Osnova učiva

1. Úvod do fyziky; fyzikální veličiny
2. Mechanika hmotného bodu
3. Práce, energie, výkon
4. Gravitační pole
5. Elektrostatické pole
6. Mechanika tuhého tělesa
7. Kapaliny

Úvod do fyziky

- Věda – snaží se přesný (= exaktní věda) popis přírody. Z 80 % matematika!
- Vznik: sahá hluboko do starověku (filozofie)
- Fyziku dělíme:
  - **Mechanika** – nauka o pohybu
  - **Optika**
  - **Elektřina a Magnetizmus**
  - **Kvantová fyzika** – fyzika mikrosvěta
  - **Teorie relativity**
- Postup práce fyziků
  1. Pozorování, experiment
  2. Vznikne teorie
  3. Předpověď výsledků
  4. Souhlasí, — Ne → Ano

Fyzikální veličiny

Veličina – vše co lze změřit, má značku a jednotku

Jednotky

SI (1962) – 7 základních jednotek

a) <u>Základní</u>

Délka	l,s,d	**m**etry
Hmotnost	m	**k**ilo**g**ramy
Čas	t	**s**ekunda
Teplota	T	**K**elvin
Svítivost	I	**C**an**d**ela
El. proud	I	**A**mpér
Látkové mn.	n	**mol**

b) <u>Doplňkové</u>

Rovinný úhel	**rad** (radián)
Prostorový úhel	**srad**

c) <u>Odvozené</u>

Rychlost	v	$\frac{m}{s}$
Hustota	p	$\frac{kg}{m^3}$
	N	$\frac{kg*n}{s^2}$

d) <u>Násobné a díly</u>

Tera	T	10^{12}
Giga	G	10^{9}
Mega	M	10^{6}
Kilo	K	10^{3}
Hekto	h	10^{2}
Deka	da	10^{1}
Deci	d	10^{-1}
Centi	c	10^{-2}
Mili	m	10^{-3}

- Mikro μ 10^{-6}
  - Nano n 10^{-9}
  - Peta p 10^{-12}

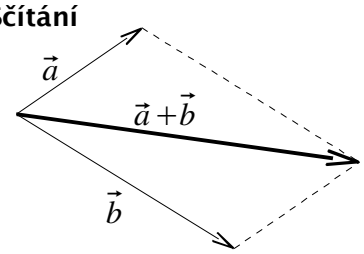
e) <u>Vedlejší</u>
- Čas: minuta, hodiny, den, týden, rok
- Délka: AU, světelný rok
- Hmotnost: atomová

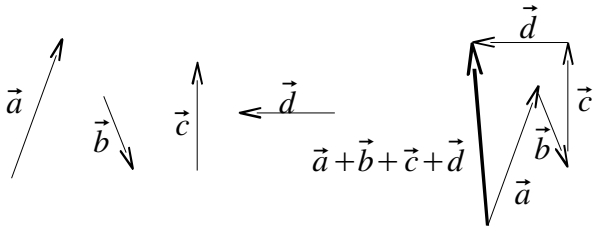
f) <u>Jiné</u>
- Palec, stopa, akr, barel, kůň,yard

Fyz. Veličiny dělíme na *skalární* (tlak, čas, teplota, práce, výkon) a *vektorové* (směr, velikost, sila $\vec{F}$, rychlost $\vec{v}$)

Počítání s vektory

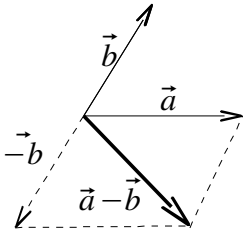
a) Sčítání





b) Odčítání

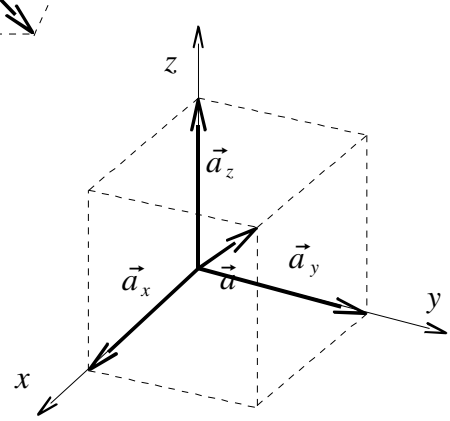
$\vec{a}-\vec{b}=\vec{a}+(-\vec{b})$



c) Rozklad do směrů

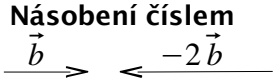
$\vec{a}x$, $\vec{a}y$

$\vec{a}x+\vec{a}y=\vec{a}$



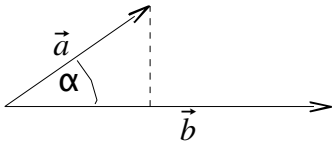
d) <u>Násobení</u>

1. Násobení číslem



2. Vektorů – skalární součiny

$\vec{a}*\vec{b}$



výsledkem je číslo (skalár)

$\cos\alpha=\frac{x}{a}$

$x=a*\cos\alpha$

vektor: $\vec{a}$

délka: a

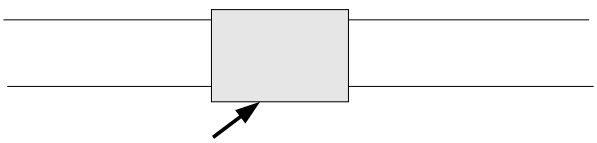
$a=|\vec{a}|$

Definice:

$\vec{a}*\vec{b}=a*b*\cos\alpha$

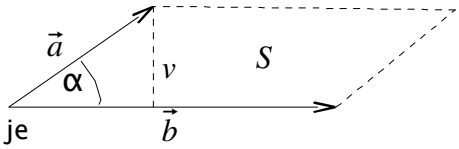
Příklad: $W=\vec{F}*\vec{s}$ – platí pokud $\vec{F}\ II\ \vec{S}$ => $\alpha=0°$ => $\cos 0°=1$ => $W=F*s$

Pokud by byla $\alpha=90°$ pak $\cos\alpha=0$ a tudíž těleso nevykonává žádnou práci.

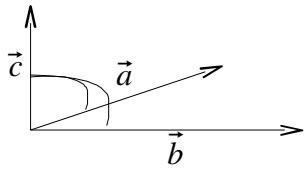


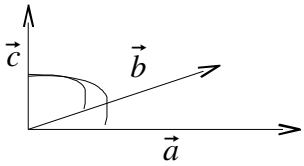
Pokud tedy násobíme dva na sebe kolmé vektory, je výsledek 0.

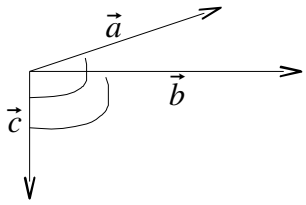
3. **Vektorový součin vektorů ($\vec{a}\times\vec{b}$)**
   Výsledkem je vektor
   $\vec{a}\times\vec{b}=\vec{c}$ $\quad |\vec{c}|=c=b*v=a*b*\sin\alpha$



   Pozn: pokud jsou vektory rovnoběžné (180° a 0°) je výsledek směr $\vec{c}$ kolmý na $\vec{a}$ i $\vec{b}$, orientace toho vektoru se řídí pravidlem pravé ruky:
   Palec ve směru $\vec{a}$, ukazováček ve směru $\vec{b}$ prostředníček ve směru $\vec{c}$







   Z toho vyplývá

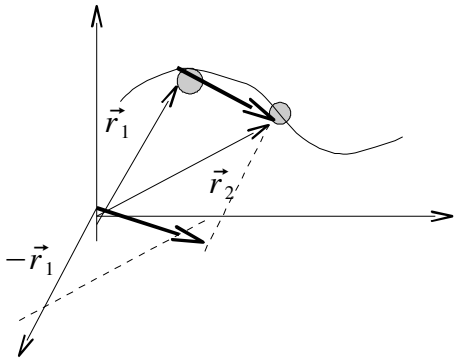
   $\vec{a}\times\vec{b}\neq\vec{b}\times\vec{a}$
   $\vec{a}\times\vec{b}=-(\vec{b}\times\vec{a})$

Mechanika hmotného bodu

Mechanika = nauka o pohybu, dělíme na
Kinematika – popis pohybu (v,s...)
Dynamika – příčiny (proč) pohybu
za počátky mechaniky stojí Galileo Galilei a Isaac Newton.
Hmotný bod – těleso u kterého vypustíme rozměry, tvar atd. Jen hmotnost pokračuje a s ní počítáme. U některých operací nelze (otáčení kolem vlastní osy...)

