

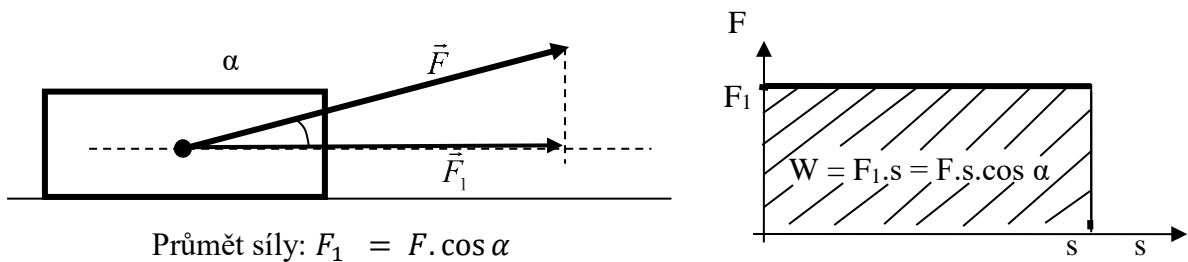
## 4. Práce, výkon, energie

### Mechanická práce

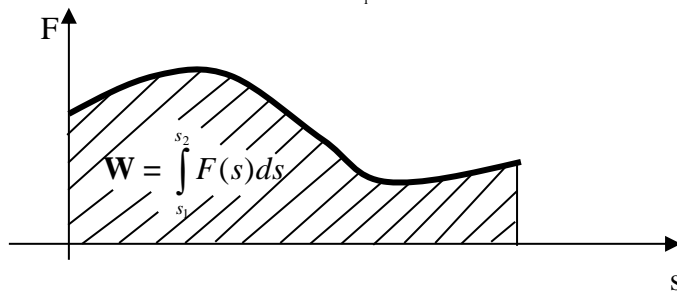
- konání mechanické práce z fyzikálního hlediska je podmíněno vzájemným silovým působením těles, která se přitom vzhledem ke zvolené vztažné soustavě přemísťují.

Vztahy pro výpočet mech. práce, je-li

1. síla konst. a směr síly a posunutí stejný ...  $W = F \cdot s$
2. síla konst. a směr síly svírá se směrem posunutí úhel  $\alpha$  ...  $W = F \cdot s \cdot \cos \alpha$   
(Pokud  $\alpha = 90^\circ$ , pak síla  $\vec{F}$  mechanickou práci nekoná.)



3. síla proměnná ...  $W = \int_{s_1}^{s_2} F(s) ds$



**Výkon** – skalární veličina vyjadřující rychlost konání mechanické práce (jednotka Watt).

Vztahy pro výpočet průměrného výkonu  $P = \frac{W}{t}$  a okamžitého výkonu  $P = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta W}{\Delta t}$ .

Při činnosti strojů se přeměňuje energie z jedné formy na jinou, nebo se energie přenáší z jednoho tělesa na druhé. Stroj pak koná práci odpovídající této přeměně (resp. přenesené) energii. V praxi ale dochází k tomu, že část energie se mění na nevyužitelnou formu energie (např. vlivem tření se část mechanické energie mění na vnitřní energii).

**Příkon** – skalární veličina, která vyjadřuje množství dodané energie stroji  $\Delta E$  za časovou jednotku  $t$ :  $P_0 = \frac{\Delta E}{t}$ .

**Účinnost** – výkon a příkon:  $\eta = \frac{P}{P_0}$ , kde  $P$  je výkon,  $P_0$  je příkon.

## Mechanická energie

Celkovou mechanickou energii tvoří součet kinetické a potenciální energie.

Kinetická energie charakterizuje pohybový stav tělesa vzhledem k dané vztažné soustavě.

Kinetická energie tělesa o hmotnosti  $m$  pohybující se rychlostí  $v$  je rovna mechanické práci, kterou musíme vykonat, abychom nepohybujícímu se tělesu o hmotnosti  $m$  udělili rychlost  $v$  (je nutné zanedbat odporové síly).

Potenciální energie charakterizuje vzájemné silové působení těles.

Potenciální energie tělesa o hmotnosti  $m$  ve výšce  $h$  je rovna mechanické práci, kterou musíme vykonat při přemístění tělesa v tíhovém poli Země z nulové do výšky  $h$  (je nutné zanedbat odporové síly).

- **Kinetická energie:**  $E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ , kde  $m$  je hmotnost tělesa,  $v$  je jeho rychlost.

