Dynamika

*Síla a její účinky na těleso*

*Newtonovy pohybové zákony*

*Tíhová síla, tíha tělesa a síly brzdící pohyb*

*Dostředivá a odstředivá síla*

Dynamika studuje příčiny pohybu těles (proč a za jakých podmínek se pohybují).

Základem jsou tři pohybové zákony, které zformuloval anglický učenec Isaac Newton (1643 – 1727).

Základním pojmem je síla.

**Isaac Newton** (4. 1. 1643 - 31. 3. 1727)

Newtonovým nejznámějšími objevy byly jeho tři pohybové zákony. Dále objevil zákony všeobecné gravitace (Newtonův gravitační zákon). Klasická mechanika se dodnes opírá o jím zavedené pojmy hmotnosti, setrvačnosti, síly a interakce. Objevil mnoho zákonů speciální povahy týkajících se pohybu planet, pohybu v prostředí s odporem, rotujících kapalin atd.

Síla a její účinky na těleso

Síla - projevuje vždy při vzájemném působení těles.

# Účinek síly:

deformační neboli statický – deformace tělesa (měření síly siloměrem)

pohybový neboli dynamický - změna pohybového stavu tělesa (dynamické měření síly)

# Vzájemné působení těles:

přímým stykem – navzájem se dotýkají

prostřednictvím silových polí – gravitační pole

magnetické pole

elektrické pole

Síla je určena: velikostí

směrem

působištěm

Síla **F** je vektorová fyzikální veličina.

Jednotkou síly je newton (N).

Sílu **F** znázorňujeme orientovanou úsečkou, jejíž délka vyjadřuje velikost síly.

F = │F│ = 3N

Newtonovy pohybové zákony

# 1. Zákon setrvačnosti

Každé těleso setrvává v relativním klidu nebo v rovnoměrném přímočarém pohybu, dokud není přinuceno silovým působením jiných těles tento stav změnit.

# 2. Zákon síly

Zrychlení **a**, které uděluje síla **F** tělesu o hmotnosti m, je přímo úměrné velikosti **F** a nepřímo úměrné



hmotnosti tělesa m, tedy



1N=1kg.m.s-2

# Příklad:

Automobil o hmotnosti 1 tuny se rozjíždí z klidu a za 20 s dosáhne rychlosti 90 km.h-1. Jak velkou tažnou sílu vyvinul motor automobilu?

# 3. Zákon akce a reakce

Síly, kterými na sebe vzájemně působí dvě tělesa:

1. jsou stejně velké
2. navzájem opačného směru
3. současně vznikají a zanikají
4. každá z nich působí na jiné těleso

jedna síla = akce

druhá síla = reakce

Tíhová síla a tíha tělesa

Tíhová síla **FG** je síla, kterou působí Země na každé těleso při svém povrchu a uděluje mu tíhové

zrychlení **g**.

**FG** a **g** - vektorové veličiny

- směr svislý dolů

- kolmé k vodorovné rovině



Pro velikost **tíhové síly,** podle druhého Newtonova pohybového zákona platí:

# Účinek tíhové síly:

* pohybový (volný pád)
* tlakový (těleso na pevné vodorovné podložce)
* tahový (těleso zavěšené na pevném svislém závěsu)

Tíha tělesa ***G*** je síla, kterou působí nehybné těleso na vodorovnou podložku nebo na svislý závěs.

Důsledkem tíhové síly je tíha tělesa.

Jestliže je těleso v klidu, má tíha i tíhová síla stejný směr i stejnou velikost.

**G** = **F**G



Síly brzdící pohyb

Tyto tzv. odporové síly vznikají všude tam, kde se těleso stýká s povrchem jiného tělesa nebo kde se těleso pohybuje v látkovém prostředí.

# 1. Smykové tření

* těleso se posouvá nebo smýká po povrchu jiného tělesa
* na těleso působí brzdící síla, která se nazývá třecí síla **F**t



**F**t - je přímo úměrná tlakové síle **F**n, kterou působí těleso kolmo na podložku

f = součinitel smykového tření

- nemá jednotku

- hodnota je vždy menší než 1

# Třecí síla nezávisí:

* na velikosti stykových ploch
* na rychlosti pohybu těles (při větší rychlosti se zmenšuje)

Klidová třecí síla – je větší než třecí síla při pohybu

# Třecí síla

1. umožňuje: chůzi, jízdu vozidel, upevňování hřebíků…
2. způsobuje: odírání obuvi, ojíždění pneumatik…

# Příklad:

Kvádr o hmotnosti 500 g udržujeme na vodorovné podložce v rovnoměrném pohybu tažnou silou 1 N. Urči hodnotu součinitele smykového tření.

# 2. Valivý odpor

* těleso kruhového průřezu se valí po pevné podložce
* příčinou je stlačování a deformace podložky před valícím se tělesem působením kolmé tlakové síly **F**n
* deformace podložky vyvolává odporovou sílu **F**v, která působí proti směru pohybu tělesa

Odporová síla **F**v je přímo úměrná kolmé tlakové síle **F**n, kterou působí těleso na podložku, a nepřímo úměrná poloměru R tělesa.



