

## ***ՀԵՏԱԶՈՏԱԿԱՆ ԱՇԽԱՏԱՆՔ***

Թեման՝ Զանգվածի հասկացության էվոլյուցիան

Կատարող՝ Գևորգ Մուրադյան

Մասնագիտական բաժնի ղեկավար՝ Հայկուհի Մայիսի Սիրեկանյան

ԱՇՏԱՐԱԿԻ Ն. ՍԻՍԱԿՅԱՆԻ ԱՆՎԱՆ Թ5 ԱՎԱԳ ԴՊՐՈՑ

2022թ

## Բովանդակություն

Ներածություն .....	3
Զանգվածի հասկացությունը անտիկ շրջանում .....	4
Զանգվածի հասկացությունը միջնադարում .....	7
Զանգվածի հասկացությունը ժամանակակից ֆիզիկայում ...	11
Եզրակացություն .....	14
Օգտագործված գրականության ցանկ .....	15

# **ԶԱՆԳՎԱԾԻ ՀԱՄԿԱՑՈՒԹՅԱՆ ԷՎՈԼՅՈՒՑԻԱՆ**

## **Ներածություն**

Այս հետազոտական աշխատանքի ուսումնասիրության առարկան հանդիսանում է այն, ինչը ֆիզիկայում դիտարկվում է որպես համեմատականության գործակից կամ իներցիայի գործակից:

Ակտիվ հետազոտողի համար զանգված հասկացությունը կարծես դժվարություններ չի առաջացնում: Նրա գիտակցությունը աստիճանաբար հարմարվում է այդ գաղափարի անարգել օգտագործմանը: Դրա կիրառման դժվարությունները առաջանում են միայն ակադեմիական կուրսերի յուրացման սկզբնական շրջանում: Նույնիսկ ժամանակակից տարրական մասնիկների և դաշտերի տեսություններում, որտեղ զանգվածը կարևոր դեր է կատարում, ֆիզիկոսի ուշադրության կենտրոնում ոչ թե զանգվածի գաղափարն է, այլ դրա մաթեմատիկական ներկայացումը:

Մյուս կողմից ֆիզիկայի տարրական դասընթացում զանգվածի գաղափարը բավականին բարդ է և խճճված: Ոչ մի դասագիրք չի տալիս այդ հասկացության տրամաբանական և գիտականորեն անվիճելի սահմանում: Իսկապես զանգվածը այն հիմնական հասկացություններից է, որի իրական նշանակությունը ընկալվում է աստիճանաբար, այն երևույթների ուսումնասիրության ընթացքում, որոնց այն վերաբերվում է:

Այս աշխատանքի նպատակն է ուսումնասիրել զանգվածի հասկացության էվոլյույթյան, ներկայացնել տարբեր ժամանակաշրջանում գերակշռող տեսակետները:

## Զանգվածի հասկացությունը անտիկ շրջանում

Հնարավոր է առաջին ֆիզիկական մեծությունները, որոնք պետք է չափումների ենթարկվեին՝ տարածությունն ու ժամանակն էին, ավելի ճիշտ՝ հեռավորությունը և տևողությունը: Սակայն դեռ նախապատմական ժամանակներից ապրանքափոխանակության և առևտրի ժամանակ անհրաժեշտություն առաջացավ ապրանքների քանակը չափել, քանի որ որոշ ապրանքներ, ինչպիսիք ցորենը և մետաղներն էին, հարմար չէր չափել հատով: Գործնական անհրաժեշտությունը հանգեցրեց նյութի քանակի գաղափարին, որը պատմականորեն նախորդել է զանգվածի հասկացությանը:

Հնում կարող էին գործածել չափումների երկու մեթոդ և երկուսն էլ իրականում կիրառվում էին. դրանք կշռումը և ծավալի չափումն էին:

Հետաքրքիր է, որ ամենաառաջին չափման միավորը, իհարկե չհաշված ժամանակի և երկարության բնական միավորները (օր, ամիս, ոտնաչափ և այլն), ոչ թե կշռի միավորն էր, այլ ծավալինը: Վաղ շրջանում կշռի միասնական միավոր չկար: Միայն ասորական Սալմանասար 5-րդ թագավորի օրոք ընդունվեց կշռի միասնական միավոր մինան (մոտ 1000գ): Բայց միննույն է ապրանքների քանակը չափվում էր տարբեր միավորներով, և դա չէր բացատրվում միայն միջազգային հարաբերությունների բացակայությամբ: Այդպիսի բազմազանությունը պայմանավորված էր զանգվածի մասին տարբեր պատկերացումներով: Զանգվածը դիտարկվում էր որպես առարկայի հատկանիշ ինչպիսին գույնն էր, հոտը կամ փխրունությունը:

Անտիկ շրջանի փիլիսոփաների և բնական գիտություններով զբաղվողների համար, ի տարբերություն առևտրականների և արհեստավորների, կշիռը նյութի քանակ չէր: Այդ դեպքում հարց է առաջանում, թե կարո՞ղ է արդյոք, այդպիսի չափ հանդիսանալ ծավալը կամ զանգվածը: Իր աշխատությունում Արիստոտելը պնդում էր հետևյալը. «ԵՎ մարմնի մատերիան, ինչպես մեծ ,այնպես էլ փոքր, նույնն է: Դա պարզ է հետևյալից. երբ ջրից օդ է առաջանում, միննույն նյութը վերածվում է այլ մարմնի ոչ թե ուրիշ նյութերին խառնվելով, այլ ուղղակի: ԵՎ օդի ու ջրի հակառակ

փոխակերպումները ընթանում են նույն ձևով, մի անգամ փոքր մեծությունից մեծին, մյուս անգամ մեծից փոքրին»<sup>1</sup>:

Ծավալի փոփոխությունը չի անդրադառնում նյութի նույնականության վրա, հետևաբար ծավալը, կշռի նման, չի կարող լինել նյութի քանակի չափ: Զանգվածը որպես նյութի քանակ Արիստոտելի համար ընդունելի չէր:

Հնագույն փիլիսոփայության և գիտության մեջ նյութի քանակի հասկացության բացակայությունը, չհաշված ծավալի և կշռի չափման գործնական մեթոդները, չէր դիտարկվում որպես հակասություն զանգվածի պահպանման սկզբունքի ընդհանուր պնդմանը: Այդ սկզբունքի փորձարարական ստուգման հարց երբեք չէր առաջանում, քանի որ այդ սկզբունքը դիտարկվում էր միայն տիեզերագիտության բնագավառում: Մատերիայի հաստատունության սկզբունքը հաստատում է ստացել Դեմոկրիտի մետաֆիզիկայում. «Ոչնչից ոչինչ չի առաջանում և ոչինչը վերածվում է ոչնչի»:

Հիդրոդինամիկայի տեսություններն ու փորձերը, հատկապես նրանք, որոնցով զբաղվում էր Արքիմեդը, տեսակարար զանգվածի և խտության միջոցով չբերեցին զանգվածի գաղափարին: Ինչ վերաբերվում է խտությանը, ապա կարելի է ցույց տալ, որ այս հասկացությունը ի սկզբանե մեկնաբանվել է որպես փոփոխվող հատկություն ինչպիսին են գույնը, հոտը և այլն: Խտության հասկացությունը իր ճշգրիտ սահմանումը ստացել է համեմատաբար վերջերս և վերագրվում է Լեոնարդ Էյլերին:

Թեև տեսակարար զանգվածի գաղափարը անուղղակիորեն ընդգրկված է Արքիմեդի հիդրոստատիկայի վերաբերյալ տրակտատի մեջ<sup>2</sup>, այնուամենայնիվ այդ տերմինը երբեք չի սահմանվել և չի կիրառվել Արքիմեդի կողմից: Ժամանակակից դասագրքերի հեղինակների և գիտությունը մասսայականացնողների կողմից Արքիմեդին վերագրվում են ոչ միայն տեսակարար զանգվածի, այլ նաև խտության գաղափարները: Այս սխալը, հնարավոր է, պայմանավորված է հետևյալ փիլիսոփայական անճշտությամբ: Արքիմեդի «Լողացող մարմինների մասին» տրակտատի հունական տեքստը հայտնի դարձավ միայն 1899 թվականից: Մինչ այդ հայտնի էին լատինական թարգմանությունները: Այդ թարգմանություններում

<sup>1</sup> Արիստոտել, «Ֆիզիկա», 9, 217ա 1937թ.

<sup>2</sup> Արքիմեդ, «Շարադրանքներ» 1962թ. էջ 329

արքիմեդյան onkos (ծավալ) տերմինը թարգմանվել էր ինչպես moles, իսկ վերջինս մեկնաբանվել է որպես զանգված: Այս սխալի հնարավոր պատճառներից մյուսն էլ կայանում է նրանում, որ ֆիզիկայի շատ դասագրքերում Արքիմեդի սկզբունքը շարադրում են մեխանիկայի հիմնարար հասկացությունների դիտարկումից անմիջապես հետո, որոնց թվում է նաև զանգվածի հասկացությունը:

Պլատոնի և իր հետևորդների փիլիսոփայության մեջ առկա էին պյութագորեսյան տարրեր, որոնք հանգեցրին ֆիզիկայի երկրաչափականացմանը, մատերիայի և տարածության նույնականացմանը, և այդպիսով նյութի քանակական սահմանմանը՝ նրա ծավալի կամ զանգվածի չափման միջոցով: Սակայն այդ հետևությունները գիտական և տեխնիկական գործունեության համար չկիրառվեցին: Գիտության հետագա զարգացման ընթացքում այդ գաղափարները չընդունվեցին, հատկապես որպես զանգված հասկացության համար հիմք:

Պլատոնը տարբերություն էր դնում մատերիայի և մարմնի միջև: Մարմինը նրա համար ինչ որ բաղադրյալ բան էր և մատերիան նրա մասնիկն էր:

Տարածական ծավալներից դեպի իներցիա (բացարձակ պասիվության իմաստով) տրամաբանական անցումը ավելի վառ արտահայտվում է այսպես կոչված «Մաքրության եղբայրություն» կոչվող փիլիսոփայական և քաղաքական կազմակերպության մեջ, որը հիմնադրվել է Բասրայում, տասներորդ հարյուրամյակում: Նրանց գաղափարախոսությունը կրել է Պլատոնի ազդեցությունը: Պլատոնի որոշ աշխատություններ թարգմանվել էին արաբերեն: Նրանք ընդունում էին Պլատոնի մատերիայի և տարածության նույնականացման գաղափարը: Բայց նրանք արեցին հետևյալ նորամուծությունը. «Մատերիային ավելի համապատասխանում է դադարը, քան շարժումը, քանի որ մատերիան թեկուզ ունի վեց կողմ (այսինքն երեք չափում), չի կարող շարժվել բոլոր վեց ուղղություններով միաժամանակ: Մի ուղղությամբ շարժումը չունի առավելություն մյուսների նկատմամբ, այդ պատճառով անշարժությունը մատերիայի բնութագիր է:

## Զանգվածի հասկացությունը միջնադարում

Մատերիայի քանակի հասկացությունը շարունակում էր կարևոր դեր կատարել միջնադարյան գիտության մեջ, չնայած այն հազվադեպ էր հստակ սահմանվում: Օրինակ՝ տասնչորսերորդ դարում Ժան Բուրիդանի և իր դպրոցի իմպուլսի տեսության մեջ նյութի քանակի հասկացությունը անհրաժեշտ էր, որպեսզի նկարագրվեր այն փորձնական փաստը, որ միևնույն ուժի ազդեցությունը առաջացնում է տարբեր շարժումներ, ստիպելով քարին շարժվել ավելի երկար, քան փետուրին և երկաթի կտորին ավելի երկար, քան նույն չափի փայտի կտորին:

Այս և նմանատիպ այլ օրինակներ ցույց են տալիս, որ մինչև տասնվեցերորդ և տասնութերորդ դարերում դասական մեխանիկայի ստեղծումը, նյութի քանակի հասկացությունը անհրաժեշտ էր ֆիզիկական օրենքները ձևակերպելու համար: Բայց անկախ նրանից, որ դրա անհրաժեշտությունը շատ էր զգացվում, այդ հասկացությունը դեռևս սահմանված չէր: Նույնիսկ վերածննդի դարաշրջանի իտալական բնագիտական փիլիսոփայությունը, որը մեծ ներդրում ունի ժամանակակից գիտական հասկացողությունների մեջ, այդ հարցում քիչ բան է արել: Օրինակ Գալիլեյը ասում է. «Երբ ես պատկերացնում եմ որևէ մարմին, անմիջապես անհրաժեշտություն եմ զգում դրա մասին մտածել, որպես սահմանափակ, ինչ որ ձև ունեցող, ինչպես մեծ կամ փոքր ուրիշ մարմինների համեմատ և ժամանակի ինչ-որ պահի ինչ-որ տեղ գտնվող: Ինչպես շարժվող կամ անշարժ, ինչպես մյուս մարմինների հավոդ կամ չհավոդ: Ես չեմ կարողանում մարմինը բաժանել այս հատկություններից, ինչքան էլ լարում եմ երևակայությունս»<sup>3</sup>:

Գալիլեյը այստեղ թվարկում է մատերիայի հատկությունները. ձև, չափ, դիրք, հպում, շարժում: Այդ բոլոր հատկությունները երկրաչափական, հանրահաշվական կամ կինեմատիկական են: Միայն Տորիչելլին է ավելացնում զանգվածը որպես մատերիայի առաջնային հատկություն:

Գալիլեյի տեսությունը չովեց զանգվածի հստակ սահմանում և չնկատեց ,որ բացի երկարության և ժամանակի մեծություններից, անհրաժեշտ է նաև մեկ այլ

<sup>3</sup> <<Discoveries and opinions of Galileo>> ,trans. Stillman Drake (Doubleday,New York, 1957, p. 274

հիմնարար ֆիզիկական մեծություն: Միայն կեպլերյան աստղագիտությունը լրացրեց այդ բացը և լրացրեց այն հիմքը, որի վրա Նյուտոնը կարողացավ կառուցել դասական մեխանիկան:

Չնայած Կեպլերը նոր հասկացությունը գիտականորեն չհամակարգեց, դա արեց Նյուտոնը տասնամյակներ անց, սակայն նա իներցիոն զանգվածին տվեց գիտական նշանակություն: Հնարավոր է, Լայբնիցը հենց այս հանգամանքն է հաշվի առել՝ պնդելով, որ հենց Կեպլերն է առաջարկել իներցիայի գաղափարը և Դեկարտը այս գաղափարը փոխառել է Կեպլերից: Անհրաժեշտ է նկատել, որ Կեպլերի իներցիայի հասկացությունը բացառապես վերաբերվում է ինքնաբերաբար շարժման անհնարինությանը կամ դադարից շարժմանը անցնելուն դիմադրությանը:

Մատերիայի իներցիոն վարքի կեպլերյան կոնցեպցիան, մարմինների բախումների և պտտական շարժման դինամիկայի փորձարարական փաստերը միավորվեցին Իսահակ Նյուտոնի աշխատանքում և բերեցին զանգվածի հասկացության համակարգմանը: Նա զանգվածը սահմանեց որպես ծավալի և խտության արտադրյալ:

Այն փաստը, որ ծանրությունը կամ կշիռը համեմատական է մատերիայի քանակին, Նյուտոնը ցույց է տվել մի շարք փորձերով, որոնք նա նկարագրել է «Բնափիլիսոփայության մաթեմատիկական հիմունքները» գրքում: Նա վերցրել է երկու հավասար փայտե տակառիկներ, դրանցից մեկը նա լցրել է փայտով, իսկ երկրորդի կենտրոնում տեղադրել է ոսկուց նույնատիպ բեռ: Այս տակառիկները օգտագործել է որպես ճոճանակներ՝ նրանց ամրացնելով հավասար երկարությամբ թելեր: Նյուտոնը նկատել է, որ նրանց պարբերությունները հավասար են: Նյուտոնը գրում է «Կողք կողքի տեղադրված լինելով նրանք հետ ու առաջ էին գնում միասին բավականին երկար ժամանակ»: Այստեղից նա եզրակացրել է, որ «Մատերիայի քանակը ոսկու մեջ հարաբերում է փայտի մեջ մատերիայի քանակին այնպես, ինչպես նրանցից մեկի կշիռը մյուսի կշռին»: Նյուտոնի այս դատողությունները ժամանակակից դասական մեխանիկայի լեզվով կարելի է ներկայացնել հետևյալ կերպ: Տատանումների պարբերության, թելի երկարության և տվյալ վայրում ազատ անկման արագացման



կապը տրվում է  $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$  բանաձևով, մյուս կողմից կշռի և զանգվածի կապը

տրվում է  $P=mg$  բանաձևով: Այսպիսով  $T = 2\pi \sqrt{\frac{mL}{P}}$  կամ  $\frac{P}{m} = \frac{4\pi^2 L}{T^2}$  : Փորձերը ցույց

տվեցին, որ  $\frac{L}{T^2}$  հարաբերությունը կախված չէ նրանից, թե ճոճանակը ինչից է պատրաստված՝ փայտ, ոսկի, կապար, ապակի, ավազ կամ ցորեն, ուրեմն կշռի և զանգվածի հարաբերությունը հաստատուն է,  $\frac{P}{m} = \text{const}$  :

Չնայած համեմատականությանը, կշիռը և զանգվածը բոլորովին տարբեր հասկացություններ են: Դա փորձարարական եղանակով ապացուցել էր Ժան Ռիշեն: Նա ֆրանսիական ակադեմիայի կողմից ուղարկվել էր Գվինեա, որպեսզի կատարեր աստղագիտական դիտումներ արեգակի պարալաքսը որոշելու համար և չափումներ կատարելով նա նկատեց, որ իր ճոճանակավոր ժամացույցը արեգակի շարժման համեմատ հետ է ընկնում մոտ երկուսուկես րոպե: Նյուտոնը հղում անելով այս դիտումների վրա առաջարկեց չափել և համեմատել մարմինների կշիռը Երկրի տարբեր շրջաններում<sup>4</sup>: Կշիռը, որը մինչ այդ դիտարկվում էր որպես մատերիայի հիմնարար և էական հատկություն, կապվեց զանգվածի և արագացման հետ: Նյութի քանակը, զանգվածը և կշիռը դարձան ընդհանրապես տարբեր հասկացություններ: Այս փաստը առաջին անգամ հստակ ընդգծել է Բերնուլլին իր «Մտորումներ տատանումների բնույթի մասին» աշխատությունում: Այնտեղ նա պնդում է, որ մարմնի կշիռը դա նրա զանգվածի և ազատ անկման արագացման արտադրյալն է:

Նյուտոնյան մեխանիկայում հավասարաչափ շարժման պատճառը իներցիան է, որը անուղղակի կատարում է «ազդող ուժի» դեր: Իրոք իներցիան ոչ միայն շարժման փոփոխությանը դիմադրող դեր է կատարում, այլ նաև պահպանում է շարժումը: Բացի դրանից այն չի հանդիսանում ուժ, այդ բառի ընդունված իմաստով: Նյուտոնյան մեխանիկայում ուժը առանց հակադիր ուժի, համաձայն ազդեցության և հակազդեցության սկզբունքի, իմաստ չունի: Իներցիան իրական ուժի բնույթ է ստանում միայն շարժման փոփոխության դեպքում: Տարբեր մարմիններ տարբեր դիմադրություն են ցույց տալիս: Ներկայումս դասական կամ նյուտոնյան

<sup>4</sup> И. Ньютон математические начала натуральной философии ст. 537

մեխանիկայում այդ դիմադրությունը շարժման փոփոխությանը, տարբեր մարմինների համար տարբեր են համարում, բայց տվյալ մարմնի համար այն հաստատուն է: Իներցիոն մասսան դառնում է բացարձակ մեծություն, որից կախված են այլ պարամետրեր, բայց այն ոչնչից կախված չէ:

Նյութոնի կողմից զանգվածի հասկացության համակարգումը և նրա կշռի հետ կապի բացահայտումը որոշիչ դեր ունեցավ ոչ միայն մեխանիկայի և ֆիզիկայի զարգացման համար, այլ որոշիչ էր ողջ գիտության համար: Մեխանիկայում այն դարձավ մարմնի հիմնարար հատկություն և նույնացվեց մարմնի հետ:

Քիմիայի բնագավառում զանգվածի համակարգումը նպաստեց ալքիմիայի ժխտմանը և քանակական քիմիայի զարգացմանը: Կշիռը ալքիմիկների համար նյութի ոչ էական հատկություն էր: Կշռի ավելացումը նրանք չէին կապում լրացուցիչ նյութի ներհոսքի հետ: Նրանք կարծում էին, որ մի քանի ֆունտ կապարից կարելի է հազար ֆունտ ոսկի ստանալ: Այլ խոսքերով պարտադիր չէ, որ նյութի քանակը ավելանա, երբ կապարը դառնում է ոսկի՝ մեծացնելով իր կշիռը:

Ֆիզիկական և քիմիական հետազոտություններում որպես համակարգային մեթոդ կշեռքի օգտագործումը իր գիտական հիմնավորումը ստացավ միայն Նյուտոնի աշխատություններում, հատկապես կշռի և զանգվածի ուղիղ համեմատական կապը հայտնաբերելուց հետո:

## **Զանգվածի հասկացությունը ժամանակակից ֆիզիկայում**

Մինչև 19-րդ դարը զանգվածը բնութագրում էր նյութի քանակական չափը: Զանգվածից կախված էին կիրառված ուժին դիմադրելու (իներտություն) և գրավիտացիոն հատկությունները (մասնավորապես կշիռը): Ժամանակակից ֆիզիկայում նյութի քանակը ուրիշ իմաստ ունի, իսկ զանգվածը կապված է էներգիա և իմպուլս հասկացությունների հետ: Զանգվածը բնության մեջ հանդես է գալիս մի քանի եղանակով.

- **Պասիվ գրավիտացիոն զանգվածը** ցույց է տալիս, թե մարմինը ինչ ուժով է փոխազդում արտաքին գրավիտացիոն դաշտերի հետ: Փաստացի այս զանգվածը ընկած է կշռելու միջոցով զանգվածի որոշման հիմքում:

- **Ակտիվ գրավիտացիոն զանգվածը** ցույց է տալիս, թե ինչ գրավիտացիոն դաշտ է ստեղծում տվյալ մարմինը: Գրավիտացիոն զանգվածները հանդիպում են տիեզերական ձգողության օրենքում:

- **Իներցիոն զանգվածը** բնութագրում է մարմնի իներտությունը և հանդիպում է Նյուտոնի երկրորդ օրենքի ձևակերպումներից մեկի մեջ: Եթե ուժը հաշվարկման իներցիալ համակարգում անշարժ մարմիններին հաղորդում է միևնույն արագացումը, ապա այդ մարմիններին վերագրում են նույն իներցիոն զանգվածը:

Կշռի միջոցով զանգվածի որոշումը գործնական տեսանկյունից անվիճելի մեթոդ է հանդիսանում սովորական ֆիզիկական մարմինների զանգվածների որոշման համար: Սակայն այն հաճախակի բերում է զանգված և կշիռ հասկացությունների միմյանց հետ խառնելուն: Մեթոդոլոգիական տեսանկյունից այս մեթոդում օգտագործվում է դասական ֆիզիկայի գուտ պատահական ֆաստ, գրավիտացիոն և իներցիոն զանգվածների համեմատականությունը: Մեծ ճշգրտությամբ իներցիոն և գրավիտացիոն զանգվածները իրար հավասար են: Այդ հավասարությունը ապացուցվել է փորձնական մեթոդներով ( $10^{-13}$  ճշտությամբ):

Եթե քսաներորդ դարասկզբի շատ տեսաբանների համար հիմնական հասկացությունը ուժն էր, այլ ոչ թե զանգվածը, ապա Վիլհելմ Օստվալդի համար այդպիսի հասկացություն էր էներգիան: Զանգվածը պետք է սահմանվեր էներգիայի

տերմիններով: Իր «Բնափիլիսոփայություն»-ում Օստվալդը հարց է դնում, արդյոք մարմնի շարժման էներգիան, եթե չհաշվենք նրա կախումը արագությունից, ֆունկցիա է ուրիշ փոփոխականներից: Այս հարցին տալիս է դրական պատասխան հետևյալ պարզ օրինակով: Քարը և խցանը նետվել են մեզ վրա նույն արագությամբ: Փորձից մենք գիտենք, որ քարի հարվածը ավելի ուժեղ կլինի քան խցանի հարվածը: Մենք փորձից նաև գիտենք, որ քարին որոշակի արագություն հաղորդելը ավելի շատ էներգիա է պահանջում: Այդ հատկությունը, որից կախված է մարմնի շարժման էներգիան, կոչվում է զանգված: Այսպիսով Օստվալդի համար զանգվածը ուղղակի տարա է կինետիկ էներգիայի համար, ինչպես տեսակարար ջերմունակությունը ջերմային էներգիայի համար:

Մինչ էներգիայի և զանգվածի նույնականությունը ապացուցելը Ֆիզիկան երկար ճանապարհ անցավ: Դեռ բաց էր մնում այն հարցը, թե արդյոք կարող է ամբողջ զանգվածը առանց մնացորդի փոխակերպվել էներգիայի: Այս հարցի վերջնական դրական պատասխանը ստացվեց 1933 թվականին Բլեկետի և Օկիալինիի հանրահայտ փորձերում, զույգերի առաջացման և մասնիկների անիհիլացիայի միջոցով:

Հարաբերականությունների տեսության նոր գաղափարները, որոնք հաստատվեցին միջուկային ֆիզիկայի միջոցով, նոր լույս սփռեցին էներգիայի հասկացության վրա: Ամենից առաջ, քանի որ նյութը փոխակերպվում է էներգիայի, դրա շնորհիվ էներգիան կորցրեց իր դասական անորոշությունը:

Ոչ ռելյատիվիստական դասական մեխանիկայում զանգվածը ադիտիվ և հաշվարկման համակարգերի նկատմամբ ինվարիանտ մեծություն է: Այնչտայնի հարաբերականությունների հատուկ տեսության մեջ զանգվածը ոչ ադիտիվ, բայց ինվարիանտ մեծություն է:

$$m^2 = \frac{E^2}{c^4} - \frac{P^2}{c^2}$$

որտեղ E-ն մարմնի լրիվ էներգիան է, P-ն՝ նրա իմպուլսը, c-ն՝ լույսի արագությունը: Այսպես սահմանված զանգվածը նույնն է բոլոր հաշվարկման համակարգերում: Եթե

անցում կատարվի այնպիսի հաշվարկման համակարգ, որտեղ մարմինը դադարի վիճակում է, այսպես

$$m = \frac{E_0}{c^2}$$

զանգվածը որոշվում է հանգստի էներգիայով: Հարկ է նաև նշել, որ զրոյական զանգվածով մասնիկները վակուումում շարժվում են լույսի արագությամբ և չկա այնպիսի հաշվարկման համակարգ, որում նրանք կգտնվեն դադարի վիճակում:

Ժամանակակից ֆիզիկայի լեզվով զանգված տերմինը ընդունվում է ինվարիանտ զանգվածի կամ հանգստի զանգվածի փոխարեն: Մեծ քանակի աղբյուրներում այսպես սահմանված զանգվածը ներկայացվում է որպես հանգստի զանգված:

## Եզրակացություն

**Զանգվածի հասկացությունը** մարդկության պատմության տարբեր ժամանակահատվածներում տարբեր կերպ է ընկալվել: Այն անցել է բավականին բարդ և երկարատև ճանապարհ մինչև զանգվածի մասին ժամանակակից պատկերացումների ձևավորումը:

**Զանգվածը** ֆիզիկայի հիմնական հասկացություններից մեկն է: Նրա ստրուկտուրան բարդ կառուցվածք ունի: Ֆիզիկայի տարբեր բնագավառներում գործ ենք ունենում նրա տարբեր դրսևորումների հետ: Դասական ֆիզիկայում այն նյութի քանականան չափն է, տվյալ ծավալում եղած մասնիկների քանակը: Շարժվող լիցքավորված մասնիկների ուսումնասիրությունը բերում է էլեկտրամագնիսական զանգվածի գաղափարին: Միջուկային ֆիզիկայում զանգվածը կարող է հանդիսանալ ճառագայթված կամ կլանված էներգիայի չափ: Փաստելով զանգվածի բարդ կառուցվածքը, տեսնում ենք, որ այդ կառուցվածքը կապված է ֆիզիկայի, որպեսզիտություն, առանձնահատկությունների հետ: Զանգվածի գաղափարը ամբողջությամբ կարելի է ընկալել միայն ֆիզիկայի տարբեր բաժինների բավականին խորը ուսումնասիրության արդյունքում:

## Օգտագործված գրականության ցանկ

1. Окунь Л. Б. Масса // Физическая энциклопедия
2. Джеммер, М., Понятие массы в классической и современной физике 1967
3. Спасский Б. И.. История физики
4. Кудрявцев П. С. Курс истории физики. — 2 изд., испр. и доп. М.: Просвещение, 1982.
5. И. Ньютон. Математические начала натуральной философии