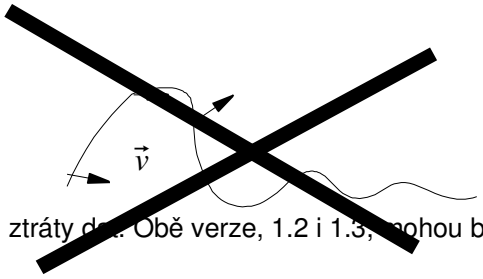
Vztažná soustava

- Soustava vzhledem k níž popisuji daný objekt (hmotný bod)
- Může být zvolena libovolně
- *Neovlivňuje výsledek*
- **Inerciální**
  - soustavy v klidu, nebo v rovnoměrném a přímočarém pohybu, vzhledem k ostatním inerciálním soustavám!
  - Vhodnější (fiktivní síly zde nejsou)
  - Platí v nich Newtonovy pohybové zákony
- **Neinerciální**
  - nerovovnoměrný nebo křivočarý pohyb
  - Jsou složitější díky fiktivním silám
  - Neplatí Newtonovy zákony
- **Polohový vektor**
  - vektor spojující počátek soustavy a hmotný bod
    $\Delta\vec{r}=\vec{r}_2-\vec{r}_1$
    $\vec{r}_2=\vec{r}_1+\Delta\vec{r}$
  - $\Delta\vec{r}$ - popisuje pohyb velmi přesně, pokud budeme volit nekonečně malé intervaly (úseky).
  - Rychlost
    $\vec{v}=\frac{(\Delta\vec{r})}{t}$



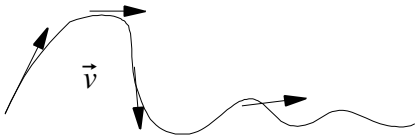
- $\Delta \vec{r}$ je vektor tečný, má stejný směr jako trajekorie

- **Rychlost**
  - $\vec{v} = \frac{(\Delta \vec{r})}{t}$ - počítá se z vektoru, tudíž je vektor
  - $\frac{m}{s} = ms^{-1}$ Jednotka:



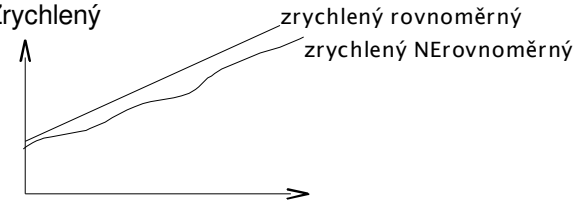
nohem vyšší riziko spadnutí programu i ztráty dat. Obě verze, 1.2 i 1.3, mohou být nainstalovány na stejném počítači.
  - $\Delta \vec{r} = t * \vec{v}$ - násobení vektoru číslem

    => $\Delta \vec{r}$ II $\vec{v}$ => jestliže $\Delta \vec{r}$ je tečna k trajektorii tak i $\vec{v}$ je její tečna
  - Rozdělení pohybu dle rychlosti
    - $v = konstatní$ - rovnoměrný pohyb
    - $v \neq konstatní$ - nerovnoměrný pohyb



  - Rozdělení dle trajektorie
    - trajektorie – přímka => přímočarý
    - trajekotorie není přímka => křivočarý
  - **Okamžitá rychlost –** rychlost jakou by se hmotný bod pohyboval, kdyby byl jeho pohyb od tohoto okamžiku rovnoměrný.
  - Příklad: Vzálenost Brno – Prostějov je 60 km. Cesta tam po dálnici $v_1 = 130\, kmh^{-1}$, cesta zpátky

    $v_2 = 70\, kmh^{-1}$ · $\bar{v} = \frac{(celková\, dráha)}{(celkový\, čas)} = \frac{(120\, km)}{(1{,}318\, hod)} = 90{,}99\, kmh^{-1}$
  - **Pohyb nerovnoměrný** $v \neq konstatní$
    - Zrychlený



    - Zpomalený
  - **Zrychlení - akcelerace**
  - $\vec{a} = \frac{\vec{v}}{t}$
  - $\frac{ms^{-1}}{s} = ms^{-2}$ Jednotka:
  - Příklad 1: Autobus zrychlí z 36 km/h (=10 m/s) na 54 km/h (= 15 m/s), trvalo mu to 0,5 minuty. Určete zrychlení

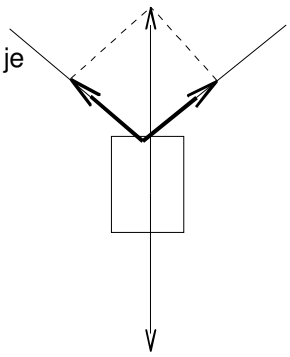
$$a = \frac{(v_2 - v_1)}{t} = \frac{(15-10)}{30} = \frac{1}{6} = 0{,}17\, ms^{-2}$$

  - Příklad 2: Auto jede rychlostí 100 km/h po tři minuty. Jaké je jeho zrychlení

    $a = 0\, ms^{-1}$
  - Příklad 3: Auto brzdí z rychlosti $v_0 = 8\, ms^{-1}$ na $v = 5\, ms^{-1}$ během půl minut. Jaké je zrychlení?

$$a = \frac{(v_0 - v)}{t} = \frac{(5-8)}{30} = \frac{-1}{10} = -0{,}1\, ms^{-2}$$

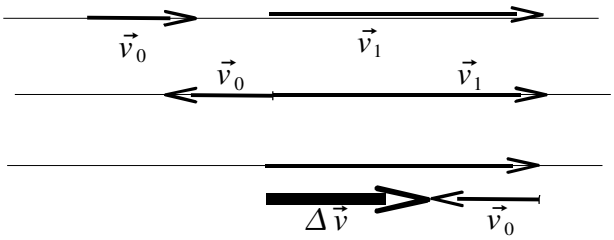
zpomalení – zrychlení je záporné



$$x^2 + x^2 = 100^2$$
$$2x^2 = 100^2$$
$$x^2 = \frac{100}{\sqrt{2}}$$
$$x = 75\, N$$

- **Směr zrychlení:**

Přimočarý: směr $\vec{a}$ je stejný jako směr $\Delta\vec{v}$ => ve směru pohybu $\Delta\vec{v}=\vec{v}_1-\vec{v}_0$



u zpomaleného je to => protisměru pohybu

Příklad: Auto z 5 ms^{-1} na 12 ms^{-1} trvalo to 70 s

$$a=\frac{(\Delta v)}{t}=\frac{7}{70}=0{,}1\,ms^{-2}$$

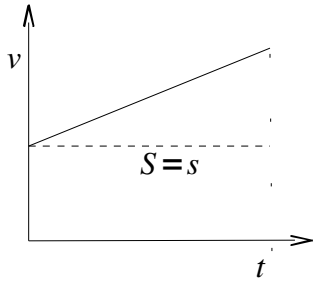
$$s=v_0 t+\frac{1}{2}a t_2$$

$$s=5*70+\frac{(0{,}1*70^2)}{2}$$

$$s=595\,m$$

- **Dráha zrychlení**

Pohyb rovnoměrně zrychlený:



$$S=S_\Delta+S_{obdelnik}$$

$$s=v_0 t+\frac{(t\Delta v)}{2}$$

$$a=\frac{(\Delta v)}{t}$$

$$\Delta v=at$$

$$s=v_0 t+\frac{(at^2)}{2}$$

Příklad:

$v_0=108\,kmh^{-1}$

$s=300\,m$

$t_r=0{,}8\,s$ (reakční doba)

$t=?$ když každou sekundu zpomalí o $10\,kmh^{-1}$

Stihne zastavit před překážkou? Popřípadě v jaké rychlosti do ní narazí?

í 24 m!(s_1) proto ho nemůžeme vynechat

$$s_2=v_0 t+\frac{(at^2)}{2}$$

$$s_2=30*10{,}8+\frac{(-2{,}8*10{,}8^2)}{2}$$

$$s_2=324+(-162)$$

$$s_2=162\,m$$

$$s_1=vt$$

$$s_1=30\,ms^{-1}*0{,}8\,s$$

$$s_1=24\,m$$

$$a=\frac{(\Delta v)}{t}$$

$$a=\frac{(-30\,ms^{-1})}{(10{,}8\,s)}$$

$$a=-2{,}8\,ms^{-2}$$

$$t=\frac{s}{v}$$

$$t=\frac{108}{10}$$

$$t=10{,}8\,s$$

=> Auto stihne dobrzdit před překážkou

$$a=\frac{(\Delta v)}{t}$$

$$0{,}6=\frac{(20-5)}{t}$$

$$t=25\,s$$

$$s=v_0 t+\frac{(at^2)}{2}$$

$$s=5*25+\frac{(0{,}6*25^2)}{2}$$

$$s=125+187{,}5$$

$$s=312{,}5\,m$$

Příklad 2: Za jak dlouho se bude vlak pohybovat rychlostí a jakou dráhu při tom urazí?

$v_0 = 5\,ms^{-1}$

$a = 0{,}6\,ms^{-2}$

- Příklad 3: Střela pronikla do náspu do hloubky 1,4 m. Zpomalila během 0,02 sekundy. Jaká byla její počáteční rychlost?

$s = 1{,}4\,m$

$t = 0{,}02\,s$

$$a = \frac{(\Delta v)}{t}$$

$$a = \frac{(0 - v_0)}{t}$$

$$a = \frac{-v_0}{t}$$

$$s = v_0 t + \frac{(\frac{-v_0}{t} t^2)}{2}$$

$$s = v_0 t + \frac{(-v_0 t)}{2}$$

$$1{,}4 = v_0 * 0{,}02 + \frac{(-v_0 * 0{,}02)}{2}$$

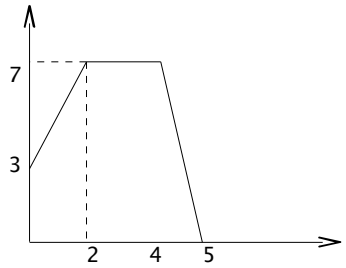
$$1{,}4 = 0{,}02\,v_0 - 0{,}01\,v_0$$

$$1{,}4 = 0{,}01\,v_0$$

$$v_0 = 140\,ms^{-1}$$

Rychlejší počítat pozpátku kdy Δv je rovno koncové rychlosti!

- Příklad 4:



$$s_1 = 3 * 2 + \frac{(2 * 2^2)}{2}$$

$$s_1 = 10\,m$$

$$s_2 = v * t$$

$$s_2 = 7 * 2$$

$$s_2 = 14\,m$$

$$s_3 = 7 * 1 + \frac{(-7 * 1^2)}{2}$$

$$s_3 = 7 + (-3{,}5)$$

$$s_3 = 3{,}5\,m$$

$$s = s_1 + s_2 + s_3$$

$$s = 27{,}5\,m$$

$$v_p = \frac{s}{t}$$

$$v_p = \frac{27{,}5}{5}$$

$$v_p = 5{,}5\,ms^{-1}$$

Volný pád

- pohyb těles (hmotného bodu) v tíhovém poli Zěme (a jiných těles) pokud $v^0 = 0$
- Rovnoměrně zrychlený. Zanedbáme-li odpor vzudchu, padají všechna tělesa *se stejným zrychlením => tíhové zrychlení*.
- $a = 9{,}81\,ms^{-1}$
- Řídí se rovnicemi $v = g * t$ a $s = h = \frac{(g t^2)}{2}$
- Příklad 1: typický příklad: skok z věže

$h = 15\,m$

$v = ?$

$t = ?$

$$h = \frac{(g t^2)}{2}$$

$$t = \frac{\sqrt{2h}}{g}$$

$$t = \frac{\sqrt{(2 * 15)}}{9{,}81}$$

$$t = 1{,}75\,s$$

$$v = g * t$$

$$v = 9{,}81 * 1{,}75$$

$$v = 17{,}1675\,ms^{-1} (62\,\frac{km}{h})$$

Příklad 2: typický příklad: studna

$h = ?$

$t = 5\,s$

$v = 90\,kmh^{-1}$

$$h = \frac{(g t^2)}{2}$$

$$h = \frac{(9{,}81 * 5^2)}{2}$$

$$h = 122{,}625\,m$$

$$v = g * t$$

$$t = \frac{v}{g}$$

$$t = \frac{25}{9{,}81}$$

$$t = 2{,}5\,s$$

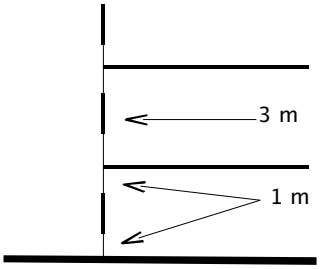
$$h = \frac{(g t^2)}{2}$$

$$h = \frac{(9{,}81 * 2{,}5^2)}{2}$$

$$h = 31{,}86\,m$$

Příklad 3: Náraz do překážky, spíš pád ze skály (počítáme její výšků)

Příklad 4: okno v ředitelně (jak dlouho před ním poletí hmotný bod)



Pro t = 2 s

$$t=\sqrt{(\frac{2h}{g})}$$

$$t=\sqrt{(\frac{4}{10})}$$

$$t=0{,}63\,s$$

Pro t = 5 s

$$t=\sqrt{(\frac{2h}{g})}$$

$$t=\sqrt{(\frac{10}{10})}$$

$$t=1\,s$$

před ředitelnou

$$t=1-0{,}63$$

$$t=0{,}37\,s$$

Příklad 5: Jakou dráhu urazí těleso během 3. !!! sekundy?

$$s=\frac{(g\,t_2)}{2}$$

Pro t = 2 s

$$s=\frac{(g\,t^2)}{2}$$

$$s=\frac{(10*2^2)}{2}$$

$$s=20\,m$$

Pro t = 3 s

$$s=\frac{(g\,t^2)}{2}$$

$$s=\frac{(10*3^2)}{2}$$

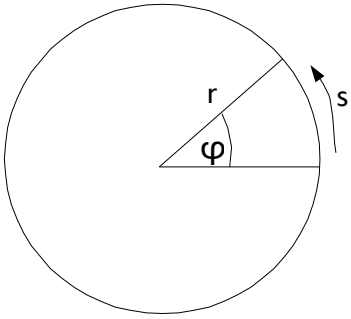
$$s=45\,m$$

Rozdíl

$$s=25\,m$$

Kinematika křivočarého pohybu

Rovnoměrný pohyb po kružnici



$\phi = polohový\,úhel\,(radiány\,nebo\,stupně)$

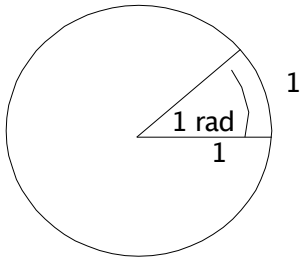
Délka oblouku:

$$s=\frac{(2\pi r)}{360}*\phi$$ ve stupních

$$s=\frac{(2\pi r)}{(\pi r)}*\phi$$

$$s=r*\phi$$ v radiánech

1 rad = 57 ° (přibližně), do celé kružnice se vejde 6,28.. krát => 2π



Příklad: převeďte
20 ° = 0,35 rad

$$\pi\,rad=180\,°$$

2 rad = 114,59 °

Obvodová rychlost

Normální rychlost definovaná vztahem $v=\frac{s}{t}$

Úhlová rychlost

$$\omega=\frac{\phi}{t} \quad [\frac{rad}{s}]=[s^{-1}]$$

3 rad za 1 s = 171 ° za 1 s

Perioda – Doba trvání jednoho oběhu

$$T\,[s]$$

Frekvence – Počet oblouků za 1 s (kolikrát za 1 s)

$$f\,[s^{-1}]=[Hz]$$

$$T=\frac{1}{f}$$

Příklad 1:

$\omega = 3\,s^{-1}$
$T = ?$
$f = ?$

$\omega = \frac{\phi}{T}$
$\phi = 2\pi$
$T = \frac{1}{f}$
$\omega = \frac{(2\pi)}{(\frac{1}{f})}$
$\omega = 2\pi f$

$f = \frac{\omega}{(2\pi)}$
$f = \frac{3}{6{,}28}$
$f = 0{,}47\,Hz$

$T = \frac{1}{f}$
$T = 2{,}13\,s$

Příklad 2:

$\omega = 3\,s^{-1}$
$r = 0{,}5\,m$
$v = ?$

$v = \frac{s}{t}$
$v = \frac{r\phi}{t}$ $\omega = \frac{\phi}{t}$
$v = r\omega$

$v = r\omega$
$v = 1{,}5\,ms^{-1}$

Příklad 3: Vteřinová ručička je dlouhá 2 cm. Spočti úhlovou a obvodovou rychlost.

Úhlová rychlost	Obvodová rychlost	Úhlová rychlost	Obvodová rychlost
$\omega = \frac{\phi}{T}$	$v = r\omega$	$\omega = \frac{\phi}{T}$	$v = r\omega$
$\omega = \frac{(2\pi)}{(1\,min)}$	$v = 2 * 0{,}1047$	$\omega = \frac{(2\pi)}{(24\,hod)}$	$v = 6378 * 10^3 * \omega$
$\omega = 0{,}1047\,s^{-1}$	$v = 0{,}2094\,cms^{-1}$	$\omega = 0{,}000072722\,s^{-1}$	$v = 463{,}82\,ms^{-1}$

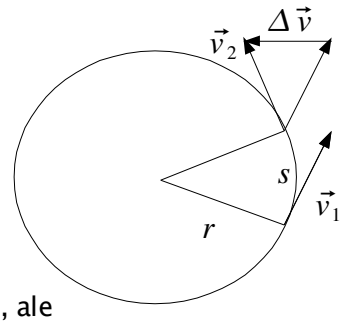
Příklad 4:

$v = 72\,kmh^{-1}$
$r = 0{,}5\,m$
$f = ?$

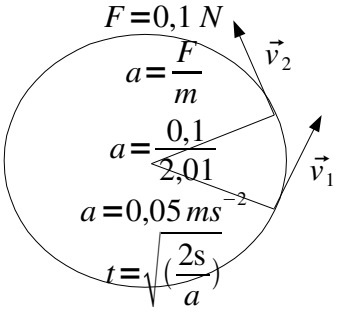
$\omega = \frac{\phi}{T}$
$\omega = 2\pi f$
$f = \frac{\omega}{(2\pi)}$
$v = r\omega$
$\omega = \frac{v}{r}$
$f = \frac{\frac{v}{r}}{(2\pi)}$
$f = \frac{v}{(2\pi r)}$

$f = \frac{v}{(2\pi r)}$
$f = \frac{20}{(2 * 3{,}14 * 0{,}5)}$
$f = \frac{20}{3{,}14}$
$f = 6{,}37\,Hz$

$T = \frac{1}{f}$
$T = \frac{1}{6{,}37}$
$T = 0{,}16\,s$



Zrychlení



$F = 0{,}1\,N$
$a = \frac{F}{m}$
$a = \frac{0{,}1}{2{,}01}$
$a = 0{,}05\,ms^{-2}$
$t = \sqrt{(\frac{2s}{a})}$
$t = 7{,}77\,s$

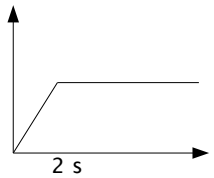
a)
$\Delta v = 0$
$\vec{a} = \frac{(\Delta\vec{v})}{t}$
$\Delta\vec{v} \neq 0$

Mění se směr vektoru rychlosti, ale rychlost zůstává. Rovnoměrný pohyb po kružnici je pohyb *se* zrychlením!
Směr: stejný jako $\Delta\vec{v}$ ten míří na střed
Velikost:

$\frac{v_1}{r} = \frac{(\Delta\vec{v})}{s}$
$v = \frac{(v_1 s)}{r}$

$a = \frac{v}{t} = \frac{\frac{(v_1 s)}{r}}{t} = \frac{v * s}{(r * t)} = \frac{v^2}{r}$

Moucha po dvou sekudnách odletí.



$$a=\frac{(\Delta v)}{t}$$

$$\Delta v=a\,t$$

$$\Delta v=0{,}1\,ms^{-1}$$

Konečná rychlost

$$s_1=\frac{1}{2}at^2$$

$$s_1=\frac{(0{,}05*4)}{2}$$

$$s_1=0{,}1\,m$$

$$t=\frac{s}{v}$$

$$t=\frac{1{,}4}{0{,}1}$$

$$t=14\,s$$

Zbývající dráha

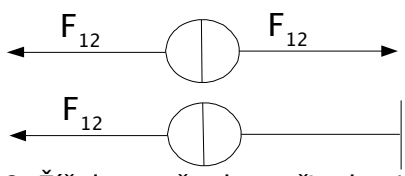
$$t=14+2=16\,s$$

III. Newtonův zákon

Zákon vzájemného silového působení

Definice: Jesliže jedno těleso působí na druhé silou F, pak i druhé těleso působí na první těleso silou F, která je stejně velká, opačně orientovaná. Síly vznikají a zanikají současně.

