INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STROJNÍ

FYZIKA I

Impulsové věty

Prof. RNDr. Vilém Mádr, CSc.
Prof. Ing. Libor Hlaváč, Ph.D.
Doc. Ing. Irena Hlaváčová, Ph.D.
Mgr. Art. Dagmar Mádrová

Ostrava 2013

ISBN 978-80-248-3031-5

Tento studijní materiál vznikl za finanční podpory Evropského sociálního fondu (ESF) a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu: CZ.1.07/2.2.00/15.0463, MODERNIZACE VÝUKOVÝCH MATERIÁLŮ A DIDAKTICKÝCH METOD

OBSAH

1 IMPULSOVÉ VĚTY

STRUČNÝ OBSAH PŘEDNÁŠKY:

První impulsová věta

Druhá impulsová věta

1.1 DEFINICE

1.1.1 První impulsová věta

Newtonovy pohybové zákony rozšíříme na pohyb soustavy částic. Reálnou fyzikální soustavu částic lze považovat za soubor pevně vázaných částeček (atomů a molekul), které splňují požadavky kladené na částici. Tak lze přejít k popisu pohybu tuhých těles.

Na soustavu částic (případně těleso) působí vnitřní síly $\vec{F}'$, tzv. vazebné, které zajišťují vzájemnou vazbu částic.

Vyberme v soustavě i-tou částici o hmotnosti m_i a označme výslednici vnitřních sil, kterým ostatní částice působí na i-tou částici $\vec{F}_i' = \sum_j \vec{F}_{ij}'$ a výslednici vnějších sil, které působí na i-tou částici $\vec{F}_i$.

Pohybová rovnice i-té částice je podle 2. Newtonova zákona

$$\boxed{m_i \vec{a}_i = \vec{F}_i' + \vec{F}_i} \tag{2.132}$$

kde $\vec{a}_i$ je zrychlení i-té částice.

Uvedenou rovnici lze napsat pro každou částici (j-tou, k-tou, …) a součtem obdržíme rovnici

$$\sum_{i=1}^{n} m_i \vec{a}_i = \sum_{i=1}^{n} \vec{F}_i \tag{2.133}$$

v níž podle 3. Newtonova zákona je

$$\sum_{i=1}^{n} \vec{F}_i' = \vec{0}.$$

Pro posuvný pohyb, kdy zrychlení všech částic jsou stejná $\vec{a}_i = \vec{a}$, pak pro $m = \sum_{i=1}^{n} m_i$ a $\vec{F} = \sum_{i=1}^{n} \vec{F}_i$ platí

$$\boxed{m\vec{a} = \vec{F}} \tag{2.134}$$

což vyjadřuje pohybovou rovnici pro soustavu částic (tuhé těleso) o hmotnosti *m*, pohybující se se zrychlením $\vec{a}$, kde $\vec{F}$ je součet všech vnějších sil na soustavu částic (tuhé těleso) působících.

Vyšetřeme pohyb těžiště při posuvném pohybu soustavy hmotných bodů, částic (tělesa). Z rovnice (2.125) můžeme psát

$$m\vec{r}_T = \sum_{i=1}^{n} m_i \vec{r}_i \tag{2.135}$$

a dvojí derivací podle času

$$m\frac{d^2\vec{r}_T}{dt^2} = \sum_{i=1}^{n} m_i \frac{d^2\vec{r}_i}{dt^2}$$

$$m\vec{a}_T = \sum_{i=1}^{n} m_i\vec{a}_i \qquad (2.136)$$

kde $\vec{a}_T$ je zrychlení těžiště soustavy částic nebo tělesa a $\vec{a}_i$ zrychlení i-té částice.

Pro $\sum_{i=1}^{n} m_i\vec{a}_i = \sum_{i=1}^{n} \vec{F}_i = \vec{F}$ je rovnice

$$\boxed{m\vec{a}_T = \vec{F}} \qquad (2.137)$$

matematickým vyjádřením věty o pohybu těžiště.

Při posuvném pohybu se těžiště soustavy hmotných bodů, částic (tělesa) pohybuje tak, jako by v něm byla soustředěna veškerá hmotnost soustavy a působila na něj výsledná síla působící na soustavu.

Při posuvném pohybu můžeme soustavu hmotných bodů nahradit jediným bodem – těžištěm.

- Pro izolovanou soustavu platí $\vec{F} = \sum_{i=1}^{n} \vec{F}_i = \vec{0}$ a podle věty (2.137) je $\vec{a}_T = \vec{0}$ a tedy $\vec{v}_T = konst.$

  Rychlost těžiště izolované soustavy se nemění.

  Upravujme rovnici (2.133)

$$\sum_{i=1}^{n} m_i\vec{a}_i = \sum_{i=1}^{n} m_i \frac{d\vec{v}_i}{dt} = \frac{d}{dt}\sum_{i=1}^{n} m_i\vec{v}_i = \frac{d\vec{p}}{dt} \qquad (2.138)$$

kde $\vec{p} = \sum_{i=1}^{n} m_i\vec{v}_i$ je celková hybnost soustavy částic (tělesa).

Rovnici (2.138) dosadíme do vztahu (2.133) a obdržíme první impulsovou větu

$$\boxed{\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}} \qquad (2.139)$$

Součet všech vnějších sil působících na soustavu částic (těleso) je roven časové změně celkové hybnosti soustavy částic (tělesa).

První impulsová věta je fyzikálně rovnocenná s větou o pohybu těžiště.

- Pro izolovanou soustavu platí $\vec{F} = \vec{0}$ a podle věty (2.139) je $\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{0}$ a tedy

$$\boxed{\vec{p} = \overrightarrow{konst.}}$$

což je matematické vyjádření zákona zachování hybnosti izolované soustavy. Odtud pak

$$\boxed{\vec{v} = \overrightarrow{konst.}}$$

1.1.2 Druhá impulsová věta

První impulsová věta umožňuje zkoumat soustavu částic jako celek, pojednává o postupném pohybu. Druhá impulsová věta umožňuje popsat rotační pohyb soustavy částic.

Zapisujeme ji ve tvaru

$$\boxed{\vec{M} = \frac{d\vec{b}}{dt}} \qquad (2.147)$$

Součet momentů všech vnějších sil, působících na soustavu částic nebo těleso, je roven časové změně celkového momentu hybnosti soustavy (tělesa).

- Pro izolovanou soustavu platí pro moment vnějších sil $\vec{M} = \vec{0}$ a podle věty (2.147) je

$$\frac{d\vec{b}}{dt} = 0$$

tj.

$$\boxed{\vec{b} = konst.}$$

což je matematické vyjádření zákona zachování momentu hybnosti izolované soustavy.