* součinitel (ksí) se nazývá rameno valivého odporu



* jednotkou je m

Hybnost tělesa

Hybnost tělesa **p** definujeme jako součin hmotnosti *m* a rychlosti *v* tělesa.



Jednotka v soustavě SI je [p]=kg.m.s-1. Jde o vektorovou veličinu.

# Příklad:

Kladivo o hmotnosti 800 g narazí na hlavičku hřebíků rychlostí 15 m.s-1. Jakou velikost měla hybnost před nárazem?

Impuls síly

Součin síly **F** a doby t, po kterou síla na těleso působí, představuje veličinu zvanou impuls síly, který se označuje **I***.*



Jednotkou je N.s

Změna hybnosti

Součin hmotnosti m a změny rychlosti Δ**v**vyjadřuje veličina zvaná změna hybnosti Δ**p**.



Platí:

Impuls síly se rovná změně hybnosti.

Impuls síly vyjadřuje časový účinek síly.

Příklad:

Působením nárazového větru se rychlost plachetnice o hmotnosti 400 kg zvětšila za dobu 2 s z 1 m.s-1 na 1,5 m.s-1. Jak velkou silou přitom působil vítr na plachetnici?

Zákon zachování hybnosti

Celková hybnost izolované soustavy těles se vzájemným silovým působením těles nemění.



Dostředivá a odstředivá síla

Kulička upevněná na vlákně vykonává rovnoměrný pohyb po kružnici. Rychlost kuličky má stálou velikost, ale její směr se neustále mění. Kulička má dostředivé zrychlení ad, které stále směřuje do středu kružnice.



Podle druhého Newtonova pohybového zákona je příčinou zrychlení vždy síla, která má tentýž směr jako zrychlení. Při pohybu tělesa po kružnici je příčinou zrychlení dostředivá síla směřující rovněž do středu kružnice.



Podle třetího pohybového zákona současně kulička působí prostřednictvím vlákna stejně velkou odstředivou silou opačného směru než je směr dostředivé síly.



Dostředivá a odstředivá síla představují akci a reakci při vzájemném působení těles.

Inerciální a neinerciální vztažná soustava

Inerciální vztažná soustava = vztažná soustava, ve které platí první Newtonův pohybový zákon (inertia = setrvačnost)

Pokud jedeme vlakem, který se pohybuje rovnoměrným přímočarým pohybem, a nemáme možnost vidět ven, nepoznáme, zda je daná soustava vzhledem k povrchu země v klidu nebo v pohybu.

Všechny inerciální vztažné soustavy jsou pro popis mechanických dějů rovnocenné.

Neinerciální vztažná soustava = vztažná soustava, která se vzhledem k inerciální vztažné soustavě pohybuje rovnoměrně zrychleným přímočarým pohybem a má konstantní zrychlení



**F**s= setrvačná síla vznikající jako důsledek zrychleného pohybu soustavy

Příklad:

Závaží o hmotnosti 500 g je zavěšeno na siloměru v kabině výtahu. Urči velikost síly, kterou ukazuje siloměr, jestliže se kabina pohybuje:

1. stálou rychlostí 2 m.s-1 směrem vzhůru
2. se zrychlením 2 m.s-2 směrem vzhůru
3. se zrychlením 2 m.s-2 směrem dolů

Cvičení

# Druhý Newtonův pohybový zákon

1. Letadlo o hmotnosti 20 tun urazí za dobu 10 sekund od startu dráhu 150 metrů. Urči: a) zrychlení letadla, b) tažnou sílu jeho motoru.
2. Působením nárazového větru zvětšila plachetnice o hmotnosti 600 kg svou rychlost z 0,5 m.s-1 na 2 m.s -1 za dobu 2 s. Jak velkou silou působil vítr na plachetnici?
3. Nákladní automobil o hmotnosti 3 t začne brzdit při rychlosti 90 km.h-1 a zastaví za dobu 10 s. a) Jak velkou brzdící sílu musí vyvinout brzdy automobilu? b) Jakou brzdnou dráhu při tom automobil ujede?
4. Vlak o hmotnosti 800 t, který jede po vodorovné trati rychlostí 72 km.h-1, začne brzdit a zastaví na dráze 400 m. Jak velká brzdící síla při tom na vlak působila?

Výsledky:

1) a) 3 m.s-2 b) 60 kN

2) 450 N

3) a) 7,5 kN b) 125 m

4) 400 kN

# Tíhová síla a tíha tělesa

1. Jak velká tíhová síla působí na těleso o hmotnosti 10 kg a) na rovníku b) na zeměpisném pólu?
2. Jak velká tíhová síla působí na člověka o hmotnosti 60 kg na povrchu Země? Jak velká přitažlivá síla na něho působí na povrchu Měsíce? Zrychlení volného pádu na povrchu Měsíce je 6x menší než na povrchu Země.

