

# DYNAMIKA

## SÍLA

### 1. Úvod

- dynamos (dynamis) = síla; dynamika vysvětluje, proč se objekty pohybují, vysvětluje změny pohybu. Nepopisuje pohyb, jak to dělá .....
- síly mohou měnit pohybový stav těles nebo mohou tělesa deformovat
- síla je skalární/ vektorová fyzikální veličina – pro jednoznačné určení síly nestačí její velikost, ale potřebujeme znát bod, ve kterém síla působí (působíště) a směr síly
- tělesa na sebe vzájemně působí přímým kontaktem nebo prostřednictvím polí (typy polí: .....

### 2. Skládání a rozklad sil

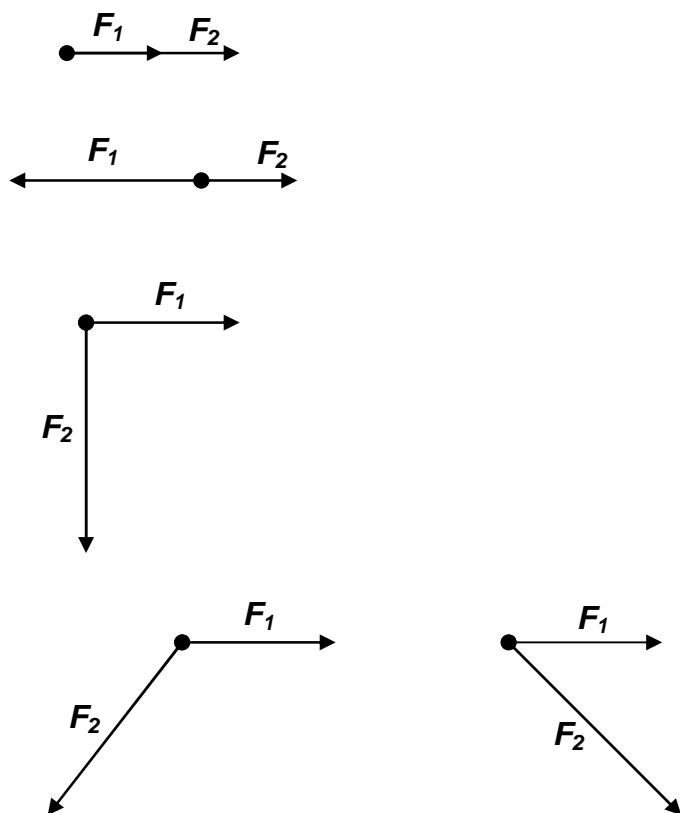
Složit síly znamená určit výslednici dvou nebo více sil, tak, aby měla stejný účinek jako všechny síly dohromady.

Síly mohou mít působíště v jednom bodě, pak působíště umístíme do těžiště.

Určete výslednici graficky

její velikost

její směr



<http://www.walter-fendt.de/ph14e/equilibrium.htm>

### 3. Newtonovy pohybové zákony

#### a) První Newtonův pohybový zákon

**ZÁKON SETRVAČNOSTI:** *Těleso setrvává v klidu nebo rovnoměrném přímočarém pohybu, pokud se výslednice všech sil na něho působících rovná nule.*

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_n = \vec{F}_v = 0 \Leftrightarrow \vec{v} = \text{konst.}$$

#### Otázky:

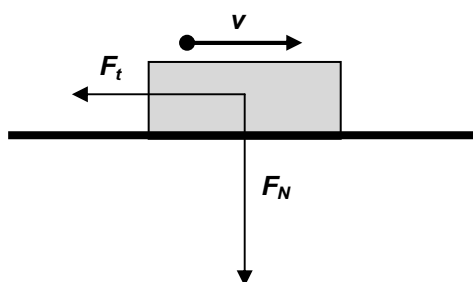
1. Auto se pohybuje rychlostí  $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Působí na něj třecí síla  $1 \text{ kN}$ . Vypočítejte tažnou sílu motoru.

#### TŘENÍ

je základní podmínkou a zároveň překážkou pohybu (vysvětlí)

<http://phet.colorado.edu/simulations/sims.php?sim=Friction>

Třecí síla vzniká, když se jedno těleso pohybuje po druhém. Tato síla má vždy směr proti pohybu tělesa. Podstata třecích sil spočívá v nerovnostech stykových ploch obou těles.



