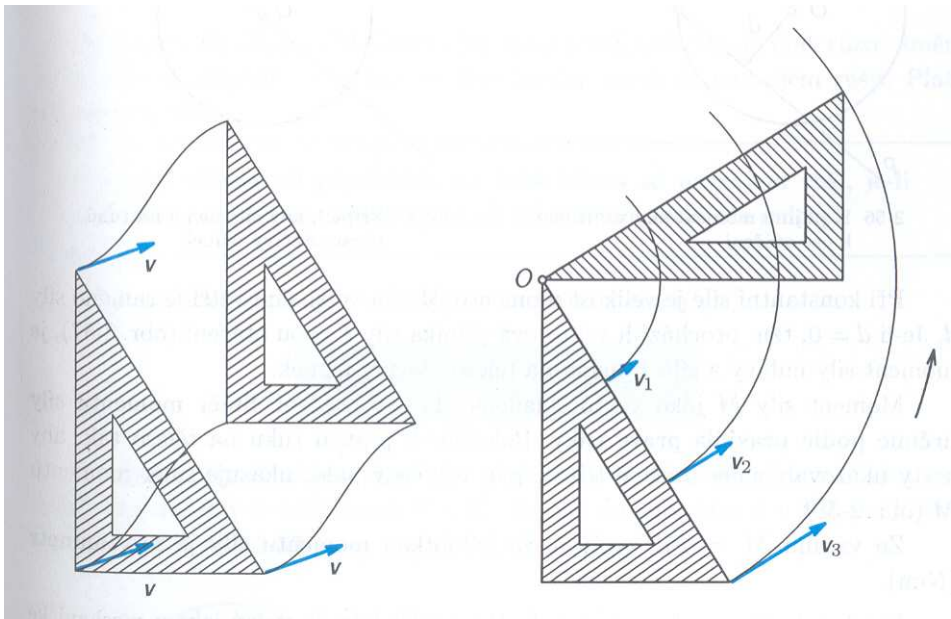


# Těleso

- na rozdíl od hmotného bodu má hmotnost i rozměry
- popis:
  - geometrické rozměry (délka, šířka...)
  - Objem  $V$  (dán geom. rozměry tělesa)
  - hmotnost  $m$
- **hustota**  $\rho = \frac{m}{V}$  [kg m<sup>-3</sup>]

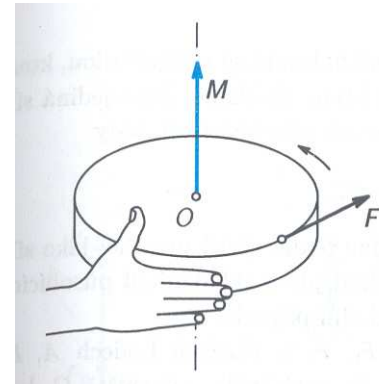
# Tuhé těleso

- Nelze-li již zanedbat rozměry a tvar objektu
- tuhé těleso má hmotnost, tvar a rozměry, které se účinkem libovolně velkých sil nemění



- Dva základní pohyby t.t: posunutí, otáčení (translace, rotace)
- vnější síly mají pohybový účinek, závisí na **působišti síly**

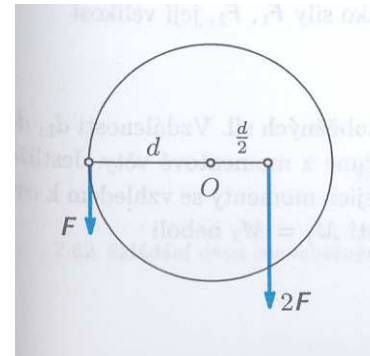
# Moment síly



- Účinek síly na t.t závisí nejen na síle, ale i na působišti
- společná vekt. přímka – posuvný účinek, jinak otáčivý účinek
- Moment síly je mírou otáčivého účinku

$$M = Fr, \text{ resp } \vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$$

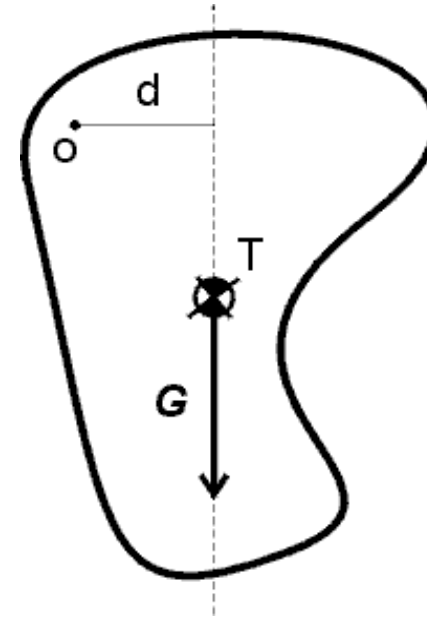
- vektor, jednotkou je Nm



- momenty lze skládat
- je-li vektorový součet momentů všech sil vzhledem k dané ose nulový, otáčivý účinek sil působících na dané těleso se ruší
- využití: páka, volant, kleště, převodovka...

# Těžiště tuhého tělesa

- působíště tíhové síly, která na těleso působí
- průsečík těžnic tělesa
- tíhová síla na těleso zavěšená v těžišti nemá otáčivé účinky
- působení sil v jed. bodech tělesa je ekvivalentní působení výslednice v těžišti tělesa

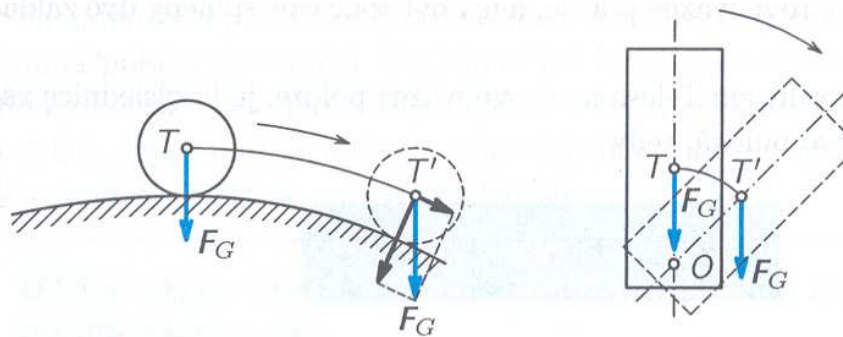


# Výpočet těžiště

$$\begin{aligned}\sum m_k g x_0 &= g \sum m_k x_k \\ x_0 &= \frac{\sum m_k x_k}{\sum m_k} = \frac{\sum m_k x_k}{m}\end{aligned}$$

# Stabilita těles

- těleso je v rovnovážné poloze, jestliže vektorový součet sil a momentů sil na něj působících je roven nule
- 3 rovnovážné polohy: vratká (labilní), volná (indiferentní) a stálá (stabilní)
- podepřená tělesa jsou stabilní, pokud svislice spuštěná z těžiště prochází plochou vytyčenou podpěrnými body.



# Vliv polohy těžiště na stabilitu

- laicky: čím je těžiště výš, tím horší to je
- autobus vs. ferrari
- dynamická stabilita – kontrolovaný systém (fly by wire, segway)

# Otáčení tuhého tělesa

- Těleso se „brání“ roztočení (analogicky, jako se změnou pohybového stavu)
- popisuje moment setrvačnosti  $J$
- pro hm. bod platí  $J = mr^2$

další tělesa:

válec:  $J = \frac{1}{2} mr^2$ , koule:  $J = \frac{2}{5} mr^2$ , obruč:  $J = mr^2$

Steinerova věta:  $J = J_0 + ma^2$

- kinetická energie v roztočeném tělese:  $E_{k_{rot}} = \frac{1}{2} J \omega^2$

# Setrvačníky

- velmi rychle rotující tělesa s velkým  $J$
- zachovávají rovinu, ve které byly roztočeny
- síly vznikající proti změně – precesní pohyb
- využití: gyrokompasy, akumulace energie
- Každý HDD je setrvačnick!!!

# Točivost, moment hybnosti

$$\vec{M} = \frac{d J \vec{\omega}}{d t}$$

$$\vec{b} = J \vec{\omega}$$

# Gravitační pole



- Pole zprostředkovává působení těles na  
dálku
- Každé těleso působí na okolní tělesa  
gravitační silou prostřednictvím  
gravitačního pole – markantní je to u  
nebeských těles
- silové působení je vzájemné (3. N. Z) (ale  
ve výsledcích hraje roli hmotnost

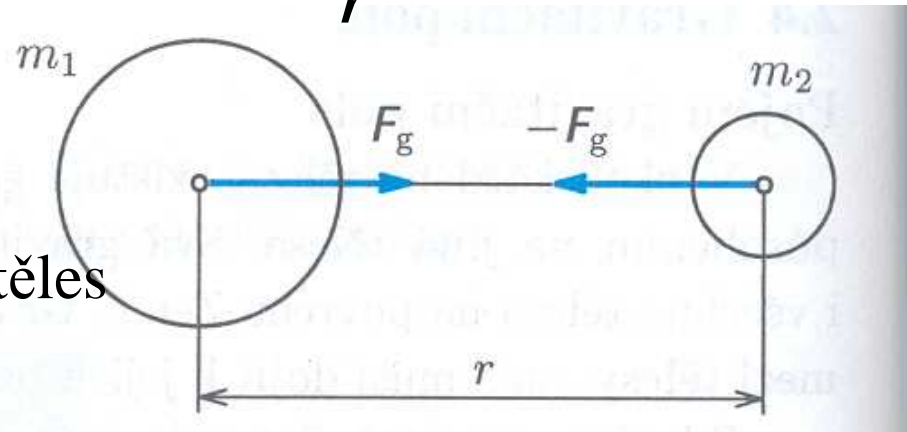
- Země přitahuje Měsíc, Měsíc je ale stejnou silou přitahován k Zemi.
- vzájemné působení popisuje Newtonův gravitační zákon

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$$

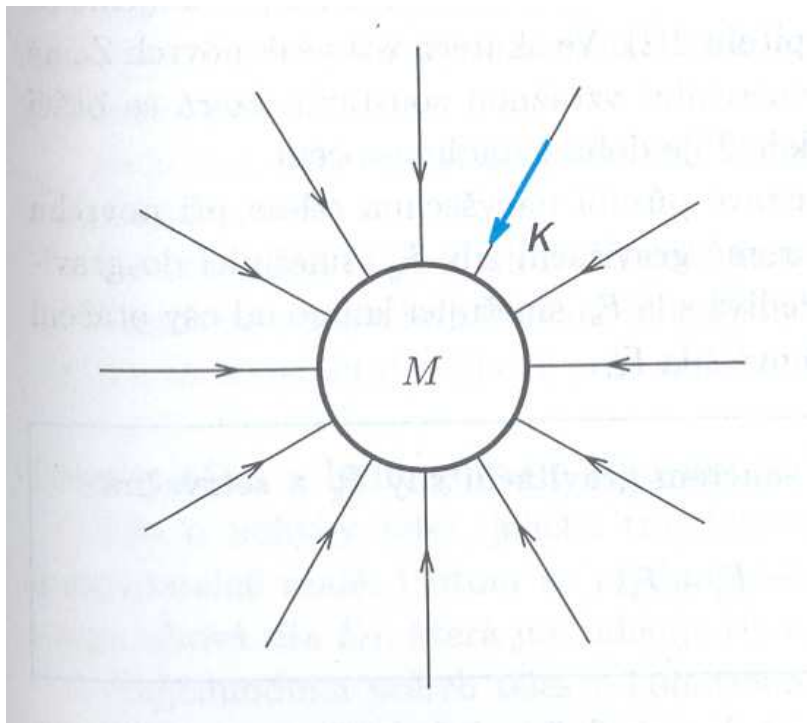
$$F_G = G \frac{m_1 m_2}{r^2}, \text{ resp. } \vec{F}_G = G \frac{m_1 m_2}{r^3} \vec{r}$$

- příliv-odliv

lze zjistit až u velmi těžkých těles



- intenzita grav. pole  $K = G \frac{M}{r^2}$
- pole je radiální
- u povrchu Země pro zjednodušení  
přepokládáme homogenní pole  $g=9,81 \text{ ms}^{-2}$



# tíhové pole

- ovlivněno rotací Země
- na pólu  $9,833 \text{ ms}^{-2}$
- na rovníku  $9,780 \text{ ms}^{-2}$
- u povrchu považujeme za homogenní (pro jednoduchost)

# Pohyby v tíhovém poli Země

- v homogenním poli: Volný pád, vodorovný vrh, svislý vrh vzhůru, šikmý vrh
- v radiálním poli: pohyb po oběžné dráze
  - odstředivá síla musí kompenzovat přitažlivou,  $Mz = 5.98 \cdot 10^{24}$  kg, dopočtem získáme  $v_k = 7,9$  km/s
  - první kosmická rychlost
- analogicky pak pohyby planet

# Keplerovy zákony

- od Ptolemaia (2. stol) geocentrický názor
- 1543 M. Kopernik – heliocentrismus
- navázal Tycho de Brahe, Johannes Kepler (16/17 stol)
- vysvětlil až Newton!

# Keplerovy zákony

1. Planety se pohybují po elipsách málo odlišných od kružnic v jejichž společném ohnisku je Slunce
2. Obsahy ploch opsaných průvodičem planety za jednotku času jsou konstantní
3. poměr čtverců oběžných dob dvou planet je roven poměru třetích mocnin hlavních poloos jejich trajektorií