Výsledky:

1) a) 97,8 N b) 98,3 N

2) 600 N, 100 N

# Síly brzdící pohyb tělesa

1. Dělník posunuje rovnoměrným pohybem bednu o hmotnosti 100 kg. Jak velkou silou na ni působí a) je-li součinitel smykového tření 0,4 b) jestliže ji podloží válci o poloměru 10 cm a rameno valivého odporu je 0,005 m?
2. Urči sílu, kterou musí vyvinout cyklista k překonání odporové síly valivého odporu při jízdě po vodorovné silnici. Hmotnosti cyklisty je 80 kg, rameno valivého odporu 1,6 mm, průměr kol je a) 64 cm b) 32 cm.

Výsledky:

1) a) 400 N b) 50 N

2) a) 4 N b) 8 N

# Třetí Newtonův pohybový zákon

1. Na nakloněné rovině se sklonem 30˚ leží kvádr o hmotnosti 2 kg. Jaké bude mít zrychlení, když neuvažujeme tření?
2. Dvě dívky o hmotnostech 30 kg a 50 kg jsou na kolečkových bruslích a přitahují se k sobě pomocí provazu. Jedna dívka táhne za provaz silou o velikosti 15 N, druhá jej pevně drží. Jak velkou silou táhne druhá dívka? Jak velká jsou zrychlení dívek? Tření a odpor vzduchu neuvažujeme.

Výsledky:

1) 5 m.s-2

2) 15 N, 0,5 m.s-2, 0,3 m.s-2

# Hybnost tělesa

1. Střela o hmotnosti 0,01kg je vystřelena rychlostí 800 m.s -1 z pušky o hmotnosti 4 kg. Vypočti zpětnou rychlost pušky.
2. Prázdný nákladní železniční vůz o hmotnosti 1 . 104 kg se pohybuje rychlostí 0,9 m.s-1 po vodorovné trati a narazí na naložený vůz o hmotnosti 2 . 104 kg, který je v klidu. Při nárazu jsou oba vozy spolu spojeny. Urči, jakou společnou rychlostí se pohybují.
3. Jak velkou silou udeřil hokejista do stojícího kotouče o hmotnosti 200 g, jestliže kotouč nabyl rychlost 90 km.h-1? Doba působení nárazové síly byla 0,01 s.
4. Kulečníková koule o hmotnosti 240 g nabude silou úderu 3 N rychlost 2 m.s -1. Urči dobu působení úderu
5. Střela o hmotnosti 20 g proletěla hlavní pušky o hmotnosti 4 kg za 0,01 s, čímž získala rychlost 400 m.s-1. a) Jak velká síla na střelu působila? b) Jak velká je rychlost pušky při zpětném nárazu?

Výsledky:

1) 2 m.s-1

2) 0,3 m.s-1

3) 500 N

4) 0,16 s

5) a) 800 N b) 2 m.s-1

# Dostředivá a odstředivá síla

1. Sportovec při hodu kladivem uvádí kladivo o hmotnosti 7,25 kg do pohybu po kružnici o poloměru 1,80 m tak, že vykoná jednu otočku za 0,45 s. Jak velkou dostředivou sílu musí vyvinout?
2. Při hodu diskem uvádí atlet disk o hmotnosti 2,0 kg do pohybu po kružnici o poloměru 1,1 m, při čemž na něj působí dostředivou silou o velikosti 900 N. Jaké rychlosti disk dosáhne?
3. Jakou největší rychlostí může vjet automobil do zatáčky o poloměru 100 m, je-li součinitel smykového tření mezi pneumatikami a povrchem vozovky 0,4?

Výsledky:

1) 2,5 kN

2) 22 m.s-1

3) 72 km.h-1

# Inerciální a neinerciální vztažná soustava

1. V kabině výtahu dopravujeme náklad o hmotnosti 60 kg z přízemí do vyššího poschodí budovy. Jak velkou tlakovou silou působí náklad na podlahu kabiny a) při rozjíždění výtahu se zrychlení 2 m.s-2 , b) při zastavování výtahu se zrychlením 2,5 m.s-2?
2. S jak velkým zrychlením padá předmět upuštěný v kabině výtahu, která se pohybuje se zrychlením 2 m.s-2 směrem vzhůru? Řeš a) vzhledem ke stěnám kabiny výtahu, b) vzhledem k povrchu Země.
3. Těžní klec s nákladem o celkové hmotnosti 5 t se rozjíždí z klidu směrem vzhůru tak, že za dobu 2,5 s dosáhne rychlosti 5 m.s-1. Jak velkou silou je zatěžováno tažné lano?
4. Kosmická loď startuje směrem vzhůru se stálým zrychlením 50 m.s-2. Jak velkou tlakovou silou působí kosmonaut na sedadlo, je-li jeho hmotnost s výstrojí 90 kg?

Výsledky:

1) a) 720 N b) 450 N

2) a) 12 m.s-2 b) 10 m.s-2

3) 60 kN

4) 5 400 N