$F_t$  (třecí síla) závisí na: .....

nezávisí na : .....

$$F_t = f \cdot F_N$$

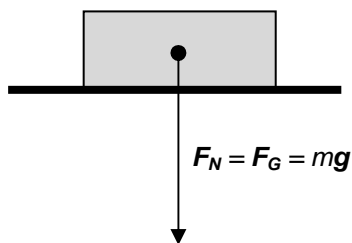
#### f součinitel smykového tření

- je materiálová konstanta, která vyjadřuje závislost na kvalitě obou povrchů, její hodnota je napsaná v MFChT (matematicko – fyzikálních a chemických tabulkách), ale tato hodnota je pouze přibližná. Pokud chceme zjistit přesnou hodnotu, musíme ji změřit (úkol - vymyslete metodu)
- $f_0$  ... součinitel klidového tření – když se těleso začíná pohybovat z klidu
- $f$  ... součinitel smykového tření – když se těleso už pohybuje, obvyklá hodnota okolo 0,3
- $f_0 > f$  ... Proč? Vysvětlí na příkladech z praxe

$F_N$  = normálová síla - kolmá tlaková síla působící na těleso

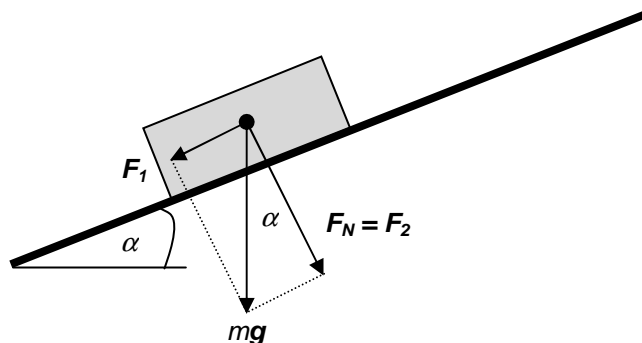
- je rovna tíhové síle tělesa, souvisí s hmotností, ale také závisí na úhlu roviny, na které se těleso nachází

$\alpha = 0$



$$F_t = mgf$$

$\alpha \neq 0$



$$F_N = mg \cos \alpha$$

$$F_t = mgf \cos \alpha$$

[http://phet.colorado.edu/simulations/sims.php?sim=The\\_Ramp](http://phet.colorado.edu/simulations/sims.php?sim=The_Ramp)

#### Otázky:

2. Ocelové těleso o hmotnosti 10 kg je rozpořybováno stálou rychlostí. Součinitel smykového tření je 0,35. Vypočítejte sílu, kterou potřebujeme vynaložit k pohybu tělesa, jestliže
  - a)  $\alpha = 0^\circ$
  - b)  $\alpha = 30^\circ$ 
    - i) nahoru
    - ii) dolů
3. Určete úhel mezi nakloněnou rovinou vodorovnou rovinou, jestliže se těleso pohybuje dolů konstantní rychlostí bez dalších sil. Součinitel smykového tření počítejte 0,4.
4. Určete sílu potřebnou k rovnoměrnému pohybu tělesa o hmotnosti 80 kg, jestliže součinitel smykového tření je  $f = 0,7$ .
5. K rovnoměrnému pohybu tělesa (rychlostí  $v = 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) o hmotnosti 600 g po vodorovné podložce je potřebná síla 1,2 N. Vypočítejte součinitel smykového tření.

L2/79-88



EVROPSKÁ UNIE

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**HYBNOST**  $\vec{p}$ 

je vektorová veličina, kterou potřebujeme k definování 2. Newtonova pohybového zákona. Newton hledal veličinu, která se mění během srážky (mech. energie to není – částečně se přeměňuje na teplo)

$$\vec{p} = m \vec{v} \quad [p] = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

hybnost tělesa je  $m$  - krát větší než jeho rychlost a má stejný směr jako rychlost

**Zákon zachování hybnosti izolované soustavy:**

*Celková hybnost izolované soustavy zůstává konstantní.*

$$\sum \vec{p}_{\text{před}} = \sum \vec{p}_{\text{po}}$$

= když sečteme hybnosti (VEKTORY) všech těles v izolované soustavě PŘED jejich srážkou, musí být výsledný vektor stejný jako součet vektorů hybností těchto těles PO srážce.

Platí to i v trojrozměrném prostoru, ale my budeme řešit jen jednoduché příklady.

