

Fysikpapper för N3 | Om relativitetsteori

En sammanfattning av vad vi gått igenom. Notationen är inte exakt som i boken så notera skillnaderna. Håll alltid reda på vilket system som rör sig och vilket som är stilla! Kommentarer är i kursiverad stil.

Grunden i speciella relativitetsteorin är antagandet att ljushastigheten är densamma för alla betraktare, dvs. oavsett betraktarens egen hastighet relativt ljuskällan. Det är detta antagande som leder till alla andra effekter. Teorin är mycket väl testad experimentellt.

Inertialsystem = ett referenssystem som inte accelererar (dvs. är i vila - även om det rör sig med konstant hastighet). Speciella relativitetsteorin handlar bara om inertialsystem. *Den allmänna relativitetsteorin handlar om icke inertialsystem och gravitation.*

Tidsdilatation

En klocka ombord på en farkost som rör sig i förhållande till betraktaren upplevs av betraktaren som att gå långsammare.

Eller, lite krångligare, tidsskillnaden mellan 2 händelser beror av hastigheten (relativt händelsernas inertialsystem) som en betraktare rör sig med. Hög hastighet relativt inertialsystemet för händelserna innebär att tidsskillnaden ökar.

$$t = t_0 / \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}},$$

där t är den uppmätta tiden och t *egentiden* i systemet där händelserna sker.

Längdkontraktion (Lorentzkontraktion)

Längden på ett föremål beror av hastigheten, relativt föremålet, för betraktaren. Det krymper på längden om betraktaren rör sig enligt

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}},$$

där L är den uppmätta längden och L_0 vilolängden. OBS: det är bara längden i rörelseriktningen som påverkas.

Eller, lite krångligare, avståndet mellan 2 händelser beror av hastigheten (relativt händelsernas inertialsystem) som en betraktare rör sig med. Hög hastighet relativt inertialsystemet för händelserna innebär att avståndet i rörelseriktningen minskar.

Tidsdilatationen och längdkontraktionen gör att olika observatörer sällan är överens om tider och längder. Detsamma gäller för samtidighet; händelser som sker samtidigt för en betraktare behöver inte göra detta för andra betraktare (som rör sig med annan hastighet)

Energi och rörelsemängd

När en partikel rör sig med mer än ca. 10% av ljushastigheten är det lämpligt att börja räkna relativistiskt.

Relativistisk rörelseenergi innebär en mätbar massökning* hos föremålet som rör sig:

$$E_k = mc^2 - m_0c^2,$$

där m_0 är föremålets vilomassa och

Jonn Lantz

Din fysiker i frontlinjen

jonn@kitas.se

031-825218

$$m = m_0 / \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

föremålets relativistiska massa (dvs massa som en stillastående observatör mäter hos partikeln som rör sig).

*Strunta i att boken inte gillar begreppet "relativistisk massa" (se sid. 303), det är ett utmärkt sätt att se på saken på denna nivå. Vill man vara mer korrekt är det bättre att tala om en partikels **energi** än dess relativistiska massa – men det skulle krångla till texten här. Se http://en.wikipedia.org/wiki/Relativistic_mass för mer information.

Rörelsemängden hos ett föremål är

$$p = mv = m_0 v / \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

I relativistiska beräkningar konserveras alltid både energi och rörelsemängd!

Precis som i ickerelativistiska beräkningar sätter man helt enkelt $p_{\text{före}} = p_{\text{efter}}$ och $E_{\text{före}} = E_{\text{efter}}$. Räkningen sker på samma sätt, även om den här ofta blir lite krångligare.

Notera att inte bara rörelseenergi ökar en partikels relativistiska massa utan även tex temperatur. Rörelseenergi kan inte "försvinna" till värme friktion som den kan göra ickerelativistiskt, utan syns fortfarande som en relativistisk massökning.

Relativitetsteorin säger helt enkelt att **massa och energi är två sidor av samma sak**. Den totala energin hos ett föremål ges av $E = mc^2$, där m är den relativistiska massan*. Även vilomassa kan omvandlas till energi, vilket tex. sker i många kärnreaktioner. Energi kan även "bindas" till vilomassa (tex i stora acceleratörer där nya partiklar skapas i partikelkollisioner).

Gränsen till icke relativistisk fysik

när man när hastigheterna är så pass låga att faktorn $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \rightarrow 1$. Således blir rörelsemängden densamma som den ickerelativistiska, liksom tider och längder. Rörelseenergi är lite knepigare, men om vi använder att

$$1 / \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \approx 1 + \frac{v^2}{2c^2}, \text{ om } v \ll c \text{ (läs } v \text{ är mycket mindre än } c),$$

och sätter in detta i uttrycket för rörelseenergin får vi tillbaka det ickerelativistiska uttrycket

$$E_k = \frac{mv^2}{2}.$$

Slutligen: det finns inga verkliga relativistiska paradoxer, bara räknefel!

Petnoga: jag skriver "ickerelativistiskt" istället för "klassiskt" om låga hastigheter som det står i boken. Detta pga. att ordet "klassisk" formellt skiljer kvantfysik från klassisk fysik. Relativistisk fysik är i denna mening klassisk och det finns faktiskt kvantmekanisk, dvs ickeklassisk, relativitetsteori. Nej, detta kommer inte på provet.

Jonn Lantz

Din fysiker i frontlinjen

jonn@kitas.se

031-825218