

## 6 Zákony zachovania vo fyzike

- veličina *energia* charakterizuje istý stav sústavy (je stavová veličina). Veličina *práca* charakterizuje dej, pri ktorom nastáva premena alebo prenos energie

### 6.1 zákony zachovania v mechanike hmotných bodov

- pri všetkých mechanických dejoch v izolovaných sústavách platí: ZZ hmotnosti, ZZ hybnosti, ZZ celkovej energie

#### 6.1.1 ZZ celkovej energie

- ZZ *mechanickej energie*: celková mechanická energia izolovanej sústavy je stála
  - o týka sa všetkých prípadov izolovaných sústav, v ktorých pôsobením síl nenastávajú premeny sa iné formy energie ako na mechanickú potenciálnu ( $E_p = mgh$ ) a kinetickú ( $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ ) energiu
  - o pri pôsobení napr. trecích síl sa telesá, ktoré sa po sebe pohybujú, zahrievajú, môžu sa trením zelektrizovať a pod. Mechanická energia telies sa postupne mení na iné formy energie tak dlho, až mechanický pohyb celkom zanikne. V takomto prípade v izolovanej sústave telies ZZ mechanickej energie neplatí.
- ZZ mechanickej energie je len osobitným prípadom všeobecného ZZ energie. *Celková energia izolovanej sústavy (všetkých jej foriem) je stála, nech v nej prebiehajú akékoľvek deje* (napr. mechanická energia sa mení na vnútornú energiu telies, elektromagnetickú energiu a iné i naopak)
  - o *vnútorná energia* telesa sa rovná súčtu celkovej kinetickej energie neusporiadane sa pohybujúcich častíc telesa (molekúl, atómov, iónov) a celkovej potenciálnej energie vzájomnej polohy týchto častíc

#### 6.1.2 ZZ hybnosti

- pohybový stav hmotného bodu, konajúceho mechanický pohyb, sa hodnotí hybnosťou, ktorá je definovaná:
  - o  $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$ ,  $[p] = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
- hybnosť sústavy hmotných bodov sa definuje ako vektorový súčet hybnosti jednotlivých bodov
  - o  $\vec{p} = \sum_{i=1}^n \vec{p}_i$
- smer hybnosti je určený smerom okamžitej rýchlosti
- podľa 3. Newtonovho pohybového zákona (zákon akcie a reakcie) dve telesa pôsobia na seba rovnako veľkými silami opačného smeru:
  - o  $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$
- vplyvom akcie a reakcie sa zmení hybnosť sústavy:
  - o  $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} / \Delta t$
  - o  $\Delta \vec{p} = -\Delta \vec{p}_1$
- zmenu hybnosti sústavy môžeme vyjadriť v tvare:
  - o  $m_1 \vec{v}_1 - m_1 \vec{v}_{01} = -(m_2 \vec{v}_2 - m_2 \vec{v}_{02})$
  - o  $\underbrace{m_1 \vec{v}_{01} + m_2 \vec{v}_{02}}_{\text{hybnosť pred pôsobením akcie a reakcie}} = \underbrace{m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2}_{\text{hybnosť po pôsobení akcie a reakcie}}$   
 $\vec{p}_{01} + \vec{p}_{02} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$

- pre izolované sústavy telies (sústavy telies, v ktorých zmena hybnosti nastáva iba vzájomným pôsobením telies) v inerciálnych vzťažných sústavách, v ktorých je ľubovoľný počet telies, platí ZZ hybnosti:

$$\circ \vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots + \vec{p}_n = \text{konšt.}$$

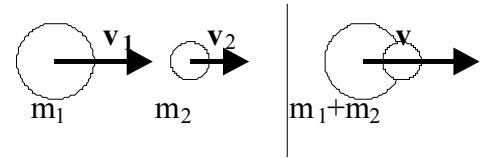
### 6.1.3 rázy telies

- **dokonale nepružný ráz telies:**

- o ak sa dve alebo viac telies spojí do jedného telesa
- o platí zákon zachovania hybnosti:

$$\square m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{v}$$

- o neplatí zákon zachovania mechanickej energie ( $E_{K1} + E_{K2} > E_K$ )



