

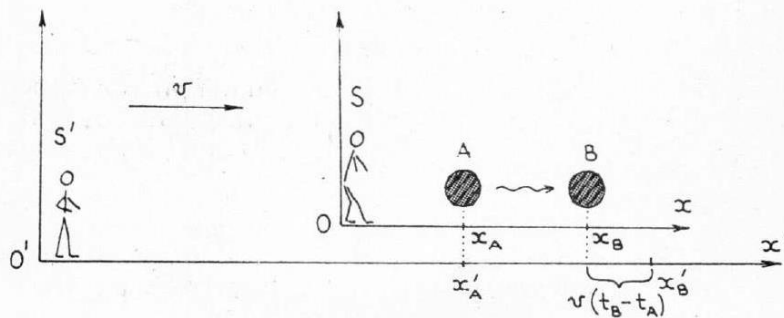
Д.2. ОСНОВИ СПЕЦИЈАЛНЕ ТЕОРИЈЕ РЕЛАТИВНОСТИ

Класична механика тврди да су сви инерцијални системи референције равноправни; механичке појаве се са гледишта посматрача у разним оваквим системима одвијају на исти начин, те се њиховим посматрањем унутар самог система његово кретање не може констатовати. Овај се став назива *класичним или Галилејевим принципом релативности*. То значи да се све механичке појаве у свим инерцијалним системима морају описивати законима истог облика. Класична механика, затим, сматра да ни просторне димензије ни ток времена не зависе од стања кретања посматрача; то су апсолутне и једна од друге независне величине. Одавде следи веома важан закључак садржан у *принципу дејства на даљину*, који каже да брзина простирања узајамног деловања између два тела мора бити *бесконачна*.

Покажимо да из основних премиса класичне физике следи да ово заиста мора да буде тако. Посматрајмо два инерцијална система, S и S' који се узајамно крећу релативном брзином v дуж заједничке x -осе. Нека су тела A и B у систему S непокретна и нека се у тренутку времена t_A на телу A деси нека промена. Претпоставимо да се узајамно дејство између тела A и B простира коначном брзином C . Тада „сигнал“ о промени на телу A стиже до тела B за време $\Delta t = t_B - t_A$ брзином: $C = \frac{x_B - x_A}{t_B - t_A} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$. Посматрач из система S' овај процес види на следећи начин.

Сигнал пређе растојање $\Delta x' = x'_B - x'_A$ за време $\Delta t' = t'_B - t'_A$.

Брзина простирања сигнала је по њему једнака $C' = \frac{\Delta x'}{\Delta t'}$. Ако посматрач S' жели да свој резултат упореди са резултатом посматрача S прво мора своје координате тачака A и B да изрази преко координата истих тачака посматрача S . Са слике Д.2-1 види се да је (ако су се у тренутку $t_0 = 0$ тачке O и O' поклапале):



Сл. Д.2-1

$$x'_A = x_A + vt_A; \quad t'_A = t_A \quad \text{(Галилејеве трансформације)} \quad (D2.1)$$

$$x'_B = x_B + vt_B; \quad t'_B = t_B$$

Оваква класична веза координата и времена истог догађаја у различитим инерцијалним системима назива се *Галилејевим трансформацијама*. Из њих следи да је:

$$c' = \frac{\Delta x'}{\Delta t'} = \frac{x'_B - x'_A}{t'_B - t'_A} = \frac{x_B - x_A + v(t_B - t_A)}{t_B - t_A} = \frac{\Delta x}{\Delta t} + v = c + v \quad (D2.2)$$

Нисмо добили ништа друго до очекивани класични став о сабирању брзина, из кога видимо да је за посматрача S' брзина простирања узајамног деловања другачија од оне коју види посматрач S . По Галилејевом принципу релативности, међутим, и S и S' морају сваки процес, па тиме и ову брзину, да виде на исти начин, што је могуће само у случају ако је она бесконачна.

Ако би се, дакле, испоставило да је брзина простирања узајамног деловања коначна били бисмо принуђени да напустимо неке од основних претпоставки класичне механике. Крајем прошлог столећа то се управо и догодило.

