

1.6.2 Intenzita gravitačního pole

Předpoklady: 1601

Př. 1: Vypočti gravitační sílu, kterou Země ve vzdálenosti 10 000 km od jejího povrchu přitahuje:

a) kosmonauta o hmotnosti 140 kg (se skafandrem),

b) vesmírnou loď o hmotnosti 65 tun,

c) upuštěný šroubovák o hmotnosti 0,5 kg.

$$\kappa = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}, m_z = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}, R_z = 6378 \text{ km}$$

$$d = 10000 \text{ km}, r = R + d = 16378 \text{ km} = 1,64 \cdot 10^7 \text{ m}, F_g = ?$$

a) kosmonaut o hmotnosti 110 kg (se skafandrem)

$$m = 140 \text{ kg} \Rightarrow F_g = \kappa \frac{m_1 m_2}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5,98 \cdot 10^{24} \cdot 140}{(1,64 \cdot 10^7)^2} \text{ N} = 208 \text{ N}$$

b) vesmírná loď o hmotnosti 65 tun

$$m = 65000 \text{ kg} \Rightarrow F_g = \kappa \frac{m_1 m_2}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5,98 \cdot 10^{24} \cdot 65000}{(1,64 \cdot 10^7)^2} \text{ N} = 96400 \text{ N}$$

c) upuštěný šroubovák o hmotnosti 0,5 kg

$$m = 0,5 \text{ kg} \Rightarrow F_g = \kappa \frac{m_1 m_2}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5,98 \cdot 10^{24} \cdot 0,5}{(1,64 \cdot 10^7)^2} \text{ N} = 0,742 \text{ N}$$

Postřeh: Všechny výsledky jsme získali téměř stejně. Dosazovali jsme různé hodnoty hmotnosti do jinak stejných výrazů pro gravitační sílu:

$$F_{g1} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5,98 \cdot 10^{24} \cdot 140}{(1,64 \cdot 10^7)^2} \text{ N}, F_{g2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5,98 \cdot 10^{24} \cdot 65000}{(1,64 \cdot 10^7)^2} \text{ N},$$

$$F_{g3} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5,98 \cdot 10^{24} \cdot 0,5}{(1,64 \cdot 10^7)^2} \text{ N}.$$

Jak toho využít?

Spočteme hodnotu určenou červeným výrazem a získáme tak číslo, kterým stačí vynásobit hmotnost, abychom získali gravitační sílu.

$$F_{g1} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5,98 \cdot 10^{24} \cdot 140}{(1,64 \cdot 10^7)^2} \text{ N} = 1,48 \cdot 140 \Rightarrow \text{pro předměty, které se nacházejí ve}$$

vzdálenosti 10000 km od povrchu Země, můžeme určit gravitační sílu, kterou je přitahuje Země, pomocí vzorce $F_g = 1,48 \cdot m$.

Co nám to připomíná?

Připomíná to starý známý vzorec pro gravitační sílu na povrchu Země: $F_g = mg$, pouze místo g používáme menší číslo, protože gravitace Země je ve větší vzdálenosti slabší.

Co udává číslo 1,48 pro bod ve vzdálenosti 10000 km a číslo $g = 10$ pro povrch Země?

Obě čísla udávají gravitační sílu, která bude v odpovídajícím místě působit na těleso o hmotnosti 1 kg \Rightarrow čísla udávají **sílu gravitačního přitahování**.

Nový pohled na gravitační sílu: Gravitační síla není „pružinkou“ nataženou mezi dvěma tělesy, nejde o záležitost, která se týká pouze dvou těles.

Země svou hmotností změní prostor okolo sebe a do každého místa „přidá“ informaci, která říká ostatním tělesům, jak moc budou k Zemi přitahovány (u svého povrchu „napíše“ číslo 10, ve vzdálenosti 10000 km pak číslo 1,48). Těleso, které do libovolného místa umístíme, „si přečte“ informaci o síle přitahování, vynásobí ji svou hmotností a získá tak sílu, kterou ho Země přitahuje“.

Říkáme, že kolem Země existuje **gravitační pole**. Čísla, která udávají sílu tohoto pole, považujeme za hodnoty nové fyzikální veličiny – **intenzity gravitačního pole** (značíme ji K). Intenzita gravitačního pole je vektorová veličina, její směr je shodný se směrem gravitační síly a udává velikost gravitační síly, kterou je přitahováno těleso o hmotnosti 1 kg.

Př. 2: Najdi vzorce pro výpočet velikosti intenzity gravitačního pole. Urči jednotku této veličiny. Platí tyto vzorce vždy?

Intenzita gravitačního pole je síla, která působí na těleso o hmotnosti 1 kg $\Rightarrow K = \frac{F_g}{m}$.

Jednotka intenzity gravitačního pole: $\frac{1\text{N}}{1\text{kg}} = 1\text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Newtonův gravitační zákon: $F_g = \kappa \frac{mM}{r^2} = m \cdot \kappa \frac{M}{r^2} \Rightarrow K = \kappa \frac{M}{r^2}$ (červená část vzorců z příkladu 1).

