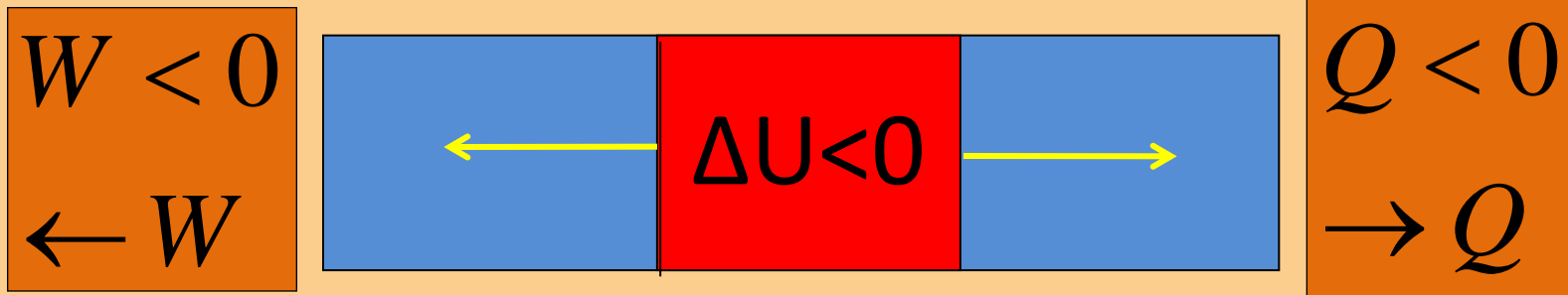
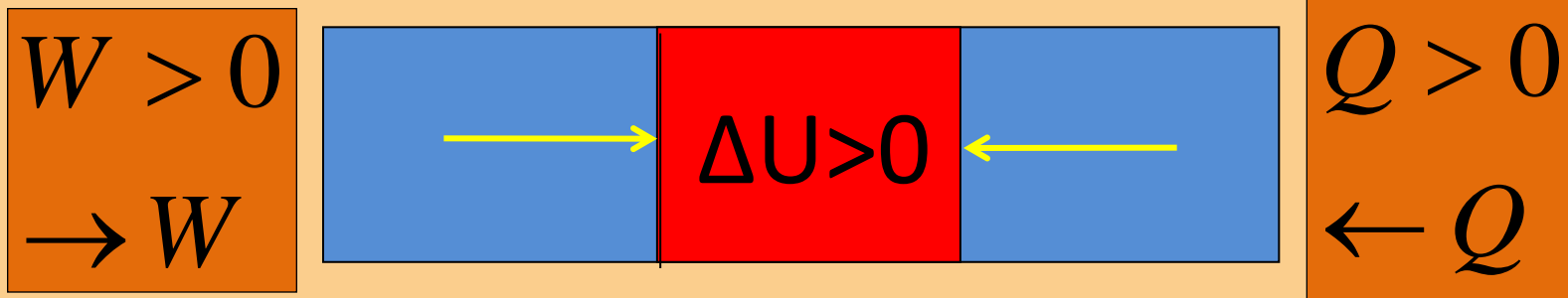
$$\Delta U = W + Q$$

### První termodynamický zákon

**Přírůstek vnitřní energie soustavy  $\Delta U$  se rovná součtu**

- práce **W** vykonané okolními tělesy působícími na soustavu silami  
a
- tepla **Q** odevzdaného okolními tělesy soustavě.

## 2.6. 1. TERMODYNAMICKÝ ZÁKON



## 2.6. 1. TERMODYNAMICKÝ ZÁKON

$$\Delta U = W + Q$$

**W** – práce, kterou konají tělesa působící na soustavu

$$\Delta U = -W' + Q$$

**W'** – práce, kterou vykoná soustava tím, že působí na okolní tělesa stejně velkou silou opačného směru

$$Q = \Delta U + W'$$

$$W = -W'$$

Teplo **Q** dodané soustavě se rovná součtu

- přírůstku vnitřní energie  **$\Delta U$**  a
- práce **W'**, kterou vykoná soustava.

