

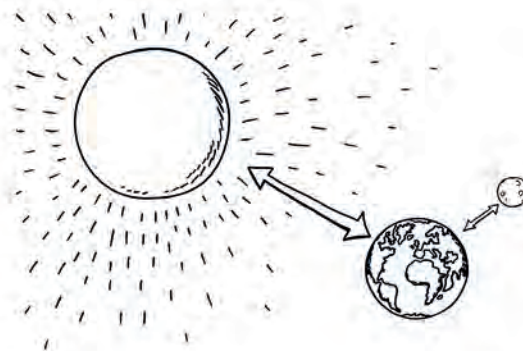


GRAVITACE



**Isaac Newton  
(1643–1727)**

byl anglický fyzik, matematik, astronom, alchymista a teolog, který zásadním způsobem ovlivnil naše chápání okolního světa, zejména formulováním zákona všeobecné gravitace a tří pohybových zákonů. Říká se, že Isaaca Newtona napadla teorie o gravitaci, když seděl pod jabloní a spadlo mu jablko na hlavu. I když je to pouze legenda, hezky vystihuje, že stejná síla, která



jablko poslala k zemi, působí mezi Zemí a Měsícem, mezi Zemí a Sluncem a tak dále... Jeho teorii a zákon, kterým gravitaci

popsal, si můžeme ověřit i my a ani nemusíme být vědci. Protože i když je gravitační síla neviditelná, její důsledky pozorujeme všude.



Způsobuje, že se držíme na zemi a neodletíme do vesmíru. Kvůli ní nám padají věci k zemi a některé neuzvedneme. Ale taky způsobuje příliv a odliv – to Měsíc k sobě přitahuje vodní masu. A gravitace je hlavní silou, která tvaruje vesmír, Sluneční soustavu i celé galaxie.



# GRAVITACE

ČTYŘI ZÁKLADNÍ FYZIKÁLNÍ SÍLY, POMOCÍ NICHŽ LZE VYSVĚTLIT VŠECHNY FYZIKÁLNÍ JEVY NA ZEMI I VE VESMÍRU, JSOU:

**GRAVITAČNÍ SÍLA, ELEKTROMAGNETICKÁ SÍLA, SLABÁ JADERNÁ INTERAKCE, SILNÁ JADERNÁ INTERAKCE.**

KAŽDÉ HMTNÉ TĚLESO VŽDY PŮSOBÍ PŘITAŽLIVOU GRAVITAČNÍ SÍLOU NA VŠECHNA OKOLNÍ.

NEMÁM TEDA POCIT, ŽE BY MĚ TO JABKO NĚJAK PŘITAHOVALO. NEBO JÁ JEHO...

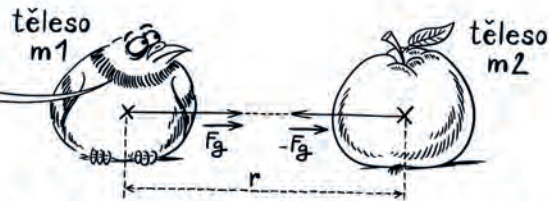
Přesněji popsal gravitaci A. Einstein ve své **obecné teorii relativity**. Ale pro menší hmotnosti a menší rychlosti si s Newtonovým gravitačním zákonem vystačíme.



ZDRAVÍM!

Každá dvě tělesa se přitahují stejně velkými gravitačními silami opačných směrů. Podle Newtonova gravitačního zákona platí, že čím větší je hmotnost obou těles, tím narůstá velikost gravitační síly. Ale naopak čím je větší vzdálenost mezi středy obou těles, tím menší je gravitační síla.

Ta úměrnost je vyjádřena **gravitační konstantou G**. V minulosti se někdy označovala řeckým písmenem K (kappa).



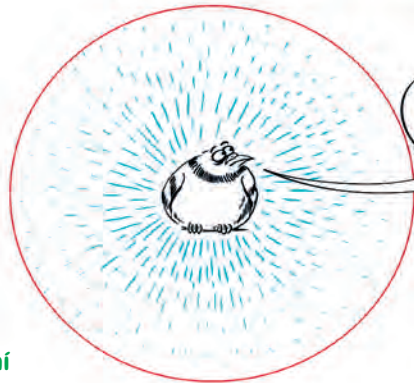
*Newtonův gravitační zákon*

$$|\vec{F}_g| = F_g = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

*gravitační konstanta*

$$6,67428 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$$

JE-LI HMTNOST TĚLES NÍZKÁ, JE GRAVITACE VELMI SLABÁ SÍLA.



