

Fyzika - prednáška 4

RNDr. Z. Gibová, PhD.

Ciele

1. Kinematika hmotného bodu

1.7 Uhlová rýchlosť a uhlové zrýchlenie

1.8 Otáčavý pohyb po kružnici

2. Dynamika hmotného bodu

2.1 Hmotnosť a hybnosť HB

2.2 Newtonove pohybové zákony

Zopakujte si

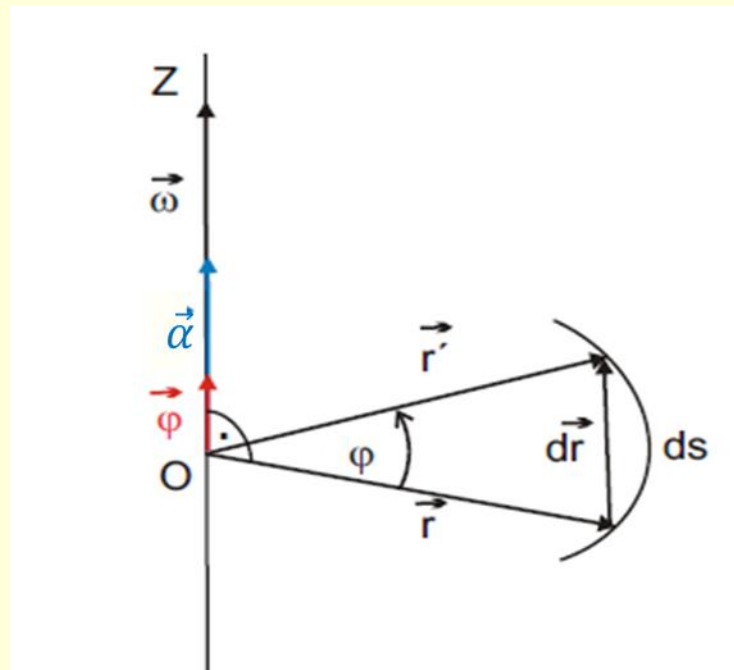
- Vektor sa mení, keď sa mení jeho **veľkosť**, jeho **smer** alebo aj **veľkosť** aj **smer**.
- Teleso sa pri rovnomernom priamočiaram pohybe pohybuje s **konštantnou** rýchlosťou.
- Na jednoznačný popis HB pri otáčavom pohybe potrebujeme veličiny: **polohový uhol**, **uhlovú rýchlosť** a **uhlové zrýchlenie**.
- Uhlová rýchlosť vyjadruje zmenu **polohy** telesa.
- Vzťah $\vec{\alpha} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}$ vyjadruje **uhlové zrýchlenie** telesa.
- Normálové zrýchlenie má smer **normály** ku trajektórii a jeho veľkosť je daná vzťahom $a_n = \frac{v^2}{r}$.
- Veľkosť tangenciálneho zrýchlenia je daná ako derivácia **veľkosti rýchlosti** podľa **času**.
- Výraz $a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}$ vyjadruje **veľkosť celkového zrýchlenia**.

1.7 Uhlová rýchlosť a uhlové zrýchlenie

uhlová rýchlosť – prvá derivácia polohového uhla podľa času

uhlové zrýchlenie - sa rovná prvej derivácii uhlovej rýchlosti podľa času alebo druhej derivácii polohového uhla podľa času

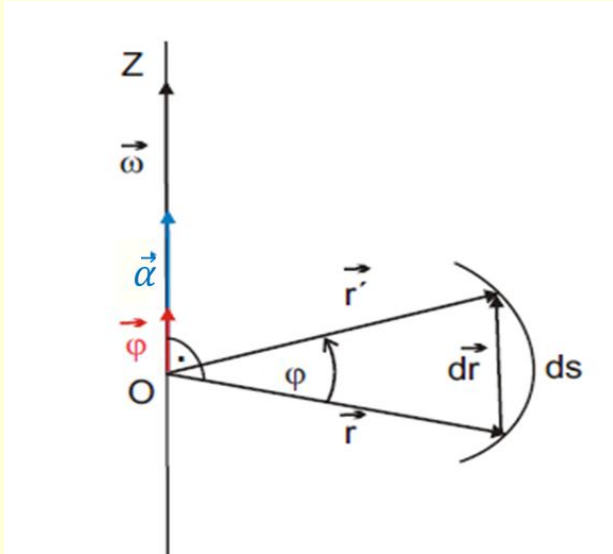
Jednotky $(\omega) = \text{s}^{-1}$, $(\alpha) = \text{s}^{-2}$, $(\varphi) = \text{rad}$



Vektory polohového uhla, uhlovej rýchlosti a uhlového zrýchlenia sú kolmé na rovinu, v ktorej sa teleso otáča, určujú **smer osi otáčania** a nie smer pohybu.

Vo všeobecnosti môžu tieto vektory meniť svoj smer, neležia na jednej priamke (os otáčania) – pohyb okolo pohyblivej osi, pohyb v priestore.

V prípade **otáčavého pohybu v rovine** vektory polohového uhla, uhlovej rýchlosti a vektor uhlového zrýchlenia ležia na jednej priamke, sú nahradené ich veľkosťami, platia skalárne rovnice (definované veličiny sú bez šípok - vektorov).



$$\omega = \frac{d\varphi}{dt}$$

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt}$$

1.8 Otáčavý pohyb po kružnici

Pohyb v rovine, po trajektórií tvaru kružnice okolo pevnej osi. Polohový vektor mení svoj smer.

Obvodová rýchlosť - rýchlosť, s ktorou sa HB pohybuje po obvode kružnice.

Súvis medzi obvodovou a uhlovou rýchlosťou

Jednotky $(v) = \text{m.s}^{-1}$

Tangenciálne zrýchlenie

Normálové zrýchlenie

Celkové zrýchlenie

Periódá (doba obehu) – časový interval, ktorý HB potrebuje na jeden obeh pri danej uhlovej rýchlosti.

Frekvencia – počet otáčok za sekundu. Prevrátená hodnota periódy.

Jednotky $(f) = \text{Hz}; \text{s}^{-1}, (T) = \text{s}$

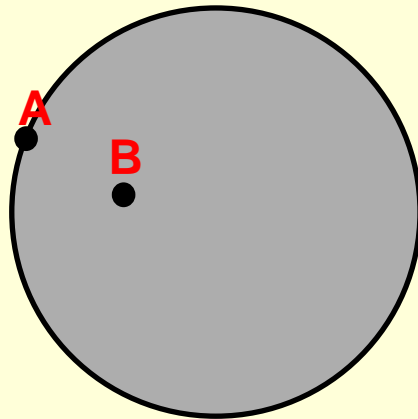
Počet otáčok – podiel uhla (pri daných otáčkach) a uhla pripadajúceho na jednu otáčku.

Priamočiare pohyby	Otáčavé pohyby po kružnici
<p>Rovnomerný pohyb</p> $a = 0$ $v = \textit{konš.}$ $s = vt + s_0$	<p>Rovnomerný pohyb</p> $\alpha = 0$ $\omega = \textit{konš.}$ $\varphi = \omega t + \alpha_0$
<p>Rovnomerne zrýchlený pohyb</p> $a = \textit{konš.}, \neq 0$ $v = v_0 + at$ $s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 + s_0$	<p>Rovnomerne zrýchlený pohyb</p> $\alpha = \textit{konš.}, \neq 0$ $\omega = \omega_0 + \alpha t$ $\varphi = \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2 + \varphi_0$
<p>Rovnomerne spomalený pohyb</p> $a = \textit{konš.}, \neq 0$ $v = v_0 - at$ $s = v_0 t - \frac{1}{2} at^2 + s_0$	<p>Rovnomerne spomalený pohyb</p> $\alpha = \textit{konš.}, \neq 0$ $\omega = \omega_0 - \alpha t$ $\varphi = \omega_0 t - \frac{1}{2} \alpha t^2 + \varphi_0$

KONTROLKA: Kruhový kotúč na obrázku vykonáva rovnomerný otáčavý pohyb.

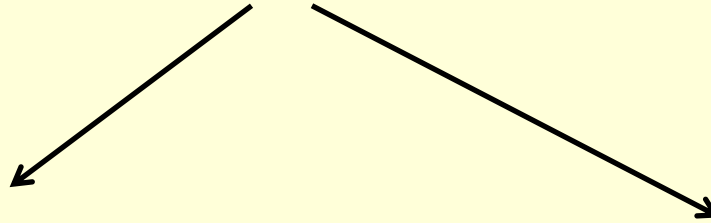
Rozhodnite, ktoré tvrdenie je správne pre body A a B na obrázku :

- a) uhlová a obvodová rýchlosť oboch bodov je rovnaká,
- b) uhlová rýchlosť oboch bodov je rovnaká a obvodová rýchlosť je rôzna,
- c) uhlová rýchlosť oboch bodov je rôzna a obvodová rýchlosť je rovnaká.



MECHANIKA

skúma mechanický pohyb



KINEMATIKA

popisuje pohyb bez ohľadu
na jeho príčiny

DYNAMIKA

popisuje príčiny zmien
pohybového stavu

2. DYNAMIKA HB

2.1 Hmotnosť a hybnosť HB

Dynamika HB – hľadá príčinu pohybu telesa (HB) a rieši akým spôsobom sa bude HB pohybovať, ak je známa jeho príčina.

Pohybový stav – nazývame stav, v ktorom sa HB nachádza (pokoj alebo pohyb).

Zotrvačnosť – schopnosť telesa zostať vo svojom pohybovom stave.

Hmotnosť – miera zotrvačných vlastností HB (telesa).

Jednotka $(m) = \text{kg}$

Hybnost' – je mierou pohybového stavu, súčin hmotnosti telesa a jeho rýchlosti.

Jednotka $(p) = \text{kg.m/s}$

2.2 Newtonove pohybové zákony

Newtonove pohybové zákony (Newtonove axiómy) sú základné zákony mechaniky, ktoré publikoval **Isaac Newton** v diele *Philosophiae naturalis principia mathematica* v roku 1687.

Platia v **klasickej (newtonovskej) mechanike** – popis pohybov telies malých aj veľkých rozmerov (Zem, Slnko). Nedajú sa pomocou nich popísať pohyby mikročastíc alebo telies, ktorých rýchlosti sa blížia k rýchlosti svetla.

Prvý Newtonov pohybový zákon

1NPZ - zotrvačnosti – existuje sústava, v ktorej teleso (HB) zotrváva v pokoji alebo v rovnomernom priamočiariom pohybe, kým nie je nútené vonkajšími silami tento stav zmeniť.

Inerciálna vzťahná sústava – sústava, v ktorej platí 1.NPZ, abstrakcia, len v určitých priblíženiach. Dá sa zistiť na základe experimentu.

geocentrická sústava – s experimentu vyplýva, že existuje oblasť javov, na ktoré nemá vplyv rotácia Zeme; je teda inerciálna sústava. Rotácia Zeme neovplyvňuje činnosť strojov, pohyb dopravných prostriedkov, chemické reakcie, biologické procesy.

Neinerciálna vzťahná sústava – sústava, v ktorej neplatí 1.NPZ, teleso v nej zrýchľuje alebo vykonáva otáčavý pohyb. Vznik fiktívnych síl (zotrvačná sila, zotrvačná odstredivá sila, Coriolisova sila).

KONTROLKA: Vyberte správne odpovede.

Vlak sa pohybuje po priamej trati s rýchlosťou 80 km/h. Po 15 minútach začne zrýchľovať a zrýchľuje 20 minút. Potom ide rýchlosťou 100 km/h 20 minút. Nakoniec prechádza zákrutou 10 minút. Na ktorom úseku jeho pohybu sa nachádza v inerciálnej vzťažnej sústave?

- a) na začiatku pohybu, pri rýchlosti 80 km/h,
- b) na úseku, kde zrýchľuje,
- c) na úseku, kde ide 100 km/h,
- d) pri prechode zákrutou.

Druhý Newtonov pohybový zákon

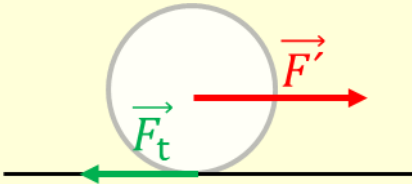
Ako uvedieme do pohybu loptičku na stole?

Ako donútiť spinky alebo klinčeky, aby sa pohybovali bez toho, aby ste sa ich dotkli?

Sila je mierou vzájomného silového pôsobenia medzi HB, ktoré je príčinou zmeny pohybového stavu HB. Toto vzájomné pôsobenie sa môže diať pri vzájomnom dotyku alebo prostredníctvom poľa.

pôsobisko sily – bod, v ktorom pôsobí sila na teleso

2NPZ – sily – časová zmena hybnosti telesa (HB) je priamo úmerná vonkajšej sile (resp. výslednici všetkých síl), ktorá na hmotný bod pôsobí.



V klasickej fyzike: m - konš., rýchlosť telies malá vzhľadom k rýchlosti svetla, $v \ll c$

Sila je priamo úmerná súčinu hmotnosti telesa m a zrýchlenia a , ktoré táto sila vyvoláva.

Jednotka $(F) = \text{N}$ **rozmer** $1 \text{ N} = 1 \text{ kg m s}^{-2}$

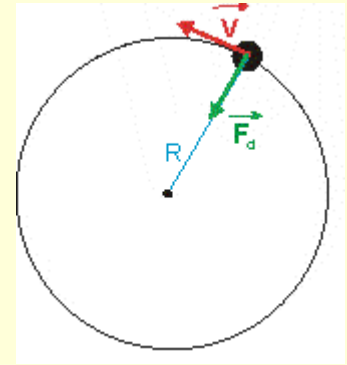
1 Newton je sila, ktorá telesu o hmotnosti 1 kg udelí zrýchlenie 1 m.s^{-2} .

Vzťah pre silu v KF hovorí, že ak pôsobí **сила** na teleso vyvolá jeho **zrýchlenie**.

tiaž – sila, ktorou pôsobí teleso na podložku alebo napína záves na ktorom visí



dostředivá síla – núti tělesa vykonávat otáčavý pohyb po kružnici



Tretí Newtonov pohybový zákon

Prečo sa tenisová loptička odrazí od rakety, po jej zrážke?



[Video](#)

3NPZ – akcie a reakcie – sily, ktorými na seba pôsobia dve telesá (HB), sú rovnako veľké, ale opačne orientované alebo každá akcia vyvolá rovnako veľkú reakciu opačného smeru.

Sily akcie a reakcie len vtedy, ak neležia pôsobiska síl na jednom telese.

Telesá rovnakej hmotnosti – rovnaký dôsledok pôsobenia

Telesá rôznej hmotnosti – rôzny dôsledok pôsobenia

KONTROLKA: Rozhodnite, ktoré z uvedených dvojíc sú akciou a reakciou:

- a) rukami tlačíte na stenu a stena pôsobí tlakovou silou na vaše ruky,
- b) na knihu položenú na stole pôsobí Zem silou a tlaková sila podložky (stôl),
- c) pri prudkom zabrzdení auta vy pôsobíte na sedadlo silou a na vás pôsobí sila, ktorá spôsobí, že sa nahnete dopredu,
- d) pri výstrele z dela, sa delo posunie dozadu.

2.3 Pohybová rovnica (posuvný pohyb)

Pohybová rovnica umožňuje riešiť dynamické problémy v rôznych oblastiach fyziky okrem problémov v mikrosvete. Vyplýva z 2. Newtonovho pohybového zákona.

Pomocou pohybovej rovnice vieme:

1. vypočítať **silu**, ak poznáme jednu z veličín popisujúcu pohyb (polohový vektor alebo dráhu alebo rýchlosť alebo zrýchlenie) a hmotnosť telesa

Vektorový zápis pohybovej rovnice:

Skalárny zápis pohybovej rovnice:

2. určiť **akým spôsobom (pohybom)** sa HB pohybuje, ak poznáme príčinu pohybu (silu), počiatočné podmienky (počiatočnú rýchlosť a dráhu) a hmotnosť telesa.

a) ak sila je funkciou času

Opačná rovnica (pre rýchlosť):

Rovnica dráhy:

b) ak sila je funkciou dráhy alebo rýchlosti - rieši sa diferenciálne rovnica (napr. netlmený harmonický kmitavý pohyb)

M4: Určitý integrál

Neurčitý integrál – výsledkom integrácie je funkcia $\int f(x) dx = F(x) + c$

Určitý integrál – výsledkom integrácie je číslo. Platia tie isté pravidlá a vzťahy pre integrovanie ako pre neurčitý integrál.

$$\int_a^b f(x) dx = [F(x)]_a^b = F(b) - F(a)$$

Príklad: $\int_1^4 x^2 dx = \left[\frac{x^3}{3}\right]_1^4 = \frac{4^3}{3} - \frac{1^3}{3} = 21$

Čo sme sa naučili

Definovať **uhlovú rýchlosť** a **uhlové zrýchlenie**.

$$\vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}$$

$$\vec{\alpha} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}$$

Vyjadriť **uhlovú rýchlosť** a **uhlové zrýchlenie** pre otáčavý pohyb v rovine.

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt}$$

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt}$$

Charakterizovať otáčavý pohyb v rovine a vyjadriť **obvodovú rýchlosť**, **tangenciálne**, **normálové a celkové zrýchlenie**. Definovať pojmy **perióda**, **frekvencia**, **počet otáčok** pre tento pohyb.

Vedieť popísať rovnice pre uhlovú dráhu a uhlovú rýchlosť a zrýchlenie pre **rovnomerný otáčavý pohyb v rovine** a pre **rovnomerne zrýchlený (spomalený) otáčavý pohyb v rovine**.

Čím sa zaoberá dynamika HB. Vedieť definovať pojmy **pohybový stav**, **zotrvačnosť** a **hmotnosť**. Definovať slovné a matematicky **hybnosť**, poznať jej jednotku.

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

Formulovať **1. Newtonov pohybový zákon**. Vysvetliť, čo je to inerciálna a neinerciálna vzťažná sústava a uviesť príklady na tieto sústavy.

Vysvetliť vzájomné silové pôsobenie a uviesť veličinu, ktorá je jeho mierou. Poznať príklady na vzájomné silové pôsobenie.

Formulovať **2. Newtonov pohybový zákon** a napísať jeho matematické vyjadrenie.

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d}{dt}(m\vec{v})$$

Odvodiť vzťah pre silu používaný v klasickej fyziky. Poznať jednotku sily.

$$\vec{F} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a}$$

Formulovať **3. Newtonov pohybový zákon**. Vysvetliť pojmy akcia a reakcia a napísať, čo platí pre sily akcie a reakcie z hľadiska veľkosti a smeru. Uviesť príklady na 3.NPZ.

$$\overrightarrow{F_{12}} = -\overrightarrow{F_{21}}$$