## 2.6. 1. TERMODYNAMICKÝ ZÁKON

$$\Delta U = W + Q$$

Jestliže  $Q = 0$  pak  $\Delta U = W$  (adiabatický děj).

Jestliže  $W = 0$  pak  $\Delta U = Q$ .



## 2.7. PŘENOS VNITŘNÍ ENERGIE

Energie přechází samovolně z míst s vyšší teplotou na místa s nižší teplotou.

Přenos energie může probíhat:

1. vedením
2. zářením
3. prouděním

## 2.7. PŘENOS VNITŘNÍ ENERGIE

### 1. tepelná výměna vedením

- v izolantech  
teplejší částice více kmitají a předají sousedům část své energie
- v kovových vodičích  
vedení zprostředkovávají volné elektrony
- plyny  
mají nejmenší tepelnou vodivost
- různé látky mají různou tepelnou vodivost

**KOVY > VODA > PLYNY**

### 1. tepelná výměna vedením

pórovité a sypké látky, uvnitř kterých je vzduch, špatně vedou teplo → tepelná izolace;

- textil
- peří
- dřevo
- cihly
- písek
- ...

### 2. tepelná výměna zářením

- nedotýkají-li se tělesa, uskuteční se přenos energie elektromagnetickým zářením
- vysílání je podmíněno neuspořádaným tepelným pohybem atomů a molekul

Část vyslaného tepelného záření se odrazí, část projde tělesem, zbytek je pohlcen ( $= \Delta U$ ).

### 3. tepelná výměna prouděním

- V tíhovém poli chladnější kapalina nebo plyn mají větší hustotu a klesají dolů. Vytlačují teplejší kapalinu nebo plyn vzhůru. Vzniká proudění.
- Kapalina nebo pevná látka přenáší VE z teplejších míst do chladnějších – vzniká tzv. nucené proudění.
- Př. konvekce

## 2.7. PŘENOS VNITŘNÍ ENERGIE

### Stejnorodá deska

$t_1$

$t_1 > t_2$

$t_2$

$S$

$d$



## 2.7. PŘENOS VNITŘNÍ ENERGIE

### Stejnorodá deska

$S$  – průřez tepelného vodiče

$d$  – délka vodiče

$\Delta t = t_1 - t_2$  rozdíl teplot

$\tau$  – čas

$\lambda$  – součinitel tepelné vodivosti  
(závislý na teplotě)

Teplo, které projde deskou za čas  $\tau$ :

$$Q = \lambda S \frac{\Delta t}{d} \tau$$

$t_1$

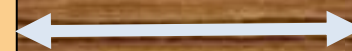
$t_1 > t_2$

$S$

$t_2$



$d$



## 2.7. PŘENOS VNITŘNÍ ENERGIE

### Stejnorodá deska

$S$  – průřez tepelného vodiče

$\tau$  – čas

$d$  – délka vodiče

$\Delta t = t_1 - t_2$  rozdíl teplot

$\lambda$  – součinitel tepelné vodivosti  
(závislý na teplotě)

$$Q = \lambda S \frac{\Delta t}{d} \tau \Rightarrow \lambda = \frac{Qd}{S\Delta t\tau}$$

$$[\lambda] = \frac{Jm}{m^2 Ks} = \frac{1}{mK} \cdot \frac{J}{s} = Wm^{-1} K^{-1}$$

