

Úvod a historie

Pavel Provinský

5. února 2013

Obecná teorie relativity bývá často považována za teorii těžkou a neproniknutelnou, přístupnou jen pro vyvolené. Rády bych vám ukázal, že tomu tak není. Potíže spojené s jejím osvojením bych rozdělil do dvou oblastí. Jednak to je matematický aparát s nezvyklým značením, dále pak problémy interpretační - co vlastně ten či onen výpočet ve skutečnosti znamená. První oblastí se vás pokusím provést a ukázat, že, pokud vám někdo vysvětlí význam jednotlivých symbolů, je použitá matematika vlastně vtipná a jednoduchá. Získané znalosti pak cvičně použijeme k odvození jednoho z nejdůležitějších výsledků obecné relativity - globálně homogenní a izotropní vesmír bez kosmologické konstanty může vypadat jedním ze tří způsobů:

1. Může mít eliptickou geometrii (součet úhlů v trojúhelníku je větší než 180°), konečný objem a po fázi rozpínání přijde fáze smršťování.
2. Může mít eukleidovskou geometrii (součet úhlů v trojúhelníku je přesně 180°), už od chvíle vzniku nekonečný objem, rozpínat se bude navždy a rychlost rozpínání bude limitně klesat k nule.
3. Může mít hyperbolickou geometrii (součet úhlů v trojúhelníku je menší než 180°), už od chvíle vzniku nekonečný objem, rozpínat se bude navždy a rychlost rozpínání klesat k nule nebude.

Vznik teorie relativity

Začátek teorie relativity můžeme spojit s MIKOŁAJEM KOPERNIKEM a jeho heliocentrickou soustavou, v níž už naše Země není ve Vesmíru na nějakém význačném místě. Klasický princip relativity pak vyslovil GALILEO GALILEI, který tvrdil, že všechny mechanické pokusy dopadají stejně v kajutě lodi stojící i plující rovnoměrně přímočaře.¹ Také ISAAC NEWTON si byl vědom, že jeho zákony platí nejen v oné klidné a nehybné základní soustavě absolutního prostoru a času, ale „náhodou“ i v soustavách dalších, rovnoměrně přímočaře se pohybujících. Díky této „náhodě“ však nebylo možné tuto absolutní soustavu odlišit od jiných.

S rozvojem nauky o elektromagnetizmu vzniklo přesvědčení, že onu klidnou soustavu bude možné najít pokusy elektromagnetickými. Protože světelné vlnění bylo vykládáno jako vlnění jakési jemné matérie - éteru, který je v absolutním klidu, právě měření rychlosti světla v různých směrech mělo dát odpověď na otázku, jak se v tu či onu chvíli Země vůči éteru a tedy i vůči absolutně klidné soustavě pohybuje. Slavný MICHELSONŮV-MORLEYŮV experiment (1887) však zjistil rychlost světla stejnou ve všech směrech a to i v různých ročních dobách, kdy se Země kolem Slunce pohybuje různými směry.²

Pro vysvětlení tohoto těžko pochopitelného výsledku navrhli FITZGERALD, LARMOR a nezávisle na nich LORENZ tzv. kontrakční hypotézu tvrdící, že rozměry všech těles se nezávisle na materiálu ve směru pohybu vůči éteru zkracují, a to $\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{\frac{1}{2}}$ - krátě. Další pokusy pak vedly k hypotézám, že pohyb vůči éteru ovlivňuje i chod hodin či hmotnost těles a to právě tak, aby se pohyb vůči éteru nedal změřit. Lorentzova teorie éteru pak obsahovala i správné transformace prostorových a časové souřadnice mezi pevnou soustavou éteru a soustavou vůči ní se rovnoměrně přímočaře pohybující.³ LORENTZ (1904) a POINCARÉ (1905) pak dokázali, že všechny rovnice elektrodynamiky si při Lorentzově transformaci zachovávají svůj tvar i v tomto pohybujícím se systému a Poincaré dokonce vyslovil domněnku, že se takto chovají *všechny* fyzikální zákony. Avšak až ALBERT EINSTEIN (1905) učinil onen základní krok a navrhl, že pokud není možné absolutně klidnou soustavu spojenou s éterem

¹Galileiho transformace mezi soustavami pak vypadá následovně: $x'_1 = x_1 - vt$, $x'_2 = x_2$, $x'_3 = x_3$, $t' = t$. (Soustava se pohybuje ve směru x_1 a v čase nula počátky obou soustav splývají.)

²Dle Leoš Dvořák: *Obecná teorie relativity a moderní fyzikální obraz vesmíru*, SPN, Praha, 1984, [1, strany 11-14].

³Lorentzova transformace mezi soustavami vypadá následovně: $x'_1 = \gamma(x_1 - vt)$, $x'_2 = x_2$, $x'_3 = x_3$, $t' = \gamma\left(t - \frac{v x_1}{c^2}\right)$, kde Lorentzův faktor $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$. (Soustava se opět pohybuje ve směru x_1 a v čase nula počátky obou soustav splývají.)

detekovat, není třeba o ní vůbec uvažovat a ve své speciální teorii relativity prohlásil všechny inerciální systémy za naprosto rovnocenné. V obecné teorii relativity pak prohlásil za rovnoprávné všechny soustavy, nejen inerciální, a spojil geometrii prostoročasu s gravitací.⁴ Dle Einsteinových vlastních slov mu trvalo vytvoření speciální teorie relativity asi šest až sedm týdnů. Na obecné teorii relativity pak ale pracoval devět let. Od roku 1907 do roku 1915.⁵

Reference

- [1] Leoš Dvořák: *Obecná teorie relativity a moderní fyzikální obraz vesmíru*, SPN, Praha, 1984
- [2] Václav Votruba: *Základy speciální teorie relativity*, Academia, Praha, 1969

⁴Dle Václav Votruba: *Základy speciální teorie relativity*, Academia, Praha, 1969, [2, strany 94-115].

⁵Dle [1, strana 17].