# Základní poznatky speciální teorie relativity

Před rokem 1905, kdy A. Einstein formuloval STR, existovaly 2 teorie – klasická newtonovská fyzika a její Galileova transformace , která dobře popisovala veškerou mechaniku, optiku atd., a Maxwellovy rovnice, které popisovaly elektřinu a magnetismus. Problém byl, že MR neodpovídaly pozorování z oblasti mechaniky a klasickou fyzikou nebylo možné popsat elektřinu a magnetismus. Protože ale MR byly přesně matematicky odvozené a přesně odpovídaly pozorování v reálném světě (neboli tato teorie byla správná), musely se změnit zákony mechaniky.

S návrhem na přesnější transformaci přišel Lorenz. Do zaběhlé GT vhodně začlenil člen $\sqrt{1-\frac{v^{2}}{c^{2}}}$. Einstein vyslovil myšlenku, že tato transformace již popisuje reálnou mechaniku, zbývalo však ještě vyřešit problém s hmotností. Za předpokladu, že by se měnila i hmotnost tělesa v závislosti na jeho rychlosti, by vše souhlasilo. STR tím byla hotová.

2 základní **Einsteinovy postuláty**:

* Rychlost světla je stejná ve všech inerciálních vztažných soustavách. Nezávisí na rychlosti zdroje. (Michelsonův-Morleyův experiment – Vytvořen pravoúhlý tubus, jedno rameno ve směru pohybu Země, druhé rameno kolmé. Vyšleme-li současně světlo do obou ramen, na jejichž koncích se odrazí zpět, musí přece dojít (vzhledem k rozdílně uraženým drahám) k určitému posuvu, uvažovali. Žádné posunutí paprsků se ovšem nenaměřilo. Světlo má vzhledem k přístroji stejnou rychlost ve všech směrch)
* Fyzikální zákony jsou ve všech inerciálních vztažných soustavách stejné. Neexistuje nějaká vyjímečná soustava spojená s etherem (to by umožnilo změřit absolutní rychlost).

Důsledky speciální teorie relativity:

Může dojít k tomu, že...

* Pozorovatelé, kteří se vzájemně pohybují, se neshodnou na tom, jestli se určité 2 události odehrály současně nebo ne.
* Tito pozorovatelé se neshodnou ani na určité vzdálenosti v prostoru.
* Čas plyne pro pozorovatele různým tempem.

STR předkládá velké množství zdánlivých paradoxů, od těch jednoduchých až po velice komplikované. Všechny však mají společné to, že oba pozorovatelé si dokážou správně odůvodnit tu svou verzi.

Důležité pojmy:

***Kontrakce déky:*** Jde o zkrácení délky předmětu (popř. vzdálenosti), který se vzhledem k pozorovateli pohybuje. Pozorovatel pohybující se spolu s předmětem naměří jeho **vlastní délku**, ostatní naměří vždy délku kratší. Matematicky vyjádřeno, x’=x$\sqrt{1-\frac{v^{2}}{c^{2}}}$.

***Dilatace času:*** Pohybují-li se vůči mně hodiny, čas na nich pozoruji běžet pomaleji. Vztah mezi mým časem a **vlastním časem** pohybujících se hodin popisuje vztah t’=$\frac{t}{\sqrt{1-\frac{v^{2}}{c^{2}}}}$.

***Relativita současnosti:*** Vzájemně pohybující se pozorovatelé se nemusí shodnout na tom, jestli se dané 2 události odehrály současně. Důležitá je podmínka, že k těmto událostem nedošlo ve stejném bodě prostoru, nebyly **soumístné**. Matematický vztah dostaneme kombinací 2 předchozích. Řekněme, že jeden pozorovatel vidí, že se nějaké 2 události odehrály současně. Pak druhý pozorovatel, který se vůči prvnímu pohybuje rychlostí v ve směru osy x pozoruje, že časový rozestup obou událostí je Δt=$\frac{(x\_{1}-x\_{2})\frac{v}{c^{2}}}{\sqrt{1-\frac{v^{2}}{c^{2}}}}$. $x\_{1,2}$ jsou příslušné souřadnice míst událostí 1 a 2.

Ve všech vztazích vidíme, že pokud v<<c, pak tyto vztahy přejdou na rovnice klasické fyziky, galileovy transformace.

Také ***skládání rychlostí*** popisuje STR svým způsobem. Představme si totiž, že se pohybujeme hodně rychlou raketou v blízkosti zemského povrchu. Vyslali-li bychom světelný signál ve směru našeho pohybu, podle GT by pro něj pozorovatel na Zemi zaznamenal rychlost převyšující c. Rychlost c ale nemůže být nikdy překonána! Dostáváme tedy relativistický vztah v=$\frac{v^{'}+u}{1+\frac{v'u}{c^{2}}}$, kde v‘ je rychlost pohybující se vztažné soustavy, u je rychlost pozorovaného pohybu v pohybující se soustavě a v je rychlost, kterou pozorovanému pohybu připíše pozotovatel, který je v klidu.

Důsledkem zkracování délky je například i změna objemové hustoty $\frac{m}{V}$. Náboj se zachovává, ale může se měnit hustota náboje.

***Relativistická dynamika***:

Těleso, které má svojí klidovou hmotnost m a pohybuje se, má vůči pozorovatli v klidu hmotnost větší. Jedná se o nárůst výlučně setrvačné hmotnosti, nikoliv gravitační.

Jinými slovy, pokud budeme tělesu dodávat pravidelně stejné dávky kinetické energie, jejich vliv na nárůst rychlosti bude klesat.

m’=$\frac{m}{\sqrt{1-\frac{v^{2}}{c^{2}}}}$ grafem by byla exponenciálně rostoucí křivka

Z toho také vyplývá, že hmotné těleso nemůže nikdy dosáhnout rychlosti světla (potřebovali bychom k tomu totiž nekonečně velkou práci).

Einstein také dokázal, že hmotnost a energie jsou dvě provázané veličiny, mohou se vzájemně přeměňovat.

Dodáme-li soustavě energii, změní se i hmotnost této soustavy podle vztahu ΔE=Δm\*$c^{2}$.

Je-li těleso v klidu, má vždy svojí vnitřní energii $E\_{0}$=m\*$c^{2}$. Celková energie tělesa je pak součtem této vnitřní energie a jeho kinetické energie, tedy $E\_{c}$=$E\_{0}+E\_{k}$.

mc2=m0c2+Ek

Ek= mc2- m0c2 = m0c2($\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^{2}}{c^{2}}}}-1)$ Relativistická kinetická energie

Že v hmotnosti je vázaná enrgie potvrzují např. atomové bomby. (I tak se jedná o minimální změny hm.)

Pokusy potvzující platnost STR:

* Velice přesné atomové hodiny byly naloženy do letadla. Toto letadlo oblétalo kolem Země a skutečně bylo pozorováno jejich zpomalení, byť bylo minimální, vůči času měřenému na zemi.
* Ve vysokých vrstvách atmosféry vznikají za působení kosmického záření částice miony. Jejich doba života je asi 2,2 μs. My tyto částice zaznamenáváme na povrchu Země i přesto, že vzhledem k vzdálenosti, kterou musí překonat a dobou jejich života, by se museli pohybovat rychlostí větší než **c**. K vysvětlení toho jevu pomocí STR můžeme zvolit 2 cesty:
1. Z pohledu mionu se k němu přibližuje zemský povrch a jeho vzdálenost od Země se mu tedy jeví zkrácená.
2. Vůči pozorovateli na zemi se mion pohybuje, a tak se pro něj (pro mion) zpomalí čas. Mion tedy stačí při své rychlosti dorazit na zem.

Z obecného hlediska můžeme STR interpretovat jako vzájemné natočení dvou soustav -> Lorenzův koeficient jakožto transformační matice.

Roku 1915, deset let poté, co byla vydána STR, přichází A. Einstein s Obecnou teorií relativity. Tato teorie se již neomezuje na popis pozorování mezi inerciálními soustavami, ale snaží se o komplexní popis

OTR stojí na 2 postulátech:

* Existují takové fyzikální zákony, které popisují jevy ve všech libovolných soustavách.
* Gravitační a setrvačné síly mají stejné účinky a platí pro ně princip ekvivalence.

Základní rovnice OTR popisují vztah mezi rozložením energie a hybnosti a zakřivením časoprostoru.

Gravitaci vysvětluje jako zakřivení časoprostoru. Čas i prostor se deformuje v závislosti na gravitačním poli.

Příklad: Do dvou kontejnerů uzavřeme pozorovatele. Jeden kontejner necháme v gravitačním poli Zemi, druhý budeme urychlovat někde v prostoru se zrychlením o velikosti g. Pozorovatelé nebudou schopni určit, ve kterém kontejneru se nacházejí, všechny fyzikální experimenty budou dávat shodné výsledky.

Vylétá-li světelný paprsek z gravitačního pole, koná práci. Jeho energie se tedy mírně snižuje, což s projeví jako pokles frekvence. Hovoříme o rudém posuvu. V opačném případě jde o modrý posuv.

V běžném životě nemusíme teorii relativity zohledňovat. Plně nám postačí galileovy transformace.

* Pozemní doprava, letadla, loďe.
* Pohyby planet.

STR musíme započítat například u urychlovačů částic a pohyb částic vůbec. Dále také u GPS přijímačů, mají-li být přesné. Obecně lze říci, že s STR počítáme při rychlostech nad