

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
$$m_1 \vec{v}_1 - m_1 \vec{v}_{01} = -\left(m_2 \vec{v}_2 - m_2 \vec{v}_{02}\right)$$
$$\underbrace{m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_{02}}_{\text{hybnosť_pred_pôsobením_akcie_a_reakcie}} = \underbrace{m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2}_{\text{hybnosť_po_pôsobení_akcie_a_reakcie}}$$
$$\vec{p}_{01} + \vec{p}_{02} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$$

- 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

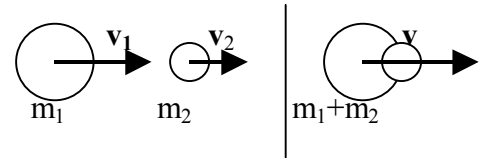
- **dokonale nepružný ráz telies:**

- 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:**

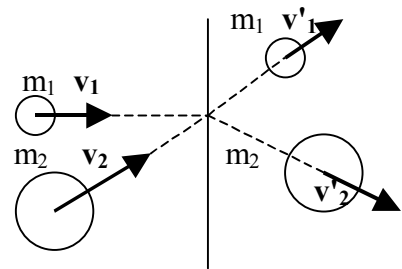
- o telesá sa nespájajú

- 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:

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

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

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

- 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

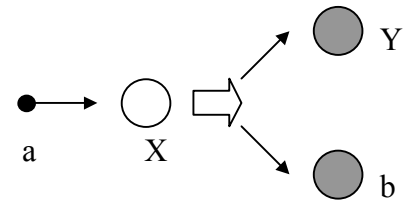
- pre sústavu telies, ktorá si so svojim okolím nemôže vymieňať voľné nosiče náboja, platí ZZ elektrického náboja:

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

6.4 zákony zachovania pri jadrových procesoch

6.4.1 ZZ hybnosti

- pri jadrovej reakcii z pôvodných častíc a (strela), X (terčik) vzniknú častice b , Y , ktoré sú všeobecne iné ako častice a , X :
 - o $a + X \rightarrow Y + b; E_r$, 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:
 - o $\vec{p} \equiv \vec{p}_a + \vec{p}_X = \vec{p}_b + \vec{p}_Y \equiv \vec{p}'$, kde \vec{p} je úhrnná relativistická hybnosť častíc v začiatocnom stave reakcie, \vec{p}' je tá istá veličina v koncovom stave
- podľa ZZ hybnosti pre každú jadrovú reakciu platí:
 - o $\vec{p} = \vec{p}'$



6.4.2 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)
 - o $E = \underbrace{E_{ka} + m_{0a}c^2}_{m_a c^2} + \underbrace{E_{kX} + m_{0X}c^2}_{m_X c^2} = \underbrace{E_{kY} + m_{0Y}c^2}_{m_Y c^2} + \underbrace{E_{kb} + m_{0b}c^2}_{m_b c^2} = E'$
- zo ZZ energie vyplýva ZZ hmotnosti: zachováva sa súčet relativistických hmotností všetkých častíc zúčastňujúcich sa na reakcii (súčet pokojových hmotností m_0 sa nezachováva):
 - o $m_a c^2 + m_X c^2 = m_Y c^2 + m_b c^2$
 - o $m_a + m_X = m_Y + m_b$
- pri jadrových reakciách často vznikajú fotóny γ . Potom pre hybnosť, hmotnosť a energiu fotónov platí:
 - o $p = \frac{E}{c}$, $m = \frac{E}{c^2}$, $E = hf$

6.4.3 ZZ elektrického náboja a počtu nukleónov

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

6.5 zákony zachovania v relativistickej fyzike

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

6.5.1 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:
 - $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$, kde m_0 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

6.5.2 ZZ hybnosti

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

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

6.5.3 ZZ celkovej energie

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

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

- z tohto vzťahu pre celkovú energiu telesa platí:

- $mc^2 = m_0c^2 + \Delta E_K$
- $E = E_0 + \Delta E_K$
 - $E = mc^2$ je celková energia telesa
 - $E_0 = m_0c^2$ je pokojová energia telesa
 - ΔE_K je kinetická energia telesa