MOJE GRAVITAČNÍ POLE - JAKO POLE KAŽDÉHO HMTNÉHO TĚLESA - SE TEORETICKY ŠÍŘÍ DONEKONEČNA...

ALE JE TAK SLABOUČKÉ, ŽE NEMÁ POZOROVATELNÝ DOPAD NA TĚLESA KOLEM. ZA HRANICI GRAVITAČNÍHO POLE SE POVAŽUJE MÍSTO, KDE PŘESTÁVÁ BÝT MĚRITELNÉ.

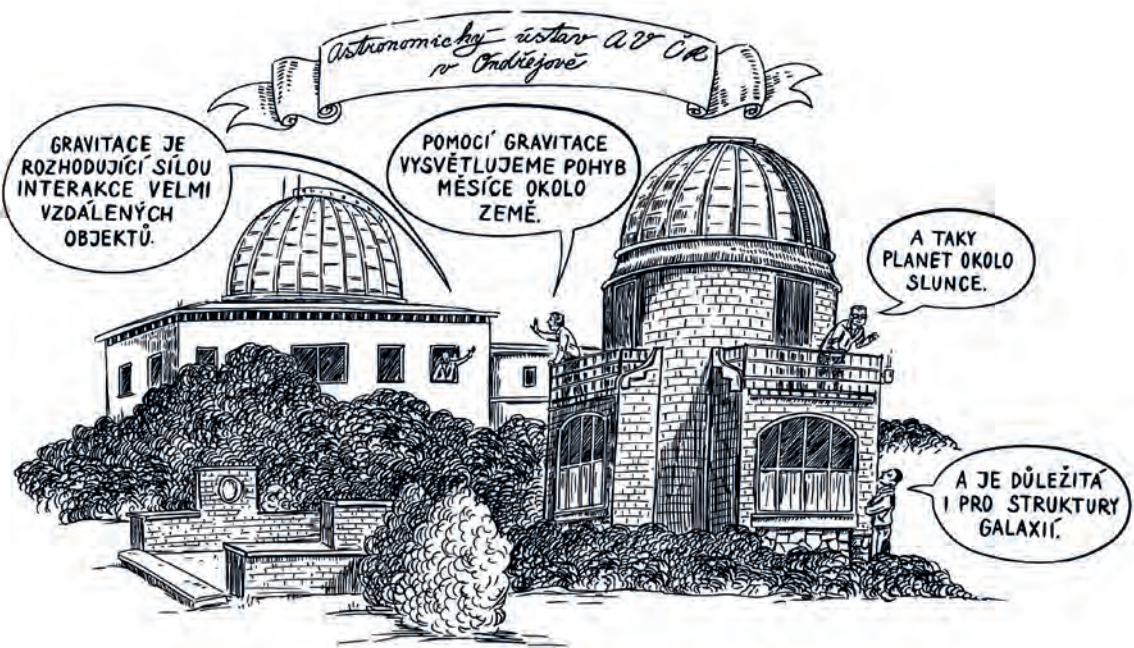
hmotnost:  $m$

JÁ A ZEMĚKOULE NA SEBE  
SICE VZÁJEMNĚ PŮSOBÍME,  
ALE MOJE HMOTNOST JE  
PROTI HMOTNOSTI ZEMĚ  
ZANEDBATELNÁ.



hmotnost planety:  $M$

A proto taky asi v rovnicích  
označujeme hmotnost planety  
velkým  $M$ .



Gravitací se zabývá Astronomický ústav AV. Součástí ústavu je i hvězdárna (přesněji řečeno observatoř), která stojí na kopci nad Ondřejovem již více než sto let a patří k velmi důležitým vědeckým pracovištím evropského významu. Probíhají zde pozorování Slunce, meziplanetární hmoty a různých objektů ve vesmíru.

