

## 6.1.1 Čas a prostor v klasické fyzice

---

### Předpoklady:

všechny dosud probrané fyzikální poznatky souhrnně označujeme jako **klasickou fyziku**.

1865 – Maxwellovy rovnice = sjednocení elektřiny a magnetismu, úspěšné shrnutí velkého množství poznatků do čtyř rovnic ⇒ narůstající uspokojení fyziků s výsledky jejich vědy ⇒ fyzika = hotová věda (vše podstatné už víme, zbývá dořešit několik nepodstatných maličkostí a přesněji změřit základní konstanty)

1874 – Phillip von Jolly profesor fyziky na mnichovské univerzitě přesvědčuje Maxe Plancka (jeden z největších fyziků 20 století), že jeho nadání je pro fyziku škoda

částečný seznam nedořešených maličkostí:

- éter a rychlost světla vůči Zemi
- čárová emisní spektra plynů
- tepelná kapacita plynů
- záření černého tělesa

žádnou z maličkostí se pomocí klasické fyziky vysvětlit nepodařilo, pokud se vysvětlení objevila, používala předpoklady klasické fyzice zcela cizí

⇒ na počátku 20. století se objevily dvě teorie, zcela popírající samotné základy klasické fyziky a tvořící základ fyziky moderní:

- teorie relativity (speciální a později obecná) – makroskopické předměty, popis chování při velmi vysokých rychlostech, chování ve velmi silných gravitačních polích
- kvantová teorie – mikroskopické jevy

společné rysy obou teorií:

- vychází z předpokladů, které v základech popírají klasickou fyziku
- pro jevy z běžného života (malé rychlosti, větší rozměry) dávají velmi podobné výsledky jako klasická fyzika (a proto se jednodušší klasická fyzika v těchto situacích používá pořád)
- v oblastech, kvůli kterým vznikly (velké rychlosti, mikroskopické rozměry), dávají předpovědi, které jsou v příkrém rozporu z běžnou zkušeností
- jejich přijetí znamená „zahození“ mnohého na co jsme zvyklí se spoléhat

obě teorie jsou v zásadním rozporu (nemohou platit najednou) ⇒ snaha najít sjednocenou teorii

### Teorie relativity

Albert Einstein

1905 – speciální teorie relativity – náhrada klasické kinematiky, dynamiky, propojení s elektrodynamikou

1915 – obecná teorie relativity – náhrada Newtonovy teorie gravitace

některé z výsledků uvedených ve speciální teorii relativity objevili jiní fyzici, ale Einstein byl první, kdo se s nimi dokázal smířit do všech důsledků

### Čas a prostor v klasické fyzice

čas a prostor jsou v klasické fyzice absolutní, představují jeviště, na kterém se odehrávají fyzikální jevy, ale žádný z těchto jevů toto jeviště nijak neovlivňuje

⇒

- čas běží stejně rychle pro všechny pozorovatele (všechny správně běžící hodinky ukazují stejně)
  - 1 metr je všude stejná vzdálenost, bez ohledu odkud se na ní dívám
  - atd.
- ⇒ není problém zavést soustavu souřadnic

Přesto všichni nevidí to samé:

**Př. 1:** Najdi dvojice pozorovatelů, kteří nevidí to samé.

Například:

- při pohledu na oblohu se nám zdá, že se Slunce otáčí kolem Země
- při pohledu z vesmíru bychom viděli, jak se Země otáčí kolem Slunce.

Podobně jedoucí vlak:

- člověk na nástupišti vidí, jak se vlak pohybuje
- cestující ve vlaku má pocit, že stromy se pohybují a vlak stojí na místě

Jak můžeme poznat, že se pohybujeme bez pohledu ven (z vnitřku neprůhledné krabic) ?