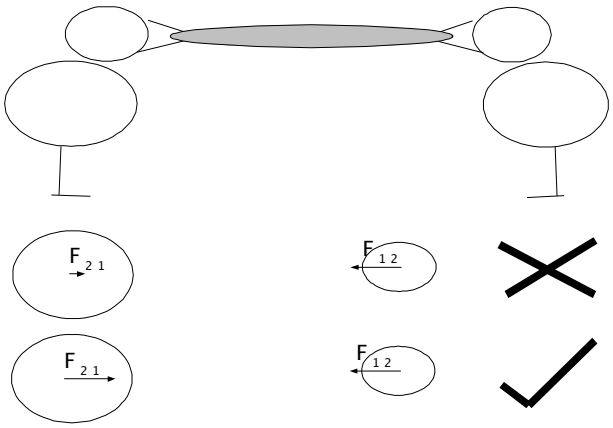
<u>Příklad 1:</u> Kolik koní bude potřeba, aby vyvinuli na těleso stejnou sílu když bude připevněno ke stromu?



12 ? 24 ?

Bude potřeba jen 12 koní!

<u>Příklad 2:</u> Žížala se přetrhne při tahu 1,5 N. Kuře je schopno vyvinout sílu 1 N.



Když budou tahat jako na obrázku, přetrhnou ji? Ne, což jsme si taky dokázali. Na žížalu působí jen 1N! Mohli by ji přetrhnout byla by obě kuřata tahala za jeden konec a druhý byl k něčemu připevněn.

<u>Příklad 3:</u> Jaká síla působí mezi tělesy.

$$-F_{(12)}=F_{(21)}$$

<u>Pozn:</u> Když padáme zpět na Zemi, země se posune o dost málo, přibližně velikost atomu.

Zákon zachování hybnosti

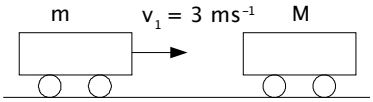
V izolované soustavě, tzn. tam, kde nezasahují vnější síly.

$$\frac{-(\Delta \vec{P}_2)}{t}=\frac{(\Delta \vec{P}_1)}{t}$$

Celková hybnost na začátku je rovna celkové hybnosti na konci!

$$\Delta \vec{P}_2=\Delta \vec{P}_1$$
$$-(\vec{P}_{2K}-\vec{P}_{2Z})=\vec{P}_{1K}-\vec{P}_{1Z}$$
$$-\vec{P}_{2K}+\vec{P}_{2Z}=\vec{P}_{1K}-\vec{P}_{1Z}$$
$$\vec{P}_{2Z}+\vec{P}_{1Z}=\vec{P}_{2K}+\vec{P}_{1K}$$

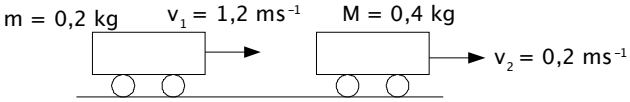
<u>Příklad 1:</u>



a) Po srážce se „zaháknou“ a pojedou dále spolu. m = M = 0,5 kg

$$P_1=mv_1=1{,}5\,kg\,ms^{-1}$$
$$P_2=mv_2=0\,kg\,ms^{-1}$$

b) Po srážce se „zaháknou“ a pojedou dále spolu. Viz. obrázek



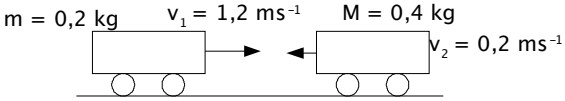
Před srážkou:

$$P_1=mv_1=0{,}24\,kg\,ms^{-1}$$
$$P_2=Mv_2=0{,}08\,kg\,ms^{-1}$$

Po srážce

$$p=(M+m)*V$$
$$V=\frac{p}{(M+m)}$$
$$V=\frac{0{,}32}{0{,}6}=0{,}53\,ms^{-1}$$

c) Po srážce se „zaháknou“ a pojedou dále spolu. Viz obrázek



Před srážkou:

$$P_1=mv_1=0{,}24\,kg\,ms^{-1}$$
$$P_2=Mv_2=-0{,}08\,kg\,ms^{-1}$$

Po srážce:

$$p=(M+m)*V$$
$$V=\frac{p}{(M+m)}$$
$$V=\frac{0{,}16}{0{,}6}=0{,}26\,ms^{-1}$$

<u>Příklad 2:</u> Samopal

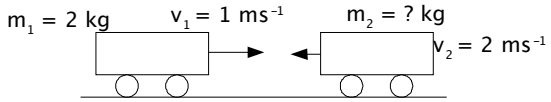
$$m_s=12{,}7\,g=0{,}0127\,kg$$
$$v_s=715\,ms^{-1}$$
$$m_{(AK-47)}=4{,}88\,kg$$

Před výstřelem je hybnost nulová => po výstřelu je taky nulová!

$$p_s=m_s*v_s=0{,}0127*715=9{,}0805\,kgms-1$$
$$p_p=m_p*v_p=10*v_p$$
$$p_s=p_p$$
$$m_p*v_p=m_s*v_s$$
$$v_p=\frac{(m_s*v_s)}{m_p}$$
$$v_p=\frac{9{,}0805}{4{,}88}$$
$$v_p=1{,}86\,ms^{-1}$$

<u>Pozn:</u> Těžiště dvou těles (společné těžiště) se nemůže vnitřními silami jakkoli změnit! (tzn. před i po srážce zůstává stejné.

Příklad 3: Opakování. Po srážce budou pokračovat spolu směrem doleva.



Před srážkou

$$p_1 = m_1 * v_1 \qquad p_2 = m_2 * v_2$$
$$p_1 = 2 * 1 \qquad p_2 = m_2 * (-2)$$
$$p_1 = 2\,kg\,ms^{-1} \qquad p_2 = -2\,m_2$$

Celková hybnost před srážkou

$$p_0 = p_1 + p_2$$
$$p_0 = 2 - 2\,m_2$$

Celková hybnost po srážce

$$p_p = (m_1 + m_2) * V$$
$$p_p = (2 + m_2) * (-0,5)$$

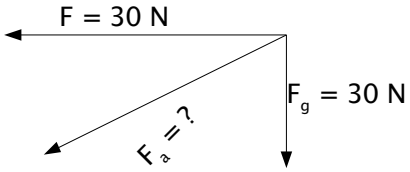
Finále

$$p_0 = p_p$$
$$2 - 2\,m_2 = -1 - 0,5\,m_2$$
$$1,5\,m_2 = 3$$
$$m_2 = 2\,kg$$

Příklad 4: Opakování. Těleso váží 4 kilogramy a působí na něj síla 30 N ve vodorovném směru.

1. Zakreslete všechny síly působící na těleso

$$c_2 = 30_2 + 40_2$$
$$c_2 = 900 + 1600$$
$$c = \sqrt{2500}$$
$$c = 50$$
$$F_a = 50N$$



2. Zrychlení

$$F = ma$$
$$v_0 = 10\,ms^{-1} \qquad a = \frac{F}{m}$$
$$v = 30\,ms^{-1} \qquad a = \frac{50}{4}$$
$$t = ? \qquad a = 12,5\,ms^{-1}$$

3. Na počátku rychlost 10 ms^{-1} ve směru F_a

$$v = v_0 + a\,t$$
$$v_0 = 10\,ms^{-1} \qquad t = \left(v - \frac{v_0}{a}\right)$$
$$v = 30\,ms^{-1} \qquad t = \frac{20}{12,5}$$
$$t = ? \qquad t = 1,6\,s$$

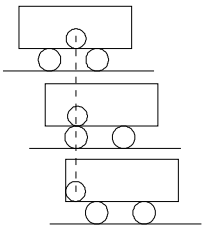
Fiktivní síly

V neinerciálních vztažných soustavách.

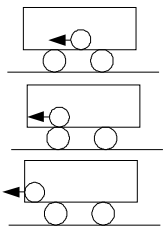
Setrvačná síla

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

Z pohledu „zvenku“



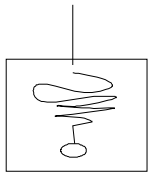
Z pohledu „zevnitř“



Kulička se dala do pohybu, protože na ni působila „síla“. „Setrvačná síla“

Příklad 1: Jaká síla působí na kuličku 5 kg, jestliže:

1. Výtah je v klidu
   $F=F_g=50N$
2. Jede nahoru se zrychlením 2 ms^{-2}
   $F=F_g+F_s=50+10=60N$
3. Jede stálou rychlostí 5 ms^{-1}
   $F=F_g=50N$
4. Zpomalení a=3 ms^{-1}
   $F=F_g-F_s=50-15=35N$
5. Rozjíždí se směrem dolů, a = g
   $F=F_g-F_s=mg-ma=0N$



Třecí síla

Není fiktivní síla. Je způsobená nerovností povrchu

Závisí na:

- Přítlačné síle tělesa na podložku. Tzn. na vodorovné ploše F_g.
- Na materiálu

Nezávisí:

- Rychlosti (...)
- Ploše (…)

$F_T=F_g*f$

f – součin smykového tření, bez jednotky.

$f>0$ – zpravidla $f\in(0;0,3)$. Pokud je $f=0$ pak říkáme, že „tření zanedbáváme.“

Příklad 1:

$m=100kg$

$F_T=80N$

Tlačíme silou $90N$

a) Jakým způsobem se bude pohybovat?
   Bude se pohybovat se zrychlením, protože $F_v\neq 0$.
b) S jakým zrychlením
   $F_v=10N$
   $F=a*m$
   $a=\frac{F_v}{m}$
   $a=\frac{10}{100}$
   $a=0,1ms^{-2}$
c) Určete velikost smykového tření
   $f=\frac{F_v}{F_g}$
   $f=\frac{80}{1000}$
   $f=0,08$

Příklad 2:

$m=100kg$

a) $f=0$ s jakým zrychlením?

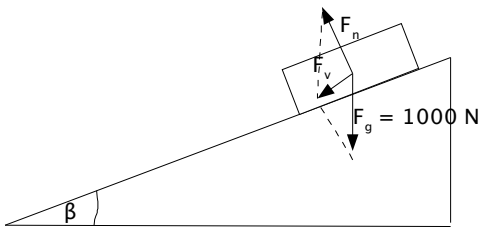
$\sin\beta=\frac{F_v}{F_g}$ $F_v=F_g*\sin\beta$

$F_v=m*a$

$a=\frac{F_v}{m}=\frac{(F_g\sin\beta)}{m}$ $a=g*\sin\beta$

$a=5ms^{-2}$

$a=\frac{(mg\sin\beta)}{m}=g*\sin\beta$



Práce

Mechanická práce

Jednotka: $[J]oule$

Vzorec: $W=F*s*\cos\alpha$

<u>Pro</u> $\alpha=0°$ <u>:</u>

$\cos 0°=1 \Rightarrow W=F*s$

<u>Pro</u> $\alpha\neq 0°$ <u>:</u>

$\cos\alpha=\frac{F_{II}}{F}$

$F_{II}=F*\cos\alpha \Rightarrow W=F_{II}*s$

<u>Pro</u> $\alpha=90°$ <u>:</u>

$\cos 90°=0 \Rightarrow W=0$

Energie

Schopnost konat práci. (Jiný druh práce)

Jednotka: $[J]oule$

1. Pokud má určitou rychlost – **Kinetická**

   $E_k=W=F*s=mas$

   $E_k=ma\frac{1}{2}at^2=\frac{1}{2}m(at)^2$ platí pouze pokud je počáteční rychlost 0!

   $E_k=\frac{m*v^2}{2}$

2. Pokud je v určité výšce – **Potencionální (pohybová)**

   $E_p=W=F*s=F_g*s=mgh$

   $E_p=mgh$

<u>Příklad 1:</u> Určete E_k a E_p pro $h=20m$ a $m=5kg$

a) Na začátku

   $E_k=0J$

   $E_p=mgh=5*10*20=1000J$

b) Těsně před dopadem

   $E_p=0J$

   $h=\frac{g*t^2}{2}$

   $t=\sqrt{(\frac{2*h}{g})}$

   $v=g*t$

   $v=20ms^{-1}$

   $E_k=\frac{m*v^2}{2}$

   $E_k=\frac{1}{2}*5*400$

   $E_k=1000J$

c) V čase 1 sekunda

   $v=g*t$

   $v=10ms^{-1}$

   $E_k=\frac{m*v^2}{2}$

   $E_k=\frac{1}{2}*5*100$

   $E_k=250J$

   $s=\frac{1}{2}qt^2$

   $s=5m$

   $20-5=15$

   $E_p=mgh$

   $E_p=5*10*15$

   $E_p=750J$

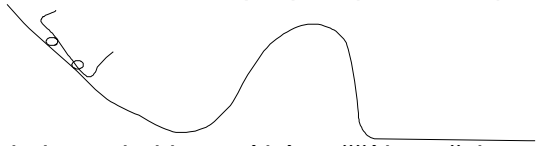
Zákon zachovánií energie

Příklad 1: Kulička z výšky 20 metrů.

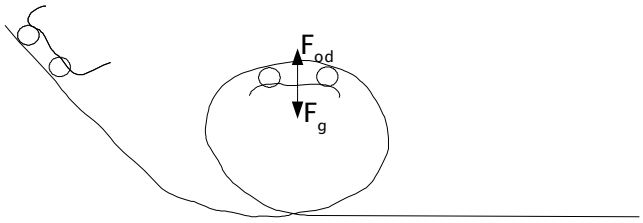
1. Rychlost na konci letu
   1. Začátek
      $$E=E_p+E_k=mgh+0$$
   2. Konec
      $$E=E_p+E_k=0+\frac{mv^2}{2}$$
   3. Go!
      $$E_{poč}=E_{kon}$$
      $$mgh=\frac{mv^2}{2} \qquad v=\sqrt{(2gh)}$$
      $$v=20ms^{-1}$$
      $$v=\sqrt{(2gh)}$$
2. Rychlost v polovině letu (dle výšky)
   1. Začátek
      $$E=E_p+E_k=mgh+0$$
   2. Půlka letu
      $$E=E_p+E_k=mg\frac{h}{2}+\frac{mv^2}{2}$$
   3. Go!
      $$mgh=mg\frac{h}{2}+\frac{1}{2}mv^2$$
      $$\frac{1}{2}mgh=\frac{1}{2}mv^2$$
      $$v=\sqrt{(gh)}$$
      $$v=14,1ms^{-1}$$

Příklad 2: Jaká musí být výška prvního kopečku pro projetí druhého kopečku?

Stejně velká!

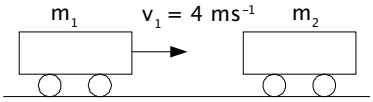


Příklad 3: O kolik musí být vyšší kopeček oproti točně?



$$F_{od}=F_g \qquad mgH+0=mgh+\frac{1}{2}mv^2$$
$$m\frac{v^2}{r}=mg \qquad mgH=m(gh+\frac{1}{2}rg)$$
$$\frac{v^2}{r}=g \qquad gH=g(h+\frac{1}{2}r)$$
$$v=\sqrt{rg} \qquad H=h+\frac{1}{2}r$$

Příklad 4:



$$m_1=m_2=3kg$$

a) Po srážce se zaháknou, jaká je jejich společná rychlost?

$$p=3*4+3*0=12\,kgms^{-1}$$
$$V=\frac{p}{(m_1+m^2)}$$
$$V=\frac{12}{6}$$
$$V=2\,ms^{-1}$$

b) Ověřte, zda platí zákon zachování energie

$$E_k=\frac{m*v^2}{2}$$

1. První vozík

$$E_k = \frac{3*4^2}{2}$$

$$E_k = 24\,J$$

2. Druhý vozík

$$E_k = \frac{3*0^2}{2}$$

$$E_k = 0\,J$$

3. Dvojvozík na začátku

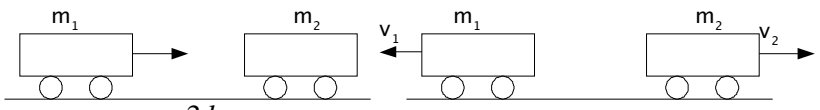
$$E_k = 24 + 0 = 24\,J$$

4. Výsledný dvojvozík

$E_k = \frac{6*2^2}{2} = 12\,J$ => Energie se nezachovala. Toto je dokonale nepružná srážka, platí jen zákon zachování hybnosti.

c) Vozíky se odrazí.

Před Po



$$m_1 = m_2 = 3\,kg$$

$$v_{01} = 4\,ms^{-1}$$

$$v_{02} = 0\,ms^{-1}$$

ZZH:

$$p_0 = p$$

$$p_{01} + p_{02} = p_1 + p_2$$

$$m_1 * v_{01} + m_2 * v_{02} = m_1 * v_1 + m_2 * v_2$$

$$3*4 + 3*0 = 3(-v_1) + 3v_2$$

$$4 = v_2 - v_1$$

ZZE:

$$E_0 = E$$

$$\frac{3*4^2}{2} + \frac{3*0^2}{2} = \frac{3*v_1^2}{2} + \frac{v_2^2}{2}$$

$$16 = v_1^2 + v_2^2$$

GO:

$$4 = v_2 - v_1 \qquad 16 = v_1^2 + (v_1+4)^2$$

$$16 = v_1^2 + v_2^2 \qquad 16 = v_1^2 + v_1^2 + 8v_1 + 16$$

$$0 = 2v_1^2 + 8v_1$$

$$0 = v_1(v_1 + 4)$$

=>

$$v_1 = -4\,ms^{-1}$$

$$v_2 = v_1 + 4 = 0$$

=> začátek

=> konec

$$v_1 = 0\,ms^{-1}$$

$$v_2 = v_1 + 4 = 4\,ms^{-1}$$

<u>Příklad</u> 5: Balistické kyvadlo, určete počáteční rychlost střely.

$m = 5\,g$

$v = ?\,ms^{-1}$

$M = 3\,kg$

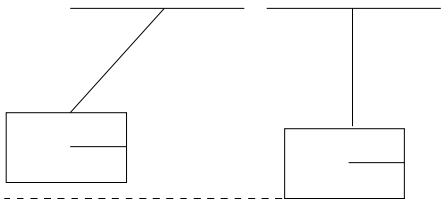
1. Využijeme ZZE

$$\frac{(m+M)*v^2}{2} = hg(m+M)$$

$$v = \sqrt{2hg}$$ (rychlost kyvadla)

$$v = \sqrt{(2*0,1*10)}$$

$$v = 1,41\,ms^{-1}$$



2. Využijeme ZZH

$$P_0 = P$$
$$m * v = (m + M) * v$$
$$v = \frac{(m + M) * V}{m}$$
$$v = \frac{3,005 * 1,41}{0,005}$$
$$v = 847,41 ms^{-1}$$

<u>Příklad 6</u>: Elektrárna, výpočet výšky přepadu.

$$Q = 670 \frac{m^3}{s}$$
$$P = 100 MW$$
$$\eta = 90$$

$$\eta = \frac{P}{P_0}$$
$$P_0 = \frac{P}{\eta}$$
$$P_0 = 111 MW$$

$$E_p = mgh$$
$$h = \frac{E_p}{mg}$$
$$h = \frac{111000000}{(670000 * 10)}$$
$$h = 16,6 m$$

Gravitační pole

Gravitační síla – působí mezi každými hmotnými tělesy. Závisí na:

- Hmotnosti
- Vzdálenosti

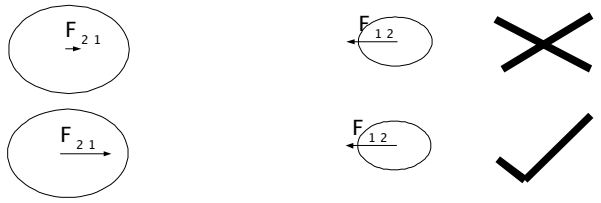
$$F_g = \kappa \frac{m_1 * m_2}{r_2} \qquad [N m_2 k g_{-2}]$$

Gravitační konstanta: $\kappa = 6,67*10^{-11}$

<u>Příklad 1:</u> Mezi dvěma tělesy působí $F_g = 10N$. Určete jaká bude velikost gravitační síly jestliže:

a) Vzdálenost zvětšíme dvakrát?
   2,5 N (klesá kvadraticky)
b) Hmotnost jednoho tělesa zvětšíme dvakrát?
   Síla se zvětší 2X.

<u>Příklad 2:</u>



<u>Příklad 3:</u> Jakou silou působí Měsíc na 1 l mořské vody.

$$\rho_{(H_2O)} = 1030 \frac{kg}{m^3} \quad => \quad m = 1,03 kg$$

$$M = 7,35*10^{22} kg$$

$$r = 384400 km$$

$$F_g = \kappa \frac{m_1 * m_2}{r_2}$$

$$F_g = \frac{6,67*10^{-11}*(1,03*7,35*10^{22})}{384400000^2}$$

$$F_g = 3,41*10^5$$

<u>Příklad 4:</u> Určete velikost gravitační síly na 50 kg těleso ležící na Zemi.

$$\kappa = 6,67*10^{-11}$$

$$F_g = \kappa \frac{m_1 * m_2}{r_2}$$

$$F_g = \frac{6,67*10^{-11}*(50*6*10^{24})}{6378000}$$ Těleso je na povrchu Země proto můžeme použít tíhovou sílu...

$$F_g = 492N$$

$$F = m*g$$

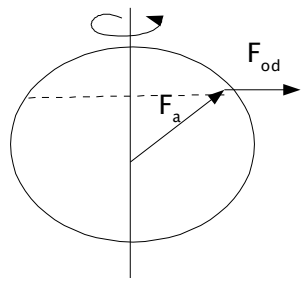
$$F = 50*9,81$$ Ovšem už kousek nad zemským povrchem tento vzorec použít nemůžeme.

$$F = 492N$$

Pozn: Gravitační síla působí vždy do středu Země. Tíhová síla: výslednice všech sil, které působí na těleso.

Odstředivá síla

<u>Příklad 5:</u> Určete velikost odstředivé síly působící na 50 kg těleso na rovníku.



$$F_{od} = \frac{mv^2}{r}$$

$$F_{od} = \frac{50*463,82^2}{6378000}$$

$$F_{od} = 1,68N$$

Příklad 6: Na 50° rovnoběžce.

$$v=\frac{(2\pi R\sin 40°)}{86400} \qquad F_{\omega}=\frac{50*298^2}{(6378000*\sin 40°)}$$

$$v=298\,ms^{-1} \qquad F_{\omega}=1,1N$$

Intenzita gravitačního pole

$$\vec{K}=\frac{\vec{F}_a}{m}$$

$$\vec{K}=\kappa\frac{m_2}{r^2} \qquad [N*kg^{-1}]$$

Příklad 1: Určete K na povrchu Země.

$$K=9{,}81\,Nkg^{-1}=g$$

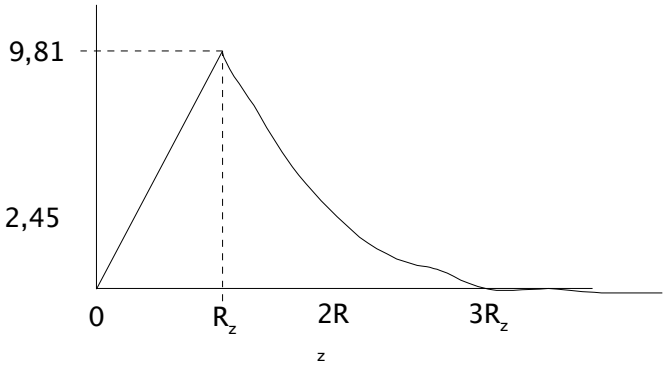
Příklad 2: Určete K ve výšce 200 km na Zemí.

$$K=\kappa\frac{m_2}{r^2}$$

$$K=6{,}67*10^{-11}\frac{6*10^{24}}{6578000}$$

$$K=9{,}25\,Nkg^{-1}$$

Ve středu země je to 0!!! Ve středu Země nepůsobí žádné síly.



Příklad 3: Určete v jaké vzdálenosti bude $K=\frac{1}{100}g$ (g – gravitační konstanta).

1. V $\frac{1}{100}R_z=63{,}78\,km$ od jádra
2. V $10R_z=63780\,km$ od jádra (hmotného bodu)

Typy gravitačního pole

- Homogenní – K je v každém místě stejné (je to vektor => velikost i směr), přibližně v malých objektech na povrchu Země.
- Radiální – K míří vždy do jednoho místa, velikost klesá s druhou mocninou vzdálenosti od tohoto místa, například okolí Země.

Pohyby těles v gravitačním poli

1. V homogenním gravitačním poli
   F_g působí kolmo dolů (ve směru osy y)
   - Pohyb ve směru osy x: nepůsobí žádná síla, v_x je konstatní
   - Pohyb ve směru osy y: rovnoměrně zrychlený, zpomalený
   - Vrhy
   - Trajektorií je parabola, i když nám se zdá jako úsečka.
2. V radiálním gravitačním poli

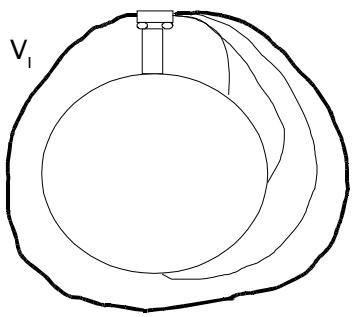
Příklad 1: Určete v_I – tedy první kosmickou rychlost.

$$F_D=F_G$$

$$m*a_D=\frac{\kappa*M*m}{r^2}$$

$$\frac{v_2}{r}=\frac{\kappa*M}{r^2} \qquad V_I=7,9\,kms^{-1}$$ na povrchu!

$$v_I=\sqrt{\left(\frac{\kappa*M_Z}{r_Z}\right)}$$



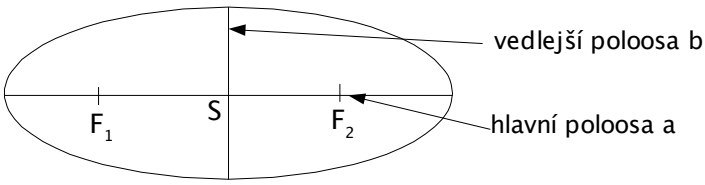
Příklad 2: Určete dobu obletu na povrchu.

$$t = \frac{2*\pi*r}{v_I}$$

$$t = \frac{2*3,14*6378}{7,9}$$

$$t = 84,5 minuty$$

Ve větší výšce je v_I menší => delší dráha => menší rychlost => výrazně pomaleji. Pokud je délka oběhu 24 hodin pak ji nazýváme **geostacionární**. (stojí nad jedním místem)
Kružnice – množina bodů se stejným vzdáleností od středu.
Elipsa – množina bodů se stejným součtem vzdáleností od dvou bodů (ohnisek). Pokud bychom si chtěli na zahrádce udělat elipsu, použijeme dva kolíky, které umístíme tak aby mezi nimi zbyl volný provázek, tím pak opíšeme elipsu.



Vzdálenost $|SF_1|$ je excentricita (= výstřednost)

Při rychlosti $v > v_I$ se z dráhy stává elipsa, Země leží v bližším ohnisku. Zvětšování rychlosti vede ke zvětšování poloos.

v_{II} – druhá kosmická rychlost = parabolická rychlost. Rychlost potřebná pro opuštění gravitačního pole Země.

$$v_{II} = \sqrt{2} * v_I$$

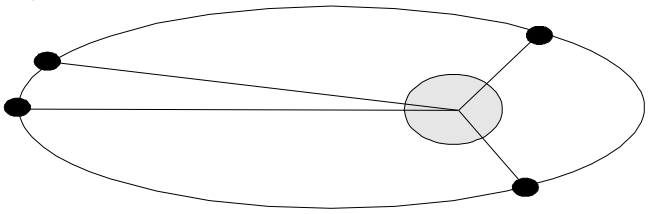
$$v_{II} = 11,17 kms^{-1}$$

v_{III} – třetí kosmická rychlost – rychlost potřebná k opuštění sluneční soustavy.

Keplerovy zákony

Nevymyslel je Kepler, ten je pouze zobecnil (ostatně ani Pythagoras neobjevil Pythagorovu větu, Newton Newtonovy zákony atd.)
Zákony popisují pohyb těles ve sluneční soustavě, avšak platí pro jakékoliv těleso v radiálním gravitačním poli.

1. Planety obíhají kolem slunce po elipse s malou výstředností nebo přibližné kružnici. Slunce leží v jejich společném ohnisku.
2. Plocha opsaná průvodičem planety za jednotku času je konstantní (Plošná rychlost je konstantní)



3. Podíl 3 mocnin hlavních poloos a druhých mocnin period je konstantní.

$$\frac{a^3}{T^2} = konst$$

$$\frac{a_1^3}{T_1^2} = \frac{a_2^3}{T_2^2}$$

<u>Pozn:</u> Platí pro jakoukoliv dvojici objektů obíhající kolem stejného tělesa. Používáme AU (astronomické jednotky, což je střední vzdálenost od slunce ~150 mil. km)
<u>Příklad 1:</u> Merkur obíhá v 0,39 AU. Určete T_M = ?
Země:

$$a_Z = 1 AU$$

$$T_Z = 365 dní$$

$$\frac{a_M^3}{T_M^2}=\frac{a_Z^3}{T_Z^2}$$

$$\frac{0,059319}{T_M^2}=\frac{1}{133225}$$

$$T_M=\sqrt{(0,059319*133225)}$$

$$T_M=88,9dne$$

<u>Příklad 1:</u> Určete vzdálenost Jupiteru od Slunce.

$T_J=11,9let$

$$\frac{a_Z^3}{T_Z^2}=\frac{a_J^3}{T_J^2}$$

$$a_J=\sqrt[3]{(\frac{1}{1}*141,61)}$$

$$a_J=5,21AU$$

<u>Příklad 2:</u> Spočítejte v jaké výšce obíhají geostacionární družice.

$T_D=1den \quad T_M=29den$

$a_D=? \quad a_M=384000$

$$\frac{a_D^3}{T_D^2}=\frac{a_M^3}{T_M^2}$$

$$a_D=\sqrt[3]{(\frac{a_M^3}{T_M^2}*T_D^2)}$$

$$a_D=40681,7km$$

<u>Příklad 3:</u> Hayleova kometa

$T_H=76,9let \quad T_Z=1rok$

$a_{(Hmin)}=0,59AU \quad a_Z=1AU$

$a_{(Hmax)}=?AU$

$$a=\sqrt[3]{76,1^2}$$

$$a=17,9AU$$

To je pouze hlavní poloosa proto: $a_{(Hmax)}=17*2-0,59=35,3AU$

<u>Příklad 4:</u> Za jak dlouho by Země spadla na slunce, když by se namístě zastavila. (Tzn. Země se pohybuje po hodně zploštělé elipse)

$a_P=0,5AU$

$T_P=\sqrt{0,5^3}$ To je celý oběh... my potřebujeme půlku.

$T_P=0,35roku$

$\rightarrow 0,175roku \rightarrow 64dní$

Elektrostatika – Elektrostatické pole

Elektrický náboj

Náboj dělíme na dva typy kladný a záporný.
Opačné náboje se přitahují, stejné se odpuzují.
Náboj nelze vytvořit ani zničit, platí na něj zákon zachování energie.
Náboj nelze libovolně dělit => vyskytuje se v násobcích elementárního náboje.
Značka Q
Jednotka 1 C (oulomb)

Coulombův zákon

$$F_e = k\frac{Q_1 * Q_2}{r^2}$$

$$k = \frac{1}{(4\pi\epsilon)}$$ ϵ_0 – permitivita vakua je $\epsilon_0 = 8,85*10^{-12} F*m^{-1}$

$$k_0 = 9*10^{-9}$$

<u>Příklad 1:</u>

$$m_e = 9,1*10^{-31} kg$$
$$e = 1{,}602*10^{-19} C$$
$$r = 10^{-10} m$$

a) Určete velikost velikost elektrostatické síly mezi dvěma elektrony.

$$F_e = k\frac{Q_1 * Q_2}{r^2}$$

$$F_e = \frac{9*10^{-9}*1{,}602*10^{-19}*1{,}602*10^{-19}}{((10^{-10})^2)}$$

$$F_e = 23*10^{-8} N$$

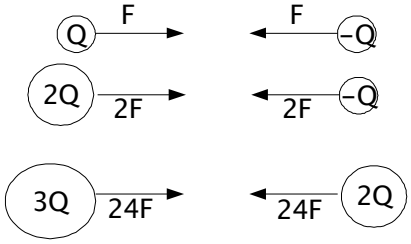
b) Jak velká je gravitační síla mezi elektrony

$$F_g = \kappa\frac{m_1 * m_2}{r_2}$$

$$F_g = \frac{6,67*10^{-11}*(9,1*10^{-31})^2}{10^{-20}}$$

$$F_g = 5,5*10^{-51} N$$

<u>Příklad 2:</u>



Intenzita elektrostatického pole

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{Q} \quad [NC^{-1}]$$

Pomocí intenzity si můžeme pole (gravitační, elektrostatické) znázornit siločárami, ty mají směr stejný jako intenzita (míří z kladného do záporného).
Typy elektrostatického pole:

a) Homogenní – $\vec{E} = konst.$ => má stále stejný směr a velikosti, příklad: deskový kondenzátor.
b) Radiální, centrální pole – z nebo do jednoho centra, tzn. v okolí bodového náboje

<u>Příklad 1:</u> Intenzita v okolí elektronu (radiální pole) ve vzdálenosti $10^{-10} m$.

$$E=\frac{\frac{k*Q_1*Q_2}{r^2}}{Q_2}$$

$$E=k\frac{Q_1}{r^2}$$

$$E=9*10^9\frac{1{,}602*10^{-19}}{10^{-20}}$$

$$E=14{,}4*40^{10}NC^{-1}$$

Práce v elektrostatickém poli

a) V homogenním poli

$$E=\frac{F_e}{Q} \qquad W=F_e*s$$

$$F_e=EQ \qquad W=EQs$$

b) V radiálním poli

$$W=k*Q_1*Q_2*(\frac{1}{r_2}-\frac{1}{r_1})$$

Potenciální energie

Je rovna práci, potřebné k přenesení náboje z místa s nulovou potencionální energií do daného místa.

V homogenním poli: nulovou potenciální energií: $E_p=0$ – na uzemněné desce.

V radiální poli: $E_p=0$ – v nekonečnu.

Potenciál

Vedle intenzity je druhá veličina, která charakterizuje elektrostatické pole.

$$\varphi=\frac{E_p}{Q} \qquad [JC^{-1}]=[V]$$

Potenciál homogenního pole:

$$\varphi=\frac{E_p}{Q}=\frac{W}{Q}=\frac{EQs}{Q}$$

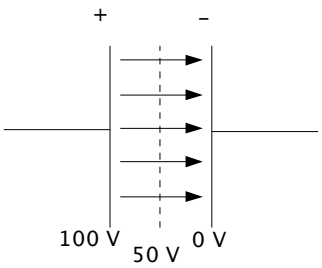
$$\varphi=Es$$

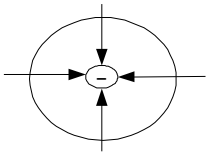
Rozdíl potenciálů:

$\varphi_1-\varphi_2=U$ – elektrické napětí.

Ekvipotenciální plocha = plochy se stejným potenciálem, je vždy kolmá na siločáry (na intenzitu elektrického pole).

Homogenní pole:





Pozn.: Analogie s gravitačním polem: ekvipotenciální plochy – „vrstevnice elektrostatického pole“, napětí – rozdíl výšek.

Práce v homogenním poli

$E=\frac{F_e}{Q}$ $E_p=Q\varphi$ $EQs=QU$

$W=\Delta E_p$ $Es=U$

$F_e=EQ$ $W=\Delta(Q*\varphi)$ $E=\frac{U}{s}[V*m^{-1}]$

$W=F_e*s$ $W=Q\Delta\varphi$

$W=EQs$ $W=QU$

Pozn.: Elektron urychlený napětím 1 V získá energii $1,602*10^{-19}J=1eV$ (elektronvolt).

Izolant – nemá volné elektrony, respektive nerady se odštěpují, což je relativní a závisí na napětí. Z Izolantu jde za dostatku napětí vyrobit vodič, na 1 mm vzduchu je to přibližně 3kV. Jinak je vzduch izolant.

Vodiče v elektrickém poli

Elektrony se rozmisťují co nejdál od sebe a to po vnější straně tělesa.
Příklad použití: Faradayova klec (náboj se rozloží po obvodu).

Plošná hustota náboje

$\sigma=\frac{Q}{S}[Cm^{-2}]$

Pro kouli: $S=4\pi r^2$ => $\sigma=\frac{Q}{(4\pi r^2)}$

<u>Pozn:</u>

$F_e=k\frac{Q_1*Q_2}{r^2}$ kde $k=\frac{1}{(4\pi\epsilon)}$

ϵ – permitivita (= průchodnost) $[Fm^{-1}]$

ϵ_0 – permitivita vakua

$\epsilon_r=\frac{\epsilon}{\epsilon_0}$ – relativní permitivita, bez jednotky pouhý poměr a vždy je $\epsilon_r\geq 1$

$\epsilon_r=1,0006=1$ – vzduch

$\epsilon_r=80$ – voda

<u>Intenzita:</u>

$E=\frac{F_e}{Q}$

$E=\frac{Q}{(4\pi r^2\epsilon)}$ Slovy: Intenzita elektrického pole je přímo úměrná plošné hustotě náboje.

$E=\frac{\sigma}{\epsilon}$

$\sigma=E\epsilon$

Náboj lépe srší z hrotů.

Elektrostatická indukce

Vodiče a kondenzátor

Čím větší náboj na vodič přeneseme, tím více se zvýší jeho potenciál (napětí).

$Q=C*U$

C – kapacita vodiče $[F]$ (farad). Hoodně velká jednotka.

<u>Příklad 1:</u> Jaký poloměr by musela mít koule, aby měla kapacitu 1 Faradu.

$\sigma=E*\epsilon$ $\sigma=\frac{Q}{S}=\frac{Q}{4}\pi r^2$ $C=4\pi r\epsilon$

$E=\frac{U}{r}$ $Q=4\pi r^2\sigma$ $r=\frac{C}{4}\pi\epsilon=\frac{1}{(4\pi\epsilon)}*C=k*C$

$Q=4\pi r^2E*\epsilon$ $r=9*10^9$

$Q=(4\pi r\epsilon)U$

Kondenzátor – soustava dvou nazvájem izolovaných vodičů, která má větší kapacitu než samotný vodič.
Nejjednodušší: Leidenská lahev
Nejběžnější: Deskový kondenzátor
Další: Svitkové (dva plátky kovu proložené papírem, smotané), otočné (nastavitelné), elektrolytické.