Проучавањем електромагнетних појава утврђено је да се узајамно дејство између наелектрисаних тела преноси брзином простирања светлости у вакууму, c . Такође је утврђено да је ова брзина иста у свим инерцијалним системима. Алберт Ајнштајн је 1905. године на основу ових експерименталних резултата, претходне ставове уопштио на све појаве у природи, формулишући их у облику два постулата специјалне теорије релативности:

1. АЈНШТАЈНОВ ПРИНЦИП РЕЛАТИВНОСТИ

Сви физички процеси одвијају се у свим инерцијалним системима на исти начин и описују се законима истог облика.

2. ПРИНЦИП КОНСТАНТНОСТИ БРЗИНЕ СВЕТОСТИ

Брзина простирања свих узајамних деловања једнака је c и иста је у свим инерцијалним системима референције.

Само из доследне примене ових постулата неизбежно следе све разлике између класичне и релативистичке физике. Из претходног разматрања видели смо да коришћење Галилејевих трансформација не може да обезбеди да истовремено важе оба постулата; ако је брзина простирања узајамног деловања коначна онда је нарушен принцип релативности. Следи да се интервали простора, Δx , и времена, Δt , при преласку из једног у други инерцијални систем не могу да трансформишу по уобичајеним и интуитивно јасним Галилејевим, већ по неким другим трансформацијама које треба да обезбеде такву промену просторних и временских интервала, која би учинила да брзина светлости c буде иста у свим системима. Ове релативистичке,

Лоренцове трансформације, за просторне координате и време гласе:

$$\begin{aligned}x' &= (x + vt)\gamma \\ t' &= \left(t + \frac{v}{c^2}x\right)\gamma \quad (\text{Лоренцове трансформације})\end{aligned}\quad (\text{Д2.3})$$

где смо са γ означили добро познати израз: $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$.

Одавде следи да су интервали Δx и Δt , за које поремећај стигне са тела A на тело B , гледано из система референције S' , једнаки:

$$\begin{aligned}\Delta x' &= x'_B - x'_A = (\Delta x + v\Delta t)\gamma \\ \Delta t' &= t'_B - t'_A = \left(\Delta t + \frac{v}{c^2}\Delta x\right)\gamma.\end{aligned}$$

Сада посматрач S' види брзину c као

$$c' = \frac{\Delta x'}{\Delta t'} = \frac{\Delta x + v\Delta t}{\Delta t + \frac{v}{c^2}\Delta x}.$$

Дељењем имениоца и бројиоца са Δt добија се:

$$c' = \frac{\frac{\Delta x}{\Delta t} + v}{1 + \frac{v}{c^2} \frac{\Delta x}{\Delta t}} = \frac{c + v}{1 + \frac{vc}{c^2}} = c! \quad (\text{Д2.4})$$

Видимо да се резултати мерења брзине светлости у оба система поклапају што нам коначно и потврђује да Лоренцове трансформације јесу прави математички израз постулата специјалне теорије релативности. Истовремено смо добили и већ познати релативистички израз за сабирање брзина (уместо класичног израза (Д2.2)).

Све, такозване, необичне разлике између класичног и релативистичког схватања сада проистичу само из доследне примене Лоренцових трансформација. Набројимо неке особености које смо већ упознали:

1. став о релативистичком сабирању брзина,
2. скраћење дужина у правцу кретања,
3. дилатација (продужење) временских интервала,
4. зависност масе од брзине.

Нагласимо још једном да је у сопственом систему референције $v=0$, а $\gamma=1$, те да се у њему, али само у њему, не јављају никакве особености (на пример, просторна растојања и ток времена се не мењају, маса је једнака m_0 , итд.). Једина разлика у односу на класично схватање је у томе да се узајамно дејство преноси брзином c . Све наведене разлике испољавају се само при посматрању датог процеса из других инерцијалних система, који се у односу на сопствени крећу неком брзином $v \neq 0$.

Специјална теорија релативности данас представља потпуно заокружену теорију, која је потврђена огромним експерименталним искуством, и као таква уграђена у све савремене физичке теорије које описују појаве у микросвету — свету малих маса, а великих брзина. Она поседује све атрибуте праве теорије — објаснила је велики круг познатих природних појава, али је, осим тога, и предвидела читав низ непознатих појава.

Међутим, при описивању појава у макросвету употреба специјалне теорије релативности само непотребно компликује разматрање, јер, при том, због малих брзина, не доводи до резултата различитих од резултата класичне механике која се, стога, у макросвету успешно и даље користи.