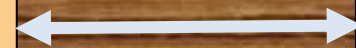
$t_1$

$t_1 > t_2$

$S$

$t_2$

$d$





# součinitel tepelné vodivosti

diamant	$\lambda_{25} =$ <b>895 - 2300</b>	led	$\lambda_0 = 2, 2$	dřevo	$\lambda_{20} =$ <b>0,04 - 0,35</b>
stříbro	$\lambda_{25} = 429$ $\lambda_{20} = 418$	beton	$\lambda_{20} = 1,5$	polystyren	$\lambda_{20} = 0,16$
měď	$\lambda_{20} = 395$	sklo	$\lambda_{20} =$ <b>0,6 - 1, 4</b>	sníh prašan	$\lambda_{20} = 0,12$
železo	$\lambda_{20} = 73$	voda	$\lambda_{20} = 0,6$	skelná vata	$\lambda_{20} = 0,04$
žula	$\lambda_{20} =$ <b>2,9 - 4,0</b>	cihly	$\lambda_{20} =$ <b>0,3 - 1,2</b>	vzduch	$\lambda_{20} =$ <b>0,024</b>

# Problémové úlohy:

1) Proč svíčka v prudkém větru zhasne?

Proud chladného vzduchu ochladí knot na teplotu nižší, než jaká je k hoření vosku potřebná.

2) Co se při řezání dřeva pilou zahřívá více? Pila nebo dřevo? Proč?

Pila.  
Kov má menší měrnou tepelnou kapacitu než dřevo.

3) Je možné použít pro řezání kovu pilu bez zubů? Zdůvodni.

Třením se kov zahřívá a taví.

## Problémové úlohy:

4) Kdy se hlaveň zbraně zahřívá více, při střelbě ostrými nebo slepými náboji? Vysvětli.

Slepými. Při ostré střelbě se větší část uvolněné energie předá střele. Při střelbě slepými se předává hlavni.

5) Hřeje peřina?

Nehřeje, ale má malou tepelnou vodivost a zamezuje tepelné výměně.

6) Jaký sníh roztaje dříve čistý nebo špinavý. Zdůvodni.

Špinavý – tmavý pohlcuje více elektromagnetického záření a více se zahřívá.

## Problémové úlohy:

7) Proč podle pranostiky „Únor bílý, pole sílí“ ?

Sníh zamezuje tepelné výměně a tím vymrzání osiva. Při tání je zdrojem vláhy.

8) Bude hořet svíčka na vesmírné stanici s kyslíkovou atmosférou na oběžné dráze kolem Země?

Ne. Spálí kyslík ve svém okolí a v beztížném stavu neprobíhá tepelná výměna prouděním. Tíha teplého i studeného vzduchu je nulová.

9) Papír namotáme na měděnou tyč a zapálíme. Shoří? Proč?

Díky velké tepelné vodivosti mědi je dodávané teplo odváděno a papír se neohřeje na zápalnou teplotu.

## Problémové úlohy:

10) Můžeme ledničkou ochladit vzduch v místnosti?

Ne. Teplo odevzdané „žebrovím“ vzadu se rovná teplu přijatému ve výparníku uvnitř.

11) Tipněte si, kdy v průběhu roku dosahuje teplota půdy v hloubce 3 m v naší zeměpisné šířce maximálních a minimálních hodnot.

Maximální:  
se zpožděním 80 dní  
po max. teplotách vzduchu;  
Minimální:  
se zpožděním 110 dní.  
**V hloubce 20 m je teplota stálá (12°C).**

# Použitá literatura

## Literatura

BARTUŠKA, K., SVOBODA, E. *Molekulová fyzika a termika, Fyzika pro gymnázia*. Praha: Prometheus, 2006. ISBN 80-7196-200-7

LEPIL, O. *Sbírka úloh pro střední školy. Fyzika* Praha: Prometheus, 2010. ISBN 978-80-7196-266-3

NAHODIL, J. *Fyzika v běžném životě*. Praha: Prometheus, 2010. ISBN 80-7196-005-5

## Obrázky:

[1] - [3] – vlastní fotografie



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tato prezentace vznikla na základě řešení projektu OPVK, registrační číslo: CZ.1.07/1.1.24/01.0114  
s názvem  
„PODPORA CHEMICKÉHO A FYZIKÁLNÍHO VZDĚLÁVÁNÍ NA GYMNÁZIUMU KOMENSKÉHO V HAVÍŘOVĚ“

**Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.**