- **Potenciální energie:** - *tíhová*  $E_p = m \cdot g \cdot h$ , kde  $m$  je hmotnost tělesa,  $h$  je výška tělesa nad rovinou, vzhledem k níž se  $E_p$  posuzuje  
- *pružnosti*  $E_p = \frac{1}{2} k y^2$ , kde  $k$  je tuhost pružiny a  $y$  je prodloužení pružiny

## Zákon zachování mechanické energie:

Mech. práce a mech energie: 1) každá změna energie je podmíněna konáním mech. práce  
2) důsledkem konání práce může být nejen změna energie, ale i přeměna jednoho druhu energie v jiný druh, příp. přenos energie z jednoho tělesa na jiné těleso.

Mechanická práce a mechanická energie jsou velmi blízké, avšak různé fyzikální veličiny. Zatímco mechanická energie charakterizuje stav těles (pohybový nebo vzájemného silového působení), mech. práce charakterizuje děj, při kterém se tento stav mění.

**ZZME:** Při všech mechanických dějích probíhajících v izolované soustavě těles se mění potenciální energie v kinetickou a naopak, přičemž celková mech. energie soustavy těles zůstává během celého děje stálá.

Poznámka 1: Za izolovanou soustavu těles považujeme takovou soustavu, na kterou okolí působí nulovou výslednou silou.

Poznámka 2: ZZME lze použít i u soustavy, která není silově izolovaná od okolí, ale je izolovaná energeticky, tzn. okolí během zkoumaného děje nekoná žádnou mechanickou práci, příp. nedodává soustavě teplo.

## Příklady:

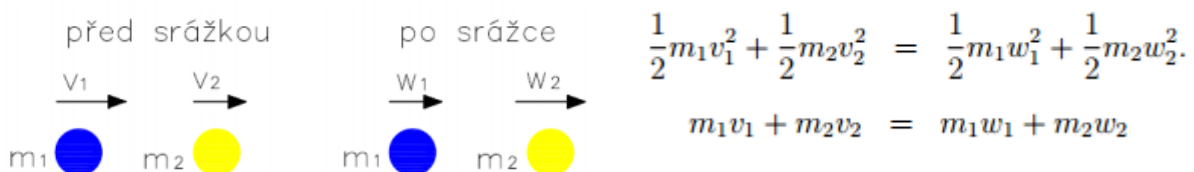
a) *volný pád tělesa*

b) *dokonale pružný ráz těles*

- při něm platí zákon zachování hybnosti i zákon zachování mechanické energie.

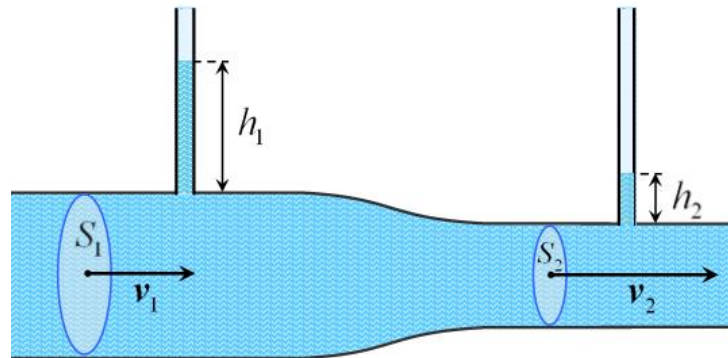
Neuvažují se třecí a odporové síly působící proti směru pohybu.

(srážka dvou kulečnickových koulí na dokonale hladkém stole, srážka dvou vagónů, které se svými nárazníky od sebe odrazí, ...)



c) proudění kapalin (Bernoulliho rovnice)

- Bernoulliho rovnice vyjadřuje zákon zachování mechanické energie pro ustálené proudění ideální kapaliny