ALE ABYCHOM ZŮSTALI  
NA ZEMI, TAK GRAVITACE  
ZPŮSOBUJE HLAVNĚ  
PADÁNÍ PŘEDMĚTŮ.





MNĚ FURT NĚCO PADÁ!  
JABLKO TEDY DOPADNE  
RYCHLEJI NEŽ PÍRKO,  
PROTOŽE JE TĚŽŠÍ,  
ŽE JO?

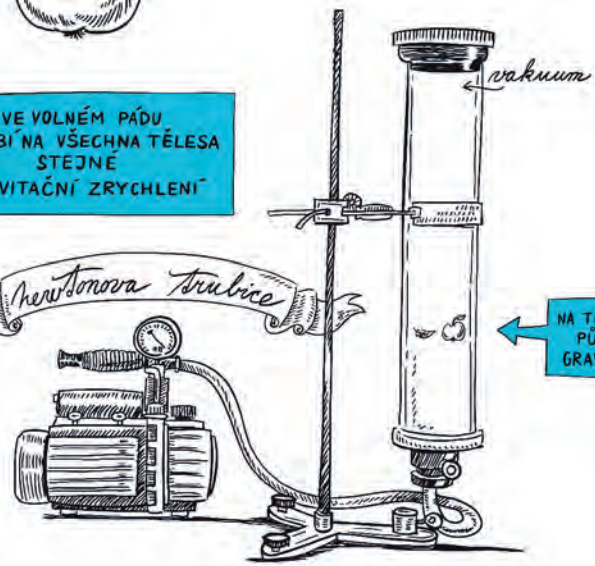
Za normálních podmínek jablko  
dopadne na zem rychleji než pírko.  
Za to ovšem nemůže gravitace, ale  
odpor vzduchu.

Kdybychom oba předměty strčili  
do **Newtonovy trubice**, ze které je  
vzduch odčerpán, dopadnou naráz.  
Bude na ně totiž působit **pouze**  
gravitační pole Země, které má  
v daném místě stejnou intenzitu,  
a tak uděluje tělesům různých  
hmotností stejné zrychlení.

VE VOLNÉM PÁDU  
PŮSOBÍ NA VŠECHNA TĚLESA  
STEJNĚ  
GRAVITAČNÍ ZRYCHLENÍ

*Newtonova trubice*

NA TĚLESA VE VAKUU  
PŮSOBÍ **POUZE**  
GRAVITAČNÍ POLE



NEDÁ SE NIC DĚLAT,  
MUSÍME SI TU NAPSAT  
PÁR VZOREČKŮ...

*Newtonův gravitační zákon*

$$|\vec{F}_g| = F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$6,67428 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$$

*Druhý Newtonův pohybový zákon*

$$F = m \cdot a$$

(síla) (hmotnost) (zrychlení)

$$6,67428 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$5,974 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

$$\text{(gravitační síla)} \quad F_g = \frac{G \cdot \text{hmotnost Země} \cdot m}{r^2}$$

$$6371 \text{ km}$$

$$F_g = m \cdot g \quad \text{(gravitační zrychlení)}$$

$$9,79482 \text{ m/s}^2$$

odborný garant: RNDr. Jiří Svoboda, Ph.D.

Gravitace

Nezkreslená věda 2

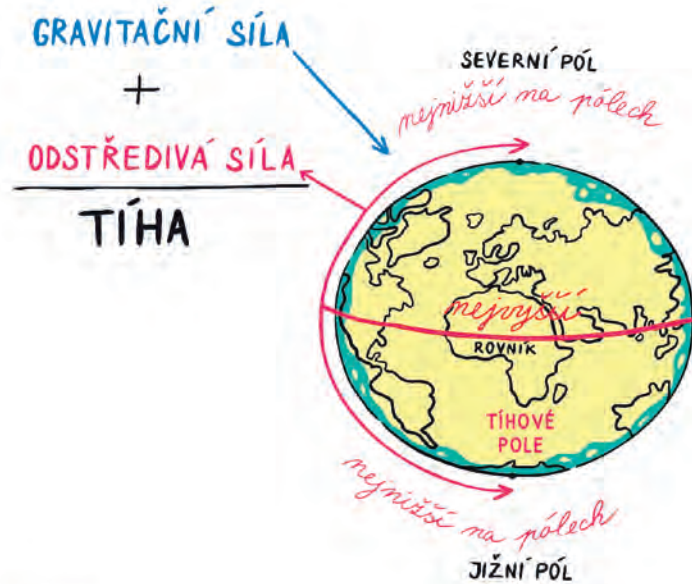
U rotující planety, jako je naše Země, se skládá gravitační síla, která tělesa přitahuje, s odstředivou silou (která je nejnižší na pólech – kde je nulová – a nejvyšší na rovníku) a teprve výsledkem je **tíha** (tedy síla, kterou působí těleso v gravitačním poli na podložku, například naše tělo na prkennou podlahu).

