

mať na mysli vždy pohyb hmotných bodov a telies vzhľadom na inerciálny súradnicový systém, akým je prakticky aj súradnicový systém viazaný na našu Zem.

2.9. Impulz sily a hybnosť. Impulz, budeme ho označovať I , konštantnej sily $\mathbf{f}$ je definovaný vo fyzike ako súčin sily a času t , za ktorý sila účinkovala, teda $I = \mathbf{f}t$. Pre prípad, že sa sila s časom mení, zovšeobecňujeme definíciu impulzu sily vzorcom

$$I = \int_0^t \mathbf{f} dt$$

Impulz sily je teda vektor, ktorý v prípade konštantnej sily je so silou súhlasne rovnobežný.

Impulz sily sa volá aj jej *časovým účinkom*.

Vyjadríme impulz sily $\mathbf{f}$, pôsobiacej na voľný hmotný bod hmotnosti m , pomocou zmeny jeho pohybového stavu. Dostávame:

$$I = \int_0^t \mathbf{f} dt = \int_0^t m \mathbf{a} dt = \int_0^t m \frac{d\mathbf{v}}{dt} dt = m \int_{\mathbf{v}_0}^{\mathbf{v}} d\mathbf{v} = m(\mathbf{v} - \mathbf{v}_0) \quad (1)$$

Súčin hmotnosti hmotného bodu a jeho rýchlosti nazýva sa vo fyzike jeho *hybnosťou*, ktorú budeme značiť $\mathbf{H}$, teda $\mathbf{H} = m\mathbf{v}$. Použitím hybnosti výsledok (1) môžeme písať aj takto

$$I = \mathbf{H} - \mathbf{H}_0 \quad (2)$$

Impulz na voľný hmotný bod pôsobiacej sily rovná sa zväčšeniu jeho hybnosti. Výsledok (1) môžeme však písať aj v diferenciálnom tvare

$$\mathbf{f} dt = m \mathbf{a} dt = m \frac{d\mathbf{v}}{dt} dt = m d\mathbf{v} = d\mathbf{H}$$

alebo

$$\mathbf{f} = \frac{d\mathbf{H}}{dt} \quad (3)$$

Sila pôsobiaca na voľný hmotný bod sa rovná derivácii jeho hybnosti podľa času.

Základnou jednotkou impulzu sily v sústave SI je impulz konštantnej sily s absolútnou hodnotou 1 newton, ktorej účinok trval 1 sekundu, základnou jednotkou hybnosti je hybnosť translačne sa pohybujúceho telesa hmotnosti 1 kg pri rýchlosti 1 m/s. Spoločný rozmer impulzu a hybnosti je v tejto sústave $[I] = [H] = \text{KMS}^{-1}$.

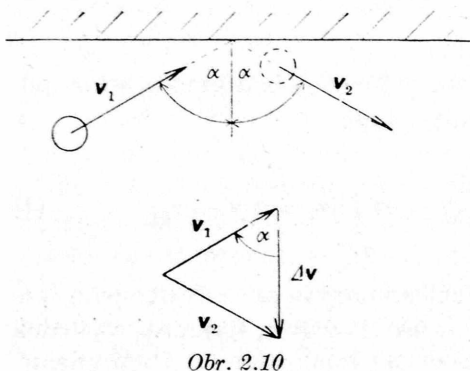
Ak sa sila s časom mení, je výhodné niekedy počítať s jej strednou hodnotou, definovanou vzorcom

$$f_s = \frac{1}{t} \int_0^t f dt \quad (4)$$

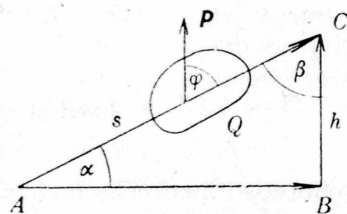
Po zavedení strednej hodnoty sily môžeme vzťah (1) písať takto

$$f_s t = m(\mathbf{v} - \mathbf{v}_0) \quad (5)$$

Úloha 1. Lopta s tiažou 200 p narazila na stenu v smere, ktorý zvierá s normálou k stene uhol $\alpha = 60^\circ$ a bez straty na rýchlosti sa od steny odrazila pod rovnakým uhlom. Vypočítajte strednú hodnotu sily pôsobiacej na loptu pri náraze, ak rýchlosť lopty bola $v = 5 \text{ ms}^{-1}$ a náraz trval 0,05 s!



Obr. 2.10



Obr. 2.11

Riešenie: Vypočítame hľadanú silu v technickej sústave SI. Podľa obr. 2.10 je $|\mathbf{v}_2 - \mathbf{v}_1| = 2v \cos 60^\circ$, a teda

$$f_s = \frac{1}{t} m |\mathbf{v}_2 - \mathbf{v}_1| = \frac{m}{t} 2v \cos 60^\circ = \frac{0,102 \cdot 0,2}{0,05} \cdot 10 \cdot 0,5 \text{ kp} = 2,04 \text{ kp} \doteq 2 \text{ kp}.$$

Úloha 2. Proti zvisle postavenej doske strieka voda z vodorovne držanej hadice rýchlosťou $v_0 = 20 \text{ ms}^{-1}$. Prierez hadice je $q = 1 \text{ cm}^2$. Vypočítajte silu, ktorou voda pôsobí na dosku!

Riešenie: Voda dopadajúca na dosku sa rozstrekuje rovnomerne na všetky strany, takže vcelku sa jej hybnosť po dopade na dosku rovná nule. Zo vzorca (5) vyplýva, že stredná hodnota pôsobiacej sily (alebo konštantnej sily) sa rovná zmene hybnosti za jednotku času. Hľadanú silu môžeme preto vypočítať tak, že do vzorca (5) dosadíme za čas 1 s a za hmotnosť hmotnosť vody, ktorá dopadne na stenu za 1 s. Dostávame, ak s je merná tiaž vody, že

$$f = \frac{m}{t} |\mathbf{v} - \mathbf{v}_0| = \frac{m}{t} v_0 = sqv_0^2 =$$

$$= 1 \text{ g cm}^{-3} \cdot 1 \text{ cm}^2 \cdot (2000 \text{ cm s}^{-1})^2 = 4 \cdot 10^6 \text{ dyn} = 40 \text{ newton} \doteq 4 \text{ kp}$$