Umíme měřit síly ⇒ poznáme pohyby, které vyžadují působení síly: 2 Newtonův zákon:

$$a = \frac{F}{m}$$

- ⇒ poznáme pohyby se zrychlením (brzdění, rozjíždění, zatáčení)
- ⇒ nepoznáme pohyby bez zrychlení (rovnoměrné přímočaré)

**Galileiho (mechanický) princip relativity:**

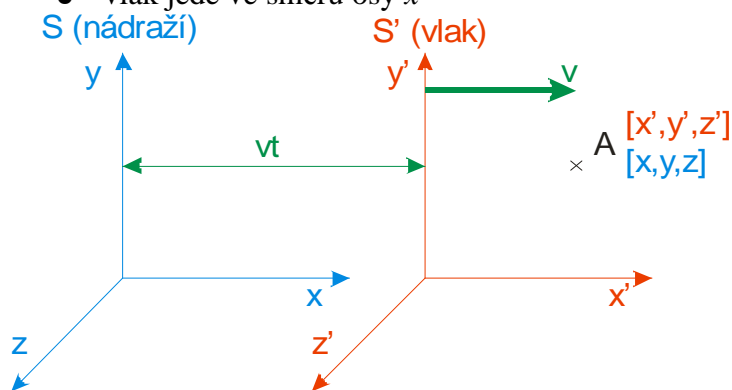
**Žádným mechanickým pokusem nemůžeme rozlišit, zda je soustava v klidu nebo v pohybu rovnoměrném přímočarém.**

⇒ na nádraží naměříme u všech mechanických pokusů stejné výsledky jako ve vlaku, které nádražím rovnoměrně projíždí (předměty budou padat kolmo dolů, kyvadla budou kývat se stejnou frekvencí, kuličky se budou srážet stejným způsobem...)

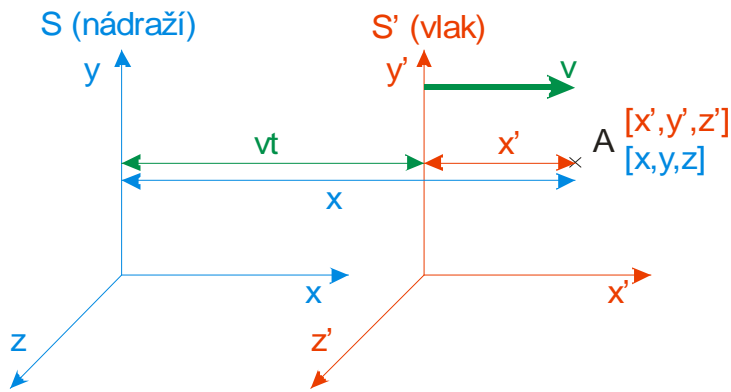
Sledujeme libovolný fyzikální pokus: při pohledu z libovolného místa uvidíme stejný děj, ale souřadnice se budou lišit

Jak se liší souřadnice, které naměříme z nádraží a z vlaku, který nádražím rovnoměrně projíždí?  
Nejjednodušší případ:

- osy obou soustav mají stejný směr
- v čase  $t=0$ s jsou počátky ve stejném bodě
- vlak jede ve směru osy  $x$



Jak spolu souvisí souřadnice  $x$  a  $x'$  ?



Z obrázku je vidět, že platí:  $x = x' + vt$

⇒ kompletní sada transformačních rovnic (**Galileiho (speciální) transformace**):  $x = x' + vt$  ,  
 $y = y'$  ,  $z = z'$  ,  $t = t'$

**Př. 2:** Vlak projíždí rovnoměrně přímočaře rychlostí 20 m/s nádražím tak, že směr jeho jízdy je shodný s osou  $x$  souřadného systému, zvoleného na nádraží tak, že vlak projede v čase 0 s jeho počátkem. Sestav rovnice pro transformaci těchto souřadnic do soustavy souřadnic zvolené strojvůdčem ve vlaku tak, aby se v čase 0 s shodovala se soustavou souřadnic na nádraží.

Pozor, provádíme opačnou transformaci než u obrázku. Z nepohyblivé soustavy  $S$  transformujeme do pohyblivé soustavy  $S'$ .

⇒ rovnice:  $x' = x - vt$  ,  $y' = y$  ,  $z' = z$  ,  $t' = t$   
konkrétně:  $x' = x - 20 \cdot t$  ,  $y' = y$  ,  $z' = z$  ,  $t' = t$

**Př. 3:** Vlakem z předchozího příkladu prochází průvodčí rychlostí 1 m/s. Urči jeho rychlost vzhledem k nádraží pokud:

- jde ve směru jízdy vlaku
- jde proti směru jízdy vlaku

- rychlost průvodčího se sčítá s rychlostí vlaku ⇒ z nádraží naměříme 21 m/s
- rychlost průvodčího se odečítá od rychlosti vlaku ⇒ z nádraží naměříme 19 m/s

**Shrnutí:**