**Otázky:**

6. Střela o hmotnosti 2 g letící z pistole o hmotnosti 2 kg rychlostí 300 m·s<sup>-1</sup>. Vypočítejte zpětnou rychlost pistole a určete její směr.
7. a) Železniční vagón o hmotnosti 2·10<sup>4</sup> kg jedoucí rychlostí 0,5 m·s<sup>-1</sup> se srazí s druhým vagónem o poloviční hmotnosti pohybující se stejným směrem rychlostí 0,4 m·s<sup>-1</sup>. Vagóny se při srážce spojí. Určete společnou rychlost jejich pohybu;
  - b) stejná tělesa jako v bodě a) se pohybují proti sobě. Určete společnou rychlost jejich pohybu;
  - c) jaká je rychlost po srážce, jestliže se tělesa budou pohybovat navzájem k sobě kolmo?

Poznámka: **srážka** (ráz):

- **pružný** – pouze ideální, mech. energie se nemění
- **nepružný** – tělesa se po srážce spojí, mech. energie není konstantní

<http://www.walter-fendt.de/ph14e/collision.htm>

**b) Druhý Newtonův pohybový zákon**

**ZÁKON SÍLY:** *Výsledná síla působící na hmotný bod je rovna podílu změny hybnosti hmotného bodu a doby, po kterou působila.*

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

Poznámka 1:  $\vec{F}_R \Delta t = \vec{I}$  ... impuls síly,  $[I] = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**Poznámka 2:** ve většině případů zůstává hmotnost těles konstantní, pak platí

$$\vec{F}_R = \frac{\Delta(m\vec{v})}{\Delta t} = \frac{m\Delta\vec{v}}{\Delta t} = m\vec{a}$$

<http://www.walter-fendt.de/ph14e/n2law.htm>

[http://galileo.phys.virginia.edu/classes/109N/more\\_stuff/Applets/Collision/jarapplet.html](http://galileo.phys.virginia.edu/classes/109N/more_stuff/Applets/Collision/jarapplet.html)

### Otázky:

8. Raketové motory o hmotnosti  $2 \cdot 10^6$  kg jsou urychlovány silou  $3,3 \cdot 10^7$  N. Jaké je zrychlení raket?
9. Těleso o hmotnosti 300 g, pohybující se s stálým zrychlením, má počáteční moment  $220 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  a po 15 sekundách moment  $400 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Jaké je zrychlení tělesa?
10. Klasická kulečnicková koule má hmotnost 200 g. Během 7 ms na ni působila síla 50 N. Jakou rychlostí se po kontaktu tága bude koule pohybovat?
11. Na těleso o hmotnosti 2 kg, které je původně v klidu, působí stálá síla. Vypočítejte rychlost tělesa 5 s po začátku působení síly.

### c) Třetí Newtonův pohybový zákon

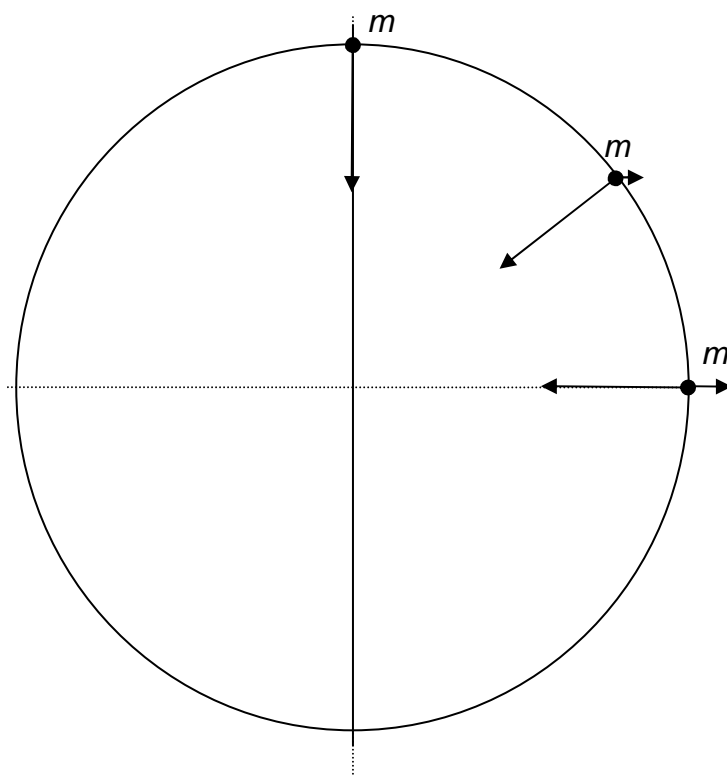
**ZÁKON AKCE A REAKCE:** *Jestliže těleso A působí silou na těleso B, pak těleso B působí na těleso A stejně velkou silou opačného směru.*

*Síly současně vznikají a zanikají. Tyto síly nemůžeme sčítat, protože každá působí na jiné těleso.*