Vzorec $K = \kappa \frac{M}{r^2}$ platí pouze v případě, kdy je možné použít Newtonův gravitační zákon

(hmotné body nebo stejnorodé koule), vzorec $K = \frac{F_g}{m}$ platí zřejmě vždy.

Máme dva velmi podobné vzorce: $F_g = Km$ a $F_g = mg$, znamená to, že g i K znamenají to samé?

- Ano i ne:
 g - gravitační zrychlení, zrychlení se kterým se pohybují tělesa, na která působí výsledná síla F_g
- K - intenzita gravitačního pole, určuje jaká gravitační síla působí na těleso o hmotnosti 1kg.

Vypočteme gravitační zrychlení: $g = \frac{F_g}{m} = \frac{mK}{m} = K$, rovnost platí pouze proto, že jsme

zkrátily hmotnost předmětu m .

Hmotnost m hrála v odvození dvě různé role:

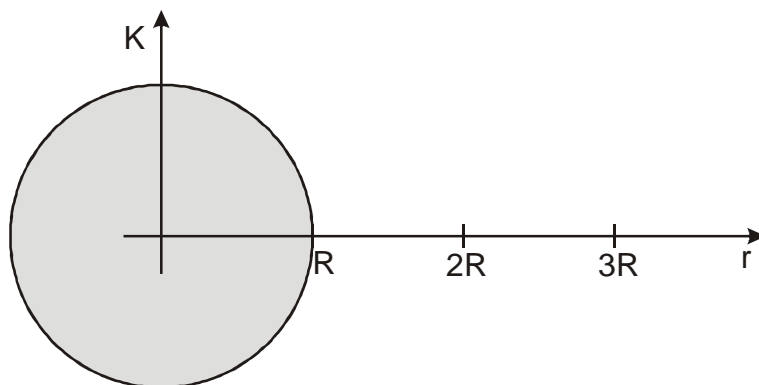
- $g = \frac{F_g}{m} \Rightarrow m$ vyjadřuje odpor tělesa ke změně rychlosti – setrvačná hmotnost,
- $F_g = mK \Rightarrow m$ vyjadřuje schopnost tělesa být přitahováno gravitačním polem – gravitační hmotnost.

I když to není samozřejmé, obě hmotnosti se rovnají (jde dokonce o základní předpoklad obecné teorie relativity) \Rightarrow intenzita gravitačního pole zároveň vyjadřuje zrychlení těles, na které nepůsobí žádné další síly mimo gravitační.

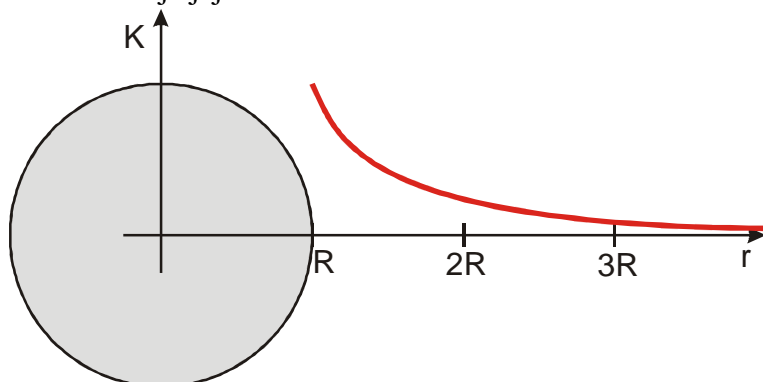
Podíváme se na vzorec $K = \kappa \frac{M}{r^2}$. Intenzita gravitačního pole:

- závisí na hmotnosti tělesa, které pole vytváří, nezávisí na hmotnosti přitahovaného tělesa (logické, má to být objektivní veličina stejná pro všechna přitahovaná tělesa),
- klesá s druhou mocninou vzdálenosti,
- je větší v okolí hmotného bodu s větší hmotností.

Př. 3: Dokresli do grafu závislost intenzity gravitačního pole na vzdálenosti od povrchu Země.



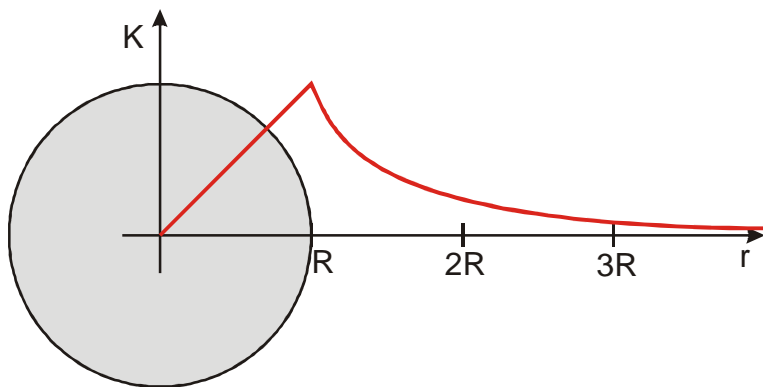
Největší hodnotu má intenzita na povrchu Země, potom intenzita klesá. Ve dvojnásobné vzdálenosti je její hodnota čtvrtinová.



Př. 4: Urči intenzitu gravitačního pole uprostřed Země.

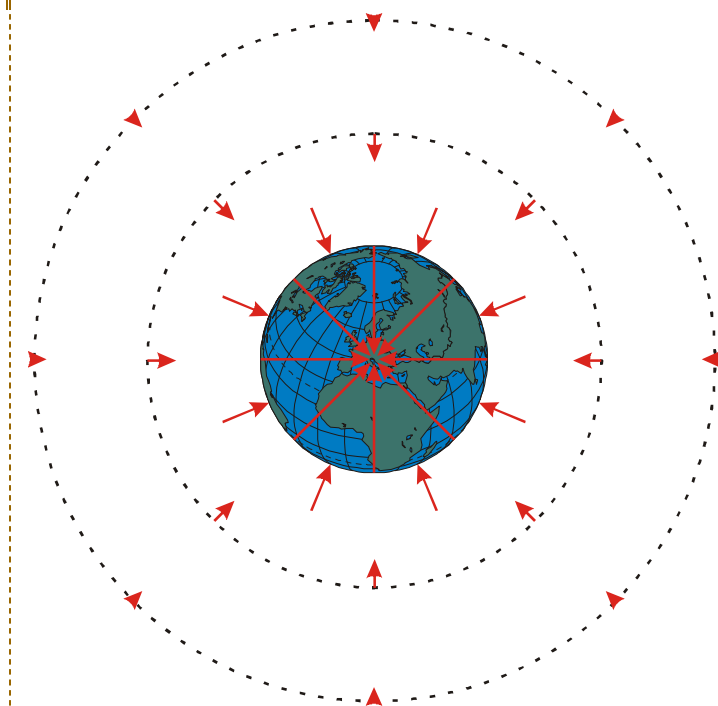
Intenzita gravitačního pole uprostřed Země bude nulová. Každý předmět uprostřed Země je přitahován na všechny strany stejně.

Dá se dokázat, že intenzita gravitačního pole klesá z maximální hodnoty na povrchu směrem do středu lineárně.



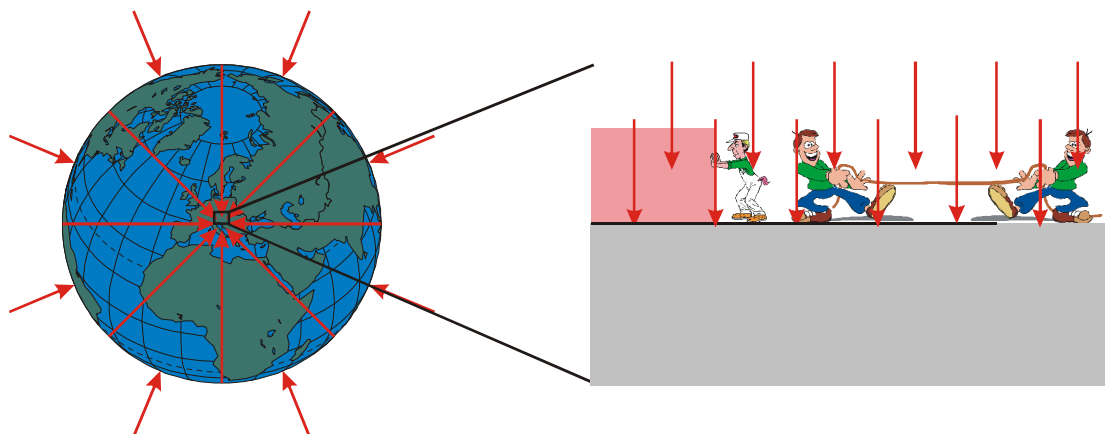
Jiný způsob, jak znázornit intenzitu gravitačního pole: kreslíme vektory intenzity v jednotlivých bodech prostoru \Rightarrow vektorové pole.

Př. 5: Zakresli do obrázku vektory intenzity gravitačního pole v okolí Země. Dej pozor na velikost i směr intenzity.



Všechny vektory v poli směřují do středu gravitačního pole – říkáme, že jde o **centrální gravitační pole**.

Zvětšíme si situaci na konkrétním místě:



Při pohledu na menší část prostoru jsou rozdíly ve směru i velikosti jednotlivých vektorů intenzity gravitačního pole zanedbatelné \Rightarrow můžeme předpokládat, že intenzita gravitačního pole je všech místech stejná – říkáme, že jde o **homogenní gravitační pole**.

Shrnutí: Intenzita gravitačního pole udává sílu gravitačního přitahování a nezávisí na hmotnosti přitahovaného tělesa.