Kapacita deskového kondenzátoru

$$E=\frac{U}{d} \qquad \omega=\frac{Q}{S}$$

$$\omega=E*\epsilon$$

$$U=E\,d \qquad E=\frac{Q}{(S\,\epsilon)}$$

$$C=\frac{Q}{U}$$

$$C=\frac{Q}{Ed}$$

$$C=\frac{Q}{\left(\frac{Q}{(S\,\epsilon)}\right)}$$ => pokud bude mezi deskami něco s vysokou permitivitou, zvýší se kapacita.

$$C=\epsilon\frac{S}{d}$$

1. Paralelně (vedle sebe)

$$U_1=U_2=U \qquad C_1U+C_2U=CU$$

$$Q_1+Q_2=Q \qquad C=C_1+C_2$$

2. Sériově (za sebe)

$$U_1+U_2=U \qquad \frac{Q}{C_1}+\frac{Q}{C_2}=\frac{Q}{C}$$

$$Q_1=Q_2=Q \qquad \frac{1}{C}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}$$

<u>Příklad 1:</u> Máme dva kondenzátory o kapacitě $30\,pF$, jaké kapacity můžeme různými zapojeními získat.

1. Paralelní

$$C=C_1+C_2$$

$$C=30+30$$

$$C=60\,pF$$

2. Sériové

$$\frac{1}{C}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}$$

$$\frac{1}{C}=\frac{1}{30}+\frac{1}{30}$$

$$\frac{1}{C}=\frac{2}{30}=\frac{1}{15}$$

$$C=15\,pF$$

<u>Příklad 2:</u> Tři stejné kondenzátory s kapacitou $60\,\mu F$, jaké kapacity?

1. Všechny sériově

$$\frac{1}{C}=\frac{3}{C_1}$$

$$\frac{1}{C}=\frac{3}{60}$$

$$C=20\,\mu F$$

2. Všechny paralelně

$$C=C_1+C_2+C_3$$

$$C=60+60+60$$

$$C=180\,\mu F$$

3. Dva paralelně, třetí k nim sériově. (Nahradíme dva jedním)

$$C_{:}=120\,\mu F$$

$$\frac{1}{C}=\frac{1}{60}+\frac{1}{120}$$

$$\frac{1}{C}=\frac{3}{120}$$

$$C=40\,\mu F$$

4. Dva sériově, celkově paralelně

$$\frac{1}{C_{:}}\frac{2}{C_1}$$

$$C_1 = 30\,\mu F$$

$$C = C_{:} + C_3$$

$$C = 90\,\mu F$$

<u>Příklad 3:</u> Máme dva kondenzátory o neznámé velikosti.

$$C_S = 100\,nF$$

$$C_P = 450\,nF$$

$$450 = C_1 + C_2$$

$$\frac{1}{100} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \qquad C_2 = 450 - C_1$$

$$\frac{1}{C_1} + \frac{1}{(450 - C_1)} = \frac{1}{100}$$

$$450 - C_2 + \frac{C_1}{(C_1(450 - C_1))} = \frac{1}{100} \qquad C_{11} = 300\,nF \qquad C_{21} = 300\,nF$$

$$\frac{450}{(450\mathrm{C}_1 - C_1^2)} = \frac{1}{100} \qquad C_{12} = 150\,nF \qquad C_{22} = 150\,nF$$

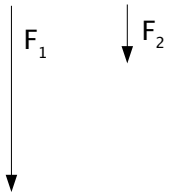
$$C_1^2 - 450\mathrm{C}_1 + 45000 = 0$$

$$D = 450^2 - 4 * 45000 = 150^2$$

Mechanika tuhého tělesa

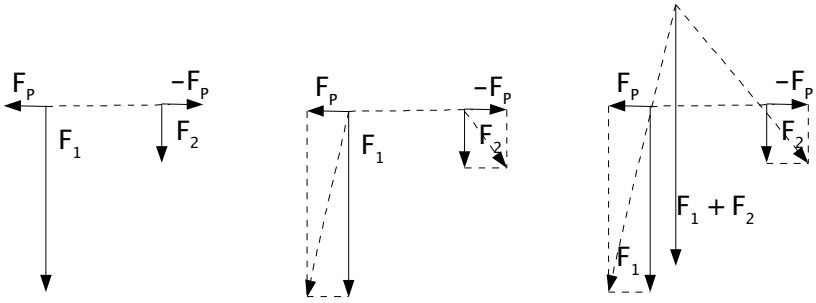
Těleso nelze deformovat, má na rozdíl od hmotného bodu nezanedbatelné rozměry.
Pohyby (kromě klasických): translační, rotační.
Těžiště – hmotností střed tělesa
U tuhých těles mohu posunovat vektory sil atd. Po vektorové příjmce.

Sčítáme souhlasně rovnoběžné vektory

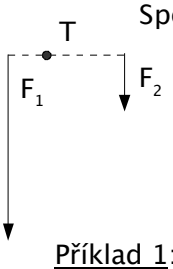


Velikost výslednice: $F_1 + F_2$
Směr výslednice: jasný

1. Hledání těžiště (dokreslíme pomocné síly F_p a $-F_p$



2. Pomocí těžiště



Spojnice je rozdělena v opačném poměru než jsou síly. Menší dílek je u větší síly.

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{y}{x}$$

<u>Příklad 1</u>: Na mostě dlouhém 5 metrů je 2 metry od kraje nákladní auto. Jaká síla bude působit na nosníky?

$M = 20\,t$
$m = 5\,t$

a) Most působí silou 100 kN na každý nosník (dohromady tedy 200 kN)
b) Auto celkovou silou 50 kN

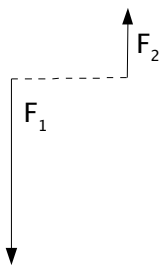
$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{y}{x}$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{3}{2}$$

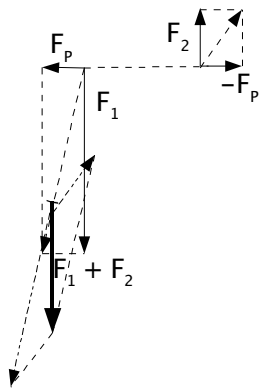
=> Na levém nosníku 130 kN a na pravém 120 kN.

$$F_1 + F_2 = 50\,kN$$

Sčítání 2 nesouhlasných rovnoběžných sil



Velikost výslednice: $F_1 - F_2$
Směr výslednice: ve směru větší síly



Moment síly

$\vec{M}=\vec{r}\,x\,\vec{F}$

Velikost: $M=r\,F\sin\alpha$

$M=0$: $r=0$ nebo $F=0$ nebo také když $\alpha=0°$, $\alpha=180°$

Směr: M je kolmé k r i F, M leží v ose otáčení

Orientace: dle pravidla pravé ruky: prsty ve směru otáčení, palec = směr.

Rameno síly: $r_0=r*\sin\alpha$ => $M=r_0*F$

Rotační pohyb

První momentová věta – těleso setrvává klidu nebo pohybu rovnoměrném otáčivém, pokud je výsledný moment síly nulový.

Energie tělesa:

- Potenciální $E_P=mgh_T$ – H_T =vzdálenost od těžiště
- Kinetická: $E_K=\frac{1}{2}mv_T^2$ – platí pouze pro posuvný pohyb, rychlost každého bodu takovéhoto tělesa je stejná.
- Kinetická energie rotačního pohybu (každý bod má jinou rychlost):

  $E_R=E_{K1}+E_{K2}...$ – rozkouskujeme to na.

  $E_R=\frac{1}{2}m_1v_1^2+\frac{1}{2}m_2v_2^2...$ – nahradíme kinetickou energii

  obvodová rychlost se sice liší dle vzdálenosti od středu otáčení, ale úhlová rychlost je vždy ve všech vzdálenostech stejná.

  $v=\omega r$ – ω je úhlová rychlost

  $E_R=\frac{1}{2}m_1\omega r_1^2+\frac{1}{2}m_2\omega r_2^2...$ – teď to vytkneme

  $E_R=\frac{1}{2}\omega^2(m_1r_1^2+m_2r_2^2)$ a uděláme menší plastickou operaci $J=m_1r_1^2+m_2r_2^2$

  $E_R=\frac{1}{2}J\omega^2$

Moment setrvačnosti

„Neochota pohybovat se“

Jednotka: $[Kgm^2]$

a) Hmotný bod $J=mr^2$
b) Prstenec $J_0=mr^2$
c) Plný válec $J_0=\frac{1}{2}mr^2$
d) Koule $J_0=\frac{2}{5}mr^2$
e) Tyč $J_0=\frac{1}{12}ml^2$ kde l je délka tyče

<u>Příklad 1:</u> Nakloněná rovina

1. Určete rychlost hmotného bodu m naspodu nakloněné roviny

   Zákon zachování energie ;)

   $E_{počátku}=E_{konce}$

   $mgh=\frac{1}{2}mv^2$

   $2gh=v^2$

   $v=\sqrt{2gh}$

   $v=\sqrt{(2*10*2)}$

   $v=6{,}32\,ms^{-1}$

2. Určete rychlost koule m,r naspodu nakloněné roviny

$$mgh = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} J \omega^2$$

$$mgh = \frac{1}{2} \frac{2}{5} mr^2 \omega^2 + \frac{1}{2} mv^2$$

$$mgh = \frac{1}{2} m (\frac{2}{5} r \omega^2 + v^2)$$

$$gh = \frac{1}{2} (\frac{2}{5} v^2 + v^2)$$

$$gh = \frac{1}{2} \frac{7}{5} v^2$$

$$v^2 = \frac{10}{7} gh$$

$$v = \sqrt{(\frac{10}{7} gh)}$$

$$v = 5{,}35\, ms^{-1}$$

I z rovnice lze poznat, že bude menší než u hmotného bodu, polohová energie se bude dělit na rotační a kinetickou. Rychlost kterou chceme je kinetická.