Země navíc není dokonalá koule – je zploštělá. To také ovlivňuje výpočty. Kromě toho můžeme oproti výpočtům naměřit lokální odchylky, protože hmota pod povrchem Země je nerovnoměrně rozložená.

Ale pocitově ty odchylky gravitace, respektive tzv. tíhového pole, nevnímáme. Gravitace na nás působí všude na Zemi.

Tíhové pole se může i proměňovat – klimatickými změnami nebo náhlými změnami gravitace, jako například při zemětřesení, kdy do sebe naráží dvě litosférické desky.

$$F_g = \frac{G \cdot h \text{Množnost Země} \cdot m}{r^2}$$

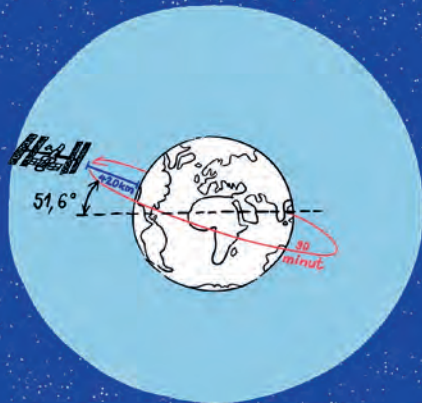


Vědci z Astronomického ústavu vytvářejí 3D vizualizace rozložení zemských hmot. Jak vypadá gravitační pole Země a jak moc se v čase mění, nám ukazují data z vesmírných družic.



# KOSMICKÉ RYCHLOSTI

V1 - PRVNÍ KOSMICKÁ RYCHLOST  
(KRUHOVÁ) - 28 440 km/h

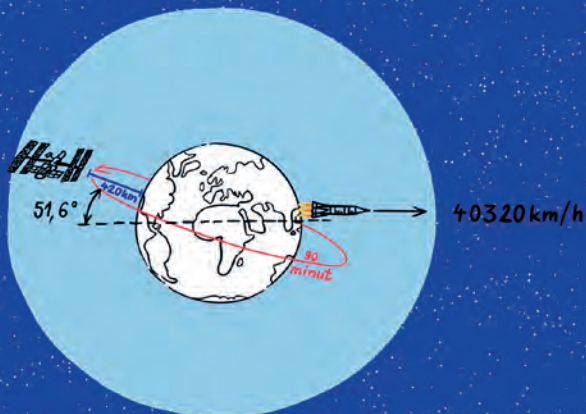


**V1** PŘÍTAŽLIVÁ GRAVITAČNÍ SÍLA MUSÍ BÝT V ROVNOVÁŽE SE SETRVAČNOU ODSTŘEDIVOU SÍLOU.

ABY SE VESMÍRNÉ STANICE UDRŽELY NA OBĚŽNÉ DRÁŽE ZEMĚ, MUSÍ KOLEM NICH KROUŽIT TZV. PRVNÍ KOSMICKOU - TĚDY KRUHOVOU - RYCHLOSTÍ. PŘÍTAŽLIVÁ GRAVITAČNÍ SÍLA MUSÍ BÝT V ROVNOVÁŽE SE SETRVAČNOU ODSTŘEDIVOU SÍLOU, ABY TĚLESO NEBYLO PŘÍTAŽENO GRAVITACÍ NA POVRCH ZEMĚ.

KDYBYCHOM CHTĚLI OPUSTIT GRAVITAČNÍ POLE ZEMĚ, MUSELI BYCHOM LETĚT DRUHOU KOSMICKOU RYCHLOSTÍ. POMÁHÁ JÍ I ODSTŘEDIVÁ SÍLA ROTACE ZEMĚKOULE - PROTO RAKETY STARTUJÍ SMĚREM NA VÝCHOD A CO NEJBLIŽ ROVNÍKU.

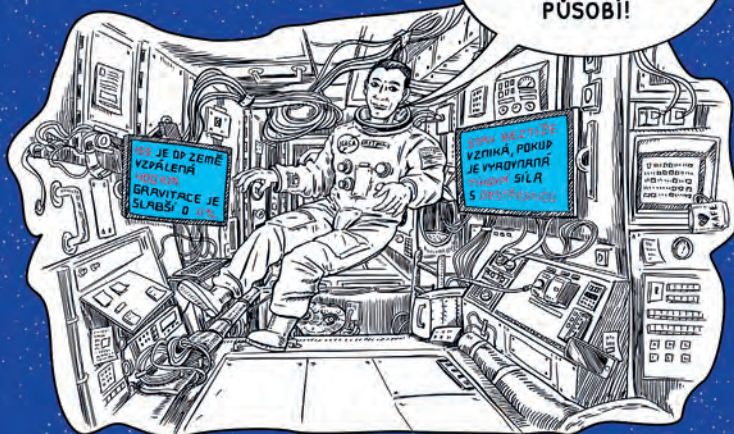
V2 - DRUHÁ KOSMICKÁ RYCHLOST  
(ÚNIKOVÁ)



**V2** Z DŮVODU NEJVYŠŠÍ ODSTŘEDIVÉ SÍLY STARTUJÍ RAKETY CO NEJBLIŽE ROVNÍKU

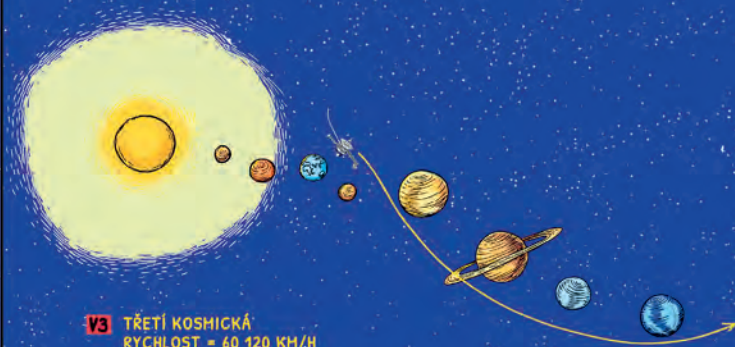
UVNITŘ STANICE SE VŠECHNO VZNAŠÍ - VĚCI I ASTRONAUTI. NENÍ TO ALE PROTO, ŽE BY TAM NEPŮSOBILA ZEMSKÁ GRAVITACE.

MY NEJSME TAK DALEKO OD ZEMĚ. GRAVITACE NA NÁS PŮSOBÍ!



GRAVITACE JE SLABŠÍ. STAV BEZTÍŽE TAM VZNIKÁ PROTO, ŽE UVNITŘ STANICE JE VYROVNANÁ GRAVITAČNÍ SÍLA SE SÍLOU ODSTŘEDIVOU.

A NA ÚNIK Z GRAVITAČNÍHO POLE SLUNCE JE POTŘEBA TŘETÍ KOSMICKÁ RYCHLOST. JE TO DOST DRAHÁ LEGRACE. PROTO KDYŽ VĚDCI POSLALI SONDU VOYAGER PRYČ ZE SLUNEČNÍ SOUSTAVY, VYUŽILI GRAVITAČNÍ POLE MÍJENÝCH PLANET K URYCHLENÍ SONDY PŘI PRŮLETU. TĚHLE ŠIKOVNĚ VYCHYTÁVCE SE ŘÍKÁ GRAVITAČNÍ PRAK.



**V3** TŘETÍ KOSMICKÁ RYCHLOST = 60 120 KM/H

60 120  
KILOMETRŮ  
ZA HODINU?!  
UF, TAK TO BYCH  
NEZVLÁD!

