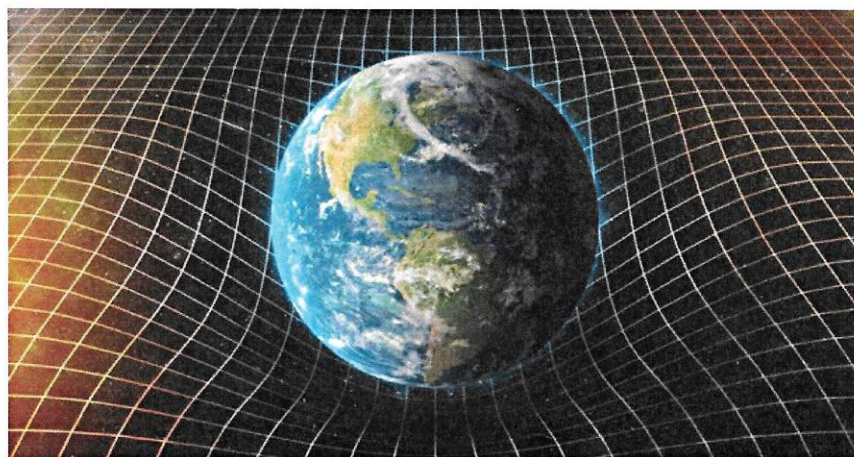


# MATFYZIN

## gravitace



### Obsah

Gravitace .....	2
Newtonův Gravitační zákon.....	2
Isaac Newton.....	2
Obecná teorie relativity .....	3
Sluneční soustava.....	4
Film gravitace .....	5
Soutěžní úkol.....	5

**Máte dotazy?  
Zeptejte se nás!**

✉ Redakce časopisu MATFYZIN  
Hlavní náměstí 1, 786 51 Všechnákov  
☎ 555 333 111, 555 333 222  
e-mail: redakce@matfyzin.cz

# Gravitace

**Gravitační interakce je jediná interakce, která působí na všechny objekty ve Vesmíru. Není výběrová. Jde o interakci, která v současnosti dominantně určuje strukturu Vesmíru.**

**P**rvní velké úspěchy při poznání gravitace slavil Isaac Newton. Objevil universální gravitační zákon, podle kterého padají předměty na Zemi, pohybuje se Měsíc kolem Země, planety kolem Slunce a kterým se řídí i ohromné hvězdné ostrovy, například 200 miliard hvězd v galaxii v Andromedě na tomto obrázku.

Přesto Newtonův gravitační zákon selhává při silných polích a vysokých rychlostech částic. Není v něm zabudována rychlost šíření interakce a není relativistický. Dnešní obecná relativita pracuje s časoprostorem, který tělesa svou přítomností zakřivují a v tomto za-

křiveném časoprostoru se pohybují po nejrovnějších možných drahách. Nové pojetí gravitace předpovídá mnohé nové jevy: dráhy těles kolem hmotného centra již nejsou elipsy, světlo se v křivém časoprostoru ohýbá, existují gravitační čočky, existují zkolabované hvězdy – černé díry. Vesmír jako celek expanduje a tělesa s nenulovým kvadrupólovým momentem vyzařují gravitační vlny. Na sklonku 20. století se potvrdila většina těchto předpovědí a připravují se grandiózní experimenty pro potvrzení zbývajících...

## Newtonův Gravitační zákon

**Na základě analýzy pohybu Měsíce kolem Země, planet kolem Slunce a na základě znalosti Keplerových zákonů formuloval Newton tzv. (Newtonovu) gravitační teorii, kterou vyjádřil Newtonovým gravitačním zákonem.**



**Isaac Newton**

byl fyzik, matematik, astronom, alchymista a teolog, jenž bývá často považován za jednu z nejvlivnějších osob v dějinách lidstva.

**V** klasické fyzice je působení mezi tělesy vyjadřováno silou. Síla, která charakterizuje gravitační působení, se označuje jako gravitační síla. Gravitační síly jsou vždy přitažlivé.

Newtonův gravitační zákon je důležitou částí klasické fyziky. Je tedy použitelný pouze pro slabá gravitační pole, v nichž se tělesa pohybují malými rychlostmi ve srovnání s rychlostí světla. V rámci relativistické fyziky vyplývá popis gravitace přímo z obecné teorie relativity. Kvantovou teorii gravitace se zatím nepodařilo vytvořit.

Každá dvě tělesa o hmotnostech  $m_1$  a  $m_2$ , která můžeme dostatečně přesně aproximovat body, nebo jsou sféricky symetrická, na sebe působí gravitační silou přímo úměrnou hmotnostem těles a nepřímo úměrnou čtverci jejich vzdálenosti.  $\kappa$  (řecké písmeno kapa) je gravitační konstanta s hodnotou (přibližně)  $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$

$$F_g = \kappa \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

# Obecná teorie relativity

**Obecná teorie relativity, je geometrická teorie gravitace publikovaná Albertem Einsteinem v roce 1915 a také aktuální popis gravitace v moderní fyzice.**

Obecná teorie relativity zobecňuje speciální relativitu a Newtonův gravitační zákon, poskytuje jednotný popis gravitace jako geometrické vlastnosti prostoru a času neboli časoprostoru. Zejména zakřivení časoprostoru je v přímém vztahu k energii a hybnosti bez ohledu na přítomnost hmoty nebo záření. Vztah je určen Einsteinovými rovnicemi gravitačního pole, systémem parciálních diferenciálních rovnic.

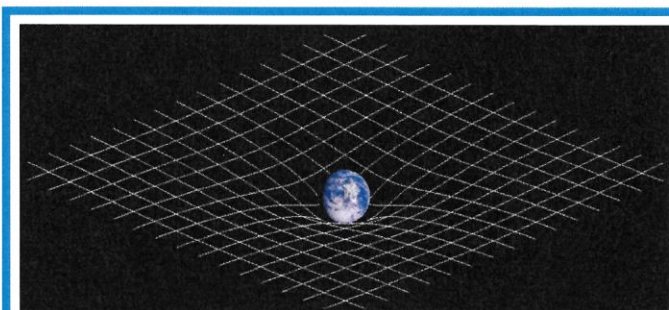
Některé předpovědi obecné teorie relativity se významně liší od klasické fyziky, zejména pokud jde o plynutí času, geometrii prostoru, pohyb těles při volném pádu a šíření světla.

**„Obecná relativita také předpovídá existenci gravitačních vln, které byly prozatím pozorovány pouze nepřímo.“**

K příkladům takových rozdílů patří gravitační dilatace času, gravitační čočky, gravitační rudý posuv světla a gravitační časové zpoždění. Předpovědi obecné teorie relativity byly potvrzeny ve všech pozorováních a pokusech, které byly doposud provedeny. Nejpodstatnější je, jak obecná teorie relativity může být v souladu se zákony kvantové mechaniky, abychom mohli vytvořit kompletní konzistentní teorii kvantové gravitaci.

Historie OTR	1905	Publikována speciální teorie relativity
	1915	Publikována Obecná teorie relativity
	1917	Aplikoval teorii na vesmír jako celek – vytvořil relativistickou kosmologii
	1919	Potvrzena předpověď OTR pro stáčení paprsku od Slunce

Einsteinova teorie má důležité astrofyzikální důsledky. Implikuje například, že existují černé díry – oblasti prostoru, ve kterém prostor a čas jsou zakřiveny takovým způsobem, že nic, ani světlo, nemohou uniknout. Ohýbání světla gravitací může způsobit jev gravitační čočky, ve které je na nebi viditelné více obrazů stejně vzdáleného astronomického objektu. Obecná relativita také předpovídá existenci gravitačních vln, které od té doby byly prozatím pozorovány pouze nepřímo.



Dvoudimenzionální znázornění zakřivení časoprostoru. Přítomnost hmoty mění geometrii časoprostoru a tato (zakřivená) geometrie je chápána jako gravitace.

Přímé měření je cílem projektů jako je LIGO<sup>1</sup> a LISA<sup>2</sup> a různých pulsarem načasovaných polí. Obecná teorie relativity základem současných kosmologických modelů trvale se rozpínajícího vesmíru.

<sup>1</sup> Interferometr pro hledání gravitačních vln

<sup>2</sup> Přípravovaný projekt pro detekci gravitačních vln

# Sluneční soustava

I za vznik sluneční soustavy je odpovědná gravitace.

Vývoj sluneční soustavy začal podle odhadů někdy před 4,55 až 4,56 miliardami let gravitačním smršťováním malé části obrovského molekulárního mračka. Většina hmoty se soustředila v jeho centru, kde vytvořila Slunce, zatímco zbytek kolem něj vytvořil plochý protoplanetární disk, z něhož pak vznikly planety, jejich měsíce, planetky a další tělesa.

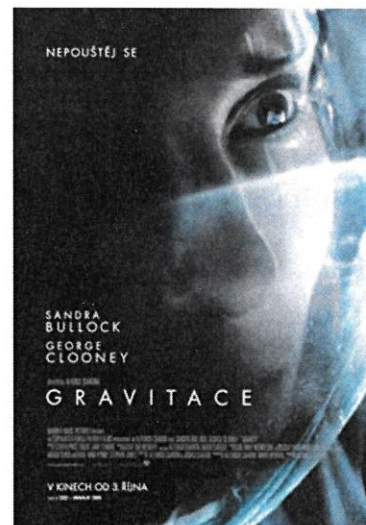
Z 33 největších objektů naší sluneční soustavy (na obrázku) jsme doposud navštívili 27. A co zbývající šestka? Pravděpodobnost jejich reálného průzkumu v příštích 50 letech příliš velká není, jedná se o relativně malé objekty, putující většinou až za drahou Neptunu.



## Film gravitace

---

**Gravitace** od režiséra Alfonso Cuaróna je filmovým hitem roku 2013. Diváky kin si Gravitace získala dech beroucími filmovými efekty i výbornými hereckými výkony hlavních protagonistů. Hlavními hrdiny filmu Gravitace jsou doktorka Ryan Stone na své první vesmírné misi ztvárněná herečkou Sandrou Bullock a veterán vesmírného programu Matt Kowalsky, kterého si zahrál George Clooney. V průběhu rutinního výstupu stanici zasáhne roj úlomků jiné orbitální stanice, který několik členů posádky usmrtí a Ryan s Mattem vymrští do otevřeného prostoru. Začíná boj o život ztížený docházejícím kyslíkem. Celý film Gravitace je velkolepou podívanou, která dává velký prostor úžasným 3D efektům, které si užijete, pokud si na něj vyrazíte do 3D kina.



Film Gravitace popisuje celkem obyčejný příběh dvou astronautů a snaží se u diváků vyvolat iluzi, že něco podobného by se s velkou dávkou náhody mohlo právě teď odehrávat několik set kilometrů nad našimi hlavami. Většina filmu Gravitace se odehrává na oběžné dráze kolem Země, z čehož plyne, že celý tento film vás obklopí kosmickou prázdnotou a stavem beztíže.

## Soutěžní úkol

---

Tak jako v každém čísle i nyní máme pro vás soutěžní úkol. Své odpovědi zaslejte na adresu časopisu do **15. dubna 2016**.

*Měsíc obíhá kolem Země ve vzdálenosti 384 000 km a má hmotnost  $7,41 \cdot 10^{22}$  kg. Na spojnici středů obou těles najděte bod C, ve kterém by byl člověk ve stavu beztíže. V tomto bodě se gravitační síla Země rovna gravitační síle Měsíce.*

### Řešení z čísla 2/2016

Pro časový interval platí následující vztah:

$$t'_2 - t'_1 = \Delta t' = \frac{-\frac{v^2}{c^2} \cdot (x_2 - x_1)}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$