

**ՀՀ ԿՐԹՈՒ ԹՅԱՆ ԵՎ ԳԻՏՈՒ ԹՅԱՆ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒ ԹՅՈՒՆ**  
**Հ ԱՅ-ՈՒՒ ՍԱԿԱՆ Հ ԱՄԱԼ ՍԱՐԱՆ**

**ԵՂԻԱԶԱՐՅԱՆ ՔՐԻՍՏԻՆԵ ՍԱՄՎԵԼԻ**

**ԱՎԱԳ ԴՊՐՈՑԻ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԴԱՍԸՆԹԱՑԻ «ՄՈԼ ԵԿՈՒԼ ԱՅԻՆ ՖԻԶԻԿԱ»**  
**ԲԱԺՆԻ ԻՈՐԱՑՎԱՅ ԹԵՄԱՆԵՐԻ ՈՒ ՍՈՒ ՑՄԱՆ ՄԵԹՈԴԱԲԱՆՈՒ ԹՅՈՒՆԸ**

**ԱՏԵՆԱԽՈՍՈՒ ԹՅՈՒՆ**

**ԺԳ.00.02 «Դասավանդման և դաստիարակության մեթոդիկա» (ֆիզիկա)**  
**մասնագիտությունը ամբ մանկավարժական գիտությունների թեկնածուի**  
**գիտական աստիճանի համար**

**Գիտական ղեկավար՝**

**ՀՀ ԳԱԱ ակադեմիկոս, ֆիզմաթ**  
**գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր**  
**Է.Մ. Ղազարյան**

**ԵՐԵՎԱՆ - 2017**

## ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒ ԹՅՈՒՆ

### ՆԵՐԱՃՈՒ ԹՅՈՒՆ

.....4

### ԳԼՈՒԽ1. «ՄՈԼ ԵԿՈՒԼ Լ ԱՅԻՆ ՖԻԶԻԿԱ» ԲԱԺՆԻ ՎԵՐԱԲԵՐՅԱԼ ԳԻՏԱՄԵԹՈՂԱԿԱՆ ԳՐԱԿԱՆՈՒ ԹՅԱՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒ ԹՅՈՒՆ

- 1.1. «Մոլ եկուլ Լ այ ին ֆիզիկա» բաժնի ու սուլ ցմանն ու ղղված  
առե նախ սուլ թյ ու ննե թի  
վե թլ ու ծ ու թյ ու ն .....19
- 1.2. «Մոլ եկուլ Լ այ ին ֆիզիկա» բաժնի բովանդակ ու թյ ու ն ը և  
շ ար ադր ան ք ը  
գ ի տ ա ու ս ու մ ն ամ ե թ ո դ ակ ան  
գ թ ակ ան ու թյ ու ն ու մ .....41
- 1-ի ն գ Լ ի փ  
ե գ թ ակ ա գ ու թյ ու ն ն ե թ ը .....53

### ԳԼՈՒԽ2. ԱՎԱԳ ԴՊՐՈՑԻ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԴԱՍԸՆԹԱՑԻ «ՄՈԼ ԵԿՈՒԼ Լ ԱՅԻՆ ՖԻԶԻԿԱ» ԲԱԺՆԻ ԽՈՐԱՅՎԱՃ ԹԵՄԱՆԵՐԻ ՈՒ ՍՈՒՑՄԱՆ ՄԵԹՈՂԱԲԱՆՈՒ ԹՅՈՒՆԸ

- Ն ե թ ա ծ ու թյ ու ն .....  
.....54
- 2.1. «Մոլ եկուլ Լ նե թի փոխադդեց ու թյ ու ն ը» թե մ այ ի  
ու ս ու լ ց մ ան  
մ ե թ ո դ ա բ ան ու թյ ու ն ը .....57
- 2.1.1. «Իր ակ ան գ ա գ ե թ: Վ ան դ ե թ վ ա ալ ս յ ան ու ժ ե թ ի բ ն ու յ թ ը» թե մ այ ի  
ու ս ու լ ց մ ան  
մ ե թ ո դ ա բ ան ու թյ ու ն ը .....  
.....61
- 2.2. «Վ ան դ ե թ Վ ա ալ ս ի հ ա վ ա ս ար ու մ ը» թե մ այ ի  
դ ա ս ա վ ան դ մ ան  
մ ե թ ո դ ի կ ան .....65
- 2.2.1. Վ ան դ ե թ Վ ա ալ ս ի հ ա վ ա ս ար մ ան մ ի ք ան ի հ ե տ ն ու թյ ու ն

և	
կիրառու թյուր ներ .....	
74	
2.3. «Բուլ ցմանի բաշխումը» թեմայի դասավանդման մեթոդիկան .....	78
2.3.1. Բուլ ցմանի բաշխման կիրառու թյուր ներից մեկի մասին:	
«Դիտերիչի հավասարումը» թեմայի ուսուցման մեթոդաբանությունը .....	89
2.4. «Վանդեր Վալսի իզոթերմերը» թեմայի ուսուցման մեթոդաբանությունը .....	93
2.4.1.	
Պարզաբանումներ .....	10
2	
2-րդ	գլխի
Եզրակացությունները .....	106

**ԳԼՈՒԽ 3. ՄԱՆԿԱՎԱՐԺԱԿԱՆ ԳԻՏԱՓՈՐՁ**

3.1. Մանկավարժական գիտափորձի նպատակադրումը և իրագործումը .....	108
3.2. Մանկավարժական գիտափորձի արդյունքների համեմատումը և համակարգումը վիճակագրական վերլուծությամբ .....	132
3-րդ	գլխի
Եզրակացությունները .....	136

**Եզրակացություններ** .....

.....137

<b>Օգտագործված ցանկ</b> .....	140	<b>գրականության</b>
<b>Հավելված</b>		
1 .....	147	
<b>Հավելված</b>		
2 .....	150	

## ՆԵՐԱՆՈՒ ԹՅՈՒՆ

**Թեմայի արդիականությունը:** 21-րդ դարի հիմնական մարտահրավերների կիզակետում անձի կրթական և մասնագիտական զարգացումն է, որն ուղղորդում է դեպի ազգային պետականության հզորացում, գիտելիքահեն տնտեսության ապահովում և հասարակության բարգավաճում: Գլոբալացման ժամանակակից միտումներն ընդգծված շոշափում են կրթական համակարգերը, և արդյունքում կրթությունը հենարանային է դառնում պետության քաղաքական, պաշտպանական, տնտեսական, սոցիալական, մշակութային և այլ խնդիրների լուծման համար: Ռեսուրսառությունը՝ որպես նոր սերնդի բարեկրթությանը մղված պրոցես, իր մեջ ներառում է և՛ տվյալ անձի, և՛ հանրության, նաև պետության հետաքրքրությունները: Ժամանակակից հասարակության նորմալ գործունեությունն անհնար է պատկերացնել առանց կրթական համակարգի ամբողջականության, քանի որ կրթության և դաստիարակության սինթեզն է մարդկային գործունեության ցանկացած ոլորտի բարեհաջող կազմակերպման անհրաժեշտ և բավարար պայմանը: Նոր կրթական քաղաքականության ակունքները պատկանում են կրթության փիլիսոփայությանն, անհատին ու մարդկությանը վերաբերող գիտություններին, ժամանակակից հոգեբանամանկավարժությանը:

Արդի դարաշրջանում կրթությունը մարդկային գործունեության ամենալայնածավալ ոլորտներից է, որում ընդգրկված են մեկ միլիարդից ավելի սովորողներ և շուրջ հիսուս միլիոն դասավանդողներ: Ըստ քաղաքական գործիչների և դիվանագետների՝ պետության սոցիալ-տնտեսական բարգավաճումը կախված է կրթական գերակայությունների առաջնակարգ լինելուց: Անհերքելի է այն դրույթը, որ ամեն մի պետականությունն ինքն է ստեղծում իր առաջադիմության պահանջմունքներին միահունչ ուսումնական կառույցներ: Վաղնշական ժամանակներից գիտելիքի հրամայականն է եղել հայ ժողովրդի գոյատևման և առաջընթացի հավաստիքը: Ռազմավարական է կրթական համակարգի զարգացումը, կատարելագործումը և արդյունավետության բարձրացումը: Հայաստանի Հանրապետության համար: Աճող ակադեմիական շարժունականության շնորհիվ, կրթական համակարգի

ձեռքբերումները հանդիսանում են անհրաժեշտ և որոշիչ ռեսուրսներ մեր երկրի զարգացման համար: Մեր օրերում կրթության ոլորտը պատասխանատվություն է կրում շարունակություն ունեցող բարեշրջումների, որոնց իրականացման անհրաժեշտությունն առկա է բոլոր առաջադեմ երկրներում: Հանրակրթական դպրոցը կրթական համակարգի հիմնաքարերից է, որը պետք է քաղաքակրթի նոր արժեքներով ապրող պատանիների:

Բարեփոխումների գործընթացները Հայաստանի Հանրապետության կրթության համակարգում կրթության նոր որակական մակարդակ ստեղծելու և զարգացնելու հիմք են, որոնք իրականացվում են համահունչ համաշխարհային կրթական օրենքներին և նորմերին: Նման գործընթացներն առաջին հերթին ուղղված են հանրակրթական դպրոցում աշակերտների ուսուցման արդյունավետությունը բարձրացնելուն՝ միջազգային կրթական միասնությանը միանուլիվելու ճանապարհով: Բարեփոխումների արդյունքում մեր երկրում սկզբնավորվեց ուսուցման կազմակերպման եռաստիճան կրթական համակարգ: Այդ համակարգի առաջնային ռազմավարությունը տարբերակված ուսուցումն է:

Ներկայումս հանրակրթական ավագ դպրոցում ընթանում է ֆիզիկայի տարբերակված ուսուցում (խորացված, ընդհանուր և հումանիտար հոսքեր և հարակից դասընթաց): Վերջինիս հիման վրա իրականացված բարեփոխումները կձևավորեն ողջամիտ բանականության վրա հիմնված հասարակություն:

Ֆիզիկայի ուսուցման արոցեսի կատարելագործումը հիմնվում է ֆիզիկայի խորացված ուսուցմամբ ծրագրերի բարեփոխումների վրա: Բնագիտամաթեմատիկական (խորացված) հոսքի ֆիզիկայի դասագրքերում ավելացված են նոր թեմաներ, որոնք նախկինում ընդհանրապես ներառված չեն եղել 10-ամյա և 11-ամյա դպրոցների ֆիզիկայի դասագրքերում, իսկ որոշ թեմաներ ու հարցեր էլ շարադրված են նորովի: Խորացված ուսուցմամբ թեմաների ընդգրկումը գործող դասագրքերում մեծ առաջընթաց է կրթական համակարգում: Հեղինակներն ստեղծել են գիտության արդի մակարդակին և համաշխարհային չափանիշներին համապատասխանող դասագրքեր: Խորացված թեմաների ուսուցումը միտված է աշակերտների ճանաչողական ընկալման, տրամաբանված

դատողություններ անելու հմտության և ստացած գիտելիքները կիրառելու կարողության զարգացմանը: Նաև կարևոր է նշել, որ նոր թեմաների յուրացումը ցատկահարթակ է կրթության հաջորդականությունն իրականացնելու համար: Ավագ դպրոցի ֆիզիկայի դասընթացի ծրագիրն իր շրջանակներում վեր է հանում գիտատեխնիկական զարգացումների և ֆիզիկայի ոլորտի նոր գյուտարարությունների միջև կապերի առկայությունը: Ուստի, արագ զարգացող մեր դարաշրջանում անհրաժեշտություն է առաջանում խորացված ուսուցման նման տարբերակումը: Այն առաջին հերթին աշակերտների համար ապահովում է մատչելի ուսուցում բարձրագույն ուսումնական հաստատություններում և ուղի է հարթում մասնագիտական զարգացման համար: Բոլոր այս թվարկված առավելությունները, որոնք ընկած են խորացված հոսքի դասանյութերի ուսուցման հիմքում, խթանում են սովորողների ժամանակակից ֆիզիկական մտածողության զարգացմանը: Ֆիզիկական մտածողության ձևավորումը և զարգացումը հաղորդակից են դարձնում հասարակությանն աշխարհի միասնական ֆիզիկական պատկերին՝ ձևավորելով մատերիալիստական աշխարհայացք և գիտական աշխարհընկալում: Նման մտավոր ներուժով հասարակությունն այն երաշխավորությունն է, որով պետությունը կունենա առաջընթացի զորեղ հիմքեր:

Ավագ դպրոցի ֆիզիկայի դասընթացի նոր կամ նորովի ներկայացված թեմաների ուսուցումը ստիպում է համապատասխան մասնագետներին կենտրոնանալ այդ թեմաների դասավանդման մեթոդաբանության մշակմանը: Ըստ գիտամանկավարժական հետազոտությունների, իրականում նոր դասավանդվող թեմաները դժվար ըմբռնելի են աշակերտների համար և, միաժամանակ, դրանց ուսուցումը ուսուցիչների համար որոշակի խոչընդոտներ է առաջացնում դասավանդման գործընթացում: Այսինքն՝ անհետաձգելի խնդիր է համապատասխան գիտամեթոդական գրականության առկայությունը:

Ֆիզիկայի դասընթացում ներառված նոր թեմաները «ֆիզիկա» գիտության համար մեծ արժեք են ներկայացնում: Մենք կանգ ենք առել «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի նոր և խորացված թեմաների վրա՝ հաշվի առնելով մի շարք կարևոր հանգամանքներ: «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժինն արտացոլում է աշխարհի

նյութականությունն և բնության ամենաընդհանուր ֆիզիկական օրինաչափությունները: «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի հիմնադրույթները, սկզբունքները և օրենքները տարածվում և միահյուսվում են ֆիզիկայի բոլոր բաժիններին: Անչափ հետաքրքիր ֆիզիկայի այս բաժնի ուսուցումն աշակերտներին կօգնի խորապես հասկանալ շրջակա միջավայրում ընթացող բնության զարմանահրաշ երևույթները, որոնցում ուրվագծվում է ֆիզիկա առարկայի գեղեցկությունը և գրավչությունը: «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի խորացված թեմաների ուսուցման նպատակը սովորողների մեջ հետաքրքրասիրության կայծը վառելն է՝ ճանաչողության, հետազոտման և որոնման հմտություններ զարգացնելու նպատակով: Այսպիսով, սկզբունքորեն անհրաժեշտ «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի խորացված թեմաների յուրացումն աշակերտներին զինում է այնպիսի գիտելիքներով, կարողություններով և հմտություններով, որոնք նրանց հնարավորություն կտան մասնակից դառնալ գիտատեխնիկական առաջընթացին, գործադրել ժամանակի ոգուն համապատասխանող գիտության զավթումները՝ լիիրավ ինտեգրվելով ինտելեկտով և եցուն հասարակական կյանքին:

Արդի կրթական համակարգի առանցքային պահանջներից է ևլավագույն մեթոդաբանության ներդրումն ավագ դպրոցում: Այսպիսի կրթական միջավայրը, որտեղ ուսուցիչը կկարողանա իրագործել իր ողջ մտավոր և ստեղծագործական ներուժը, կապահովի աշակերտների ուսումնառության հաջողությունը: Ելնելով խորացված ուսուցման արդիականությունից՝ տվյալ ատենախոսությունն ուղղված է դյուրին և մատչելի դարձնելու ավագ դպրոցի ֆիզիկայի դասընթացի «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի խորացված, դժվար ըմբռնելի թեմաների ուսուցման պրոցեսը: Այսպիսով, «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի խորացված թեմաների գիտամեթոդական հետազոտությունները միտված են հանրակրթական դպրոցում աշակերտների ուսուցման արդյունավետության բարձրացմանը:

Ատենախոսությունների դիտարկման արդյունքում պարզել ենք, որ «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի ուսուցման վերաբերյալ ՀՀ-ում 1994-2015թթ.-ի ընթացքում առկա է մեկ ատենախոսություն (Ս.Գ. Թումանյան): Այնուհետև ուսումնասիրել ենք 1983-2015թթ.-ի

ընթացքում մեր երկրի սահմաններից դուրս տվյալ բաժնի ուսուցմանը պատկանող ատենախոսությունները, որոնք ևս փոքրաթիվ են (Դ.Տ. Նգուեն, Տ.Ի. Դեմյանովա, Ե.Բ. Յակիմովա, Օ.Ե. Մակարովա, Ն.Բ. Ռոզովա, Խ.Յա. Մարգոլիս, Վ.Օ. Շուրուխին, Տ.Գ. Շապովալենկոն, Մ.Ե. Սանդե, Ռ. Լեյնոնեն և այլք):

Խնդրահարույց է այժմյան գործող ֆիզիկայի դասագրքերին համապատասխան մեթոդական հետազոտությունների և վերլուծությունների բացակայությունը, որն էլ պատճառ է հանդիսանում մեր հետազոտության թեմայի անհետաձգելիության և արդիականության: Հետևապես, մշակել ենք «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի խորացված թեմաների ուսուցման մեթոդաբանությունը: Այս աշխատանքի կազմակերպման, կատարման և իրականացման հիմնայուններ են հանդիսացել տարբեր գիտնականների, ֆիզիկոսների, մանկավարժների, մեթոդիստների գիտական և վերլուծական աշխատանքները, մեթոդական ուսումնասիրությունները, հետազոտությունները, մանկավարժական գիտափորձերը, նաև ժամանակակից տեղեկատվական տեխնոլոգիաները:

**Հետազոտության նպատակը:** Ընդլայնել, խորացնել, մշակել և տեսականորեն ընդհանրացնել ավագ դպրոցի ֆիզիկայի դասընթացի «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի խորացված թեմաների ուսուցման մեթոդաբանությունը, որն էլ կնպաստի ուսուցման որակի բարելավմանը:

**Հետազոտության օբյեկտը:** Ավագ դպրոցի ֆիզիկայի դասընթացի «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի խորացված թեմաների ուսուցման համակարգն է:

**Հետազոտության առարկան:** Ավագ դպրոցում ֆիզիկայի տարբերակված ուսուցման միջոցով սովորողների գիտելիքների համակարգման, տրամաբանական մտածողության ձևավորման և զարգացման գործընթացն է:

**Հետազոտության վարկածը կայանում է հետևյալում.**

Եթե ավագ դպրոցի ֆիզիկայի դասընթացի «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի խորացված թեմաների ուսուցումը կազմակերպվի հետևյալ, տրամաբանորեն կապված, կետերի՝

- գիտելիքի համակարգված հաղորդում (ձևավորել մոլեկուլների փոխազդեցությունը բնութագրող ֆիզիկական



մեծ ությունների վերաբերյալ տեսական գիտելիքներ, բացառել մասնիկների փոխազդեցության պոտենցիալ էներգիայի նվազագույն արժեքի չափանիշ լինելը նյութի տարբեր ագրեգատային վիճակների համար, ներկայացնել վանդերվաալսյան ուժերի էլեկտրամագնիսական բնույթը, նրանց դերը հեղուկ, հեղուկ բյուրեղների և պինդ մարմինների առաջացման պրոցեսում, արտաժել Վանդերվաալսի հավասարումը, արտաժել բարոմետրական բանաձևը և Բոլցմանի բաշխումը նկարագրող բանաձևը),

- գիտելիքների ընդհանրացում՝ միջառարկայական և ներառարկայական կապերի հստակ դրսևորումներով (ներկայացնել վիճակագրական ֆիզիկայի կարևորագույն օրենքներից մեկը՝ Բոլցմանի բաշխումը և ծանոթացնել այս համընդհանրական օրենքի բազմազան կիրառություններին տարբեր ֆիզիկական երևույթներում, ուսուցանել Բոլցմանի բաշխման կիրառություններից մեկը՝ իրական գազերը նկարագրող Դիտերիչի հավասարումը, մատուցել վանդերվաալսյան գազի իզոթերմերը՝ հիմնվելով իդեալական գազի իզոթերմերի համանմանություն վրա),
- կրթական ծրագրերում նախատեսված ուսուցման մեթոդների ճշգրիտ կատարում,
- ուսումնառության նպատակների և խնդիրների հստակ ձևակերպում,
- ժամանակակից տեղեկատվական, մանկավարժական, նյութառաջնիկական ռեսուրսների կիրառում,

շղթայի շուրջ, ապա նշանակալի արդյունքներ կգրանցվեն հանրակրթական համակարգում: Մասնավորապես՝ սովորողները կունենան կայուն գիտելիքի հսկա պաշար, կակտիվանան բնության և ֆիզիկական երևույթների նկատմամբ նրանց հետաքրքրասիրությունները, կբացահայտվեն հետազոտական, համեմատման, փոխհամակցման, ընդհանրացման, վերլուծական, ստեղծագործական, ինքնաճանաչողական ընդունակությունները, կգարգանա փոխանցված (նաև ինքնուրույն ձեռք բերված) գիտելիքները և հմտությունները գործնականում կիրառելու կարողություն:

**Հետազոտության նպատակից, վարկածից ծագում են հետևյալ խնդիրները.**

1. Հանգամանորեն ծանոթանալ, այնուհետև քննության առնել Հայաստանի Հանրապետության հանրակրթական համակարգում բարեփոխված կրթական չափորոշիչները և հայեցակարգերը, շարունակական կրթության համար կենսական պայմաններ ստեղծող բազմակողմանի կողմնորոշմամբ ուսումնական ծրագրերը:
2. Իրականացնել տվյալ թեմային համապատասխանող գիտական, գիտամեթոդական, հոգեբանամանկավարժական գրականության բազմակողմանի ուսումնասիրություններ:
3. Դիտարկել, հետազոտել ավագ դպրոցի բնագիտամաթեմատիկական հոսքի \$ֆիզիկայի դասընթացի «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի դասավանդման արդի վիճակը և նպաստել դասավանդման արոցեսումի հայտեկող դժվարությունների բացահայտմանը և իրազեկմանը:
4. Առանձնացնել բնագիտամաթեմատիկական հոսքի \$ֆիզիկայի դասընթացի «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի խորացված թեմաներն իրենց դժվար յուրացվող հատվածներով և գիտամեթոդական աշխատանքներն ուղղել այս թեմաների մասչելի, դյուրըմբռնելի դարձնելուն:
5. Մշակել «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնից ընտրված թեմաների դասավանդման մեթոդիկա՝ խորացված ուսուցման հոսքերի համար:
6. Բազմակողմանիորեն վերլուծել նշված ծրագրային նյութի մեր առաջադրած մեթոդաբանությունը՝ դասավանդման արդյունավետության բարձրացման նպատակաւղղվածությամբ:
7. Կազմակերպել մանկավարժական գիտափորձ, որը կլուսաբանի այս գիտամեթոդական հետազոտության վարկածի արդարացիությունը, հավաստիությունն ու ստույգությունը:

**Հետազոտության մեթոդաբանական հիմքը** ներկայացվում էն խոշորագույն գիտնականների, հայ հեղինակավոր և արտերկրյա ֆիզիկոսների, մեթոդիստների, մանկավարժ-հոգեբանների գիտական աշխատությունները, վերլուծական հետազոտությունները և գիտամեթոդական ուսումնասիրությունները:

Չանգամանորեն դիտարկվել են ստորև նշված հեղինակների աշխատությունները.

- «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի մեթոդաբանության հղկմանն ու բարելավմանն ուղղված գիտամեթոդական հիմնախնդիրները (Է.Ս. Ղազարյան, Ս.Ս. Մայիլյան, Ի.Գ. Կապլան, Ա.Վ. Տոլուբ, Դ.Վ. Սիվոնիս, Ի.Վ. Սավելյա, Ա.Կ. Կիկոն, Ի.Կ. Կիկոն, Լ.Դ. Լանդաու, Ա.Ի. Կիտայգորոդսկի, Ռ. Ֆ. Ֆեյնման, Ռ. Լեյտոն, Վ.Վ. Ստռուչկով, Բ.Ս. Յավորսկի, Ռ. Քրիստի, Ա. Պիտտի, Գ.Ի. Գրաբովսկի, Ռ. Կոլբո, Լ.Օ. Մելեչկո, Կ.Ա. Պոլտիլով, Ա.Ա. Դետլաֆ, Б.Я. Зельдович, Н. N. Munir, М.К. Brussel, P. Rahimi, С.А. Ward, T.L. Hill, M. Funke, R. Kleinrahm, W. Wagner, D. Koutsoyiannis, G. Hieronymi և ուրիշներ),
- հանրակրթական դպրոցում անձնակենտրոն ուսուցման տեսության հիմնահարցերն, ուսուցման ձևերի և մեթոդների վերաբերյալ աշխատանքները (Վ.Վ. Կրաեվսկի, Վ.Ս. Լեդնև, Ի.Յա. Լեռներ, Ա.Կ. Մարկովա, Ի.Ս. Յակիմանսկայա, Մ.Ն. Սկասկին, Վ.Վ. Դավիդով, Պ.Պ. Բլոնսկի, Ա.Ս. Մակարենկո, Բ. Ս. Բլոմ, Բ.Բ. Մասիա և ուրիշներ),
- ուսուցման պրոցեսում նորարարական տեխնոլոգիաների կիրառման վերաբերյալ հիմնահարցերը (Մ.Գ. Աստվածատրյան, Գ. Թերզյան և ուրիշներ),
- մանկավարժությանն ուղղված աշխատությունները (Ա. Աբրահամյան, Յոլ. Ամիրջանյան, Տ. Սահակյան, Մ. Մանուկյան, Յոլ. Բաբանսկի, Յա.Ա. Կամենսկի և ուրիշներ),
- մանկավարժական գործընթացում տարբեր տեխնոլոգիաների կիրառման վերաբերյալ գիտական մոտեցումներն ու ուսումնասիրություններն (Ա. Կոլեչենկո, Ս. Սմիռնով, Վ. Կոկոլշին, Վ.Պ. Բեսպալկո, Յ. Պետրոսյան և ուրիշներ),
- կրթական միջավայրում սովորողի ճանաչողական, գիտակցական, մտավոր գործունեության մանկավարժահոգեբանական հիմնախնդիրները (Ա.Գ. Մասլոու, Ա.Գ. Ասմոլով, Լ. Ս. Վիգոտսկի, Ա.Ն. Լեոնտև, Դ.Ա. Լեոնտև, Դ.Ն. Ուզնաձե, Ս.Լ. Ռոլբինշտեյն, Վ.Վ. Դավիդով, Դ.Բ. Էլկոնին, Ն.Ն. Լանգե և ուրիշներ):

**Ասե՛նախոսությունում դիտարկված խնդիրների լուծման համար օգտագործվել են հետազոտման հետևյալ մեթոդները.**

***Տեսական***

- Փիլիսոփայական, հոգեբանամանկավարժական աշխատությունների ուսումնասիրություն,
- Ֆիզիկայի գիտամեթոդական գրականություն, ատենախոսությունների, գիտական, մեթոդական, գիտամանկավարժական հոդվածների հետազոտություն, ուսումնական ծրագրերի, դասագրքերի, ուսումնամեթոդական ձեռնարկների տեսական վերլուծություն, համեմատում, ընդհանրացում և համակարգում,
- «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի խորացված թեմաների ուսուցման պրոցեսում ներառարկայական և միջառարկայական կապերի հստակ կիրառում:

**Փորձնական**

- Մանկավարժական դիտարկումների կազմակերպում. ավագ դպրոցի ֆիզիկայի ուսուցման գործընթացի դիտումներ, նորմշակված մեթոդաբանությունամբ դասավանդման իրականացում, զրույցներ և հարցումներ սովորողների հետ, թեստավորման և անկետավորման անցկացում ուսուցիչների և աշակերտների շրջանում,
- մանկավարժական գիտափորձի իրականացում:

**Վիճակագրական**

- Մաթեմատիկական վիճակագրության ապարատի կիրառում՝ ուղղված մանկավարժական գիտափորձի արդյունքների համակարգմանը. տվյալների հավաքագրում, նկարագրում (մշակում) և համեմատում, աղյուսակների, գրաֆիկների կազմում:

**Հետազոտության գիտական նորույթը.**

1. Մշակվել է «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի խորացված թեմաների ուսուցման մեթոդաբանությունը, որն արմատական հիմք է մատչելի և ըմբռնելի ուսուցում կազմակերպելու համար և նպաստում է սովորողների ֆիզիկային հատուկ տրամաբանական մտածողություն և ձեռք բերելուն:
- 2) Ներկայացվել են «Միջմոլեկուլային փոխազդեցություն» թեմայի ուսուցման մեթոդաբանական մոտեցումները, ցույց են տրված վանդերվաալսյան ուժերի տեսակները, նրանց համընդհանուր բնույթը, դրսևորումները մոլեկուլային բյուրեղներում և այլ փուլային վիճակներում գտնվող

մարմիններում: Մշակված մեթոդաբանությամբ բացահայտվում են ինչպես ֆիզիկայի տարբեր բաժինների միջև ներառարկայական կապերը, այնպես էլ «ֆիզիկա-քիմիա» միջառարկայական կապը, որի շնորհիվ սովորողներին հասկանալի է դառնում քիմիական կապերի էությունը:

3) Վերհանված են վիճակագրական ֆիզիկայի կարևորագույն՝ Բոլցմանի բաշխման օրենքի դրսևորումները տարբեր ֆիզիկական և քիմիական երևույթներում՝ գոլորշիացում, ջերմային իոնացում, քիմիական ռեակցիաներ, ջերմային ընդարձակում, ջերմաէլեկտրոնային առաքում և այլն: Տեսականորեն հիմնավորված է Բոլցմանի բաշխման և իրական գազերի վարքը նկարագրող Դիտերիչիի հավասարման կապը:

4) «Իրական գազ» թեմայի վերաբերյալ սովորողների համակարգված գիտելիքների ձևավորման համար՝ «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի խորացված թեմաների ուսուցման համակարգը համալրվել է «Վան դեր Վաալսի հավասարումը» թեմայով: Թեման դյուրըմբռնելի դարձնելու նպատակով այն լրացվել է գրաֆիկական (կորեր, գծապատկերներ, տրամագրեր) մեկնաբանություներով և բացատրություներով: Դիտարկված են վանդերվաալսյան գազի իզոթերմերը՝ հիմնվելով իդեալական գազի իզոթերմերի համանմանության վրա, քննարկված է ֆիզիկայի և մաթեմատիկայի միջառարկայական կապը՝ Վան դեր Վաալսի հավասարման մաթեմատիկական հետազոտության ընթացքով, տրված են նյութի վիճակի՝ հեղուկից՝ գոլորշու և հակառակ անցումների գրաֆիկական նկարագրություները:

5) Այսպիսով, նշված նոր թեմաների ուսուցումը լուծում է երկու խնդիր.

ա) համակարգում է ավագ դպրոցի խորացված հոսքերի սովորողների գիտելիքները;

բ) ստեղծում է ինչպես ներառարկայական կապեր ֆիզիկայի տարբեր բաժինների միջև, այնպես էլ միջառարկայական կապեր՝ քիմիայի և մաթեմատիկայի հետ:

Այսպիսով, ավանդական մոտեցմամբ «Միջմոլեկուլային փոխազդեցություն» թեման ուսուցանելիս շատ նուրբ հարցեր աշակերտների համար մնում են չբացահայտված, ինչը

դժվար ըմբռնելի է դարձնում ուսուցման պրոցեսը: «Բուլցմանի բաշխում» թեմայի դրսևորումները դարձյալ վկայում են այն կապի մասին, որ կա ֆիզիկայի և քիմիայի միջև, որոնք, բնականաբար, բացակայում են հին ծրագրային նյութում: Վանդերվաալ սյան իզոթերմերը հնարավորություն են տալիս հասկանալ իորեն ուսումնասիրել փուլային անցումները, իսկ ջերմաստիճանային որոշ տիրույթներում այդ կորերը համընկնում են իդեալական գազի և հեղուկ փուլի վարքը նկարագրող կորերին, ինչով էլ արտահայտվում է նոր և հին ծրագրային նյութերի համակցումը:

Հանգամանորեն բացահայտել ենք «Մուլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի խորացված թեմաների ուսուցման մեթոդիկայի հիմնախնդիրները, որոնց լուծման ուղին իրագործել ենք ներառարկայական և միջառարկայական կապերի ուղագրավ դրսևորումներով:

**Հետազոտության տեսական նշանակությունը.**

- հետազոտությունը նպատակաուղղված է ավագ դպրոցի ֆիզիկայի դասընթացի «Մուլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի համալրելու գիտամեթոդական ամուր հենքով, որը կծառայի ուսուցչի գիտամակարժական կարողությունների կատարելագործմանը և աշակերտների գիտելիքների համակարգմանը,
- ատենախոսության արդյունքները խորացնում և ընդլայնում են ֆիզիկայի դասընթացի բովանդակությունը, հարստացնում են այն նոր գիտելիքներով և մեթոդական եզրահանգումներով՝ ապահովելով նյութի հասկանալի և դյուրամատույց դասավանդումը,
- մշակված այս դասավանդման տեսությունը նպաստում է տվյալ թեմային վերաբերող գիտելիքների խոր և բազմակողմանի իմացությունը: Նման դասընթացի յուրացման գիտականությունը կմղի աշխարհի ժամանակակից ֆիզիկական մտածողության ձևավորմանը, որի ազդեցության ներքո աշակերտները կտիրապետեն գիտության հիմնական հասկացություններին ու սկզբունքներին, կկարողանան հասկանալ, թե ինչպես են հետազոտվում բնության երևույթները և ինչպես են ծնվում նոր գիտելիքները,

- մեր կողմից մշակված մեթոդաբանությանը ունեն ամբողջացնում է սովորողների դիտելու, համեմատելու, վերլուծելու, համակցելու, ընդհանրացնելու, տրամաբանելու կարողությունների համալիրը:

**Յետագոտության գործնական նշանակությունը.**

- տվյալ գիտամեթոդական ուսումնասիրությունները և եզրահանգումներն իրենց ուղղակի և անմիջական գործածությանը կարող են ենթարկվել դասապրոցեսներին՝ նպաստելով ուսուցման գործընթացի ակտիվացման և արդյունավետության բարձրացմանը,
- մեթոդական համալիրը կարող է կիրառվել ավագ դպրոցի բնագիտամաթեմատիկական հոսքերում, վարժարաններում և բնագիտամաթեմատիկական թեքումով դպրոցների ֆիզիկայի ուսուցման գործընթացում, մանկավարժական բուհերում «ֆիզիկայի դասավանդման մեթոդիկա» առարկայի ուսուցման ժամանակ, ուսուցիչների վերապատրաստման դասընթացներին և սեմինարներին, մանկավարժության տարբեր ոլորտներում, մեթոդական քննարկումներին, ֆիզիկայի դասավանդման ծրագրերի և դասագրքերի կատարելագործման ժամանակ,
- իրականացված հետազոտության արդյունքներն օբյեկտիվ հիմք են ծառայում ավագ դպրոցի ֆիզիկա առարկայի «Մուլտիկուլային ֆիզիկա» բաժնի խորացված թեմաների յուրացման ճանապարհին ծագած դժվարությունների հաղթահարման համար,
- առաջարկվող ատենախոսության գիտական նորույթի գործնական նշանակալի ազդեցությունը կարող է արտահայտվել կրթական համակարգի բարելավման և արդիականացման ուղղությամբ:

**Պաշտպանությանը ներկայացվող դրույթները.**

1. Ավագ դպրոցի ֆիզիկայի դասընթացի «Մուլտիկուլային ֆիզիկա» բաժնի խորացված թեմաների ուսուցման մեթոդաբանության մշակման անհրաժեշտության հիմնավորումը, որը կբարձրացնի ֆիզիկայի ծրագրային նյութի բովանդակային մակարդակը՝ կյանքի կոչելով կրթության ոլորտում նոր հեռանկարներ և հորիզոններ:
2. Առաջադրված մեթոդաբանությունը կառուցված է «ֆիզիկա» գիտության համընդհանուր օրենքների հենքով: Ավագ դպրոցի ֆիզիկայի դասընթացի նոր մեթոդաբանությունը «գիտելիքի»

մանկավարժությունը կփոխարինի «ճանաչողություն, հետազոտություն» մանկավարժությունը ամբ:

3. Տվյալ գիտամեթոդական ուսումնական յանձնարարությունը, ներառումը և կիրառումը կրթական ծրագրերում և դասագրքերում կապահովի «Ֆիզիկա» առարկայի չափորոշչային պահանջների ամբողջական «նյութականացումը»:
4. Վերհանված հետազոտությունները դասավանդողին կզինեն տեսական, գիտական, մեթոդականական, հոգեբանամանկավարժական գիտելիքներով և ֆիզիկայի ուսուցչի որակավորման աստիճանի բարձրացումը կնպաստի սովորողների դատողության, համալիր մտածողության, պատճառահետևանքային կապերի բացահայտման և ինքնուրույնության զարգացմանը:

**Ատենափոսույան արդյունքների և գիտամեթոդական եզրահանգումների ստույգությունը, իրավացիությունը և հուսալիությունը հավաստիացվում են՝**

- «Ֆիզիկա» առարկայի դասավանդման, նոր գաղափարներով զետեղված, մեթոդական տարբեր հետազոտությունների մանրամասն և խոր վերլուծությունը ամբ,
- նշանավոր գիտնականների, ֆիզիկոսների, մանկավարժների, փիլիսոփաների աշխատանքների ուսումնասիրություններով և դիտարկումներով,
- մշակված տեսական և գործնական մեթոդների կիրառմամբ,
- միջառարկայական կապերի դրսևորումներով,
- հետազոտության նպատակի, վարկածի, խնդիրների ճշտությունը ամբ,
- մանկավարժական գիտափորձի արդյունավետելքով:

**Հետազոտության արդյունքների փորձաքննությունը.**

Հետազոտության բազան հանդիսացել

- ❖ Խ. Աբովյանի անվան ՀՊՄՀ հենակետային (ավագ դպրոց) վարժարանը,
- ❖ ՀԱԱՀ հենակետային (ավագ դպրոց) վարժարանը,
- ❖ ՀԱՊՀ Երևանի ավագ դպրոցը,
- ❖ Կարեն Դեմիրճյանի անվան թիվ 139 ավագ դպրոցը,
- ❖ Կոտայքի մարզի Գառնիի Ատոմի անվան թիվ 2 ավագ դպրոցը:



**Յետագոտության արդյունքները ներկայացվել և վերլուծվել են.**

- Յայ-Ռուսական համալսարանի ընդհանուր ֆիզիկայի և քվանտային նանոկառուցվածքների ամբիոնի նիստերում (2013, 2014, 2015, 2016 թթ.),
- Յամահայկական 4-րդ կրթական գիտաժողովում (նվիրված «Բնագետ» հանդեսի հիմնադրման 15-ամյակին), «Բնագիտությունը 21-րդ դարում. Ուսուցման հիմնախնդիրներ և լուծումներ» (2014թ.),
- Ֆիզիկայի ուսուցիչների 21-րդ գիտամեթոդական համաժողովում (նվիրված Աբրահամ Ալիխանյանի 110-ամյակին), Երևանի պետական համալսարանին առընթեր Արտաշես Շահինյանի անվան ֆիզիկամաթեմատիկական հատուկ դպրոց (2014թ.),
- Ֆիզիկայի ուսուցիչների 22-րդ գիտամեթոդական համաժողովում նվիրված Ա. Շահինյանի անվան ֆիզիկամաթեմատիկական դպրոցի հիմնադրման 50-ամյակին (2015թ.):
- Յետագոտությանը նվիրված մեթոդական աշխատանքները հրատարակվել են «Բնագետ» (հինգ հոդված) և «Կրթությունը և գիտությունը Արցախում» (մեկ հոդված) հանդեսներում:

**Յետագոտության կազմակերպման փուլերը.**

- Առաջին փուլում (2013-2014թթ.) իրականացվել է հետագոտության հիմնախնդրի, այն է՝ ավագ դպրոցի ֆիզիկայի դասընթացի «Մուլտիմեդիային ֆիզիկա» բաժնի խորացված թեմաների ուսուցման արդի վիճակի խնդիրների բացահայտում և հանգամանորեն դիտարկում:

Ուսումնասիրվել և վերլուծվել են ուսման առաջանցիկ աճը կերտող գիտական աղբյուրներ. գիտամեթոդամանկավարժական գրականություն, համացանցային նյութեր, հայրենական և արտասահմանյան դասագրքեր, պարբերական մամուլ, կրթության զարգացման հայեցակարգեր, բարեփոխումների ծրագրեր: Յիմնավորվել և ձևակերպվել է հետագոտության թեման, վարկածը և խնդիրները: Յամակարգվել է «Մուլտիմեդիային ֆիզիկա» բաժնի մեթոդաբանության

կառուցումն՝ ըստ թեմաների տրամաբանական, շղթայական հերթագայության հատուկ ընթացքի:

- Երկրորդ փուլում (2014-2015թթ.) արձանագրվել են առաջին փուլի գործունեություններից բխած արդյունքները, որոնց հիման վրա կատարված աշխատանքներն ուղղվել են ատենախոսության բովանդակության շարադրմանը և ամբողջացմանը: Համալրվել, ընդլայնվել և խորացվել է «Մուլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի խորացված թեմաների դասավանդման մեթոդիկան:

Այս փուլում հաճախել են հայ-ռուսական համալսարանի հետքուհական ուսումնառության մասնագիտական դասընթացների, որոնք ամրագրել են գիտելիքների կուռ համակարգ, որդեգրել են կառուցողական մոտեցում ժամանակակից հետազոտական աշխատանքների կատարման համար և մոտիվացրել են գիտական գործունեություն ծավալելու:

Նախագծվել է մանկավարժական գիտափորձի անցկացման քայլերի հաջորդականությունը և կազմակերպվել ՀՀ տարբեր դպրոցներում, վարժարաններում ատենախոսության շրջանակներում փորձարարական աշխատանքների իրականացումը:

- Երրորդ փուլում (2015-2016թթ.) ներդրված գիտափորձի արդյունքներն ենթարկվել են վիճակագրական վերլուծության: Տեսական ընդհանրացումից ապացուցվել է հետազոտության վարկածի ստույգությունը: Մանկավարժական փորձաքննության արդյունքները և եզրակացություններն ամփոփվել են ատենախոսության երրորդ գլխում:

**Աշխատանքի կառուցվածքը և ծավալը:** Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածություններից, երեք գլուխներից, եզրակացություններից, օգտագործված գրականության ցանկից և հավելվածներից: Աշխատանքի ընդհանուր ծավալը 165 էջ է:

## ԳԼՈՒԽ 1.

### «ՄՈԼԵԿՈՒԼԱՅԻՆ ՖԻԶԻԿԱ» ԲԱԺՆԻ ՎԵՐԱԲԵՐՅԱԼ ԳԻՏԱՄԵԹՈՂԱԿԱՆ ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՀԵՏԱՉՈՏՈՒԹՅՈՒՆ

#### 1.1. «ՄՈԼԵԿՈՒԼԱՅԻՆ ՖԻԶԻԿԱ» ԲԱԺՆԻ ՈՒՍՈՒՑՄԱՆՆ ՈՒՂՂՎԱԾ ԱՏԵՆԱԽՈՍՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆ

Աներկբա է կրթական գործընթացում ինչպես ֆիզիկայի ուսուցչի մանկավարժական վարպետության կարևորությունը, այնպես էլ ուսումնական, մեթոդական նյութերի վերանայումը և կատարելագործումը: Վերջին տարիներին բուռն փոփոխման էին ենթարկվում բնագիտամաթեմատիկական (խորացված) հոսքի ֆիզիկայի դասագրքերը, որոնցում ընդգրկված են նոր, նախկին դասագրքերում ընդհանրապես չներառված, թեմաներ: Այս ուղղությամբ նկատվում է գիտամեթոդական նյութերի (դասագրքեր, մեթոդական աշխատություններ, դիդակտիկական, նորարարական հրահանգներ) փաթեթի՝ նախատեսված թե՛ ուսուցիչների, թե՛ աշակերտների համար, օպտիմալ պահանջարկ:

Ֆիզիկայի բաժիններից յուրաքանչյուրն առանձնահատուկ և ինքնատիպ է սովորողների դիպեկտիկական աշխարհայացքի և աշխարհի գիտական պատկերի ձևավորման հարցում: Ասվածը լիովին վերաբերում է ավագ դպրոցի ֆիզիկայի դասընթացի «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնին: Ուսանելով «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնը՝ աշակերտները ծանոթանում են ֆիզիկա գիտության չափազանց կարևոր և բեղմնավոր վիճակագրական օրենքներին: Ֆիզիկայի ուսումնական ծրագրի բարեփոխումների արդյունքում զգալիորեն փոխվել է «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի կառուցվածքը և բովանդակությունը: Այս բաժնի բովանդակության գիտական մակարդակի աճն ավելացրել է տեսական գիտելիքների տեսակարար կշիռը: Տարված աշխատանքները բարձրացրել են «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի դերը աշակերտների գիտելիքների որակի համակարգման պրոցեսում, որը հիմք է ծառայում նրանց մեջ մատերիալիստական աշխարհի ֆիզիկական պատկերի կերտմանը և ինտելեկտուալ ճանաչողությանը: Ավագ դպրոցի առաջ ծառայած այսպիսի խնդիրների բարեհաջող լուծման համար անհրաժեշտ է

ստեղծել բազմաբովանդակ մեթոդաբանական նյութերի ամբողջությամբ խորացված թեմաների ուսուցման համար:

Տարբերակված ուսուցման պայմաններում խորացված ուսուցման դերը բացառիկ կարևոր է: Կրթական որակի զարգացման իրական ուղիներից մեկն էլ ավագ դպրոցի բնագիտամաթեմատիկական (խորացված) ուսուցմամբ դասարանների քանակի ավելացումն է և ուսուցման պրոցեսի կատարելագործումն է նրանցում: Միանշանակ տրամաբանական է և հիմնավոր, որ ավագ դպրոցն իր բարձր վարկանիշը կպահպանի՝ կազմավորելով խորացված կրթությամբ հարուստ գիտակրթական ավանդույթներ:

Այսպիսով, իրականացված են «Մուլտիմեդիալային ֆիզիկա» բաժնի մեթոդաբանությունը նվիրված ատենախոսությունների ուսումնասիրություններ: Դիտարկումների կիզակետում են գտնվել հայ հետազոտողների (1994-2015թթ.) և արտերկրի ֆիզիկոս-մեթոդիստների (1983-2015թթ.) ատենախոսությունները: Վերջին երեսուն տարիների ընթացքում «Մուլտիմեդիալային ֆիզիկա» բաժնի դասավանդման հիմնահարցերին նվիրվել են տարբեր ատենախոսություններ, որոնցից մեծ մասում քննության է առնված ֆիզիկայի այս բաժնի ուսուցման մեթոդաբանությունը նախկին կրթական ծրագրերին համապատասխան: Ֆիզիկայի դասընթացի նախկին կրթական ծրագրերից այժմյան բարեփոխված ծրագրերին անցնելու ընթացքում առանձնահատուկ ուշադրություն է դարձվել «ֆիզիկա» առարկայի տեսության դերի բարձրացմանը, որն խրախուսվում է ժամանակակից գիտության պահանջների կողմից: Այդուհանդերձ, բոլոր ատենախոսություններն արտացոլում են «Մուլտիմեդիալային ֆիզիկա» բաժնի բազմակողմանի և նշանակալի բովանդակությունը: Նրանցից յուրաքանչյուրում սովորողներին հղվում է այն գաղափարն, ըստ որի «Մուլտիմեդիալային ֆիզիկա» բաժնի ուսուցումն ուղղված է մարդկանց բարօրությանը: «Մուլտիմեդիալային ֆիզիկա» բաժնի զիտելիքների կարևոր աղբյուր է մեզ շրջապատող աշխարհի կառուցվածքի, հատկությունների և նրանում տեղի ունեցող երևույթների մասին: Անխուսափելիորեն՝ աշխարհի նյութականությունը նկարագրող, բնության մեջ օրինաչափորեն տեղի ունեցող փոփոխությունները (բնության հիմնարար օրենքները) բացահայտող ֆիզիկայի այս բաժնիը հանդիսանում է գիտական, տեղեկատվական տեխնոլոգիաների առաջընթացի,

արտադրողականության բարձրացման հիմք և միաժամանակ համամարդկային մշակույթի չափազանց կարևոր բաղադրատարր:

Դ.Տ. Նգուենը [60] իր «Վիետնամի Սոցիալիստական Հանրապետության Ֆիզիկայի խորացված ուսուցմամբ դասարաններում գազի մոլեկուլային-կինետիկ տեսության ուսուցման մեթոդների խնդիրները» խորագրով ատենախոսության մեջ ներկայացնում է «Ֆիզիկա» առարկայի դասավանդման գիտական մակարդակի բարձրացումը խորացված ուսուցման պրոցեսում: Հետազոտության տեսական նշանակությունը գազերի մոլեկուլային-կինետիկ տեսության ուսուցման ժամանակակից մեթոդաբանության մշակման մեջ է: Այդ աշխատանքը բացահայտում է վերը նշված թեմայի դասավանդման մեթոդիկայի արդյունավետությունը և մատչելիությունը բնագիտամաթեմատիկական հոսքերով դպրոցներում: Այստեղ անհրաժեշտություն է առաջանում նշել, որ արդեն մի քանի տասնամյակ է, ինչ Վիետնամի Սոցիալիստական Հանրապետությունում ընթանում է ֆիզիկայի տարբերակված, խորացված ուսուցում մասնագիտական ուղղվածությամբ (ֆիզմաթ) դպրոցներում: Ձեռք բերելով խոր գիտելիքներ և տրամաբանական մտածողություն՝ ֆիզիկան խորացված ուսումնասիրող աշակերտները բարեհաջող շարունակում են իրենց կրթությունը բարձրագույն ուսումնական հաստատություններում: Հասկանալի է, որ յուրաքանչյուր երկրի համար այս կարևոր հիմնախնդիրը պահանջում է կրթության բովանդակության բարեփոխում, խորացված ուսուցման պատշաճ մեթոդաբանության մշակում և կատարելագործում: Դ.Տ. Նգուենը նշում է, որ ատենախոսության իրականացման ժամանակ կիրառել է նոր մեթոդիկայի հետազոտման ինչպես տեսական մեթոդներ, այնպես էլ փորձարարական, որոնց հաջորդել է ստացված արդյունքների քանակական և որակական վերլուծություն: Այսպիսով, ատենախոսն իր հետազոտության մեջ դիտարկել է վիճակագրական և քվանտային մոդելների առանձնահատկությունները, առավելությունները գազերի մոլեկուլային-կինետիկ տեսության խոր ուսումնասիրման ժամանակ: Նաև կարևորում է, որ ֆիզիկայի խորացված ուսուցման հայեցակարգի հիման վրա ձևավորվել են սկզբունքներ, որոնցով իրագործվել է տվյալ թեմայի վերաբերյալ նախնական

գիտամեթոդական գրականության ընտրությունը: Հետազոտողը մշակել է գազերի մոլեկուլային-կինետիկ տեսության հիմնական հասկացությունների ներմուծման մեթոդիկա վիճակագրական և քվանտային գաղափարների հիման վրա: Մանկավարժական գիտափորձի արդյունքում ամփոփվել է այն միտքը, որ նոր մեթոդական համակարգը նպաստում է սովորողների գիտելիքների որակի բարձրացմանը, ճանաչողական հետաքրքրությունների առաջացմանը, բազմակողմանի զարգացվածությանը: Ատենախոսը նշում է, որ հետազոտության արդյունքները կիրառվել են Վիետնամի Սոցիալիստական Հանրապետության կրթական բարեփոխումների անցկացնելիս, ֆիզիկայի խորացված ուսուցման համար մեթոդական ձեռնարկներ վերջնամշակելիս, նաև ուսուցիչների մասնագիտական, որակական վերապատրաստումների անցկացնելիս:

Տ.Ի. Դեմյանովան [30] իր «Մոլեկուլային-կինետիկ տեսության հիման վրա նյութի ագրեգատային վիճակների և փուլային անցումների վերաբերյալ միջնակարգ դպրոցի աշակերտների գիտելիքների ձևավորումը» ատենախոսության մեջ արձանագրում է, որ այս թեմայի ուսուցումն ունի ոչ միայն ճանաչողական, այլ նաև պրլիտեխնիկական նշանակություն: Նա նշում է, որ «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի կարևորագույն խնդիրն է նյութի կառուցվածքի և հատկությունների ուսուցումը: Ատենախոսն առաջնահերթ ցույց է տալիս, որ նյութի փուլային փոխակերպումների տեսությունն ընկած է ժամանակակից նյութագիտության հիմքում և ուղղորդում է դեպի նախագծված օգտակար հատկություններով նոր նյութերի ստեղծումը: Ըստ հետազոտողի՝ նյութի ագրեգատային վիճակների և փուլային անցումների ուսումնասիրությունը նպաստում է հարուստ գիտամեթոդական աշխատությունների ստեղծմանը: Նման հետազոտություններն անհրաժեշտ են աշակերտների դիպլոմատիկա-մատերիալիստական աշխարհըմբռնման զարգացման համար:

Ատենախոսը նշում է, որ եթե իրականացնել նյութի կառուցվածքի և հատկությունների ուսուցման հաջորդական՝ էներգիական և կառուցվածքային մոտեցումներ, ապա վերջիններս կապահովեն մոլեկուլային-կինետիկ տեսության հիման վրա ագրեգատային վիճակների և փուլային անցումների վերաբերյալ գիտելիքների խորացում և զարգացում: Հեղինակը պնդում է, որ ուսուցման այս մեթոդը նպաստում է սովորողների մոտ նյութի

կառուցվածքի և հատկությունների երկկողմ կապի մասին պատկերացումների բարելավմանը: Տ.Ի. Դեմյանովան իր ատենախոսության մեջ ներկայացրել է նյութի ագրեգատային վիճակների և փուլային անցումների ուսուցման մեթոդիկան՝ հաշվի առնելով նաև խնդրի վիճակագրական կողմը, և, համաձայն այդ մեթոդիկայի, դիտարկել է բյուրեղներում, հեղուկներում և գազերում մասնիկների դասավորվածության կարգավորության աստիճանի տարբերությունները: Նա հիմնավորել է նյութի իոնային, ատոմային, մոլեկուլային կառուցվածքների տարբերության մասին ուսուցման նպատակահարմարությունը և այդ հիմքի վրա մակրոսկոպիկ հատկությունների տարբերությունների բացատրությունը:

Ատենախոսը դուրս է գրել դասավանդման պրակտիկայում ի հայտ եկող այն բոլոր դժվարությունները, որոնք խոչընդոտում են միկրոմակարոպիկ փուլային անցումների մեխանիզմի խոր բացահայտմանը: Մեթոդաբանությունը մշակելիս նա կանգ է առել փուլային անցումների բացահայտման ուժային և էներգիական նկարագրումների վերհանմանը:

Չետազոտության մեջ ուսումնասիրված են այն պայմանները, որոնցից կախված է նյութի ագրեգատային վիճակների կայունությունը: Այնուհետև հետազոտողն ավելացրել է, թե ինչպես է ջերմաստիճանի բարձրացմանը զուգընթաց աճում ներքին էներգիայի ոչ միայն մոլեկուլային-կինետիկ, այլ նաև մոլեկուլային-պոտենցիալ բաղադրիչը:

Ինչպես նշում է ատենախոսը, հետազոտության խնդրի տեսական վերլուծության արդյունքում հիմք է դրվել մի գաղափար, ըստ որի նյութի ագրեգատային փոխակերպումները և փուլերի կայուն վիճակների պայմանները գիտականորեն բացատրելու համար անհրաժեշտ է ոչ միայն էներգիական, այլ նաև կառուցվածքային մոտեցում: Բացատրության մեջ ներառվել են նաև ջերմադինամիկայի օրենքները: Ատենախոսը, համադրելով էներգիական և կառուցվածքային մոտեցումները, ընդհանրացրել է «նյութի կառուցվածքը և հատկությունները», «Փուլային անցումներ» թեմաների դասավանդման մեթոդիկան: Չետազոտական աշխատանքում մշակված է տարբեր ագրեգատային վիճակներում

համակարգի մասնիկների «կարգավորված ության աստիճան» եզրույթի ուսուցման մեթոդիկան:

Յետազոտողի կողմից առաջադրվել են և արտատրաջխատանքներ՝ բյուրեղի հալման, ջրի եռման պրոցեսները, գերսառեցված հեղուկի մետաստաբիլ վիճակները փորձով ուսուցանելու համար: Մանկավարժական գիտափորձի արդյունքում հաստատվել է առաջարկված մեթոդիկայի արդյունավետությունը և նրա միջոցով կայուն գիտելիքներ ստանալու հնարավորությունը: Ատենախոսության գործնական նշանակությունն այն է, որ այսպիսի մեթոդական մշակումները և կրթական փորձարարական աշխատանքներն ուղղակիորեն կարող են օգտագործվել ինպատկուսուցման գործընթացի, ֆիզիկայի դասավանդման ծրագրերի բարեփոխման, դասագրքերի և մեթոդական ձեռնարկների ստեղծման:

Ավագ դպրոցի սովորողների համար աշխարհի ֆիզիկական պատկերի մասկազմող նյութի կառուցվածքի և հատկությունների հստակ պատկերացումների ձևավորման մեթոդիկան ունի մեծ տեսական և գործնական նշանակություն և պետք է դառնա հատուկ հետազոտությունների առարկա:

Ե.Բ. Յակիմովան [86] կատարել է մեթոդական հետազոտություններ, որոնք ուղղված են ֆիզիկայի դասընթացի «Ջերմադինամիկա» և «Մուլտիկուլային-կինետիկ տեսություն» բաժինների խորացված թեմաների ուսուցման ժամանակ սովորողների էվոլյուցիոն-էկոլոգիական աշխարհայացքի ձևավորմանը՝ սիներգետիկական հայեցակարգի հենքի վրա:

Աշխարհի գիտական պատկերի վերլուծության փոփոխությունը հանգեցնում է այնպիսի եզրակացության, որ գիտական պարադիգմայում տեղի են ունենում հիմնարար տեղաշարժեր: Այժմ, երբ մարդկությունն իրապես գտնվում է բարդ, ոչ գծային, հավանակային իրավիճակներում, այլևս դասական գիտությունը չի կարող բավարար հիմք հանդիսանալ ժամանակակից աշխարհայացքի համար:

Ելնելով վերոթվարկյալ նկատառումներից՝ ատենախոսը եկել է այն եզրահանգման, որ վերարտադրողական կրթությունը պետք է փոխարինել գիտելիքների ստեղծագործական յուրացմամբ, որն ընդգրկում է ոչ միայն բնության երևույթների ընկալում, այլ նաև բնության նկատմամբ հստակ, պատասխանատու էկոլոգիական



դիրքորոշում: Բնությունը և մարդկությունը պետք է դիտարկվեն որպես միասնական, բաց է կոլոգիական համակարգ՝ օժտված բարդ, ոչ գծային փոխարարություններով: Ոչ գծայնությունը համակարգի զանազան ստացիոնար վիճակներ ունենալու հատկությունն է: Այս հատկությունը հետևանք է համակարգի միկրովիճակների բազմազան թույլատրելի վարքագծերի միջոցով առաջացած մակրովիճակների գոյության: Ըստ հետազոտողի՝ աշխարհի էկոլոգիական պատկերի ձևավորման փիլիսոփայական հիմքը կազմում են էվոլյուցիոն գաղափարները:

Գոյություն ունեն մակրոկառուցվածքների ձևավորման համընդհանուր առանձնահատկություններ և օրինաչափություններ, որոնք ի հայտ են գալիս ժամանակի ընթացքում, տարածության մեջ: Այդ օրինաչափություններն ուսումնասիրող գիտական ճյուղը «սիներգետիկա» է: Սիներգետիկայի այբուբենի տարրերն օրըստօրե մխրճվում են գիտության շերտերը: Նրանց միջոցով հետազոտվում և նկարագրվում են կենդանի և անկենդան համակարգերը՝ հատկապես, երբ վերջիններս ցուցաբերում են չնախատեսված քառսային, խառնաշփոթային ձեռագիր իրենց վարքում: Գծային համակարգերը բնութագրող տեսություններն անհրաժեշտ պրտենցիալով օժտված չեն՝ նման պարագաներում ճշգրիտ եզրահանգումներ կայացնելու համար, ինչն էլ պատճառ կդառնա գիտության շերտերի խարխլմանը:

Ատենախոսը ներկայացնում է, որ սիներգետիկայի աշխարհայացքային պրտենցիալն անհրաժեշտ է օգտագործել ֆիզիկայի դասավանդման ընթացքում, որը կօգնի սովորողներին լավ հասկանալու բնության մեջ օրինաչափորեն տեղի ունեցող երևույթները: Յեղիևակը կարծում է, որ տեղին է ֆիզիկայի դասընթացի «Ջերմադինամիկա» և «Մուլտիկոլային-կինետիկ տեսություն» բաժինները հավելել ոչ գծային ջերմադինամիկայի և սիներգետիկայի տարրերով: Յետազոտողն այս համատեքստում կարևորում է աշխատանքը բնագիտամաթեմատիկական առարկաներին մեծ հետաքրքրություն ցուցաբերող, մտավոր բարձր ունակություններով օժտված աշակերտների հետ, այսինքն՝ նպատակահարմար է գտնում տվյալ հետազոտության արդյունքների ներդրումը ֆիզմաթ թեքումով, մասնագիտացված դպրոցներում և վարժարաններում: Յետազոտության իրականացման ժամանակ կիրառվել են տեսական և փորձարարական մեթոդներ, որոնք

անդրադարձել են խնդրի գիտական վերլուծությանը և հաստատել սիներգետիկայի տարրերի ներդրումը ժամանակակից ֆիզիկայի կրթական ծրագրում: Ատենախոսն առաջ է քաշել «Ձերմուկություն և սիներգետիկայի տարրերը» ուսումնական դասընթացի կառուցման հայեցակարգի գաղափարը և տրամաբանորեն արդարացված համարել նրա մուտքը ժամանակակից ֆիզիկայի դասընթաց՝ համալրելու նպատակով ավանդական բաժինները: Վերոնշյալը թույլ կտա էապես հարստացնել և ընդլայնել սովորողների մտահորիզոնը՝ հասցնելով այն ժամանակակից աշխարհայացքի որակական պահանջներին: Յեղիևակը մշակել է «Ձերմուկություն և սիներգետիկայի տարրերը» թեմայի ուսուցման մեթոդիկական ֆիզիկայի խորացված դասընթացի հիման վրա, որտեղ արտացոլվում են ատենախոսության հիմնադրույթները: Նա ստեղծել է նաև մեթոդական ձեռնարկներ, որոնցով առաջնորդվում են ֆիզիկայի ուսուցիչները:

Ատենախոսը կարծում է, որ ֆիզիկայի խորացված ուսուցմամբ դասարաններում սիներգետիկայի տարրերի ուսուցումը կընդլայնի սովորողների գիտական աշխարհայացքը: Ըստ հեղինակի՝ «Ձերմուկություն և սիներգետիկայի տարրերը» թեմայի կառուցվածքը և բովանդակությունը միավորում են դասական ֆիզիկայի հիմնարար օրենքները և սիներգետիկական նոր հասկացությունները: Նա իր առջև խնդիր է դրել տրամաբանական կապեր գտնել ավանդական դասավանդվող թեմաներում, որոնց միջոցով ի հայտ կգան նոր հասկացություններ, ինչպիսիք են՝ «Էներգիայի որակ», «քառս», «կարգավորվածություն», «կառուցվածք»: Ատենախոսն իր ուշադրությունը սևեռել է այս նոր եզրույթների վրա, քանի որ դրանք մի կողմից՝ խորացնում են ջերմադինամիկայի արդեն իսկ հայտնի հասկացությունները և օրենքները, մյուս կողմից՝ նախապատրաստում են անցում դեպի նոր խնդիրների բացահայտում, որոնք իրենց լուծումը չեն գտնում դասական ջերմադինամիկայում:

Այժմ վերլուծենք տեղեկատվական տեխնոլոգիաների, ծրագրային մոդելների միջամտությամբ իրականացված հետազոտություններ՝ ատենախոսություններ, որոնք մեծ տեղ են գրավում գիտամեթոդական համակարգում: Հնարավոր չէ ներկայիս կյանքը պատկերացնել նորարարական և տեղեկատվական

տեխնոլոգիաներից (S3S) զատ: 21-րդ դարում հասարակությանը ունը փորձում է լուծել իր խնդիրները տեղեկատվական տեխնոլոգիաների (SS) միջոցով: Այսօր, երբ S3S-ն մուտք է գործել կրթության ոլորտ, պետք է նկատի առնել այն նոր մոտեցումները, որոնք առաջադրում է տեղեկատվական ու նորարարական տեխնոլոգիաներով ֆիզիկայի ինտեգրված դասավանդումը:

Նաև բացահայտ է, որ այս ոլորտում մեթոդական հետազոտություններ իրականացնող ֆիզիկոս-մեթոդիստները փաստում են, որ համակարգչային ծրագրերի կիրառումը չի կարող լուծել հանրակրթական դպրոցի ֆիզիկայի դասավանդման գլխավոր խնդիրները: Այն օժանդակում է ուսուցման արդյունավետության բարձրացմանը: Համաձայն էնք, որ կառուցողական կրթություն կերտվում է ավանդական և նորարարական մանկավարժական գործունեության ընթացքում:

Օ.Ե. Մակարովան [53] իր «Համակարգչային մոդելների կիրառումը միջնակարգ դպրոցի «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժինն ուսումնասիրելիս» խորագրով ատենախոսության մեջ դիտարկում է տեղեկատվական տեխնոլոգիաների կիրառումը կրթության ոլորտում, որը տեղեկատվական հասարակության կարևոր ուղղություններից մեկն է: Ժամանակակից կյանքի փոփոխության սրընթացությունը և մարդկության անցումը նոոսֆերայից ինֆոնոոսֆերա հասարակության առջև դնում է նոր խնդիրներ, որոնց լուծումը թույլ կտա անհատին քայլել ժամանակի շնչին համընթաց և հարմարավետ զգալ 21-րդ դարում: Նա նշում է, որ ժամանակակից աշխարհի արագ փոփոխությունները ստիպում են բոլոր մանկավարժներին մտահոգվել այն հարցի շուրջ, թե ինչպես բարեփոխել ժամանակակից կրթական համակարգը, որպեսզի շուկայական հարաբերությունների մրցակցային պայմաններում սովորողները հաջողակ լինեն իրենց հետագա մասնագիտական կյանքում: Ատենախոսը ցույց է տվել, որ ֆիզիկական երևույթների և օբյեկտների հետազոտությունների կազմակերպումը ուսուցման ներկա փուլում շահեկան է համակարգչային մոդելների կիրառմամբ, որը պայմանավորված է մի շարք գործոններով: Առաջին հերթին, առկա են արդեն պատրաստի համակարգչային որոշակի ծրագրեր, որոնք իրենց նպատակին ծառայելու արդյունավետությամբ բավարարում են ուսուցչի բազմազան

պահանջները: Երկրորդ՝ համակարգչային մոդելները թույլ են տալիս մեծացնել ուսուցման բովանդակության տեսանելիությունը և մատչելիությունը: Յետազոտական հմտություններ զարգացնելու շնորհիվ՝ ֆիզիկայում մոդելավորումը հիմնական հետազոտական մեթոդներից է համարվում: Ֆիզիկայի ուսուցման գործընթացում նման հետազոտական հմտությունները խթանում են սովորողների տեսական մտածողության ամրապնդումը. առաջ քաշել տարբեր վարկածներ, բազմազան կողմերից մոտենալ միևնույն հարցադրմանը, հավաքագրել և ընդհանրացնել բազմաբնույթ կարծիքներ, կատարել տեսական վերլուծություն, ունենալ վերջնական եզրակացություն: Երրորդ՝ համակարգիչների համատարած օգտագործումը հնարավորություն է ընձեռում աշակերտներին սերտելու դասընթացը տնային պայմաններում: Ընդգծելով այս առավելությունները՝ հեղինակը համարել է ակտուալ համակարգչային մոդելների կիրառմամբ ֆիզիկայի դասավանդման նոր մեթոդիկայի ստեղծումը: Այս մոդելների կիրառելիությունը հատկապես աճում է անհասանելի, անմիջականորեն դիտարկման չենթարկվող երևույթների ուսումնասիրման ժամանակ: Ատենախոսը կանգ է առել «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի վրա, քանի որ տվյալ բաժնում հետազոտվող երևույթները մեծ արժեք ունեն ինչպես մարդու առօրյա կյանքում, այնպես էլ արտադրական և գիտական կենսագործունեությունում: Նաև շում է, որ բնության պահպանման ինդիքների լուծման համար նշանակալի են դառնում ջերմային երևույթների վերաբերյալ գիտելիքները: Ըստ հետազոտողի՝ «Մոդելավորում» հասկացության կարևորությունը «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնում պայմանավորված է հետազոտվող օբյեկտների փոքր չափերով և նրանց նկարագրման վիճակագրական բնույթով: Դա է պատճառը, որ այստեղ առաջնահերթ են իդեալական մոդելները: Միևնույն ժամանակ, «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի երևույթների միկրոսկոպական մեխանիզմները թաքնված բնույթ են կրում մարդու ընկալունակության նկատմամբ և բացահայտվում են մոդելավորման աշխատանքների արդյունքում:

Ատենախոսը տեսականորեն հիմնավորել և մշակել է համակարգչային մոդելների կիրառության մեթոդաբանությունը՝ հիմնված «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի երևույթների (դիֆուզիա,

բրոուսյան շարժում), իդեալականացված օբյեկտների (իդեալական գազ, իզոպրոցեսներ, Կառնոյի ցիկլ), հիմնարար գիտափորձերի (Պենզենի փորձ, Շտեռնի փորձ, Բոյլի փորձ) ուսուցման կազմակերպման վրա, որոնք, առաջնահերթ, նպատակաուղղված են սովորողների հետազոտական հմտությունների, պատկերային ճանաչողության և տեսական մտածողության զարգացմանը: Ատենախոսության մեջ նա ներկայացնում է սովորողների աշխատանքի ալգորիթմը՝ համակարգչային հետազոտության փուլերը.

- մոդելների բնութագրերը բացահայտող հարցի ձևակերպում,
- պրոբլեմային իրավիճակի ստեղծում,
- վարկածի առաջադրում,
- վարկածի ճշտությունը ստուգող պլանի կազմում,
- վարկածի ստուգում համակարգչային մոդելով:

Այնուհետև նա հավելում է, որ համակարգչային մոդելավորման միջոցով «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի ուսուցման արդյունավետությունը կարելի է գնահատել այնպիսի անուղղակի չափանիշներով, ինչպիսիք են՝ գիտելիքների խորությունը, լեցունությունը, ըմբռնողականությունը և հմտությունների համակարգումը: Հետազոտության մեջ ներկայացված են հետևյալ համակարգչային ծրագրերը՝ CD «Ֆիզիկան Ձեր PC-ում», CD «Բաց ֆիզիկա 1.0» մաս 1, Ծրագիր «Բրոուսյան շարժում», Ծրագիր «Ֆիզիկայի հիմնարար գիտափորձերը»: Վերոթվարկյալ փուլերի համաձայն՝ համակարգչային մոդելներով աշխատանքի իրականացումը «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի ուսուցման ընթացքում ուսուցչին հնարավորություն է տալիս զարգացնել սովորողների երևույթների օրինաչափությունները տեսնելու կարողությունը, որով նրանք կքննարկեն, կընդհանրացնեն և կհամակարգեն ստացած գիտելիքները:

Ն.Բ. Ռոզովան [63] կատարել է մեթոդական հետազոտություններ միջնակարգ դպրոցի ֆիզիկայի դասընթացի «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի ուսուցման պրոցեսում համակարգչային մոդելավորման կիրառման վերաբերյալ: Ատենախոսը հետազոտել է համակարգչային մոդելավորման մանկավարժական արդյունավետությունը ստեղծող հնարավորությունները և «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի բովանդակության հիման վրա մշակել է մեթոդաբանություն, որն

ապահովում է էմփիրիկ և տեսական մեթոդների համալիր կիրառում: Մոդելավորման ժամանակակից ձևը՝ համակարգչային մոդելավորումը, համատեղում է ուսուցման մոդելների առավել ությունները՝ դինամիկական համակարգերի վարքագծի վերացարկման և հետազոտման հնարավորությունները: Այդ պատճառով մոդելավորման առավել ությունների և համակարգչի հնարավորությունների միաձուլումն ազդեցիկ է, և հեղինակն այն անվանել է ճանաչողական ռեզոնանս ուսուցման մեջ:

Ատենախոսը ներկայացրել է այն խոչընդոտները, որոնց հանդիպում են սովորողները մատերիայի շարժման որակապես նոր ձևը՝ ջերմային շարժումն ուսանելիս: Ի լրումն մեխանիկական օրենքների, այստեղ գործում են նաև վիճակագրական ֆիզիկայի օրենքները: Նա դիտարկում է դիֆուզիայի երևույթը, բրոունյան շարժումը, մոլեկուլների փոխազդեցությունը, գոլորշիացման պրոցեսը, մակերևութային լարվածությունը, մազականությունը, թրջման երևույթը, որոնք մարմնի մասնիկների գոյության, քառսային շարժման ամենահամոզիչ ապացույցներից են, սակայն ուղղակիորեն ցույց չեն տալիս տեղի ունեցող ֆիզիկական երևույթների մեխանիզմները: Հետազոտողն այս խնդրի լուծումը տեսնում է ուսումնառության տեսական մեթոդներին և ցուցադրական մեխանիկական փորձերին զուգահեռ համակարգչային մոդելների օգտագործման մեջ: Նա նաև ավելացնում է, որ Շտեռնի փորձի, Գալտոնի տախտակի, գազային օրենքները ներկայացնող սարքավորման համակարգչային մոդելները հնարավորություն են տալիս ցուցադրելու Մաքսվելի օրենքը՝ գազի մասնիկների բաշխումն ըստ արագությունների: Տվյալ մոդելների կիրառման միջոցով որոշվում է նաև մակրոսկոպական պարամետրերի՝ ճնշման, ջերմաստիճանի, ծավալի միջև կապը՝ գազային օրենքների արտածման նպատակով: Ատենախոսության մեջ հետազոտողը հղում է մեծ թվով հեղինակների, որոնք ստեղծել են համակարգչային մոդելներ և մշակել նրանցով ուսուցման մեթոդիկա: Ա.Ս. Կոնդրատևի և Վ.Վ. Լապտևի «Ֆիզիկա և համակարգիչ» [44] գրքում մշակվել են ծրագրեր, որոնցում գրաֆիկական տեսքով վերլուծվում են արագությունների մաքսվելյան բաշխման բանաձևը և մթնոլորտային ճնշման կախումը բարձրությունից արտահայտող բարոմետրական բանաձևը (Բոլցմանի բաշխման

բանաճևը), հետազոտվում է Կառնոյի ցիկլը: Ի.Վ. Գրեբենևը [26, 27] ներկայացնում է ծրագիր, որը մոդելավորում է ջերմահաղորդման պրոցեսը՝ երկու մարմինների մասնիկների բախումների միջոցով: Վ.Տ. Պետրոսյանը [61] առաջադրում է բրոունյան մասնիկի շարժումը մոդելավորող ծրագիր: Խ. Գուլիդի և Յա. Տոբոչնիկի [28] «Համակարգչային մոդելավորումը ֆիզիկայում» աշխատության մեջ տրված է գազի մոլեկուլների քառային շարժման առավել ամբողջական համակարգչային ծրագիր, որում մոդելավորվում է մեծ թվով մասնիկներից բաղկացած համակարգերի դինամիկան, և կապ է հաստատվում շարժվող մասնիկների միկրոպարամետրերի և գազը բնութագրող մակրոպարամետրերի միջև: Ինչպես նշում է ատենախոսը, բավական հաջողված էլեկտրոնային ուսումնական աղբյուր է «Բաց ֆիզիկա» («Открытая физика» ТОО НЦ ФИЗИКОН, 1996) համակարգչային ձեռնարկը, որում տարբեր անիմացիաներով, գրաֆիկներով, թվային գնահատականներով ներկայացված բոլոր մոդելներն ընդգրկում են մոլեկուլային ֆիզիկայի և ջերմադինամիկայի դասընթացը:

Միևնույն ժամանակ, հեղինակի կարծիքով, համակարգչային մոդելավորման մեթոդաբանությունը հարմար է կիրառել անցած նյութի ամրապնդման, ֆիզիկական օրենքների ցուցադրման, սովորողների ինքնուրույն աշխատանքի համար: Ատենախոսության մեջ ներառելով նոր մեթոդական համակարգի ստեղծմանը նպաստող կարևոր տեսական և էմպիրիկ հետազոտությունները՝ նա հիմնավորում է, որ իր գիտամեթոդական աշխատանքի արդյունքները կարող են օգտագործվել մանկավարժական բուհերի ուսանողների ուսուցման ընթացքում, ֆիզիկայի և ինֆորմատիկայի ուսուցիչների մասնագիտական որակավորման բարձրացման պրոցեսում:

Խ.Յա. Մարգուլիսը [54] իր ատենախոսությունը նվիրել է «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի վարժությունների համակարգի կառուցմանը՝ հիմնված այս բաժնի գիտական մակարդակի բարձրացման վրա, որն էլ իր հերթին տեսական գիտելիքների տեսակարար կշռի մեծացման միջոց է: Ատենախոսը, ներկայացնելով «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի վարժությունների համակարգի կառուցման անհրաժեշտությունը, նշում է, որ այն ծառայում է սովորողների ճանաչողական գործունեությանը ամբողջական նյութի

յ ու ր ա գ մ ա ն ը: Ն ա գ տ ն ու մ է, որ վ ար ժ ու թ յ ու ն ն եր ը պ ե տ ք է ք ա վ ար ար ե ն այ ն ա փ ս ի պ ա հ ա ն ջ ն եր, որ ո ն ց ու մ ն եր առ վ ա ծ ե ն՝ տ վ յ ալ ք ա ժ ն ի ք ո վ ա ն դ ա կ ու թ յ ու ն ը (ար տ ա ց ու լ ու մ ե ն հ ի մ ն ա կ ա ն գ ի տ ա մ ե թ ո դ ա կ ա ն ն յ ու թ ը), կ առ ու ց վ ա ծ ք ը (ար տ ա ց ու լ ու մ ե ն ու ս ու մ ն ա կ ա ն ն յ ու թ ի դ ե դ ու կ տ ի վ մ ո տ ե ց ու մ) և ծ ա վ ալ ը (պ ար ու ն ա կ ու մ ե ն վ ար ժ ու թ յ ու ն ն եր ի այ ն ա փ ս ի ք ա ն ա կ, որ ա շ ա կ եր տ ն եր ը հ ն ար ա վ որ ու թ յ ու ն ու ն ե ն ա ն ձ եռ ք ք եր ել ու ո չ մ ա կ եր ե ս այ ի ն, խ որ, ս տ ե դ ծ ա գ որ ծ մ ա կ ար դ ա կ ի ն հ ա մ ար ժ ե ք գ ի տ ել ի ք ն եր):

Ա տ ն ն ա փ ո ս ը ն ա փ՝ իր ա կ ա ն ա ցր ել է «Մ ու լ ե կ ու լ լ ա յ ի ն Ֆ ի գ ի կ ա» ք ա ժ ն ի վ ար ժ ու թ յ ու ն ն եր ի հ ա մ ա կ ար գ ի ք ո վ ա ն դ ա կ ու թ յ ա ն գ ի տ ա մ ե թ ո դ ա կ ա ն վ եր լ ու ծ ու թ յ ու ն և, վ եր լ ու ծ ու թ յ ա ն ար դ յ ու ն ք ն եր ի ց ել ն ել ո վ, առ ա ն ձ ն ա ցր ել գ որ ծ ող հ ա մ ա կ ար գ ու մ առ կ ա թ եր ու թ յ ու ն ն եր ը. վ ար ժ ու թ յ ու ն ն եր ի ա ն հ ա մ ա պ ա տ ա ս խ ա ն ու թ յ ու ն տ վ յ ալ ք ա ժ ն ի տ ե ս ու թ յ ա ն հ ե տ, մ ե թ ո դ ա ք ա ն ա կ ա ն ք ո վ ա ն դ ա կ ու թ յ ա մ ք վ ար ժ ու թ յ ու ն ն եր ի ք ա ց ա կ այ ու թ յ ու ն, պ ու լ ի տ ե խ ն ի կ ա կ ա ն ու ղ ղ վ ա ծ ու թ յ ա մ ք և ա ն հ ա տ ա կ ա ն հ մ տ ու թ յ ու ն ն եր ձ ա վ որ ող վ ար ժ ու թ յ ու ն ն եր ի ո չ ք ա վ ար ար ք ա ն ա կ, ի ն չ ա ե ս ն ա ն այ ն ա փ ս ի վ ար ժ ու թ յ ու ն ն եր ի պ ա կ ա ս, որ ո ն ք ն ա պ ա ս տ ու մ ե ն ն որ իր ա վ ի ճ ա կ ն եր ու մ տ ե ս ա կ ա ն գ ի տ ել ի ք ն եր ի ի ն ք ն ու ր ու յ ն կ իր առ ու մ և խ ն դր ի հ ա ն գ ու ց ալ ու ծ ու մ:

Յ եղ ի ն ա կ ը մ շ ա կ ել է «Մ ու լ ե կ ու լ լ ա յ ի ն Ֆ ի գ ի կ ա» ք ա ժ ն ի վ ար ժ ու թ յ ու ն ն եր ի կ ա տ ար ել ա գ որ ծ վ ա ծ հ ա մ ա կ ար գ ի կ առ ու ց մ ա ն մ ե թ ո դ ա ք ա ն ու թ յ ու ն ը, որ ը ն ա պ ա տ ա կ ա ու ղ ղ վ ա ծ է ս ո վ որ ող ն եր ի ը ն դ հ ա ն ու ր ու ն ա կ ու թ յ ու ն ն եր ի և հ մ տ ու թ յ ու ն ն եր ի ձ ա վ որ մ ա ն ը. որ ո շ ել Ֆ ի գ ի կ ա կ ա ն օ բ յ ե կ տ ն եր ի, եր կ ու յ թ ն եր ի ն մ ա ն ու թ յ ու ն ը և տ ար ք եր ու թ յ ու ն ը, դ ա ս ա կ ար գ ել Ֆ ի գ ի կ ա կ ա ն հ ա մ ա կ ար գ ի հ ա տ կ ու թ յ ու ն ն եր ը, կ ար ող ա ն ալ տր վ ա ծ գր ա ֆ ի կ ն եր ի մ ի ջ ո ց ո վ Ֆ ի գ ի կ ա կ ա ն մ ե ծ ու թ յ ու ն ն եր ի մ ի ջ և կ ա փ ա վ ա ծ ու թ յ ու ն ը ձ ա ա փ ո խ ել ք ա ն ա ձ ա յ ի ն տ ե ս ք ի: Ա յ ն հ ա գ ե ցր ել է դ ի տ ար կ վ ող ք ա ժ ն ի հ ի մ ն ա կ ա ն հ ա ս կ ա ց ու թ յ ու ն ն եր ո վ, օր ե ն ք ն եր ո վ, ք ա ն ա ձ ա եր ո վ, Ֆ ի գ ի կ ա կ ա ն մ ե ծ ու թ յ ու ն ն եր ի չ ա փ մ ա ն մ ի ա վ որ ն եր ո վ, ու ս ու մ ն ա ս իր վ ող եր կ ու յ թ ն եր ի գր ա ֆ ի կ ն եր ո վ: Ա տ ն ն ա փ ո ս ը վ ար ժ ու թ յ ու ն ն եր ը դ ա ս ա կ ար գ ել է հ ա մ ա ձ ա յ ն հ ե տ ն յ ալ կ ա տ ե գ որ ի ա ն եր ի. ա) ը ս տ «Մ ու լ ե կ ու լ լ ա յ ի ն Ֆ ի գ ի կ ա» ք ա ժ ն ի թ ե մ ա ն եր ի (մ ու լ ե կ ու լ լ ա յ ի ն կ ի ն ե տ ի կ տ ե ս ու թ յ ու ն, ի դ ե ալ ա կ ա ն գ ա զ, գ ա զ ա յ ի ն օր ե ն ք ն եր, ն յ ու թ ի



ագրեգատային վիճակներ, ջերմադինամիկայի տարրեր և այլն), բ) ըստ բովանդակության (առարկայական, պլիտեխնիկական, մեթոդաբանական), գ) ըստ նշանակության (գիտելիքների ստուգում, հմտությունների և ընդունակությունների ձևավորում, նոր նյութի ամրապնդում), դ) ըստ լուծման մեթոդի (որակական, քանակական, գրաֆիկական, փորձարարական): Նա ընդգծում է վարժությունների տարբեր տեսակների կիրառման արդյունավետությունը պրոբլեմային ուսուցման առաջադրման, նոր գիտելիքների հաղորդման, կրկնության, ամրապնդման, ընդհանրացման և գնահատման պրոցեսում:

Ըստ ատենախոսության հեղինակի՝ վարժությունների համակարգը դասավանդման պրոցեսում ախտորոշիչ դերակատարում է իրականացնում գիտելիքների յուրացման մակարդակի որոշման ժամանակ: Նա մանրամասնում է, որ մշակված մեթոդիկան ապահովում է՝ կայուն գիտելիքներ առաջ բերող վարժությունների ընտրություն, ուսումնական ծրագրին համարժեք վարժությունների միասնություն, վարժությունների տարբերակում սովորողների ցուցաբերած ակտիվությանը համապատասխան, «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնին հատկացված ժամաքանակին համապատասխան վարժությունների և նրա բաղադրիչների ծավալի ընտրություն:

Ինչպես նշում է ատենախոսը, որպեսզի վարժությունների կառուցման մեթոդիկան իր ուրույն գործառնություն իրականացնի ուսուցման պրոցեսում, անհրաժեշտ է, որ սովորողները հստակ տիրապետեն ֆիզիկայի դասընթացի «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի ծրագրային նյութի բովանդակությանը համապատասխանող օբյեկտների ամբողջականությանը և օժտված լինեն որոշակի ճանաչողական հմտություններով:

Յետագոտողը գտնում է, որ «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի վարժությունների համակարգի կառուցման մեթոդաբանությունն իրենից ներկայացնում է շարունակական վերանայում և մշակում պահանջող մեթոդական հիմնախնդիր, որի տեսական և գործնական արժեքը նշանավորվում է ուսումնադաստիարակչական գործընթացի արդյունավետության բարձրացմամբ:

Վ.Օ. Ծուրուխինն [82] իր «Էնտրոպիայի ուսումնասիրումը հիմնական դպրոցի ֆիզիկայի դասընթացում» խորագրով

ատենախոսության մեջ բարձր է որակում «Մուլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի հիմնական ֆիզիկական մեծություններից մեկի՝ Էնտրոպիայի դերը, բնության հիմնարար օրենքների ֆիզիկական իմաստը մեկնաբանելիս: Մանկավարժական գիտափորձ անցկացնելիս ատենախոսը պարզել է, որ սովորողները ոչ միայն բավարար մակարդակով են ըմբռնում «Էնտրոպիա» հասկացությունը, այլև այն առաջացնում է նրանց մեծ հետաքրքրությունը, քանի որ կապված է ֆիզիկական մի շարք երևույթների բացատրության հետ: Նա կատարելագործել է ֆիզիկայի դասընթացի բովանդակությունը «Ջերմադինամիկայի երկրորդ սկզբունքը», «Ջերմային մեքենաների աշխատանքի հիմունքները» թեմաների հետազոտման ճանապարհով՝ օգտագործելով «Էնտրոպիա» հասկացությունը: Հետազոտողը նախ կատարել է «Ջերմադինամիկա» դասընթացի ուսումնական շարադրանքի և մաթեմատիկական ապարատի նպատակային ուսումնասիրություն, այնուհետև մշակել համապատասխան մեթոդիկան, որով վերհանվում են ջերմադինամիկայի երկրորդ օրենքի վիճակագրական օրինաչափությունները, կիրառելիության սահմանները, ջերմամեկուսացված համակարգում Էնտրոպիայի աճման օրենքը: Հեղինակը, իր առջև նպատակ դնելով բարձրացնել սովորողների գիտելիքների որակը, ատենախոսության մեջ ներկայացրել է ջերմադինամիկայի աբստրակտ տեսության կառուցումը: Ըստ նրա՝ սովորողների գիտելիքները «Մուլեկուլային ֆիզիկա» և «Ջերմադինամիկա» բաժինների վերաբերյալ էապես կորակավորվեն, եթե ուսուցման պրոցեսում Էնտրոպիան դիտարկվի հավանականության տեսանկյունից:

Ինչպես նշում է ատենախոսը, ինքը հատուկ ուշադրություն է դարձնում ջերմադինամիկայի երկրորդ օրենքի ձևակերպմանը, նրա վիճակագրական բնույթի բացահայտմանը Էնտրոպիայի ուսուցման գործընթացում և «Էնտրոպիա» հասկացության օգտագործմանը ջերմային մեքենաների աշխատանքի հիմունքների բացատրման ժամանակ: Ելնելով այն հանգամանքից, որ ֆիզիկայի դպրոցական ծրագրում ջերմադինամիկայի երկրորդ օրենքը բացակայում է կամ էլ բավական հակիրճ տրվում են նրա երկու ձևակերպումները՝ ըստ Ուիլյամ Կելվինի և Ռոբերտ Կլաուզիուսի, որոնց համարժեքությունը շատ հազվադեպ է ցույց տրվում, հետազոտողը նպատակահարմար է գտնում այդ երկու ձևակերպումների

փոխթարգմանումը Էնտրոպիայի լեզվի: Գործնականում, վերջինս հանգեցնում է ջերմամեկուսացված համակարգում Էնտրոպիայի աճման օրենքին: Ատենախոսը Ֆիզիկայի կրթական համակարգի թերուղյուկների թվին է դասում նաև այն, որ առանց «Էնտրոպիա» հասկացության կիրառության հնարավոր չէ տալ խտագույն ապացույց Կառնոյի մեքենայի աշխատանքի արդյունավետությունը:

Դասավանդման փորձը հեղինակին օգնել է հասկանալ, որ «Էնտրոպիա» հասկացության ուսուցումը միայն ջերմադինամիկայի տեսանկյունից կամ միայն վիճակագրական օրենքների հիմնավորմամբ՝ բավարար չէ բացահայտելու նրա ընդգրկուն իմաստը: Այդ պատճառով նա առաջարկում է Էնտրոպիայի ներառումը դպրոցական դասընթացում՝ գուճակցված ջերմադինամիկական և վիճակագրական հիմունքներով:

Այս համատեքստը հավելելնք նրանով, որ ներկայումս Չայաստանի Չանրապետության ավագ դպրոցի Ֆիզիկայի դասագրքերի հեղինակները, կրթության արդիական մարտահրավերներին համապատասխան, Ֆիզիկայի ուսումնական ծրագրում իրականացրել են արմատական փոփոխություններ՝ ապահովելով համակարգի արդյունավետ գործունեությունը: Նրանք ևս «Էնտրոպիա» հասկացության մուտքը դպրոցական դասընթաց անհրաժեշտություն են համարել և Էնտրոպիայի Ֆիզիկական տեսությունը կառուցել են ջերմադինամիկայի և վիճակագրական օրենքների միասնության հիմքի վրա [12]:

Ատենախոսն իր կատարած հետազոտությունը վերլուծում է հետևյալ մեկնաբանությամբ. Էնտրոպիայի Ֆիզիկական տեսությունը կառուցվում է պարզագույն ջերմադինամիկական օրինակների վրա, այսինքն՝ ինդուկցիայի մեթոդով, իսկ արդեն ստացված արդյունքը՝ Էնտրոպիայի աճման օրենքը, կիրառվում է ջերմային մեքենաների աշխատանքը հիմնավորելիս, որն էլ դեդուկցիայի մեթոդի դրսևորումն է: Ինդուկցիայի և դեդուկցիայի մեթոդների համատեղումը [35]՝ շրջակա միջավայրը նկարագրելիս, հանդես է գալիս որպես միասնական գիտական մոտեցում: Այսպիսով, հեղինակը գտնում է, որ կրթական մակարդակի բարձրացման պահանջներից է Էնտրոպիայի ուսուցումը Ֆիզիկայի դասընթացում, որի ընթացքում սովորողների մոտ ձևավորում է ժամանակակից գիտական մտածողություն:

Տ.Գ. Շապովալ ԵՆԿՈՆ [80] իրականացրել է հետազոտություններ՝ նվիրված սովորողների վիճակագրական օրինաչափությունների ձևավորմանը՝ ֆիզիկայի դասընթացի ուսուցման ժամանակ: Այս հիմնահարցի շուրջ խորհելով՝ ատենախոսը ներկայացրել է վիճակագրական ֆիզիկայի դասավանդման ընթացքում ի հայտ եկող դժվարությունները: Ըստ հետազոտողի՝ ֆիզիկական երևույթների ուսումնասիրության ավանդական մոտեցումների առանձնահատկությունները հանգեցնում են նրան, որ ֆիզիկական այս կամ այն երևույթի նկարագրման ընդհանրական վիճակագրական պատկերացումներ սովորողները չեն ունենում: Վիճակագրական ֆիզիկայի ուսուցման հատկանշական բարդություններից է այս բաժնում ուսումնասիրության և վերլուծության ենթարկվող երևույթների զանգվածային և քառային լինելը: Նաև ավելացնում է, որ սովորողները, հենց սկիզբից էլ, չեն ընկալում վիճակագրական օրենքների կարևորությունը՝ չհասկանալով, որ դրանք, դինամիկական օրենքների նման, նույնպես մեզ շրջապատող երևույթների նկարագրման հիմնարար օրենքներ են:

Յեղիևակը՝ որոնելով ինդրի լուծման ուղին, մշակել է ընդհանուր և մասնագիտացված դպրոցների ֆիզիկայի դասընթացի վիճակագրական օրենքների դասավանդման մեթոդիկան, առանց որի անհնար է ձևավորել սովորողների հավանականային մտածողությունը: Ատենախոսության մեջ ընդգրկված մեթոդական աշխատանքների վրա հիմնված ուսուցման արդյունավետությունը ցույց է տրվում վիճակագրական օրինաչափությունների ձևավորման և սովորողների հավանականային մտածողության զարգացման փոխադարձ կապի գոյությամբ:

Ինչպես նշում է հետազոտողը, վիճակագրական ֆիզիկայի ուսումնասիրությունների շրջանակը բավականին ընդարձակ է, որտեղ բացահայտվում են միջառարկայական կապերի (մաթեմատիկա, աստղագիտություն, կենսաբանություն) բազմաթիվ դրսևորումներ: Նա գտնում է, որ ֆիզիկայի ուսուցման նախնական փուլում, զանգվածային երևույթների դիտարկման ժամանակ, նպատակահարմար է առանձնացնել նրանց էական հատկանիշները և դուրս բերել վիճակագրական օրինաչափությունները: Ֆիզիկայի այս կարևոր բաժնի զարգացման գործում արժեքավոր են Ռ. Կլաուզիուսի, Լ.

Բոլցմանի, Չ. Մաքսվելի, Ջ. Գիբսի, Ս. Կառնոյի աշխատանքները: Կատարված հետազոտությունում արտացոլվում են վիճակագրական ֆիզիկայի ժամանակակից քվանտային, մոլեկուլային, ջերմադինամիկական գաղափարները, որոնք նպատակամղված ընդգծում են վիճակագրական օրենքների տեսական և գործնական նշանակությունները: Ատենախոսքը շեշտում է, որ տվյալ գիտամեթոդական աշխատանքը ներառում է ուսուցիչ-աշակերտ համակարգի գործունեության ճիշտ և արդյունավետ կազմակերպման ընթացակառուցումը. վիճակագրական օրինաչափություններ ձևավորող տեսական նյութի յուրացում, խնդիրների, վարժությունների, թեստերի համակարգի կիրառում, լաբորատոր աշխատանքների կատարում, բնության երևույթների վիճակագրական օրինաչափությունները բացահայտող նախաձեռնությունները:

Ի.Ն. Խարիբինան [79] իր «Յիմնական դպրոցի ֆիզիկայի դասընթացում ջերմային շարժիչների աշխատանքի ֆիզիկական հիմունքների ուսումնասիրումը» խորագրով ատենախոսության մեջ հետազոտության խնդիր է սահմանել ջերմային շարժիչների ուսուցման բովանդակության, մեթոդների և միջոցների համապատասխանեցումը դասավանդման ժամանակակից պահանջներին: Ատենախոսքը կարծում է, որ պահանջվող համապատասխանեցումը կիրառործվի, եթե տվյալ նյութի բովանդակությունը հիմնվի ջերմադինամիկայի տեսության, դասավանդման մեթոդների և կիրառական հարցադրումների փոխկապակցվածության վրա: Այս խնդրի արդյունավետ լուծման համար նաև կարևորում է «Գազային օրենքներ», «Ջերմաստիճանի գաղափարը», «Ներքին էներգիա», «Աշխատանքը ջերմադինամիկայում», «Ջերմաքանակ», «Յավասարակշիռ դպրոցես» թեմաների ուսումնամեթոդական դրվածքը ֆիզիկայի դասընթացում:

Յեղիսակը, կատարելով ուսումնասիրվող թեմայի վերաբերյալ գիտամեթոդական գրականության վերլուծություն, անդրադարձել է ավանդական դասագրքերում և ուսումնական ձեռնարկներում ջերմաշարժիչների աշխատանքի ֆիզիկական բացատրությանը, որը ներկայացվում է ներքին այրման շարժիչի և շոգետուրբինի նկարագրությամբ: Առաջնորդվելով այն հանգամանքով, որ

կրթության նպատակների փոփոխությանը կողմնորոշում է դեպի գիտության հիմունքների ուսումնասիրումը, ատենախոսք մշակել է «Ջերմաշարժիչներ» թեմայի ուսուցման մեթոդաբանությանը և կառուցել է ուսումնական նյութի բովանդակային մոդելը՝ հիմք վերցնելով ջերմադինամիկայի առարկայական տիրույթը: Նատվյալ թեմայի նորովի բովանդակության ընտրությանը հիմնավորում է շրջակա միջավայրի ճանաչողության տեսության և մեթոդների փոխկապակցվածությամբ, սովորողների գիտական մտածողության ձևավորմամբ:

Յետազոտողն ատենախոսության մեջ ներկայացրել է մշակված մեթոդիկայի կատարելագործված դիտարկումները: Ֆիզիկայի դասընթացում նա ջերմաստիճանը ներմուծել է որպես մի մեծություն, որը բնութագրում է մարմինների համակարգի ջերմային հավասարակշռության վիճակը. համակարգի մարմինները, որոնք գտնվում են ջերմային հավասարակշռության մեջ, ունեն միևնույն ջերմաստիճանը: Ատենախոսքը համակարգի ներքին էներգիայի ուսուցումը դիտարկել է փորձարարական փաստի հիման վրա. եթե համակարգը կարող է կատարել աշխատանք արտաքին ուժերի դեմ, ապա այն օժտված է ներքին էներգիայով: Այնուհետև, ջերմադինամիկայի առաջին օրենքը ներմուծել է Ջոուլի փորձի հիման վրա և տեսության մեջ հաստատել է, որ որոշակի աշխատանքին համարժեք է որոշակի ջերմաքանակ: Յետազոտողը կարևորում է ջերմադինամիկայի առաջին օրենքի կիրառությանը տարբեր պրոցեսներում, որոնք սերտելով՝ սովորողները բացահայտում են ներքին էներգիայի փոփոխության, արտաքին ուժերի դեմ համակարգի կատարած աշխատանքի և ջերմաքանակի միջև գոյություն ունեցող կապերը: Յեղիևակի մշակված մեթոդաբանությանը ներառում է նաև ցուցադրական փորձերի, կրթական տարբեր մակարդակի առաջադրանքների համակարգ, նաև՝ արտացոլում է շրջակա միջավայրի բնապահպանական խնդիրները և դրանցից խուսափելու ուղիները:

Մ.Գ. Թումանյանն իր [5] «Վիճակագրական հասկացությունների և օրինաչափությունների ձևավորման մեթոդիկան մոլեկուլային ֆիզիկայի ուսուցման գործընթացում» խորագրով ատենախոսության մեջ դիտարկել է «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի ընձեռած հնարավորությունները, որոնք վերհանում են բնության

երևույթներում ի հայտ եկող վիճակագրական օրինաչափությունները: Նա նշում է, որ հանրակրթական դպրոցում վիճակագրական հասկացություններին, օրենքներին և հետազոտության վիճակագրական մեթոդին սովորողներն առաջին անգամ ծանոթանում են «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնում: Ատենախոսը հիմնավորում է, որ մոլեկուլային-կինետիկ տեսության և ջերմադինամիկայի հիմունքների ուսուցման ժամանակ վիճակագրական պատկերացումների անբավարար ձևավորման պատճառով սովորողների զգալի մասը չի ըմբռնում մեխանիկական և ջերմային երևույթների որակական տարբերությունը, մոլեկուլային համակարգի ջերմային հավասարակշռության վիճակի հատկությունները, բնության զանգվածային երևույթներում դրսևորվող վիճակագրական երևույթների օբյեկտիվ գոյությունը, մակրոսկոպական երևույթների անշրջելիությունը և այնպիսի ուսումնական նյութերը, որոնք առնչվում են պատահական պատահույթների հետ:

Հեղինակը մշակել է հիմնական վիճակագրական հասկացություններին ուսումնասիրության մեթոդական հանձնարարականներ, որոնք կակտիվացնեն սովորողների ճանաչողական հետաքրքրությունները և կարող են օգտագործվել ֆիզիկայի ուսուցիչների, դասագրքերի և ուսումնամեթոդական ձեռնարկների հեղինակների կողմից: Ըստ ատենախոսի՝ անհրաժեշտ է մոլեկուլային-կինետիկ տեսության հիմունքների մեջ ներառել նաև մի շարք վիճակագրական հասկացություններ (պատահական պատահար, պատահարի հավանականություն, \$X\$ ու կտու աջիա և այլն), «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնում ներառել միկրովիճակների հավասար հավանականության վարկածը, ինքն իրեն թողած վիճակագրական համակարգի հավասարակշիռ վիճակ անցնելու սկզբունքը, հավասարակշիռ վիճակում գտնվող գազի մոլեկուլների՝ ըստ արագությունների բաշխման օրենքը, դիտարկել ջերմադինամիկայի երկրորդ օրենքի վիճակագրական մեկնաբանությունը:

Հետազոտողը կարծում է, որ վերացական հասկացություններին և պատկերացումների ձևավորման ժամանակ պետք է հենվել փորձի տարբեր տեսակների, մասնավորապես՝ մտային և մոդելային փորձերի վրա: Նա առաջարկում է նույն մոտեցումը կիրառել նաև

հավանական այ ին-վիճակագրական հիմնական հասկացությունների ներմուծման ժամանակ՝ մտային և մոդելային փորձերը գուգակցելով կենսափորձից սովորողներին հայտնի փաստերի հետ: Այդ նպատակով նա դիտարկել է մոդելային փորձերի ընձեռած հնարավորությունները պատահական պատահույթ, պատահույթի հավանականություն, վիճակագրական բաշխում և այլ հասկացություններ \$իզիկայի դասընթացում ուսումնասիրման և սովորողների լիարժեք ըմբռնման համար:

Մ.Ե. Սանդեն [110] կատարել է գիտամեթոդական հետազոտություններ «Գազային օրենքներ» բաժնի վերաբերյալ՝ դիտարկելով առարկայի բովանդակության գծով մանկավարժական գիտելիքների առկայությունը: Ատենախոսք վկայում է, որ սովորողների հիմնարար խնդիրներից է մոլեկուլային կատեգորիաների, հասկացությունների ոչ բավարար ըմբռնողականությունը և իմացությունը, որոնք ակնհայտորեն նկատելի են թե՛ տեսական բնույթի առաջադրանքների, թե՛ գործնական բնույթի առաջադրանքների ժամանակ: Նա առաջարկում է այլ ընտրանքային հասկացությունների շարք՝ նպատակ հետապնդելով հարստացնել ուսումնական նյութի բովանդակությունը, մանկավարժական գիտելիքները և զարգացնել \$իզիկայի դասավանդման ռազմավարությունը: Հեղինակը մշակել է «Գազային օրենքներ» բաժնի դասավանդման մեթոդիկան՝ հիմնված պայմանանշանային (սիմվոլիկ) ներկայացման վրա: Իր վերլուծությունների արդյունքում նա եկել է այն եզրահանգման, որ «Գազային օրենքներ»-ի ուսուցման պրոցեսը պահանջում է դիդակտիկ նյութերի, ցուցադրական տարրերի և փորձերի կիրառում: Տվյալ մեթոդաբանությունը մշակելիս ատենախոսքը նախագծել է այնպիսի հետազոտություն, որը կբացահայտի «Գազային օրենքներ»-ի դասավանդման էմպիրիկ և տեսական մեթոդների միջև առկա կապերը: Մեթոդիկայի հատկանշական առանձնահատկությունն է՝ սովորողների գլխավոր դերակատարումն ուսուցման պրոցեսում: Ըստ ատենախոսի՝ ուսուցման գոհացուցիչ արդյունքներ կգրանցվեն, եթե սովորողներն ինքնուրույն կատարեն ցուցադրական փորձերը, արձանագրեն տվյալները, ինքնուրույն առաջադրեն տեսությունը համապատասխանող նոր հարցադրումներ, վերլուծեն «Գազային օրենքներ»-ի գրաֆիկական



բացատրությունները, իսկ այդ ընթացքում ուսուցչի գործառույթն է սովորողներին ճիշտ ուղղորդելը, դասընթացի այլընտրանքային հասկացություններով խոր գիտելիք հաղորդելը:

Այսպիսով, հետազոտողը կարծում է՝ որպեսզի սովորողները լավ յուրացնեն իդեալական գազերի վարքը, անհրաժեշտ է, որ նրանք լավ ըմբռնեն մոլեկուլային-կինետիկ տեսության ինչպես հիմնական հասկացությունները և դրույթները, այնպես էլ իր մշակած այլընտրանքային հասկացությունները: Վերոնշյալն ատենախոսը հիմնավորում է նրանով, որ գազային օրենքների՝ Բոյլ-Մարիոտի օրենքի, Գեյ-Լյուսակի օրենքի, Շառլի օրենքի տեսական շարադրանքը կառուցված և հիմնված է մոլեկուլային-կինետիկ տեսության վրա: Նա նաև ցույց է տվել, որ հետազոտության արդյունքները միանշանակ կիրառելի են քիմիայի դասընթացում և, ուղղակիորեն, սերտ կապ են ստեղծում «ֆիզիկա» և «քիմիա» առարկաների միջև:

Ռ. Լեյնոնեն [100] ստեղծել է մեթոդական աշխատություն՝ նվիրված ջերմային երևույթների ուսուցման կատարելագործմանը: Ատենախոսը ներկայացնում է ջերմային երևույթների ուսուցման նոր եղանակ, որի հիմքում դրել է դասավանդման երեք՝ նախնական, ընթացիկ և հաջորդող փուլեր: Ըստ հեղինակի՝ կրթական համակարգում տեղ գտած նման մեթոդական բարեփոխումը կապահովի դասավանդման բարձր որակ և կակտիվացնի սովորողների ճանաչողական, ստեղծագործական հմտությունները: Իր հետազոտության ընթացքում նա գնահատել է «Ջերմային երևույթներ» թեմայի դասավանդման վիճակը և սովորողների մոտի հայտեկող դժվարությունները, թյուրըմբռնումները՝ կապված թեմայի յուրացման հետ: Ակնհայտ թյուրըմբռնումներից են «ջերմաստիճան», «ջերմություն», «ջերմային էներգիա» հասկացությունների, իզոթերմ և ադիաբատ պրոցեսների նույնացումը և չտարբերակումը: Ատենախոսը նշում է, որ սովորողները դժվարությամբ են հասկանում «աշխատանք» ֆիզիկական մեծության էությունը ջերմադինամիկայում, հատկապես դժվարանում են ըմբռնել, թե ինչպես կարող է համակարգի կատարած աշխատանքն ազդել ներքին էներգիայի արժեքի վրա, որից էլ նրանց մոտ հակասություններ են ծնվում ջերմադինամիկայի

առաջին օրենքի և իզոպրոցեսներում նրա կիրառությունների ուսումնառության ժամանակ:

Ինչպես նշում է հետազոտողը, իր մշակած ալգորիթմի նախնական փուլում ուսուցիչը բացահայտում է «Ձերմային երևույթներ» թեմայի, սովորողների համար, դժվարըմբռնելի հասկացությունները, այնուհետև՝ ընթացիկ փուլում հաղորդվում է նյութի բուն էությունը, շեշտադրված կանգ առնելով առկա խոչընդոտների հաղթահարման վրա, իսկ արդեն հետագա՝ հետուսումնական փուլում սովորողն ինքն է գնահատում և մատնանշում սկզբնական թյուրըմբռնվող գաղափարները: Այս մեթոդական աշխատանքի հեղինակը կարևորում է եռափուլ մեթոդիկայի նորարարական պոտենցիալը և հնարավորությունները:

Հայ և արտասահմանյան ատենախոսությունների վերլուծության արդյունքում եզրահանգում ենք, որ առաջնությունը՝ նախապատվությունը, տրված են այնպիսի թեմաների դասավանդման մեթոդիկայի ստեղծմանը, որոնք նախկինում դպրոցական ծրագրերի շրջանակներում չեն դասավանդվել և, առհասարակ, ուսուցման այժմյան փուլին նախորդող ժամանակաշրջանում չեն ընկալվել և անհրաժեշտություն չի համարվել նման թեմաների ուսուցումը: Սակայն, մարդկության կենսակերպի փոփոխությունները հարկադրեցին կրթությանը դիտել տվյալ ժամանակաշրջանի պրիզմայի միջով: Համաձայն Թոմաս Կունի մտքերի՝ մարդկությունը թևակոխել է այնպիսի փուլ, որտեղ դիտվում է ուսուցման նոր պարադիգմայի դիտարկման անխուսափելիություն [48]: Ուսուցման արդիական հայեցակարգերը պահանջում են համապատասխան նոր մեթոդաբանության հիմնում, որը կանխատեսում է բեկում և նոր ընթացք կրթության փիլիսոփայությունում: Այս համատեքստի կարևոր խնդիրներից է ուսումնավարտի մասնագիտական քաջատեղյակություն պայմանների ստեղծումը, որի լուծմանն է ուղղված ավագ դպրոցի ֆիզիկայի դասընթացի «Մուլտիկուլային ֆիզիկա» բաժնի խորացված թեմաների մեթոդաբանության մշակումը:

1.2. «ՄՈՒԵԿՈՒԼ ԱՅԻՆ ՖԻԶԻԿԱ» ԲԱԺՆԻ ԲՈԿԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ ԾԱՐԱԴՐԱՆՔԸ ԳԻՏԱՌԻՍՈՒ ՄՆԱՍԵԹՈՂԱԿԱՆ ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆՈՒՄ

Կրթութեանը՝ որպէս եզակի հասարակական հարաբերութեանը նկատմամբ, կոչված է ծավալելու և բազմապատկելու մարդկային կապիտալը՝ ձևավորելով մտքեր, սոցիալապէս արժեքավոր գաղափարներ, աշխարհայացքային դիրքորոշումներ, սպասումներ՝ կառուցելով ապագա արժանատի և հասարակարգ, ինչպէս նաև առանձին մարդկանց ճակատագրեր: Կրթութեանը ապագայի նախագծման գարգացող համակարգ է, որն ունի փոփոխական առանձնահատկութեանը [77]: Այժմյան հասարակութեան անհրաժեշտ է տարբեր իրավիճակներում արագ կողմնորոշվող, ճիշտ որոշումներ կայացնող, պատասխանատու և թիմային արդյունավետ աշխատանքի պատրաստ, իրազեկ մասնագետ:

Ֆիզիկայի այժմյան դասագրքերով իրականացվող տարբերակված ուսուցումը խիստ կարևոր է աշակերտների հետագա մասնագիտական գործիմացութեան համար: Ավագ դպրոցի ֆիզիկայի խորացված ուսուցման ծրագրերի կատարված առաջընթաց փոփոխութեանը նկատմամբ՝ ստեղծվել են գիտութեան արդի մակարդակին համապատասխան դասագրքեր՝ ապահովելով սովորողների ճանաչողական ընկալման, տրամաբանված դատողութեանը նկատմամբ անհամարձեց և ստացած գիտելիքները կիրառելու կարողութեան գարգացում: Հանրակրթական ավագ դպրոցի ընդհանուր և բնագիտամաթեմատիկական (խորացված) հոսքերում դասավանդվող ֆիզիկայի դասագրքերը [11-13] համալրվել են գիտութեան նորարարութեանը նկատմամբ հագեցած նոր թեմաներով:

«Մուլտիմեդիային ֆիզիկա» բաժինը ֆիզիկայի դասընթացի այլ բաժիններից է, որում խորացված թեմաների քանակը մեծ է, և դրանց ուսուցումը չափազանց կարևոր է սովորողների համար: Բացի այն, որ «Մուլտիմեդիային ֆիզիկա» բաժինը նկարագրում է շրջակա աշխարհի նյութեղենութեանը, խտագույն օրենքներով ընդհանրացնում է բնութեան ֆիզիկական օրինաչափութեանը, անչափ հետաքրքիր և գաղտնիք պարունակող բացահայտումներ է ապահովում մեզ շրջապատող միջավայրի մասին, նաև այս բաժնի հիմնադրույթները, սկզբունքները և օրենքները կապակցվում և միաձուլվում են ֆիզիկայի այլ բաժինների հետ՝ ստեղծելով ամուր և հաստատակամ ներառարկայական կապեր: Հարկ է նշել «Մուլտիմեդիային ֆիզիկա» բաժնի սերտ առնչութեանը՝ կապված

ավագ դպրոցում դասավանդվող այլ առարկաների (քիմիա, կենսաբանություն, մաթեմատիկա) հետ, որոնք հանդիսանում են համակարգված և համապիտանի գիտելիքների աղբյուր: Նման միջառարկայական կապերը ներգործում են կրթադաստիարակության համակողմանի զարգացման վրա:

Վերոթվարկյալ դրդապատճառները շարժառիթ են ավագ դպրոցի ֆիզիկայի դասընթացի «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի խորացված թեմաների մեթոդաբանության հետազոտման համար: Դիտարկենք այս բաժնի բովանդակությունը և շարադրանքն ուսումնամեթոդական գրականությանում:

Չամաձայն կատարված դիտարկումների, տարբեր երկրների դպրոցական դասագրքերում [11, 12, 13, 39, 57, 58, 59, 95, 98, 105, 106, 108, 109 և այլն] և մեթոդական ձեռնարկներում [9, 18, 31, 67, 71, 72, 83, 84 և այլն] «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի կառուցվածքը, բովանդակային մակարդակը, շարադրված նյութի ծավալը, մեթոդական մատուցումներն ունեն թե՛ համընդհանրություններ, թե՛ տարբերակված միտումներ և առանձնահատկություններ: Դասագրքերում, գիտամեթոդական ձեռնարկներում «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի բովանդակության հիմք են համարվում մոլեկուլային-կինետիկ տեսության հիմնադրույթները, որոնց անմիջապես հաջորդում են մարմնի մասնիկների (ատոմներ, մոլեկուլներ) գոյության, փոխազդեցության, քառսային շարժման ապացույցները: Աշակերտները մեծ հետաքրքրությամբ են սովորում ատոմների և մոլեկուլների չափերի, թվի, զանգվածի վերաբերյալ թվային գնահատականները և համեմատումները: Յուրացրած գիտելիքների հիման վրա ուսումնասիրվում են «Բրոունյան շարժում» և «Դիֆուզիան գազերում, հեղուկներում և պինդ մարմիններում» թեմաները: «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի բովանդակությունը հարստացնելու նպատակով՝ հանրապետությունում գործող ներկա դասագրքում [12] ներառված է «Դիֆուզիայի գործակից» թեման՝ խորացված ուսուցման հոսքերում սովորողների համար: Տվյալ թեմայի կարևորությունը նրա գործնական լայնածավալ կիրառության մեջ է: Նշենք, որ «Դիֆուզիայի գործակից» թեման նախկին ֆիզիկայի դպրոցական դասագրքում չի դիտարկվել [7]: Գործող ռուսական դասագրքերում ևս բացակայում է այս թեմայի անդրադարձը, իսկ գիտամեթոդական

գրականության մեջ ներառված է «Փոխանցման երևույթներ» բաժնում [40, 64, 67, 76, 87]:

Դպրոցական դասագրքում [12] «Դիֆուզիայի գործակից» թեմայի մատուցումը կառուցված է չափայնությանների վերլուծության մեթոդի հիման վրա, որը հնարավորություն է տալիս առանց որևէ բարդ մաթեմատիկական գործողությունների սովորողների համար վերհանել «ֆիզիկա» առարկայի նորույթը: Թեմայի սկզբում ուսուցանվում է «դիֆուզային հոսք» հասկացությունը և բացատրվում է, որ դիֆուզիայի «շարժիչ ուժը» նյութի բաշխման անհամասեռությունն է: Այնուհետև ներդրվում է «դիֆուզիայի գործակից» ֆիզիկական մեծությունը որպես դիֆուզային հոսքի և կոնցենտրացիայի փոփոխման «արագության» միջև համեմատականության գործակից: Դասագրքում [12, էջ 17-19], դիտարկելով դիֆուզային հոսքի և կոնցենտրացիայի չափայնությունները, ստացվում է դիֆուզիայի գործակցի չափայնությունը, որի միջոցով էլ պարզաբանվում են դիֆուզիայի երևույթը բնութագրող ֆիզիկական մեծությունները: Նման մոտեցումը հատկապես արդյունավետ է, երբ դժվարըմբռնելի նյութը փորձում են մատչելի ձևով դասավանդել: «Դիֆուզիայի գործակից» թեմայի վերաբերյալ գիտելիքներ ձեռք բերելիս սովորողները պատկերացում են կազմում նաև դիֆուզիայի գործակցի փորձարարական տվյալների մասին, որոնց միջոցով նրանք հասկանում են, որ դիֆուզիայի գործակիցը մեծապես կախված է նյութի ագրեգատային վիճակից, ջերմաստիճանից և խորապես գիտակցում են արդյունաբերության մեջ դիֆուզիայի երևույթի բազմաբնույթ կիրառությունները:

«Դիֆուզիա» թեմայի խորացված ուսուցմանը դպրոցական դասընթացում ընդգրկուն և հանգամանալից անդրադարձ է կատարել Է. Մ. Ղազարյանը [18, էջ 140-148]: Յեղիևակը, ներկայացվող նյութի մատչելիությունը խիստ կարևորելով, նյութի կառուցվածքի գաղափարային հենք է սահմանել տեսական, որակական նկարագրությունը և չափայնությունների վերլուծությունը: Նա ևս կարծում է, որ անհրաժեշտ է հանրակրթական դպրոցում սովորողներին ծանոթացնել «դիֆուզիա» երևույթը բնութագրող այնպիսի մեծությունների և հասկացությունների, ինչպիսիք են դիֆուզիայի գործակիցը, դիֆուզային հոսքը, դիֆուզային

հոսանքը և այլն: Չափայնության և որակական վերլուծության մեթոդով [18] ցույց է տրվում, որ դիֆուզիայի գործակիցը կախված է մոլեկուլի ազատ վազքի միջին երկարությունից, մոլեկուլի ջերմային շարժման արագությունից և տեսական եզրահանգումների միջոցով դուրս է բերվում դիֆուզիայի գործակցի բանաձևը: Յեղիևակը դիտարկում է նաև այն հանգամանքը, որ թեպետ «Դիֆուզիայի երևույթի կիրառությունները» ենթավերնագրի գրեթե բոլոր օրինակները վերաբերում են պինդ մարմիններին, այնուամենայնիվ, ներկայացվող նյութը շատ աղքատ տեղեկություններ է տալիս պինդ մարմիններում դիֆուզիայի երևույթի դրսևորումների և առանձնահատկությունների մասին:

Գործող դասագրքում, «Դիֆուզիա» թեմայի շրջանակում, չափայնությունների մեթոդով կապ է հաստատվում դիֆուզիայի պրոցեսում մասնիկի դիրքի փոփոխության և ժամանակի միջև, որը բրոունյան մասնիկի շարժման հետ կապված հայտնի «պատահական թափառումների» խնդրի լուծումն է: Ծրջանցելով մաթեմատիկական որոշակի գործողություններ՝ դասագրքում հայտնի խնդրի լուծումը տրվում է հակիրճ եղանակով, որը, կարծում ենք, կառաջացնի լրացուցիչ դժվարություններ սովորողների համար: «Պատահական թափառումների» խնդրի լուծման ընդարձակ և մանրագնի շարադրանքը ներկայացված է [18] գիտամեթոդական աշխատությունում, որն ուսումնասիրելով, սովորողները ձեռք կբերեն ամուր գիտելիքներ ինչպես «Ֆիզիկա» առարկայից, այնպես էլ կգարգացնեն իրենց մաթեմատիկական մտածողությունը:

Տարբեր հեղինակներ [40, էջ 150-153, 67, էջ 361-363, 76, էջ 93-95, 87, էջ 117-119, 91, էջ 11.5-11.7 և այլն], թեպետ բավական խոր հետազոտել և վերլուծել են դիֆուզիայի գործակցի ֆիզիկական իմաստը և այն երևույթները, որոնք վերջինս բնութագրում է, այդուհանդերձ դիֆուզիայի գործակցի բանաձևի արտածման մեջ առկա են սովորողների համար դժվար հասկացվող հատվածներ, որոնք խոչընդոտում են դասավանդման արդյունավետության բարձրացումը: Ի. Վ. Սավելյևը [64, էջ 410-412] ակնառու և ուշագրավ հետևություններ է կատարել դիֆուզիայի գործակցի և մակրոսկոպական պարամետրերի փոխկապակցության վերաբերյալ: Ըստ նրա՝ դիֆուզիայի գործակիցը գազերում հակադարձ համեմատական է միավոր ծավալում մոլեկուլների թվին,

հետևապես՝ ճնշմանը, և ուղիղ համեմատական է ջերմաստիճանին: Մեր կարծիքով [64], աշխատության եզրահանգումներն արժեքավոր են սովորողների իմացության համար, բայց և այնպես, անդրադառնալով դիֆուզիայի գործակցի բանաձևի ստացմանը, կարծում ենք, որ այն պահանջում է պարզ բացատրություններ և հասկանալի մոտեցումներ: Սովորողներն ուսանելով դասագիրքը [108, էջ 307-308] գիտակցում են, որ դիֆուզիայի պրոցեսում նյութի մասնիկները մեծ կոնցենտրացիայով տեղամասից տեղափոխվում են փոքր կոնցենտրացիայով տեղամաս: [108] դասագրքի հեղինակները դիտարկում են Ֆիկի օրենքը՝ որպես դիֆուզիայի հիմնական հավասարում, նրա միջոցով ներմուծում են դիֆուզիայի գործակիցը և մեկնաբանում են Ֆիկի օրենքում առկա ֆիզիկական մեծությունները: Նրանք կարծում են, որ «Փոխանցման երևույթներ» թեմայում ներկայացվող դիֆուզիայի երևույթի հակիրճ ուսումնասիրումն արդեն բավական է դաբոցական ֆիզիկայի համար, ուստի դիֆուզիայի գործակցի բանաձևի արտածումը նրանց դասագրքում գետեղված է:

Այսպիսով, տարբեր դիտարկումներից հետո, կարող ենք եզրակացնել, որ դասավանդման գոհացուցիչ արդյունքներ ակնկալելու նպատակով, ֆիզիկայի ուսուցման ծրագիրը պետք է պարունակի «Դիֆուզիայի գործակից» թեման՝ իր դյուրամատույց բովանդակությամբ:

Հաջորդ անդրադարձը կատարել ենք «Իրական գազ: Վան դեր Վաալսի հավասարում» թեմային: Այն ևս հանդիսանում է «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի խորացված հոսքերի նոր դասավանդվող, դժվարըմբռնելի թեմաներից, հետևապես և, նրա դասավանդման մեթոդաբանությունը պահանջում է վերազննման անհրաժեշտություն: «Իրական գազ: Վան դեր Վաալսի հավասարում» թեման [12, էջ 47-49] դասագրքում ներկայացվում է «Գազային օրենքներ», «Իդեալական գազ» թեմաներից հետո՝ որպես տրամաբանական շարունակություն: Տվյալ թեմայի շարադրանքի սկզբում շեշտվում է, որ գազի խտության մեծացմանը զուգընթաց՝ նրա հատկություններն առավել չափով են շեղվում իդեալական գազի հատկություններից՝ պայմանավորված միջմոլեկուլային բարդ փոխազդեցություններով: Դասագրքի [12] հեղինակներն իրական գազի բնութագրման հիմքում նշանագրել են մոլեկուլների

փոխազդեցության հիմնական որակական առանձնահատկությունները՝ մոլեկուլների վերջավոր չափեր ունենալու հանգամանքը և նրանց միջև ձգողության փոխազդեցության գոյությունը: Այնուհետև, իրական գազի վիճակի հավասարումը, որը հայտնի է որպես Վան դեր Վաալսի հավասարում, արտածել են՝ օգտվելով իդեալական գազը նկարագրող Կլապեյրոն-Մենդելևի հավասարումից՝ կատարելով մոլեկուլների փոխազդեցությամբ պայմանավորված ուղղումները: Մեր կարծիքով, Վան դեր Վաալսի հավասարման մեջ առկա որակական ուղղումները բարդության և խրթինության զգալի մասնաբաժին են մտցնում ուսուցման գործընթացում: Աշակերտները հատկապես դժվար են հասկանում իրական գազի վիճակի հավասարման մեջ մտնող պարամետրի բնութագրի ճշգրտումները, ներքին կամ մոլեկուլային ճնշման՝ ծավալի քառակուսուց հակադարձ համեմատականության կախվածության բացատրությունը: Այդ իսկ պատճառով օգտակար և արգասաբեր ենք համարում ֆիզիկայի ուսուցման գործընթացում նման դժվար յուրացվող ֆիզիկական հիմնադրումների դասավանդմանը մոտենալ՝ կիրառելով մատչելիության տարր պարունակող տարբեր բացատրություններ:

Ռուսաստանի Դաշնությունում գործող գրեթե բոլոր դասագրքերում [39, 57, 58, 59 և այլն] ընդգրկված են միայն «Իդեալական գազ», «Իդեալական գազի վիճակի հավասարում» և իդեալական գազը բնութագրող թեմաները, մինչդեռ «Իրական գազ: Վան դեր Վաալսի հավասարում» թեման դիտարկված չէ այդ դասագրքերում: Նկատենք նաև, որ գործող ռուսական դասագրքում [59, էջ 205-213] հեղինակները ներառել են և մեծ նշանակության են հատկացրել «Իրական գազի իզոթերմերը» թեման: Նրանք բավական մանրամասնորեն են մոտեցել այս թեմայի վերլուծությանը և ներկայացմանը: Հեղինակները գրաֆիկական նկարագրության միջոցով ուսումնասիրել, հետազոտել և տվյալ թեմայի բովանդակության մեջ գրի են առել «հեղուկից գազ և գազից հեղուկ» փոխադարձ փոխակերպումների պայմանները, տարբեր ջերմաստիճանների պարագայում իրական գազի ճնշման փոփոխությունները կախված ծավալից, նյութի «կրիտիկական վիճակ» հասկացությունը և այն բնութագրող կրիտիկական ջերմաստիճան, ճնշում, ծավալ պարամետրերը և այլն: Մեր կարծիքով,



«Իրական գազի իզոթերմերը» թեման «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի կարևոր թեմաներից է, որի ուսուցումը կապահովի բնության երևույթների վերաբերյալ կայուն գիտելիքներ: Այնուամենայնիվ, կարծում ենք, որ ուսուցման վերոգրյալ հատվածը կարծես «Իրական գազ» թեմայի տեսության առանձին, սակայն միաժամանակ արժեքավոր մաս է, որը, հավանաբար, վերապահությամբ կհամալրի դասավանդման գործընթացը: Ուստի, մենք անհրաժեշտությու ենք համարում «Իրական գազ: Վան դեր Վաասի հավասարում» թեմայի ուսումնառությունը և արդյունքում կատարելագործել ենք տվյալ թեմայի մեթոդաբանությունը:

Անգլիախոս երկրների գործող դասագրքերում [93, էջ 356-362, 106, էջ 453-457, 108, էջ 340-346, և այլն] գրեթե նույն պատկերն է դրսևորվում, ինչ ռուսական դասագրքերում: Այնտեղ էլ, որոշ դասագրքերում կա՛մ բացակայում է «Իրական գազ: Վան դեր Վաասի հավասարում» թեմայի ուսուցումը, կա՛մ էլ տվյալ երկրի կրթական ծրագրում ընդգրկված է միայն «Իրական գազ» թեմայի գրաֆիկական բացատրությունը՝ իզոթերմերի հետազոտման ուսուցմամբ, որին էլ հաջորդում է «հեղուկից գազ և գազից հեղուկ» նյութի վիճակի փոխադարձ փոխակերպումների համառոտ նկարագիրը:

Գիտամեթոդական գրականության մեջ մեծ թվով հեղինակներ են [18, 20, 25, 40, 45, 50, 65, 67, 69, 81, 85, 102, 114, 115 և այլն] անդրադարձել վանդերվաասյան ձգողության ուժերի ընդհանուր հատկությանը, Վան դեր Վաասի հավասարմանը, նրա արտածմանը և կիրառություններին: Դիտարկումներից փաստում ենք, որ բոլոր հեղինակները թեմայի շարադրանքը սկսում են իրական գազի ծավալի հետազոտումից, որը հետևանք է իրական գազի մոլեկուլների վերջավոր չափեր, այսինքն՝ սեփական ծավալ ունենալու հանգամանքի: Վերջինիս, անմիջապես, հաջորդում են որոշ հեղինակների [40, էջ 221-225, 45, էջ 147-149, 50, էջ 194-195, 67, էջ 374-378, 69, էջ 338-342, 99, էջ 13-18 և այլն] դատողությունները, որոնց համաձայն՝ իրական գազի մոլեկուլների միջև փոխադարձ ձգողական ուժերը հանգեցնում են գազի լրացուցիչ սեղմման՝ առաջացնելով լրացուցիչ ներքին ճնշում և մոլեկուլների բախումը անոթի պատին այնքան ուժգին չի լինի, ինչքան մոլեկուլների միջև ձգողության բացակայության դեպքում (իրական գազի ճնշումը փոքր է իդեալական գազի ճնշումից): Ըստ հեղինակների՝

մուլ եկուլւելների թիվը, որոնք մոտենում են անոթի պատին և միաժամանակ, ձգվում են դեպի անոթի ներսը, համեմատական է գազի կոնցենտրացիային (միավոր ծավալում մուլ եկուլւելների թվին): Մուլ եկուլւելների թիվը, որոնք անոթի ներսից ձգում են անոթի պատին մոտեցող մուլ եկուլւելներին, ևս համեմատական է գազի կոնցենտրացիային: Արդյունքում ստացվում է հետևյալ առնչությունը՝ 
$$P \propto \left(\frac{N}{V}\right)\left(\frac{N}{V}\right), P \propto \frac{1}{V^2}:$$
 Քննարկենք նաև այլ

հեղինակների [20, էջ 512-515, 25, էջ 194-195, 85, էջ 140-141 և այլն] մոտեցումները: Իրական գազի ներքին կամ մուլ եկուլւելային ճնշման՝ ծավալի քառակուսուց հակադարձ համեմատականության տեսական բաղադրամասը նրանք կառուցում են հետևյալ տեսանկյունով. գազի մեջ մտովի անցկացվում է մի հարթություն և դիտարկվում է հարթությանը կից գազի շերտերը: Հարթության ձախ կողմում գտնվող մուլ եկուլւելներից յուրաքանչյուրը կրում է հարթության աջ կողմում գտնվող մուլ եկուլւելների ազդեցությունը և միաժամանակ՝ հակառակը: Աջ և ձախշերտերի միջև ձգողության ուժը համեմատական է այն մուլ եկուլւելների թվին, որոնք մասնակցում են նրա առաջացմանը: Վերագրելով այս ուժը միավոր մակերեսին ստացվում է ներքին ճնշումը, որը համեմատական է գազի կոնցենտրացիայի քառակուսուն: Այն տրվում է  $P_{\text{թ}} \propto (N_{\text{թ}} \cdot F)$  արտահայտությամբ, որտեղ  $F$ -ը կից շերտերում յուրաքանչյուր մուլ եկուլւելի վրա ազդող ուժն է, իսկ  $N_{\text{թ}}$ -ը՝ մուլ եկուլւելների թիվը: Այս երկու  $N_{\text{թ}}$  և  $F$  մեծությունները համեմատական են գազի խտությանը և հակադարձ համեմատական են գազի ծավալին  $P_{\text{թ}} \propto \left(\frac{N}{V}\right)\left(\frac{N}{V}\right)$ , որից էլ ստացվում է  $P_{\text{թ}} = \frac{a}{V^2}$  բանաձևը:  $a$

պարամետրը կոչվում է Վան դեր Վալսի հաստատուն, որը բնութագրում է մուլ եկուլւելային ձգողության ուժերը:

Իրավամբ, այս թեմայի վերաբերյալ գիտամեթոդական գրականությունը լայնածավալ է, որի ուսումնասիրությունից ելնելով, կարելի է անդել տարբեր գիտական աղբյուրների նույնական մոտեցումների դրսևորումները, որոնցից յուրաքանչյուրը մատչելի պարզաբանում է իրական գազերի նկարագրման ֆիզիկական նուրբ պահերի միայն որոշակի կողմը: Այսպիսով, ընդհանրացնելով վերը շարադրածը հասկանում ենք, որ

աշակերտների համար դժվար ըմբռնվող մոլեկուլային պրոցեսների և ֆիզիկական երևույթների դասավանդման ընթացքը պետք է ներառի մատչելի և բազմակողմանի բացատրություններ: Ֆիզիկայի դասընթացի համար առանցքային ենք համարել մշակել «Իրական գազ: Վան դեր Վալսի հավասարում» թեմայի մեթոդաբանությունը, որը ներկայացվում է հաջորդ գլխում:

Ավագ դպրոցում ֆիզիկայի խորացված ուսուցմամբ թեմաներից է՝ «Շտեռնի փորձը: Գազի մասնիկների բաշխումն ըստ արագությունների: Մաքսվելի բաշխումը» [12, էջ 42-46], որը նախկին դասագրքում [7] չի դիտարկվել: Յեղիակների կարծիքով՝ վիճակագրական ֆիզիկայի հենքային թեմաների ներդրումը ֆիզիկայի խորացված դասընթացում կոչված է առավել ակտիվորեն նպաստելու կրթության զարգացմանը: Վիճակագրական ֆիզիկան, որպես գիտական ուղղություն, ձևավորվել է XIX դարի վերջերին՝ շնորհիվ Ջեմս Մաքսվելի (1831-1879թթ.), Լյուդվիգ Բոլցմանի (1844-1906թթ.), Ջոզայա Գիբսի (1839-1903թթ.) աշխատանքների: Դասագրքում սովորողներին ներկայացվում են Շտեռնի փորձարարական սարքի սխեման, գազի մասնիկների՝ ըստ արագությունների բաշխման փորձնական հետազոտումն արագությունների մեխանիկական ընտրիչ կոչվող սարքի միջոցով, Մաքսվելի բաշխման օրենքը և գրաֆիկը, ամենահավանական արագությունը, միջին քառակուսային արագությունը, միջին թվաբանական արագությունը: Ռուսաստանում գործող դասագրքերում տարբեր են «Շտեռնի փորձը: Գազի մասնիկների բաշխումն ըստ արագությունների: Մաքսվելի բաշխում» թեմայի դիտարկումներն ըստ բովանդակության և մոտեցումների, որոնք ուսումնասիրելով՝ իմաստավոր ենք համարում թեմայի ամբողջական և համակարգված ուսուցումը: [39, էջ 68-69] դասագրքում ներկայացված են միայն Շտեռնի փորձը, արագությունների մեխանիկական ընտրիչ սարքի սխեման, Մաքսվելի բաշխման օրենքի գրաֆիկական նկարագրերը, իսկ ամենահավանական, միջին քառակուսային, միջին թվաբանական արագությունների թե՛ ֆիզիկական մեկնաբանությունները, թե՛ բանաձևերը տրված չեն: [57] դասագրքում այս թեման ընդհանրապես դիտարկված չէ, իսկ [58, էջ 178-181] դասագրքում՝ դիտարկված է միայն Շտեռնի փորձը և միջին քառակուսային արագությունը: [59, էջ 118-131] դասագրքում, համեմատած նախորդ դասագրքերում թեմայի հակիրճ մոտեցման,

բավական ընդարձակ է շարադրված «Մուլեկուլների մաքսվելյան բաշխումն՝ ըստ արագությունների» թեման, որն իր մեջ ներառում է հավանականության խտության ֆունկցիայի միջոցով մաքսվելի բաշխման օրենքի բանաձևի ստացումը: Չնայած վերջին դասագրքի լայնածավալ դիտարկմանը՝ նշենք, որ այն նկատելիորեն հագեցված է հավանականության տեսության բաղադրիչով և, հետևաբար, կարիք է զգացվում նյութի ֆիզիկական բացատրությունների համալրման: Անգլիախոս երկրների ավագ դպրոցների ֆիզիկայի դասագրքերում [106, էջ 450-453, 108, էջ 342-343 և այլն] նկատվում են տվյալ թեմայի շարադրանքի նույնական մոտեցումներ, որոնք կրում են մակերեսային բնույթ: Գիտամեթոդական գրականության մեջ մեծ թվով հեղինակներ [20, էջ 450-467, 33, էջ 387-390, 40, էջ 60-80, 52, էջ 100-105, 83, էջ 140-143, 89, էջ 143-156, 92, էջ 33-39, 103, էջ 289-292 և այլն] բաշխման (հավանականության) խտության ֆունկցիայի միջոցով հետազոտել են մուլեկուլների մաքսվելյան բաշխումն՝ ըստ արագությունների, ներկայացրել են մաքսվելի բաշխման օրենքի գրաֆիկական պատկերումները, արտածել են ամենահավանական, միջին քառակուսային, միջին թվաբանական արագությունների բանաձևերը համանման մեթոդներով և խոսել են երեք արագությունների միջև առկա քանակական կապերի մասին:

Դիտարկելով թեմային առնչվող ուսումնամեթոդական գրականությունը՝ գտնում ենք, որ կարելի է ներկայիս ֆիզիկայի խորացված դասընթացի առջև ծագած արգելքները հաղթահարել՝ մշակելով բարդ ֆիզիկական երևույթներն ընդգրկող թեմաների մատչելի և հասանելի մեթոդական մոտեցումներ:

Ավագ դպրոցի XI դասարանի խորացված ուսուցմամբ հոսքերում սովորողները գիտելիքների մեծ պաշար են ձեռք բերում՝ ուսումնասիրելով «Մթնոլորտային ճնշման կախումը բարձրությունից: Բարոմետրական բանաձև» չափազանց կարևոր թեման, որի հիմքում վիճակագրական ֆիզիկայի գլխավոր օրենքներից մեկի՝ Բոլցմանի բաշխման ուսուցումն է [12, էջ 50-54]: Տվյալ թեմայի ներգրավումը «Մուլեկուլային ֆիզիկա» բաժնում և բազմակողմանի ուսումնասիրությունն ապահովում է աշակերտների տրամաբանված դատողություններ կատարելու, տարբեր ֆիզիկական երևույթներում պատճառահետևանքային կապերի հայտնաբերման հմտության և վերլուծական մտածողության զարգացմանը: Վերջինս

այն խորացված թեմաներից է, որոնք նախկին ֆիզիկայի դասագրքում ներառված չեն եղել [7]: Նաև հավելենք, որ այլ երկրների ավագ դպրոցների [39, 57, 58, 59, 93, 106, 108] դասագրքերում նույնպես վերոհիշյալ թեման ընդգրկված չէ:

Գիտամեթոդական գրականության մեջ [40, էջ 48-63, 64, էջ 289-290, 67, էջ 274-280, 69, էջ 235-241, 72, էջ 90-91, 84, էջ 292-296, 94, էջ 15-18, 97, էջ 7 և այլն] կարևորվում է բարոմետրական բանաձևի ստացման ուսուցումը, երբ գազի ջերմաստիճանը և ազատանկման արագացումը բարձրությունից կախված չեն: Յեղիսակները, օգտվելով մեխանիկական հավասարակշռության պայմանից, իդեալական գազի խտության բանաձևից, ցուցչային ֆունկցիայից՝ բանաձևային և գրաֆիկական եղանակով ներկայացնում են արտաքին համատեռ ուժային դաշտում մոլեկուլների բաշխումը: Յամաձայն ստացված արդյունքի՝ իդեալական գազի ճնշումը և կոնցենտրացիան կախված բարձրությունից նվազում են ցուցչային օրենքով:

Մանրամասն վերլուծելով «Մթնոլորտային ճնշման կախումը բարձրությունից: Բարոմետրական բանաձև» թեմային առնչվող ինչպես դպրոցական դասագրքերը, այնպես էլ գիտամեթոդական և ուսումնամեթոդական գրականությունը, անհրաժեշտ ենք համարում աշակերտներին ուսուցանել Բոլցմանի բաշխման օրենքի համընդհանուր բնույթը, որի հսկայական տեսական և գործնական նշանակությունը դիտվում է նրա բազմազան կիրառություններում. գոլորշիացում, ջերմային իոնացում, քիմիական կինետիկա, կաթոդից էլեկտրոնների առաքման պրոցեսը [34, էջ 349-352, 75, էջ 64-77], իրական գազերի վիճակի հավասարումը [68, էջ 380-382], Ավոգադրոյի հաստատունի որոշման Պեռենի փորձը [32, էջ 215-218, 67, էջ 280-284] և այլն: Նշված հեղինակների աշխատանքների հետազոտման և վերլուծության արդյունքում, մշակել ենք այնպիսի մեթոդաբանություն, ըստ որի՝ «Մթնոլորտային ճնշման կախումը բարձրությունից: Բարոմետրական բանաձև» թեմայի ուսուցումը սովորողների համար ինքնանպատակ չի լինի: Սովորելով այն՝ նրանք կտիրապետեն այնպիսի գիտելիքների գորեղ համակարգի, որի միջոցով կհասկանան տարբեր ֆիզիկական երևույթների նկարագրություններն ըստ Բոլցմանի օրենքի:

Ներկայացված աշխատանքի նպատակն է սովորողներին մղել ինքնուրույն և տրամաբանական մտածողության, որը նրանց

կուղղորդի դեպի մտածողության ամենաբարձր ձևերը (գիտակցում, ըմբռնում, վերլուծում, համադրում, կիրառում, գնահատում): Այս իմացական ոլորտի աստիճանակարգն՝ ըստ Բենջամեն Բլումի, կարևոր դերակատարում է ունեցել և ուղենիշ է հանդիսացել տարբեր մեթոդական աշխատանքների ստեղծման հիմքում [90, 126]:

Միաժամանակ հարկ է ընդգծել, որ ժամանակակից կրթական միջավայրում ավանդական ուսուցիչը՝ որպես գիտելիքների փոխանցման մենաշնորհ ունեցող, անվերապահորեն պետք է հավակնի նոր դարաշրջանի ուսուցչի տեղը զբաղեցնելու [3, 4]: Ֆիզիկայի ուսուցման համակարգում առանձնահատուկ տեղ է հատկացվում այն ուսուցչին, որը հանդես է գալիս որպես բացահայտող, հետազոտող, ուղղորդող: Նման առանձնահատկությունների ձևավորումը հնարավոր է գիտամեթոդական սեմինարների, ինքնակրթության, շարունակական բնույթ կրող վերապատրաստումների միասնական գործընթացում:

## 1-ին գլխի եզրակացությունները.

1. «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի ուսուցմանը նվիրված ատենախոսությունների ուսումնասիրությունները փաստեցին, որ բացակայում են մեր կողմից ընտրված թեմաների ուսուցմանը նվիրված ատենախոսություններ:
2. Գիտաուսումնամեթոդական աղբյուրների, տարբեր երկրների դասագրքերի դիտարկումների և հետազոտումների արդյունքում՝ բացահայտեցինք այն գիտամեթոդական հարթակը, որը կապահովի «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի խորացված թեմաների ուսուցման արդյունավետ մեթոդաբանության մշակումը:
3. Ատենախոսությունների, հոդվածների, գիտամեթոդական գրականության վերլուծությունները հաստատել են, որ ատենախոսության թեման պահանջված է:

## ԳԼՈՒԽ 2.

### ԱՎԱԳ ԴՊՐՈՏԻ ՏԻԶԻԿԱՅԻ ԴԱԱՆՔԱՅԻ «ՄՈԼԵԿՈՒԼԱՅԻՆ ՏԻԶԻԿԱ» ԲԱԺՆԻ ԽՈՐԱՑՎԱԾ ԹԵՄԱՆԵՐԻ ՈՒՍՈՒՑՄԱՆ ՄԵԹՈԴԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

#### ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ

Ժամանակակից աշխարհը սրընթաց փոփոխվում է և զարգանում: Այն, ինչ մեկ, երկու տասնամյակ առաջ քիչ թե շատ հասանելի էր ոմանց, այժմ հասանելի է գրեթե յուրաքանչյուրին: Այն, ինչ առաջ օգտագործվում էր եզակիների կողմից, այժմ օգտագործվում է բոլորի կողմից և ամենուր: Առաջին անգամ մարդկության պատմության մեջ գաղափարների և նյութերի «սերնդափոխություն»-ը կատարվում է ավելի արագ, քան մարդկանց սերնդափոխությունը: Ժամանակակից կյանքի արագընթաց դինամիկան և հասարակության անցումը նոոսֆերայից ինֆոնոոսֆերա մարդկության առջև նոր խնդիրներ է ծագեցնում, որոնց լուծումը թույլ կտա անհատին զգալ իրեն հարմարավետ այս աշխարհում և քայլ մեկնել ժամանակի շնչին համապատասխան: Միևնույն ժամանակ, արագահոս զարգացումները ստիպում են բոլոր մանկավարժներին խորհել այն մասին, թե ինչպես է անհրաժեշտ վերափոխել ժամանակակից կրթական համակարգը, որպեսզի սովորողը դպրոցն ավարտելուց հետո շուկայական հարաբերությունների արդիական պայմաններում լինի մրցունակ և արհեստավարժ մասնագիտական գործունեության մեջ:

Վերափոխումների ճանապարհին չափազանց կարևոր է շարունակական կրթության համար անհրաժեշտ պայմանների ստեղծումը: Միայն շարունակական կրթությունն է հասանելի դարձնում կյանքում տեղի ունեցող առաջընթացները:

Վերջին տասնամյակում Հայաստանի Հանրապետությունում եռուն կերպով նախադրյալներ էին ստեղծվում շարունակական և կայուն կրթական համակարգ երկրում հիմնելու նպատակով: Այս աշխատանքների առանցքում էին ուսուցման դերի, նպատակի, խնդիրների և դասավանդման մեթոդների բարեփոխումներն: Իրականացված բարեփոխումները հղում են նրան, որ դպրոցական



կրթության ինտելեկտուալ իզացիան պետք է գերազանցի արտադրության ինտելեկտուալ իզացիային:

Համաձայն կրթության նոր որակական չափորոշիչների՝ ֆիզիկամաթեմատիկական ուղղվածությունն ունեցող դպրոցների հիմնական խնդիրն է ձևավորել սովորողների գիտական մտածելակերպն, այնպես որ համապատասխանի «ֆիզիկա» գիտության զարգացման ժամանակակից միտումներին: Ելնելով նման կարևոր հարցադրումից՝ ավագ դպրոցի բնագիտամաթեմատիկական (խորացված) հոսքերի ֆիզիկայի խորացված դասընթացը գիտության արդի ձևաչափում սահմանված մարտահրավերներին ի պատասխան, նոր կրթական հարթությունն է տեղափոխում ուսուցման պրոցեսը և շահավետ պայմաններ հիմնում սովորողների գիտական մտածելակերպի ձևավորման և զարգացման գործում:

Ֆիզիկոս-մեթոդիստների ջանքերով ստեղծվել են սովորողների ճանաչողական ընկալումն ապահովող, գիտելիքները համակարգող, վերլուծական մտածողություն և ձևավորող և ստացած գիտելիքները կիրառելու կարողությունը զարգացնող դասագրքեր: Եվս մեկ անգամ ընդգծենք այն ճշմարտությունը, որ դասագիրքն ուսուցման պրոցեսի հիմնասյունն է, որին ոչինչ չի կարող փոխարինել:

Միաժամանակ հարկավոր է խոսել նախկինում դեռևս չուսուցանվող թեմաների դասավանդման պրոցեսում ի հայտ եկող դժվարությունների մասին, որոնք բացահայտվել են իրականացված գիտամանկավարժական հետազոտությունների արդյունքում: Ծրագրային նյութը համալրող խորացված թեմաները փոքր-ինչ դժվարըմբռնելի են աշակերտների համար, ինչը կարող է խոչընդոտ հանդիսանալ նրանց սովորելու ակտիվությանը և նվազեցնել «ֆիզիկա» առարկայի նկատմամբ նրանց հետաքրքրությունները: Խորացված թեմաները, նույնիսկ ոչ հազվադեպ, որոշակի դժվարություններ կարող են առաջացնել նաև ուսուցիչների համար: Ցավոք, նոր թեմաների վերաբերյալ գիտամեթոդական գրականությունը, որը կօգներ հարթահարելու դասավանդման և յուրացման բարդությունները, սակավաթիվ է: Տվյալ ոլորտը լրջաբար կարիք ունի հարստացման: Հաշվի առնելով նոր ուսուցանվող թեմաների արդիականությունը, դրանց ուսուցման անհրաժեշտությունը՝ կանգ ենք առել ավագ դպրոցի ֆիզիկայի դասընթացի «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի խորացված թեմաների

ուսուցման մեթոդաբանության հետազոտման և մշակման վրա: «Մուլտիմեդիային ֆիզիկա» բաժնի խորացված թեմաների ուսուցման գործառնությունը սովորողների իմացական կարողությունների ձևավորումն է, գիտական գիտելիքների պաշարի կուտակումը և որակի բարձրացումը, տրամաբանական, վերացական, ստեղծագործական, վերլուծական մտածողության զարգացումը, ճանաչողական հետաքրքրությունների ակտիվացումը: Բնության գեղահրաշ երևույթները և օրինաչափությունները ֆիզիկական օրենքներով նկարագրող «Մուլտիմեդիային ֆիզիկա» բաժինը սովորողներին կրթում է բնության օրենքների նկատմամբ ինտելեկտուալ պատասխանատվության պահանջով:

Գիտամեթոդական գրականության ուսումնասիրությունները մատնանշում են վերոնշյալ խորացված թեմաների գերակայությունն ուսուցման պրոցեսում, սակայն նաև դիտվում է նոր թեմաների նկատմամբ ոչ լիարժեք, չամբողջացված և չհամակարգված մեթոդական հայեցակետեր: Նորաստեղծ մեթոդաբանությունն արդիականացնում է խորացված թեմաների կառուցողական ուսուցումը:

2.1. «ՄՈԼԵԿՈՒԼՆԵՐԻ ՓՈԽԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ» ԹԵՄԱՅԻ ՈՒՍՈՒՑՄԱՆ  
ՄԵԹՈԴԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

XI դասարանի ֆիզիկայի դասընթացը սկսվում է «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի ուսուցմամբ: Յետազոտությունների տրամախոհական սկիզբը հայտարարված է «Մոլեկուլների փոխազդեցությունը» թեմայի գիտաուսումնական վերլուծությամբ և մշակմամբ: Գտնելով, որ այս թեման պարարտ հիմք է «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի խորացված թեմաների ուսուցման արդյունավետության բարձրացման համար՝ ընդլայնել, խորացրել և զարգացրել ենք հետևյալ հարցադրումները՝

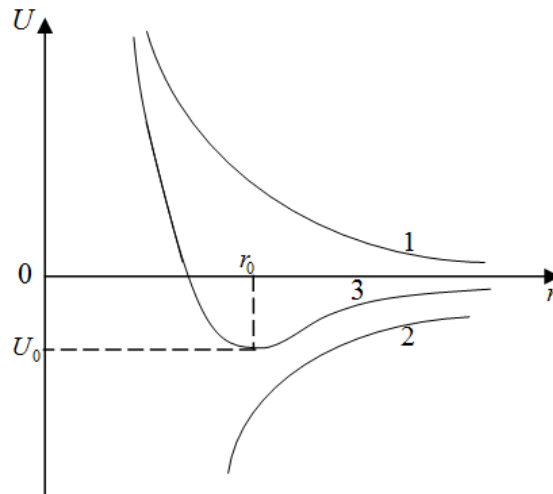
- միջմոլեկուլային փոխազդեցությունների բնույթը և ընդհանուր հատկությունները,
- ձգողության և վանողության ուժերի կախումները մասնիկների միջև հեռավորությունից,
- վանդերվաալսյան ուժերի բնույթը, տեսակները և ընդհանուր հատկությունները:

**Երկու մասնիկների (ատոմներ, մոլեկուլներ) փոխազդեցության ուժերի ընդհանուր հատկությունները:** Նյութը կազմող մասնիկների (ատոմներ, մոլեկուլներ) միջև գործում են էլեկտրամագնիսական բնույթի փոխազդեցության ուժեր: Ինչպես հայտնի է, մասնիկներն ամբողջությամբ էլեկտրաչեզոք են, բայց փոքր հեռավորություններում նրանց միջև գործում են զգալի էլեկտրական ուժեր:

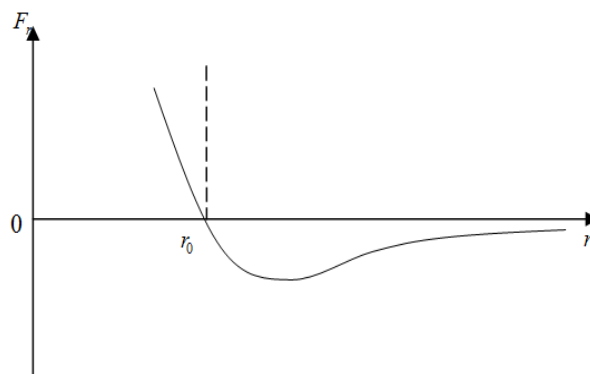
Երկու մասնիկների փոխազդեցության ուժերն ունեն և՛ վանողական, և՛ ձգողական բնույթ: Ընդ որում, մասնիկների միջև վանողության և ձգողության ուժերը գործում են միաժամանակ, և այս հակադիր ուղղված ուժերը տարբեր ձևով են կախված մասնիկների միջև  $r$  հեռավորությունից [34]: Մասնիկների միջև մեծ հեռավորությունների դեպքում մոլեկուլներն իրար ձգում են, իսկ փոքր հեռավորությունների դեպքում՝ (երբ դրանց միջև հեռավորությունը մոլեկուլների չափի կարգի է) վանում:

Փոխազդեցության ուժերից բացի, մեծ կարևորություն է ներկայացնում նյութը կազմող չեզոք մասնիկների փոխազդեցության պոտենցիալ էներգիան: Ինչպես նշեցինք,

ձգողության և վանողության ուժերի ուժգնությունը կախված է մասնիկների փոխադարձ դիրքից, այսինքն՝ մասնիկներն օժտված են արտեղացիալ էներգիայով: Փոխազդեցության արտեղացիալ էներգիայի և փոխազդեցության ուժի կախումները մասնիկների միջև  $r$  հեռավորությունից պատկերված են նկ. 2.1.1-ում և նկ. 2.1.2-ում [38, 70, 73]:



Նկ. 2.1.1. Մոլեկուլների փոխազդեցության  $U$  արտեղացիալ էներգիայի կախումը միջմոլեկուլային  $r$  հեռավորությունից պատկերող գրաֆիկը:



Նկ. 2.1.2. Մոլեկուլների փոխազդեցության  $F$  ուժի կախումը միջմոլեկուլային  $r$  հեռավորությունից պատկերող գրաֆիկը:

Նկ. 2.1.1-ում բերված են վանողական և ձգողական փոխազդեցությունների արտեղացիալ էներգիաների կորերը: Ձգողության արտեղացիալ էներգիային համապատասխանում է 2 կորը, վանողության արտեղացիալ էներգիային՝ 1 կորը, իսկ արդյունաքար արտեղացիալ էներգիային՝ 3 կորը՝ որպես 1 և 2 կորերի հանրահաշվական գումար: Ձգողության արտեղացիալ էներգիան բացասական է, իսկ վանողությանը՝ դրական [69]:

Ուշագրավ է  $r=r_0$  կետը.  $r=r_0$  հեռավորությունը համապատասխանում է մասնիկների կայուն հավասարակշռության վիճակին, որտեղ պոտենցիալ էներգիան ընդունում է իր փոքրագույն՝  $U(r_0)=U_{\min}$  արժեքը [18]: Պոտենցիալային փոսի  $U_{\min}$  խորությունը թվապես հավասար է այն աշխատանքին, որն անհրաժեշտ է ծախսել ատոմները միմյանցից անվերջ հեռու տեղափոխելու համար: Տարբեր գույգ ատոմների համար տարբեր են փոսի խորությունը և հավասարակշռական  $r_0$  հեռավորությունը: Պետք է ճշգրտել և ընդգծել խորացված ուսուցման պրոցեսում նաև այն փաստը, որ ատոմների փոխազդեցության պոտենցիալային փոսի խորությունն ավելի մեծ է, քան մոլեկուլների փոխազդեցության պոտենցիալային փոսի խորությունը, այսինքն՝ մոլեկուլները միմյանցից ավելի հեշտ են անջատվում, քան ատոմները [6, 51]:

Հասկանալի է, որ եթե չլիներ փոխազդող մասնիկների կայուն հավասարակշռության վիճակը, ապա անհնար կլիներ նյութի հեղուկ և պինդ ագրեգատային վիճակների գոյությունը: Այս դեպքում մասնիկները կցրվեին միմյանցից անվերջ հեռու, կամ էլ, հակառակը, անվերջ մոտենալով իրար՝ կմիաձուլվեին մի ամբողջության մեջ:

Մասնիկների փոխազդեցության պոտենցիալ էներգիայի նվազագույն արժեքը չափանիշ է նյութի տարբեր ագրեգատային վիճակների համար: Մասնիկներն անընդհատ շարժման վիճակում են, հետևաբար՝ դրանք օժտված են կինետիկ էներգիայով ևս: Որակապես ձգողական ուժերը ձգտում են մասնիկները շաղկապել մի ամբողջական համակարգում, սակայն դրանց կինետիկ էներգիաների առկայությունը խոչընդոտում է այդ պրոցեսը:

• Եթե  $|U_{\min}|=U_0 \ll kT$ , այսինքն՝ մասնիկների փոխազդեցության նվազագույն պոտենցիալ էներգիան բացարձակ արժեքով շատ փոքր է նրանց ջերմային շարժման միջին կինետիկ էներգիայից, ապա մասնիկները չեն կարողանում մնալ կողք կողքի և ցրվում են այս ու այն կողմ: Այդ դեպքում նյութը գազային վիճակում է:

• Եթե  $|U_{\min}|=U_0 \gg kT$ , այսինքն՝ մասնիկների փոխազդեցության նվազագույն պոտենցիալ էներգիան բացարձակ արժեքով շատ մեծ է նրանց ջերմային շարժման միջին կինետիկ էներգիայից, ապա դա

նշանակում է, որ մասնիկների փոխազդեցությունն այնքան ուժգին է, որ նրանք աննշան չափով են շեղվում իրենց հավասարակշռության դիրքերից՝ կատարելով միայն քառասյին տատանումներ: Այդ դեպքում նյութը պինդ վիճակում է:

• Եթե  $|U_{\min}| = U_0 \approx kT$ , այսինքն՝ մասնիկի ջերմային շարժման միջին կինետիկ էներգիան համեմատելի է մասնիկների համակարգի փոխազդեցության նվազագույն պոտենցիալ էներգիայի բացարձակ արժեքի հետ, ապա նյութը հեղուկ վիճակում է:

Թեմայի շրջանակներում առաջնային է մասնիկների փոխազդեցության ուժի և փոխազդեցության պոտենցիալ էներգիայի միջև կապի դիտարկումը: Մասնիկի վրա ազդող պոտենցիալ ային ուժի պրոյեկցիան համապատասխան կոորդինատային առանցքի ուղղությամբ՝ միավոր երկարության վրա, մասնիկի պոտենցիալ էներգիայի փոփոխությանն է՝ «-» նշանով:

$F(r)$  փոխազդեցության ուժի և  $U(r)$  փոխազդեցության պոտենցիալ էներգիայի կապն արտահայտվում է հետևյալ առնչությամբ՝

$$F = -\frac{\Delta U}{\Delta r} = -U'(r), \quad \text{երբ } \Delta r \rightarrow 0: \quad (2.1.1)$$

Երկու փոխազդող մասնիկներից կազմված համակարգի պոտենցիալ էներգիայի կախումը նրանց միջև  $r$  հեռավորությունից արտահայտող կորը պատկերված է նկ. 2.1.1-ում: Այդ մասնիկների փոխազդեցության ուժի կախումը  $r$  հեռավորությունից ներկայացված է նկ. 2.1.2-ում, որի ստացումը ևս բխում է փոխազդեցության  $U(r)$  պոտենցիալ էներգիայի կախումը  $r$  հեռավորությունից նկարագրող գրաֆիկից:

Ինչպես երևում է նկ. 2.1.1-ից,  $r = r_0$  հեռավորությամբ դիրքը համակարգի կայուն հավասարակշռության դիրքն է, այսինքն՝  $F(r) = 0$ : Յետևաբար՝  $U'(r_0) = -F(r_0) = 0$ :  $r_0$  հեռավորությունում փոխազդեցության ուժը հավասարվում է զրոյի: Այսինքն՝ միայն  $r_0$  հեռավորության դեպքում են վանողության և ձգողության ուժերը միմյանց հավասարակշռում: Երբ  $r > r_0$ , ապա  $U'(r) > 0$ , ուստի  $F = -U'(r) < 0$ , այսինքն՝ փոխազդեցության ուժը ձգողական բնույթ

ունի:  $r < r_0$  դիրքերում  $U'(r) < 0$ ,  $F = -U'(r) > 0$ , այն է՝ փոխազդեցության ուժը վանողական բնույթի է: Երբ  $r > r_0$ , ձգողության ուժը գերազանցում է վանողության ուժը, իսկ երբ  $r < r_0$ , վանողության ուժն է գերազանցում ձգողության ուժը: Ուրեմն՝  $r_0$ -ից մեծ հեռավորության ունենում մոլեկուլները ձգում են իրար, իսկ փոքր հեռավորության ունենում՝ վանում:

2.1.1. «ԻՐԱԿԱՆ ԳԱՁԵՐ: ՎԱՆԴԵՐՎԱԱԼ ՍՅԱՆ ՈՒԺԵՐԻ ԲՆՈՒՅԹԸ»  
 ԹԵՄԱՅԻ ՈՒՍՈՒՑՄԱՆ ՄԵԹՈԴԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

Չափազանց ուշագրավ են չեզոք մասնիկների միջև համեմատաբար մեծ հեռավորության ունենում գործող փոխազդեցության ուժերը: Այդ ուժերը կոչվում են վանդերվաալսյան:

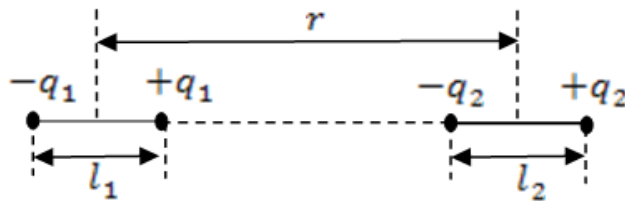
Վանդերվաալսյան ուժերը թույլ ձգողության ուժեր են, որոնք ունեն էլեկտրամագնիսական բնույթ: Դրանք պայմանավորված են մոլեկուլների կազմի մեջ մտնող ատոմների էլեկտրական լիցքերի (էլեկտրոն, ատոմի միջուկ) փոխազդեցությամբ. մի ատոմի էլեկտրոնների և մյուսի ատոմային միջուկի միջև գործում են ձգողության ուժեր:

Վանդերվաալսյան ուժերը կարևորվում են հատկապես մոլեկուլային բյուրեղներում և մեծ դեր ունեն հեղուկ և պինդ ագրեգատային վիճակների կազմավորման, կայունացման գործում: Վանդերվաալսյան ուժերը, ինչպես նշեցինք, ձգողական բնույթի են, ունեն գործողության փոքր՝  $r_0$ -ի կարգի շառավիղ և փոփոխվում են  $1/r^7$  օրենքով: Այսպիսով, միջատոմային և միջմոլեկուլային վանդերվաալսյան ուժերի շնորհիվ է, որ մոլեկուլները կապվում են միմյանց հետ՝ առաջացնելով հեղուկ և պինդ մարմիններ:

Վանդերվաալսյան ձգողության ուժերը երեք տեսակի են՝ կողմնորոշող, մակածման, դիսպերսային: Դրանք ունեն ընդհանուր հատկություն, այն է՝ երկու մոլեկուլների վանդերվաալսյան ձգողության ուժը հակադարձ համեմատական է նրանց միջև հեռավորության յոթերորդ աստիճանին՝  $F \sim 1/r^7$ :

Ինչպես գիտենք էլեկտրաստատիկ ձգողության (կոլլոնյան) ուժը հակադարձ համեմատական է հեռավորության քառակուսուն՝  $F \sim 1/r^2$ : Յետևաբար՝ վանդերվաալսյան փոխազդեցության ուժերը զգալի են միայն փոքր հեռավորությունների դեպքում:

Չանգենք երկու մոլեկուլների փոխազդեցության ուժի հակադարձ համեմատականությունը նրանց միջև հեռավորության յոթերորդ աստիճանից՝ դիտարկելով բևեռային և ոչ բևեռային մոլեկուլների փոխազդեցությունը: Բևեռային մոլեկուլն իր ստեղծած էլեկտրական դաշտով բևեռացնում է ոչ բևեռային մոլեկուլը (Նկ. 2.1.3):



Նկ. 2.1.3. Բևեռային մոլեկուլի էլեկտրական դաշտը բևեռացնում է ոչ բևեռային մոլեկուլը՝ այն վերածելով երկբևեռի:

Ակնհայտ է, որ այս դեպքում փոխազդեցության ուժը նրանց միջև ձգողական է, քանի որ միմյանց ավելի մոտ են տարանուն լիցքերը:

Առաջին երկբևեռն իր շուրջն ստեղծում է էլեկտրական դաշտ, որի լարվածությունը նշանակենք  $E_1$ -ով: Բևեռային մոլեկուլի ստեղծած էլեկտրական դաշտի ազդեցությամբ երկրորդ՝ ոչ բևեռային մոլեկուլը վերածվում է երկբևեռի և ձեռք է բերում  $\vec{p}_2$  երկբևեռային մոմենտ: Ինչպես հայտնի է [12], երկբևեռային մոմենտի  $p_2$  մոդուլը համեմատական է էլեկտրական դաշտի լարվածությանը՝  $p_2 \sim E_1$ : Չամեմատականությունն ից հավասարության անցնելու համար ներմուծվում է համեմատականության գործակից՝

$$\vec{p}_2 = \alpha \vec{E}_1,$$

որտեղ  $\alpha$ -ն մոլեկուլի բևեռացվելիությունն է: Բևեռացվելիությունը նյութի՝ էլեկտրական երկբևեռային մոմենտ ձեռք բերելու ֆիզիկական հատկությունն է (մոլեկուլներում լիցքի բաշխումը բնութագրվում է նրա բևեռացվելիության աստիճանով, որը որոշվում է երկբևեռային մոմենտով):



Արտաքին էլ եկտրական դաշտում էլ եկտրական երկբևեռն օժտված է պոտենցիալ էներգիայով: Երկրորդ երկբևեռի պոտենցիալ էներգիան կորոշվի հետևյալ բանաձևով [12]

$$U = -\vec{p}_2 \vec{E}_1,$$

որտեղից էլ հետևում է, որ  $U$ -ն համեմատական է լարվածության քառակուսուն՝

$$U \sim E_1^2:$$

Իրոք,  $p_2$  մակածված էլ եկտրական մոմենտը համեմատական է  $p_1$  երկբևեռի էլ եկտրական դաշտի լարվածությանը: Մյուս կողմից՝ էլ եկտրական դաշտի լարվածությունը հակադարձ համեմատական է  $r^3$ -ին: Չամադրելով ստացված առնչությունները՝  $p_2 \sim E_1 \sim 1/r^3$  կստանանք՝

$$U \sim \frac{1}{r^6} : \quad (2.1.2)$$

Այսպիսով, (2.1.1) և (2.1.2) բանաձևերից հետևում է, որ մակածված էլ եկտրական մոմենտով պայմանավորված ձգողության ուժը հակադարձ համեմատական է  $r^7$ -ին [9, 15, 16, 21, 102]:

### 1. Կողմնորոշող ուժեր

Բևեռային մոլեկուլների միջև գործող ձգողության ուժերը, որոնք պայմանավորված են հաստատուն երկբևեռների փոխազդեցությամբ, կոչվում են կողմնորոշող ուժեր: Կան այնպիսի նյութեր, որոնց մոլեկուլները երկբևեռներ են: Այդպիսի մոլեկուլները բևեռային մոլեկուլներ են (օրինակ՝ ջրի մոլեկուլը): Բևեռային մոլեկուլներն արտաքին էլ եկտրական դաշտում պտտվում են որոշակի անկյունով, ինչպես մագնիսական սլաքը՝ մագնիսական դաշտում: Բևեռային մոլեկուլներից մեկի ստեղծած էլ եկտրական դաշտում մյուս մոլեկուլը սկսում է պտտվել, և արդյունքում մոլեկուլները ձգտում են շրջվել միմյանց նկատմամբ տարանուն բևեռներով:

Երկբևեռային մոմենտների փոխազդեցությամբ էլ առաջանում է կողմնորոշող ձգողության ուժը: Մոլեկուլների ջերմային շարժումը խոչընդոտում է կողմնորոշող ձգողությունը, այսինքն՝ կողմնորոշող ձգողության ուժը պետք է կախված լինի

ջերմաստիճանից: Չափարկները ցույց են տալիս, որ այդ ուժի մոդուլը՝

$$|\vec{F}_{\text{ԳՅԱԿ}}| \sim \frac{p_e^4}{kT} \frac{1}{r^7},$$

որտեղ  $p_e$ -ն հաստատուն էլեկտրական երբևեռային մոմենտն է,  $r$ -ը՝ մոլեկուլների միջև հեռավորությունը,  $k$ -ն՝ Բոլցմանի հաստատունը,  $T$ -ն՝ բացարձակ ջերմաստիճանը [85]:

## 2. Մակածման ուժեր

Մակածման ձգողության ուժերն առաջանում են այն դեպքում, երբ իրական գազի չեզոք մոլեկուլը մեկ այլ մոլեկուլի ստեղծած էլեկտրական դաշտում է, ընդ որում երկու մոլեկուլներն էլ օժտված են բարձր բևեռացվելիությամբ: Երբ մոլեկուլները բավականաչափ մոտենում են իրար, երկրորդ մոլեկուլի էլեկտրական դաշտի ազդեցությամբ առաջին մոլեկուլում առաջանում է մակածված երբևեռային մոմենտ: Մակածման ուժի մոդուլը որոշվում է հետևյալ առնչությամբ՝

$$|\vec{F}_{\text{ԱՊ}}| \sim \alpha p_e^2 \frac{1}{r^7}:$$

## 3. Դիսպերսային ուժեր

Դիսպերսային ձգողության ուժը պայմանավորված է էլեկտրոնային ամպի ակնթարթային տեղաշարժով առաջացած երբևեռների ձգողությամբ: Դիտարկենք երկու ոչ բևեռային մոլեկուլներ: Երբ մոլեկուլները բավականաչափ մոտենում են իրար, առաջին մոլեկուլում էլեկտրոնների տատանումները կարող են առաջացնել երկրորդ մոլեկուլի էլեկտրոնների տատանումներ: Տատանվող էլեկտրոններն սկսում են ազդել միմյանց վրա, և եթե այդ տատանումները կատարվում են միևնույն փուլով, ապա նրանց միջև առաջանում է ռեզոնանսային բնույթի ձգողություն: Այսպիսի ձգողության հետևանքով առաջացած ուժերն ստացել են «դիսպերսային» անվանումը (նյութի միջով էլեկտրամագնիսական ալիքների անցման ժամանակ դիտված դիսպերսիայի երևույթի հետ կապված), որոնք մեծ դեր ունեն ոչ բևեռային մոլեկուլների փոխազդեցության դեպքում [85, 96]: Դիսպերսային փոխազդեցության ուժի մոդուլը՝

$$|\vec{F}_{\text{Nst}}| \sim \frac{e^4 h \nu_0}{k^2} \frac{1}{r^7},$$

որտեղ  $e$ -ն տարրական լիցքն է,  $h$ -ը՝ Պլանկի հաստատունը,  $\nu_0$ -ն՝ տատանումների հաճախությունը,  $k$  -ն՝ քվադրադապական ուժի գործակիցը:

Վանողության ուժերի բնույթը շատ ավելի բարդ է: Երբ ատոմները կամ մոլեկուլներն այնքան են մոտենում իրար, որ նրանց էլեկտրոնային թաղանթներն իրար ծածկում են, ի հայտ են գալիս նույնանուն լիցքերի միջև գործող էլեկտրաստատիկ, ինչպես նաև քվանտային բնույթի վանողության ուժեր: Ձգողական ուժերի համեմատությամբ, վանողական ուժերն ավելի մեծ չափով են կախված մոլեկուլների քիմիական բաղադրությունից և կառուցվածքից: Փոքր հեռավորություններում մոլեկուլների միջև գործող վանողության ուժերի պոտենցիալ էներգիան հաճախ ներկայացվում է  $U_H \sim 1/r^{12}$  տեսքով: Հաշվի առնելով վանդերվաալսյան ձգողության ուժերի ընդհանուր հատկությունը՝  $F_V \sim 1/r^7$ , նաև  $F(r)$  փոխազդեցության ուժի և  $U(r)$  փոխազդեցության պոտենցիալ էներգիայի կապն արտահայտող (2.1.1) բանաձևը՝  $U_V \sim 1/r^6$ , ընդունված է երկու մասնիկների փոխազդեցության պոտենցիալ այն էներգիան ներկայացնել հետևյալ բանաձևով՝

$$U(r) = \frac{a_1}{r^{12}} - \frac{a_2}{r^6},$$

որտեղ  $a_1$ -ը և  $a_2$ -ը դրական հաստատուն մեծություններ են, որոնք որոշվում են փորձից:

Այսպիսով, սովորողները ձեռք բերելով մասնիկների փոխազդեցության վերաբերյալ գիտական, համակողմանի և իմաստագեղ գիտելիքներ՝ խորապես պատկերացում կկազմեն մեզ շրջապատող աշխարհի նյութական հիմքի մասին:

## 2.2. «ՎԱՆ ԴԵՐ ՎԱՍԼՍԻ ՀԱՎԱՍԱՐՈՒՄԸ» ԹԵՄԱՅԻ ԴԱՍԱՎԱՆԴՄԱՆ ՄԵԹՈԴԻԿԱՆ

XI դասարանում «Ֆիզիկա» առարկայի նոր ուսուցանվող թեմաների թվին է պատկանում դժվար յուրացվող «Վան դեր Վաասի հավասարումը» թեման, որը նախորդի տրամաբանական

շարունակությունն է: Շարունակական և կառուցողական կրթությունը պահանջում է «Վան դեր Վալսի հավասարումը» թեմայի գիտամեթոդական հետազոտում և վերլուծություն, որը միտված է ուսուցման պրոցեսը մատչելի դարձնելուն: Աշակուսների արդյունքում վեր են հանվել «Վան դեր Վալսի հավասարումը» թեմայի դասավանդման մեթոդիկայի որոշ նրբություններ՝ հիմնվելով դասագրքում [12] այս թեմայի շարադրանքի վրա: Առաջին հերթին, ընդլայնվել և խորացվել են այնպիսի հարցադրումներ, ինչպիսիք են՝

1. իրական գազի վիճակի հավասարման  $a$  պարամետրի բնութագրի ճշգրտումները,
2. ներքին կամ մոլեկուլային ճնշման՝ ծավալի քառակուսուց հակադարձ համեմատական կախման բացատրությունը (աշակերտները հատկապես դժվար են հասկանում, թե ինչու՞ է  $\Delta p$  ուղղումը հակադարձ համեմատական ծավալի քառակուսուն),
3. Վան դեր Վալսի հավասարման  $a$  և  $b$  ուղղումների ճշգրտումները չափայնությունների վերլուծության կիրառմամբ,
4. Վան դեր Վալսի հավասարման մի քանի կիրառություն:

Վերոթվարկյալ հարցերին պատասխանելիս դժվարանում են նաև շատ ուսուցիչներ: Աշակերտների համար դժվար ըմբռնվող մոլեկուլային պրոցեսների և ֆիզիկական երևույթների դասավանդման ընթացքը պետք է ներառի մատչելի և բազմակողմանի բացատրություններ: Դասագրքում այս թեմայի շարադրանքը մանրամասնել և վերլուծել ենք Վան դեր Վալսի հավասարման ուղղումների վերաբերյալ ճշգրտումների և բացատրությունների միջոցով, հատկապես կանգ ենք առնել իրական գազի ճնշման որոշ մեթոդական նրբությունների վրա:

Թեմայի բացատրությունը դասագրքում սկսվում է իդեալական գազի հատկությունների շեղումների դիտարկումից, երբ միջմոլեկուլային փոխազդեցությունների հետևանքով, գազը, խտանալով՝ վերածվում է հեղուկի:

Իդեալական գազն իրական գազի պարզագույն ֆիզիկական մոդելն է, որի հիմքում դրված են մոլեկուլների այն հիմնական հատկությունները, որոնցով բացատրվում է իրական գազի վարքը:

Իդեալական գազը նկարագրվում է Կլապեյրոն-Մենդելեևի հավասարումով՝

$$pV = \nu RT:$$

Այս բանաձևում բացակայում են մոլեկուլների վերջավոր չափեր ունենալու հանգամանքը և նրանց միջև ձգողական փոխազդեցության գոյությունը, ուստի իդեալական գազի վիճակի հավասարումը չի կարող արտահայտել «գազ-հեղուկ» անցումը՝ գազի փոխակերպումը հեղուկի: Վանդերվաալսյան գազի մոդելի կարևորագույն հատկություններից է հենց «գազ-հեղուկ» ագրեգատային անցման հնարավորության բացատրությունը: Սա ևս մի հանգամանք է, որով պայմանավորվում և կարևորվում է «Իրական գազ» թեմայի խորացված ուսուցումը:

Իրական գազի վիճակի հավասարման արտածումը հիմնավորվում է մոլեկուլների փոխազդեցության հիմնական որակական առանձնահատկություններով: 1873 թվականին հոլանդացի ֆիզիկոս Յոհանես Դիդերիկ Վանդերվաալսը արտածել է իրական գազի վիճակի հավասարումը, որը հաշվի է առնում մոլեկուլների ծավալն ու դրանց միջև գործող փոխազդեցության ուժերը: Վանդերվաալսի հավասարումը մեկ մոլ նյութի քանակով իրական գազի համար տրվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$\left(p + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT, \quad (2.2.1)$$

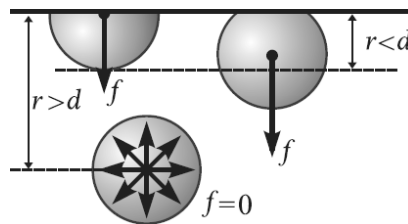
որտեղ  $V$ -ն մոլային ծավալն է (մեկ մոլ նյութի քանակով գազի ծավալը):

Այս հավասարման արտածումը դասագրքում սկսվում է մոլեկուլների վերջավոր չափեր ունենալու հանգամանքի հաշվառմամբ: Համեմատության մեջ են դրվում իդեալական գազի  $V$  և իրական գազի  $V'$  ծավալները: Իրական գազի ծավալն իդեալական գազի (անոթի) ծավալից փոքր է որոշակի  $b$  մեծությամբ, որը հետևանք է այն բանի, որ մոլեկուլները համարվում են  $d$  տրամագծով կոշտ գնդեր, որոնք ունեն վերջավոր սեփական ծավալ: Իրական գազի ծավալը հավասար է  $V' = V - b$  «ազատ» ծավալին, որտեղ գազի մոլեկուլները շարժվում են:  $b$  մեծությունը կախված է մոլեկուլների թվից, չափերից, ձևից:  $b$ -ն հավասար է բոլոր մոլեկուլների սեփական ծավալի քառապատիկին՝  $b = 4V_0N$ : Բանաձևի

արտածման ընթացքը շարունակվում է՝ իդեալական գազի վիճակի հավասարման մեջ  $V$  ծավալից անցում կատարելով  $V'$ -ին՝

$$p = \frac{RT}{V-b} \quad (2.2.2)$$

Այնուհետև հաշվի է առնվում մոլեկուլների միջև ձգողության ուժերի ազդեցությունը գազի ճնշման վրա: Իդեալական գազի ճնշման հետ համեմատության արդյունքում բացատրվում է, որ իրական գազի ճնշումն անոթի պատին փոքրանում է այն ճնշման նկատմամբ, որը գոյություն կունենար անոթում մոլեկուլների միջև ձգողության բացակայության դեպքում: Ընդ որում, ճնշման  $\Delta p$  նվազումը համեմատական է ինչպես պատին հարող մոլեկուլի տրամագծի հաստությամբ գազի շերտում մոլեկուլների կոնցենտրացիային [68], այնպես էլ այդ շերտին մոտակա ներսի շերտում գազի մոլեկուլների կոնցենտրացիային, քանի որ հենց այս վերջին շերտի մոլեկուլներից ազդող ձգողության ուժերն են (նկ. 2.2.1) թուլացնում պատին հարվածող մոլեկուլների ճնշման ուժը, հետևաբար՝ նաև ճնշումը [25, 45, 64]:



Նկ. 2.2.1. Անոթի պատից հեռու ( $r > d$ ) և պատին մոտ տիրույթում ( $r \leq d$ ) մոլեկուլի վրա ազդող ուժերի համագործը:

Հետևաբար՝ ճնշման  $\Delta p$  նվազումը համեմատական է  $n^2$ -ուն: Եվ քանի որ  $n = N/V$ , ապա  $\Delta p \sim 1/V^2$ , այսինքն՝

$$\Delta p = \frac{a}{V^2}, \quad (2.2.3)$$

որտեղ  $a$  մեծությունը բնութագրում է մոլեկուլների փոխազդեցությունը և կախված է, մասնավորապես, գազի տեսակից:  $\Delta p$ -ն անվանում են ներքին կամ մոլեկուլային ճնշում:

(2.2.3) առնչությունը կարող ենք հանգեցնել՝ նաև դատելով փոքր-ինչ այլ կերպ:

Գազի ճնշման  $\Delta p$  նվազումը, ինչպես վերը նշեցինք, պայմանավորված է մոլեկուլների փոխադարձ ձգողությամբ: Այդ ձգողության հետևանքով մոլեկուլները ձգտում են հավաքվել մեկտեղ՝ դրանով իսկ նվազեցնելով այն ճնշումը, որը նրանք ստեղծում են անոթի պատին: Պատին մոտեցող մոլեկուլի վրա ազդում է դեպի անոթի խորքն ուղղված համազոր ձգողության ուժ: Ուստի մոլեկուլը պատին բախվում է ոչ այնքան ուժգին, ինչպես կբախվեր, եթե չլիներ մոլեկուլների փոխադարձ ձգողության ուժերը: Յետևաբար՝ իրական գազի մոլեկուլների՝ պատին գործադրած ճնշումը կլինի ավելի փոքր, քան իդեալական գազի մոլեկուլներինը: Պատին մոտեցող մոլեկուլների թիվը, որոնք նաև ձգվում են դեպի անոթի ներսը, համեմատական է մոլեկուլների  $n$  կոնցենտրացիային՝

$$n = \frac{N_A}{V},$$

որտեղ  $N_A$ -ն Ավոգադրոյի հաստատունն է,  $V$ -ն՝ գազի մոլային ծավալը:

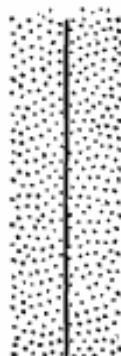
Այն մոլեկուլների թիվը, որոնք անոթի ներսից ձգվում են պատին մոտեցող մոլեկուլները, նույնպես համեմատական է  $n$ -ին: Ուստի ճնշման  $\Delta p$  նվազումը պետք է համեմատական լինի  $n^2$ -ուն, այսինքն՝  $\Delta p \sim 1/V^2$ :

Այսպիսով, հաշվի առնելով (2.2.3) առնչությամբ արտահայտվող ներքին ճնշումը, (2.2.2) բանաձևի փոխարեն կունենանք՝

$$P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V^2},$$

որտեղից էլ հետևում է (2.2.1) հավասարումը:

Վան դեր Վաալսի հավասարմանը կարող ենք հանգել նաև գազի ներքին ճնշման հասկացության հաշվառմամբ: Այս նպատակով գազը մտովի, երևակայական հարթությամբ տրոհենք երկու մասի և դիտարկենք այդ հարթությանը երկու կողմից հարող գազի շերտերը (նկ. 2.2.2):



Նկ. 2.2.2. Գազը մտովի, երևակայ ական հարթությամբ, տրոհված է երկու մասի:

Ակներև է, որ շերտերի փոխադարձ ձգողության ուժը (որով պայմանավորված է երևակայ ական հարթության վրագազի գործադրած ճնշումը՝ գազի ներքին ճնշումը) համեմատական է շերտերից յուրաքանչյուրում մոլեկուլների թվին, այսինքն՝ գազի մոլեկուլների թվի քառակուսուն: Բայց գազի մոլեկուլների թիվը համեմատական է գազի կոնցենտրացիային: Յետևաբար՝ ներքին ճնշումը հակադարձ համեմատական է ծավալի քառակուսուն: Քանի որ պատին գազի ճնշումը նվազում է ներքին ճնշման չափով, ուրեմն, ճնշման  $\Delta p$  նվազումը որոշվում է (2.2.3) բանաձևով, և կրկին հանգում ենք (2.2.1) հավասարմանը:

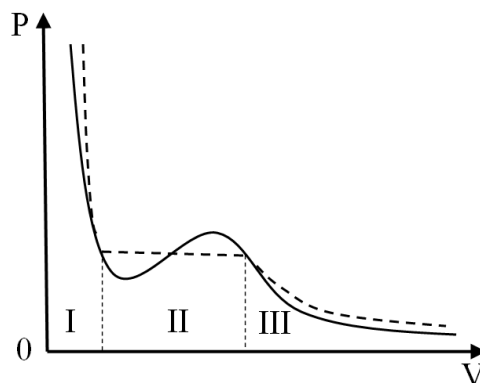
Նշենք, որ վան դեր Վաալսի հավասարման  $a$  և  $b$  ուղղումները յուրաքանչյուր գազի համար որոշվում են փորձնական ճանապարհով:

$\nu$  մոլ նյութի քանակով գազի համար վան դեր Վաալսի հավասարումն ունի հետևյալ տեսքը.

$$\left(p + \nu^2 \frac{a}{V^2}\right)(V - \nu b) = \nu RT, \quad (2.2.4)$$

որտեղ  $V$ -ն արդեն  $\nu$  մոլ նյութի քանակով գազի զբաղեցրած ծավալն է: (2.2.4) հավասարումը ստացվում է (2.2.1) հավասարումից՝  $V$  ծավալի փոխարեն տեղադրելով  $V/\nu$  արտահայտությունը:

Վան դեր Վաալսի հավասարումը որակապես ճիշտ է նկարագրում նյութի վիճակի՝ հեղուկից՝ գազի (գոլորշու) և հակառակ փոխակերպման պրոցեսները (Նկ. 2.2.3):





Նկ. 2.2.3. Վանդերվաալ սյան գազի և իրական գազի իզոթերմերը:

Նկ. 2.2.3-ում հոծ գիծը համապատասխանում է վանդերվաալ սյան գազի իզոթերմին, իսկ կետագիծը՝ իրական գազի (չհագեցած գոլորշու) իզոթերմին: Տեսնում ենք, որ I և III տեղամասերում իզոթերմերը գործնականում համընկնում են: I տեղամասը համապատասխանում է հեղուկ վիճակին, III տեղամասը՝ գազային վիճակին, իսկ II տեղամասի հորիզոնական մասը՝ «հեղուկ + հագեցած գոլորշի» վիճակին: Վանդերվաալ սյան իզոթերմերի միջոցով մանրագնին հետազոտել ենք գազի հատկությունները, որի մեթոդաբանությունը կներկայացվի հաջորդիվ:

**Վանդեր Վաալսի հավասարման  $a$  և  $b$  ուղղումների ճշգրտումները չափայնությունների վերլուծության կիրառմամբ:**

Մոլեկուլների փոխազդեցության հիմնական որակական առանձնահատկությունների ֆիզիկական իմաստավորումը հեշտ է հասկանալ նաև՝ ելնելով չափայնության մեկնաբանությունից: Ֆիզիկական մեծության կարևորագույն բնութագրերից մեկը նրա չափայնությունն է: Չափայնությունների վերլուծությունը պատկանում է ֆիզիկայի հիմնարար սկզբունքների թվին, որոնք առաջին հերթին մատչելիության էական գործոն են արդյունավետ ուսուցում կազմակերպելու համար: Ֆիզիկայի հիմնարար սկզբունքները համընդհանուր բնույթ են կրում ֆիզիկայի դասընթացի բոլոր բաժինների համար և, հատկապես, լայնորեն կիրառվում են դժվար յուրացվող թեմաների ուսուցման համակարգում: Ֆիզիկայի հիմնարար սկզբունքներն արդյունք են գիտության երկարատև դիպեկտիկական զարգացման: Դրանք հիմնավորվել են կուտակված հարուստ փորձերի և ուսումնասիրությունների վերլուծությունների արդյունքում:

Ինչպես ֆիզիկական բոլոր մեծությունները, այնպես էլ  $a$  և  $b$  ուղղումները չափվում են որոշակի միավորներով կամ, ինչպես ընդունված է ասել, օժտված են չափայնությամբ: Հատկապես, դասնիրաժեշտ է հաշվի առնել ֆիզիկական մեծություններով մաթեմատիկական գործողություններ կատարելիս. գործողությունները տարածվում են նաև ֆիզիկական մեծությունների չափայնությունների վրա: Որևէ երկու ֆիզիկական մեծությունների հանրահաշվական գումարը հնարավոր

Է միայն այն դեպքում, երբ նրանց չափայնությունները նույնն են: Գործողությունների սկզբում ստուգվում է ֆիզիկական մեծությունները կապող առնչության աջ և ձախ մասերի չափայնությունների նույնական լինելը [9]: Այնուհետև, համեմատվում է առնչության աջ և ձախ մասերի չափայնությունները և բացահայտվում առնչության ճիշտ կամ սխալ լինելը: Սակայն չափայնությունների վերլուծությունը միայն բանաձևերի ճշտությունն ստուգող միջոց է: Գիտության մեջ այն կիրառվում է մի շարք երևույթներում ֆիզիկական մեծությունների միջև առնչություններ ստանալու համար՝ պարզ և հասկանալի քայլերով [42, 43, 46, 65, 66, 88, 101, 113, 116-119]:

Հիրավի,  $\nu$  մոլային քանակով գազի համար Վան դեր Վաալսի հավասարումից (2.2.4) հետևում է, որ  $[p] = [\nu^2] \frac{[a]}{[V^2]}$ : Այսինքն՝  $\nu^2 \frac{a}{V^2}$

անդամն ունի ճնշման չափայնություն և  $a$  պարամետրը նկարագրում է մոլեկուլների միջև գործող ձգողական ուժերը: Յանգուևորեն,

$$\text{նրամիավորն է՝ } [a] = \frac{[p][V^2]}{[\nu^2]} = \frac{\text{ՃԻ} \cdot \text{ՄՂ}^2}{\text{ՄՓՂ}^2} = \frac{\text{Ե} \cdot \text{ՄՂ}^2}{\text{ՄՓՂ}^2} = \frac{\text{Մ} \cdot \text{ՄՂ}^2}{\text{Ո}^2 \cdot \text{ՄՓՂ}^2}:$$

Այժմ միևնույն դատողությունները կատարենք  $b$  ուղղման նկատմամբ: Հիմք վերցնելով (2.2.4) բանաձևը՝ կստանանք  $[b] = \frac{[V]}{[\nu]} = \frac{\text{ՄՂ}}{\text{ՄՓՂ}}$ :

$b$  պարամետրը բնութագրում է մոլեկուլների միջև վանողական փոխազդեցությունը, որի արդյունքում ձևավորվում է իրական գազի ծավալը:

Չափայնության վերլուծության սկզբունքն ունի մեծ ուղղվածություն: Այն իր մեջ ներառում է «ֆիզիկա» գիտության տարրերի ուսուցում, գիտելիքների համակարգում, տրամաբանական և պատճառահետևանքային կապերի բացահայտում, ճկուն մտածելակերպի ձևավորում: Ի տարբերություն նախկինում գործող ֆիզիկայի դասագրքերի, վերջինս ցայտուն կիրառված է այժմյան գործող ֆիզիկայի դպրոցական դասագրքերում [7, 11- 13]:

Ֆիզիկայի ուսուցման արոցեսի կատարելագործումը հիմնվում է մի շարք հիմնասյուների վրա, որոնց թվում են ժամանակակից տեխնոլոգիաները, հարուստ մանկավարժական փորձը, արդի

մեթոդները, ֆիզիկոսների գիտական և մեթոդական աշխատանքների ուսումնասիրությունները: Այս հիմնասյուների շարքում իրենց արժեքավոր դերակատարումն ունեն ֆիզիկայի հիմնարար սկզբունքներն: Ֆիզիկայի տեսություն մեթոդաբանության մշակման պարագայում արժեքավորվում են նաև համաչափության և հարաբերականության սկզբունքները: Մեզ շրջապատող նյութական աշխարհի ցանկացած ֆիզիկական օբյեկտ պարունակում է համաչափության և անհամաչափության տարրեր: Համաչափությունն իր մեջ ընդգրկում է նյութական օբյեկտների միատեսակությունը, համամասնությունը և ներդաշնակությունը [17]: Սովորաբար, գեղեցիկ են համարվում այն առարկաները, որոնք օժտված են վերը թվարկված հատկություններով: Դա է պատճառը, որ գեղեցկությունն հասկացությունը սերտկապված է համաչափության հասկացության հետ: Մարդկային բնությանը հատուկ է կյանքի կոչել իր ստեղծագործությունները՝ համաչափության տեսք տալով: Երկրաչափական համաչափությամբ օժտված են բազմաթիվ առարկաներ, որոնք շրջապատում են մեզ առօրյա կյանքում (գնդակներ, գնդաձև մարմիններ, կառույցներ, քանդակներ, արձաններ, կենցաղային առարկաներ և այլն): Համաչափությունն առկա է արվեստի տարբեր բնագավառներում՝ գեղանկարչության, երաժշտության, պոեզիայի, պարի մեջ: Գիտականաները սկսեցին լրջորեն ուսումնասիրել համաչափության խնդիրները միայն XIX դարում, երբ սկիզբ դրվեց «Բյուրեղագրություն» գիտությանը: Վերջինս ուսումնասիրում է առավել համաչափ օբյեկտների՝ բյուրեղների համաչափությունը, հատկությունները, կառուցվածքը: Պատմականորեն համաչափության սկզբունքը ֆիզիկայում ներդրվել է հնագույն ժամանակներից: Այն կիրառվել է Գալիլեյի, Պուանկարեի, Լորենցի, Այնշտայնի տեսություններում: Դեռ Պլատոնն է նկատել, որ չորս տարրերների՝ կրակի, ջրի, հողի և օդի ատոմները երկրաչափորեն համաչափ են: Թեև այսօր Պլատոնի «Ատոմային ֆիզիկա» տեսությունը թերարժեք է համարվում, սակայն համաչափության սկզբունքը ներդրված այդ տեսության հիմքում երկու հազարամյակ է, որ դասվում է ժամանակակից ատոմային ֆիզիկայի հիմնարար սկզբունքների թվին: Միայն 1918թ. գերմանացի մաթեմատիկոս Էմմի Նոթերն ապացուցեց այն հիմնարար թեորեմը, որը խիստ գիտական կապ է հաստատում համաչափության և բնության օրենքների միջև:

Այս պիսով, «Ֆիզիկա» գիտության մեջ համաչափությունն իր ուրույն տեղն է գտել: Օբյեկտը համարվում է համաչափ, եթե այն ուրոշակի փոփոխությունների պայմաններում մնում է անփոփոխ, ինվարիանտ: Ֆիզիկական համակարգերը բնութագրող օրենքների մաթեմատիկական դրսևորումները՝ բանաձևերն արտացոլում են համաչափության հատկությունը: Օրինակ՝ դիտարկենք համաչափությունը պահպանման օրենքներում: Էներգիայի պահպանման օրենքի հիմքում ժամանակի համասեռությունն է, իսկ իմպուլսի պահպանման օրենքի հիմքում տարածության բոլոր կետերի հավասարազորությունն է: Ժամանակը համաչափ է հաշվարկման սկզբի նկատմամբ: Իմպուլսի մոմենտի պահպանման օրենքն էլ նույն է տարածության իզոտրոպությունից: Ժամանակակից ֆիզիկայում հայտնաբերված է համաչափության օրենքների հիերարխիա: Նշանավոր ֆրանսիացի գիտնական Մարի Կյուրիին գրել է՝ «Համաչափության սկզբունքը հանդիսանում է այն մեծագույն սկզբունքներից մեկը, որն իշխում է ֆիզիկայում», իսկ համաչափության սկզբունքի պատճառահետևանքային կապերի ընդհանուր և ամբողջական բնութագրի ձևակերպումը պատկանում է ֆրանսիացի ականավոր ֆիզիկոս Պիեր Կյուրիին (1890թ.): Ըստ նրա՝ համաչափության գաղափարներ են.

1. Երբ ինչ-որ պատճառներ առաջացնում են ուրոշակի հետևանքներ, ապա պատճառների համաչափության տարրերը պետք է հայտնաբերվեն այդ արդյունքներում: Պատճառների համաչափությունն ենթադրում է համաչափության անխուսափելի արտացոլումը հետևանքներում:
2. Երբ արդյունքները ցուցաբերում են ուրոշակի անհամաչափություն, ապա այդ անհամաչափությունը պետք է նաև արտահայտվի իրենց առաջացնող պատճառներում: Հետևանքի անհամաչափությունն իր հիմքում կրում է պատճառի անհամաչափությունը:
3. Այս դրույթներին հակադարձող դրույթները, որպես կանոն, ճիշտ չեն:

Համաչափության դերն ավելի ու ժողանում է բնության նուրբ և խոր երևույթների ուսումնասիրությանն անցնելիս: Այս շերտերում համաչափության սկզբունքը հաճախ մնում է այն միակ զենքը, որը խթանում է գիտության առաջընթացը:

Անդրադառնանք մյուս ուշագրավ՝ հարաբերականության սկզբունքին:

Հարաբերականության սկզբունքը հիմնարար և հեղափոխական սկզբունքներից է ֆիզիկայի դասընթացում: Նրա կիրառությունը գրանցվել է դեռևս հնագույն ժամանակներից: Սկսած Արիստոտելի ժամանակներից՝ անտիկ մտածողները հակասությունների մեջ են եղել շարժման հարաբերականության հարցերի շուրջ:

Հարաբերականության տեսության վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ այդ տեսության հիմքում ընկած է ֆիզիկական օրենքների համաչափությունը: Հարաբերականության սկզբունքը հատուկ պահանջ է ներկայացնում ֆիզիկական օրենքների ձևակերպմանը:

Յուրաքանչյուր սկզբունք գիտելիքների հաղորդման արդյունավետ մեթոդ է: Հանդիսանալով ունիվերսալ գործիքների համախումբ՝ ֆիզիկայի հիմնարար սկզբունքներն արմատական դեր ունեն ոչ միայն սովորողների, այլ նաև դասավանդող ուսուցիչների համար՝ ֆիզիկա առարկան ընթռնելու և գործնականում կիրառելու համար: Գիտության արդի պահանջներին բավարարող դասավանդման մեթոդների որոնումը դասավանդողին պարտադրում է ուսուցման մեթոդների և սկզբունքների տեսական հիմնավորումների իմացություն:

Անհրաժեշտ է, որ ուսուցիչը պատկերացում ունենա գիտական ճանաչման մակարդակների, մեթոդների, ձևերի մասին, տեղեկանատվյալ առարկայի զարգացմանն ուղղված դիտարկումների, գիտափորձերի, չափումների արդյունքում բացահայտված ընդհանուր դրույթների մասին, իմանա ֆիզիկական հասկացությունների և մեծությունների սահմանումների տեսակները, գիտակցի ֆիզիկայի սկզբունքների փիլիսոփայական նշանակությունը [23, 36, 56]:

### 2.2.1. ՎԱՆ ԴԵՐ ՎԱԱԼ ՍԻ ՀԱՎԱՍԱՐՄԱՆ ՄԻ ՔԱՆԻ ՀԵՏԵՎՈՒԹՅՈՒՆ ԵՎ ԿԻՐԱՌՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

Ինչպես հայտնի է, 11-րդ դասարանի ֆիզիկայի պարտադիր դասընթացում իդեալական գազի ջերմունակությունը ներկայացվում է որպես մի մեծություն, որը բնութագրում է գազի ջերմային հատկությունները՝ տվյալ ջերմապրոցեսում:





կատանանք՝

$$k = \frac{1,37 \cdot 10^5}{(22,4)^2 \cdot 10^5} = 0,0027:$$

Յետևաբար՝  $C_p - C_v$  տարբերությունն իրական գազերի դեպքում ստանում է փոքր՝  $\Delta = kR$  ուղղում, այսինքն՝  $C_p - C_v = R + \Delta$ , որտեղ  $\Delta \ll R$ :

Յեղուկ և պինդ մարմինների դեպքում  $C_p - C_v$  տարբերությունը հիմնականում պայմանավորված է այն աշխատանքով, որը ծախսվում է մարմնի ներքին էներգիայի փոփոխության համար՝ նրա իզոբար ընդարձակման կամ սեղմման ժամանակ:

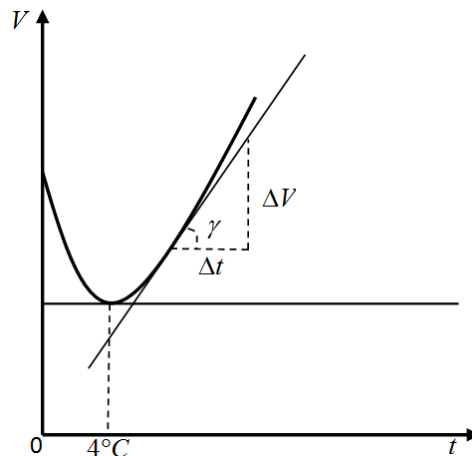
Դիտարկենք  $C_p - C_v$  տարբերությունը ջրի համար:

Ինչպես հայտնի է,  $0^\circ\text{C}$ -ից մինչև  $4^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանների միջակայքում, տաքացնելիս ջրի ծավալը փոքրանում է և  $t = 4^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանում հասնում իր նվազագույն արժեքին: Չափարկների համաձայն՝

$$C_p - C_v = \frac{RT}{(V-b)} \left( \frac{\Delta V}{\Delta T} \right)_p:$$

Գրաֆիկից (նկ. 2.2.4) կատարվում է հետևյալ եզրահանգումը.

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{\Delta V}{\Delta T} = \text{tg}\gamma:$$



Նկ. 2.2.4. Ջրի ծավալի կախվածությունը ջերմաստիճանից:

Ուստի՝  $t = 4^\circ\text{C}$  -ում  $\text{tg}\gamma = 0$ , և  $C_p = C_v$ :

Տիզիկամաթեմատիկական ուղղությամբ արոֆիլային դարոցներում (նաև խորացված հոսքերում) ինտեգրված



դասավանդում իրականացնելու համար անհրաժեշտ է ֆիզիկայի դասընթացը հարստացնել իրական գազերի նկարագրման մեկ այլ հավասարմամբ՝ Դիտերիչիի հավասարմամբ, որի ուսուցման մեթոդաբանությունը կհաջորդի վիճակագրական ֆիզիկայի կարևոր օրենքներից մեկի՝ Բոլցմանի բաշխման օրենքի դասավանդման մեթոդիկայի ներկայացմանը:

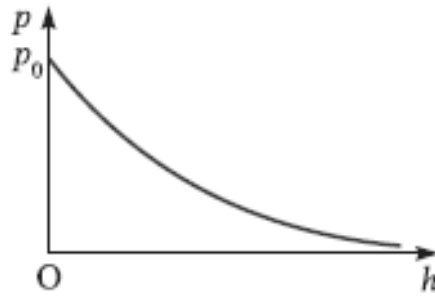
### 2.3. «ԲՈԼՑՄԱՆԻ ԲԱՇԽՈՒՄԸ» ԹԵՄԱՅԻ ԴԱՍԱՎԱՆԴՄԱՆ ՄԵԹՈԴԻԿԱՆ

Բոլցմանի բաշխման օրենքը, որը վիճակագրական ֆիզիկայի կարևորագույն օրենքներից է, հայտնագործել է ավստրիացի ականավոր ֆիզիկոս Լյուդվիգ Բոլցմանը 1868-1871 թթ.: Այն հիմնարար օրենք է՝ օժտված համընդհանրությամբ, որն էլ կարևորում է նրագիտական, մեթոդաբանական և գործնական բացառիկ նշանակությունը: Բնագիտամաթեմատիկական հոսքի XI դասարանի ֆիզիկայի խորացված դասընթացի «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնում ընդգրկված է «Մթնոլորտային ճնշման կախումը բարձրությունից: Բարոմետրական բանաձև» թեման: Այն արտացոլում է աշխարհի նյութականությունն և շրջակա միջավայրում ընթացող ֆիզիկական երևույթները: Խորացված թեմաների մատչելի և դյուրին մատուցումից է բխում աշակերտների տրամադրվածությունը դեպի այդ թեմաների արդյունավետ ուսուցումը:

Բոլցմանի բաշխման օրենքն ընկած է դասական մոլեկուլային երևույթների բացատրման և հիմնարար նկարագրման հիմքում: Այն բնութագրում է մոլեկուլների բաշխումն ըստ կոորդինատների, երբ յուրաքանչյուր մոլեկուլի վրա ազդում է արտաքին ուժ: Բոլցմանի բաշխումը հավասարակշիռ բաշխում է, հետևաբար այն վերաբերվում է հավասարակշիռ վիճակում գտնվող գազին: Իդեալական գազի ճնշման կախումը բարձրությունից ծանրության ուժի դաշտում արտահայտվում է

$$p = p_0 e^{-\frac{mgh}{k_B T}}$$

բարոմետրական բանաձևով (նկ 2.3.1):



Նկ. 2.3.1. Իդեալ ական գազի ճնշման կախումը բարձրության հից:

Բարոմետրական բանաձևի և իդեալ ական գազի վիճակի հավասարման միջոցով որոշվում է մթնոլորտում մոլեկուլների կոնցենտրացիայի (մոլեկուլների թիվը միավոր ծավալում) փոփոխությունը կախված երկրի մակերևույթից ունեցած բարձրությունից՝ հաշվի առնելով այն պայմանը, որ յուրաքանչյուր մոլեկուլի վրա ազդում է ծանրության ուժ [12]:

Այսպիսով՝ Բոլցմանի բաշխումը նկարագրում է մոլեկուլների հավասարակշիռ բաշխումն արտաքին արտենցիալ ային ուժի դաշտում: Մասնավորապես, ծանրության ուժի դաշտում այն ներկայացվում է

$$n = n_0 e^{-\frac{mgh}{k_B T}} \quad (2.3.1)$$

բանաձևով, որտեղ  $n_0$ -ն և  $n$ -ն օդի մոլեկուլների կոնցենտրացիաներն են, համապատասխանաբար,  $h=0$  և  $h$  բարձրություններում,  $e \approx 2,72$ -ը բնական լոգարիթմների հիմքն է:

(2.3.1) բանաձևը նկարագրում է մթնոլորտում մոլեկուլների կոնցենտրացիայի (միավոր ծավալում մոլեկուլների թվի) փոփոխությունը՝ կախված երկրի մակերևույթից ունեցած բարձրությունից՝ հաշվի առնելով, որ յուրաքանչյուր մոլեկուլի վրա ազդում է ծանրության ուժ: (2.3.1) բանաձևը ցույց է տալիս, որ մոլեկուլների կոնցենտրացիայի կախումը նրանց արտենցիալ էներգիայից արտահայտվում է ցուցչային (էքսպոնենցիալ) նվազող օրենքով: Բանաձևից երևում է, որ մոլեկուլների կոնցենտրացիան առավելագույնն է այնտեղ, որտեղ նրանց արտենցիալ էներգիան նվազագույնն է:

Բոլցմանը ծանրության ուժի համար ստացված այս մասնավոր բանաձևին տվել է համընդհանուր բնույթ: Նկատելով, որ (2.3.1)

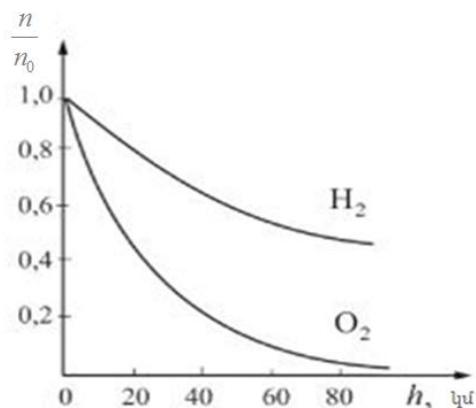
բանաձևում  $mgh$  մեծությունը ծանրության ուժի դաշտում մոլեկուլի պոտենցիալ էներգիան է երկրի մակերևույթից  $h$  բարձրությունում, Բոլցման  $mgh$  պոտենցիալ էներգիան նշանակել է  $U$ -ով՝  $U = mgh$  և (2.3.1) բանաձևն ընդհանրացրել կամայական պոտենցիալ ային ուժային դաշտում մոլեկուլների (մասնիկների)՝ ըստ պոտենցիալ էներգիաների բաշխման համար, ներկայացնելով այն

$$n = n_0 e^{-\frac{U}{k_B T}} \quad (2.3.2)$$

տեսքով: Բոլցմանն ընդհանրացրեց այս բանաձևը. ընդ որում, նա ընդունում էր, որ  $U$ -ն պոտենցիալ էներգիան է, պայմանավորված ոչ միայն ծանրության ուժով, նաև տարբեր այլ պոտենցիալ ային ուժերով: (2.3.2) բանաձևից հետևում է, որ մոլեկուլների կոնցենտրացիաների հարաբերությունը  $U_1$  և  $U_2$  պոտենցիալ էներգիաներով երկու տարբեր մակարդակներում՝

$$\frac{n_1}{n_2} = e^{-\frac{U_1 - U_2}{k_B T}} : \quad (2.3.3)$$

Նկ. 2.3.2-ում պատկերված է երկու գազերի՝ ջրածնի ( $H_2$ ) և թթվածնի ( $O_2$ ) հարաբերական ( $h=0$  մակարդակի նկատմամբ) կոնցենտրացիաների կախումը  $h$  բարձրությունից: Գրաֆիկներից նկատելի է, որ ծանր մոլեկուլների թիվը բարձրությունից կախված նվազում է ավելի արագ, քան թեթևներիինը:



Նկ 2.3.2. Ջրածնի և թթվածնի կոնցենտրացիաները բարձրությունից կախված նվազում են էքսպոնենցիալ օրենքով:

Պոտենցիալ էներգիայի մեծացումը կապված է ինչ-որ ուժերի դեմ աշխատանք կատարելու հետ: Օրինակ, ծանրության ուժի դաշտում պոտենցիալ էներգիայի մեծացումը  $mgh$  արժեքի չափով, նշանակում է  $A$  աշխատանքի կատարում  $mg$  ծանրության ուժի դեմ  $h$  տեղափոխության վրա [69].

$$mgh = A:$$

Յետևաբար՝ Բոլցմանի բաշխումը կարելի է ներկայացնել նաև հետևյալ տեսքով՝

$$n = n_0 e^{-\frac{A}{k_B T}}:$$

$A$  մեծությունն այն աշխատանքն է, որն անհրաժեշտ է տարածության  $n_0$  կոնցենտրացիայով տիրույթից  $n$  կոնցենտրացիայով տիրույթ մոլեկուլի տեղափոխման համար: Այսպիսի մեկնաբանմամբ՝ Բոլցմանի բաշխման օրենքը լայնորեն կիրառվում է ժամանակակից ֆիզիկայում:

Սույն պարագրաֆի նպատակն է՝ ցույց տալ այս համընդհանրական օրենքի բազմազան կիրառությունները տարբեր ֆիզիկական երևույթներում:

Բոլցմանի բաշխման օրենքը լայնորեն կիրառվում է ժամանակակից ֆիզիկայում: Իրոք, այս օրենքի հսկայական նշանակությունը նկատելի է նրա բազմազան կիրառություններում. գոլորշիացում, ջերմային իոնացում, քիմիական կինետիկա, կաթոդից էլեկտրոնների առաքման երևույթ, Ավոգադրոյի հաստատունի որոշման Պեռենի փորձը, իրական գազերի վիճակի հավասարում և այլն: Սովորողները հասկանում են, որ «Մթնոլորտային ճնշման կախումը բարձրությունից: Բարոմետրական բանաձև» թեմայում Բոլցմանի բաշխման օրենքի ուսուցումն ինքնանպատակ չէ: Սովորելով այն՝ նրանք նաև ձեռք են բերում այնպիսի գիտելիքներ, որոնց միջոցով հասկանալի է դառնում զանազան ֆիզիկական երևույթների նկարագրություններն ըստ Բոլցմանի բաշխման օրենքի:

Ընդհանրացնելով վերը նշվածը՝ կարելի է գալ այն համոզման, որ XI դասարանի բնագիտամաթեմատիկական հոսքի ֆիզիկայի խորացված դասընթացում «Բոլցմանի բաշխում» թեմայի ներառումը նպաստում է աշակերտների գիտելիքների համակարգմանը,

ամբողջացմանը և զարգացմանը: Տվյալ թեմայի խոր ուսուցումը և բազմակողմանի ուսումնասիրությունն ապահովում են աշակերտների՝ տրամաբանված դատողություններ կատարելու, տարբեր ֆիզիկական երևույթներում պատճառահետևանքային կապերի հայտնաբերման հմտության և վերլուծական մտածողության զարգացումը:

Այժմ պարզենք, թե ինչու<sup>օ</sup> է հարկավոր իմանալ մոլեկուլների բաշխումն ըստ էներգիաների: Չե<sup>օ</sup> որ գազի այնպիսի կարևոր բնութագրեր, ինչպիսիք են անոթի պատերին գազի ճնշումը, ջերմունակությունը, ներքին էներգիան, որոշվում են միջինացված մեծություններով (օրինակ՝ միջին արագություններով, միջին կինետիկ էներգիայով), որոնցով օժտված է մոլեկուլների մեծ մասը: Յետևաբար՝ բնական կասկածանք է առաջանում աշակերտների մեջ. իսկ ինչու<sup>օ</sup> է անհրաժեշտ իմանալ, թե, օրինակ, մոլեկուլների ամբողջ թվի ո՞ր մասն են կազմում այն մոլեկուլները, որոնց կինետիկ էներգիան մեծ է, օրինակ,  $17k_B T$  արժեքից (նշենք, որ այնպիսի էներգիայով մոլեկուլները կազմում են գազի մոլեկուլների մոտավորապես 0,00001%-ը):

Ստորև կտեսնենք, որ կան շատ երևույթներ, որոնցում կարևոր է իմանալ մոլեկուլների բաշխումն ըստ էներգիաների:

**Քիմիական ռեակցիայի արագությունը:** Ինչպե՞ս են տեղի ունենում քիմիական ռեակցիաները: Բնականաբար, մոլեկուլների բաշխումների շնորհիվ: Բայց ոչ բոլոր բաշխումներն են, որ կարող են սկիզբ դնել քիմիական ռեակցիայի: Դրա համար անհրաժեշտ է, որ մոլեկուլները, որքան հնարավոր է, շատ մոտենան իրար: Իսկ այստեղից կարելի է եզրակացնել, որ մոլեկուլները պետք է ունենան մեծ էներգիաներ. չե<sup>օ</sup> որ հարկավոր է հաղթահարել միջմոլեկուլային վանողության ուժերը, որոնք փոքր հեռավորություններում բավական զգալի են:

Այսպիսով, որպեսզի ընթանա քիմիական ռեակցիան, անհրաժեշտ են մեծ կինետիկ էներգիայով օժտված և, հետևաբար, մեծ արագությամբ շարժվող մոլեկուլներ: Յենց դրանք էլ ամբողջովին որոշում են քիմիական ռեակցիաների ընթացքը: Էներգիայի այն  $E_A$  նվազագույն արժեքը, որից սկսած կարող է ընթանալ քիմիական

ռեակցիան, անվանում են քիմիական ռեակցիայի ակտիվացման էներգիա:

Իսկ մինչ այդ գիտնականները կարծում էին, որ քիմիական ռեակցիաների ընթացքը «որոշողը» մոլեկուլների ջերմային շարժման  $\bar{v}_T$  միջին արագությունն է: Ուստի ոչ մեկի մտքով չէր անցնում, որ քիմիական ռեակցիայի ամբողջ «պատասխանատվությունն» ընկնում է այդ չնչին քանակով, բայց մեծ էներգիայով մոլեկուլների վրա: Այս երևույթն առեղծված էր շատերի համար: Ռեակցիայի մեջ մտնող մոլեկուլներն իրար հետ բախվում են յուրաքանչյուր 0,1 նանովայրկյանը մեկ, մինչդեռ մինչև ռեակցիայի ավարտը հաճախ պահանջվում է մի քանի րոպե (իսկ երբեմն՝ նույնիսկ մի քանի ժամ):

Կար նույնիսկ հետաքրքիր տեսակետ, համաձայն որի՝ մոլեկուլներն ունեն շատ փոքր «զգայուն տեղամաս», և եթե բախվելիս մոլեկուլներն իրար են դիպչում նշված «տեղամասերով», ապա միայն այդ դեպքում է տեղի ունենում քիմիական ռեակցիան: Այս տեսակետը նման է հունական հերոս Աքիլլեսի լեգենդին, ում միակ խոցելի տեղը գարշապարն էր...

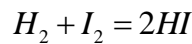
Քիմիական ռեակցիայի իրականացման ճշգրիտ բացատրությունը տվել է շվեդ գիտնական, Նոբելյան մրցանակի դափնեկիր Սվանտե Արենիուսը (1859-1927) 19-րդ դարի վերջին: Համաձայն նրա տեսության՝ քիմիական ռեակցիայի առաջացումը պայմանավորված է այն մոլեկուլների բախումներով, որոնց էներգիան գերազանցում է քիմիական ռեակցիայի ակտիվացման էներգիայի արժեքը:

Օրինակ, երբ բախվում են ջրածնի ( $H_2$ ) և յոդի գոլորշու ( $I_2$ ) մոլեկուլները, ապա առաջանում է յոդաջրածնի ( $HI$ ) երկու մոլեկուլ: Այս քիմիական ռեակցիայի համար անհրաժեշտ է, որ բախվող մոլեկուլների էներգիան մեծ լինի  $E_A = 3 \cdot 10^{-19}$  Ջ արժեքից: Համեմատության համար նշենք, որ  $0^\circ C$  ջերմաստիճանում  $k_B T = 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 273 \text{ Ջ} \approx 3,8 \cdot 10^{-21} \text{ Ջ}$ : Այսպիսով, սենյակային ջերմաստիճանում անհրաժեշտ ակտիվացման էներգիայով օժտված է միայն մոլեկուլների չնչին՝  $\alpha$  մասը, որը որոշվում է Բոլցմանի (2.3.2) բանաձևով.

$$\alpha = \frac{n}{n_0} = e^{-\frac{E_A}{k_B T}} = e^{-\nu},$$

որտեղ  $\nu = E_A/k_B T = 3 \cdot 10^{-19} / 3,8 \cdot 10^{-21} \approx 80$ , որից էլ ստացվում է՝  $\alpha \approx e^{-80} \approx 1/10^{35}$  :

Ռեակցիայի ժամանակը կստանանք, եթե երկու բախումների միջև ընկած ժամանակը՝  $10^{-10}$  վ կարգի մեծություները, բազմապատկենք այն բախումների միջին թվով, որոնցից մեկում «ընդհարվող» մոլեկուլներն օժտված են անհրաժեշտ էներգիայով: Քանի որ բախումների միջին թիվը  $\nu = 1/\alpha = 10^{35}$  կարգի մեծություներ են, ապա կստանանք, որ  $0^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանում քիմիական ռեակցիայի ժամանակը  $10^{25} \text{ s} \approx 3 \times 10^{17} \text{ ու ս 3 է}$ : Այս արդյունքը համապատասխանում է այն փաստին, որ  $0^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանում



ռեակցիան գործնականորեն տեղի չունի:

Բերված նկատառումներից հետևում է, որ ջերմաստիճանից կախված ռեակցիայի ժամանակն արտահայտվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$t = \tau e^{\frac{E_A}{k_B T}},$$

որտեղ  $\tau$ -ն երկու բախումների միջև ժամանակն է,  $E_A$ -ն՝ քիմիական ռեակցիայի ակտիվացման էներգիան: Այս բանաձևը ճշգրիտ նկարագրում է քիմիական ռեակցիայի արագության կախումը ջերմաստիճանից: Այն, կախված ռեակցիայի ակտիվացման էներգիայից ( $E_A$ ), փոփոխվում է ցուցչային օրենքով: Բանաձևի առանձնահատկությունն այն է, որ ջերմաստիճանը փոքր-ինչ բարձրանալիս ռեակցիայի ժամանակը կտրուկ նվազում է, իսկ արագությունը՝ աճում:

**Գոլորշիացում (հեղուկ-գոլորշի անցում):** Սվանտե Արենիուսի հիմնավորած գաղափարն օգնում է հասկանալու նաև այլ ֆիզիկական երևույթներ: Այն քիչ թվով, մեծ արագությամբ շարժվող մոլեկուլները, որոնք օժտված են միջին էներգիայի արժեքը գերազանցող էներգիայով, իրենց գլխավոր ներդրումն են ունենում ոչ միայն քիմիական ռեակցիաներում, այլ նաև հեղուկ-գոլորշի անցման պրոցեսում:

Գոլորշիացման պրոցեսը դարձյալ ճշգրտորեն նկարագրվում է Բոլցմանի և Մաքսվելի բաշխումներով: Յեղուկի առանձին մոլեկուլներ կարող են ունենալ միջինից մեծ կինետիկ էներգիա, որի շնորհիվ դուրս են թռչում հեղուկից: Այսինքն՝ գոլորշիացման պրոցեսում հեղուկից հեռանում են առավել արագ շարժվող (մեծ կինետիկ էներգիայով) մոլեկուլները, ուստի մնացած մոլեկուլների միջին կինետիկ էներգիան նվազում է: Գոլորշիում միջմոլեկուլային հեռավորությունները շատ ավելի մեծ են, քան հեղուկում: Խնդիրն այն է, որ որոշ ենք գազային վիճակում մոլեկուլների թիվը, որը փոխվում է՝ կախած ջերմաստիճանից: Բերենք թվային գնահատականներ:

Յեղուկի գոլորշիացման համար անհրաժեշտ է ծախսել էներգիայի մեծ քանակ: Օրինակ՝  $m=1$  գ ջուրը  $100^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանում գոլորշիացնելու համար անհրաժեշտ է ծախսել  $E=2260$ Ջ էներգիա: Մեկ մոլեկուլին բաժին ընկնող էներգիան՝

$$Q = \frac{E}{N} = \frac{E}{\frac{mN_A}{M}} = \frac{E \cdot M}{mN_A} = \frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot 2260}{10^{-3} \cdot 6 \cdot 10^{23}} \approx 7 \cdot 10^{-20} \text{ Ջ},$$

որտեղ  $M=18 \cdot 10^{-3}$  կգ/մոլ -ը ջրի մոլային զանգվածն է,  $N_A=6 \cdot 10^{23}$  մոլ<sup>-1</sup>-ը՝ Ավոգադրոյի հաստատունը,  $m=10^{-3}$  կգ:

$t=0^\circ\text{C}$  ( $T=273\text{O}$ ) ջերմաստիճանում  $k_B T \approx 3,8 \cdot 10^{-21}$  Ջ, և ստացվում է, որ  $Q/k_B T \approx 20$ : Յեղուկի մակերևույթից արկվել և գոլորշիանալ կարող են միայն այն մոլեկուլները, որոնց էներգիան գերազանցում է գոլորշիացման համար անհրաժեշտ  $Q$  էներգիան: Ստորև կհամոզվենք, որ այդպիսի մոլեկուլները կազմում են ամբողջ մոլեկուլների  $e^{-\frac{Q}{k_B T}}$  մասը, ուստի գոլորշիացման արագությունը համեմատական է  $e^{-\frac{Q}{k_B T}}$  մեծությանը:  $Q/k_B T$  կոտորակի համարիչը և հայտարարը բազմապատկելով Ավոգադրոյի հաստատունով՝ կստանանք՝

$$\frac{Q}{k_B T} = \frac{QN_A}{k_B TN_A} = \frac{QN_A}{RT}:$$

$QN_A$ -ն 1 մոլ քանակով նյութի գոլորշիացման համար պահանջվող էներգիան է: Յետևաբար՝ 1 մոլ քանակով ջրի գոլորշիացման համար



պահանջվող էներգիան (այսպես կոչված գոլորշիացման ջերմությանը)

$$Q_{36x} \approx 18 \cdot 2260 \approx 40000 \frac{\text{Ջ}}{\text{կգ}}$$

Այսպիսով, ջրի գոլորշիացման արագությանը համեմատական է  $e^{-\frac{40000}{8.31T}} \approx e^{-\frac{5000}{T}}$  մեծությանը:

Չեղուկում մոլեկուլների փոխազդեցության արտենցիալ էներգիան փոքրանում է, երբ մոլեկուլները հեղուկից շարժվում են դեպի գոլորշի, այսինքն՝ գոյություն ունի որոշակի տարբերություն հեղուկում մոլեկուլների փոխազդեցության արտենցիալ էներգիայի և գազային վիճակում մոլեկուլների փոխազդեցության արտենցիալ էներգիայի միջև: Այսպիսով, մոլեկուլի՝ հեղուկից գոլորշի անցնելու համար անհրաժեշտ է աշխատանք կատարել՝ հաղթահարել միջմոլեկուլային ձգողական ուժերը, որոնցով տվյալ մոլեկուլը կապված է հեղուկի մյուս մոլեկուլներին (հեղուկում մոլեկուլներն ավելի խիտ են դասավորված, քան գազում) [69]: Չասկանալի է, որ այդ աշխատանքն էլ հավասար է մոլեկուլների փոխազդեցության արտենցիալ էներգիային:

(2.3.3) բանաձևից կարող ենք որոշել մոլեկուլների թիվը գազային վիճակում՝

$$n_2 = n_1 e^{-\frac{U_2 - U_1}{k_B T}}, \quad (2.3.4)$$

որտեղ  $n_1$ -ը հեղուկի մոլեկուլների կոնցենտրացիան է,  $n_2$ -ը՝ գոլորշու մոլեկուլների,  $U_1$ -ը և  $U_2$ -ը, համապատասխանաբար, հեղուկի և գոլորշու մոլեկուլների փոխազդեցության արտենցիալ էներգիաներն են:

Ստացված վերջին (2.3.4) արդյունքն ամբողջովին համապատասխանում է մթնոլորտում, ծանրության ուժի դաշտում մոլեկուլների հավասարակշիռ բաշխմանը: Իրոք, հեղուկի խտությունն ավելի մեծ է, քան գազինը, քանի որ միջմոլեկուլային փոխազդեցության ուժերն ստիպում են մոլեկուլներին ավելի մոտենալ իրար: Այսպիսով, հեղուկի մակերևույթից արկվել կարող են միայն այն մոլեկուլները, որոնց էներգիան գերազանցում է գոլորշիացման ջերմաքանակը (հեղուկին ջերմություն

հաղորդելու և զուգընթաց գոլորշիացման պրոցեսն արագանում է) [34, 107]: Կոնցենտրացիաների հարաբերությունն էլ հավասար է  $e^{-\frac{U_2-U_1}{k_B T}}$  մեծությանը:

**Ջերմային իոնացում:** Այժմ անդրադառնանք Բոլցմանի բաշխման մեկ այլ կիրառության: Ենթադրենք՝ գազը բաղկացած է մեծ թվով չեզոք ատոմներից: Գազը տաքացնելիս ատոմները կարող են վերածվել իոնների (ատոմը վերածվում է իոնի, երբ նրանից էլեկտրոն է հեռանում [76]): Խնդիրը հետևյալն է. անհրաժեշտ է իմանալ, թե ատոմների տրված կոնցենտրացիայի և որոշակի ջերմաստիճանի պայմաններում որքան է իոնների թիվը:

Ատոմից էլեկտրոն «արկելու» համար պահանջվում է որոշակի նվազագույն էներգիա: Էներգիայի այդ արժեքն անվանվում է իոնացման էներգիա ( $U_i$ ): Իոնացման էներգիան հավասար է այն նվազագույն աշխատանքին, որը կատարվում է էլեկտրոնն ատոմից արկելու և վերջինս իոնի վերածելու համար:

Իսկ ինչպե՞ս է կախված ատոմներից «արկված» էլեկտրոնների  $n_e$  կոնցենտրացիան իոնացման  $U_i$  էներգիայից: Այդ հարցին պատասխանում է նշված կախումն արտահայտող իոնացման հավասարումը, որն առաջին անգամ, 1920 թվականին, ստացել է հնդիկ ֆիզիկոս և աստղաֆիզիկոս Մեգնադ Սահան (1894-1956թթ.) և կոչվում է նրանանունով:

Սահայի հավասարումը նկարագրում է միավոր ծավալում էլեկտրոնների թվի կախումն իոնացման էներգիայից: Այդ կախումն արտահայտվում է նվազող ցուցչային ֆունկցիայի միջոցով.

$$n_e = n_0 e^{-\frac{U_i}{k_B T}},$$

որտեղ  $n_0$ -ն կոնցենտրացիայի միավորն ունեցող մի որոշ գործակից է: Սահայի հավասարումից երևում է, որ ինչքան մեծ է ատոմի իոնացման էներգիան, այնքան ավելի քիչ ազատ էլեկտրոններ կան գազի զբաղեցրած ծավալում:

**Կաթոդից էլեկտրոնների առաքման պրոցեսը:** Դիտարկենք ևս մի պրոցես, որը նման է գոլորշիացմանը: Այդ պրոցեսն էլեկտրոնների առաքումն է տաքացած մակերևույթից, օրինակ՝ ռադիոլամպի կաթոդից: Բարձր ջերմաստիճանում մեծաթիվ են այն էլեկտրոնները,

որոնք ունեն բավարար կինետիկ էներգիա՝ կաթոդի մակերևույթը «լքելու» համար: Ընդ որում, եթե անոդին տրված է մեծ դրական արտենցիալ, ապա այն ձգում է էլեկտրոնները, և կաթոդի մակերևույթից անջատված յուրաքանչյուր էլեկտրոն ընկնում է անոդի վրա: Ռադիոլամպի միջով անցնում է էլեկտրական հոսանք, ընդ որում՝ հոսանքի ուժը հավասար է միավոր ժամանակում կաթոդի արձակած էլեկտրոնների  $N_e$  թվի և էլեկտրոնի լիցքի  $e$  բացարձակ արժեքի արտադրյալին [68]՝  $I = eN_e$ : Փորձը ցույց է տալիս, որ այս արոցեսը նկարագրվում է հոսանքի ուժի և ջերմաստիճանի միջև հետևյալ կախումով՝

$$I = ae^{-\frac{A}{k_B T}},$$

որտեղ  $a$ -ն հոսանքի ուժի միավորով արտահայտվող գործակից է, իսկ  $A$ -ն կաթոդի մետաղից էլեկտրոնի ելքի աշխատանքն է, որը հավասար է էներգիայի այն նվազագույն արժեքին, որն անհրաժեշտ է կաթոդի մակերևույթից էլեկտրոն արկելու համար:

Այսպիսով՝ կաթոդից հեռացած էլեկտրոնների թվի կախումն էլքի աշխատանքից նույնպես նկարագրվում է Բոլցմանի բաշխման օրենքով:

**Ավոգադրոյի հաստատունի որոշման Պեռենի փորձը:** Նշենք ըստ բարձրության մասնիկների բաշխման բարոմետրական բանաձևի մի կարևոր կիրառության մասին ևս:

1908 թվականին ֆրանսիացի նշանավոր ֆիզիկոս, Նոբելյան մրցանակի դափնեկիր ժան Պեռենը (1870-1942թթ.) ձեռնամուխ եղավ մի շարք փորձերի կատարման, որոնց արդյունքում հաստատվեց այն տեսությունը, համաձայն որի բրոունյան շարժումը միջավայրի մոլեկուլների ջերմային շարժման հետևանքն է: Իր փորձերից ելնելով՝ Պեռենը հաշվեց նաև Ավոգադրոյի  $N_A$  հաստատունի արժեքը: Յետևենք նրա փորձերի կատարման ընթացքին:

Դեղնախեղդ (արևադարձային մի քանի բույսերից ստացվող խեժ) լուծելով ջրում՝ Պեռենը մանրադիտակով ուսումնասիրել է ստացված լուծույթը՝ ցենտրիֆուգի միջոցով առանձնացնելով խեժի հատիկներն ըստ չափի: Մի քանի ամսում նա կարողացել է ստանալ 0,75 մկմ տրամագծով մանրիկ հատիկներ: Իմանալով

դեղնախեցի խտությունը՝  $\rho = 1,195 \text{ գ/սմ}^3$ , Պեռենը որոշել է մեկ հատիկի զանգվածը, որը  $m = 7 \cdot 10^{-14} \text{ գ}$  էր:

Իսկ ինչպես՞ Պեռենը չափեց դեղնախեցի մանրիկ հատիկների տրամագիծը:

Հատիկները լուծույթի մեջ ընկնում էին ծանրության ուժի ազդեցությամբ: Դրանք սկզբում շարժվում էին արագացումով, իսկ որոշ ժամանակ անց անկումը դառնում էր հավասարաչափ: Իրոք, լուծույթում ընկնելիս խեժահատիկի վրա ազդում է երեք ուժ՝  $m\vec{g}$  ծանրության ուժը,  $\vec{F}_{i \text{ օւմ}}$  արքիմեդյան ուժը և լուծույթի ներքին շփման (մածուցիկության)  $\vec{F}_{\text{լի H}}$  ուժը: Վերջին երկու ուժերն ուղղված են դեպի վեր, ընդ որում՝ գնդաձև մարմնի վրա ազդող մածուցիկության ուժը որոշվում է Ստոքսի բանաձևով, որն ընթերցողին հայտնի է 10-րդ դասարանի ֆիզիկայի դասընթացից՝

$$F_{\text{լի H}} = 6\pi\eta r v,$$

որտեղ  $r$ -ը հատիկի շառավիղն է:

Հիշելով արքիմեդյան ուժի բանաձևը՝

$$F_{i \text{ օւմ}} = \rho_0 g V = \rho_0 g \cdot \frac{4}{3} \pi r^3,$$

կարող ենք, հետևաբար, գրել՝

$$mg = F_{i \text{ օւմ}} + F_{\text{լի H}},$$

$$\frac{4}{3} \pi r^3 \rho g = \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot \rho_0 g + 6\pi\eta r v,$$

$$\frac{4}{3} \pi r^3 g (\rho - \rho_0) = 6\pi\eta r v:$$

Չափելով խեժահատիկի անկման  $v$  արագությունը և իմանալով լուծույթի  $\eta$  մածուցիկությունը, այս հավասարումից կարելի է որոշել հատիկի  $r$  շառավիղը, որը հնարավորություն տվեց Պեռենին որոշելու Ավոգադրոյի հաստատունը:

Իրոք, կարելի է ասել, որ խեժահատիկն անկում է կատարում

$$F = \frac{4}{3} \pi r^3 g (\rho - \rho_0) = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho g \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) = mg \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right)$$

արդյունավետ ուժի ազդեցությամբ ( $\rho_0$ -ն հեղուկի խտությունն է),

իսկ  $m \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right)$  մեծությունը հատիկի «արդյունավետ» զանգվածն է:

Եթե երևակայենք, որ ջրում լողացող դեղնախեցի մանրիկ հատիկները կազմում են յուրօրինակ «մթնոլորտ», կարող ենք այդ «մթնոլորտի» համար գրել բարոմետրական բանաձևը՝  $m$ -ը փոխարինելով արդյունարար  $m(1-\rho/\rho_0)$  զանգվածով՝

$$n = n_0 e^{\frac{-m(1-\rho/\rho_0)gh}{k_B T}} :$$

Չիշելով, որ  $k_B = \frac{R}{N_A}$  ( $R$ -ը գազային ունիվերսալ հաստատունն է), վերագրյալ բանաձևը կարելի է ներկայացնել

$$n = n_0 e^{\frac{-N_A m(1-\rho/\rho_0)gh}{RT}} :$$

տեսքով:

Ստացված բանաձևի օգնությամբ Պեռենը կարողացավ որոշել Ավոգադրոյի  $N_A$  հաստատունը:

### 2.3.1. ԲՈՒՑՄԱՆԻ ԲԱԾԽՄԱՆ ԿԻՐԱՌՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻՑ ՄԵԿԻ ՄԱՍԻՆ:

#### «ԴԻՏԵՐԻՉԻԻ ՀԱՎԱՍԱՐՈՒՄԸ» ԹԵՄԱՅԻ ՈՒՍՈՒՑՄԱՆ ՄԵԹՈԴԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

Երկիրը շրջապատված է մթնոլորտով, որը նյութի գազային վիճակն է: «Գազ» տերմինն, առաջին անգամ, կիրառության մեջ է մտել XVII դարի սկզբից՝ հոլանդացի գիտնական Յան Բապտիստա վան Յելմոնտի կողմից (հունական ծագում ունեցող «քառս» բառի նմանակն է): Դժվար, գրեթե անհնարին է, անմիջականորեն, մեր գազայարանների միջոցով, դիտարկել բնության մեջ գոյություն ունեցող գազերի մեծ մասը: Իրական գազերը նկարագրվում են չորս ֆիզիկական մեծություններով՝ ճնշմամբ ( $P$ ), ծավալով ( $V$ ), ջերմաստիճանով ( $T$ ) և նյութի քանակով ( $\nu$ ): Նրանց մանրամասն ուսումնասիրությունները տարբեր գիտնականների կողմից (Վան դեր Վալս, Կոնրադ Դիտերիչի և ուրիշներ), ի վերջո, հանգեցրեցին իրական գազերի վիճակի հավասարման ստեղծմանը: Այդ չորս մակրոսկոպական պարամետրերի միջև կապերը ցույց են տալիս, որ իրական գազերի մոլեկուլները փոխազդում են միմյանց հետ և զբաղեցնում են որոշակի ծավալ: Մթնոլորտի գոյությունը հետևանք է մի կողմից՝ երկրի ձգողության, մյուս կողմից՝

մթնոլորտի գազերի ջերմային, անկանոն շարժման: Ջերմային շարժումը ձգտում է մոլեկուլները բաշխել պատահական, անկանոն ձևով, այնպես, որ դրանք հավասարաչափ րացնեն գազին հատկացված ծավալը: Միևնույն ժամանակ դաշտը ձգտում է կարգավորել մոլեկուլների բաշխումը տարածության մեջ այնպես, որ նրանք զբաղեցնեն հնարավոր փոքր պոտենցիալ էներգիայով վիճակներ: Մոլեկուլների հավասարակշիռ բաշխումն արտաքին պոտենցիալ ային ուժի դաշտում նկարագրվում է Բոլցմանի բաշխմամբ՝

$$n = n_0 e^{-\frac{E_e}{k_B T}} : \quad (2.3.5)$$

Ճանրության ուժի համար ստացված այս մասնավոր արդյունքն ունի համընդհանուր բնույթ: Դիտարկենք անոթում լցված գազ, որի մոլեկուլների միջև ձգողության ուժերն անտեսվում են: Ենթադրենք՝ անոթի պատն ազդում է գազի մոլեկուլների վրամիայն նրանց հետբախումների ժամանակ: Գազի մոլեկուլները համարելով բավականաչափ փոքր չափերով գնդիկներ (սյուրթական կետեր)՝ դիտարկենք մոլեկուլային - կինետիկ տեսության հիմնական հավասարումը.

$$P = n_0 k_B T = n_\infty k_B T e^{-\frac{U_0}{k_B T}}, \quad (2.3.6)$$

որտեղ  $U_0$ -ն անոթի պատի մոտ գտնվող մոլեկուլի պոտենցիալ էներգիան է,  $n_0$ -ն անոթի պատին հարակցող շերտի կոնցենտրացիան, որով էլ որոշվում է գազի ճնշումն անոթի պատին,  $n_\infty$ -ն անոթի ներսում գազի մոլեկուլների, այսպես կոչված, ներքին կոնցենտրացիան է: Պոտենցիալ էներգիան՝  $U$ -ն, ընդունում է իր առավելագույն արժեքը, երբ մոլեկուլը գտնվում է անոթի պատի մոտ և արագ փոքրանում է նրանից հեռանալիս (այն ֆունկցիա է անոթի պատի և մոլեկուլի միջև եղած հեռավորությունից) [68]: Գազի մոլեկուլների պոտենցիալ էներգիայի արժեքն անվերջ մեծ հեռավորություններում պայմանականորեն համարվում է զրո (անվերջ մեծ համարվում են մոլեկուլային ազդեցության շառավղից մեծ հեռավորությունները):

Դիտարկենք  $e^{\frac{U_0}{k_B T}}$  ցուցչային արտահայտությունը՝  $U_0 \ll k_B T$

պայմանի դեպքում: Դրա համար ուսումնասիրենք  $f(x) = e^x$  ֆունկցիան

$0 \leq x \leq a$  միջակայքում: Դպրոցական մաթեմատիկայի XI դասարանի դասընթացից գիտեք, որ

$$\frac{f(a) - f(0)}{a} = f'(\xi),$$

որտեղ  $\xi$ -ն  $(0, a)$  միջակայքի որևէ թիվ է՝  $0 < \xi < a$ : Գրված հավասարությունը հայտնի է որպես Լագրանժի թեորեմ (Ժոզեֆ Լագրանժը (1736-1813) ֆրանսիացի մեծ մաթեմատիկոս է): Քանի որ  $f(a) = e^a$ ,  $f(0) = 1$ ,  $f'(\xi) = e^\xi$ , ապա  $a \ll 1$  դեպքում  $\xi$ -ն նույնպես շատ փոքր է 1-ից, և կարելի է համարել, որ  $e^\xi \approx 1$ : Յետևաբար՝ Լագրանժի թեորեմից ստանում ենք՝

$$\frac{e^a - 1}{a} \approx 1,$$

կամ

$$e^a \approx 1 + a:$$

Այսպիսով, կարելի է պնդել, որ  $U_0 \ll k_B T$  պայմանի դեպքում, այսինքն՝ երբ  $\frac{U_0}{k_B T} \ll 1$ , ապա  $e^{\frac{U_0}{k_B T}} \approx 1 + \frac{U_0}{k_B T}$ : Յետևաբար՝  $e^{-\frac{U_0}{k_B T}} \approx 1 - \frac{U_0}{k_B T}$  և (2.3.6) առնչությունից կստանանք՝

$$p \approx n_\infty k_B T \left( 1 - \frac{U_0}{k_B T} \right),$$

որտեղից էլ հետևում է, որ

$$p + n_\infty U_0 = n_\infty k_B T: \quad (2.3.7)$$

Անոթի պատին հարող շերտի մոլեկուլի  $U_0$  պոտենցիալ էներգիան համեմատական է գազի մոլեկուլների  $n_\infty$  կոնցենտրացիային՝  $\left( n_\infty = \frac{N}{V} \right)$ , այսինքն՝  $U_0 = \alpha n_\infty$ , որտեղ  $\alpha$ -ն դիտարկվող գազի համար հաստատուն մեծությունն է: Յետևաբար՝ ըստ (2.3.7) բանաձևի՝

$$p + \alpha n_\infty^2 = n_\infty k_B T: \quad (2.3.8)$$

(2.3.8) հավասարության մեջ տեղադրելով  $n_\infty = N/V$  այն կարելի է գրել հետևյալ կերպ՝  $p + \alpha \frac{N^2}{V^2} = \frac{N}{V} k_B T$ , և, նշանակելով  $\alpha N^2$ -ն  $a$ -ով, կունենանք՝

$$p + \frac{a}{V^2} = \frac{N}{V} k_B T:$$

Նկատի ունենալով, որ  $V$ -ն գազի մոլային ծավալն է, կարելի է գրել՝  $Nk_B \equiv N_A k_B = R$ : Յետևաբար՝ (2.3.7) բանաձևը կրկին կձևափոխվի՝

$$\left( p + \frac{a}{V^2} \right) V = RT: \quad (2.3.9)$$

Քանի որ  $U_0 = \alpha n_\infty = \alpha \frac{N}{V}$ , ապա, նկատի ունենալով  $\alpha N^2 = a$  արտահայտությունը, կարող ենք գրել, որ  $U_0 = \frac{a}{NV}$ : Վերջինս տեղադրելով (2.3.6) բանաձևում՝ կստանանք՝

$$p = \frac{RT}{V} e^{-\frac{a}{RTV}}:$$

Գիտենք, որ իրական գազի ծավալն անոթի ծավալից փոքր է որոշակի  $b$  մեծությամբ, որը հետևանք է մոլեկուլների՝ վերջավոր սեփական ծավալ ունենալու: Ուստի՝

$$p(V - b) = RT e^{-\frac{a}{RTV}}: \quad (2.3.10)$$

(2.3.10) բանաձևը Դիտերիչիի հավասարումն է [47, էջ 54, 55, էջ 231]: 1899 թ. գերմանացի գիտնական Կոնրադ Դիտերիչին (1858-1929) առաջարկեց ձևափոխված իրական գազի վիճակի այս հավասարումը [24, 62, 125]:

**Վան դեր Վալսի հավասարման ստացումը Դիտերիչիի հավասարումից:** Դիտերիչիի հավասարումից, գազի մեծ ծավալների դեպքում, ստացվում է Վան դեր Վալսի հավասարումը:

Ինչպես արդեն ցույց տվեցինք բավականաչափ փոքր ցուցիչների դեպքում ( $x \ll 1$ )  $e^x \approx 1 + x$ : Յետևաբար՝ երբ  $V$ -ն շատ մեծ է, այսինքն՝

$a \ll RTV$  կամ  $\frac{a}{RTV} \ll 1$ , ապա



$$e^{-\frac{a}{RTV}} \approx 1 - \frac{a}{RTV},$$

և Դիտերիչի (2.3.10) հավասարումից կստանանք՝

$$p(V-b) = RT \left( 1 - \frac{a}{RTV} \right)$$

կամ

$$p(V-b) = RT - \frac{a}{V} : \quad (2.3.11)$$

Սեծ  $V$ -երի դեպքում  $\frac{a}{V}$  և  $\frac{b}{V}$  կոտորակները շատ փոքր են, ուստի՝

$$\frac{a}{V} \approx \frac{a}{V} \left( 1 - \frac{b}{V} \right)$$

և (2.3.11)-ից կստանանք՝

$$p(V-b) = RT - \frac{a}{V} \left( 1 - \frac{b}{V} \right)$$

և, որոշ պարզ ձևափոխություններից հետո, կհանգենք Վան դեր Վաալսի հավասարմանը՝

$$\left( p + \frac{a}{V^2} \right) (V-b) = RT :$$

Օբյեկտիվորեն՝ «Իրական գազ» թեմայի մասին սովորողների համակարգված գիտելիքների ձևավորման համար հիմնավորվում է և անհրաժեշտությու է առաջանում «Վան դեր Վաալսի իզոթերմերը» թեմայի դիտարկումը և հետազոտումը: Հանգամանորեն կանգ առնենք վերջինիս ուսուցման մեթոդիկայի հիմնախնդիրներին, որոնց լուծման ուղին տեսնում ենք միջառարկայական կապերի ու շագրավ դրսևորումներով:

#### 2.4. «ՎԱՆ ԴԵՐ ՎԱԱԼ ՍԻ ԻՉՈԹԵՐՄԵՐԸ» ԹԵՄԱՅԻ ՈՒՍՈՒՑՄԱՆ ՄԵԹՈԴԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

Այս դրվագում շարադրված նյութը նախատեսված է ֆիզիկայի խորացված ուսուցմամբ հոսքերի աշակերտների համար: Ընդհանուր հոսքերում մոլեկուլային ֆիզիկայի՝ գազային օրենքներին վերաբերող թեմայի ուսուցումը սահմանափակվում է միայն իդեալական գազերի դիտարկմամբ: Բնագիտամաթեմատիկական

հոսքերում, բացի այդ, ուսուցանվում է նաև այսպես կոչված վանդերվաալ սյան գազը, որն իր հատկություններով ավելի մոտ է իրական գազին, քան իդեալականը: Բայց վանդերվաալ սյան գազն ուսումնասիրելու համար պահանջվում է դպրոցական մաթեմատիկայի ավելի խոր իմացություն: Մասնավորապես, անհրաժեշտ է, որ սովորողն`

- իմանա՞ծանցյալի միջոցով \$n\$ կցիայի հետազոտման սխեման,
- ծանոթ լինի երրորդ աստիճանի բազմանդամներին և նրանց փոփոխման օրինաչափությունները պատկերող գրաֆիկներին,
- գրաֆիկների տեսքից ելնելով` կարողանա պատկերացում կազմել գրաֆիկին համապատասխանող \$n\$ կցիայի հատկությունների, մասնավորապես` վերջինիս աճման և նվազման միջակայքերի, մաքսիմումների և մինիմումների, արմատների թվի մասին, և այլն:

Ներկա դրվագում ցայտունորեն դրսևորվում են ֆիզիկայի և մաթեմատիկայի բազմաճյուղ կապը և այն էական դերը, որ խաղում է մաթեմատիկան ֆիզիկայում:

Պետք է ընդգծենք, սակայն, որ դրվագի նպատակն այն չէ, որ հավելյալ տեղեկություններով ծանրաբեռնվի առանց այն էլ դժվար յուրացվող «Իրական գազ: Վան դեր Վաալսի հավասարումը» դասաթեման: Մենք փորձել ենք նշված թեմայի ուսուցումը դյուրացնել` օգտվելով վանդերվաալ սյան գազի ընդարձակումը և սեղմումը հաստատուն ջերմաստիճանում պատկերող գրաֆիկներից` այսպես կոչված վանդերվաալ սյան իզոթերմերից: Վերջիններս Վան դեր Վաալսի հավասարումից  $T$  ջերմաստիճանի յուրաքանչյուր արժեքի համար ստացված  $p = p(V)$  \$n\$ կցիայի գրաֆիկներն են:

Գրաֆիկների օգնությամբ \$n\$ կցիաների հետազոտումը նորությունն է:

Գրաֆիկը, լինելով \$n\$ կցիայի տրման եղանակներից մեկը, երբեմն ավելի «տեսանելի», դիտողական է դարձնում \$n\$ կցիայի փոփոխման օրինաչափությունները, քան \$n\$ կցիայի` մաթեմատիկական բանաձևով ներկայացված արտահայտությունը: Ուստի, կարծում ենք, վանդերվաալ սյան իզոթերմերի միջոցով գազի հատկությունների ուսումնասիրումն ավելի դյուրին կդարձնի

վերոնշյալ դասաթեմայի յուրացումը, որն էլ հենց, ինչպես արդեն նշեցինք, դրվագի հիմնական նպատակներից մեկն է:

Հիշեցնենք, որ բնության երևույթների գրաֆիկական պատկերումը, գրաֆիկի միջոցով երևույթի նկարագրությունը և վերլուծությունը վաղուց ի վերլայն կիրառություն են գտել մարդկային գործնեություն տարաբնույթ ոլորտներում: Դժվար է նույնիսկ առանձնացնել այնպիսի բնագավառ, որտեղ չեն օգտագործվում տրամագրեր (դիագրամներ), գծապատկերներ, կորեր: Արտահայտչականությունը, պարզ տեսանելիությունը, դյուրընկալելիությունը, լակոնականությունը, բովանդակային միարժեքությունը և համընդհանրությունն այն կարևորագույն հատկություններն են, որոնք անփոխարինելի են դարձրել գրաֆիկների կիրառությունը ֆիզիկայում:

Անհնար է պատկերացնել ավագ դպրոցի ֆիզիկայի դասընթացն առանց գրաֆիկների: Գրաֆիկական նկարագրություններն էական նշանակություն ունեն հատկապես խորացված թեմաների ուսուցումը կազմակերպելիս, նամանավանդ, երբ ֆիզիկական երևույթը նկարագրվում է բարդ մաթեմատիկական ֆունկցիայի միջոցով:

Դրվագի մյուս նպատակն էլ ֆիզիկայի և մաթեմատիկայի միջառարկայական կապն ամրակայելն է, մաթեմատիկական մեթոդների՝ ֆունկցիաների հետազոտման սխեմայի, գրաֆիկների օգտագործմամբ ֆիզիկական երևույթների, մարմինների ֆիզիկական հատկությունների ուսումնասիրումն է:

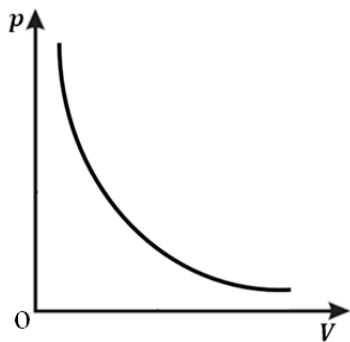
Այսպիսով, կարելի է ասել, որ վանդերվաալսյան իզոթերմերի միջոցով գազի հատկությունների ուսումնասիրումը միջառարկայական կապերի դրսևորման ցայտուն օրինակ է և վկայում է այն մասին, որ «մաթեմատիկական ֆիզիկայի ոչ միայն լեզուն է, այլ նաև տրամաբանությունը», ինչպես ընդգծել է 20-րդ դարի ֆիզիկայի ռահվիրաներից ամերիկացի ֆիզիկոս Ռիչարդ Ֆեյնմանը (1918-1988):

**Վանդերվաալսյան գազի իզոթերմերը:** Ինչպես գիտեք, գազի վիճակը նկարագրող Վանդերվաալսի հավասարման մեջ հաշվի են առնված ինչպես մոլեկուլների վերջավոր չափերը, այնպես էլ դրանց միջև գործող փոխազդեցության ուժերը [10, 12]: Դա է պատճառը, որ Վանդերվաալսի հավասարումը որակապես ճիշտ է նկարագրում ոչ միայն իրական գազի վարքը, այլ և նյութի վիճակի՝ հեղուկից՝

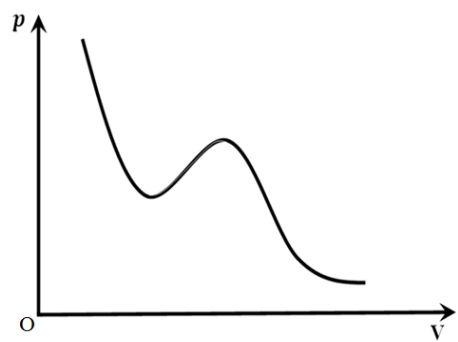
գազի (գոլ որչ ու ) և հակառակ անցումները:

Ինչպես հայտնի է, իզոթերմերը (նկ. 2.4.1) գազի ճնշման կախումը ծավալից պատկերող կորերն են, որոնցից յուրաքանչյուրը միացնում է  $(p, V)$  կոորդինատային հարթության միևնույն ջերմաստիճանին համապատասխանող կետերը: Իդեալական գազի իզոթերմը, որն անվանում են Կլապեյրոնի իզոթերմ, հետևաբար, Բոյլ-Մարիոտի  $pV = const$  օրենքից որոշվող  $p = \frac{const}{V}$  ֆունկցիան ( $const = \nu RT$ ) պատկերող կորն է, որն իրենից ներկայացնում է հիպերբոլ (նկ.2.4.1, ա):

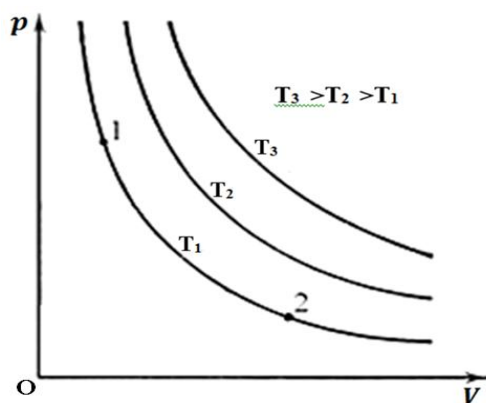
Եթե վանդեր Վալսի հավասարումից որոշենք գազի  $p$  ճնշումը՝ կախված  $V$  ծավալից, ապա տրված  $T$  ջերմաստիճանում  $p = p(V)$  ֆունկցիայի գրաֆիկն էլ անվանում են վանդերվալսյան իզոթերմ (նկ. 2.4.1, բ-ում պատկերված է վանդերվալսյան իզոթերմերից մեկը):



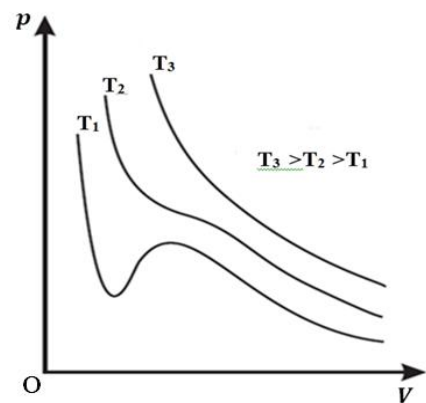
Նկ. 2.4.1. ա. Իդեալական գազի իզոթերմ:  
Վանդերվալսյան



Նկ. 2.4.1. բ.  
գազի իզոթերմ:



Նկ. 2.4.2. ա. Իդեալական գազի  
Վանդերվալսյան



Նկ. 2.4.2. բ.

իզոթերմերի ընտանիք:  
ընտանիք:

գազի իզոթերմերի

Տարբեր հաստատուն ջերմաստիճանների համապատասխանում են տարբեր իզոթերմեր: Կլասայրոնի իզոթերմերն իրենցից ներկայացնում են հիպերբոլների ընտանիք, որոնք չունեն մաքսիմումներ և մինիմումներ (նկ. 2.4.2. ա-ում պատկերված իզոթերմերը համապատասխանում են երեք տարբեր ջերմաստիճանների՝  $T_1$ ,  $T_2$  և  $T_3$  ( $T_1 < T_2 < T_3$ ). ակներև է, որ  $T_1$  ջերմաստիճանին համապատասխանող իզոթերմի 1 և 2 կետերում, ինչպես նաև այդ իզոթերմի մնացած բոլոր կետերում ջերմաստիճանը նույնն է և հավասար  $T_1$ -ի):

Ավելի բարդ տեսք ունեն Վան դեր Վաալսի իզոթերմերը, որոնք նույնպես պատկերում են  $p = p(V)$  կախումը (նկ. 2.4.2., բ-ում պատկերված են վանդերվաալսյան երեք իզոթերմ, որոնք համապատասխանում են  $T_1$ ,  $T_2$  և  $T_3$  տարբեր ջերմաստիճանների):

**Վան դեր Վաալսի հավասարման մաթեմատիկական հետազոտությունը:** Այժմ հանգամանորեն անդրադառնանք Վան դեր Վաալսի հավասարման և այդ հավասարման գրաֆիկի՝ վանդերվաալսյան իզոթերմի նկարագրությանը և վերլուծությանը՝ օգտվելով ֆունկցիայի հետազոտման մաթեմատիկական մեթոդներից, որը, ինչպես նշեցինք «Ներածության» մեջ, միաժամանակ կնպաստի ավագ դպրոցի ուսուցման գործընթացում նաև միջառարկայական կապերի ամրապնդմանը և զարգացմանը:

Վան դեր Վաալսի հավասարումը մեկ մոլ նյութի քանակով գազի համար, ինչպես գիտեք, ունի հետևյալ տեսքը՝

$$\left(p + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT: \quad (2.4.1)$$

Փակագծերը բացելուց և որոշ պարզագույն ձևափոխություններից հետո (2.4.1) հավասարումը կընդունի հետևյալ տեսքը՝

$$V^3 - \left(b + \frac{RT}{p}\right)V^2 + \frac{a}{p}V - \frac{ab}{p} = 0: \quad (2.4.2)$$

(2.4.2) հավասարումը 3-րդ աստիճանի (խորանարդ) հանրահաշվական հավասարում է անհայտ  $V$  ծավալի նկատմամբ: (խորանարդ

հավասարման արմատների բանաձևերը ներկայացված են Յավելվածում:

$$T \text{ ջերմաստիճանը պատկերացնելու ենք որպես } (2.4.2)$$

հավասարման պարամետր: (Յավասարման պարամետրն այն փոփոխականն է, որը հավասարման լուծման ընթացքում համարվում է հաստատուն:)

(2.4.1) հավասարումից որոշենք  $p$  ճնշումը՝ դիտելով այն որպես  $\Phi$  նկատման  $V$  փոփոխականից՝  $p = p(V)$ .

$$p = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V^2}: \quad (2.4.3)$$

$p(V)$   $\Phi$  նկատման գրաֆիկն էլ,  $T$  ջերմաստիճանի յուրաքանչյուր որոշակի արժեքի դեպքում, հենց վան դեր Վաալսի իզոթերմն է: Այսպիսով՝ վանդերվաալսյան գազի  $p$  ճնշման կախումը  $V$  ծավալից (այսինքն՝  $p(V)$   $\Phi$  նկատման) պատկերվում է (2.4.3)

բանաձևով որոշվող կորերի՝ իզոթերմերի ընտանիքով: Կարելի է ասել նաև, որ այդ ընտանիքը, որոշակի ճշգրտությամբ, պատկերում է իրական գազի, ինչպես նաև գոլորշու և հեղուկի վիճակները:

Ելնելով գրաֆիկական նկարագրության առավել ություններից՝ ուսումնասիրենք վանդերվաալսյան գազը բնութագրող իզոթերմերը, որի շնորհիվ, կարծում ենք, ավագ դպրոցի բնագիտամաթեմատիկական հոսքերի աշակերտները կընդլայնեն իրենց մտահորիզոնը ֆիզիկայի դասընթացի «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի վերաբերյալ նոր, մաթեմատիկայի հետ սերտորեն շաղկապված գիտելիքներով:

(2.4.3) բանաձևից որոշենք  $p(V)$   $\Phi$  նկատման ածանցյալը՝  $p'(V)$ -ն.

$$p' = -\frac{RT}{(V-b)^2} + \frac{2a}{V^3} = \frac{1}{(V-b)^2} \left[ \frac{2a(V-b)^2}{V^3} - RT \right]:$$

Տրված ջերմաստիճանում  $\Phi$  նկատման մաքսիմումը և մինիմումը որոշվում են համաձայն հետևյալ պայմանի՝

$$p'(V) = 0,$$

Այսինքն՝

$$\frac{2a(V-b)^2}{V^3} - RT = 0, \quad (2.4.4)$$

(2.4.4) հավասարումը, հայտարարից ազատվելուց հետո, նույնպես ձևափոխվում է խորանարդ հավասարման, որի լուծման

մանրամասները ներկայացված են Յավելված 1-ում: (2.4.4) հավասարումը հետազոտենք որակապես [34]՝ դիտարկելով հետևյալ ֆունկցիան՝

$$f(V) = \frac{2a(V-b)^2}{V^3} - RT \quad (2.4.5)$$

և պարզելով նրա փոփոխման բնույթը: (2.4.5) բանաձևով տրվող ֆունկցիայի մաքսիմումը և մինիմումը գտնելու համար կրկին ածանցենք այն՝

$$f'(V) = 2a \left[ \frac{2(V-b)}{V^3} - \frac{3(V-b)^2}{V^4} \right] = -\frac{2a(V-b)(V-3b)}{V^4} \quad (2.4.6)$$

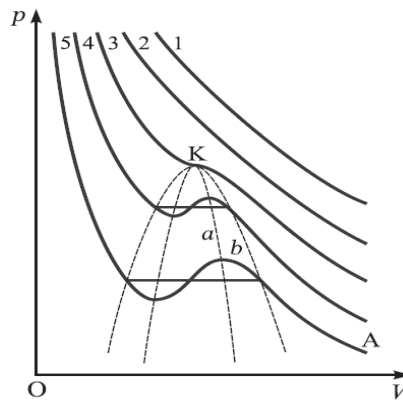
Վան դեր Վաալսի (2.4.1) հավասարումից հետևում է, որ միշտ  $V > b$ , քանի որ, հակառակ դեպքում, ստացվում է  $T < 0$ , իսկ բացարձակ ջերմաստիճանը բացասական լինել չի կարող: Յետևաբար, (2.4.6) առնչությունն զրո է ( $f'(V) = 0$ ), երբ  $V = 3b$ : Բացի այդ, երբ  $b < V < 3b$ , (2.4.6) առնչության աջ մասը դրական է ( $f'(V) > 0$ ), իսկ երբ  $V > 3b$ , այն բացասական է ( $f'(V) < 0$ ): Նշանակում է՝  $V = 3b$  կետում  $f(V)$  ֆունկցիան ընդունում է իր առավելագույն արժեքը՝

$$f_{\max}(V) = f(3b) = \frac{8a}{27b} - RT: \quad (2.4.7)$$

**Մասնավոր դեպքերի քննարկում:** Այժմ քննարկենք բացարձակ ջերմաստիճանի տարբեր արժեքներին համապատասխանող երեք առանձին դեպքեր:

ա) (2.4.3) հավասարման մեջ տեղադրենք  $V = 3b$  և դիտարկենք  $T$ -ի այն արժեքները, երբ  $\frac{8a}{27b} - RT < 0$ , այսինքն՝  $T > \frac{8a}{27bR}$ :

Այս դեպքում  $f(V) < 0$  ( $V$ -ի բոլոր արժեքների դեպքում), այսինքն՝  $p' < 0$ , ուստի  $p = p(V)$  ֆունկցիան  $V$ -ի բոլոր արժեքների դեպքում նվազող է (սկ. 2.4.3-ի 1 և 2 կորերը):  $p = p(V)$  ֆունկցիայի 1 և 2 իզոթերմերն իրենց տեսքով հիշեցնում են հիպերբոլներ:



Նկ. 2.4.3. Վանդերվաալ սյան գազի իզոթերմերի ընտանիք:

բ)  $\frac{8a}{27b} - RT > 0$ , այսինքն՝  $T < \frac{8a}{27bR}$  (Նկ. 2.4.3-ի 4 և 5 կորերը):

$V = b$  արժեքի դեպքում  $T < 0$ , որը հնարավոր չէ ( $V = b$  արժեքը չի համապատասխանում նյութի ոչ մի իրական վիճակի), իսկ  $V = 3b$  արժեքի դեպքում, երբ  $f(V) = \frac{8a}{27b} - RT > 0$ ,  $b$  և  $3b$  արժեքների միջև գոյություն ունի  $V$  փոփոխականի մի  $V_0$  արժեք, որի դեպքում  $f(V_0) = 0$ , որից էլ հետևում է  $p'(V_0) = 0$ :  $V_0$  արժեքը համապատասխանում է  $p(V)$  ֆունկցիայի մինիմումին. նրան նախորդող արժեքների դեպքում  $p' < 0$ , իսկ հաջորդող արժեքների դեպքում՝  $p' > 0$ : Մյուս կողմից,  $V$ -ն անվերջության ձգտելիս ( $V \rightarrow \infty$ ) ճնշումը ձգտում է զրոյի ( $p \rightarrow 0$ ), իսկ դա նշանակում է՝  $V > 3b$  տիրույթում  $p = p(V)$  ֆունկցիան պետք է հասնի մաքսիմումի:

գ)  $\frac{8a}{27b} - RT = 0$ ,  $T = \frac{8a}{27bR}$  (Նկ. 2.4.3-ի 3 կորը):

Այս դեպքում  $f(V)$  ֆունկցիայի հնարավոր ամենամեծ արժեքը զրո է, իսկ  $V$ -ի մյուս բոլոր հնարավոր արժեքների դեպքում այս ֆունկցիան և  $p'(V) = \frac{f(V)}{(V-b)^2}$ -ն բացասական են:

Այսպիսով, ա) դեպքում  $p = p(V)$  ֆունկցիան անընդհատ նվազում է, իսկ երբ  $V = 3b$ ՝ ունի շրջում. մաթեմատիկայում ընդունված է ասել, որ  $V = 3b$  արժեքն  $f(V)$  ֆունկցիայի շրջման կետն է: Ակնհայտ է, որ ա) դեպքում  $p$ -ի յուրաքանչյուր արժեքին համապատասխանում է  $V$ -ի միակ արժեք: Նշանակում է՝  $T > 8a/27bR$  պայմանը



համապատասխանում է նյութի միակ ֆիզիկական վիճակին՝ գազային վիճակին: Ընդհակառակը, ըստ  $T < 8a/27bR$  պայմանի՝  $p$ -ի տրված արժեքին կարող են համապատասխանել  $V$ -ի երեք տարբեր արժեքներ (նկ. 2.4.1 բ և նկ. 2.4.3-ի 4, 5 կորերը), այնպես որ այս դեպքում նյութը կարող է լինել տարբեր ագրեգատային վիճակներում [68]: Նվազագույն ծավալով վիճակը  $V = V_{օճճՏ}$  ծավալով հեղուկ վիճակն է, առավելագույն ծավալով վիճակը, միևնույն ջերմաստիճանի և ճնշման դեպքում,  $V = V_{iS}$  ծավալով գազային վիճակն է: Վերջապես, նյութի միջանկյալ վիճակը (երբ  $V_{օճճՏ} < V < V_{iS}$ ) անկայուն է: Եթե նյութը դիտարկենք  $V$  որոշակի ծավալով անոթում և տաքացնենք այն մինչև քննարկվող  $T$  ջերմաստիճանը, ապա նյութի մի մասը կլինի գազային, իսկ մյուս մասը՝ հեղուկ վիճակում: Ծավալի միջին արժեքով վիճակ գոյություն ունենալ չի կարող:

Կարևորագույն ֆիզիկական իմաստ է պարունակում  $T = 8a/27bR$  սահմանային դեպքը: Այս ջերմաստիճանն անվանում են գազի կրիտիկական ջերմաստիճան, և նշանակում  $T_K$ -ով, իսկ  $T_K = const$  կորը՝ կրիտիկական իզոթերմ (նկ. 2.4.3-ի 3 կորը):

Ջերմաստիճանի բարձրացման հետ իզոթերմերը (նկ. 2.4.3) դասավորվում են ավելի բարձր, և նրանց մաքսիմումներն ու մինիմումները մոտենում են միմյանց: Աբսցիսների առանցքի ուղղությամբ փոքրանում է իզոթերմերին համապատասխանող ծավալների միջև տարբերությունը, իսկ օրդինատների առանցքի ուղղությամբ փոքրանում է ճնշումների համապատասխան տարբերությունը: Կրիտիկական իզոթերմի մաքսիմումը և մինիմումը միաձուլվում են՝ վերածվելով շրջման կետի. ջերմաստիճանը բարձրանալիս աստիճանաբար փոքրանում է ճնշման միևնույն արժեքին համապատասխանող ծավալի երեք արժեքների միջև տարբերությունը, այսինքն՝ փոքրանում է Վան դեր Վաալսի հավասարման երեք արմատների միջև տարբերությունը: Կրիտիկական իզոթերմի  $K$  շրջման կետին համապատասխանում են ծավալի  $V_K$  և ճնշման  $p_K$  արժեքները, որոնք նույնպես կոչվում են կրիտիկական ծավալ և կրիտիկական ճնշում:

Այսպիսով՝ կրիտիկական ջերմաստիճանում ծավալի բոլոր երեք արժեքները հավասարվում են, և վերանում է նյութի տարբեր

վիճակների միջև տարբերությունը: Կրիտիկական ջերմաստիճանի գոյությունը նյութի բնորոշ հատկությունն է:

**Կրիտիկական ծավալ և կրիտիկական ճնշում:** Դիտարկենք (2.4.2) հավասարումը՝ ստանալով համար  $T_K$  կրիտիկական ջերմաստիճանին համապատասխանող երկու մյուս կրիտիկական պարամետրերի՝  $V_K$  կրիտիկական ծավալի և  $p_K$  կրիտիկական ճնշման արժեքները:

Ինչպես նշեցինք,  $T = T_K$  կրիտիկական ջերմաստիճանում ծավալի բոլոր արժեքները դառնում են հավասար: Նշանակում է՝ (2.4.2) հավասարման ձախմասը՝

$$V^3 - \left(b + \frac{RT}{p}\right)V^2 + \frac{a}{p}V - \frac{ab}{p},$$

$T = T_K$  և  $p = p_K$  արժեքների դեպքում ներկայացնում է լրիվ խորանարդ.

$$V^3 - \left(b + \frac{RT_K}{p_K}\right)V^2 + \frac{a}{p_K}V - \frac{ab}{p_K} = V^3 - 3V_K V^2 + 3V_K^2 V - V_K^3 = (V - V_K)^3:$$

Այս հավասարությունը հնարավոր է, եթե

$$b + \frac{RT_K}{p_K} = 3V_K, \quad \frac{a}{p_K} = 3V_K^2, \quad \frac{ab}{p_K} = V_K^3:$$

Գրված հավասարումների համակարգից որոշվում են կրիտիկական պարամետրերի արժեքները՝ արտահայտված  $a$  և  $b$  հաստատուններով: Այդ արժեքներն են՝

$$V_K = 3b, \quad p_K = \frac{a}{27b^2}, \quad T_K = \frac{8a}{27bR}:$$

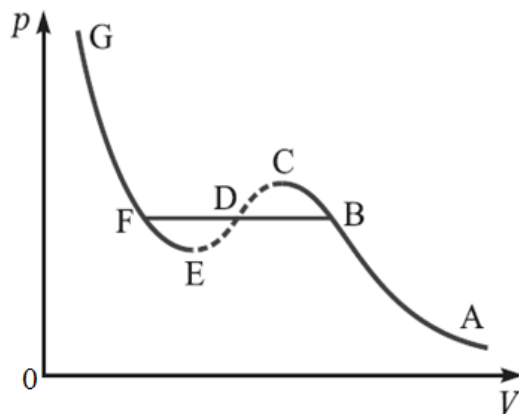
Այսպիսով՝ խորանարդ բազմանդամների և հավասարումների իմացությունը հնարավորություն է ընձեռում լիարժեքորեն նկարագրելու վանդերվաալսյան գազի օրինաչափությունները: Չավելված 1-ում ներկայացված է խորանարդ հավասարումների լուծումները և կատարված է հետաքրքիր ակնարկ գիտության պատմության գաղտնիք պարունակող էջերի վերաբերյալ:

#### 2.4.1. ՊԱՐԶԱԲԱՆՈՒՄՆԵՐ

Վերը շարադրվածն ընդհանրացնելով՝ փաստենք, որ Վան դեր Վաալսի (2.4.1) հավասարումից բխող (2.4.2) խորանարդ հավասարումն ընդհանուր դեպքում ունի երեք արմատ, որոնցից իրական կարող են լինել կա՛մ երեքը, կա՛մ մեկը: Այդ պատճառով, ջերմաստիճանի և

ճնշման տրված արժեքներին, ըստ Վան դեր Վալսի հավասարման, համապատասխանում են ծավալի կամ երեք տարբեր արժեքներ, կամ մեկ արժեք: Երկրորդը տեղի ունի բավականաչափ բարձր ջերմաստիճաններում, և բնութագրվում է նկար 2.4.3-ի 1 և 2 կորերով (դրանք մեծ ճշտությամբ նման են իդեալական գազի իզոթերմերին): Ցածր ջերմաստիճաններում նկ. 2.4.3-ի 4 և 5 իզոթերմերն ունեն մաքսիմում և մինիմում, այնպես որ դրանցից յուրաքանչյուրի համար գոյություն ունեն ճնշման արժեքի միջակայքեր, որտեղ կորը որոշում է ծավալի երեք տարբեր արժեքներ (իզոթերմի երեք հատման կետեր հորիզոնական ուղղի հետ): Կրիտիկական իզոթերմը (նկ. 2.4.3-ի 3 կորը) միմյանցից բաժանում է երկու տիպի իզոթերմեր. սահունորեն փոփոխվող 1, 2 իզոթերմերը և 4, 5 իզոթերմերը, որոնք նկարագրում են նյութի տրոհումն երկու փուլ այն վիճակների:

Վան դեր Վալսի իզոթերմի և փորձնականորեն ստացված չհագեցած գոլորշու իզոթերմի տարբերությունը պատկերված է նկար 2.4.4-ում (*GFBA* հոծ գծով` փորձնական իզոթերմի բնորոշ տեսքը և կետագծեր պարունակող *GECA*` Վան դեր Վալսի իզոթերմը): Իսկույն երևում է, որ *FDB* ուղղագիծ հորիզոնական մասի փոխարեն Վան դեր Վալսի իզոթերմն ունի բնորոշ ուղորագիծ` մաքսիմումով և մինիմումով:



Նկ. 2.4.4. Վան դեր Վալսի իզոթերմ:

Ինքնին հասկանալի է, որ վանդերվալսյան կորի *GE* և *CA* մասերում ծավալը մեծացնելիս ճնշումը նվազում է, իսկ *EC* մասը համապատասխանում է անբնական իրավիճակի, երբ նյութը սեղմելիս նրա ճնշումը փոքրանում է: *AB* մասը համընկնում է գազային վիճակին, իսկ *FG* մասը` հեղուկին: Յետևաբար` Վան դեր Վալսի

հավասարումից ուղղակիորեն հետևում է նյութի երկու փուլերի գոյությունը: Նաև անմիջապես տեսնում ենք, որ  $EC$  մասում ծավալն աստիճանաբար փոխելիս նյութը չի կարող ամբողջ ժամանակ մնալ համասեռ վիճակում: Ինչ-որ պահի նրա վիճակը կփոխվի թռիչքածև, և նյութը կտրոհվի գազի (գոլորշու) և հեղուկի: Գոյություն ունենալ չեն կարող  $EC$  տեղամասին համընկնող վիճակներ, քանի որ այդ մասին համապատասխանում է ծավալի անսովոր կախում ճնշումից: ճնշման մեծացման հետ ծավալը նույնպես մեծանում է. այդպիսի նյութեր բնության մեջ չկան: Իրականում, եթե այդպիսի վիճակ ինչ-որ ձևով իրագործվում է, ապա այն պետք է լինի խիստ անկայուն: Դիցուք՝ նյութի որևէ մասում պատահականորեն ճնշման մեծացումն առաջացնում է ծավալի մեծացում, որն էլ կհանգեցնի ճնշման էլ ավելի մեծացման: Տվյալ պրոցեսը կանգ կառնի մինչև նյութը կանցնի  $C$  կետին համապատասխանող վիճակին, որից սկսած ծավալի կախումը ճնշումից դառնում է բնական: Ուրեմն, փորձնականորեն ստացված իզոթերմը կունենա  $ABFG$  կորի տեսքը, որի  $FB$  հորիզոնական հատվածը համընկնում է «հեղուկ + գազ (հագեցած գոլորշի)» վիճակին: Կորի  $BC$  և  $EF$  մասերը բնութագրում են, այսպես կոչված, մետաստաբիլ վիճակներ՝ գերսառեցրած գոլորշի և գերտաքացված հեղուկ: (Ջերմադինամիկայում մետաստաբիլ են անվանում ջերմադինամիկական համակարգի այնպիսի անկայուն հավասարակշիռ վիճակը, որում համակարգը կարող է մնալ երկար ժամանակ՝ չանցնելով տվյալ պայմաններին համապատասխանող ավելի կայուն վիճակի:)

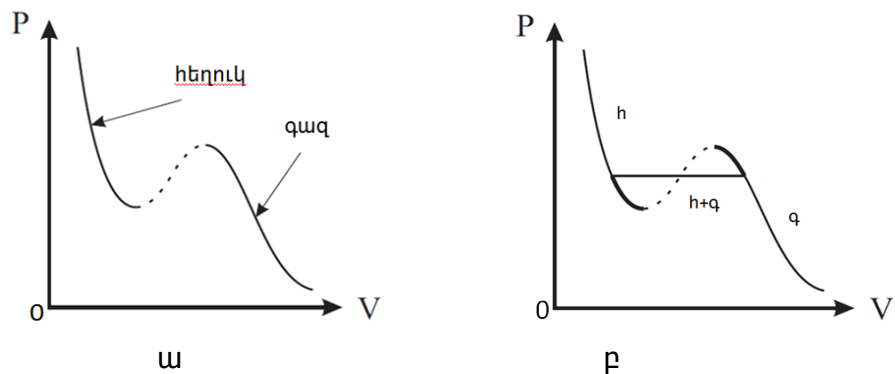
Գրաֆիկի վրա  $C$  և  $E$  կետերով նշված են այն սահմանները, որոնց միջև հնարավոր չէ ո՛չ գերսառեցված գոլորշու, ո՛չ էլ գերտաքացված հեղուկի գոյությունը:

Եթե իրար միացնենք  $T < T_K$  ջերմաստիճաններով փորձնական իզոթերմերի (նկ. 2.4.3) հորիզոնական հատվածների բոլոր սկզբնակետերը և բոլոր վերջնակետերը (նկ. 2.4.4-ում դրանք նշված են  $F$  և  $B$  կետերով), ապա ստացված  $b$  կետագծված կորը կներկայացնի  $(p, V)$  հարթության այն տիրույթը, որն զբաղեցնում են «հեղուկ + գազ» անհամասեռ համակարգի վիճակները, իսկ վանդերվաալսյան իզոթերմի ոլորագծի մաքսիմումներին և մինիմումներին համապատասխանող բոլոր  $C$  և  $E$  կետերի միացումից ստացված  $a$

կետագծված կորը սահմանափակում է այն տիրույթը, որտեղ հնարավոր է գազի և հեղուկի չտրոհված նյութի գոյությունն անգամ մետաստաբիլ վիճակում:

Այսպիսով, Վան դեր Վաալ սի իզոթերմի և փորձնական իզոթերմի միջև տարբերությունը գտնում է իր բացատրությունը. (2.4.2) հավասարումը, ինչպես նշեցինք,  $p$  ճնշման և  $T$  ջերմաստիճանի համապատասխան արժեքների դեպքում ունի երեք արմատ՝  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$ , որոնք համապատասխանում են վանդերվաալ սյան իզոթերմի երեք՝  $F$ ,  $D$ ,  $B$  վիճակներին (նկ. 2.4.4):

Չավասարման  $V_2$  արմատին համապատասխանող վիճակները փորձով չեն դիտվում նրանց անկայունության և մետաստաբիլության պատճառով: Չետևապես, Վան դեր Վաալ սի հավասարումը և իզոթերմը նկարագրում են նյութի ոչ միայն գազային վիճակը, այլ և ընդգրկում են հեղուկ վիճակի անցման և հեղուկի սեղմման պրոցեսները (նկ. 2.4.5, ա և բ):

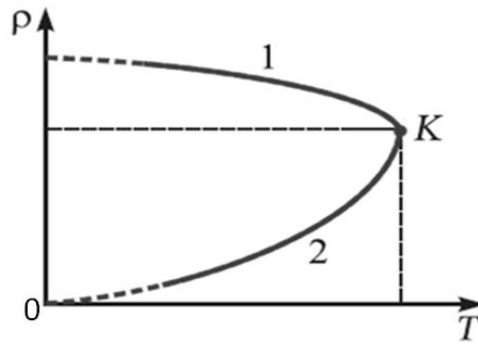


Նկ. 2.4.5. Վանդերվաալ սյան իզոթերմը նկարագրում է ինչպես գազային վիճակը (ա), այնպես էլ ընդգրկում է հեղուկ վիճակի անցման և հեղուկի սեղմման պրոցեսները (բ):

Փորձնական իզոթերմի և Վան դեր Վաալ սի իզոթերմի համեմատությունից հետևում է, որ դրանք բավական լավ համընկնում են նյութի միաֆազ վիճակներին համապատասխանող մասերում և իրարից լրիվ տարբերվում են նյութը երկու ֆազերի տրոհվելու տեղամասում:

Վերև ասվածն օգնում է եզրակացնելու. եթե գազի ջերմաստիճանը՝  $T > T_K$ , ապա ոչ մի, անգամ շատ մեծ, ճնշման միջոցով

հնարավոր չէ գազը վերածել հեղուկի:



Նկ. 2.4.6. Հեղուկի (1) և գոլորշու (2) խառնթյունների՝  
 ջերմաստիճանից  
 կախման գրաֆիկը:

Գազը սեղմելով կարելի է հեղուկացնել միայն այն դեպքում, երբ նրա ջերմաստիճանը ցածր է կրիտիկականից:

Այսպիսով,  $T_K$ -ն այն ջերմաստիճանն է, որի դեպքում վերանում է հեղուկի և գոլորշու միջև տարբերությունը:

Եթե փակ անոթում տաքացնենք որոշակի զանգվածով հեղուկ, ապա ջերմաստիճանի բարձրացմանը գուցենթաց հեղուկի վրա հագեցած գոլորշու խառնթյունն անընդհատ կմեծանա, իսկ հեղուկի խառնթյունը՝ կփոքրանա:  $T > T_K$  ջերմաստիճանում դրանք կհավասարվեն (նկ. 2.4.6), և անոթում կլինի համասեռ նյութ:

Նշենք, որ ջրի համար  $t_K = 374^\circ\text{C}$ ,  $\rho_K = 329\text{ Գ/լմ}$ : Նշանակում է, երբ ջրի գոլորշու ջերմաստիճանը բարձր է  $374^\circ\text{C}$ -ից, ապա գոլորշին սեղմելով հնարավոր չէ փոխարկել ջրի:

## 2-րդ գլխի եզրակացումը ու նկերը.

1. Խորացված ու սուղմամբ թեմաների վերամշակման արդյունքում կանխորոշվել և սահմանագրվել է կառուցողական և շարունակական կրթության հարացույցը:
2. Վերհանվել են երկու մասնիկների (առումներ, մոլեկուլներ) փոխազդեցության ու ժերի ընդհանուր հատկությունները:
3. Ակնառու կարևորություն է տրված նյութի չեզոք մասնիկների փոխազդեցության պոտենցիալ էներգիայի իմացությանը և այն, որ նրանվազագույն արժեքը չափանիշ է նյութի տարբերագրագատային վիճակների համար:
4. Ներկայացված են վանդերվաալսյան ձգողության երեք տեսակի՝ կոդմնորոշող, մակածման, դիսպերսիային ու ժերը և նրանց ընդհանուր հատկությունները:
5. Ընդգրկուն կերպով դիտարկված է «Իրական գազ: Վան դերվաալսի հավասարումը» խորացված ու սուղմամբ թեման:
6. Համակարգվել, ընդլայնվել և խորացվել են մի շարք հարցադրումներ. իրական գազի վիճակի հավասարման  $a$  պարամետրի բնութագրի ճշգրտումները, ներքին կամ մոլեկուլային ճնշման՝ ծավալի քառակուսուց հակադարձ համեմատական կախման բացատրությունը (ինչու՞ է  $\Delta p$  ուղղումը հակադարձ համեմատական ծավալի քառակուսուն), վանդերվաալսյան  $a$  և  $b$  ուղղումների ճշգրտումները չափայնությունների վերլուծության կիրառմամբ:
7. Ուսումնասիրված են Վան դեր Վաալսի հավասարման մի քանի հետևություններ և կիրառություններ:
8. Ներկայացված է վիճակագրական ֆիզիկայի կարևորագույն օրենքներից մեկը՝ Բոլցմանի բաշխումը և բարոմետրական բանաձևի ընդհանրացումը կամայական պոտենցիալային ու ժային դաշտում:
9. Լուսաբանված են Բոլցմանի բաշխման օրենքի բազմազան կիրառությունները տարբեր ֆիզիկական երևույթներում (գոլորշիացում, քիմիական ռեակցիաների արագություն, ջերմային իոնացում, կաթոդից էլեկտրոնների արձակման երևույթ, Ավոգադրոյի հաստատունի որոշման Պեռենի փորձը):

10. Տրված է իրական գազի վիճակի Դիտերիչիի հավասարման արտածումը՝ Բոլցմանի բաշխման միջոցով:
11. Դիտարկված են վանդերվաալսյան գազի իզոթերմերը՝ հիմնվելով իդեալական գազի իզոթերմերի համանմանության վրա, ֆիզիկայի և մաթեմատիկայի միջառարկայական կապը՝ Վանդեր Վաալսի հավասարման մաթեմատիկական հետազոտության ընթացքով, նյութի վիճակի՝ հեղուկից՝ գազի (գոլորշու) և հակառակ անցումների գրաֆիկական նկարագրությունները:



### ԳԼՈՒԽ 3.

## ՄԱՆԿԱՎԱՐԺԱԿԱՆ ԳԻՏԱՓՈՐՁ

### 3.1. ՄԱՆԿԱՎԱՐԺԱԿԱՆ ԳԻՏԱՓՈՐՁԻ ՆՊԱՏԱԿԱԴՐՈՒՄԸ ԵՎ ԻՐԱԳՈՐԾՈՒՄԸ

Գիտության հիմունքների յուրացումն առաջնորդում է և առաջ է բերում նպատակային կողմնորոշում գիտական և կրթական տեղեկատվական տարափում: Ասվածն անխուսափելիորեն ենթադրում է ուսուցման մեթոդների համահունչ համապատասխանեցում ներկայիս կյանքի պահանջներին: Ավագ դպրոցի սովորողների՝ աշխարհի դիպեկտիկա-մատերիալիստական աշխարհայացքը կերտող «Մուլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի մեթոդաբանությունը նպատակադրված հետազոտությունների առարկա է: Ուսուցման նորաստեղծ մեթոդաբանության ստույգ փաստարկներով հետազոտումը, նախնական դիպեկտիկական խառնամանակա տատումը և ստացված արդյունքների վերլուծությունն իրականացվում է մանկավարժական գիտափորձի միջոցով:

Ամենապարզ մեկնաբանություններով «մանկավարժական գիտափորձ» եզրույթի էությունը կայանում է նոր մշակված գիտամեթոդական աշխատանքի ստուգման մեջ:

Մանկավարժական գիտափորձը ճանաչողական, որոնողական, հետազոտական մեթոդ է, որի թիրախային հիմքում ընկած է ուսուցման գործընթացում կրթական խնդիրների լուծման համար նոր, ավելի արդյունավետ ուղիների բացահայտումը: Անշուշտ, յուրաքանչյուր փորձարարական գործունեության նպատակադրումը «նոր»-ի բացահայտումն է՝ նոր առաջադրված տեսություն հավաստիության օբյեկտիվ ապացուցումն է կամ ժխտումը:

Ավագ դպրոցի ֆիզիկայի դասընթացի «Մուլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի խորացված թեմաների ուսուցման նոր մշակված մեթոդաբանության արդարացիությանն ուղղված մանկավարժական գիտափորձը իրագործվել է երեք փուլերով, որոնց տևողությունը, կազմակերպման գործընթացները ՀՀ տարբեր հանրակրթական ուսումնական հաստատություններում (դպրոցներ, վարժարաններ) կանխորոշվել և սահմանվել են մինչև փորձարարական գործառնություն:

ընթացքը [19, էջ 12, 49, էջ 28, 74, էջ 75-80, 104, էջ 17-19, 112, էջ 273-277 և այլն]:

**Մանկավարժական գիտափորձի փուլերը.**

**Առաջին փուլ** - Նախնական տվյալների հավաքագրման կամ արձանագրական փուլում հետազոտվել և ուսումնասիրվել է «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի խորացված թեմաների ուսուցման ընդհանուր վիճակը՝ բացահայտելով այս բաժնի յուրացված ության աստիճանն աշակերտների կողմից:

**Երկրորդ փուլ** - փորձարարական դասավանդում իրականացնելով կամ ուսուցողական փուլում իրագործվել է գիտափորձի բուն կիզակետային գործընթացն՝ ուսուցումն ըստ նոր մեթոդաբանության:

**Երրորդ փուլ** - գիտական նորույթի հիմնավորման կամ ստուգողական փուլում հավաքագրվել, համակարգվել, իմաստավորվել են մանկավարժական գիտափորձի արդյունքներն՝ համաձայն վերջնական ստուգողական առաջադրանքի, կազմվել են աղյուսակներ, գրաֆիկներ, կատարվել է վերջնական եզրահանգում գիտամեթոդական աշխատանքի վերաբերյալ:

2014-2015թթ. ընթացքում մանկավարժական հետազոտական աշխատանքները կատարվել են Խ. Աբովյանի անվան ՀԳՄՀ հենակետային (ավագ դպրոց) վարժարանում, ՀԱԱՀ հենակետային (ավագ դպրոց) վարժարանում, ՀԱԴՀ Երևանի ավագ դպրոցում, Կարեն Դեմիրճյանի անվան թիվ 139 ավագ դպրոցում, Կոտայքի մարզի Գառնիի Առամի անվան թիվ 2 ավագ դպրոցում:

**Առաջին փուլ.**

Նախնական տվյալների հավաքագրման կամ արձանագրական փուլում դիտարկվել և դուրս են գրվել վերոնշյալ ավագ դպրոցների բնագիտամաթեմատիկական (խորացված) հոսքերի սովորողների «Ֆիզիկա» առարկայի գնահատականները, որոնք գետեղված են 1-6 աղյուսակներում: Ընդհանուր առմամբ գիտափորձին մասնակցել է հարյուր վաթսուհինգ աշակերտ, որոնցից, ըստ նախնական կողմնորոշման, ութսունվեցն են պատրաստվում կրթությունը շարունակել ֆիզիկամաթեմատիկական կամ բնագիտական ուղղված ությամբ [1, 2, 35]:

Աղյ ու սակ 1

Խ. Աբովյ անի անվան ՀՊՄՀ հենակետայ ին (ավագ դպրոց) վարժարան 2014-15թթ.	2014թ.		2015թ.	
Սովորողների թիվն ըստ տարեթվի	22		21	
Սովորողների թիվն ըստ «Ֆիզիկա» առարկայի գնահատականների, «7-10» գնահատականների միջակայք	9	41%	10	48%
Սովորողների թիվն ըստ «Ֆիզիկա» առարկայի գնահատականների, «4-6» գնահատականների միջակայք	13	59%	11	52%
Ֆիզիկամաթեմատիկական կամ բնագիտական ուղղվածությամբ կրթությ ու նը շարունակող աշակերտների թիվը	11	50%	10	48%

Աղյ ու սակ 2

ՀԱԱՀ հենակետայ ին (ավագ դպրոց) վարժարան 2014-15թթ.	2014թ.		2015թ.	
Սովորողների թիվն ըստ տարեթվի	18		17	
Սովորողների թիվն ըստ «Ֆիզիկա» առարկայի գնահատականների, «7-10» գնահատականների միջակայք	6	33%	7	41%
Սովորողների թիվն ըստ «Ֆիզիկա» առարկայի գնահատականների, «4-6» գնահատականների միջակայք	12	67%	10	59%

Ֆիզիկամաթեմատիկական կամ բնագիտական ուղղված ությամբ կրթությունը շարունակող աշակերտների թիվը:	7	39%	8	47%
---	---	-----	---	-----

Աղյուսակ 3

ՀԱՊՀ Երևանի ավագ դպրոց 2014-15թթ.	2014թ.		2015թ.	
Սովորողների թիվն ըստ տարեթվի	28		26	
Սովորողների թիվն ըստ «Ֆիզիկա» առարկայի գնահատականների, «7-10» գնահատականների միջակայք	15	54%	13	50%
Սովորողների թիվն ըստ «Ֆիզիկա» առարկայի գնահատականների, «4-6» գնահատականների միջակայք	13	46%	13	50%
Ֆիզիկամաթեմատիկական կամ բնագիտական ուղղված ությամբ կրթությունը շարունակող աշակերտների թիվը	17	61%	15	58%

Աղյուսակ 4

Կարեն Դեմիրճյանի անվան թիվ 139 ավագ դպրոց 2014-15թթ.	2014թ.		2015թ.	
Սովորողների թիվն ըստ տարեթվի	11		10	
Սովորողների թիվն ըստ «Ֆիզիկա» առարկայի գնահատականների, «7-10» գնահատականների միջակայք	5	45%	4	40%
Սովորողների թիվն ըստ «Ֆիզիկա» առարկայի գնահատականների, «4-6» գնահատականների միջակայք	6	55%	6	60%
Ֆիզիկամաթեմատիկական կամ	5	45%	5	50%

բնագիտական ուղղված ությամբ կրթությունը շարունակող աշակերտների թիվը				
--	--	--	--	--

Աղյուսակ 5

Կոտայքի մարզի Գառնիի Ատոմի անվան թիվ 2 ավագ դպրոց 2014-15թթ.	2014թ.		2015թ.	
Սովորողների թիվն ըստ տարեթվի	8		7	
Սովորողների թիվն ըստ «Ֆիզիկա» առարկայի գնահատականների, «7-10» գնահատականների միջակայք	4	50%	3	43%
Սովորողների թիվն ըստ «Ֆիզիկա» առարկայի գնահատականների, «4-6» գնահատականների միջակայք	4	50%	4	57%
Ֆիզիկամաթեմատիկական կամ բնագիտական ուղղված ությամբ կրթությունը շարունակող աշակերտների թիվը	5	63%	3	43%

Աղյուսակ 6

Բոլոր դպրոցները 2014-2015թթ.	-	
Սովորողների ընդհանուր թիվը	168	
Սովորողների թիվն ըստ «Ֆիզիկա» առարկայի գնահատականների, «7-10» գնահատականների միջակայք	76	45%
Սովորողների թիվն ըստ «Ֆիզիկա» առարկայի գնահատականների, «4-6» գնահատականների միջակայք	92	55%
Ֆիզիկամաթեմատիկական կամ բնագիտական ուղղված ությամբ կրթությունը շարունակող աշակերտների թիվը	86	51%

Այս պիսով, գիտափորձի առաջին փուլի առաջին քայլն է եղել ուսումնական պրոցեսի դիտարկումների, հարցումների անցկացումը, որոնց հիման վրա իրագործվել է անկետավորման գործընթացը: Արձանագրման ընթացքում աչքի ընկավ այն կենսական և գովելի փաստը, որ սովորողները քաջ գիտակցում են «ֆիզիկա» առարկայի տեսակարար կշիռն ու կարևորությունը հասարակական կյանքում: Այժմեական լեզվամտածողության մեջ հաճախ կիրառվող «սոցիալական խորը գիտակցություն» և «սոցիալական պատասխանատվություն» գաղափարները խարիսխ են գցել նաև կրթական համակարգում: Ուսումնառության ընթացքում մանկավարժական առաջավոր փորձի համակցումը նշված գաղափարներով նոր սերնդի կրթության համար կհանդիսանա խթան՝ նվաճելու բազմամյա ուսումնառության մշտորյա դժվարությունները:

Գիտամեթոդական հետազոտության այս փուլի հաջորդ քայլը հանդիսացել է նախնական ստուգողական գրավոր աշխատանքի կազմակերպումն. այնուհետև հաջորդել են արդյունքների քննարկումը և վերլուծությունը: Մանկավարժական հետազոտական աշխատանքի ընթացքում ընտրվել են փորձարարական և ստուգողական դասարաններ, ընդ որում դասարաններում «ֆիզիկա» առարկայի տարբեր մակարդակի իմացությունը աչքերտների թիվը հավասարեցվել է: Գրավոր առաջադրանքն անցկացվել է ինչպես փորձարարական դասարանում, այնպես էլ անցկացվել է ստուգողական դասարանում, որի միջոցով ստուգվել է ֆիզիկայի ընդհանուր դասընթացի յուրացումն աչքերտների կողմից:

**Նախնական ստուգողական գրավոր առաջադրանքում րնդգրկված հարցերը և հարցերին տրվող համապատասխան միավորները.**

- 1) Ի՞նչն են անվանում տեղափոխություն (0.5 միավոր):
- 2) Կարո՞ղ են արդյոք համընկնել արագության և արագացման ուղղությունները կորագիծ շարժման դեպքում (0.5 միավոր):
- 3) Ձևակերպե՛ք իներցիայի օրենքը (0.5 միավոր):
- 4) Արտահայտել տիեզերական ձգողության հաստատունի միավորը ՄՅ-ի հիմնական միավորներով (1 միավոր):
- 5) Գրե՛ք պինդ մարմնի հավասարակշռության պայմանը՝ արտահայտված ուժերի պրոյեկցիաների միջոցով (0.5 միավոր):

- 6) Ձևակերպե՛ք լրիվ մեխանիկական էներգիայի սահմանումը (0.5 միավոր):
- 7) Գրե՛ք մարմնի իմպուլսի փոփոխության և մարմնի վրա ազդող համազոր ուժի իմպուլսի կապն արտահայտող բանաձև (0.5 միավոր):
- 8) Ո՞ր տատանումներն են կոչվում ներդաշնակ (0.5 միավոր):
- 9) Չափայնությունների մեթոդով արտածե՛ք ձայնի արագության բանաձևը (1 միավոր):
- 10) Ձևակերպե՛ք Արքիմեդի օրենքը (0.5 միավոր):
- 11) Ո՞ր մեծությունն է չի փոխվում ուղղագիծ հավասարաչափ շարժման ժամանակ (0.5 միավոր):
  - ա. Կոորդինատը:
  - բ. Տեղափոխությունը:
  - գ. Անցած ճանապարհը:
  - դ. Արագությունը:
- 12) Ի՞նչ է բնութագրում արտենցիալ էներգիան (0.5 միավոր):
  - ա. Մարմնի շարժումը:
  - բ. Մարմինների կամ նրամասերի փոխազդեցությունը:
  - գ. Մարմնի դեֆորմացիան:
  - դ. Մարմնի իներտությունը:
- 13) Ինչպե՞ս կարելի է փոքրացնել մաթեմատիկական ճոճանակի ներդաշնակ տատանումների պարբերությունը (1 միավոր):
  - ա. Փոքրացնել թելի երկարությունը:
  - բ. Մեծացնել թելի երկարությունը:
  - գ. Փոքրացնել բեռի զանգվածը:
  - դ. Մեծացնել բեռի զանգվածը:
- 14) Մեքենան ճանապարհի կեսը անցավ 30մ/վ արագությամբ, իսկ երկրորդ կեսը՝ 50մ/վ արագությամբ: Գտնել միջին արագությունը ամբողջ ճանապարհին (1 միավոր):
- 15) Ճկազանգված ունեցող մարմնի իմպուլսը 15կգ·մ/վ է: Որոշել այդ մարմնի կինետիկ էներգիան (1 միավոր):  
Անցկացված ստուգողական աշխատանքի արդյունքների մշակումը և վերլուծությունը ներկայացված է 7-րդ աղյուսակում:

Աղյուսակ 7

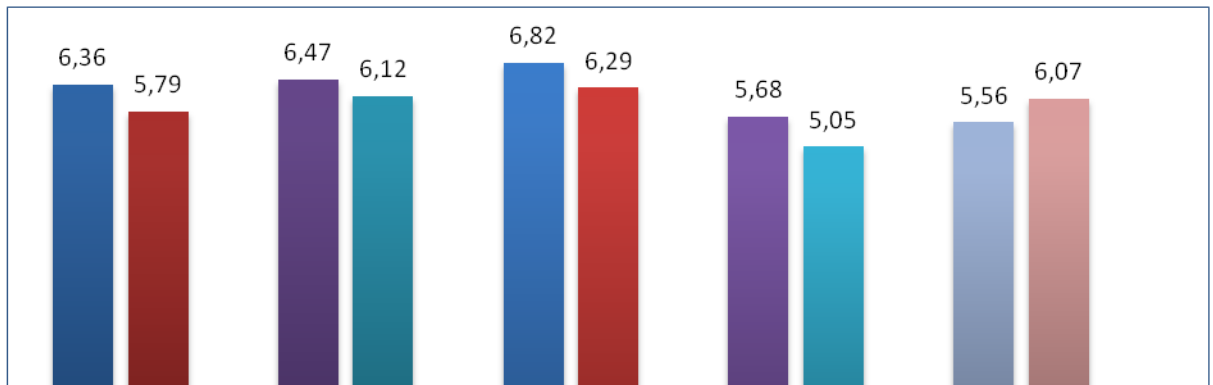
Առաջադրանքի համարը	ՀՊՄՀ հենակետային (ավագ դպրոց) վարժարան		ՀԱԱՀ հենակետային (ավագ դպրոց) վարժարան		ՀԱԴՀ Երևանի ավագ դպրոց		Կարեն Դեմիրճյանի անվան թիվ 139 ավագ դպրոց		Գառնիի թիվ 2 ավագ դպրոց	
	Փ. (22)	Ս. (21)	Փ. (18)	Ս. (17)	Փ. (28)	Ս. (26)	Փ. (11)	Ս. (10)	Փ. (8)	Ս. (7)
1.	20	20	16	15	27	23	9	8	6	7
2.	16	14	13	11	21	19	7	5	6	5
3.	19	18	15	13	26	24	10	8	7	7
4.	12	11	10	8	20	17	6	4	5	4
5.	13	15	14	15	22	19	9	8	6	6
6.	21	20	15	15	22	22	9	8	6	5
7.	16	16	13	12	23	21	7	7	4	5
8.	18	18	16	13	24	19	6	6	6	7
9.	8	7	6	4	10	7	4	2	1	1
10.	17	16	13	14	23	21	6	5	5	4
11.	17	16	14	15	24	22	7	7	6	5
12.	15	14	14	13	22	17	9	7	5	6
13.	11	9	12	10	17	13	5	3	3	2
14.	11	10	8	7	14	13	4	4	4	4
15.	12	11	8	7	13	10	4	3	3	3
Միջին գնահատականը	6.36	5.79	6.47	6.12	6.82	6.29	5.68	5.05	5.56	6.07

Նկար 3.1.1-ում տրամադրերի միջոցով արտացոլվում են փորձարարական և ստուգողական դասարանների աշակերտների արդյունքների հարաբերակցությունը:



## Նախնական ստուգման միջին արդյունքները

- ՀՊՄՀ հենակետային (սովագ դպրոց) վարժարան (Փ.)
- ՀՊՄՀ հենակետային (սովագ դպրոց) վարժարան (Ս.)
- ՀԱԱՀ հենակետային վարժարան (Փ.)
- ՀԱԱՀ հենակետային վարժարան (Ս.)
- ՀԱՊՀ Երևանի սովագ դպրոց(Փ.)
- ՀԱՊՀ Երևանի սովագ դպրոց (Ս.)
- Կարեն Դեմիրճյանի անվան թիվ 139 սովագ դպրոց(Փ.)
- Կարեն Դեմիրճյանի անվան թիվ 139 սովագ դպրոց (Ս.)
- Գառնիի թիվ 2 սովագ դպրոց (Փ.)
- Գառնիի թիվ 2 սովագ դպրոց (Ս.)



Նկար 3.1.1. Նախնական ստուգման միջին արդյունքները փորձարարական և ստուգողական դասարաններում:

Ինչպես ցույց են տալիս աղյուսակ 7-ի և նկար 3.1.1-ի ցուցանիշները փորձարարական և ստուգողական դասարաններում իրականացված ստուգման արդյունքները միմյանցից չնչին են տարբերվում, որը կարևոր փաստարկ հանդիսացավ մանկավարժական հետազոտությանը ճշգրիտ ընթացքով շարունակելու և ավարտին հասցնելու համար:

### **Երկրորդ փուլ**

Մշակված մեթոդաբանությունը լուսաբանվում է դասավանդման միջոցով մանկավարժական գիտափորձի երկրորդ՝ ուսուցողական փուլի ընթացքում: Փորձնական դասավանդումն ըստ կանոնակարգի իրականացնելու նպատակով՝ կազմակերպչական աշխատանքները

սկզբնավորվել են դասապրոցեսներում նախապատրաստվող դասավանդվող թեմաների պլանների կազմումից:

Ուսումնական գործընթացի՝ դասերի պլանները դասապրոցեսի անցկացման շղթայական կապերը սահմանող ուղղորդիչներ են, որոնցում ներառված է ուսուցման մեթոդների, հնարների, հարցադրումների, առաջադրանքների ամբողջությունը:

Ավագ դպրոցի բնագիտամաթեմատիկական հոսքերում ուսուցանվող ֆիզիկայի դասընթացի «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի նոր մեթոդաբանությունը ներառում է հետևյալ թեմաները՝

- 1) Մոլեկուլների փոխազդեցությունը (երկու մասնիկների փոխազդեցության ուժերի ընդհանուր հատկությունները):
- 2) Իրական գազեր: Վանդերվալ սյան ուժերի բնույթը:
- 3) Վան-դեր-Վալսի հավասարումը (Վան-դեր-Վալսի հավասարման հետևություններ, կիրառություններ):
- 4) Բոլցմանի բաշխումը և նրակիրառությունները:
- 5) Բոլցմանի բաշխման կիրառություններից մեկի մասին (Դիտերիչիի հավասարում):
- 6) Վան-դեր-Վալսի իզոթերմերը:

Համաձայն «Ֆիզիկա առարկայի հանրակրթական ավագ դպրոցի խորացված ուսուցման չափորոշիչների և ծրագրերի» [8, 22, էջ 34-38] «Մոլեկուլային կինետիկ տեսության հիմունքները», «Ջերմադինամիկայի հիմունքները», «Գոլորշիների, հեղուկների և պինդ մարմինների հատկությունները» բաժինների համար հատկացված են համապատասխանաբար՝ 26 ժամ, 20 ժամ, 12 ժամ, շաբաթական 6 ժամ ծանրաբեռնվածությունամբ: Տվյալ թեմաները դասավանդվել են ուսումնական ծրագրով նախատեսված դասաժամերին՝ չխախտելով կրթական ծրագրով սահմանված հերթագայությունը: Լրացուցիչ թեմաները, որոնք նպատակ են հետապնդում «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի վերաբերյալ սովորողների գիտելիքները համակարգելու, նրանց մոտ վերլուծական, տրամաբանական մտածողությունը զարգացնելու և հետաքրքրաշարժությունների շրջանակն ընդլայնելու համար, ուսուցանվել են ինչպես գործնական աշխատանքների ժամերին, այնպես էլ «Ֆիզիկա» առարկային հատկացված լրացուցիչ դասաժամերին:

Ժամանակի թել ադրանքը կրթման հիմնական պատասխանատուներին՝ ուսուցիչներին, ուղղորդում է օգտվել ուսուցման ակտիվ մեթոդներից: Յետամուտ լինելով այս գաղափարին՝ ուսուցողական փուլում փորձնական դասավանդման պրոցեսը կազմակերպել ենք ուսուցման ժամանակակից մեթոդի՝ ԽԻԿ համակարգի Խթանում - Իմաստի ընկալում - Կշռադատում հենքի վրա: Մանկավարժական նորարական մեթոդների ու տեխնոլոգիաների կիրառումն ապահովում է սովորողների գիտելիքների զինանոցի ամրակայումը, իմացական գործունեության ակտիվացումը, անձնական շահագրգռվածությունը ցանկացած ճանաչողական խնդիր լուծելիս [41, 111, 120-124]:

Նոր մեթոդաբանությունը միավորող վերագրյալ թեմաների պլաններն իրենց մեջ ընդգրկում են [19, էջ 150-151]՝

- դասի տեսակը,
- դասի թեման,
- դասի նպատակը,
- կիրառվող մեթոդները,
- կանխատեսում (դասի տվյալ ժամանակահատվածում աշակերտները բարձրաձայնում են իրենց կանխատեսումներն ուսուցանվող թեմայի տարբեր գաղափարների վերաբերյալ),
- դիտում (դասի տվյալ ժամանակահատվածում սովորողներին մատուցվում է դպրոցական ակտիվ դասախոսություն, որի ընթացքում նրանք ձեռք են բերում կանխատեսումների ստույգ պատասխանները),
- քննարկում (դասի տվյալ ժամանակահատվածում աշակերտները քննարկում են իրենց իսկ կողմից առաջ քաշված կանխատեսումները և տեսանկյունները՝ սկզբում միմյանց, այնուհետև՝ ուսուցչի հետ),
- համադրում (դասի տվյալ ժամանակահատվածում ուսուցչի կողմից իրականացվում է սովորողների, նոր ուսուցանվող գաղափարների վերաբերյալ, ենթադրությունների, քննարկումների համադրում և, հատկապես, սխալ կանխատեսումների վերհանում, ընդգծում և ուղղում):

**Առաջին թեմա**

**Մոլ եկուլլ ների փոխազդեցու թյ ու նը (երկու մասնիկների փոխազդեցու թյ ան ու ժերի ընդհանուր հատկու թյ ու նները)**

Աղյ ու սակ 8

<b>Դասի տեսակը</b>	Նոր գիտելիքների ու սուցման դաս:
<b>Դասի թեման</b>	Մոլ եկուլլ ների փոխազդեցու թյ ու նը (երկու մասնիկների փոխազդեցու թյ ան ու ժերի ընդհանուր հատկու թյ ու նները):
<b>Դասի նպատակը</b>	Ձևավորել մոլ եկուլլ ների փոխազդեցու թյ ու նը բնութագրող \$իզիկական մեծու թյ ու նների վերաբերյալ տեսական գիտելիքներ, սովորողներին ու սուցանել թե ինչով են պայմանավորված միջմոլ եկուլլ այ ին ու ժերը, դրանց կախվածու թյ ու նը մասնիկների միջև հեռավորու թյ ու նից, բացատրել մասնիկների փոխազդեցու թյ ան պրտենցիալ էներգիայի նվազագույն արժեքի չափանիշ լինելը նյ ու թի տարբեր ագրեգատային վիճակների համար, խթանել սովորողների եզրահանգումներ կատարել ու ու նակու թյ ու նը:
<b>Կիրառվող մեթոդները</b>	Ու սուլ մնական նյ ու թի մատուցումը պատմել ու , բացատրել ու , ակտիվ դասախոսու թյ ու ն անցկացնել ու միջոցով, էվրիստիկ զրույց գծապատկերների շուրջ, մասնիկների փոխազդեցու թյ ան համակարգչայ ին մոդել ների ցուցադրումները:
<b>Կանխատեսում</b>	Ու սուլ ցջի կողմից հակիրճ խոսք թեմայի սկզբնական գաղափարների մասին, որից հետո տարբեր հարցերով «մտազրոհ» մեթոդի կազմակերպումը՝ աշակերտների կանխատեսումները բարձրաձայնել ու նպատակով: Ինչպիսի՞ միջմոլ եկուլլ այ ին

	<p>փոխազդեցություններով են պայմանավորված նյութի տարբեր ագրեգատային վիճակներում գոյությունը: Ի՞նչ ուժեր են գործում մոլեկուլների միջև: Մոլեկուլների միջև ինչպիսի՞ հեռավորության դեպքում են ձգողության և վանողության ուժերն իրար համակշռում:</p>
Աղյուսակ 8-ի շարունակություն	
<b>Դիտում</b>	<p>Գրաֆիկական տարբեր նկարագրումների միջոցով աչակերտների ցուցադրվում է ինչպես են միջմոլեկուլային ուժերը կախված մասնիկների միջև հեռավորությունից: Յատկապես տեղին է, այս թեմայի մատուցման ժամանակ կիրառել ինտերակտիվ համակարգչային մոդելներ և դիտել անիմացիաներ:</p>
<b>Քննարկում</b>	<p>Սովորողները պայմանականորեն բաժանվում են խմբերի և քննարկում իրենց կանխատեսումները դիտումների արդյունքների վերաբերյալ: Այնուհետև, ուսուցչի ղեկավարությամբ քննարկում են անհասկանալի հարցերը և թեմայի չընկալվող հատվածները:</p>
<b>Համադրում</b>	<p>Տվյալ փուլում համախմբվում և համադրվում են դասավանդման գործունեությունից բխած հետևությունները և քննարկումների արդյունքները:</p>

### Երկրորդ թեմա

#### Իրական գազեր: Վանդերվաալ սյան ուժերի բնույթը

Աղյուսակ 9

<b>Դասի տեսակը</b>	Նոր գիտելիքների ուսուցման դաս:
<b>Դասի թեման</b>	Իրական գազեր: Վանդերվաալ սյան ուժերի բնույթը:

<p><b>Դասի նպատակը</b></p>	<p>Սովորողներին ծանոթացնել չեզոք մասնիկների միջև գործող վանդերվաալ սյան ուժերին, ներկայացնել վանդերվաալ սյան ուժերի էլեկտրամագնիսական բնույթը, նրանց դերը հեղուկ և պինդ մարմինների առաջացման գործում, տեսական գիտելիքներ հաղորդել վանդերվաալ սյան ուժերի երեք տեսակների ընդհանուր հատկության մասին, ընդլայնել և խորացնել սովորողների «Ֆիզիկա» առարկայի իմացության սահմանները:</p>
<p>Աղյուսակ 9-ի շարունակություն</p>	
<p><b>Կիրառվող մեթոդները</b></p>	<p>Խորացված դասընթացի նյութի հաղորդումն ակտիվ դպրոցական դասախոսության միջոցով, նյութի բացատրությունը ներառարկայական, միջառարկայական հիմնավորումներով. մակածված էլեկտրական մոմենտի միջոցով վանդերվաալ սյան էներգիայի հեռավորությունից կախվածության արտածումը, էվրիստիկ գրույց՝ հիմնված հարցերի ու պատասխանների վրա, համակարգչային ցուցադրումները:</p>
<p><b>Կանխատեսում</b></p>	<p>Կանխատեսման փուլն իր մեջ ներառում է նախնական գաղափարներ և ընդհանուր պատկերացումներ թեմայի վերաբերյալ, որին հաջորդում են նպատակային հարցադրումները: Յեղուկ և պինդ ագրեգատային վիճակների կազմավորման գործում մեծ դեր ունեն ձգողակա՞ն, թե՞ վանողական բնույթի են վանդերվաալ սյան ուժերը: Մոլեկուլների միջև ինչպիսի՞ հեռավորության դեպքում են ի հայտ գալիս վանդերվաալ սյան ուժերը: Որո՞նք են վանդերվաալ սյան ուժերի տեսակները և</p>

	ինչ պիսի՞ մոլ եկուլ ների միջև են գործում:
<b>Դիտում</b>	Անհրաժեշտ է սովորողներին ներկայացնել Էլ եկտրամագնիսական բնույթի վանդերվալ սյան ուժերի տեսակները, ընդգծված նշել նրանց ընդհանուր հատկությունը և մատուցել յուրաքանչյուրի առանձնահատկությունները:
<b>Քննարկում</b>	Պարզաբանվում և հստակեցվում են կանխատեսման և դիտման փուլերի արդյունքները, կարևորվում են վանդերվալ սյան ուժերի դերը բնության երևույթներում:
Աղյուսակ 9-ի շարունակություն	
<b>Համադրում</b>	Տվյալ փուլում համախմբվում և համադրվում են դասավանդման գործունեությունից բխած հետևությունները և քննարկումների արդյունքները, համակարգվում են դասապրոցեսում հաղորդված գիտելիքները և առաջարկվում սովորողներին ինքնուրույն մեկնաբանել նյութի էությունը:

**Երրորդ թեմա**

**Վանդեր Վալ սի հավասարումը (Վանդեր Վալ սի հավասարման  
 հետևություններ, կիրառություններ)**

Աղյուսակ 10

<b>Դասի տեսակը</b>	Նոր գիտելիքների ուսուցման դաս:
<b>Դասի թեման</b>	Վանդեր Վալ սի հավասարումը (Վանդեր Վալ սի հավասարման հետևություններ, կիրառություններ):
<b>Դասի նպատակը</b>	Սովորողներին ներկայացնել մոլեկուլների փոխազդեցության հիմնական որակական առանձնահատկությունները, օգտվելով իդեալական գազի վիճակի

	<p>հավասարումից՝ արտածել <math>\psi</math> և <math>\psi'</math> սի  հավասարումը, ծավալել իրական գազի  վիճակի հավասարման <math>a</math> և <math>b</math> պարամետրերի  վերաբերյալ բնութագրումները, կիրառելով  տարբեր բացատրություններ՝ ցույց տալ  ներքին կամ մոլեկուլային ճնշման ծավալի  քառակուսուց հակադարձ համեմատական  կախվածությունը, ծանոթացնել <math>\psi</math> և <math>\psi'</math> սի  հավասարման կիրառություններին:</p>
<p><b>Կիրառվող մեթոդները</b></p>	<p>Թեմայի մատուցումը բացատրելու,  պատմելու, ակտիվ դպրոցական  դասախոսության հաջորդականության  կազմակերպմամբ, պրոբլեմային իրավիճակի  ստեղծում, պրոբլեմային ուսուցում,  մտադրոհ, խմբային քննարկումներ:</p>
<p>Աղյուսակ 10-ի շարունակություն</p>	
<p><b>Կանխատեսում</b></p>	<p>Թեմայի ներածական փուլի կազմավորում և  ձևավորում, որից բխող տրամաբանական  հարցերի շարքին անցում: Ինչու՞ է իրական  գազի ծավալը փոքր իդեալական գազի  ծավալից և ի՞նչ ենք հասկանում «ազատ»  ծավալ հասկացության ներքո: Ինչպե՞ս է  արտահայտվում մոլեկուլային  փոխազդեցության վանողության և  ձգողության ուժերի հաշվառումը իրական  գազի վիճակի հավասարման մեջ: Ինչու՞ է <math>\Delta p</math>  ուղղումը հակադարձ համեմատական ծավալի  քառակուսուն:</p>
<p><b>Դիտում</b></p>	<p>Սովորողների համար անհրաժեշտ է ստանալ  <math>\psi</math> և <math>\psi'</math> սի հավասարումը՝ հաշվի  առնելով մոլեկուլների փոխազդեցության  հիմնական որակական  առանձնահատկությունները, ապա խորացնել  նրանց գիտելիքները <math>\psi</math> և <math>\psi'</math> սի  հավասարման կիրառություններին</p>



	դիտարկմամբ:
<b>Քննարկում</b>	Քննարկման փուլում բացատրվում և մեկնաբանվում են աշակերտների կանխատեսումները և դիտման արդյունքները: Խորացված թեմայի ամրապնդումն անհրաժեշտ է իրականացնել կրկնության տարր պարունակող լրացուցիչ հարցերի հղումներով:
<b>Համադրում</b>	Վերջնական եզրահանգումների փուլն է, որի ընթացքում ամփոփվում և ընդհանրացվում են հաղորդված գիտելիքները և համադրվում քննարկումների արդյունքները:

**Չորրորդ թեմա**

**Բուլ ցմանի բաշխումը և նրակիրառությունները:**

Աղյուսակ 11

<b>Դասի տեսակը</b>	Նոր գիտելիքների ուսուցման դաս:
<b>Դասի թեման</b>	Բուլ ցմանի բաշխումը և նրակիրառությունները:
<b>Դասի նպատակը</b>	Սովորողներին ներկայացնել վիճակագրական ֆիզիկայի կարևորագույն օրենքներից մեկը՝ Բուլ ցմանի բաշխումը, դուրս բերել բարոմետրական բանաձևը՝ ընդունելով մի շարք սահմանափակումներ, ցույց տալ ինչպես է արտահայտվում մթնոլորտում մոլեկուլների կոնցենտրացիայի կախումը նրանց արտենցիալ էներգիայից, ծանոթացնել այս համընդհանրական օրենքի բազմազան կիրառություններին տարբեր ֆիզիկական երևույթներում:
<b>Կիրառվող մեթոդները</b>	Խորացված ուսուցման համար նախատեսված տվյալ թեմայի մատուցումն իրականացնել ներածական զրույցի և ակտիվ դպրոցական

	դասախոսություն միջոցով, պրոբլեմային իրավիճակի ստեղծմամբ, խմբային քննարկումներով:
<b>Կանխատեսում</b>	Ներածական հատվածին համառոտ անդրադարձ: Ինչպիսի՞ օրենքով է արտահայտվում մոլեկուլների հավասարակշիռ բախումն արտաքին պոտենցիալային ուժի դաշտում: Ինչպիսի՞ ենթադրություններ են կատարվում բարոմետրական բանաձևն արտածելիս: Յնարվո՞ր է արդյոք Բոլցմանի բախումն ընդհանրացնել կամայական պոտենցիալային ուժային դաշտում մասնիկների բախումը նկարագրելու համար, եթե այն կամ ոչ, ապա ինչ ու՞:
<b>Դիտում</b>	Սովորողների համար պետք է արտածել բարոմետրական բանաձևը և Բոլցմանի բախումը նկարագրող բանաձև՝ ներկայացնելով սկզբնական ենթադրությունները: Յիմնավորել Բոլցմանի բախման համընդհանուր բնույթը և ընդլայնել նրանց գիտելիքների ծավալը Բոլցմանի բախման կիրառությունների մանրամասն դիտարկումներով:
Աղյուսակ 11-ի շարունակություն	
<b>Քննարկում</b>	Անհրաժեշտ է վերհանել կանխատեսման փուլում աչակերտների համար անհասկանալի հարցերը, քննարկել դիտումների արդյունքները և տարբեր բացատրություններով հստակեցնել անճշտությունները:
<b>Յամադրում</b>	Գիտելիքների համակարգման և ամփոփման փուլն է, որի ընթացքում համադրվում են քննարկումների արդյունքները: Ուսուցման արդյունավետության բարձրացման նպատակով՝ սովորողներին առաջարկել

	ինքնուրույն բացահայտել ֆիզիկական երևույթներ, որոնք նկարագրվում են Բոլցմանի բաշխման միջոցով և ներկայացնել հաջորդ դասին:
--	--

**Յինգերորդ թեմա**

**Բոլցմանի բաշխման կիրառություններից մեկի մասին (Դիտերիչիի հավասարում)**

Աղյուսակ 12

<b>Դասի տեսակը</b>	Գործնական կարողությունների և հմտությունների դաս:
<b>Դասի թեման</b>	Բոլցմանի բաշխման կիրառություններից մեկի մասին (Դիտերիչիի հավասարում):
<b>Դասի նպատակը</b>	Սովորողների մեջ ձևավորել և զարգացնել կարողությունների և հմտությունների համակարգ՝ ուսուցանելով Բոլցմանի բաշխման կիրառություններից մեկը՝ իրական գազերը նկարագրող Դիտերիչիի հավասարումը: Դուրս բերել Դիտերիչիի հավասարումը և, կատարելով սահմանային անցում ցուցչային ֆունկցիայից գծային ֆունկցիայի, աշակերտներին ցույց տալ նրավերափոխումը Վան դեր Վաալսի հավասարմանը:

Աղյուսակ 12-ի շարունակություն

<b>Կիրառվող մեթոդները</b>	Ուսուցման նպատակի տեսական հիմնավորում, պարզաբանում, Էվրիստիկ զրույց, պրոբլեմային ուսուցում, մտքերի ու դատողությունների փոխադարձ քննադատում, շտկում և ճշգրտում, հանրագումարային եզրափակող զրույցով ամուր և խոսուն գիտելիքների համակարգում:
<b>Կանխառեսում</b>	Սկզբնական գաղափարների և պատկերացումների հարկորդում, ապա

	<p>սովորողներին տրվում են հետևյալ հարցերը՝ ինչպիսի՞ մեծություներով են նկարագրվում իրական գազերը, ի՞նչ կարևոր և որակական եզրահանգումներ են բխեցնում չորս մակրոսկոպական պարամետրերի միջև կախվածություները, որո՞նք են այն բանաձևերը, որոնց հիման վրա կառուցվում է Դիտերիչի հավասարման ստացումը, որո՞նք են այն նախապայմանները, որոնց տեղի ունենալու հանգամանքում իրական գազերի նկարագրման Դիտերիչի հավասարումը վերափոխվում է Վան դեր Վալսի հավասարմանը:</p>
<b>Դիտում</b>	<p>Անհրաժեշտ է ներկայացնել Բոլցմանի բաշխման օրենքի և այն ածավալ կիրառությունը՝ մասնավորապես կապը Դիտերիչի հավասարման հետ, արտածել այդ հավասարումը՝ հիշեցնելով մոլեկուլային կինետիկ տեսության հիմնական հավասարումը և կատարելով մի շարք մաթեմատիկական ձևափոխություններ:</p>
<b>Քննարկում</b>	<p>Ծղթայական տրամաբանված հերթականությամբ քննարկել կանխատեսումների և դիտումների արդյունքները՝ տալով մանրամասն բացատրություններ և մեկնաբանություններ յուրաքանչյուր սխալ անքննարկյալ առիթով:</p>
Աղյուսակ 12-ի շարունակություն	
<b>Համադրում</b>	<p>Հարկավոր է, և չափազանց կարևոր, կենսավորել միջառարկայական կապերի դրսևորումը, նախորդող թեմայի հետ տվյալ թեմայի համակցումը և փոխկապակցվածություները, իրականացնել ամբողջական ամփոփում:</p>

**Վեցերորդ թեմա**

**Վան դեր Վաալ սի իզոթերմերը:**

Աղյուսակ 13

<b>Դասի տեսակը</b>	Գործնական կարողությունների և հմտությունների դաս:
<b>Դասի թեման</b>	Վան դեր Վաալ սի իզոթերմերը:
<b>Դասի նպատակը</b>	Գրաֆիկների կիրառության միջոցով դիտողական և դյուրին դարձնել իրական գազի հատկությունների ուսումնառությունը, սովորողների մեջ ձևավորել պիտանի ու մեծարժեք կարողությունների և հմտությունների համակարգ, ներկայացնել վանդերվաալ սյան գազի իզոթերմերը՝ հիմնվելով իդեալական գազի իզոթերմերի համամասնության վրա, ուսուցանել Վան դեր Վաալ սի հավասարման մաթեմատիկական հետազոտությունը, ամրակայել ֆիզիկայի և մաթեմատիկայի միջառարկայական կապը:
<b>Կիրառվող մեթոդները</b>	Էվրիստիկ գրույց տրամագրերի (դիագրամներ) և գծապատկերների շուրջ, դիտում, խորացված նյութի մանրամասն և մառչելի բացատրություն, խմբակային քննարկումներ գրաֆիկական տեսանելիության թերությունների և առավելությունների բացահայտմամբ, ավարտուն գրույց թեմայի համակարգչային մոդելների ցուցադրումներով:
Աղյուսակ 13-ի շարունակություն	
<b>Կանխատեսում</b>	Մատուցվում է թեմայի ընդհանուր գիտելիքների ամբողջության նախամուտքը, այնուհետև անցում է կատարվում հարցերի առաջադրմանը: Վանդերվաալ սյան գազի իզոթերմերը n°ր ֆիզիկական

	<p>մեծ ությունների միջև կախումն են պատկերում և դիտողական ինչպիսի՞ առանձնահատկություններով են տարբերվում իդեալական գազի՝ Կլապեյրոնի իզոթերմերից: Վան դեր Վաալսի իզոթերմը ինչպիսի՞ ֆիզիկական վիճակներ է նկարագրում: <math>(p,V)</math> կոորդինատային հարթության <math>n^\circ</math> բնագավառում համապատասխանում հեղուկ վիճակին, <math>n^\circ</math> ընդ՝ գազային վիճակին և <math>n^\circ</math> տիրույթում հնարավոր է նյութի գոյությունը: Ի՞նչ ֆիզիկական իմաստ է կրում կրիտիկական ջերմաստիճանը:</p>
<p><b>Դիտում</b></p>	<p>Սովորողներին ներկայացվում են <math>(p,V)</math> հարթության նում <math>V</math> վան դեր Վաալսի իզոթերմերը, <math>V</math> վան դեր Վաալսի հավասարման մաթեմատիկական հետազոտությունը, կրիտիկական պարամետրերի ֆիզիկական իմաստները, վանդերվաալսյան իզոթերմի և փորձնականորեն ստացված չհագեցած գոլորշու իզոթերմի նմանությունը և տարբերությունը:</p>
<p><b>Քննարկում</b></p>	<p>Այս փուլում վերհանվում են կանխատեսման ընթացքում սովորողների կողմից առաջ քաշված դատողությունները և անհասկառ զատվում, ուղղվում են սխալ ենթադրությունները, ինչպես նաև քննարկվում են դիտումների արդյունքները:</p>
<p><b>Համադրում</b></p>	<p>Ներառարկայական և միջառարկայական կապերով կառուցված, համակարգված և ամբողջացված թեմայի ամփոփում և քննարկման փուլի արդյունքների համադրում:</p>

**Երրորդ փուլ**

Երրորդ՝ ստուգողական փուլը, մանկավարժական գիտափորձն ընդհանրացնող փուլն է, որի ընթացքում իրագործվել են հետևյալ քայլերը՝

- գրավոր ստուգողական աշխատանքի կազմում և անցկացում, որն ուղղված է բացահայտելու նոր մեթոդաբանության դասավանդող «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի խորացված թեմաների յուրացման աստիճանը սովորողների կողմից,
- ստացված արդյունքների մշակում, անկետավորում:

Ինչպես հայտնի է, շատ հաճախ «նոր»-ի նկատմամբ դրսևորվում է դժկամություն, և դասարաններում կային աշակերտներ, որոնք ի սկզբանե ոչ բարյացակամ էին տրամադրված նոր մեթոդաբանությանը և, ինչու ոչ, նաև նոր ուսուցչի ներկայությունը իրենց դասաժամին, որը խոչընդոտում էր գիտափորձի անցկացմանը, սակայն դասավանդող ուսուցիչների պատրաստակամ միջամտության արդյունքում լուծվեցին այսպիսի խանգարող հանգամանքները:

Ստուգողական փուլի ընթացքում խստասեր և պահանջախնդիր ուսուցիչները ողջունելի են համարել այս գիտամեթոդական աշխատանքի մշակումը՝ բազմիցս հնչեցնելով իրենց դրական կարծիքները նոր մեթոդաբանության վերաբերյալ: Նրանք ևս ցանկություն են հայտնեցին մասնակցություն ունենալ նման մեթոդական աշխատանքների գործընթացներում: Ակնհայտ խանդավառությամբ և ոգևորվածությամբ միարժեքորեն նշում էին հետագա ուսումնական աշխատանքներում նոր մեթոդաբանությանից օգտվելու մասին:

**Վերջնական ստուգողական գրավոր առաջադրանքում ներառված հարցերը (փորձնական դասավանդման թեմաների վերաբերյալ) և յուրաքանչյուր հարցին տրվող համապատասխան միավորները.**

- 1) Երկու մասնկիկների (ատոմներ, մոլեկուլներ) փոխազդեցության ուժերը (0.5 միավոր)  
ա. ի՞նչ բնույթ ունեն,  
բ. ինչպե՞ս են կախված մասնիկների միջև  $r$  հեռավորությունից,  
գ. միաժամանակ, թե՞ առանձին-առանձին են գործում,  
դ. ինչպե՞ս են ուղղված:
- 2) Գծե՛ք մոլեկուլների փոխազդեցության ուժի՝ միջմոլեկուլային հեռավորությունից կախումն արտահայտող

գարՖիկը և մեկնաբանե՛ք՝ ինչ ու՞ է կայուն հավասարակշռության դիրքում փոխազդեցության ուժը հավասարվում գրոյի, իսկ փոխազդեցության պոտենցիալ էներգիան ընդունում իր փոքրագույն արժեքը (0.5 միավոր):

- 3) Թվարկե՛ք գազի վիճակը բնութագրող հիմնական մակրոսկոպական պարամետրերը և նշե՛ք՝ որո՞նք են ֆիզիկայի դասընթացի «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնին պատկանող հիմնարար հաստատունները (նրանց թվային արժեքները և միավորները) (0.5 միավոր):
- 4) Նշե՛ք իրական գազի վիճակի հավասարման մեջ արտացոլված մոլեկուլների փոխազդեցության հիմնական որակական առանձնահատկությունները, որոնք բացակայում են իդեալական գազը նկարագրող Կլապեյրոն-Մենդելևի հավասարման մեջ (0.5 միավոր):
- 5) Գրե՛ք Վան դեր Վաալսի հավասարման  $p = p(V)$  կախումը և տվե՛ք այդ հավասարման մեջ արտահայտվող ներքին կամ մոլեկուլային ճնշման՝ ծավալի քառակուսուց հակադարձ համեմատական կախման մի քանի բացատրություններ (1 միավոր):
- 6) Չափայնությունների վերլուծության մեթոդով ստացե՛ք վանդերվաալսյան հաստատունների՝  $a$  և  $b$  պարամետրերի միավորները (1 միավոր):
- 7) Ստացե՛ք արտահայտություն այն նվազագույն ծավալի համար, որը չեն կարող զբաղեցնել  $d$  տրամագծով  $N$  մոլեկուլները (1 միավոր):
- 8) Ո՞ր բանաձևով է նկարագրվում երեք մոլ իրական գազի վիճակի հավասարումը (0.5 միավոր):

$$\underline{\text{ա.}} \left( p + 9 \frac{a}{V^2} \right) (V - 3b) = 3RT \quad \text{բ. } pV = 3RT$$

$$\text{գ. } \left( p + 9 \frac{a}{V} \right) (V - 3b) = 3RT \quad \text{դ. } \left( p - 9 \frac{a}{V^2} \right) (V + 3b) = 3RT$$

- 9) Գրե՛ք և մեկնաբանե՛ք այն ֆիզիկական պայմանները, որոնք կիրառելիս Վան դեր Վաալսի հավասարումից ստացվում է իդեալական գազի վիճակի հավասարումը, այսինքն այն պայմանները՝ ե՞րբ կարելի է անտեսել մոլեկուլների



վոխազդեցութեամբ պայմանավորված ուղղումները (0.5 միավոր):

10) Բոլցմանի բաշխման բանաձևի հիման վրա պատասխանեք հետևյալ հարցերին (0.5 միավոր).

ա. մեկնաբանեք՝ ի՞նչ է այն նկարագրում,

բ. ի՞նչ կապ կա մոլեկուլների կոնցենտրացիայի և նրանց արտենցիալ էներգիայի միջև,

գ. ո՞ր ֆիզիկական մեծությունների հաստատուն մնալու սահմանափակումների հանգամանքում է արտածվում Բոլցմանի բաշխումը:

11) Չափայնությունների վերլուծության մեթոդով ստացե՛ք  $\frac{RT}{Mg}$

մեծության միավորը (0.5 միավոր):

12) Երկրի մակերևույթից ի՞նչ բարձրությունում, ըստ «իզոթերմ» մթնոլորտի մոդելի, ճնշումը նորմալ մթնոլորտային ճնշման  $e^{-2}$  մասն է (1 միավոր).

ա.  $\frac{RT}{2Mg}$       բ.  $\frac{2RT}{Mg}$       գ.  $\frac{2eRT}{Mg}$       դ.  $\frac{RT}{e^2 Mg}$

13) Որո՞նք են ծանրության ուժի դաշտում իդեալական գազի ճնշման և մոլեկուլների կոնցենտրացիայի երկրից ունեցած բարձրությունից կախվածություններն ( $n_0, p_0$  համապատասխանաբար երկրի մակերևույթին գազի կոնցենտրացիան և ճնշումն են) (0.5 միավոր).

ա.  $p = p_0 e^{\frac{Mg h}{RT}}$ ,  $n = n_0 e^{\frac{mgh}{k_B T}}$       բ.  $p_0 = p e^{\frac{Mg h}{RT}}$ ,  $n_0 = n e^{\frac{mgh}{k_B T}}$

գ.  $p = p_0 e^{\frac{Mg h}{RT}}$ ,  $n = n_0 e^{\frac{mgh}{k_B T}}$       դ.  $p = p_0 e^{\frac{mg h}{RT}}$ ,  $n = n_0 e^{\frac{Mgh}{k_B T}}$

14) Ինչպե՞ս է ներկայացվում բարոմետրական բանաձևը երկրի մթնոլորտի բերված հաստության միջոցով (0.5 միավոր).

ա.  $p = p_0 e^{-8h}$       բ.  $p = p_0 e^{\frac{h}{8}}$       գ.  $p = p_0 e^{8h}$       դ.  $p = p_0 e^{-\frac{h}{8}}$

15) Ինչպիսի՞ արժեք կընդունի երկրի մթնոլորտի բերված հաստությունը 2634 ջերմաստիճանում, եթե հաշվի առնենք, որ  $T = const$  և մթնոլորտը բաղկացած է 0.029 կգ/մոլ մոլային զանգվածով օդից (1 միավոր):

ա.  $\approx 7682 \text{ m}$       բ.  $\approx 8000 \text{ m}$       գ.  $\approx 1882 \text{ m}$       դ.  $\approx 4702 \text{ m}$

**3.2. ՄԱՆԿԱԿԱՐԺԱԿԱՆ ԳԻՏԱՓՈՐՁԻ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐԻ ՀԱՄԵՄԱՏՈՒՄԸ ԵՎ  
ՀԱՄԱԿԱՐԳՈՒՄԸ ՎԻՃԱԿԱԳՐԱԿԱՆ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅԱՄԲ**

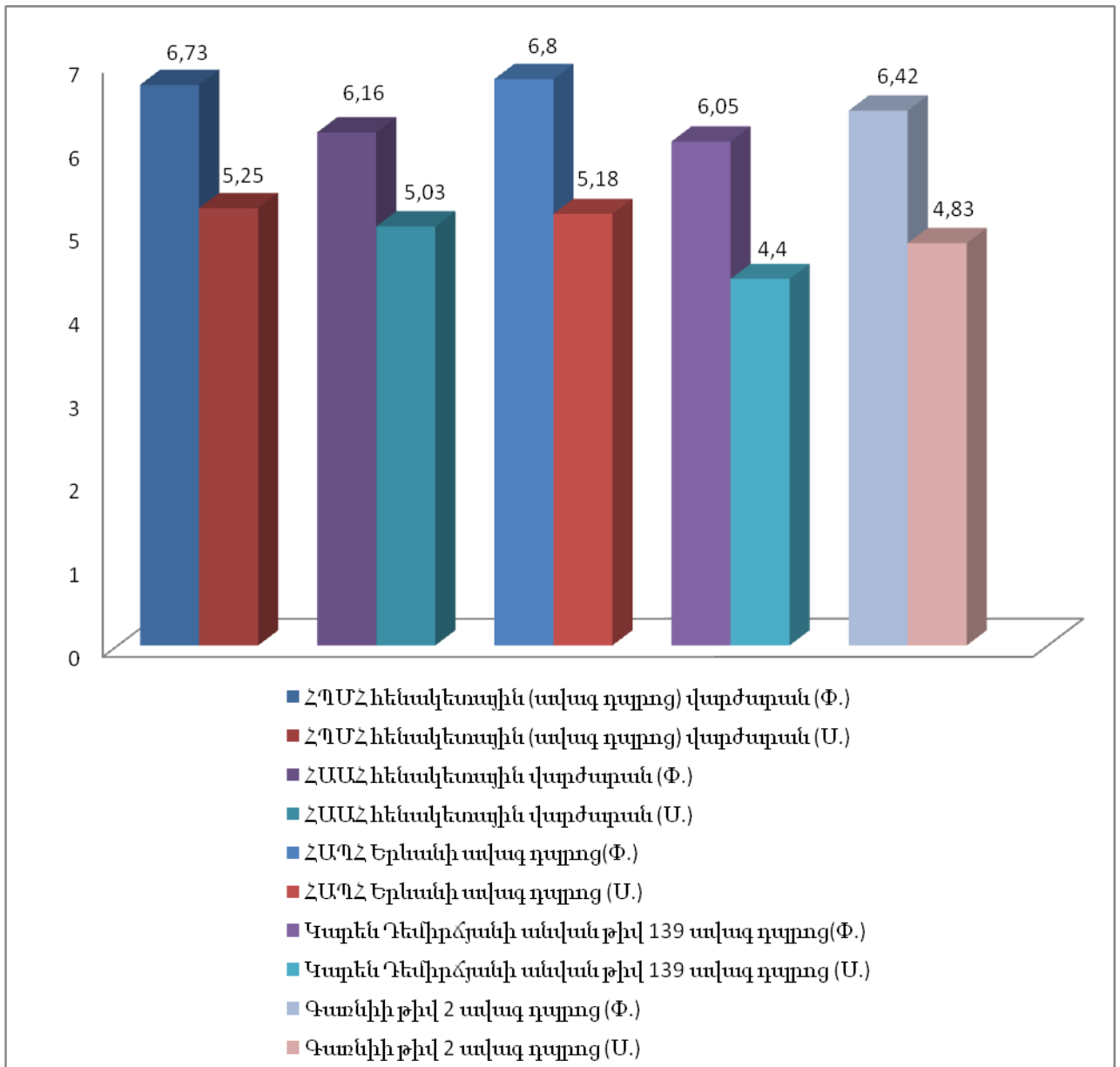
Մանկավարժական հետազոտության եզրափակումն ենթադրում է վերջնական ստուգողական առաջադրանքի արդյունքների վերլուծություն, համակարգում, աղյուսակի միջոցով նկարագրում (աղյուսակ 14) և գրաֆիկական ներկայացում (նկ. 3.2.1) և, որ ամենակարևորն է, վերջնական աշխատանքի արդյունքների համեմատում սկզբնական ստուգողական առաջադրանքի արդյունքների հետ, որն էլ հանգեցնում է մանկավարժական գիտափորձի իմաստավորմանը:

Աղյուսակ 14

Առաջադրանքի համարը	ՀՊՄՀ հենակետային (ավագ դպրոց) վարժարան		ՀԱԱՀ հենակետային (ավագ դպրոց) վարժարան		ՀԱՊՀ Երևանի ավագ դպրոց		Կարեն Դեմիրճյանի անվան թիվ 139 ավագ դպրոց		Գառնիի թիվ 2 ավագ դպրոց	
	Փ. (20)	Ս. (20)	Փ. (16)	Ս. (16)	Փ. (25)	Ս. (25)	Փ. (10)	Ս. (10)	Փ. (6)	Ս. (6)
1.	14	12	11	9	21	16	6	5	4	4
2.	15	10	10	7	18	15	5	3	3	3
3.	16	14	11	8	21	15	6	4	4	2
4.	14	13	13	9	21	17	7	4	5	3
5.	13	8	8	5	16	10	6	3	4	3
6.	12	8	9	6	13	8	4	2	3	3
7.	11	6	8	7	15	10	7	5	4	5
8.	17	15	13	12	18	15	7	7	4	3
9.	16	14	13	13	19	19	8	6	5	4
10.	15	13	9	9	20	16	6	7	3	2
11.	13	10	10	8	17	13	7	8	5	3
12.	11	8	7	5	14	10	5	3	4	2
Աղյուսակ 14-ի շարունակություն										

13.	14	11	13	11	20	18	6	7	4	2
14.	17	16	12	13	19	17	7	5	4	2
15.	12	11	9	8	15	11	6	3	3	2
Միջին գնահատակա- նական ը	6.73	5.25	6.16	5.03	6.8	5.18	6.05	4.4	6.42	4.83

Վերջնական ստուգման միջին արդյունքները



Նկար. 3.2.1. Վերջնական ստուգման միջին արդյունքները փորձարարական և ստուգողական դասարաններում:

Նախնական ստուգման գրաֆիկական վերլուծության ընթացքում պարզորոշ երևում է, որ փորձարարական և ստուգողական դասարանների ստուգման միջին գնահատականները նույն կարգի թվային արժեքներ են (նկ. 3.1.1), իսկ վերջնական ստուգման համեմատական տրամագրերը վկայում են, որ փորձարարական դասարանների արդյունքները (նկ. 3.1.2) շոշափելիորեն տարբերվում են ստուգողական դասարանների արդյունքներից:

Մանկավարժական հետազոտության ճշտության հավաստիությունը ստուգելու համար գտնենք K համեմատականության գործակցի արժեքը՝ փորձարարական դասարանի

աշակերտների միջին գնահատականի՝ E-ի և ստուգողական դասարանի աշակերտների միջին գնահատականին՝ T-ի հարաբերությունն ից՝  $K = \frac{E}{T}$ : Վերջինիս նպատակով դիտարկենք հետևյալ վերլուծական հաշվարկները՝

$$K_1 = \frac{E_1}{T_1} = \frac{14 \cdot 0,5 + 15 \cdot 0,5 + 16 \cdot 0,5 + 14 \cdot 0,5 + 13 \cdot 1 + 12 \cdot 1 + 11 \cdot 1 + 17 \cdot 0,5 + 16 \cdot 0,5 + 15 \cdot 0,5 + 13 \cdot 0,5 + 11 \cdot 1 + 14 \cdot 0,5 + 17 \cdot 0,5 + 12 \cdot 1}{20} = \frac{12 \cdot 0,5 + 10 \cdot 0,5 + 14 \cdot 0,5 + 13 \cdot 0,5 + 8 \cdot 1 + 8 \cdot 1 + 6 \cdot 1 + 15 \cdot 0,5 + 14 \cdot 0,5 + 13 \cdot 0,5 + 10 \cdot 0,5 + 8 \cdot 1 + 11 \cdot 0,5 + 16 \cdot 0,5 + 11 \cdot 1}{20},$$

$$K_1 = \frac{E_1}{T_1} = \frac{6,73}{5,25} = 1,28,$$

$$K_2 = \frac{E_2}{T_2} = \frac{6,16}{5,03} = 1,22,$$

$$K_3 = \frac{E_3}{T_3} = \frac{6,8}{5,18} = 1,31,$$

$$K_4 = \frac{E_4}{T_4} = \frac{6,05}{4,4} = 1,38,$$

$$K_5 = \frac{E_5}{T_5} = \frac{6,42}{4,83} = 1,33:$$

Հիմնվելով ստացված  $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5$  համեմատականության գործակիցների արժեքների վրա՝ վերջնական եզրակացության համար հաշվենք նրանց միջին թվաբանականը՝

$$K = \frac{K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5}{5} = \frac{1,28 + 1,22 + 1,31 + 1,38 + 1,33}{5} = 1,30:$$

$K = 1,30$ , այսինքն՝  $K > 1$ :  $K$  համեմատականության գործակիցի մեծ լինելը մեկից այն փաստարկն է, որն ապացուցում է տվյալ գիտամեթոդական աշխատանքի իրավացիությունը, գիտական վարկածի ճշմարտացիությունը և նոր մեթոդաբանական դյուրահաղորդությունը:

### **3-րդ գլխի եզրակացությունները.**

1. «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի խորացված թեմաների ուսուցման նոր մեթոդաբանությունը խորացնում և համակարգում է սովորողների գիտելիքները, նպաստում է նրանց գիտական աշխարհայացքի ձևավորմանը և վերլուծական մտածողության զարգացմանը:
2. Հետազոտության նորարական գաղափարները հիմք են ծրագրային նյութի դժվար ընկալվող հատվածների մատչելի մատուցման, որի արդյունքում ընդլայնվում է սովորողների իմացական հետաքրքրությունների շրջանակը և նրանք դառնում են ուսուցման գործընթացի ակտիվ մասնակիցները:
3. Գիտական վարկածը հավաստի է և ուղղված է ուսուցման արդյունավետության նշանոցի բարձրացմանը:

## ԵԶՐԱԿԱՑՈՒ ԹՅՈՒՆՆԵՐ

Ավագ դպրոցի ֆիզիկայի դասընթացի «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի խորացված թեմաների մեթոդաբանության մշակման հետազոտական աշխատանքների արդյունքներն են.

1. Դիտարկվել և ուսումնասիրությունների միջոցով բացահայտվել են ավագ դպրոցի բնագիտամաթեմատիկական հոսքերի ֆիզիկայի դասընթացի «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի խորացված թեմաների ուսուցման արդյունավետության աստիճանը, մատչելիության սահմանները, ուսուցանվող դասանյութերի բովանդակային շարադրանքը:

2. Գիտամեթոդական մշակման համար ընտրվել են «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի՝ նախկին ֆիզիկայի դասագրքերում մշակված, դժվարյունացվող թեմաները, առանձնաբար՝

- Մոլեկուլների փոխազդեցությունը (երկու մասնիկների փոխազդեցության ուժերի ընդհանուր հատկությունները),

- Իրական գազեր: Վանդերվաալ սյան ուժերի բնույթը,

- Վանդեր Վաալ սի հավասարումը (Վանդեր Վաալ սի հավասարման հետևություններ, կիրառություններ),

- Բոլցմանի բաշխումը և նրակիրառությունները,

- Բոլցմանի բաշխման կիրառություններից մեկի մասին (Դիտերիչիի հավասարումը),

- Վանդեր Վաալ սի իզոթերմերը:

3. Իրականացվել է վերհանված թեմաների վերաբերյալ գիտական, ուսումնամեթոդական գրականության, դասագրքերի, կրթական ծրագրերի, չափորոշիչների, հայեցակարգերի, «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի ուսուցմանը նվիրված ատենախոսությունների, գիտաուսումնամեթոդական հոդվածների և աշխատությունների բազմակողմանի վերլուծություն՝ միտված մատչելի և յուրացման աստիճանը բարձրացնող մեթոդաբանության ստեղծմանը:

4. Մշակված է ավագ դպրոցի ֆիզիկայի դասընթացի «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի խորացված թեմաների դասավանդման մեթոդիկան:

5. Դիտարկված է երկու մասնիկների (ատոմներ, մոլեկուլներ) փոխազդեցության ուժերի ընդհանուր հատկությունները, մասնիկների կայուն հավասարակշռության վիճակը, նյութը կազմող չեզոք մասնիկների փոխազդեցության պոտենցիալ էներգիայի և

փոխազդեցության ուժի կապը: Ներկայացված է փոխազդեցության պոտենցիալ էներգիայի նվազագույն արժեքը՝ որպես չափանիշ նյութի տարբերագրեգատային վիճակների համար:

6. Վերհանվել է էլեկտրամագնիսական բևույթի վանդերվաալսյան ձգողության երեք տեսակի՝ կողմնորոշող, մակածման, դիսպերսիային ուժերի կարևորությունը նյութի հեղուկ և պինդ ագրեգատային վիճակների հանգամանքում և այդ ուժերի ընդհանուր հատկությունը:

7. «Իրական գազ: Վանդերվաալսի հավասարումը» խորացված ուսուցման դասանյութի մատչելի ուսուցման նպատակով կիրառվել և մշակվել են տարբեր մեթոդական մոտեցումներ:

8. Հստակեցվել և խորացվել են կարևոր հարցադրումներ ինչպիսիք են՝ իրական գազի վիճակի հավասարման  $a$  պարամետրի բևույթագրի ճշգրտումները, ներքին կամ մոլեկուլային ճնշման՝ ծավալի քառակուսուց հակադարձ համեմատական կախման բացատրությունը (ինչու՞ է  $\Delta p$  ուղղումը հակադարձ համեմատական ծավալի քառակուսուն), վանդերվաալսյան  $a$  և  $b$  ուղղումների ճշգրտումները չափայնությունների վերլուծության կիրառմամբ: Դիտարկված են Վանդերվաալսի հավասարման մի քանի հետևություններ և կիրառություններ:

9. Համակարգվել և ամբողջացվել է վիճակագրական ֆիզիկայի կարևորագույն օրենքներից մեկի՝ Բոլցմանի բաշխման վերաբերյալ դասանյութի բովանդակությունը: Տրվել է բարոմետրական բանաձևի ընդհանրացումը կամայական պոտենցիալային ուժային դաշտում:

10. Ավագ դպրոցի բնագիտամաթեմատիկական հոսքերի ֆիզիկայի դասընթացի «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի կրթական նյութը հարստացվել է Բոլցմանի բաշխման օրենքի բազմազան կիրառություններով տարբեր ֆիզիկական երևույթներում (գոլորշիացում, քիմիական ռեակցիաների արագություն, ջերմային իոնացում, կաթոդից էլեկտրոնների արձակման երևույթ, Ավոգադրոյի հաստատունի որոշման Պեռենի փորձը)՝ սովորողների տրամաբանական, քննադատական, վերլուծական և ստեղծագործական մտածողության զարգացման համար:

11. Հանգամանորեն ներկայացված է իրական գազի վիճակի Դիտերիչի հավասարման արտածումը՝ Բոլցմանի բաշխման միջոցով և սահմանային անցումը Վանդերվաալսի հավասարմանը:



12. Մատչելի դասավանդման տեսանկյունից լիիրավ շահեկան է համարվել ուսուցման պրոցեսը համալրել գրաֆիկական (կորեր, գծապատկերներ, տրամագրեր) մեկնաբանությամբ ունենրով և բացատրությամբ ունենրով: Դիտարկված են վանդերվաալսյան գազի իզոթերմերը՝ հիմնվելով իդեալական գազի իզոթերմերի համանմանությամբ վրա, ֆիզիկայի և մաթեմատիկայի միջառարկայական կապը՝ Վան դեր Վաալսի հավասարման մաթեմատիկական հետազոտության ընթացքով, նյութի վիճակի՝ հեղուկից՝ գազի (գոլորշու) և հակառակ անցումների գրաֆիկական նկարագրությամբ ունենրով:

13. Գիտամեթոդական մշակումների հանրագումարումը և ամփոփումն իրականացվել է «Մոլեկուլների փոխազդեցությամբ», «Վան դեր Վաալսի հավասարումը», «Բոլցմանի բաշխումը», «Վան դեր Վաալսի իզոթերմերը» բաժինների վերաբերյալ որակական բովանդակությամբ խնդիրների դիտարկմամբ:

14. Գիտամանկավարժական հետազոտության արդյունքների վերլուծությամբ ունենրով հաստատում է գիտական վարկածի իրավացիությամբ ունենրով, որը փաստում է.

- որակավորման առանձնահատկությամբ ունենրով կերտելու պատասխանատու «բջիջը» հանրակրթական ավագ դպրոցն է, իսկ սնող «կենդանի օրգանիզմը»՝ բարեփոխումներ կրող կրթական համակարգը,
- «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի խորացված թեմաների նոր մեթոդաբանությամբ ունենրով հիմք է սովորողների ֆիզիկական մտածողության, մատերիալիստական աշխարհայացքի և գիտական աշխարհընկալման ձևավորման համար, որի արդյունքում նրանք չեն երկնչի սերտ լինել համամարդկային նվաճումներին, կոգեչնչվեն ֆիզիկա առարկայի «ռոմանտիզմով» և հանրակրթական դպրոցը կընդունեն որպես գիտության բնօրրան:

## ՕԳՏԱԳՈՐԾՎԱԾ ԳՐԱԿԱՆՈՒ ԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. Ասատրյան Լ. Թ., Յակոբյան Գ. Յ., Մանկավարժական հետազոտություններին մեթոդաբանությունը, «Արտագերս», Եր., 2011, 179 էջ:
2. Ասատրյան Լ. Թ. և ուրիշներ, Կրթության համակարգի կառավարման հիմունքները. մեթոդաբանություն և տեխնոլոգիա (Բուհական ձեռնարկ), «Չանգակ-97», Եր., 2003, 224 էջ:
3. Աստվածատրյան Մ., Արնաունդյան Ա. և ուրիշներ, Նոր մոտեցումներ ուսուցիչների պատրաստման գործընթացին, «Նոյան Տապան», Եր., 2004, 175 էջ:
4. Գրիգորյան Լ. Պ., Ֆիզիկայի պատմության ձեռնարկ, «Չանգակ-97», Եր., 2007, 372 էջ:
5. Թումանյան Մ.Գ., Վիճակագրական հասկացությունների և օրինաչափությունների ձևավորման մեթոդիկական մոլեկուլային ֆիզիկայի ուսուցման գործընթացում, Ատենախոսություններ մանկ. գիտ. թեկ., 2012, Եր., 156 էջ:
6. Լանդաու Լ.Դ., Կիտայ գորոդսկի Ա. Ի., Ֆիզիկա բոլորի համար: Ծարժում և ջերմություն, «Յայաստան», Եր., 1965, 496 էջ:
7. Կիրակոսյան Ա., Մամյան Ա., Ֆիզիկա 9, «Լույս», Եր., 2005, 302 էջ:
8. ՅՅ օրենք հանրակրթության մասին, Եր., 2009, 35 էջ:
9. Ղազարյան Է. Մ., Դպրոցական ֆիզիկայի դասավանդման մեթոդիկայի ընտրովի հարցեր, «Էդիթ Պրինտ», Եր., 2009, 308 էջ:
10. Ղազարյան Է.Մ., Եղիազարյան Բ.Ս., Նորը ֆիզիկայի դասագրքերում: Վանդեր Վալսի հավասարումը, Բնագետ 2, 2014, էջ 3-10:
11. Ղազարյան Է., Կիրակոսյան Ա., Մելիքյան Գ., Մամյան Ա., Մայիլյան Ս., Ֆիզիկա-10: Ավագ դպրոցի 10-րդ դասարանի դասագիրքը ընդհանուր և բնագիտամաթեմատիկական հոսքերի համար, «Էդիթ Պրինտ», Եր., 2010, 272 էջ:
12. Ղազարյան Է., Կիրակոսյան Ա., Մելիքյան Գ., Մամյան Ա., Մայիլյան Ս., Ֆիզիկա-11: Ավագ դպրոցի 11-րդ դասարանի դասագիրքը ընդհանուր և բնագիտամաթեմատիկական հոսքերի համար, «Էդիթ Պրինտ», Եր., 2010, 368 էջ:
13. Ղազարյան Է., Կիրակոսյան Ա., Մելիքյան Գ., Մամյան Ա., Մայիլյան Ս., Ֆիզիկա-12: Ավագ դպրոցի 12-րդ դասարանի դասագիրքը ընդհանուր և բնագիտամաթեմատիկական հոսքերի համար, «Էդիթ Պրինտ», Եր., 2010, 264 էջ:

14. Ղազարյան Յ. Գ., Թվերի խորհրդավոր ու հետաքրքրաշարժ աշխարհը /«Դարոցական գրադարան» մատենաշար/, «Աստղիկ Գրատուն», Եր., 2015, 144 էջ :
15. Ղազարյան Է. Մ., Մայիլյան Ս. Ս., Օհանյան Յ. Ռ., Գառնի թեորեմը, Բնագետ, «Չանգակ-97», Եր., 2012-1, էջ 3-11:
16. Ղազարյան Է. Մ., Մայիլյան Ս. Ս., Օհանյան Յ. Ռ., Երկբևեռի էլեկտրական դաշտը, Բնագետ, «Չանգակ-97», Եր., 2011-1, էջ 3-12:
17. Ղազարյան Է. Մ., Մայիլյան Ս. Ս., Օհանյան Յ. Ռ., Նորընթաց դարոցի ֆիզիկայի դասընթացում, «Էդիթ Պրինտ», Եր., 2016, 264 էջ :
18. Ղազարյան Է. Մ., Պարզ ֆիզիկական բարդ երևույթներում, «Էդիթ Պրինտ», Եր., 2009, 272 էջ :
19. Պետրոսյան Գ. Պ., Պետրոսյան Պ. Գ., Ֆիզիկայի ուսուցման տեսություն և մեթոդիկա, «Չանգակ-97», Եր., 2012, 200 էջ :
20. Սավելյա Ի. Վ., Ընդհանուր ֆիզիկայի դասընթաց, Մեխանիկա, Տատանումներ և ալիքներ, Մոլեկուլային ֆիզիկա, «Լոկյու», Եր., 1977, 1-ին հատոր, 641 էջ :
21. Օհանյան Յ. Ռ., Ֆիզիկայի խորացված ուսուցման մեթոդիկայի կատարելագործման հիմնախնդիրը ավագ դարոցում, Ատենախոսություն և մանկ. գիտ. թեկ. Եր., 2013, 160 էջ :
22. Ֆիզիկա: Հանրակրթական ավագ դարոցի չափորոշիչներ և ծրագրեր, ՀՀ ԿԳՆ, ԿԱԻ, Եր., 2009, 148 էջ :
23. Алексеев В.П., Панин А.В., Философия, Учебник., 3-изд., М., 2005, 608 с.
24. Вулкович М.П., Новиков И.И., Уравнение состояния реальных газов, |Госэнергоиздат|, М., 1948, 240 с.
25. Грабовский Г. И., Курс физики, 11-е изд., стер. - СПб., 2009 , 608 с.
26. Гребенев И.В., Использование школьных ПЭВМ для формирования важнейших понятий молекулярной физики, Физика в шк. №6, 1990, 44-48 с.
27. Гребенев И.В., Методические проблемы компьютеризации обучения в школе, Педагогика №5, 1994, 46-49 с.
28. Гулд Х., Тобочник Я., Компьютерное моделирование в физике, Часть 1,2, Изд. Мир, 1990, 350 с.
29. Гутер Р.С., Полунов Ю.Л., Джироламо Кардано, |Знание|, М., 1980, 192 с.
30. Демьянова Т. И., Формирование у учащихся средней школы знаний об агрегатных состояниях вещества и фазовых переходах на основе молекулярно-кинетической теории, Дис. Канд. Пед. Наук. М., 1984, 197 с.
31. Детлаф А.А., Яворский Б.М., Курс физики: Учеб., Пособие для вузов, «Высшая школа», М., 2002, 718 с.

32. Детлаф А.А., Яворский Б.М., Милковская Л.Б., Курс физики. Том 1. Механика. Основы молекулярной физики и термодинамики (4-е издание), Высшая школа, М., 1973, 384 с.
33. Ельяшевич М. А., Протьюко Т. С., Вклад Максвелла в развитие молекулярной физики и статистических методов, Белорусский государственный университет, 1981, Том 135, 423 с.
34. Зельдович Б. Я., Яглом И. М., Высшая математика для начинающих физиков и техников, Институт теоретической физики имени Л. Д. Ландау, «Наука», М., 1982, 513 с.
35. Ильина Т.А., Вопросы теории и методики педагогического эксперимента, «Знание», М. 1975, 123 с.
36. Ильин В.В., Философия науки, Изд. МГУ, М., 2003, 360 с.
37. Казарян Э. М., Петросян Л. С., Бабушкин В. И., Законы термодинамики, изд-во РАУ, Ер., 2007, 109 с.
38. Каплан И.Г., Введение в теорию межмолекулярных взаимодействий, Наука, Главная редакция физико-математической литературы, М., 1982, 312 с.
39. Касьянов В.А., Иллюстрированный атлас по физике. 10 класс, «Экзамен», М., 2010, 144 с.
40. Кикоин А.К., Кикоин И.К., Молекулярная физика, Изд. «Наука», М., 1976, 476 с.
41. Кларин М. В., Педагогическая технология в учебном процессе, Анализ зарубежного опыта., Знание, М., 1989, 80 с.
42. Коган Б.Ю., Размерность физической величины, «Наука», М., 1968, 72 с.
43. Компанеец А.С., Размерность физических величин и подобие явлений, «Квант», 1975, № 1, 9-17 с.
44. Кондратьев А.В., Лаптев В.В., Физика и компьютер, Изд. ЛГУ, Л., 1989, 328 с.
45. Кристи Р., Питти А., Строение вещества: введение в современную физику, «Наука», 1969, 596 с.
46. Кришталь Н.Д., Метод размерностей, «Квант», 1975, № 1, 18-21 с.
47. Кубо Р., Термодинамика, Мир, М., 1970, 307 с.
48. Кун Т., Структура научных революций, Сборник научно-образовательных докладов и статей, Е., 2014, 13-17 с.
49. Кушнер Ю.З., Методология и методы педагогического исследования: -Могилев: МГУ им. А.А. Кулешова, 2001, 112 с.
50. Ландау Л. Д., Ахиезер А. И., Лифшиц Е. М., Курс общей физики, Механика и молекулярная физика, КДУ Добросвет, 2011, 340 с.
51. Ландау Л. Д., Китайгородский А. И., Физика для всех, «Наука», 1982, 208 с.
52. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Статистическая физика, Часть 1, М., 1976, 586 с.

53. Макарова О. Е., Использование компьютерных моделей при изучении раздела "Молекулярная физика" в средней школе, Дис. Канд. Пед. Наук, М., 2003, 180 с.
54. Марголин Х.Я., Построение системы упражнений по молекулярной физике для средней школы, Дис. Канд. Пед. Наук, М., 1983, 250 с.
55. Мелешко Л. О., Молекулярная физика и введение в термодинамику, Высшая школа, Минск, 1977, 383 с.
56. Михалкин Н.В. Генезис, Философия и методология науки, Изд. МГОУ, М., 2007, 363 с.
57. Моркотун В.Л., Физика. Все законы и формулы в таблицах. 7-11 классы, (Среднее(полное) общее образование), «ВЛАДОС», М., 2007, 160 с.
58. Мякишев Г. Я., Буховцев Б. Б., Сотский Н.Н., Физика. 10 класс: учебник для общеобразовательных учреждений (базовый и профильный уровень), Просвещение, М., 2010, 366 с.
59. Мякишев Г. Я., Синяков А. З., Физика. Молекулярная физика. Термодинамика. 10 класс, Проф. Уровень, Дрофа, М., 2010, 354 с.
60. Нгуен Д. Т., Проблемы методики изучения молекулярно-кинетической теории газа в классах с углубленным изучением физики Республики Вьетнам, Дис. Канд. Пед. Наук, М., 1998, 178 с.
61. Петросян В.Г., Газарян Р.М., Сидоренко Д.А., Моделирование лабораторных работ физического практикума, Информатика и образование, 1999, №2, 59-67 с.
62. Путилов К. А., Термодинамика, «Наука», М., 1971, 375 с.
63. Розова Н.Б., Применение компьютерного моделирования в процессе обучения :На примере изучения молекулярной физики в средней общеобразовательной школе, Дис. Канд. Пед. Наук, Вологда, 2002, 163 с.
64. Савельев И.В., Курс общей физики, Механика, Молекулярная физика, Том 1, Изд. «Наука», М., 1977, 416 с.
65. Седов Л.И., Методы подобия и размерности в механике, «Наука», М., 1977, 440 с.
66. Сена Л.А., Единицы физических величин и их размерности, «Наука», М., 1977, 336 с.
67. Сивухин Д.В., Общий курс физики. Учеб. Пособие: Для вузов, В 5 т., Т 2, Термодинамика и молекулярная физика, МФТИ, М., 2005, 551 с.
68. Сивухин Д. В., Общий курс физики, «Наука», М., 1979, 520 с.
69. Стручков В. В., Яворский Б. М., Вопросы современной физики, «Просвещение», М., 1973, 496 с.
70. Телеснин Р. В., Молекулярная физика, «Высшая школа», М., 1973, 152-169 с.

71. Теория и методика обучения физике в школе частные вопросы., под ред. Каменецкого С.Е., «Академия», М., 2000, 384 с.
72. Трофимова Т. И., Курс физики: учеб., Пособие для вузов (11-е изд.), стер., Издательский центр «Академия», М., 2006, 560 с.
73. Тулуб А.В., Природа межмолекулярных сил, «Знание», Л., 1978, 36 с.
74. Федотова Г.А., Методология и методика психолого-педагогических исследований, Учеб. пособие; НовГУ им. Ярослава Мудрого, Великий Новгород, 2006, 112 с.
75. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М., Фейнмановские лекции по физике 4, Мир, М., 1965, 261 с.
76. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М., Фейнмановские лекции по физике// Выпуск 4-5: кинетика, теплота, звук, «Мир», М.,1976, 496 с.
77. Филиппов Ф.Р., Социология образования, М.,1980, 200 с.
78. Фирганг Е.В., Руководство к решению задач по курсу общей физики, «Высшая школа», 1977, 325 с.
79. Харыбина И.Н., Изучение физических основ действия тепловых двигателей в курсе физики основной школы, Дис. Канд. Пед. Наук, М., 2000, 149 с.
80. Шаповаленко Т.Г., Формирование у учащихся представлений о статистических закономерностях при обучении физике, Дис. Канд. Пед. Наук, Оренбург, 2010, 207 с.
81. Штейнберг А., Реальный газ и его уравнение состояния, Квант, номер 11, 1988, 52-54 с.
82. Шурухин В.О., Изучение энтропии в курсе физики средней школы. Дис. Канд. Пед. Наук, Санкт-Петербург, 2000, 133 с.
83. Яворский Б.М., Детлаф А.А., Физика для школьников старших классов и поступающих в вузы: Учеб. пособие, «Дрофа», М., 2005, 795 с.
84. Яворский Б.М., Пинский А.А. Основы физики: Учебн. В 2 т. Т1. Механика. Молекулярная физика. Электродинамика/ Под ред. Ю.И. Дика, «ФИЗМАТЛИТ», М., 2003, 576 с.
85. Яворский Б.М., Детлаф А.А., Справочник по физике, «Наука», М., 1980, 512 с.
86. Якимова Е. Б., Формирование эволюционно-экологического мировоззрения у старшеклассников в процессе обучения физике на основе синергетической концепции: На примере углубленного изучения тем "Термодинамика" и "Молекулярно-кинетическая теория". Дис. Канд. Пед. Наук, Вологда, 2002, 195 с.
87. Яковлев В. Ф., Теплота и молекулярная физика, Изд. «Просвещение», М., 1976, 320 с.
88. Ain A. Sonin, The Physical Basis of dimensional analysis, Second Edition, Cambridge, 2001, 57 p.

89. Ashmeet Singh, A simplistic pedagogical formulation of a thermal speed distribution using a relativistic framework, Indian Academy of Sciences, Pramana - Journal of Physics: Volume 81, Issue 1, 2013, 143-156 pp.
90. Bloom B. S., Krathwohl D.R., Taxonomy of educational objectives, Handbook 1, New York, Longman, 1984, 207 p.
91. Bruce E. Poling, John M. Prausnitz, John P. O'Connell, The properties of gases and liquids, Fifth Edition, McGraw-Hill, 2001, 803 p.
92. Chang L. Tien, John H. Lienhard, Statistical Thermodynamics, North Oxford Academic, Oxford, 1985, 397 p.
93. Christoph Schiller, The Adventure of physics, Fall, Flow and Heat, Motion Mountain, Twenty-seventh edition, Amazon, 2014, 564 p.
94. Daniel J. Jacob, Introduction to atmospheric chemistry, Harvard University, Princeton, New Jersey, 1999, 274 p.
95. Edwin R. Jones, Richard L. Childers, Contemporary college physics, Addison Wesley, 2000, 1088 p.
96. Farina C., Santos F.C., Tort A.C., A simple way of understanding the nonadditivity of van der Waals dispersion forces, Am J. Physics, No. 4, Brazil, 1999, 344-349 p.
97. Gerhard Gerlich, Ralf D. Tscheuschner, On the Barometric Formulas and their derivation from hydrodynamics and thermodynamics, D-22237 Hamburg, 2010, 14 p.
98. Hugh D. Young, College Physics (9<sup>th</sup> Edition), Slicer, Addison-Wesley, 2012, 1152 p.
99. Johanna Levelt Sengers, How fluids unmix, Koninklijke Nederlands Akademie van Wetenschappen, Amsterdam, 2002, 320 p.
100. Leinonen R., Improving the learning of thermal physics at university, Dissertation of PhD, Joensuu, 2013, 92 p.
101. Michaela Reichelvon, Aba Teleki, "The role of dimensional analysis in teaching physics", 13<sup>th</sup> International scientific conference of PhD. Students and young scientists and pedagogues, Constantine the philosopher university in nitra, faculty of natural sciences, September 19-20, 2012, Nitra, Slovak republic, <http://conferences.usk.sk/phdconf2012>
102. Munir H. Nayfeh, Morton K. Brussel, Electricity and Magnetism, ISBN 0-471-82985-4, John Wiley & Sons Inc Singapore, 1985, 619 p.
103. Normand M. Laurendeau, Statistical Thermodynamics, Cambridge university press, 2005, 448 p.
104. Norman Reid, Getting started in Pedagogical research in the physical science, University of Hull, UK, ISBN 1-903815-07-X, 2006, 78 p.
105. Paul G. Hewitt, Conceptual Physics, 11<sup>th</sup> edition, Addison-Wesley, 2010, 816 p.

106. Paul P. Urone, Manjula Sharma, College Physics, Openstax College, Rice University, Texas, 2013, 1270 p.
107. Rahimi, P & Ward, Kinetics of Evaporation: Statistical Rate Theory Approach, Int. J. of Thermodynamics, CA, 2005, 1-14 pp.
108. Raymond A., Chris V., Jerry S., College Physics, Eighth Edition, Boston, Brooks/Cole, 2012, 1099 p.
109. Raymond A. Serway, Essentials of College Physics, Belmont, CA, Brooks Cole, 2006, 880 p.
110. Sande M. E., Pedagogical Content Knowledge and the Gas Laws: A Multiple Case Study. Dissertation of PhD, Minnesota, 2010, 239 p.
111. Sokoloff D. R., and others, Active learning in optics and photonics: training manual. UNESCO, 2009, 248 p.
112. Steffe, L. P., Thompson P. W., Teaching experiment methodology: In R. Lesh & A. E. Kelly (Eds.), Research design in mathematics and science education, Hillsdale, NJ: Erlbaum, 2000, 267-307 pp.
113. Young H.D., Freedman R.A., University Physics with Modern Physics with Mastering Physics (12<sup>th</sup> Edition), PEARSON, 2007, 1632 p.
114. <http://bse.sci-lib.com/article075079.html>
115. [http://www.garlandscience.com/res/pdf/9780815340911\\_thermo\\_ch02.pdf](http://www.garlandscience.com/res/pdf/9780815340911_thermo_ch02.pdf)
116. <http://www.astronet.ru/db/msg/1252779/14.html>
117. <http://physics.drexel.edu/~bob/Chapters/dimensional3.pdf>
118. <http://festival.1september.ru/articles/576015/>
119. <http://www.physics.uoguelph.ca/tutorials/dimanaly/>
120. <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/pdf/ALOP.pdf>
121. <http://phet.colorado.edu/>
122. <http://forum.amedu.am/showthread.php/46%D5%88%D6%82%D5%BD%D5%B8%D6%82%D6%81%D5%B4%D5%A1%D5%B6%D5%AA%D5%A1%D5%B4%D5%A1%D5%B6%D5%A1%D5%AF%D5%A1%D5%AF%D5%AB%D6%81%D5%B4%D5%A5%D5%A9%D5%B8%D5%A4%D5%B6%D5%A5%D6%80%D4%BD%D4%BB%D4%BF-%D5%B0%D5%A1%D5%B4%D5%A1%D5%AF%D5%A1%D6%80%D5%A3>
123. <http://charko.narod.ru/tekst/an4/1.html>
124. <http://office.microsoft.com/en-us/excel/>
125. [https://www.google.am/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=10&cad=rja&uact=8&ved=0CGUQFjAJ&url=http%3A%2F%2Fwww.phy.ilstu.edu%2F~hmb%2Fphy325%2FTPCh.5.5.3-2\(09\).pdf&ei=orgxU5-QCZGU7QaczICYBg&usq=AFQjCNEYRXEX\\_o3HzPKL7F-iwenuuXAkYA](https://www.google.am/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=10&cad=rja&uact=8&ved=0CGUQFjAJ&url=http%3A%2F%2Fwww.phy.ilstu.edu%2F~hmb%2Fphy325%2FTPCh.5.5.3-2(09).pdf&ei=orgxU5-QCZGU7QaczICYBg&usq=AFQjCNEYRXEX_o3HzPKL7F-iwenuuXAkYA)
126. <http://www.nwlink.com/~donclark/hrd/bloom.html>



## ՀԱՎԵԼՎԱՅ 1

### ԽՐՐԱՆԱՐԴ ՀԱՎԱՍԱՐՈՒՄՆԵՐԻ ԼՈՒԾՈՒՄՆԵՐԸ

Մաթեմատիկան «Էներգիայի աղբյուր» է, որով սնվում, առաջընթաց են ապրում և սերտաճում մյուս գիտությունները: Գերմանացի մեծագույն դասական փիլիսոփա Իմանուել Կանտը (1724-1804թթ.) ասել է. «Յուրաքանչյուր բնական գիտություն պարունակում է այնքան ճշմարտություն, որքան նրանում մաթեմատիկական»:

Խրրանարդ (երրորդ աստիճանի) հավասարման ընդհանուր տեսքն է՝

$$ax^3 + bx^2 + cx + d = 0,$$

որտեղ  $a, b, c, d$  գործակիցները հայտնի թվեր են, ընդ որում՝  $a \neq 0$ , իսկ  $x$ -ը՝ անհայտը: Ըստ Վիետի թեորեմի՝ խրրանարդ հավասարման  $x_1, x_2, x_3$  արմատների միջև տեղի ունեն հետևյալ առնչությունները՝

$$x_1 + x_2 + x_3 = -\frac{b}{a}, \quad x_1x_2 + x_2x_3 + x_1x_3 = \frac{c}{a}, \quad x_1x_2x_3 = -\frac{d}{a}:$$

Խրրանարդ հավասարումը փոփոխականի  $x = y - b/3a$  փոխարինմամբ հանգեցվում է  $y^3 + py + q = 0$  «բերված տեսքի» հավասարմանը, որտեղ

$$p = \frac{c}{a} - \frac{1}{3}\left(\frac{b}{a}\right)^2, \quad q = \frac{2}{27}\left(\frac{b}{a}\right)^3 - \frac{1}{3}\frac{bc}{a^2} + \frac{d}{a}:$$

Համապատասխանաբար՝

$$D = \left(\frac{p}{3}\right)^3 + \left(\frac{q}{2}\right)^2$$

արտահայտությունը կոչվում է խրրանարդ հավասարման տարբերիչ (դիսկրիմինանտ). վերջինիս նշանից է կախված խրրանարդ հավասարման իրական լուծումների թիվը (ենթադրվում է, որ  $p$ -ն և  $q$ -ն իրական թվեր են):

ա) եթե  $D > 0$ , ապա խրրանարդ հավասարումն ունի 1 իրական և 2 կոմպլեքս (համալուծ) լուծումներ,

բ) եթե  $D < 0$ , ապա խրրանարդ հավասարումն ունի 3 իրական լուծումներ,

գ) եթե  $D = 0$ , ապա խրրանարդ հավասարումն ունի 1 միապատիկ

իրական լուծում և 1 երկպատիկ իրական լուծում:

(Օրինակ,  $y^3 - 3y - 2 = 0$  հավասարման տարբերիչը՝  $D = 0$ : Այս հավասարման միապատիկ լուծումն է՝  $y_1 = -1$ , իսկ երկպատիկ լուծումը՝  $y_{2,3} = \frac{1 \pm \sqrt{17}}{2}$ : Եթե  $p = q = 0$ , ապա  $ax^3 + bx^2 + cx + d = 0$  խորանարդ հավասարումն ունի երեք հավասար արմատներ՝  $x_1 = x_2 = x_3$ : Օրինակ՝  $x^3 - 3x^2 + 3x - 1 = 0$  հավասարման լուծումն է՝  $x_1 = x_2 = x_3 = 1$ : )

Կատարելով  $\alpha = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{D}}$  և  $\beta = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} - \sqrt{D}}$  նշանակումները՝

խորանարդ հավասարման լուծումները կարող ենք ներկայացնել հետևյալ բանաձևերով՝

$$y_1 = \alpha + \beta,$$

$$y_2 = -\frac{\alpha + \beta}{2} + i\frac{\alpha - \beta}{2}\sqrt{3},$$

$$y_3 = -\frac{\alpha + \beta}{2} - i\frac{\alpha - \beta}{2}\sqrt{3}:$$

Այս բանաձևերը, ի պատիվ իտալացի մաթեմատիկոս, բժիշկ Ջիրոլամո Կարդանոյի, անվանում են (1501-1576թթ.) Կարդանոյի բանաձևեր:

Յետաքրքիր է իմանալ գիտության պատմության գաղտնիք պարունակող էջերը: Լոդովիկո Ֆեռարին (1522-1565թթ.), ով Կարդանոյի սանն էր, 1540 թ.-ին վերը շարադրված եղանակով ստանում է 4-րդ աստիճանի հավասարման լուծման բանաձևեր: Սակայն, քանի որ Կարդանոյի՝ խորանարդ աստիճանի հավասարման լուծումների վերը բերված բանաձևերը դեռևս ստացված չէին, Ֆեռարիի այդ աշխատանքը չի տպագրվում [14, 29]: Այն հրատարակվում է միայն 1545 թվականին, երբ արդեն Կարդանոն ստացել էր իր նշանավոր բանաձևերը: 3-րդ և 4-րդ աստիճանի հավասարումների լուծումների երկար սպասվող բանաձևերը հրատարակ են գալիս միաժամանակ՝ Կարդանոյի «Մեծ Արվեստ» գրքում:

Սակայն հայտնի է, որ գիտության պատմության մեջ կատարված «պեղումները» հաճախ բացահայտում են նշանավոր հայտնագործությունների թաքնված իրողությունները: Պատմում են, որ իտալացի մաթեմատիկոս Սցիպիոն դել Ֆեռոն (1465-1526թթ.)

Լուծում է  $x^3 + px = q$  հավասարումը և այդ Լուծմանը ծանոթացնում  
 իր սան և փեսա Անտոնիո Մարիա Ֆիորեին: Ֆիորեն, ունենալով իր  
 ձեռքում նման հզոր գեղք, մաթեմատիկական մրցության է  
 հրավիրում փառավոր ինքնուսույց-մաթեմատիկոս Նիկոլո  
 Տարտալիային (1499-1557թթ.): Մրցությից մի քանի օր առաջ  
 Տարտալիան արդեն ստացել էր խորանարդ աստիճանի  
 հավասարումների Լուծման ընդհանուր մեթոդը և հաղթում է այդ  
 մրցությանը՝ Լուծելով իրեն առաջարկված բոլոր 30 խնդիրները:  
 Սակայն  $x^3 + px + q = 0$  հավասարման Լուծումների բանաձևերը տպագրել  
 է ոչ թե Տարտալիան, այլ Կարդանոն, ով, ինչպես պատմում են, իբրև  
 այդ բանաձևերն իմացել էր Տարտալիայից:

## ՀԱՎԵԼ ՎԱՃ 2

### «ԻՐԱԿԱՆ ԳԱԶԵՐ» ԹԵՄԱՅԻ ԱՄՓՈՓՈՒ ՄԸ ՀԱՐՑԵՐԻ ԵՎ ԽՆԴԻՐՆԵՐԻ ՄԻՋՈՑՈՎ

Հիմնարար կրթության իսկույթը ձևավորում են համակարգված և ինքնուրույն գիտակցված գիտելիքները, որոնք ժառանգվում են սեփական մտավոր աշխատանքի եռուն և արվածության ճանապարհով: Գիտակցական ուսուցման և սովորողների մտածողության առաջնական անխուսափելի պայմանն է խնդիրների առաջադրումը: Ավագ դպրոցի բնագիտամաթեմատիկական հոսքերում ֆիզիկա առարկայի արդյունավետ դիֆերենցված կրթությունը հիմնվում է «Ֆիզիկա» գիտության տեսության և նրա գործնական կիրառելիության կապի հաստատման վրա: Ինչքան ավելի ամուր է այն համակարգը, որում իրագործվում է տեսության ուսուցումը և նրանից բխող համապատասխան արդյունքների կիրառման համագործակցումը, այնքան ավելի բարձր է սովորողների յուրացման մակարդակը: Ֆիզիկայի ծրագրային նյութի գործիքադարանում որակական բովանդակությամբ խնդիրներն ուսուցման որակի ստուգման չափորոշիչ են:

Մեր նախորդ աշխատանքներում հետազոտել, խոր վերլուծության ենթարկել և մշակել ենք ավագ դպրոցի ֆիզիկայի դասընթացի «Մոլեկուլային ֆիզիկա» բաժնի մի շարք կարևոր խորացված թեմաների ուսուցման մեթոդաբանությունը («Մոլեկուլների փոխազդեցությունը», «Վան դեր Վաալ սի հավասարումը», «Բոլցմանի բաշխումը», «Վան դեր Վաալ սի իզոթերմերը»): Այդ գիտամեթոդական մշակումների հանրագումարումը և ամփոփումը տեսնում ենք վերոնշյալ բաժինների վերաբերյալ որակական բովանդակությամբ խնդիրների վեր հանման մեջ, որոնք ներկայացնում ենք տվյալ աշխատանքում: Այսպիսով, տեսական հագեցվածությամբ խնդիրների լուծման ճանապարհին սովորողները ցուցաբերում են պրպտոդական նախաձեռնություն, ճանաչողական ինքնուրույնություն, հետաքրքրվածություն, խոչընդոտները և դժվարությունները հաղթահարելու ընդունակություն, յուրացրած նյութը վերարտադրելու ակտիվություն:

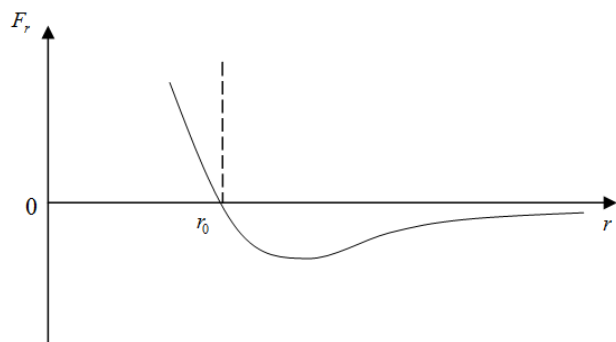
Այժմ օրինակների միջոցով դիտարկենք մի շարք հարցեր և խնդիրներ, որոնք վերաբերում են իրական գազերին և, մասնավորապես, նրանց մոլեկուլների փոխազդեցություններին:

Օրինակ 1. Ապացուցել, որ մոլեկուլային ուժերը կախված չեն մոլեկուլների ընդհանուր թվից, այլ կերպասած՝ մարմնի չափերից:

Պատասխան: Մոլեկուլային ուժերը գործում են միայն հարևան մոլեկուլների միջև: Իրոք, մոլեկուլային ձգողական ուժերը հակադարձ համեմատական են նրանց միջև հեռավորության 7-րդ աստիճանին՝  $F_y \sim 1/r^7$ , իսկ վանողական ուժերը հակադարձ համեմատական են  $r$ -ի 13-րդ աստիճանին՝  $F_{\text{հի}} \sim 1/r^{13}$ : Այստեղից հետևում է, որ մոլեկուլների միջև մի որոշ  $r_0$  հեռավորության դեպքում ձգողական և վանողական ուժերը փոխադարձաբար հավասարակշռված են [17]:  $r_0$ -ն մոլեկուլի «տրամագծի» կարգի մեծությունն է: Հետևաբար,  $r_0$ -ից մի քանի տասնյակ անգամ մեծ հեռավորությամբ մոլեկուլները գործնականորեն չեն փոխազդում (տե՛ս նկ. հ. 1): Ուրեմն, մոլեկուլների թիվն ավելացնելիս (կամ, որ նույնն է՝ մարմնի չափերը մեծացնելիս) մոլեկուլների միջև փոխազդեցության ուժերը չեն փոփոխվում: Օրինակ՝ անձրևի կաթիլի, օվկիանոսի ջրի միջմոլեկուլային փոխազդեցության ուժերը, միևնույն ջերմաստիճանում և միևնույն արտաքին ճնշման դեպքում, նույնն են:

Օրինակ 2. Ինչու՞ վանողական ուժերի ազդեցությամբ մոլեկուլները տարբեր կողմեր չեն թռչում:

Պատասխան: Իրարից վանվելիս մոլեկուլները տարբեր կողմեր կթռչեին, եթե չլիներին փոխադարձ ձգողության ուժերը, որոնք աճում են մոլեկուլների՝ միմյանցից հեռանալիս (նկ. հ. 1):



Նկ. հ. 1. Մոլեկուլների փոխազդեցության ուժի կախումը միջմոլեկուլային հեռավորության նից:

Օրինակ 3. Օրինակ 1-ում մենք նշեցինք, որ երկու մոլեկուլի փոխազդեցության ուժը  $r$  հեռավորության նից կախված փոփոխվում է

$$F(r) = \frac{k_1}{r^{13}} - \frac{k_2}{r^7}$$

օրենքով, որտեղ  $k_1$ -ը և  $k_2$ -ը դրական հաստատուններ են,

որոնք որոշվում են փորձով: Նկ. հ. 1-ում պատկերված է  $F(r)$  կախման գրաֆիկը [12]: Ինչպեսի՞նչ կլինի այդ մոլեկուլների փոխազդեցության  $U(r)$  պոտենցիալ էներգիայի՝  $r$ -ից կախումն արտահայտող բանաձևը: Կառուցել  $U(r)$  Ֆունկցիայի գրաֆիկը: Ի՞նչ ֆիզիկական իմաստ է արտահայտում  $r_0$  կետը:

Լուծում:  $F(r)$  ուժն ուղղենք օրդինատների առանցքով (ընդ որում, պայմանավորվածք վանողական ուժերին վերագրել դրական նշան, իսկ ձգողականին՝ բացասական): Պարզության համար ենթադրենք, որ ունենք ընդամենը երկու մոլեկուլ: Քանի որ ուժերը կախված են միայն այդ մոլեկուլների հեռավորության նից, այլ ոչ անմիջականորեն կոորդինատներից, համարենք, որ մոլեկուլներից մեկն ամրացված է, ասենք, կոորդինատների սկզբնակետում: [12] դասագրքի (7.49) բանաձևի երկու կողմն էլ բազմապատկելով մասնիկի (մոլեկուլի)  $q$  լիցքով՝ կունենանք՝

$$qE_l = -q \frac{\Delta\phi}{\Delta l} = -\frac{\Delta(q\phi)}{\Delta l}:$$

Նկատի ունենալով, որ  $qE_l = F_l$ -ը մասնիկի վրա էլեկտրական դաշտից ազդող ուժի պրոյեկցիան է  $l$  ուղղության վրա,  $q\phi = U$ -ն՝ մասնիկի պոտենցիալ էներգիան էլեկտրական դաշտում, կունենանք՝

$$F_l = -\frac{\Delta U}{\Delta l}:$$

Քանի որ մեր խնդրում էլեկտրական դաշտի աղբյուրն  $O$  կետում գտնվող մոլեկուլն է, ապա,  $l$ -ը փոխարինելով  $r$ -ով և հաշվի առնելով, որ փոխազդեցության ուժն ուղղված է  $r$ -ի երկայնքով՝ կարելի է գրել՝

$$F = -\frac{\Delta U}{\Delta r} = -U'(r), \quad (h. 1)$$

երբ  $\Delta r$ -ն անվերջ փոքր է: Այսպիսով, երկրորդ մոլեկուլի վրա ազդող ուժը վերջինիս պոտենցիալ էներգիայի ածանցյալն է՝ հակառակ նշանով:

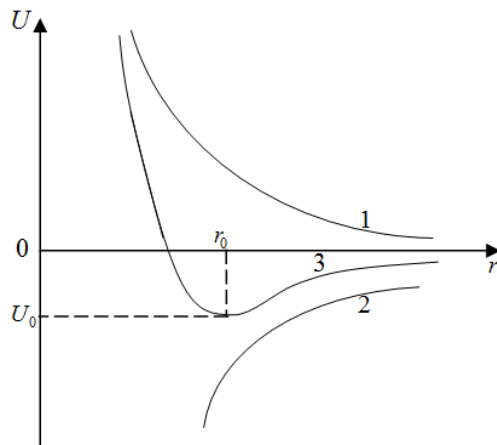
Այժմ դժվար չէ ստանալ  $U(r)$  ֆունկցիան, եթե հայտնի է  $F(r)$  կախումն արտահայտող բանաձևը: Այնուհետև հետևյալ տեսքը՝

$$U(r) = \frac{a_1}{r^{12}} - \frac{a_2}{r^6}, \quad (\text{հ. 2})$$

որտեղ  $a_1 = -\frac{k_1}{12}$ ,  $a_2 = -\frac{k_2}{6}$ :

Ստացված արտահայտության ճշմարտացիությանը կարելի է համոզվել՝ այն ածանցելով ըստ  $r$  փոփոխականի:

(հ. 2) բանաձևից երևում է, որ  $U(r)$  արտեղծիչ է ներգիան հասնում է իր փոքրագույն արժեքին հավասարակշռության  $r = r_0$  դիրքում:  $r_0$ -ից ինչպես աջ, այնպես էլ ձախ  $U(r)$ -ը սկսում է աճել, և հավասարակշռությունը խախտվում է: Այնպես, որ հավասարակշռության վիճակը  $r_0$  կետում կայուն է՝  $U(r) = U_{\min}$ : Ատոմը  $r_0$  հավասարակշռության դիրքից շեղելիս նրավարասկսում է ազդել հարևան ատոմի վերադարձնող ուժը:  $U(r)$  ֆունկցիայի գրաֆիկը պատկերված է նկ. հ. 2-ում (3 կորը):



Նկ. հ. 2. Մոլեկուլների փոխազդեցության արտեղծիչ է ներգիայի կախումը միջմոլեկուլային հեռավորությունից:

Ուշագրավ է  $r = r_0$  կետը: Ըստ արտեղծիչ է ներգիայի միևնույնի սկզբունքի՝  $r = r_0$  հեռավորությունը համապատասխանում է մասնիկների կայուն հավասարակշռության վիճակին, որտեղ  $U(r)$  արտեղծիչ է ներգիան հասնում է իր փոքրագույն՝  $U(r_0) = U_{\min}$  արժեքին [11]: Պոտենցիալ ային փոսի  $U_{\min}$  խորությունը բնութագրում

Ե ատոմների և մոլեկուլների փոխազդեցության էներգիայի այն արժեքը, որն անհրաժեշտ է ծախսել ատոմները միմյանցից անվերջ հեռու տեղափոխելու համար:

Օրինակ 4. Ապացուցել, որ եթե ատոմները տատանվեն ներդաշնակորեն, ապա մարմինները տաքանալիս չեն ընդարձակվի [18]:

Պատասխան: Ենթադրենք, որ ատոմն ինչ-որ պատճառով դուրս է բերված իր հավասարակշռության վիճակից: Ենթադրենք՝ վերարձանող ուժը համեմատական է շեղմանը (այսպես կոչված՝ ներդաշնակ մոտավորություն):

$$F(x) = -kx, \quad x = r - r_0:$$

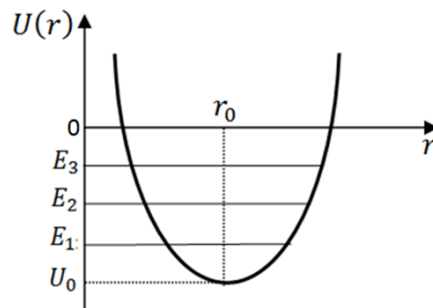
Դժվար չէ համոզվել, որ  $F(x)$ -ը կուսենա գծային կախում շեղումից, եթե միայն պոտենցիալ էներգիան տրվի

$$U(x) = \frac{kx^2}{2} + C$$

բանաձևով, որտեղ  $C$ -ն հաստատուն մեծությունն է՝  $C = U(0)$ : Իսկապես, համաձայն (հ. 1) բանաձևի՝

$$F = -U'(x) = -kx:$$

Պարզենք  $C$  մեծության ֆիզիկական իմաստը: Նկատենք, որ այդ հաստատունի ընտրությունը պայմանական է, քանի որ  $C = U(0)$ , իսկ պոտենցիալ էներգիան կարող ենք հաշվել որևէ սկզբնական տից: Չէ՞ որ ֆիզիկական իմաստ ունի միայն պոտենցիալ էներգիայի փոփոխությունը և ոչ թե նրա բացարձակ արժեքը: Չխախտելու համար նշանի ընտրության ընդունված սովորությունը՝ ենթադրենք, որ  $U(0) = -U_0 < 0$  (նկ. հ. 3):



Նկ. հ. 3. Ձերմային

բացակայության գրաֆիկական նկարագրությունը:

ընդարձակման

Այդ դեպքում տեղաշարժվող ատոմի տատանումները  $r_0$  կետի նկատմամբ կլինեն կատարյալ համաչափ և, հետևաբար, շեղված ատոմի



միջին դիրքն անշարժի նկատմամբ կախված է տատանման լայնույթի մեծություներից: Այս հանգամանքով էլ բացատրվում է ջերմային ընդարձակման բացակայությունը: Չասկանալու համար երևույթի էությունը՝ նկատենք, որ ջերմաստիճանի բարձրացմանը գուցենթացատումի  $E$  լրիվ էներգիան աճում է, ինչը հանգեցնում է ընդամենը շարժվող ատոմի տատանման լայնույթի աճին: Միջմուկեկուլային միջին հեռավորությունը մնում է անփոփոխ: Այսպիսով՝ ներդաշնակ մոտավորությամբ ջերմաստիճանի աճը չի հանգեցնում ջերմային ընդարձակման:

Օրինակ 5. Այդ դեպքում ինչն<sup>օ</sup>վ է պայմանավորված մարմինների ջերմային ընդարձակումը [18]:

Պատասխան: Դիտարկված ներդաշնակ մոտավորությունն արդարացվում է միայն փոքր  $x=r-r_0$  շեղումների դեպքում: Մեծ շեղումների դեպքում այն ճիշտ է:

Ինչպես երևում է 1-ին նկարից, ատոմների մոտեցման դեպքում վանողական ուժերն աճում են շատ ավելի արագ, քան ձգողական ուժերը նվազում՝ ատոմների հեռացման ժամանակ, հետևաբար, պոտենցիալ էներգիայի կորը մեծ շեղումների դեպքում, այսինքն՝ բարձր ջերմաստիճաններում վատ է մոտարկում պարաբոլով (շեղվում է քառակուսային կախումից):

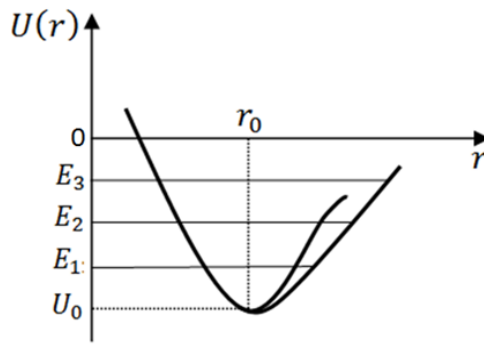
Ոչ ներդաշնակ մոտավորությամբ շարժվող ատոմի վրա ազդող  $F(x)$  ուժը կարելի է ներկայացնել հետևյալ բանաձևով՝

$$F(x) = -kx + k_1x^2,$$

որտեղ  $k_1$ -ը հաստատուն մեծություն է:

Դժվար է ապացուցել, որ պոտենցիալ էներգիան այդ դեպքում կարտահայտվի հետևյալ կերպ՝

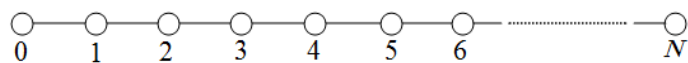
$$U(x) = \frac{kx^2}{2} - \frac{k_1x^3}{3} - U_0:$$



Նկ. հ. 4. Բարձր ջերմաստիճաններում պարաբոլական կորի շեղման նկարագիրը:

4-րդ նկարում պատկերված է ոչ ներդաշնակ մոտավորությամբ  $U(r)$  կորը: Եթե այժմ որոշենք առավելագույն շեղումները տարբեր ջերմաստիճանների դեպքում, ապա կարելի է ասել, որ  $U(r)$  կորի այդպիսի ոչ համաչափության դեպքում (նկ. հ. 4)  $r_0$  կետից դեպի աջ շեղումը կլինի մի քիչ ավելի մեծ, քան շեղումը դեպի ձախ: Այդ շեղման տարբերությունը ջերմաստիճանի աճին զուգահեռ կաճի դեպի ավելի մեծ միջատմային հեռավորությունների կողմը: Այդ պատճառով էլ շարժվող ատոմի միջին դիրքը տաքացման ժամանակ կտեղաշարժվի դեպի աջ: Ծարժվող ու անշարժ ատոմների միջին հեռավորությունն էլ հենց որոշում է մարմնի գծային չափերը:

Այսպիսով՝ ջերմաստիճանի աճմանը զուգընթաց ատոմներից կազմված գծային շղթան (նկ. հ. 5) կերկարի, իսկ պինդ մարմինները կընդարձակվեն:



Նկ. հ. 5. Ատոմներից կազմված գծային շղթա:

Օրինակ 6. Ամուր պատերով փակ բալոնում լցված է ջուր, որը սենյակային ջերմաստիճանում զբաղեցնում է բալոնի ծավալի կեսը: Գտնել ջրային գոլորշիների ճնշումը՝ արտահայտված տեխնիկական մթնոլորտով ( $1 \text{ մթ} = 0,98 \text{ 1}^{\circ} \text{ Պա}$ ), և խտությունը ջերմաստիճանը մինչև  $t = 400^{\circ} \text{C}$ -ը բարձրացնելիս [78]:

Լուծում: Կրիտիկական ջերմաստիճանների աղյուսակից կամ համացանցից կարելի է տեղեկանալ, որ ջրի կրիտիկական

ջերմաստիճանը  $t_K = 374^{\circ}C$ : Նշանակում է՝ մինչև  $400^{\circ}C$  –ը տաքացնելիս ջրի ջերմաստիճանը դառնում է կրիտիկականից բարձր: Յետևաբար, ջրային գոլորշին կգտնվի գազային վիճակում, և այն իզոթերմ սեղմմաբ հնարավոր չէ վերածել հեղուկի:

Ջրային գոլորշուն խտությունը որոշենք՝ հաշվի առնելով այն, որ մինևնույն զանգվածով ջրի ծավալը տաքացման հետևանքով մեծացել է երկու անգամ (սենյակային ջերմաստիճանում ջրից վեր գտնվող գոլորշիների զանգվածը կարելի է հաշվի չառնել): Յետևաբար, գոլորշուն խտությունն երկու անգամ փոքր կլինի ջրի խտությունից ( $\rho_{360c} = 10^3 \text{ Գ/ՎՃ}^3$ )<sup>a</sup>

$$\rho = \rho_{360c} / 2 = 500 \text{ Գ/ՎՃ}^3:$$

Ստացանք, որ գոլորշուն խտությունը բալոնում հսկայական է՝ համեմատած նորմալ պայմաններում գտնվող գազերի խտությունների հետ (օրինակ՝ օդի խտությունը նորմալ պայմաններում հավասար է  $1,29 \text{ Գ/ՎՃ}^3$ ): Յետևաբար, ջրային գոլորշին այս պարագայում պետք է դիտարկել որպես իրական գազ, որի պարամետրերը կապված են Վան դեր Վաալսի

$$\left( p + \frac{a}{V_0^2} \right) (V_0 - b) = RT \quad (\text{h. 3})$$

հավասարմամբ ( $V_0$ -ն մեկ մոլ քանակով գազի ծավալն է՝ արտահայտված մ<sup>3</sup>/մոլ-ով):  $a$ -ն և  $b$ -ն Վան դեր Վաալսի չափային հաստատուններն են, ընդ որում՝ ակնհայտ է, որ  $b$ -ն արտահայտվում է մ<sup>3</sup>/մոլ-ով:  $a$ -ի չափայնությունը կարելի է որոշել հետևյալ պարզ դատողությամբ.

$\frac{a}{V_0^2}$  անդամի չափայնությունը, ակներև է, պասկալն է, հետևաբար՝  $a$ -ի չափայնությունը կլինի՝

$$a \cdot \left( \frac{\text{ՎՃ}^3}{\text{մոլ}^2} \right)^2 = \frac{b}{\text{մոլ}} \cdot \frac{\text{ՎՃ}}{\text{մոլ}^2} = b \cdot \text{ՎՃ}/\text{մոլ}^3:$$

Լուծելով այն  $p$  ճնշման նկատմամբ՝ ստանում ենք՝

$$p = \frac{RT}{V_0 - b} - \frac{a}{V_0^2}: \quad (\text{h. 4})$$

Այստեղ  $V_0$ -ն գոլորշու մոլային ծավալն է, այսինքն՝  $V_0 = \frac{M}{\rho}$ , որտեղ  $M$ -ը գոլորշու մոլային զանգվածն է: Վերջինս տեղադրելով (հ. 4)-ի մեջ՝ կգտնենք՝

$$p = \frac{RT}{(M/\rho) - b} - \frac{a\rho^2}{M^2}:$$

Այնուսակից կամ համացանցից վերցնելով  $a$  և  $b$  ուղղումների արժեքները՝ արտահայտենք (հ. 4) բանաձևի բոլոր մեծությունները ՄՅ-ի միավորներով.  $T = 673 \text{ 0}$ ,  $a = 0,55 \text{ ւ}^4 \cdot \text{ն}/\text{մոլ}^2$ ,  $b = 3,0 \cdot 10^{-5} \text{ մ}^3/\text{մոլ}$ ,  $M = 0,018 \text{ Ռ}/\text{մոլ}$ : Կատարելով՝ հաշվարկները՝ կգտնենք՝

$$p = 5,1 \cdot 10^8 \text{ Պա} = 5,2 \cdot 10^3 \text{ մթ}:$$

Օրինակ 7. Որոշել  $m = 280$  զանգվածով ազոտի ճնշումը  $27^\circ \text{C}$  ջերմաստիճանում, եթե ազոտի ծավալը հավասար է՝ 1)  $V = 1 \text{ մ}^3$ , 2)  $V = 0,5 \text{ ւ}$ :

Լուծում: Որպեսզի պարզենք՝ գազը իդեալական է, թե՞ իրական, գտնենք գազի  $V_0$  մոլային ծավալը: Ենթադրենք՝ անոթում պարունակվում է  $\nu = m/M$  մոլ քանակով գազ: Այդ դեպքում՝

$$V_0 = \frac{V}{\nu} = \frac{V \cdot M}{m}:$$

Հաշվի առնելով, որ ազոտի մոլային զանգվածը  $M = 0,028 \text{ Ռ}/\text{մոլ}$ , ստանում ենք՝

$$1) V_0 = \frac{1 \cdot 0,028}{0,28} \text{ մ}^3/\text{մոլ} = 0,1 \text{ մ}^3/\text{մոլ}:$$

$$2) V_0 = \frac{0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,028}{0,28} \text{ մ}^3/\text{մոլ} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ մ}^3/\text{մոլ}:$$

Համեմատելով  $V_0$ -ի հաշվարկված արժեքները գազի մոլային ծավալի հետևորմալ պայմաններում՝  $V_{0, \text{նորմալ}} = 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ մ}^3/\text{մոլ}$ , տեսնում ենք, որ առաջին դեպքում գազը բավականաչափ նոսր է, և այն կարելի է համարել իդեալական: 1 մոլ քանակով իդեալական գազի վիճակի հավասարումն է՝

$$pV_0 = RT:$$

Այստեղից՝

$$p = \frac{RT}{V_0} = \frac{8,3 \cdot 300}{0,1} \text{ Պա} = 2,5 \cdot 10^4 \text{ Պա} :$$

Երկրորդ դեպքում  $V_0 \ll V_{0,գործալ}$ , և գազն անհրաժեշտ է համարել իրական: Նրա ճնշումն արդեն հարկավոր է գտնել Վան դեր Վաալ սի (հ. 3) հավասարումից`

$$p = \frac{RT}{V_0 - b} - \frac{a}{V_0^2} :$$

Աղյուսակից կամ համացանցից ազոտի համար գտնենք Վան դեր Վաալ սի հավասարման մեջ մտնող հաստատունների արժեքները`  $a = 0,13 \text{ մ}^4 \cdot \text{Ն}/\text{մոլ}^2$ ,  $b = 3,7 \cdot 10^{-5} \text{ մ}^3/\text{մոլ}$  և ճնշման հաշվարկը կատարենք ըստ Վան դեր Վաալ սի հավասարման`

$$p = \left[ \frac{8,3 \cdot 300}{5 \cdot 10^{-5} - 3,7 \cdot 10^{-5}} - \frac{0,13}{(5 \cdot 10^{-5})^2} \right] \text{ Պա} = 1,4 \cdot 10^8 \text{ Պա} :$$

Նկատենք, որ ճնշման արժեքի հաշվարկն ըստ Կլապեյրոն-Մենդելեևի հավասարման հանգեցնում է միանգամայն սխալ արդյունքի`  $p = 0,5 \cdot 10^8 \text{ Պա}$  :

Օրինակ 8. Որոշել  $V = 10 \text{ Լ}$  տարողությամբ բալոնում լցված թթվածնի զանգվածը  $27^\circ \text{C}$  ջերմաստիճանում, եթե նրա ճնշումը` 1)  $p = 1 \text{ մթ}$ , 2)  $p = 410 \text{ մթ}$  :

Լուծում: Առաջին դեպքում ( $p = 1 \text{ մթ}$ ) բալոնում թթվածինը նորմալ պայմաններին մոտ վիճակում է: Այդ պատճառով` մեծ ճշտությամբ գազը կարելի է համարել իդեալական: Իդեալական գազի վիճակի հավասարման հիման վրա, հաշվի առնելով, որ թթվածնի մոլային զանգվածը`  $M = 0,032 \text{ Պ}/\text{մոլ}$ , կստանանք`

$$m = \frac{MpV}{RT} = \frac{0,032 \cdot 9,8 \cdot 10^4 \cdot 1 \cdot 10^{-2}}{8,3 \cdot 300} = 0,013 \text{ Պ} :$$

Երկրորդ դեպքում ( $p = 410 \text{ մթ}$ ), հաշվի առնելով, որ թթվածնի ճնշումը հսկայական է, անհրաժեշտ է համարել այն իրական, և համապատասխան հաշվարկները կատարել ըստ Վան դեր Վաալ սի հավասարման:

Գազի զանգվածը որոշվում է հետևյալ առնչությամբ`

$$m = Mv = MV/V_0 : \quad (\text{հ. 5})$$

որտեղ  $M$ -ը մոլային զանգվածն է,  $\nu$ -ն՝ նյութի քանակը,  $V$ -ն՝ գազի ծավալը,  $V_0$ -ն՝ մոլային ծավալը: Այսպիսով, անհրաժեշտ է Վան դեր Վալսի հավասարումից գտնել  $V_0$ -ի արժեքը, այնուհետև, (հ. 5) առնչության միջոցով, գազի զանգվածը:

Վան դեր Վալսի հավասարումն երրորդ աստիճանի հավասարում է  $V_0$ -ի նկատմամբ և, հետևաբար, ընդհանուր առմամբ ունի երեք արմատ: Սակայն, հաշվի առնելով, որ թթվածինն անոթում կրիտիկականից բարձր ջերմաստիճանում է ( $t_K = -119^\circ C$ ), կարելի է պնդել, որ որոշակի ճշման դեպքում գազը կունենա միայն մեկ որոշակի ծավալ ( $(p, V)$  կոորդինատային համակարգում կրիտիկական ջերմաստիճանից բարձր ջերմաստիճանին համապատասխանող Վան դեր Վալսի իզոթերմը չունի շրջման կետ): Յետևաբար,  $V_0$ -ի նկատմամբ խորանարդ հավասարումն ունի տվյալ դեպքում միայն մեկ իրական արմատ: Այն կարելի է գտնել հաջորդական մոտավորությունների միջոցով, քանի որ խորանարդ հավասարման հետ կապված հաշվարկներն ըստ Կարդանոյի բանաձևի հսկայ ածավալ են:

Առաջին մոտավորությամբ հաշվենք  $V_{01}$  մոլային ծավալը՝ դիտարկելով գազն իդեալական: Այդ դեպքում՝

$$V_{01} = \frac{RT}{p} = \frac{8,3 \cdot 300}{410 \cdot 9,8 \cdot 10^4} \text{մ}^3/\text{մոլ} = 0,62 \cdot 10^{-4} \text{մ}^3/\text{մոլ}:$$

Վան դեր Վալսի  $\left(p + \frac{a}{V_0^2}\right)(V_0 - b) = RT$  հավասարման մեջ կատարենք  $p_i = a/V_0^2$  նշանակումը և գտնենք  $V_0$  մեծությունը.

$$V_0 = \frac{RT}{p + p_i} + b: \quad (\text{հ. 6})$$

$p_i = a/V_{01}^2$  մոտավոր արժեքը տեղադրենք (հ. 6)-ում և որոշենք  $V_{02}$ -ը՝

$$V_{02} = \frac{RT}{p + a/V_{01}^2} + b:$$

Այնուսակից կամ համացանցից վերցնելով  $a$  և  $b$  ուղղումների արժեքները թթվածնի համար՝ բանաձևի մեծություններն արտահայտենք ՄՅ-ի միավորներով.  $p = 410 \cdot 9,8 \cdot 10^4 \text{դա}$ ,  $V_{01} = 0,62 \cdot 10^{-4} \text{մ}^3/\text{մոլ}$ ,

$R = 8,3 \text{ ж}/(4 \cdot \text{մոլ})$ ,  $T = 300 \text{ Կ}$ ,  $a = 0,13 \text{ մ}^4 \cdot \text{Ն}/\text{մոլ}^2$ ,  $b = 3,1 \cdot 10^{-5} \text{ մ}^3/\text{մոլ}$ : Կատարելով համապատասխան հաշվարկները՝ գտնում ենք՝

$$V_{02} = 0,65 \cdot 10^{-4} \text{ մ}^3/\text{մոլ}:$$

Եվս մեկ անգամ, ըստ (հ. 6)-ի, հաշվենք մոլային ծավալը՝ մոլային ծավալը՝ համարելով  $p_i = a/V_{02}^2$ . Կստանանք երրորդ մոտավորությունը՝

$$V_{03} = 0,66 \cdot 10^{-4} \text{ մ}^3/\text{մոլ}:$$

Կրկնելով հաշվարկներն ըստ (հ. 6)-ի՝ կստանանք  $V_0$ -ի ավելի ու ավելի ճշգրիտ արժեքներ՝

$$V_{04} = 0,67 \cdot 10^{-4} \text{ մ}^3/\text{մոլ},$$

$$V_{05} = 0,67 \cdot 10^{-4} \text{ մ}^3/\text{մոլ}:$$

Տեսնում ենք, որ հետագա հաշվարկներում, եթե սահմանափակվենք ստորակետից հաշվված մինչև երկրորդ նիշի ճշգրտությամբ, պատասխանն այլևս չի փոխվի: Վերցնելով, օրինակ,  $V_{05} = 0,68 \cdot 10^{-4} \text{ մ}^3/\text{մոլ}$ , կստանանք  $V_0$ -ի նախկին արժեքը:

$$V_{06} = 0,67 \cdot 10^{-4} \text{ մ}^3/\text{մոլ}:$$

Այսպիսով, խորանարդ հավասարման իրական արմատը՝ հաշվարկված երկրորդ նիշի ճշգրտությամբ, կլինի՝

$$V_0 = 0,67 \cdot 10^{-4} \text{ մ}^3/\text{մոլ}:$$

Այժմ գտնենք գազի որոնելի զանգվածը.

$$m = \frac{0,032 \cdot 1 \cdot 10^{-2}}{0,67 \cdot 10^{-4}} \text{ Դ} = 4,8 \text{ Դ}:$$

Դիտողություն: Յեշտ է համոզվել, որ ըստ Կլապեյրոն-Մենդելեևի հավասարման կատարված հաշվարկները տալիս են սխալ արդյունք՝

$$m = \frac{MpV}{RT} = \frac{0,032 \cdot 410 \cdot 9,8 \cdot 10^4 \cdot 1 \cdot 10^{-2}}{8,3 \cdot 300} \text{ Դ} = 5,2 \text{ Դ}:$$

Օրինակ 9. Ապակե սրվակի ծավալի  $n^\circ$  րմասը պետք է զբաղեցնի հեղուկ եթերը  $t = 20^\circ \text{C}$  ջերմաստիճանում, որ այն տաքացնելիս հնարավոր լինի դիտել նյութի անցումը կրիտիկական վիճակից:  $20^\circ \text{C}$  ջերմաստիճանում եթերի խտությունը՝  $\rho = 714 \text{ Դ}/\text{մ}^3$ : Եթերի մոլային

զանգվածը և կրիտիկական պարամետրերը համապատասխանաբար հավասար են՝

$$M = 0,074 \text{ Գ /մոլ},$$

$$t_K = 194^\circ \text{C}, p_K = 410 \text{ սթ}:$$

Լուծում: Նյութի անցումը կրիտիկական վիճակից բնութագրական է նրանով, որ այդ դեպքում վերանում են հեղուկ և գազային վիճակների միջև տարբերությունները: Կրիտիկական վիճակը բնութագրվում է յուրաքանչյուր նյութի համար որոշակի պարամետրերով. կրիտիկական ջերմաստիճան  $T_K$ , կրիտիկական ճնշում  $p_K$ , մոլային ծավալ  $V_{0K}$ :  $v = m/M$  մոլ քանակով նյութի կրիտիկական ծավալը հավասար՝

$$V_K = vV_{0K} = (m/M)V_{0K}: \quad (\text{h. 7})$$

Եթե նյութը, որը տաքացված է մինչև  $T_K$  կրիտիկական ջերմաստիճան, ունենա  $V$  ծավալ, այլ ոչ թե  $V_K$ , ապա այն այդ դեպքում չի գտնվի կրիտիկական ջերմաստիճանում: Այդ դեպքում  $T_K$  կրիտիկական ջերմաստիճանին հասնելու պարագայում չի վերանա տարբերությունը նյութի տարբեր փուլերի միջև, քանի որ մինչև  $T_K$ -ին հասնելը նյութն աստիճանաբար կանցնի մեկ որոշակի ագրեգատային վիճակ ( $V > V_K$  դեպքում անոթում ողջ հեղուկը կգոլորշիանա, իսկ  $V < V_K$  դեպքում՝ կխտանա): Այսպիսով՝ սրվակում կրիտիկական վիճակից նյութի անցման պրոցեսը դիտելու համար, անհրաժեշտ է, որ կրիտիկական ջերմաստիճանին հասնելու դեպքում նյութով զբաղեցված  $V$  ծավալը հավասար լինի  $V_K$  ծավալին՝

$$V = V_K: \quad (\text{h. 8})$$

Քանի որ  $V = V_K$  դեպքում նյութը կարող է հավասարաչափ զբաղեցնել ամբողջ սրվակի ծավալը, ապա  $V$  ծավալը միաժամանակ կհանդիսանան սրվակի ծավալը:

Որոնելի հեղուկ եթերի  $V_{\text{հեղուկ}}$  ծավալի հարաբերությունն սրվակի  $V$  ծավալին կարող ենք որոշել (h. 7) և (h. 8)



առնչություններին՝ հաշվի առնելով, որ  $m/V_{\text{հեղուկ}} = \rho$ -ն հեղուկ եթերի խտությունն է.

$$\frac{V_{\text{հեղուկ}}}{V} = \frac{V_{\text{հեղուկ}}}{V_K} = \frac{V_{\text{հեղուկ}} M}{m V_{0K}} = \frac{M}{\rho V_{0K}}: \quad (\text{h. 9})$$

$V_{0K}$ -ն արտահայտելով հայտնի  $p_K$  և  $T_K$  մեծություններով՝ Վանդեր Վաալսի հավասարման միջոցով կգտնենք՝

$$\frac{T_K}{p_K} = \frac{8a \cdot 27b^2}{27bRa} = \frac{8b}{R}, \quad V_{0K} = 3b = \frac{3T_K R}{8p_K}:$$

$V_{0K}$ -ի ստացված արժեքը տեղադրելով (h. 9)-ի մեջ՝ կուենենք՝

$$\frac{V_{\text{հեղուկ}}}{V} = \frac{8Mp_K}{3R\rho T_K}: \quad (\text{h. 10})$$

Տրված մեծություններն արտահայտենք ՄՅ-ի միավորներով.

$$M = 0,074 \text{ Ռ /մոլ}, \quad p_K = 35,6 \cdot 9,8 \cdot 10^4 \text{ Պա},$$

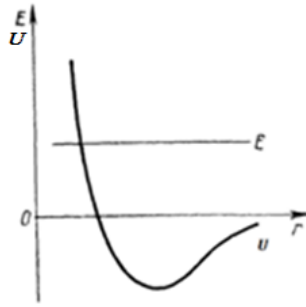
$$\rho = 714 \text{ Ռ /Մլ}^3, \quad T = 467 \text{ Կ}:$$

Տեղադրելով դրանք (h. 10) բանաձևի մեջ և կատարելով հաշվարկը՝ վերջնականապես կստանանք՝

$$V_{\text{հեղուկ}}/V = 0,25:$$

### **Հարցեր և խնդիրներ՝ նախաեսված ինքնուրույն աշխատանքի համար**

1. Նկ. հ. 6-ում ցույց է տրված երկու մոլեկուլների փոխազդեցության  $U$  պոտենցիալ էներգիայի և  $E$  էլրիվ էներգիայի կախումը նրանց միջև հեռավորությունից: Ինչպե՞ս որոշել, օգտվելով գրաֆիկից, այն առավելագույն հեռավորությունը, մինչև որը մոլեկուլները միմյանց կմոտենան: Ինչպե՞ս է այդ հեռավորությունը կապված մոլեկուլների արդյունավետ տրամագծի հետ: Փոխվում է արդյոք այդ հեռավորությունը ջերմաստիճանը մեծացնելիս: Ինչպե՞ս է փոխվում համակարգի կինետիկ էներգիան մոլեկուլների միջև հեռավորության մեծացման հետ:

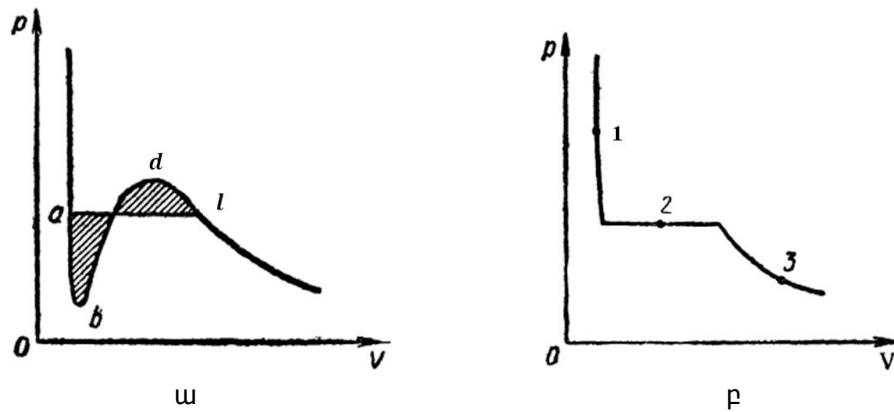


Նկ. հ. 6. Մոլեկուլների փոխազդեցության  $U$  պոտենցիալ էներգիայի և  $E$  լրիվ էներգիայի կախումը նրանց միջև հեռավորության հից:

2. Ի՞նչ ֆիզիկական իմաստ ունեն վան դեր Վաալսի հավասարման մեջ մտնող  $V, V-b, \frac{a}{V^2}$  մեծությունները:

3. Երկու տարբեր գազերի (տարբեր քանակությամբ վերցված) ճնշումները հաշվել են վան դեր Վաալսի հավասարման միջոցով: Գազերն ունեն նույն ծավալը և ջերմաստիճանը: Արդյունքը համեմատել են միևնույն պարամետրերով իդեալական գազի ճնշման հետ: Պարզվել է, որ գազերից մեկի ճնշումը մեծ է իդեալական գազի ճնշումից, իսկ մյուսինը՝ փոքր: Ինչն՞վ բացատրել ստացված ճնշումների տարբերությունները:

4. Ծավալից ճնշման կախումը, որը ստացվում է վան դեր Վաալսի հավասարման լուծումից, արտահայտված է նկ. հ. 7ա-ում: Փորձարարական կորը պատկերված է նկ. հ. 7բ-ում: Ինչն՞վ է բացատրվում գրաֆիկների տարբերությունը: Ո՞ր ագրեգատային վիճակում է գտնվում նյութը, եթե նրա վիճակը գրաֆիկում որոշվում է 1, 2, 3 կետերով: Ինչպիսի՞ ֆիզիկական վիճակի են համապատասխանում գրաֆիկի  $ab, bd, dl$  հատվածները: Ի՞նչ կարելի է ասել նկ. հ. 7ա-ում ընդգծված մակերեսների նշանակությունների մասին: Ինչպե՞ս է փոխվում նկ. հ. 7ա-ում և նկ. հ. 7բ-ում պատկերված գրաֆիկների ընթացքը նյութի ջերմաստիճանի բարձրացմանը զուգընթաց: Գրաֆիկի վրա ցույց տվեք այն կետերը, որոնց համապատասխանող վիճակներում «հեղուկ» և «գազ» փուլերի տարբերություններն անհետանում են: Կփոխվի արդյո՞ք փորձարարական կորը, եթե դիտարկումներն անցկացվեն միևնույն ջերմաստիճանում, սակայն արդեն այլ գազի համար:



Նկ. հ. 7. ա) Վան դեր Վաալ սի իզոթերմ,  
բ) Փորձարարական ճանապարհով ստացված իրական գազի իզոթերմ:

5.  $\rho = 100 \text{ Գ/Վլթթվածնի}$  ճնշումը հավասար է  $7 \cdot 10^6 \text{ Պա}$ : Որոշել գազի ներքին ճնշումը և ջերմաստիճանը՝ օգտվելով Վան դեր Վաալ սի և Կլապեյրոն-Մենդելեևի հավասարումներից: Պատ.  $P_1 = 1,34 \cdot 10^6 \text{ Պա}$ ,  $P_2 = 0$ ,  $T_1 \approx 291 \text{ Կ}$ ,  $T_2 \approx 270 \text{ Կ}$ :

6.  $V = 8 \text{ Վ}$  ծավալով անոթում,  $27^\circ \text{C}$  ջերմաստիճանում գտնվում է  $m = 0,3 \text{ Գ}$  զանգվածով թթվածին: Գազի ճնշման  $n^\circ$  թոկոսն է կազմում մոլեկուլների ձգողության պայմանավորված ճնշումը: Անոթի ծավալի  $n^\circ$  թոկոսն է կազմում մոլեկուլների սեփական ծավալը: Պատ. 6,6%, 0,88%:

7. Որոշել 1 մոլ քանակով ջրի ներքին ճնշումը՝  $4^\circ \text{C}$  ջերմաստիճանում, և խտությունը՝ կրիտիկական ջերմաստիճանում: Պատ.  $1,68 \cdot 10^9 \text{ Պա}$ ,  $200 \text{ կգ/մ}^3$ :

8. Կապ հաստատել 1 մոլ քանակով նյութի ճնշման, ջերմաստիճանի և ծավալի միջև կրիտիկական ջերմաստիճանում, եթե գազը ենթարկվում է Վան դեր Վաալ սի հավասարմանը: Պատ.  $p_k V_k = \frac{3}{8} RT_k$ :

9. Որոշել՝ ա) թթվածնի, բ) ջրային գոլորշու համար կրիտիկական ճնշումը: Օգտագործել Վան դեր Վաալ սի հավասարման  $a$  և  $b$  հաստատունների արժեքները: Պատ. ա)  $5,65 \cdot 10^6 \text{ Պա}$ ,  $163 \text{ Կ}$ , բ)  $2,25 \cdot 10^7 \text{ Պա}$ ,  $650 \text{ Կ}$ :

10. Արգոնի կրիտիկական ճնշումը՝  $p_k = 48 \cdot 10^5 \text{ Պա}$ , իսկ ջերմաստիճանը՝  $t_k = -122^\circ \text{C}$ : Որոշել՝ ա) Վան դեր Վաալ սի

հավասարման  $a$  և  $b$  ուղղումներն արգոնի համար, բ) 1 մոլ արգոնի կրիտիկական ծավալը: Պատ. ա)  $a=0,137 \cdot 10^6 \text{ Ն} \cdot \text{մ}^4 / \text{մոլ}^2$ ,  $b=3,3 \cdot 10^{-5} \text{ մ}^3 / \text{մոլ}$ , բ)  $V_k = 9,8 \cdot 10^{-5} \text{ մ}^3 / \text{մոլ}$ :

11.  $27^\circ \text{C}$  ջերմաստիճանում տեղի է ունենում 1 կմոլ քանակով թթվածնի իզոթերմ ընդարձակում  $V_1 = 1 \text{ մ}^3$  ծավալից մինչև  $V_2 = 5 \text{ մ}^3$  ծավալ: Որոշել գազի ներքին էներգիայի փոփոխությունը, գազի կատարած աշխատանքը, կլանված ջերմաքանակը, համարելով այն՝ ա) իդեալական գազ, բ) գազ, որի վարքը նկարագրվում է Վան դեր Վաալսի հավասարմամբ: Պատ. ա)  $\Delta U = 0$ ,  $A = Q = 4 \cdot 10^6 \text{ Ջ}$ , բ)  $\Delta U = 1,1 \cdot 10^5 \text{ Ջ}$ ,  $A = 3,9 \cdot 10^6 \text{ Ջ}$ ,  $Q = 4 \cdot 10^6 \text{ Ջ}$ :

12. Չափայնությունների վերլուծության մեթոդով ստանալ  $\frac{RT}{Mg}$

մեծության միավորը:

13. Երկրի մակերևույթից  $h^\circ$  նչ բարձրությունում, ըստ «իզոթերմ» մթնոլորտի մոդելի, ճնշումը նորմալ մթնոլորտային ճնշման  $\frac{1}{e^3}$  մասն է:

14. Ինչպե՞ս է ներկայացվում բարոմետրական բանաձևը Երկրի մթնոլորտի բերված հաստության միջոցով:

15. Ինչպիսի՞ արժեք կընդունի Երկրի մթնոլորտի բերված հաստությունը 2634 ջերմաստիճանում, եթե հաշվի առնենք, որ  $T = const$  և մթնոլորտը բաղկացած է 0.029 կգ/մոլ մոլային զանգվածով օդից: