

ՀՏԴ 53.01Ֆիզիկա

Կարեն ԱՐԱՄՅԱՆ

ԱրՊՀ մաթեմատիկայի և ֆիզիկայի ամբիոնի պրոֆեսոր, ֆ.մ.գ.թ.

E-mail: k_aramyan@rambler.ru

Աննա ԳԱՍՊԱՐՅԱՆ

ԱրՊՀ, Մաթեմատիկայի և ֆիզիկայի ամբիոնի ասիստենտ

E-mail: gasparyananna1997@mail.ru

ՀԱՐԱԲԵՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՏԵՍՈՒԹՅԱՆ ՊԱՐԱԴՈՔՍՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ: ԵՐԿՎՈՐՅԱԿՆԵՐԻ ՊԱՐԱԴՈՔՍԸ

Հոդվածում համառոտ դիտարկված են հարաբերականության տեսության հիմունքները և նրանց հետևանքը, որը հայտնի է որպես երկվորյակների պարադոքս:

Նյութը կարող է օգտակար լինել միջնակարգ դպրոցների ուսուցիչներին և աշակերտներին ֆիզիկայի խորացված ուսումնասիրության ժամանակ:

Բանալի բառեր՝ հարաբերականության տեսություն, հաշվարկման համակարգ, ռելյատիվիստական, իրադարձություն, ինտերվալ, Լորենցի ձևափոխություն, երկվորյակների պարադոքս:

К. Арамян, А. Гаспарян

О ПАРАДОКСАХ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ.

ПАРАДОКС БЛИЗНЕЦОВ

В работе вкратце рассматриваются основы теории относительности и одно из следствий, известное как парадокс близнецов. Может быть полезна учителям и учащимся средних школ при углубленном изучении курса физики.

Ключевые слова: Теория относительности, система отсчета, релятивистский, событие, интервал, преобразования Лоренца, парадокс близнецов:

K. Aramyan, A. Gasparyan

ON THE PARADOXES OF THE THEORY OF RELATIVITY.

THE TWINS PARADOX

The paper briefly discusses the foundations of the theory of relativity and one of the consequences known as the twin paradox. It can be useful for teachers and students of secondary schools for an in-depth study of the physics course.

Key words Theory of relativity, frame of reference, relativistic, event, interval, Lorentz transformations, twin paradox:

Սույն հոդվածը նվիրված է հարաբերականության հատուկ տեսության պարադոքսներին:

Դիտարկվում են ռելյատիվիստական պատկերացումները, Լորենցի ձևափոխությունները և դրանց հետևանքները: Նկարագրված է հարաբերականության տեսության պարադոքսներից մեկը՝ երկվորյակների պարադոքսը:

Մեր ժամանակներում շատերն են հետաքրքրվում հարաբերականության տեսությամբ, առավել ևս դպրոցականներն և ուսանողները: Եվ ուսուցիչների համար օգտակար է ունենալ բավականին պարզ շարադրանք, որը հնարավորություն է տալիս երևույթը ներկայացնել աշակերտներին: Այդպիսի շարադրանքը կարևոր է նաև նրանց համար, ովքեր պատրաստվում են դառնալ միջնակարգ դպրոցների ուսուցիչ:

Ներկայացված նյութը ավելին է, քան նախատեսված է դպրոցական դասընթացի ծրագրում: Ցանկալի է, որ ուսուցիչը դուրս գա այդ ծրագրի շրջանակներից՝ աշակերտների հետ կատարելով խմբակային և հետազոտական աշխատանքներ:

Սահմանվում է տեսության հիմքում ընկած հարաբերականության սկզբունքը: Այն է՝

Հաշվարկման իներցիալ համակարգերում (ՀԻՀ) բնության բոլոր երևույթների նկարագրությունը կատարվում է նույն ձևի, նույն օրենքներով:

Հարաբերականության հատուկ տեսության հիմնական խնդիրն է հանդիսանում այնպիսի օրենքների բացահայտումը, որոնք կախված չեն ՀԻՀ-ի ընտրությունից:

Հարաբերականության հատուկ տեսությունը (ՀՀՏ) նման չէ ֆիզիկայի այլ բաժիններին. նրա մաթեմատիկական ապարատը համեմատաբար պարզ է, ինչպես նաև պոստուլատները, սակայն այդ պարզության հետևում թաքնված է գաղափարների և հայտնագործությունների մի հանգույց, որ դարձել է 20-րդ դարի ֆիզիկայի նվաճում:

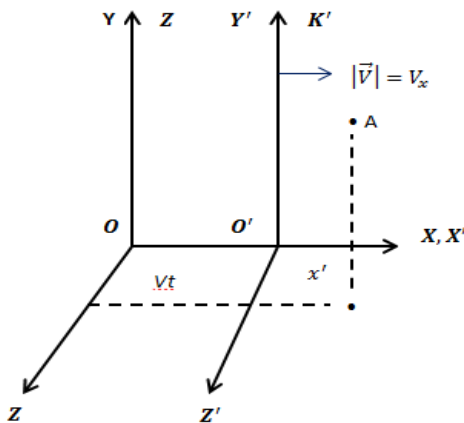
Հարաբերականության հատուկ տեսության բազմաթիվ եզրակացությունների պարադոքսալ լինելը հետևանք է այն բանի, որ մենք ընտելացել ենք մի շարք պատկերացումների և գաղափարների, անհիմն ընդունելով այդ պնդումները, որպես մշտական և անփոխարինելի ճշմարտություն:

Սահմանված են ժամանակի և տարածության մասին ռելյատիվիստական պատկերացումները:

Ներկայացված աշխատանքը կարող է օգտակար լինել միջին դպրոցի ուսուցիչներին՝ քննվող թեմայի խորացված ուսումնասիրության նպատակով:

1. Հարաբերականության հատուկ տեսության հիմնական գաղափարները: [1]

Ցանկացած ֆիզիկական փորձի ժամանակ ենթադրվում է, որ այն կատարվում է որոշակի պայմաններում, որոշակի համակարգում: Հաշվարկման



Նկ.1

համակարգի(ՀՀ) կիրառումը ամենից սովորական բնության է կրում մեխանիկայում: Մեխանիկական

սկզբում է շարժման նկարագրությունից, իսկ դրա համար առաջին հերթին պետք է ունենալ մարմին, որի նկատմամբ դիտարկվում է այլ մարմինների շարժումը: Ընտրված մարմնի հետ կապված է կոորդինատական համակարգը (Նկ.1): Ֆիզիկայում կոորդինատական համակարգը պարտադիր կապված է նյութական մարմնի հետ: Պարզության համար

օգտվում են բացառապես ուղղանկյունաձև դեկարտյան համակարգից:

Դիտարկենք փոքր չափ ունեցող մարմիններ, մարմինների պտույտները չեն դիտարկվի: Մեխանիկայում այդպիսի մարմինները անվանում են *նյութական կետ*: ՀՀS-ում «նյութական կետ» տերմինը փոխարինվում է «մասնիկ» տերմինով: Մասնիկի շարժումը նկարագրելու համար անհրաժեշտ է նաև ժամացույց: Որպեսզի որոշվի X առանցքի երկայնքով հավասարաչափ շարժվող մասնիկի արագությունը, պետք է իմանալ նրա x_1 և x_2 կոորդինատները ժամանակի t_1 և t_2 պահերին, այդ դեպքում արագությունը հավասար է $(x_2 - x_1)/(t_2 - t_1)$: Հետևաբար, այդ պարզագույն դեպքում պետք է ունենալ երկու ժամացույցներ՝ t_1 և t_2 ՝ ժամանակները x_1 և x_2 կետերում որոշելու համար:

Նյութական մեխանիկայում ենթադրվում է, որ կամայական ՀՀ-ում բավական է ունենալ մեկ ժամացույց, որպեսզի գտնվի իրադարձության ժամանակը: Դիտարկենք ՀՀS-ում կարևոր երկու գաղափար:

Իրադարձությունը այն ամենն է, ինչ տեղի է ունենում ժամանակի տվյալ պահին տարածության տվյալ կետում: Իրադարձությունների օրինակներ են հանդիսանում՝

1. լույսի ակնթարթային առկայծումը տարածության փոքր տիրույթում,
2. մասնիկի շարժումը է ինչ -որ կորագիծ հետագծով. ժամանակի որոշակի t պահին այդ մասնիկը գտնվում է x, y, z կոորդինատներով կետում դա նույնպես իրադարձություն է:

Իրադարձությունը բնութագրվում է չորս թվերով՝ x, y, z տարածական կոորդինատներով և t ժամանակով, որը ՀՀՏ-ում անվանում են «ժամանակային կոորդինատ»: Ասում են, որ (x, y, z, t) թվերը իրադարձության կոորդինատներն են: Արագությունը որոշելու համար պետք է որոշել երկու իրադարձություն՝ (x_1, t_1) և (x_2, t_2) : Ինչպե՞ս կարելի է հաշվարկման համակարգում գտնվող ժամացույցի օգնությամբ որոշել, թե երբ է մասնիկը գտնվել x_1 կետում և այնուհետև x_2 կետում:

Նյուտոնյան մեխանիկայում համարվում էր, որ երբ մասնիկը լինի x_1 կամ x_2 կետում, այնտեղից առանց հապաղման դրա մասին կարելի է հաղորդել այն կետը, որտեղ գտնվում է ժամացույցը: ՀՀՏ-ում ինֆորմացիայի հաղորդման մասին ասում են՝ հաղորդել ազդանշան:

Ազդանշանը այն ցանկացած պրոցեսն է, որը հնարավորություն է տալիս մի կետից մյուսը հաղորդել ուժային ազդեցություն, որը կարող է այդ կետում միացնել կամ անջատել ինչ-որ սարք:

1 կետից 2 կետ ուղարկել ազդանշան նշանակում է 2 կետում գտնվող սարքին հաղորդել իմպուլս, սակայն իմպուլսը միշտ փոխանցվում է էներգիայի հետ, այդ պատճառով ազդանշանը հանդիսանում է տարածության մեջ էներգիայի փոխանցման պրոցես:

Դասական մեխանիկայում ենթադրվում է, որ էներգիան և իմպուլսը կարող են փոխանցվել անվերջ մեծ արագությամբ: Եթե դա այդպես է, ապա կարելի է բավարարվել մեկ ժամացույցով, որը անշարժ է տվյալ հաշվարկման համակարգում, ինչը և անում են դասական մեխանիկայում: Այսպիսով, դասական մեխանիկայի ՀՀ-ն ընդգրկում է հաշվարկման մարմին, կոորդինատական համակարգ, ժամացույց, ինչպես նաև երկարության և ժամանակի էտալոններ:

Այնշտայնի հարաբերականության սկզբունքը: Գալիլեյը բացահայտել է, որ ուղղագիծ հավասարաչափ շարժման վիճակը չի ազդում մեխանիկական պրոցեսի վրա: Գալիլեյը չէր մտածել այլ երևույթների մասին, քանի որ այն ժամանակ ողջ ֆիզիկան կազմում էր մեխանիկան: Մինչև 19-րդ դարի կեսը կարծում էին, որ ողջ ֆիզիկական երևույթները կարելի է բացատրել Նյուտոնյան մեխանիկայի միջոցով:

19-րդ դարի կեսերին ստեղծվեց էլեկտրամագնիսական երևույթների տեսությունը (Մաքսվելի տեսությունը): Նույն ժամանակ ստեղծվեց ջերմային երևույթների տեսությունը՝ թերմոդինամիկան և վիճակագրական ֆիզիկան: Հարց ծագեց թե ի՞նչ ազդեցություն ունի ուղղագիծ հավասարաչափ շարժումը բոլոր ֆիզիկական երևույթների վրա:

ՀՀՏ-ի առաջին պոստուլատն է Այնշտայնի հարաբերականության սկզբունքը, որի համաձայն՝ նույն պայմաններում բոլոր ֆիզիկական երևույթները հաշվարկման բոլոր իներցիալ համակարգերում ընթանում են նույն ձևով:

Այսպիսով, Այնշտայնի հարաբերականության սկզբունքը հանդիսանում է Գալիլեյի հարաբերականության սկզբունքի ընդհանրացումը բնության բոլոր երևույթների վրա: Բնությունը միասնական է, և գոյություն ունի երևույթների միասնական կապ:

Այս կանխադրություններից հետևում է, որ հաշվարկման իներցիալ համակարգում կատարված որևէ մի փորձի միջոցով հնարավոր չէ պարզել, թե համակարգն արդյոք դադարի վիճակում է, թե շարժվում է:

Մի իներցիալ համակարգից մյուսին անցնելիս ֆիզիկայի օրենքների մաթեմատիկական ձևակերպումները չպետք է փոխվեն:

Դա նշանակում է, որ ինչպես Նյուտոնի օրենքները, այնպես էլ ֆիզիկայի մեկ այլ բաժնի օրենքներն արտահայտող հավասարումները տարբեր հաշվարկման իներցիալ համակարգերում պետք է ունենան նույն տեսքը:

Վերջին փաստերը ցույց են տալիս, որ Գալիլեյի սկզբունքը չենք կարող կիրառել առանց սահմանափակումների բոլոր ֆիզիկական երևույթների համար: Դասական մեխանիկայում ենթադրաբար ընդունված է, որ ազդանշանները կարող են փոխանցվել անվերջ մեծ արագությամբ: Մասնավորապես, երկար ժամանակ համարում էին, որ լույսի տարածման արագությունը անվերջ է:

Լույսի արագությունը առաջինը չափեց Ռյոմերը, պարզվեց՝ այն վերջավոր է: Մաքսվելի էլեկտրադինամիկան ցույց տվեց էլեկտրամագնիսական փոխազդեցությունների փոխանցման ժամանակ արագության վերջավոր լինելը

$$v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}}$$

միջավայրում,

$$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}}, \text{ վակուումում, որտեղ } \varepsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ Ֆ/մ և } \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Հն/մ}$$

վակուումի էլեկտրական և մագնիսական հաստատուններն են, ε և μ միջավայրի դիէլեկտրական և մագնիսական հաստատուններն են:

Այնշտայնը ցույց տվեց, որ գրավիտացիոն փոխազդեցությունները ևս փոխանցվում են վերջնական արագությամբ, որի սահմանային արժեքը հանդիսանում է լույսի արագությունը վակուումում:

Ժամանակակից ֆիզիկան սովորեցնում է, որ ազդանշանները կարող են փոխանցվել միայն վերջավոր արագությամբ: Անվերջ արագ տարածվող ազդանշաններ, փոխազդեցությունների անվերջ արագ փոխանցում գոյություն չունի: Գոյություն ունի ազդանշանի փոխանցում առավելագույն արագությամբ:

Եթե առավելագույն արագությունը տարբեր լիներ հաշվարկման տարբեր իներցիալ համակարգերում, ապա կարելի էր տարբերել մի ՀԻՀ-ը մյուսից: Հետևաբար, առավելագույն արագությունը հաշվարկման բոլոր իներցիալ համակարգերում պետք է, լինի նույնը: Այսպիսով, եթե Այնշտայնի հարաբերականության հատուկ տեսությունը ճշմարիտ է և գոյություն ունի ազդանշանի փոխանցման առավելագույն արագություն, ապա արագությունը պետք է լինի նույնը բոլոր ՀԻՀ-ում:

Ըստ ժամանակակից տեսանկյունի՝ ազդանշանի փոխանցման առավելագույն արագությունը հանդիսանում է լույսի արագությունը վակուումում՝ $c \approx 3 \cdot 10^8$ մ/վ:

Այսպիսով, ՀՀՏ-ն իրավացի է այնքանով, որքանով գոյություն ունի ազդանշանի նույն առավելագույն արագությունը հաշվարկման բոլոր իներցիալ համակարգերում:

Այս կերպ, մենք մոտեցանք ՀՀՏ-ի երկրորդ կանխադրյալին՝ էլեկտրամագնիսական ալիքների (լույսի) արագությունը վակուումում նույնն է հաշվարկման բոլոր իներցիալ համակարգերում: Յուրաքանչյուր ՀԻՀ-ում այն ունի նույն արժեքը ցանկացած ուղղությամբ և տարածության ցանկացած կետում:

Ազդանշանի փոխանցման ժամանակ առավելագույն արագության գոյությունն առաջացնում է մի շարք դժվարություններ, առավել ևս դասական մեխանիկայում:

Հարաբերականության հատուկ տեսության պոստուլատի հետևանքները

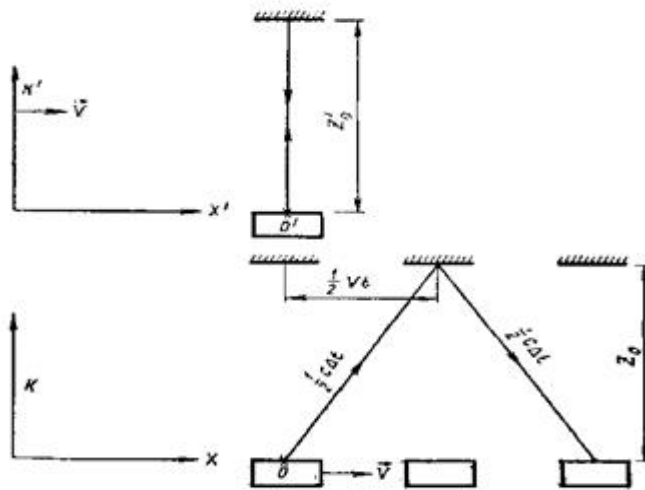
1. Այն դեպքում, երբ K և K' համակարգերում հարաբերական շարժումը կատարվում է այնպես, ինչպես ցույց է տրված նկ.1-ում, ապա Y , Z առանցքների ուղղությամբ ուղղված էտալոնների երկարությունը K և K' համակարգերում նույնն է:

2. *Ժամանակամիջոցի հարաբերականություն:* Դիտարկենք հետևյալ փորձը՝ K' համակարգի O' կետում տեղադրենք ռադար և նրանից որոշակի z'_0 հեռավորության վրա տեղադրենք հայելի (նկ.1): Ռադարը և հայելին անշարժ են K' համակարգի նկատմամբ:

O' սկզբնակետից ուղարկենք ազդանշան և սպասենք նրա անդրադարձմանը: Ազդանշանի ուղարկման և անդրադարձման միջև ընկած ժամանակահատվածը կլինի

$$\Delta t' = \frac{2z'_0}{c} :$$

Դիտարկենք այդ երկու իրադարձությունները K համակարգում: Ժամանակի սկզբնական պահին K և K' համակարգերը համընկնում են, և հենց այդ պահին ուղարկվում է ազդանշան: Ժամանակահատվածի ի՞նչ Δt ժամանակ գրանցվեց K համակարգում ազդանշանի ուղարկման և անդրադարձման արանքում:



Նկ.2

Նկ. 2-ից, ըստ Պյութագորասի թեորեմի, գտնում ենք.

$$z_0^2 + V^2 \left(\frac{\Delta t}{2} \right)^2 = c^2 \left(\frac{\Delta t}{2} \right)^2,$$

որտեղից՝

$$\Delta t = \frac{2z_0}{c} \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} :$$

Բայց քանի որ $z_0 = z'_0$, կարելի է գրել $\Delta t' = \frac{2z_0}{c}$, և վերջին հավասարությունից ստանում ենք.

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} \quad (1)$$

Երկու իրադարձությունների միջև ժամանակամիջոցը կախված է հաշվարկման համակարգից, այսինքն՝ հարաբերական մեծություն է:

Ընդունված են հետևյալ նշանակումները.

$$\frac{V}{c} = \beta, \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} = \Gamma \quad : \quad (2)$$

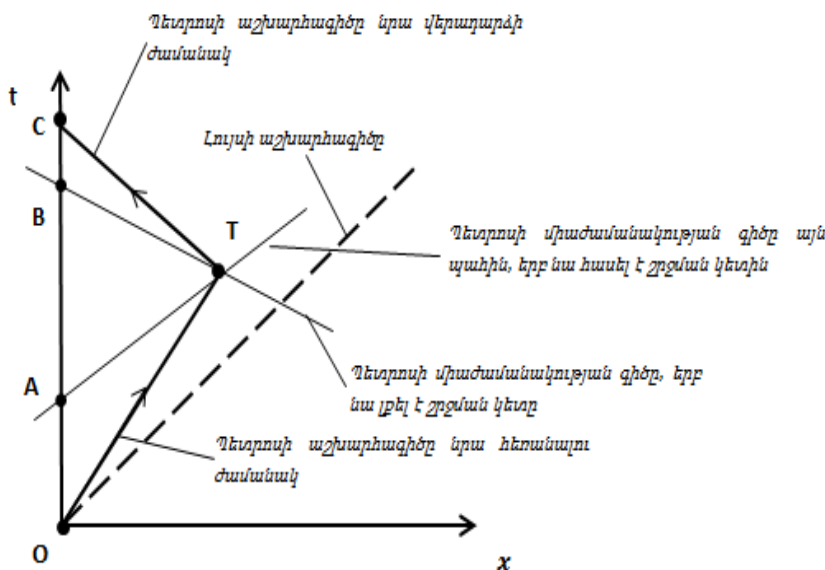
Լորենցի ուղիղ և հակադարձ ձևափոխությունները

$$\left. \begin{aligned} x' &= \Gamma(x - Vt), x = \Gamma(x' + Vt') \\ y' &= y, y = y' \\ z' &= z, z = z' \\ t' &= \Gamma\left(t - \frac{V}{c^2}x\right), t = \Gamma\left(t' + \frac{V}{c^2}x'\right) \end{aligned} \right| \quad (3)$$

Լորենցի ձևափոխություններից ստացվում են ՀՀՏ-ի պոստուլատների ողջ հետևանքները, քանի որ հենց այդ ձևափոխություններն էլ հանդիսանում են ՀՀՏ-ի պոստուլատների հետևանքներ:

2. Երկվորյակների պարադոքսը [2]

Պողոս և Պետրոս երկվորյակները բաժանվեցին այն օրը, երբ դարձան 21 տարեկան: Պետրոսն իր հաշվարկման համակարգում հաշվարկած 7 տարվա ընթացքում շարժվեց X առանցքի ուղղությամբ ($2.2 \cdot 10^5$ վ կամ $6.6 \cdot 10^{16}$ բ ժամանակ) $24/25 = 0.96c$ արագությամբ, որից հետո շարժվեց հակառակ ուղղությամբ և 7 տարվա ընթացքում վերադարձավ, մինչդեռ Պողոսը մնացել էր Երկրի վրա: Ի՞նչ տարիքում վերադարձավ Պետրոսը: Հանդիպման պահին քանի տարեկան էր Պողոսը: Գծել տարածաժամանակային դիագրամ, որը նկարագրում է Պետրոսի շարժումը: Ցույց տալ շրջադարձի և հանդիպման կետի x և t կոորդինատները: Պարզության համար վերցնել, որ Երկիրը իներցիալ համակարգ է, որտեղ և կառուցվել է դիագրամը, կոորդինատների սկիզբն ընդունել Պետրոսի մեկնումը:



Վերադառնալով 14 ամյա ճամփորդությունից՝ Պետրոսը դեռ շատ երիտասարդ է, որպեսզի ուսումնասիրի հարաբերականության տեսությունը: Քանի որ Պետրոսը, ինչպես նաև նրա եղբայր Պողոսը, գտնվել են միմյանց նկատմամբ հարաբերական շարժման մեջ, ապա երկուսն էլ պետք է նկատեն ժամացույցի ընթացքի դանդաղեցում մեկը մյուսի մոտ: Պետրոսը վերադառնալուց հետո երիտասարդ է իր երկվորյակ եղբորից: Այս պարզ պնդումը հնարավորություն է տալիս առանց դժվարության հիմնավորել ինչպես Պետրոսի ժամացույցի ընթացքի դանդաղեցման, այնպես էլ Պետրոսի ծերացման գործընթացը: Սակայն, եթե այդ պնդումը ճշմարիտ է (մտորում է Պետրոսը), ապա ինչու Պողոսի ժամացույցը նույնպես դանդաղ է ընթանում: Պետրոսը խառնաշփոթի մեջ էր:

Ինչպե՞ս պարզաբանել առաջացած հակասությունը: Կասկածները փարատելու նպատակով հարաբերականության տեսությունն ավելի խորն ուսումնասիրելուն զուգընթաց Պետրոսը համոզվում էր, որ «դիտորդ» և «դիտման ժամանակահատված» հասկացություններն ավելի բարդ են, քան ինքն ի սկզբանե մտածում էր: Նա հայտնաբերեց, որ հարաբերականության տեսությունում «դիտորդ» ասելով պետք է հասկանալ հաստատուն արագությամբ շարժվող ձողերի և քրոնոմետրերի ամբողջ համակարգ, տվյալ դեպքում այն նույն արագությամբ, որով Պետրոսն ինքն է հեռանում Երկրից ($\beta=0.96c$): Այդ ժամացույցների անընդհատ շղթան (Պետրոսի ժամացույցները և Պետրոսի հաշվարկման համակարգը) ողջ ժամանակի ընթացքում շարժվում էր Երկրի կողքով: Յուրաքանչյուր ժամացույց, շարժվելով Պողոսի կողքով, գրանցում է Պողոսի ժամացույցների ցուցմունքը և սեփական ցուցմունքներն ու դիրքը: Երբ ասում ենք, որ Պետրոսը հետևում է Պողոսին, դա նշանակում է, որ Պետրոսը ուշացումով հավաքում է այդ գրանցված տվյալները:

Պետրոսին հայտնի է, որ Պողոսի ժամացույցի ցուցմունքը փոխվում է յուրաքանչյուր երկու հերթական գրանցումների միջև միայն $\sqrt{1-\beta^2} = 7/25$ մեծության չափով, որքանով փոխվում են նաև իր մոտ գտնվող շղթայի ժամացույցների ցուցմունքները: Իսկ դրանից հետևում է, որ ճամփորդության վերջում երիտասարդ պիտի լինեք Պողոսը, ոչ թե ինքը:

Բայց իրականությունն այլ է... Պողոսը պլեհեր է արդեն:

Ինչու՞մն է բացթողումը:

Դա պարզելու համար Պետրոսը մտովի նորից փորձեց վերհիշել իր ճամփորդության բոլոր փուլերը: Առաջնահերթ նա հիշեց այն պահը, երբ դադարեց հեռանալ Երկրից ու սկսեց վերադառնալ:

«Ես կանգ առա, սկսեցի հետ շարժվել, բայց..., հանկարծ հարցրեց նա ինքն իրեն, - իսկ իմ իներցիալ համակարգը: Ինչպե՞ս կարող էր հետ շարժվել իներցիալ համակարգը»: Եվ նա սկսեց մանրակրկիտ հետազոտել այդ խնդիրը: Նրա համար պարզ դարձավ, որ իր ճամփորդության առաջին մասում

օգտագործվող հաշվարկման համակարգը (մասնավորապես, իր ժամացույցների համակարգը, որոնք գրանցում էին ինֆորմացիան Երկրից հեռանալուց հետո ամբողջ յոթ տարվա ընթացքում) պետք է շարունակի իր արագ շարժումը այնպես, ինչպես մայրուղիում մեքենաների հոսքը, երբ ընդամենը մեկ մեքենա շրջվում և շարժվում է հետ: Տուն վերադառնալու ընթացքում Պետրոսին ուղեկցում էր այլ ժամացույցների հոսք՝ երկրորդ իներցիալ հաշվարկման համակարգը: Հետդարձի ողջ յոթ տարվա ընթացքում նրա կողքով շարժվում էին այդ երկրորդ հոսքի նույն ժամացույցները: Երբ այդ ժամացույցներն ընդունեցին էստաֆետը, նրանց վրա դրված էր ժամանակ (7 տարի), որոնք ցույց էին տալիս հեռացած ժամացույցները: Եվ նրանք ցույց տվեցին 14 տարի այն պահին, երբ Պետրոսը կրկին հանդիպեց Պողոսին: Վերադարձող ժամացույցների շղթան անցնում էր Երկրի կողքով ամբողջ այդ յոթ տարվա ընթացքում: Մեկ առ մեկ նրանք գրանցեցին իրենց սեփական ցուցմունքները և Պողոսի ժամացույցի ցուցմունքները: Եվ այդ վերադարձի ամբողջ յոթ տարվա ընթացքում տվյալները ցույց տվեցին, որ Պողոսի ժամացույցները գրանցում են միայն 7/25 անցած ժամանակը: Իսկ յոթ տարվա 7/25-ը 1.96 տարի է:

Պետրոսը մտածում է՝ հիմա ստացվում է, որ Պողոսը պետք է որ ծերացած լինի 1.96 տարով իմ ճամփորդության ընթացքում դեպի այնտեղ և 1.96 տարով իմ ճամփորդության ընթացքում դեպի հետ, այն է՝ ընդհանուրը 3.92 տարով: Եվ դրա հետ մեկտեղ գիտեմ նաև, որ ես ծերացել եմ 14 տարով և ես գիտեմ, որ իրականում նա ավելին է ծերացել: Ի՞նչ եմ բաց թողնում այսպես դատելով: Դրան զուգահեռ նա գծեց տարածության-ժամանակի դիագրամը, և հենց այստեղ լուծվեց իր հակասությունը: Նա նկատեց, որ մինչև հիմա հաշվի չի առել ժամանակի AB հատվածը: Պետրոսը հայտնաբերեց, որ այդ ժամանակի հաշվումը համապատասխանում է այն փոփոխությանը, որն անհրաժեշտ է անցման ընթացքում միաժամանակյա համակարգերի միջև հեռացող և վերադարձող հաշվարկման համակարգերի միջև: Հաշվարկներն այդ ժամանակահատվածի համար տալիս են 46.08 տարի: Այդ փոփոխությունը պետք է ավելացնել Պողոսի այն ժամանակին, որը չափված էր երկու համապատասխան ժամացույցների համակարգերով՝ Պետրոսի հաշվարկման համակարգում: Այդ դեպքում Պետրոսը կարողացավ վերջնականապես հաշվել Պողոսի տարիքը (հաշվի առնելով իրենց սկզբնական տարիքը՝ 21 տարին)՝

$$21 + 1.96 + 46.08 + 1.96 = 71 \text{ տարի:}$$

Իսկ ինքը կարող էր ուրախանալ իր հարաբերական երիտասարդությամբ՝

$$21 + 14 = 35 \text{ տարի:}$$

Գրականություն

1. Пеннер Д.И., Угаров В.Ф., Электродинамика и специальная теория относительности. Просвещение 1980.
2. Тейлор Э.Ф., Уилер Дж. А., Физика пространства-времени . Издательство Мир. Москва 1971.

Հոդվածը տպագրության է երաշխավորել ԱրՊՀ մաթեմատիկայի և ֆիզիկայի ամբիոնը ք: