1.6.1 Newtonův gravitační zákon

Př. 1: Najdi co nejvíce vlastností, které musí splňovat síla způsobující přitahování planet i věcí ke středu Země.

- Roste s hmotností přitahovaného tělesa (přímo úměrně kvůli vzorci $F_g = mg$).
- Roste s hmotností přitahujícího tělesa (Země nás přitahuje víc než soused v lavici).
- Velikost síly klesá se vzdáleností (jinak by předměty na Zemi padaly ke Slunci, které je těžší než Země).
- Síla je přitažlivá, těleso přitahuje ostatní tělesa ke svému středu (plní roli dostředivé síly, táhne předměty do středu Země).
- Působení obou těles je vzájemné (3. Newtonův zákon).

Každá dvě tělesa se navzájem přitahují stejně velkými gravitačními silami.

- Vztah pro velikost gravitační síly platí přesně i pro dvě stejnorodá tělesa kulového tvaru. r je pak vzdálenost jejich středů.
- Pro ostatní tělesa platí vztah pouze přibližně s mírou přesnosti, která odpovídá přesnosti, se kterou můžeme tělesa považovat za hmotné body nebo stejnorodá tělesa kulového tvaru.
- Hodnota gravitační konstanty je velmi malá $\Rightarrow$ přesněji změřena byla až téměř po sto letech od objevu gravitačního zákona. Newton její hodnotu pouze odhadl (s chybou přibližně 15%).

Na kalkulačkách mají exponenciální zápisy i vlastní tlačítko EXP (E nebo $\times 10^x$). Zadávání čísla $1,2\cdot 10^7$ pak provádíme takto: $1,2\,\mathrm{EXP}\,7 =$.

Př. 2: Převeď z exponenciálního tvaru. Výsledek ověř zadáním na kalkulačce.
a) $2\cdot 10^5$ b) $3,1\cdot 10^{-2}$ c) $3\cdot 10^3$ d) $7,3\cdot 10^{-4}$

Př. 3: Vypočti na kalkulačce:
a) $1,2\cdot 10^3\cdot 9,5\cdot 10^{-2}$ b) $\dfrac{3,5\cdot 10^{11}}{6,3\cdot 10^{-22}}$ c) $\dfrac{6\cdot 10^{23}\cdot 2,5\cdot 10^{10}}{\left(3,56\cdot 10^{12}\right)^2}$

a) $1,2\cdot 10^3\cdot 9,5\cdot 10^{-2} = 114$ b) $\dfrac{3,5\cdot 10^{11}}{6,3\cdot 10^{-22}} = 5,56\cdot 10^{32}$ c) $\dfrac{6\cdot 10^{23}\cdot 2,5\cdot 10^{10}}{\left(3,56\cdot 10^{12}\right)^2} = 1,18\cdot 10^9$

Záporné mocniny budeme od tohoto okamžiku používat i k zápisu jednotek $\Rightarrow$ místo m/s **budeme psát** $\mathrm{m\cdot s^{-1}}$**.**

Př. 4: Urči velikost gravitační síly, kterou přitahuje Slunce Zemi. $m_Z = 5,98\cdot 10^{24}\ \mathrm{kg}$, $m_S = 1,99\cdot 10^{30}\ \mathrm{kg}$, vzdálenost Země-Slunce $1,5\cdot 10^{11}\ \mathrm{m}$.

$\kappa = 6,67\cdot 10^{-11}\ \mathrm{N\cdot m^2\cdot kg^{-2}}$, $m_S = 1,99\cdot 10^{30}\ \mathrm{kg}$, $m_Z = 5,98\cdot 10^{24}\ \mathrm{kg}$, $F_g = ?$

$$F_g = \kappa\frac{m_1 m_2}{r^2} = 6,67\cdot 10^{-11}\cdot\frac{5,98\cdot 10^{24}\cdot 1,99\cdot 10^{30}}{\left(1,5\cdot 10^{11}\right)^2}\ \mathrm{N} = 3,5\cdot 10^{22}\ \mathrm{N}$$

Př. 5: Urči velikost gravitační síly, kterou přitahuje Země Měsíc. $m_Z = 5,98\cdot 10^{24}\ \mathrm{kg}$, $m_M = 7,35\cdot 10^{22}\ \mathrm{kg}$, střední vzdálenost Země-Měsíc 384 000 km.

$\kappa = 6,67\cdot 10^{-11}\ \mathrm{N\cdot m^2\cdot kg^{-2}}$, $m_Z = 5,98\cdot 10^{24}\ \mathrm{kg}$, $m_M = 7,35\cdot 10^{22}\ \mathrm{kg}$,
$r = 384000\ \mathrm{km} = 3,84\cdot 10^5\ \mathrm{km} = 3,84\cdot 10^8\ \mathrm{m}$, $F = ?$

$$F_g = \kappa \frac{m_1 m_2}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5,98 \cdot 10^{24} \cdot 7,35 \cdot 10^{22}}{\left(3,84 \cdot 10^8\right)^2} \text{ N} = 1,99 \cdot 10^{20} \text{ N}$$

Př. 6: Urči gravitační sílu, kterou Tě přitahuje při hodině Tvůj učitel, když sedí za katedrou. Je takto spočtený výsledek přesný? Je přesnější pro žáky v předních nebo zadních lavicích? Je přesnější u hubených nebo tlustých učitelů?

$\kappa = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$, $m_1 = 75 \text{ kg}$, $m_2 = 50 \text{ kg}$, $r = 6 \text{ m}$, $F_g = ?$

$$F_g = \kappa \frac{m_1 m_2}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{75 \cdot 50}{6^2} \text{ N} = 7,0 \cdot 10^{-9} \text{ N}$$

Přesnější výsledek získáme:

- pro studenty v zadních lavicích (jsou od učitele dále a proto je oprávněnější jejich zanedbání za hmotné body),
- pro tlusté učitele (více připomínají stejnorodé kulové těleso).

Př. 7: Urči gravitační sílu, kterou Země přitahuje kosmonauta o hmotnosti 80 kg na kosmické stanici ISS, která létá ve výšce 350 km nad povrchem Země. Poloměr Země je 6378km. Jak je možné, že se kosmonaut nachází v beztížném stavu?

Vzdálenost kosmonauta od středu Země: $r = 6378 + 350 \text{ km} = 6728 \text{ km} = 6,728 \cdot 10^6 \text{ m}$

$$F_g = \kappa \frac{m_1 m_2}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5,98 \cdot 10^{24} \cdot 80}{\left(6,728 \cdot 10^6\right)^2} \text{ N} = 705 \text{ N}$$

Gravitační síla Země je ve výšce 350 km rovna 705 N, je tedy jen o 95 N slabší než na povrchu Země.
Beztížný stav není stav neznamená, že na kosmonauta nepůsobí gravitační síla. Kosmonaut se vznáší v lodi, protože loď stejně jako on obíhá kolem Země a stejně jako na kosmonauta na ní působí gravitační síla, která hraje roli dostředivé síly. Tato dostředivá síla udržuje kosmonauta i loď na stejné oběžné dráze a proto kosmonauta nic netáhne k podlaze.
Stejný efekt nastane, když padáme v letadle volným pádem.

Př. 8: Vypočti z velikosti gravitační síly, kterou Tě přitahuje Země, její hmotnost.

$$mg = \kappa \frac{m \cdot m_Z}{r^2} \quad / : m \qquad g = \kappa \frac{m_Z}{r^2}$$

$$m_Z = \frac{gr^2}{\kappa} = \frac{10 \cdot \left(6,378 \cdot 10^6\right)^2}{6,67 \cdot 10^{-11}} \text{ kg} = 6,1 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

Př. 9: Urči velikost gravitačního zrychlení na povrchu Jupiteru ($m_J = 1,9 \cdot 10^{27} \text{ kg}$, $R_J = 7,1 \cdot 10^7 \text{ m}$).

$$mg_J = \kappa \frac{m \cdot m_J}{R_J^2} \quad / : m \qquad g_J = \kappa \frac{m_J}{R_J^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{1,9 \cdot 10^{27}}{\left(7,1 \cdot 10^7\right)^2} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} = 25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$