

ՇԻՐԱԿԻ Ս. ՆԱԼԲԱՆԴՅԱՆԻ ԱՆՎԱՆ ՊԵՏԱԿԱՆ  
ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ ՀԻՄՆԱԴՐԱՄ

# Ավարտական հետազոտական աշխատանք

Թեմա՝ Հակասող ենթադրության մեթոդի որոշ  
կիրառություններ ֆիզիկայի ուսուցման գործընթացում

Կատարող՝ Գրետա Մինասյան  
Փոքր Սարիարի միջնակարգ դպրոցի ֆիզիկայի  
ուսուցչուհի

Ղեկավար՝ Վարդան Մանուկյան  
Ֆիզմաթ. գիտ. թեկնածու, դոցենտ

ԳՅՈՒՄՐԻ 2022

## Բովանդակություն

Նախաբան.....	3-6
Մեթոդի հնարավոր կիրառությունները ֆիզիկայում և դրանց օրինակներ....	7-12
Հակասող ենթադրության մեթոդի կիրառումը դպրոցական ֆիզիկայի խնդիրներում և հարցերում .....	12-20
Եզրակացություն .....	21
Գրականություն .....	22

## Նախաբան

Ֆիզիկայի դպրոցական և բուհական դասընթացների շրջանակում հաճախ հանդիպում ենք պնդումներ, որոնց ապացուցման կամ հերքման հիմքում ընկած են տարբեր եղանակներով հիմնավորվող կոնկրետ տրամաբանական դատողություններ: Ի տարբերություն մաթեմատիկայի դասընթացի, ֆիզիկայի դասընթացում ուշադրություն չի հատկացվում նման մոտեցումների շեշտադրման, հիմնավորման և ընդհանրացման հարցերին և գրեթե չի խոսվում ֆիզիկական խնդիրների լուծման ընթացքում դրանց հնարավոր արդյունավետ կիրառությունների մասին: Փորձելով լրացնել այս «բացը» ներկայացնելու ենք ապացուցման և հերքման հիմնական մեթոդներից մեկի՝ հակասող ենթադրության մեթոդի հիմնավորված և արդյունավետ կիրառությունները ֆիզիկայի դասընթացում:

Մաթեմատիկական բազում թեորեմներ և պնդումներ ապացուցելիս կիրառվում է հակասող ենթադրության մեթոդը և թվում է, որ այն զուտ մաթեմատիկայում կիրառվող մեթոդ է, մինչդեռ այս մեթոդն իր օգտակար և երբեմն էլ անխուսափելի կիրառությունն ունի նաև ֆիզիկայի դասընթացում, որի մասին որպես այդպիսին գրեթե չի խոսվում:

Ստորև տրամաբանության հիմնական օրենքների լույսի ներքո կներկայացնենք հակասող ենթադրության մեթոդի եռությունը, որից հետո կքննարկենք ֆիզիկայի դասընթացում հանդիպող որոշ կարևոր հարցեր և խնդիրներ, որոնց լուծման ընթացքում հակասող ենթադրության մեթոդն ունի անհրաժեշտ և արդյունավետ կիրառություն:

Ֆիզիկայի ինչպես տարրական այնպես էլ բարձրագույն դասընթացները ներառում են բովանդակային շարադրանքով որոշ ֆիզիկական տեսությունների հիմունքներ կամ տարրեր (մեխանիկայի ֆիզիկական հիմունքներ, մոլեկուլային ֆիզիկա և ջերմադինամիկա, էլեկտրամագնիսականություն, օպտիկա, քվանտային երևույթներ, ատոմի և միջուկի ֆիզիկա, ՀՀՏ տարրեր): Այդ պատճառով էլ ֆիզիկայի

դպրոցական դասընթացում ապացուցումները կառուցված են բովանդակային դատողություններով:

Բովանդակային իմաստով ապացուցումը տրամաբանական գործողություն է, որի ընթացքում ինչ-որ մտքի ճշմարտություն հիմնավորվում է այլ մտքերի (դատողությունների) օգնությամբ [1]: Այս տրամաբանական գործողությունն ունի հսկայական պրակտիկ նշանակություն շրջակա աշխարհի ճանաչողության պրոցեսում: Բոլոր գիտություններում էլ (հատկապես բնագիտամաթեմատիկական) ապացուցելու հարկ կա: Ընդ որում այն մտքերի, դատողությունների բովանդակությունը, որոնց ճշմարիտ լինելը պահանջվում է հիմնավորել, յուրաքանչյուր գիտությունում, բնականաբար, տարբեր է: Տրամաբանություն գիտությունն էլ հենց գտնում է այն ընդհանուրը, որը բնութագրական է բոլոր այդ ապացուցումների համար՝ անկախ այս կամ այն ապացուցման կոնկրետ բովանդակությունից:

Առհասարակ, տրամաբանությունում յուրաքանչյուր բովանդակային ապացուցումում առանձնացնում են երեք կառուցվածքային տարրեր՝ թեզիս, հիմք և կշռադատություն [2]:

Թեզիս կոչվում է այն պնդումը, որի ճշմարիտ լինելը պահանջվում է ապացուցել:

Հիմք կոչվում է այն առաջադրությունը, պնդումը, որի ճշմարիտ լինելը նախկինում արդեն ապացուցված է և որը կարող է օգտագործվել թեզիսի ճշմարիտ լինելը հիմնավորելիս:

Կշռադատությունը կամ փաստարկումն այն եղանակն է, որի միջոցով թեզիսի ճշմարիտ լինելը բխում է ապացուցման հիմքերից և փաստարկներից: Ըստ Էռլայան կշռադատությունը կիրառված ապացուցման մեթոդն է, որն ապացուցողական մտահանգումների որոշակի հաջորդականություն է:

Առհասարակ, տրամաբանության մեջ դիտարկվում են տրամաբանական մտածողության չորս հիմնական օրենքներ, որոնք կազմում են ցանկացած կշռադատության հիմքը: Դրանք են՝ նույնության, հակասության, երրորդի բացառման և բավարար հիմունքի օրենքները [3]:

**Նույնության օրենքը** պահանջում է, որ յուրաքանչյուր միտք որոշակի, հաստատուն իմաստով կիրառվի կշռադատության ընթացքում: Օրինակ, անթույլատրելի է, որ բազուկ բառը կշռադատության մի փուլում կիրառվի կամ ընկալվի որպես ճակընդեղ, մեկ այլ փուլում որպես ձեռք (թև), իսկ մյուսում՝ ֆիզիկական մեծություն հանդիսացող ուժի բազուկ:

**Չակասության օրենքի** համաձայն երկու հակադիր դատողություններ չեն կարող միաժամանակ ճշմարիտ լինել:

Բերենք այս օրենքի կիրառման կոնկրետ օրինակ: Դիտարկենք երկու հակադիր դատողություններ:

*Սահքի շփման ուժի մեծությունը կախված չէ մարմինների հպման մակերևույթի մակերեսից:*

*Սահքի շփման ուժի մեծությունը կախված է մարմինների հպման մակերևույթի մակերեսից:*

Պարզ է, որ այս երկու հակադիր դատողությունները, հակասության օրենքի համաձայն, միաժամանակ չեն կարող լինել ճշմարիտ:

Անհրաժեշտ է ուշադրություն դարձնել այն էական հանգամանքի վրա, որ հակասության օրենքը չի բացառում երկու հակադիր դատողությունների միաժամանակյա սխալ լինելը: Այս «բացը» լրացնում է **երրորդի բացառման օրենքը**, համաձայն որի՝ երկու հակադիր դատողություններից մեկն անպայման ճշմարիտ է, մյուսը կեղծ, երրորդ ելքը բացառված է:

Եվ վերջապես, **բավարար հիմունքի օրենքի** համաձայն, յուրաքանչյուր ճշմարիտ միտք կշռադատության ընթացքում պետք է անհրաժեշտաբար ունենա իր տրամաբանական հիմքը (բխի այլ ճշմարիտ մտքերից):

Ըստ էության, տրամաբանական այս չորս անկյունաքարային օրենքներն իրենց լավագույն դրսևորումն են գտել ապացուցման հիմնական մեթոդներից մեկի՝ հակասող ենթադրության մեթոդի կառուցակարգում:

Այս մեթոդի, որպես տրամաբանական բովանդակային ապացուցման, հիմքը կազմում են հակասության և երրորդի բացառման

օրենքները, իսկ կշռադատությունը ներառում է նույնության և բավարար հիմունքի օրենքները:

**Հակասող ենթադրության մեթոդի** համաձայն, ենթադրում ենք, որ ապացուցման ենթակա ելակետային պնդումը սխալ է: Եթե այս ենթադրությունը տրամաբանական դատողությունների միջոցով հանգեցնում է հակասության, եզրակացնում ենք, որ մեր ենթադրությունը սխալ է, այսինքն՝ տրված ելակետային պնդումը ճշմարիտ է:

Այժմ, երբ բավարար չափով ներկայացրել և մեկնաբանել ենք հակասող ենթադրության մեթոդի էությունն ու տրամաբանական կառուցակարգը, անցնենք ֆիզիկայի տարբեր բաժիններից որոշ ընտրովի խնդիրների քննարկմանը, որոնց լուծման լավագույն տարբերակը հակասող ենթադրության մեթոդի կիրառությունն է, միաժամանակ մատնանշելով այն նմանատիպ խնդիրներն ու հարցերը, որոնց համատեղ ուսուցումը ի ցույց կդնի ֆիզիկայի ուսուցման գործընթացում նշված մեթոդի բավականին ունիվերսալ կիրառելիության հնարավորությունները:

## Մեթոդի հնարավոր կիրառությունները ֆիզիկայում և դրանց օրինակներ

**Խնդիր 1:** Ցույց տալ, որ ցանկացած նյութի պոլիտրոպը կարող է հասնել իզոթերմին ոչ ավելի, քան մեկ կետում [4]:

**Լուծում:** Նախ պարզաբանենք, որ խոսքը վերաբերվում է հաստատուն քանակով նյութի ( $P/\delta n$  շում/,  $V/\delta m$  վալ/) կոորդինատային հարթությունում պոլիտրոպ և իզոթերմ պրոցեսներ արտահայտող որևէ երկու կորերի հատմանը:

Կատարենք հակառակ ենթադրություն և ընդունենք որ 1 - ն և 2 - ը մոտակա հարևան կետեր են, որտեղ պոլիտրոպն ու իզոթերմը հասնում են (նկ. 1): Եթե 1a2b1 շրջանային պրոցեսի համար կիրառենք Կլաուզիուսի հավասարումը՝

$$\int_{1a2b1} \frac{\delta Q}{T} = 0,$$

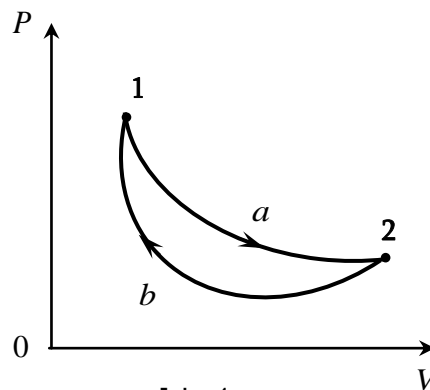
հաշվի առնելով, որ 2b1 պոլիտրոպի ընթացքում համակարգի  $C$  ջերմունակությունը հաստատուն է և 1 - ն ու 2 - ը գտնվում են միևնույն իզոթերմի վրա ( $T_1 = T_2$ ), ստանում ենք՝

$$\int_{2b1} \frac{\delta Q}{T} = C \int_{T_2}^{T_1} \frac{dT}{T} = C \ln \frac{T_1}{T_2} = 0:$$

Մյուս կողմից 1a2 իզոթերմով ինտեգրալի համար ստանում ենք հետևյալ առնչությունը.

$$\int_{1a2} \frac{\delta Q}{T} = \frac{1}{T} \int \delta Q = \frac{Q}{T}:$$

Այսպիսով, Կլաուզիուսի հավասարումից ստանում ենք, որ համակարգի ստացած  $Q$  ջերմաքանակը դիտարկված ցիկլի ընթացքում հավասար է զրոյի, իսկ քանի որ կամայական շրջանային պրոցեսի ընթացքում մարմնի



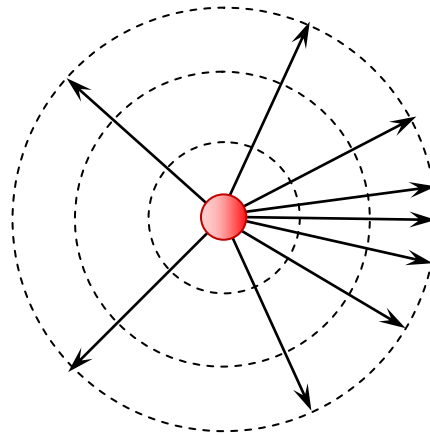
Նկ. 1

ստացած ջերմաքանակը հավասար է նրա կատարած աշխատանքին, վերջինս նույնպես զրո է:

Այժմ, հաշվի առնելով աշխատանքի երկրաչափական մեկնաբանությունը, կարող ենք պնդել, որ  $1a2b1$  պրոցեսի ընթացքում այն կարող է զրո լինել միայն այն դեպքում, երբ իզոթերմի և պոլիտրոպի գրաֆիկները 1 և 2 կետերի միջև հատվեն, ինչը հակասում է մեր այն ընդունելությանը, որ դրանք կորերի հատման հարևան կետեր են: Այսպիսով, մեր նախնական ենթադրությունը սխալ էր և հաստատուն քանակով ցանկացած նյութի պոլիտրոպ և իզոթերմ պրոցեսների գրաֆիկները կարող են հատվել միայն մեկ կետում:

Հավելենք, որ վերը ներկայացված լուծմանը համանման մոտեցումներով կարելի է ապացուցել նաև ջերմադինամիկայի մի քանի կարևոր պնդումներ ևս և մեթոդական տեսակետից այս ամենը հարմար է ուսուցանել փոխկապակցված և ընդհանրական ձևով: Նշենք այդ պնդումներից մի քանիսը.

- հաստատուն քանակով նյութի իզոթերմ և ադիաբատ պրոցեսների գրաֆիկները կարող են հատվել միայն մեկ կետում,
- տվյալ զանգվածով գազի իզոթերմների ընտանիքի որևէ երկու կորեր չեն կարող հատվել,
- տվյալ զանգվածով նյութի ադիաբատների ընտանիքի որևէ երկու կորեր չեն կարող հատվել,
- եթե հաստատուն զանգվածով գազի հետ տեղի է ունենում այնպիսի պրոցես, որի ընթացքում ճնշման կախումը ծավալից գծային է և գազի ջերմաքանակ ստանալու տիրույթը ջերմաքանակ տալու տիրույթից բաժանված է մի կետով, ապա այդ կետով անցնող



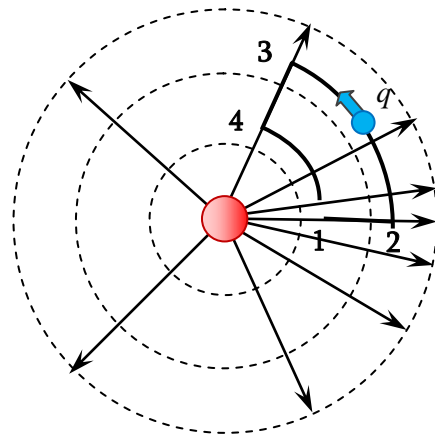
Նկ. 2



աղիաբատը նույն կետում շոշափվում է պրոցեսն արտահայտող ուղղով:

**Խնդիր 2:** Կարո՞ղ են արդյոք անհամասեռ կերպով լիցքավորված դիէլեկտրիկ գնդի էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածության գծերը ունենալ նկ. 2 - ում պատկերված տեսքը:

**Լուծում:** Ենթադրենք, թե գնդի ստեղծած էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածության գծերը ունեն նկար 2-ում պատկերված տեսքը՝ ուղղորդված են շառավղային ուղղությամբ և խտությամբ անհամասեռ են: Եթե 1-2-3-4-1 փակ հետագծով (նկ. 3) տեղափոխենք փորձնական  $q$  լիցքը, ապա էլեկտրաստատիկ դաշտի կատարած աշխատանքը հավասար կլինի առանձին տեղամասերում կատարված աշխատանքների գումարին:



Նկ. 3

Նկատենք, որ 2-3 և 4-1 տեղամասերում էլեկտրաստատիկ ուժերի կողմից լիցքի վրա կատարած աշխատանքը հավասար է զրոյի, քանի որ այդ տեղամասերում լիցքի վրա դաշտի կողմից ազդող ուժը ուղղահայաց է լիցքի շարժման ուղղությանը: Մինչդեռ 1-2 տեղամասում էլեկտրաստատիկ դաշտի կատարած աշխատանքը դրական է, քանի որ փորձնական լիցքի տեղափոխությունն ու այդ դաշտի կողմից նրա վրա ազդող ուժը համուղղված են, իսկ 3-4 տեղամասում էլ էլեկտրաստատիկ դաշտի կատարած աշխատանքը բացասական է լիցքի տեղափոխության և ազդող ուժի հակուղղված լինելու պատճառով: Զանի որ էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածության մոդուլը ուղիղ համեմատական է լարվածության գծերի խտությանը, ուրեմն՝  $|A_{12}| > |A_{34}|$ , և հետևաբար դիտարկված հետագծով տեղափոխելիս այն փորձնական լիցքի վրա կատարում է գումարային դրական աշխատանք: Այստեղ մենք հանգեցինք հակասության, որովհետև էլեկտրաստատիկ դաշտը պոտենցիալային է և կամայական փակ հետագծով լիցքի տեղափոխման ժամանակ դաշտի աշխատանքը պետք է հավասար լինի զրոյի:

Փաստորեն մեր ելակետային ենթադրությունը սխալ էր և գնդի լիցքի որևէ բաշխման դեպքում նման ուժագծերով էլեկտրաստատիկ դաշտ չի կարող առաջանալ:

Բացի վերևում քննարկված և դրան համանման խնդիրներից էլեկտրամագնիսականության ուսուցման գործընթացում հաճախակի հանդիպում ենք ինչպես ընդհանուր տեսական բնույթի կարևոր պնդումների, այնպես էլ բազում այլ կոնկրետ հարցերի և խնդիրների, որոնց ապացուցման, լուծման ու ներկայացման համար անփոխարինելի է հակասող ենթադրության մեթոդը: Նշենք նմանօրինակ պնդումներից մի քանիսը.

- հաղորդչի մակերևույթի յուրաքանչյուր կետում էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածության վեկտորն ուղղահայաց է մակերևույթին,
- լիցքերի ստատիկ բաշխման արդյունքում հաղորդչի ներսում բացակայում են ծավալային լիցքերը,
- միայն էլեկտրաստատիկ ուժերով փոխազդող մասնիկների համակարգի հավասարակշռությունը չի կարող լինել կայուն (Իրնշոուի թեորեմ),
- փակ հաղորդիչ կոնտուրում ծագող մակածման հոսանքն ունի այնպիսի ուղղություն, որ իր մագնիսական դաշտով հակազդում է այդ հոսանքը ստեղծող պատճառին (Լենցի կանոն):

**Խնդիր 3:** Կարո՞ղ է արդյոք մեկ  $\gamma$  քվանտը վակուումում փոխակերպվի էլեկտրոն - պոզիտրոնային զույգի [5]:

**Լուծում:** Դիցուք ֆոտոնի էներգիան բավարար է նշված մասնիկների առաջացման համար, այսինքն մեծ կամ հավասար է նրանց հանգստի էներգիաների գումարից և ենթադրենք, որ նշված պրոցեսը տեղի է ունեցել: Անցում կատարենք  $\gamma$  քվանտի վերացման արդյունքում ծնված էլեկտրոն - պոզիտրոնային զույգի զանգվածների կենտրոնի հետ կապված հաշվարկման համակարգի, որի նկատմամբ համախմբի իմպուլսը հավասար է զրոյի: Իմպուլսի պահպանման օրենքի համաձայն նշված հաշվարկման համակարգում զրո պետք է լինի նաև զամմա

քվանտի իմպուլսը, միևնույն չի կարող լինել որևէ հաշվարկման համակարգ, որի նկատմամբ ֆոտոնի իմպուլսը հավասար լինի զրոյի: Այսպիսով, գալիս ենք հակասության և եզրակացնում, որ ի սկզբանե կատարած մեր ենթադրությունը սխալ էր, և ֆոտոնը վակուումում չի կարող ծնել էլեկտրոն - պոզիտրոնային զույգ:

Հարկ է նշել, որ անհրաժեշտ շեմային էներգիայով օժտված ֆոտոնը նյութի հետ փոխազդելիս արդեն կարող է փոխարկվել էլեկտրոն - պոզիտրոնային զույգի: Այս դեպքում իմպուլսի պահպանման օրենքի հետ կապված նախորդ «հակասությունը» վերանում է, քանի որ քվանտը իր իմպուլսը փոխանցում է միջավայրին:

Վերևում ներկայացված մոտեցման նմանությամբ կարելի է պատասխանել քվանտային երևույթների վերաբերյալ որոշ կարևոր այլ հարցերի: Այս ամենը նպատակահարմար է ներկայացնել սովորողներին հնարավորինս ամբողջական և միասնական եղանակով՝ որպես հակասող ենթադրության մեթոդի կիրառման արդյունավետ և կարևոր օրինակներ: Նշենք դրանցից մի քանիսը:

- Կարո՞ղ է արդյոք ազատ էլեկտրոնը կլանել ֆոտոն:
- Կարո՞ղ են արդյոք ազատ պոզիտրոնը կամ էլեկտրոնը առաքել ֆոտոն:
- Կարո՞ղ է արդյոք մասնիկ - հակամասնիկ անհիիյացիայի արդյունքում առաջանալ մեկ ֆոտոն:
- Կարո՞ղ են արդյոք էլեկտրոնային նեյտրինոյի և պրոտոնի փոխազդեցության արդյունքում առաջանալ նեյտրոն և պոզիտրոն:

Կարծում ենք, որ ֆիզիկայի արդի ուսուցման կարևոր խնդիրներից է սովորողներին առարկայական տարբեր մեթոդներով, հնարքներով և սկզբունքներով «զինելը»: Վերջիններս նպաստում են ստեղծագործական մտածողության ձևավորմանն ու զարգացմանը և բարձրացնում ուսուցման մոտիվացիան: Հակասող ենթադրության մեթոդը դրանցից մեկն է, որի արդյունավետ կիրառությունը ֆիզիկայում մաթեմատիկա - ֆիզիկա միջառարկայական կապի ևս մեկ դրսևորման օրինակ է հանդիսանում: Տրամաբանորեն փոխկապակցված հարցերի և

խնդիրների միասնական մոտեցմամբ վերլուծությունը, ինչպես նաև միջառարկայական կապերի վեր հանումը կարող է նպաստել սովորողների որոնողական ընդունակությունների, էվրիստիկ և տրամաբանական մտածողության զարգացմանը, ինչն էլ վերջարդյունքում կհանգեցնի ուսուցման արդյունավետության և որակի բարձրացմանը:

### **Չակասող ենթադրության մեթոդի կիրառումը դպրոցական ֆիզիկայի խնդիրներում և հարցերում**

Մաթեմատիկայի դպրոցական դասընթացում հանդիպող շատ թեորեմների և պնդումների ապացուցման կամ հերքման հիմքում ընկած են տրամաբանական դատողությունները, որոնց հիմնավորման եղանակները բազմազան են: Ընդ որում ավելորդ չէ նշել, որ դատողությունների բաժանումը ապացուցման կամ հերքման բավական պայմանական է, քանզի հերքել որևէ պնդում, ըստ էության նույնն է, թե ապացուցել այդ պնդման ժխտումը:

Սույն աշխատանքը նվիրված է ապացուցման և հերքման հիմնական մեթոդներից մեկի, այն է հակասող ենթադրության մեթոդի՝ ֆիզիկայի դպրոցական դասընթացում հնարավոր կիրառությունների վեր հանմանը:

Հակասող ենթադրության մեթոդը հաճախ է կիրառվում մաթեմատիկայում, հատկապես երկրաչափական պնդումներ ապացուցելիս և տպավորությունն այնպիսին է, որ այն զուտ մաթեմատիկայում կիրառվող մեթոդ է, մինչդեռ այս մեթոդն իր օգտակար և արդյունավետ կիրառությունն ունի նաև ֆիզիկայի դպրոցական դասընթացում, որի մասին որպես այդպիսին չի խոսվում: Ստորև համառոտակի կներկայացնենք այս մեթոդի էությունը, որից հետո կքննարկենք ֆիզիկայի դպրոցական դասընթացում հանդիպող տարբեր

խնդիրներ, որոնց լուծման ընթացքում հակասող ենթադրության մեթոդն ունի անհրաժեշտ օգտակար, արդյունավետ ու որակական կիրառություն:

Հակասող ենթադրության մեթոդի համաձայն ենթադրում ենք, որ պնդումը, որն ուզում ենք ապացուցել, սխալ է: Եթե այս ենթադրությունը տրամաբանական դատողությունների միջոցով հնարավոր է հանգեցնել հակասության, ուրեմն եզրակացնում ենք, որ մեր ենթադրությունը սխալ է և, ուրեմն, տրված պնդումը ճշմարիտ է: Այսինքն, տրված  $A$  պնդման ճշմարտացիությունն ապացուցելու փոխարեն ապացուցում ենք, որ նրա ժխտումը սխալ է, ինչն էլ, համաձայն երրորդի բացառման օրենքի, համարժեք է  $A$  պնդման ճշմարիտ լինելուն:

Այս մեթոդի վերաբերյալ իր ուշագրավ և դիպուկ կարծիքն է հայտնել նաև անգլիացի հայտնի մաթեմատիկոս Գոդֆրի Հարոլդ Հարդին [2]: Ըստ Հարդիի, հակասող ենթադրության մեթոդը մաթեմատիկայի ամենանրբագեղ զենքերից մեկն է: Այն անհամեմատ ավելի գեղեցիկ հնարք է, քան ցանկացած շախմատային գամբիտ, քանզի հաջողության հասնելու համար շախմատիստը կարող է զոհաբերել զինվոր կամ նույնիսկ ֆիգուր, մինչդեռ մաթեմատիկոսը դիմում է ողջ պարտիան պարտվելու ռիսկին:

Ստորև կքննարկենք ֆիզիկայի դպրոցական դասընթացում հանդիպող տարբեր ոչ տիպային խնդիրներ, որոնց լուծման ընթացքում կօգտվենք հակասող ենթադրության մեթոդից:

Սկզբում քննարկենք խնդիր, որը տարբեր ձևակերպումներով հանդիպում է ֆիզիկայի խնդրագրքերում:

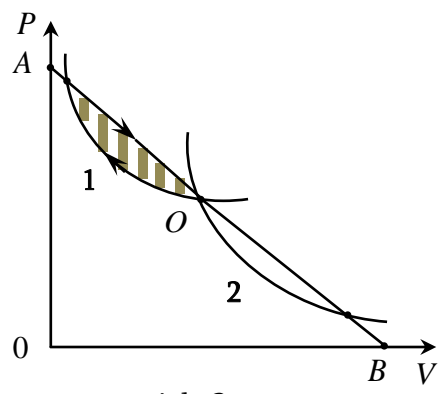
**Խնդիր 1:** Կարո՞ղ են արդյոք հաստատուն քանակով գազի  $P$  ճնշման կախումը  $V$  ծավալից արտահայտող իզոթերմ և ադիաբատ պրոցեսների որևէ երկու կորեր հատվել երկու կետերում:

Դիցուկ ադիաբատի և իզոթերմի երկու գրաֆիկներ հատվում են երկու կետերում: Այդ դեպքում եթե գազը օգտագործվի որպես ջերմամեքենայի բանող մարմին, ապա կարելի կլինի ընտրել փակ ցիկլ՝ բաղկացած մեկ ադիաբատից և մեկ իզոթերմից: Ադիաբատ պրոցեսի ընթացքում գազը շրջապատից ջերմաքանակ չի ստանում և չի տալիս: Իզոթերմ ընդարձակման ընթացքում գազն անընդհատ ստանում է ջերմաքանակ: Այսպիսով դիտարկվող ցիկլում մեքենան կլանելով ջերմություն կատարում է աշխատանք առանց ջերմության անջատման: Փաստորեն, ստացվեց, որ մեքենայի ՕԳԳ-ն հարյուր տոկոս է, ինչը հակասում է ջերմադինամիկայի երկրորդ օրենքին: Այսպիսով մեր նախնական ենթադրությունը սխալ էր և հաստատուն քանակով գազի ադիաբատ և իզոթերմ պրոցեսների գրաֆիկները չեն կարող հատվել երկու կետերում:

Հիմք ընդունելով այս խնդրի դրվածքն ու լուծման մեթոդը կարելի է լուծել նաև ուրիշ հարակից խնդիրներ: Օրինակ ֆիզիկայի հանրապետական օլիմպիադաների խնդրագրքում առաջադրվում է հետևյալ խնդրը, որը կարելի է լուծել նախորդին համանման ձևով.

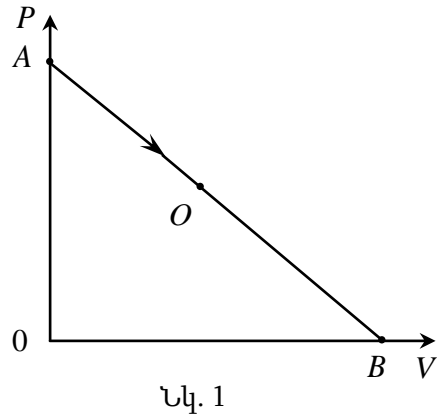
**Խնդիր 2:** Տվյալ զանգվածով գազի  $P$  ճնշման կախումը  $V$  ծավալից արտահայտող դիագրամի վրա տարված է ադիաբատ կորերի մի ընտանիք: Ապացուցեք, որ այդ կորերը չեն կարող հատվել:

Այս խնդրի լուծումը սկսվում է հակառակ ենթադրությամբ, որ երկու ադիաբատներ կարող են հատվել: Այնուհետև այդ հատվող



Նկ. 2

աղիաբատները միացվում են որևէ իզոթերմով՝ ստանալով փակ ցիկլ: Արդյունքում այդ շրջանային պրոցեսի համար ստացվում է նույն բնույթի հակասություն ինչ, որ նախորդ խնդրի դեպքում էր:



Այժմ կառաջարկենք մի հետաքրքիր խնդիր, որը կրկին կարելի է լուծել օգտվելով հենքային խնդիր 3 - ից:

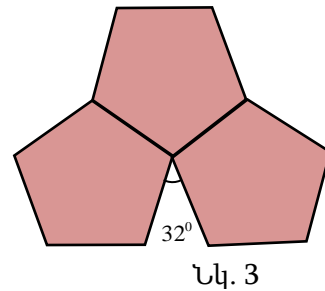
**Խնդիր 3:** Հաստատուն քանակով գազի հետ տեղի է ունենում պրոցես, որի գրաֆիկը  $PV$  հարթության մեջ ուղիղ գիծ է (նկ. 1): Հայտնի է, որ  $AO$  տեղամասում գազը շրջապատից ստանում՝ իսկ  $OB$  տեղամասում կորցնում է ջերմաքանակ: Ապացուցել, որ  $O$  կետով անցնող աղիաբատը այդ կետում շոշափում է գրաֆիկին:

Ենթադրենք թե  $O$  կետում աղիաբատի գրաֆիկը ոչ թե շոշափում, այլ հատում է դիտարկվող գծին: Այդ դեպքում կունենանք գծի և աղիաբատ պրոցեսը բնութագրող կորի նկ. 2 - ում պատկերված երկու հնարավոր փոխդասավորությունը: Եթե տեղի ունի 1 դեպքը ապա հնարավոր կլինի գազի հետ իրականացնել փակ շրջանային պրոցես, որի դեպքում օգտակար աշխատանքը հավասար կլինի նկարում պատկերված շտրիխավորված պատկերի մակերեսին: Այդ ցիկլի մի տեղամասում կատարվում է աղիաբատ պրոցես որի ընթացքում գազը շրջապատից ջերմաքանակ չի ստանում և չի տալիս: Ցիկլի ուղիղ տեղամասում, համաձայն խնդրի պայմանի, ընդարձակման ընթացքում գազն անընդհատ ստանում է ջերմաքանակ: Այսպիսով, ինչպես և խնդիր 1 - ում շրջանային պրոցեսի ոչ մի տիրույթում գազը շրջապատին չի տալիս ջերմաքանակ, ինչը հակասում է ջերմադինամիկայի երկրորդ սկզբունքին:

Պարզ է, որ նման դատողություններով կարելի է ցույց տալ, որ նույն հակասությանը կհանգենք, եթե քննարկենք գրաֆիկների հատման նկ.2 - ում պատկերված 2 տարբերակը: Այսպիսով գալիս ենք այն եզրահանգմանը, որ միակ հնարավոր տարբերակը տվյալ կետում գծային ֆունկցիայի և ադիաբատի գրաֆիկի շոշափելն է:

**Խնդիր 4:** Կարո՞ղ են արդյոք գոյություն ունենալ բյուրեղներ, որոնց նիստերը լինեն կանոնավոր հնգանկյուններ:

Նախ ենթադրենք, որ բնության մեջ նման բյուրեղներ կան: Այդ դեպքում դրանց բյուրեղային հարթությունների տարրական բջիջները պետք է լինեն հարթությունը լրիվ



ծածկող կանոնավոր հնգանկյուններ: Փորձենք բյուրեղային հարթությունը լցնել հավասարամեծ կանոնավոր հնգանկյուններով: Այդպիսի հնգանկյունների ներքին անկյունները  $108^\circ$  են և եթե երեք միանման հնգանկյուններ կիպ դասավորենք, ապա  $360^\circ - 3 \cdot 108^\circ = 36^\circ$  աստիճանի անկյունով տիրույթը կմնա չլրացված(նկ. 3): Այստեղից պարզ է դառնում, որ հարթությունը հնարավոր չէ «լցնել» կանոնավոր հնգանկյուններով և նման բյուրեղներ չեն կարող գոյություն ունենալ: Ի դեպ վերը շարադրվածից պարզ է, որ հարթությունը կարելի է ծածկել միայն այնպիսի կանոնավոր բազմանկյուններով, որոնց ներքին անկյունների համար  $360^\circ$  - ը բազմապատիկ է և բնության մեջ հանդիպում ենք բյուրեղների, որոնց նիստերը կանոնավոր եռանկյուն, քառակուսի կամ կանոնավոր վեցանկյուններ են:

Վերևում քննարկված խնդիրները հիմնականում վերաբերվում էին ջերմադինամիկային և նյութերի մոլեկուլային կառուցվածքի հարցերին: Հարկ է նշել, որ ջերմադինամիկական երկու շատ կարևոր պնդումներ ևս, այն է՝ առաջին և երկրորդ սեռի հավերժական շարժիչների գոյության

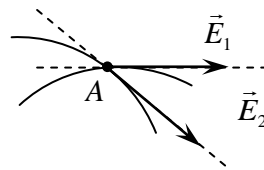


անհնարինությունը, նույնպես ապացուցվում է հակասող ենթադրության մեթոդով: Առաջին տիպի շարժիչի գոյությունը հակասում է էներգիայի պահպանման օրենքին, մյուսինը՝ ջերմադինամիկայի երկրորդ օրենքին:

Այժմ քննարկենք էլեկտրականության բաժնի որոշ խնդիրներ:

**Խնդիր 5:** Ապացուցել, որ էլեկտրական(մագնիսական) դաշտի ուժագծերը չեն կարող հատվել:

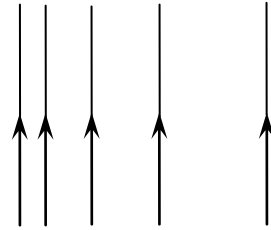
Ենթադրենք էլեկտրական(մագնիսական) դաշտի ուժագծերը կարող են հատվել: Քննարկենք երկու ուժագծեր որոնք հատվում են  $A$  կետում(նկ.4): Համաձայն սահմանման



Նկ. 4

դաշտի լարվածության վեկտորը պետք է ուղղված լինի տվյալ կետում ուժագծին տարված շոշափողի երկայնքով: Այդ դեպքում  $A$  կետում դաշտի լարվածության համար ստանում ենք երկու տարբեր ուղղություններով վեկտորներ( $\vec{E}_1$  և  $\vec{E}_2$ ): Քանի որ ցանկացած կետում դաշտը պետք է բնութագրվի կոնկրետ մեկ որոշակի վեկտորական մեծությամբ, ստանում ենք հակասություն: Ստացված հակասությունը վկայում է այն մասին, որ մեր սկզբնական ենթադրությունը սխալ էր և դաշտի ուժագծերը չեն կարող հատվել: Հարկ է նշել իհարկե, որ քննարկված հայտնի այս պնդումը տեղի ունի այն կետերի համար, որտեղ դաշտի լարվածությունը զրո կամ անսահման չէ: Օրինակ կետային լիցքի վրա էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածությունը դառնում է անվերջ մեծ, իսկ նրա ուղղությունը որոշված չէ: Այդ կետում հատվում են կետային լիցքի ստեղծած էլեկտրաստատիկ դաշտի բոլոր ուժագծերը: Չպետք է մոռանալ, սակայն, որ կետային լիցքը ֆիզիկական վերացարկում է և կետային լիցքակիրի վրա դաշտի վարքի քննարկումը չունի հստակ ֆիզիկական բովանդակություն:

**Խնդիր 6:** Կարող է արդյոք գոյություն ունենալ էլեկտրաստատիկ դաշտ, որի ուժագծերը ունենան նկ. 5 - ում պատկերված տեսքը:



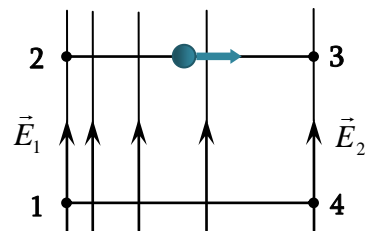
Նկ. 5

Ենթադրենք, թե նման ուժագծերով էլեկտրաստատիկ դաշտ գոյություն ունի: Եթե 1-2-3-4-1 փակ հետագծով (նկ.6) տեղափոխենք  $q$  լիցքը, ապա էլեկտրաստատիկ դաշտի կատարած աշխատանքը հավասար կլինի առանձին տեղամասերում կատարված աշխատանքների գումարին՝

$$A = A_{12} + A_{23} + A_{34} + A_{41}:$$

$A_{23} = A_{41} = 0$  քանի որ այդ տեղամասերում լիցքի վրա դաշտի կողմից ազդող ուժը ուղղահայաց է լիցքի տեղափոխությանը:

Համաձայն աշխատանքի սահմանման  $A_{12} = qE_1l$  և  $A_{34} = -qE_2l$ : Այսպիսով քննարկվող փակ հետագծով լիցքը տեղափոխելիս դաշտի կատարած աշխատանքի համար



Նկ. 6

ստանում ենք հետևյալ արտահայտությունը՝  $A = ql(E_1 - E_2)$ : Քանի որ էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածության մոդուլը ուղիղ համեմատական է ուժագծերի խտությանը կունենանք՝  $E_1 > E_2$ , և հետևաբար  $A > 0$ : Փաստորեն մենք հանգեցինք հակասության, որովհետև էլեկտրաստատիկ դաշտը պոտենցիալային է և կամայական փակ հետագծով լիցքի տեղափոխման ժամանակ դաշտի աշխատանքը հավասար է զրոյի:

Նշենք որ ավագ դպրոցի ֆիզիկայի դասընթացում ըստ էության հակասող ենթադրության մեթոդի կիրառմամբ է հիմնավորվում, որ հաղորդչի մակերևույթի յուրաքանչյուր կետում էլեկտրաստատիկ դաշտի

լարվածության վեկտորն ուղղահայաց է մակերևույթին և որ հաղորդչի ներսում բացակայում է էլեկտրաստատիկ դաշտը:

Այժմ կատարենք քվանտային երևույթներին և տարրական մասնիկների ֆիզիկային առնչվող մի կարևոր դիտարկում և քննակենք թեմային առնչվող մի խնդիր: Հարկ է նշել, որ տարրական մասնիկների փոխազդեցությունները ունեն բարդ նկարագիր և դպրոցական դասընթացի շրջանակում դրանց ուսումնասիրությունը գործնականում անհնարին է: Միկրոմասնիկների ֆիզիկայում հնարավոր չէ նյութական մեխանիկայի նման քննարկելով մասնիկների փոխազդեցության ուժերն ու խնդիրները լուծել հետևողական դինամիկ մոտեցումներով: Պատկերն առավել բարդանում է պայմանավորված բարձր էներգիաների ֆիզիկայում մասնիկների ծնման և վերացման պրոցեսների առկայությամբ: Այս պատճառով էլ մասնիկների փոխազդեցությունների պատկերի և էլքի վերլուծման հիմնական միջոցները մնում են պահպանման հիմնարար օրենքները: Սովորաբար, եթե փոխազդեցության էլքը չի հակասում պահպանման օրենքներին, ապա դա այս կամ այն հավանականությամբ իրականանում է: Բնականաբար, եթե փոխազդեցության արդյունքում ակնկալվող ֆիզիկական վիճակի և համակարգի սկզբնական վիճակի համադրությամբ արձանագրում ենք որևէ պահպանման օրենքի խախտում, ապա ենթադրվող վերջնարդյունքը ֆիզիկորեն իրականանալի չէ: Ասվածից պարզ է, որ նմանօրինակ քննարկումների համար հակասող ենթադրությամբ ապացուցման մեթոդը անչափ կարևոր է և կիրառական: Այն հնարավորություն է տալիս սովորողներին ծանոթացնել բազմաթիվ կարևոր իրավիճակներ, որոնք առաջին հայացքից կարող են թվալ իրականանալի, բայց տեղի չեն ունենում, քանի որ դրանց իրականացումը կուղեկցվեր հիմնարար ֆիզիկական օրենքների խախտմամբ:

**Խնդիր 7:** Կարո՞ղ է արդյոք ազատ էլեկտրոնը կլանել, կամ առաքել ֆոտոն:

Սկզբում կենթադրենք, որ ազատ էլեկտրոնը կարող է կլանել ֆոտոն: Խնդիրը քննարկենք այն իներցիալ համակարգում, որի նկատմամբ էլեկտրոնը գտնվում է դադարի վիճակում (փոխազդեցությունից առաջ): Այդ դեպքում կլանումից առաջ համակարգի էներգիան կլինի  $h\nu + mc^2$ , իսկ իմպուլսը՝  $h\nu/c$ : Կլանումից հետո էլեկտրոնը ձեռք կբերի որոշակի  $p$  իմպուլս և կունենա  $\sqrt{p^2c^2 + m^2c^4}$  էներգիա: Համաձայն էներգիայի և իմպուլսի պահպանման օրենքների՝

$$h\nu + mc^2 = \sqrt{p^2c^2 + m^2c^4}, \quad h\nu/c = p:$$

Հավասարումների այս համակարգի լուծման արդյունքում ստանում ենք  $\nu = 0$ , որն էլ փաստում է ենթադրյալ կլանվող ֆոտոնի գոյություն չունենալը: Այսպիսով գալիս ենք հակասության և եզրակացնում, որ ի սկզբանե կատարած մեր ենթադրությունը սխալ էր, և ազատ էլեկտրոնը չի կարող կլանել ֆոտոն: Կիրառելով հակասող ենթադրությամբ ապացուցման մեթոդը նման ձևով կարելի է ապացուցել նաև, որ ազատ էլեկտրոնը չի կարող առաքել ֆոտոն:

Ինչպես տեսնում ենք, հակասող ենթադրության մեթոդն իր օգտակար և արդյունավետ, առանձին դեպքերում նաև անխուսափելի կիրառությունն ունի ֆիզիկայի ուսուցման գործընթացում:

## Եզրակացություն

Հետազոտական աշխատանքի կատարման արդյունքում գալիս ենք այն եզրակացությանը, որ ֆիզիկայի արդի ուսուցման գործընթացում անհրաժեշտ է սովորողներին զինել առարկայական տարբեր մեթոդներով, որոնցից մեկն էլ հակասող ենթադրության մեթոդն է: Վերջիններս նպաստում են ստեղծագործական մտածողության ձևավորմանն ու զարգացմանը և բարձրացնում ուսուցման մոտիվացիան: Հակասող ենթադրության մեթոդի արդյունավետ կիրառությունը ֆիզիկայում մաթեմատիկա - ֆիզիկա միջառարկայական կապի ևս մեկ դրսևորման օրինակ է հանդիսանում: Տրամաբանորեն փոխկապակցված հարցերի և խնդիրների միասնական մոտեցմամբ վերլուծությունը, ինչպես նաև միջառարկայական կապերի վեր հանումը կարող է նպաստել սովորողների որոնողական ընդունակությունների, էվրիստիկ և տրամաբանական մտածողության զարգացմանը, ինչն էլ վերջարդյունքում կհանգեցնի ուսուցման արդյունավետության և որակի բարձրացմանը:

## ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. Мантуров О.В., Солнцев Ю.К., Соркин Ю.И., Федин Н.Г., Толковый словарь математических терминов, М.: Просвещение, 1965,-539с.
2. G. H. Hardy. A Mathematician's Apology. — Cambridge: University Press, 1940. - P. 153.
3. Е. И. Бутиков, А. А. Быков, А. С. Кондратьев, Физика в примерах и задачах, Москва 1989.
4. Շ. Աթայան, Ս. Մայիլյան, Հ. Սարգսյան, Լ. Պետրոսյան, Ֆիզիկայի խնդիրներ. տեսակները և լուծման մեթոդները, Երևան, «Անտարես», 2004:
5. Ա.Հ. Խաչատրյան, Բ.Ա. Փախչանյան, «Ֆիզիկայի հանրապետական օլիմպիադաների խնդիրներ», 1974-1982, Երևան, «Էդիթ Պրինտ», 2004:
6. Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс, Фейнмановские лекции по физике. Задачи и упражнения. - М.: Мир, 1965.
7. Է. Ղազարյան, Ա. Կիրակոսյան, Գ. Մելիքյան, Ա. Մամյան, Ս. Մայիլյան, «Ֆիզիկա-11», Երևան, 2010:
8. И.М. Гельфгат, Л.Э. Генденштейн, Л.А.Кирик, 1001 задача по физике с решениями. Харьков-Москва, “Инновации в науке, технике, образовании”, 1998 г.