

**Projekt: Inovace oboru Mechatronik pro Zlínský kraj Registrační číslo:**

**CZ.1.07/1.1.08/03.0009**

**Teorie relativity**

Relativita je závislost viděného na vlastnostech pozorovatele. Jednoduše - když několik lidí sleduje tentýž předmět, může se stát, že **každý z nich ho vidí trochu jinak** (jiná barva, velikost, chuť atd.), ale jejich pohledy jsou naprosto rovnocenné a nikdo nemá absolutní pravdu. Teorie relativity ve fyzice se zabývá podobnými věcmi: nakolik jsou pozorované fyzikální jevy ovlivněny stavem pozorovatele a jestli některý z pozorovatelů má absolutní pravdu.

Roku 1905 Albert Einstein publikoval svou **speciální** teorii relativity. Nazývá se speciální proto, že popisuje relativnost hlavně ve **speciálních** případech - když pozorovatelé nemění vzájemnou rychlost ani směr (ovšem příklady, kde se rychlost a směr mění, počítat dokáže také). Obecná relativita potom zahrnuje i případy se zrychlením (tedy jakoukoli obecnou situaci).

Galileiho princip relativity

Před Einsteinem se za správný výklad relativnosti považoval tzv. Galileiho princip relativity, který je vlastně logickým shrnutím všeho, co lze o pohybech předmětů pozorovat kolem nás. Tedy například, když jsem v autobuse jedoucím rychlostí 60 km/h a běžím v něm ve směru jízdy rychlostí 20 km/h, potom moje rychlost vzhledem k silnici je, samozřejmě, 60+20=80 km/h. A zároveň rychlost silnice vzhledem ke mně je úplně stejná, protože nelze říci, který z pozorovatelů je důležitější. V této fyzice všichni, kdo se nezrychlují, jsou si rovni - neexistuje nikdo, kdo opravdu stojí (ona totiž i silnice letí spolu s planetou Zemí vesmírem vzhledem ke Slunci atd.). Jinými slovy - ve všech inerciálních soustavách platí stejné zákony. Tuto a podobné věci tvrdí Galileo Galilei. Rychlost je totiž relativní, tedy závisí na pozorovateli; vzhledem k čemu rychlost vztahujeme (k autobusu? silnici? k letadlu, co nad námi zrovna letí?). Tato "Galileova teorie relativity" se zdá být naprosto logická. Jinak to být přece nemůže! A přesto to tak úplně není... Nadále platí výrok, že neexistuje nadřazený pozorovatel, ale to ostatní je poněkud jinak. Běžně se totiž setkáváme s příliš malými rychlostmi, při nichž rozdíl sice je, ale je nesmírně malý. Avšak pro rychlosti velmi vysoké je už rozdíl podstatný. Jenže jak je to možné...?

|  |
| --- |
| http://martin184.webpark.cz/obrazky/tr/obr001.gif |

Relativnost současnosti

Současnost dvou událostí podléhá relativnosti. Popíšeme na jednoduchém příkladě: v jedoucím autobuse sedí uprostřed člověk se dvěma baterkami, jednu namířenou ve směru jízdy, druhou proti směru jízdy. Obě zároveň rozsvítí. Z jeho pohledu dopadnou oba paprsky na přední i zadní stěnu ve stejný okamžik, protože rychlost světla je vždy stejná. Z pohledu někoho na silnici ovšem tyto dopady současné nejsou, protože oba paprsky se vzhledem k němu pohybují opět stejnou rychlostí, jenže jednomu z nich jde stěna autobusu "naproti" a před druhým naopak "prchá", tak, jak autobus jede. Co je pro jednoho pozorovatele současné, nemusí být současné pro jiného, ať to vypadá sebepodivněji. Přitom všechny pohledy jsou stejně pravdivé a objektivní. Z pohledu různých pozorovatelů se může někdy dokonce vyměnit pořadí událostí (hlavně událostí, co nastávají těsně po sobě, ale jsou od sebe daleko). Lze vypočítat, že pořadí událostí se nezmění pro žádného pozorovatele, je-li mezi nimi v dané soustavě více času, než kolik potřebuje světlo na překonání vzdálenosti mezi nimi. Odtud je jasné, že má-li být jedna událost příčinou druhé, neměly by se vzájemně ovlivňovat působením nadsvětelnou rychlostí, protože pak by se pro jisté pozorovatele změnilo jejich pořadí a následek by přišel dřív než příčina. Tak se lze dostat k názoru, že rychlost světla nelze překonat, protože měnit pořadí by měly mít "dovoleno" jen události, co spolu nesouvisí.

|  |
| --- |
| http://martin184.webpark.cz/obrazky/tr/obr003.gif |

## Postuláty speciální teorie relativity

1. První postulát

Pozorování fyzikálního jevu více než jedním pozorovatelem v inerciální vztažné soustavě musí u všech pozorovatelů jednotně odpovídat povaze přírody. Jinak řečeno - povaha vesmíru se nesmí změnit, přejde-li pozorovatel do jiné inerciální vztažné soustavy.

Jiné vyjádření: Žádným pokusem nelze zjistit, zda se těleso pohybuje rovnoměrným přímočarým pohybem nebo je v klidu.

Matematické vyjádření libovolné fyzikální teorie by mělo být pro každého pozorovatele v inerciální vztažné soustavě stejné.

Zkráceně: Ve všech inerciálních vztažných soustavách probíhají fyzikální děje stejně (platí pro ně stejné fyzikální zákony).

2. Druhý postulát (neměnnost *c*)

Rychlost světla ve vakuu, obvykle značená *c*, je stejná pro všechny pozorovatele v inerciálních vztažných soustavách, stejná ve všech směrech, a nezávisí na rychlosti objektu vyzařujícího světlo.

Zkráceně: Rychlost světla je ve všech inerciálních vztažných soustavách stejná.

Albert Einstein obecněji dokázal, že při každé změně celkové energie soustavy se mění také její hmotnost, přičemž platí vztah http://fyzika.jreichl.com/data/3_str_dynamika_soubory/image020.png, kde http://fyzika.jreichl.com/data/3_str_dynamika_soubory/image021.png je změna celkové energie soustavy, http://fyzika.jreichl.com/data/3_str_dynamika_soubory/image022.png změna její hmotnosti a *c* velikost rychlosti světla ve vakuu. Tento vztah platí nezávisle na tom, jakým způsobem se mění energie tělesa (změnou jeho rychlosti, jeho deformací, změnou vnitřní energie, …).

Mezi celkovou energií soustavy *E* a hmotností soustavy *m* pak platí vztah http://fyzika.jreichl.com/data/3_str_dynamika_soubory/image023.png. Tato rovnice vyjadřuje Einsteinův vztah mezi hmotností a energií.

Uvedený vztah patří mezi nejvýznamnější výsledky speciální teorie relativity. Energie a hmotnost jsou dvě různé veličiny,pomocí uvedeného vztahy jsou však vzájemně spjaty. Při experimentálním ověřování vztahu http://fyzika.jreichl.com/data/3_str_dynamika_soubory/image020.png je třeba prokázat, že se při každé změně energie http://fyzika.jreichl.com/data/3_str_dynamika_soubory/image021.png určitého materiálního objektu jeho hmotnost mění o http://fyzika.jreichl.com/data/3_str_dynamika_soubory/image024.png. Vzhledem k velké hodnotě rychlosti světla odpovídá dané změně energie http://fyzika.jreichl.com/data/3_str_dynamika_soubory/image021.png makroskopického tělesa obvykle malá změna hmotnosti http://fyzika.jreichl.com/data/3_str_dynamika_soubory/image022.png. V klasické fyzice lze proto hmotnost těles považovat za konstantní a nezávislou na energii. Vztah http://fyzika.jreichl.com/data/3_str_dynamika_soubory/image020.png byl ale ověřen (a je úspěšně používán) v celé řadě experimentů z oblasti jaderné fyziky. Na využití důsledků plynoucích z tohoto vztahu je založena činnost jaderného reaktoru, jaderná bomba nebo termonukleární bomba a má velký význam v astrofyzice (původ sluneční energie, energie hvězd…).

Je-li částice nebo těleso vzhledem k dané vztažné soustavě v klidu, pak energii této částice nebo tělesa nazýváme klidová energie http://fyzika.jreichl.com/data/3_str_dynamika_soubory/image025.png. Mezi klidovou energií http://fyzika.jreichl.com/data/3_str_dynamika_soubory/image025.png a klidovou hmotností

http://fyzika.jreichl.com/data/3_str_dynamika_soubory/image003.png platí vztah http://fyzika.jreichl.com/data/3_str_dynamika_soubory/image026.png. Celková (relativistická) energie *E* tělesa se pak určí jako součet klidové energie http://fyzika.jreichl.com/data/3_str_dynamika_soubory/image025.png a kinetické energiehttp://fyzika.jreichl.com/data/3_str_dynamika_soubory/image027.png: http://fyzika.jreichl.com/data/3_str_dynamika_soubory/image028.png.

Pro celkovou energii soustavy platí zákon zachování energie:

Celková energie izolované soustavy zůstává při všech dějích probíhajících uvnitř soustavy konstantní.

Řešený příklad:

Určete přírůstek hmotnosti při ohřátí 10 kg vody z 0 °C na 100 °C.

**Řešení:***m = 10 kg , t1 = 0 °C , t2 = 100 °C , c = 4200 J ∙ kg -1∙ °C -1 , c = 3∙108 m ∙ s -1, ∆m = ? kg*

Při ohřátí vody je potřeba dodat teplo Q

http://www.sbirkaprikladu.cz/userfiles/9/image/f8_1.png

http://www.sbirkaprikladu.cz/userfiles/9/image/f8_2.png

Ohřátím se zvýšila vnitřní energie vody o hodnotu dodaného tepla.

http://www.sbirkaprikladu.cz/userfiles/9/image/f8_3.png

Podle Einsteinova vztahu mezi hmotností a energií platí

http://www.sbirkaprikladu.cz/userfiles/9/image/f8_4.png

Po úpravě a dosazení vypočítáme změnu hmotnosti

http://www.sbirkaprikladu.cz/userfiles/9/image/f8_5.png

**Odpověď:**Ohřátá voda má o 4,7∙10 -11 kg větší hmotnost.