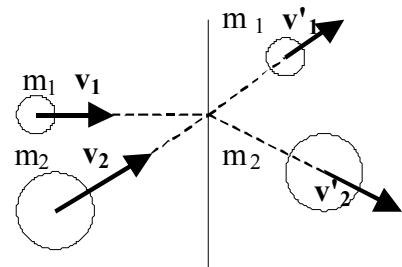
- **dokonale pružný ráz telies:**

- o telesá sa nespájajú
- o platí zákon zachovania hybnosti:

$$\square m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2$$

- o platí zákon zachovania mechanickej energie:

$$\square \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2'^2$$



## 6.2 zákony zachovania pri pohybe tuhého telesa

- pri pohybe tuhého telesa platí 1. veta impulzová a 2. veta impulzová:
- 1. veta impulzová: vektorový súčet všetkých pôsobiacich síl sa rovná derivácii celkovej hybnosti sústavy podľa času:

$$\circ \dot{\vec{p}} = \frac{d\vec{p}}{dt}, \text{ kde } \vec{F} = \sum_i \vec{F}_i \text{ a } \vec{p} = \sum_i m_i \vec{v}_i$$

- 2. veta impulzová: vektorový súčet momentov pôsobiacich síl sa rovná derivácii momentu hybnosti podľa času:

$$\circ \dot{\vec{M}} = \frac{d\vec{L}}{dt}, \text{ kde } \vec{M} = \sum_i \vec{r}_i \times \vec{F}_i \text{ a } \vec{L} = \sum_i \vec{r}_i \times m_i \vec{v}_i$$

- pre izolovanú sústavu hmotných bodov, t.j. sústavu hmotných bodov, na ktorú pôsobia len vnútorné sily (vonkajších niet), vyplývajú z 1. a 2. vety impulzovej dva zákony zachovania:

### 6.2.1 ZZ hybnosti

- ak  $\vec{F} = 0$ , platí **zákon zachovania hybnosti**: celková hybnosť izolovanej sústavy je konštantná

$$\circ \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots + \vec{p}_n = \text{konšt.}$$

### 6.2.2 ZZ momentu hybnosti

- ak  $\vec{M} = 0$ , platí **zákon zachovania momentu hybnosti**: celkový moment hybnosti izolovanej sústavy je konštantný

$$\circ \vec{L}_1 + \vec{L}_2 + \dots + \vec{L}_n = \text{konšt.}$$

- pri rotácii platí zákon zachovania momentu hybnosti, ktorého veľkosť môžeme vyjadriť:

$$\circ L = p \cdot r = mvr = mr^2 \omega = J \omega$$

## 6.3 zákon zachovania elektrického náboja

- pre sústavu telies, ktorá si so svojím okolím nemôže vymieňať voľné nosiče náboja, platí ZZ elektrického náboja:

- v elektricky izolovanej sústave je celkový elektrický náboj stály. Elektrický náboj nemožno utvoriť, ani zničiť.

## 6.4 zákony zachovania v relativistickej fyzike

- pre rýchlosti väčšie ako  $0,3c$  neplatia zákony klasickej fyziky

### 6.4.1 ZZ hmotnosti

- celková relativistická hmotnosť izolovanej sústavy telies zostáva pri všetkých dejoch prebiehajúcich vnútri tejto sústavy konštantná
- hmotnosť telesa závisí od veľkosti rýchlosti, ktorou sa pohybuje, podľa vzťahu:

$$\circ \quad m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \text{ kde } m_0 \text{ je pokojová hmotnosť telesa (hmotnosť telesa vzhľadom na vzťažnú}$$

sústavu, v ktorej je teleso v pokoji – je to najmenšia hmotnosť)

- pozorovateľ spojený so sústavou, ktorá je v pohybe, nezistí zmenu hmotnosti telesa

### 6.4.2 ZZ hybnosti

- celková relativistická hybnosť izolovanej sústavy telies (hmotných bodov) sa pri procesoch prebiehajúcich vnútri sústavy nemení
- pre hybnosť pri veľkých rýchlostiach platí:

$$\circ \quad \vec{p} = m\vec{v} = \frac{m_0\vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

### 6.4.3 ZZ celkovej energie

- celková energia izolovanej sústavy telies ostáva pri všetkých dejoch prebiehajúcich vnútri izolovanej sústavy konštantná
- pre hmotnosť telesa platí:

$$\circ \quad m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = m_0 \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}} \approx m_0 \left(1 + \frac{v^2}{2c^2}\right) = m_0 + \frac{m_0 v^2}{2c^2} = m_0 + \frac{\Delta E_K}{c^2} / .c^2$$

- z tohto vzťahu pre celkovú energiu telesa platí:

$$\circ \quad mc^2 = m_0 c^2 + \Delta E_K$$

$$E = E_0 + \Delta E_K$$

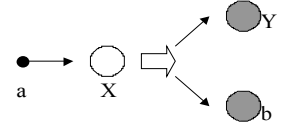
- $E = mc^2$  je celková energia telesa
- $E_0 = m_0 c^2$  je pokojová energia telesa
- $\Delta E_K$  je kinetická energia telesa

## 6.5 zákony zachovania pri jadrových procesoch

### 6.5.1 ZZ hybnosti

- pri jadrovej reakcii z pôvodných častíc  $a$  (strela),  $X$  (terčik) vzniknú častice  $b$ ,  $Y$ , ktoré sú všeobecne iné ako častice  $a$ ,  $X$ :
  - $a + X \rightarrow Y + b; E_r$ , kde  $E_r$  je **energia reakcie** (pri reakcii sa energia spotrebuje alebo uvoľní; pri  $E_r < 0$  sa v reakcii energia uvoľňuje)
- keď  $b = a$ ,  $Y = X$ , zrážka sa nazýva pružná, keď sa pri zrážke zmení štruktúra častíc ( $E_r \neq 0$ ), hovoríme o nepružnej zrážke. Nepružné zrážky nazývame **reakciami** a jadro  $Y$  produkt reakcie

- pre jadrové reakcie platí ZZ hybnosti:
  - $\vec{p} \equiv \vec{p}_a + \vec{p}_X = \vec{p}_b + \vec{p}_Y \equiv \vec{p}'$ , kde  $\vec{p}$  je úhrnná relativistická hybnosť častíc v začiatočnom stave reakcie,  $\vec{p}'$  je tá istá veličina v koncovom stave
- podľa ZZ hybnosti pre každú jadrovú reakciu platí:
  - $\vec{p} = \vec{p}'$



### 6.5.2 ZZ energie a hmotnosti

- pri jadrových reakciách sa zachováva relativistická energia častíc do reakcie vstupujúcich (častice, ktoré sa zúčastňujú reakcie majú pokojovú a kinetickú energiu)
  - $$E = \underbrace{E_{ka} + m_{0a}c^2}_{m_a c^2} + \underbrace{E_{kX} + m_{0X}c^2}_{m_X c^2} = \underbrace{E_{kY} + m_{0Y}c^2}_{m_Y c^2} + \underbrace{E_{kb} + m_{0b}c^2}_{m_b c^2} = E'$$
- zo ZZ energie vyplýva ZZ hmotnosti: zachováva sa súčet relativistických hmotností všetkých častíc zúčastňujúcich sa na reakcii (súčet pokojových hmotností  $m_0$  sa nezachováva):
  - $m_a c^2 + m_X c^2 = m_Y c^2 + m_b c^2$
  - $m_a + m_X = m_Y + m_b$
- pri jadrových reakciách často vznikajú fotóny  $\gamma$ . Potom pre hybnosť, hmotnosť a energiu fotónov platí:
  - $p = \frac{E}{c}$ ,  $m = \frac{E}{c^2}$ ,  $E = hf$

### 6.5.3 ZZ elektrického náboja a počtu nukleónov

- ZZ elektrického náboja:
  - náboj častice zapisujeme ako  $q = Ze$
  - $Z = Z_a + Z_X = Z_Y + Z_b = Z'$
- ZZ počtu nukleónov:
  - počet nukleónov sa označuje  $A$  (pre elektrón, fotón platí:  $A = 0$ )
  - $A = A_a + A_X = A_Y + A_b = A'$