L2/89-104, X105-110, 111-138

## TÍHA a TÍHOVÁ SÍLA

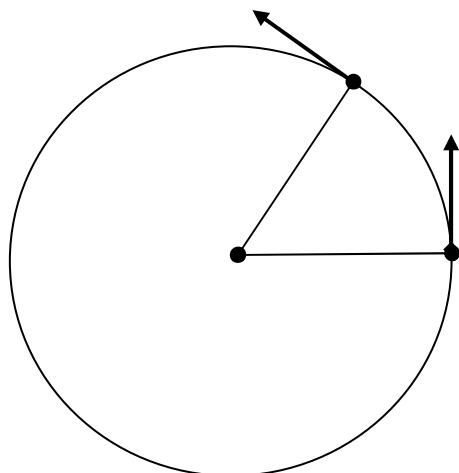
**Tíhová síla** je síla, která přitahuje těleso k Zemi. Je výslednicí síly gravitační a odstředivé, směr přesně do středu Země má pouze na rovníku a na pólech. Její působiště je v těžišti tělesa.



**Tíha** je síla, kterou těleso v tíhovém poli země tlačí na podložku nebo táhne za závěs. Její působiště je v bodě, kde těleso táhne nebo tlačí. Zakresli tíhu a tíhovou sílu:



## 8. Dynamika rovnoměrného pohybu po kružnici



$$v = \text{konst.} \quad \text{ale} \quad \vec{v} \neq \text{konst.}$$

$F_d$ ... dostředivá síla  
 $a_d$ ...dostředivé zrychlení

- trajektorie není přímka, to znamená, že zde existuje výsledná síla (2. NPZ)
- tato výslednice je kolmá ke směru rychlosti, to mění jen směr a ne její velikost

$$F_d = ma_d$$

$$a_d = \omega^2 r = \frac{v^2}{r}$$

[http://phet.colorado.edu/simulations/sims.php?sim=Ladybug\\_Motion\\_2D](http://phet.colorado.edu/simulations/sims.php?sim=Ladybug_Motion_2D)

### Otázky:

12. Pulsar o průměru 15 km se otáčí s frekvencí 8 Hz. Vypočítejte rychlost a dostředivé zrychlení hmotného bodu na rovníkovém průměru.
13. Vozidlo se pohybuje po kružnici o poloměru 0,6 m. Určete úhlovou rychlost a dostředivé zrychlení bodu na povrchu pneumatiky, když se vozidlo pohybuje rychlostí  $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

L2/146-152, X153-160

## 9. Inerciální vztažná soustava

V inerciální vztažné soustavě těleso zůstává v klidu nebo se pohybuje rovnoměrně přímočaře. Inerciální vztažná soustava se nepohybuje zrychleně. Když soustava není inerciální, vykazuje zrychlení, působí na tělesa zdánlivé síly = setrvačné síly. Na těleso poté působí síly, i když nejsou v přímém kontaktu s dalšími tělesy.

Míč umístěný na podlaze ve vlaku. Diskutuj o jeho pohybu ve vlaku, když se vlak pohybuje s konstantní rychlostí, zrychleně nebo zpomalně.



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

## Neinerciální vztažná soustava

pohybuje se vzhledem ke vztažnému tělesu se zrychlením  $\vec{a}$ .

To může znamenat následující typy pohybů:

.....

V této soustavě neplatí 1. a 3. NPZ (diskutujte o možnostech) a na tělesa působí setrvačná síla:

$$\vec{F}_s = m \vec{a}_s$$

$$\vec{a}_s = -\vec{a}$$

### Otázky:

14. Diskutujte o pohybu míčku v těchto případech:

- a) ve vlaku při pohybu rovnoměrném přímočarém, zrychleném a zpomaleném
- b) ve výtahu při pohybu nahoru/dolu s konstantní rychlostí, zrychleně a zpomaleně

L2/139-145

### Odpovědi:

1. 1 kN
2. 35 N, 80 N, -20 N
3. 21,8<sup>0</sup>
4. 560 N
5. 0,2
6. 0,3 m.s<sup>-1</sup>
7. 0,47 m.s<sup>-1</sup>; 0,2 m.s<sup>-1</sup>; 0,36 m.s<sup>-1</sup>
8. 6,5 m.s<sup>-2</sup>
9. 40 m.s<sup>-2</sup>
10. 1,75 m.s<sup>-1</sup>
11. 9 m.s<sup>-1</sup>
12. 377 km.s<sup>-1</sup>, 19.10<sup>6</sup> m.s<sup>-2</sup>
13. 67 rad.s<sup>-1</sup>, 1333 m.s<sup>-2</sup>