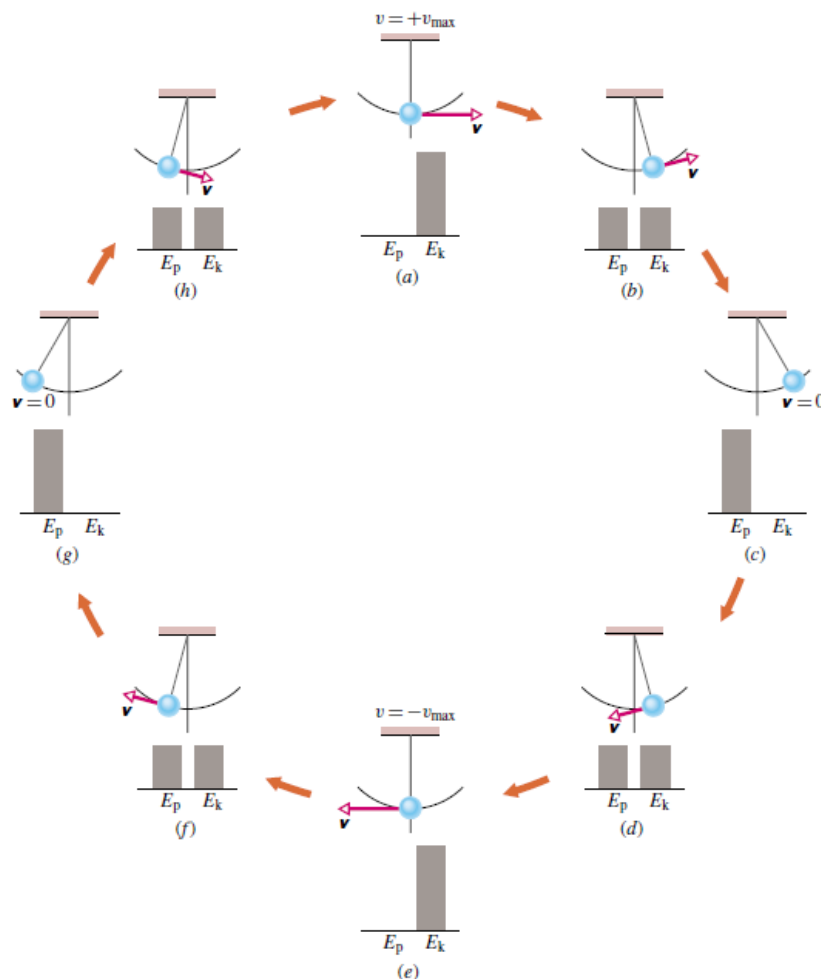


$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

d) mechanické kmitání (kyvadlo)

Při harmonickém kmitání dochází k periodickým přeměnám energie oscilátoru.

V okamžiku průchodu rovnovážnou polohou má oscilátor maximální velikost rychlosti a tedy i maximální kinetickou energii. V okamžiku, kdy dosáhne krajních poloh svého pohybu, má nulovou rychlost a maximální hodnotu potenciální energie.



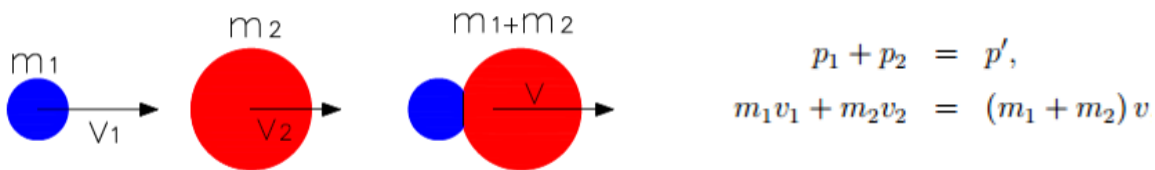
**Zákon zachování energie:** v přírodě a v technické praxi dochází i k jiným než mechanickým přeměnám energie. Vždy však platí: U všech přírodních dějů probíhajících v izolované soustavě těles zůstává celková energie soustavy stálá, i když se přitom mění jeden druh energie v jiný druh.

Příklady:

a) nepružný ráz těles

- při něm platí pouze zákon zachování hybnosti. Mechanická energie se zde nezachovává - část se jí mění na energii vnitřní nebo se spotřebovává na překonání třecích a odporových sil.

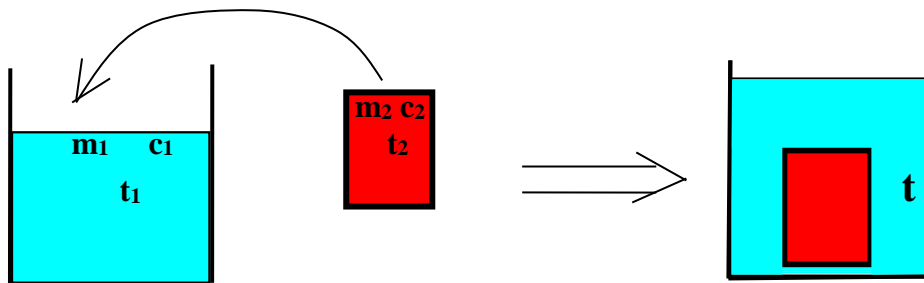
(kulka, která prostřelí strom, srážka dvou vagónů, které se do sebe po srážce zaklesnou, srážka dvou těles, která se pohybují v odporujícím prostředí; ...)



b) kalorimetrická rovnice

Kalorimetrická rovnice popisuje tepelnou výměnu těles tvořících izolovanou soustavu, pro kterou platí zákon zachování energie - tedy veškeré teplo, které při výměně jedno těleso odevzdá, druhé těleso přijme.

Výměna tepla - do chladné kapaliny teploty  $t_1$  vložíme těleso vyšší teploty  $t_2$ :



Tepelná výměna mezi kapalinou a tělesem probíhá až do okamžiku dosažení termodynamické rovnováhy, která je charakterizována dosažením společné teploty  $t$ :

$$t_1 < t < t_2$$

$$Q_1 = m_1 \cdot c_1 \cdot (t - t_1) \dots \text{teplo přijaté kapalinou}$$

$$Q_2 = m_2 \cdot c_2 \cdot (t_2 - t) \dots \text{teplo odevzdané tělesem}$$

1) Považujeme-li soustavu *kapalina – těleso* za izolovanou, pak podle zákona zachování energie platí:  $m_1 \cdot c_1 \cdot (t - t_1) = m_2 \cdot c_2 \cdot (t_2 - t)$

2) Účastní-li se tepelné výměny i kalorimetr, pak je třeba na straně přijatého tepla uvažovat i  $Q'_1 = C \cdot (t - t_1)$ , kde  $C$  je tepelná kapacita kalorimetru. Kalorimetrická rovnice má pak tvar:  $m_1 \cdot c_1 \cdot (t - t_1) + C \cdot (t - t_1) = m_2 \cdot c_2 \cdot (t_2 - t)$

c) *Joule – Lenzův zákon*

Joule-Lenzův zákon vyjadřuje tepelné účinky elektrického proudu. Dochází k přeměně elektrické energie v energii tepelnou. Teplo, které při tomto jevu vzniká, se nazývá Jouleovo teplo  $Q_J = U \cdot I \cdot t$ , kde  $U$  je napětí,  $I$  elektrický proud protékající vodičem a  $t$  čas.

d) *transformace napětí*

Transformátor je elektrický netočivý stroj, který umožňuje přenášet elektrickou energii z jednoho obvodu do jiného pomocí vzájemné elektromagnetické indukce. Používá se většinou pro přeměnu střídavého napětí (např. z nízkého napětí na vysoké).

Ze zákona zachování energie je odvozen vztah pro transformaci napětí:

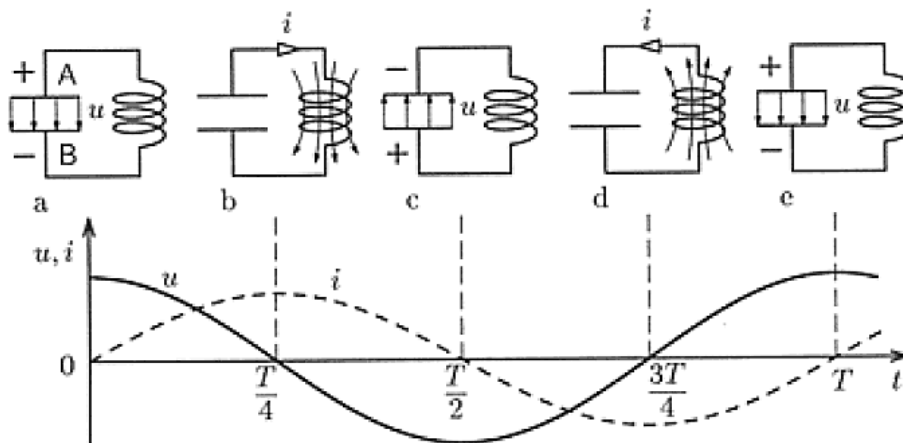
$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{I_1}{I_2},$$

kde  $U_1$  je napětí na primární cívkě,  $I_1$  je proud primární cívkou,  $N_1$  je počet závitů primární cívkou. Indexem 2 jsou značeny veličiny sekundární cívkou.

(Při odvození vztahu je předpokládáno, že výkon primárního vinutí transformátoru je roven výkonu sekundárního vinutí.)

e) *elektromagnetické kmitání oscilátoru*

Elektromagnetický oscilátor je elektrický obvod, který kmitá a je zdrojem střídavého napětí potřebné frekvence (nejjednodušší je oscilační obvod – tvořen cívkou o indukčnosti  $L$  a kondenzátorem o kapacitě  $C$ ). Při elektromagnetickém kmitání dochází k vzájemné přeměně elektrické energie na energii magnetického pole a naopak.



f) *vnější fotoelektrický jev*

Fotoelektrický jev nastává, když se celá energie kvanta záření  $E = hf$  předává některému elektronu z elektronového obalu absorbujícího materiálu nebo případně volnému elektronu (např. v kovech). Část energie se spotřebuje na uvolnění elektronu (vykonáním tzv. výstupní práce  $W_v$ ) a část se přemění na kinetickou energii  $E_k$  vzniklého fotoelektronu. Foton záření tímto zaniká a jeho energii přebírá fotoelektron, který ionizuje své okolí. Fotoelektrický jev může nastat jen v případě, kdy dopadající foton má větší frekvenci než je prahová frekvence pro danou látku (určena výstupní prací).

Einsteinova rovnice pro fotoefekt vyjadřuje zákon zachování energie:  $hf = W_v + E_k$ , kde  $h$  je Planckova konstanta.



Obrázek 1: Prahová frekvence  $\nu_{\min}$  a frekvence záření  $\nu$ .